

**SKRIPSI**

**PENERAPAN PANEL SURYA PADA APARTEMEN X  
UNTUK UPAYA EFISIENSI ENERGI  
MENGUNAKAN *BUILDING INFORMATION  
MODELING (BIM)***



**ARYA AZZAURRI FERRARI**

**NPM : 6102001132**

**PEMBIMBING : Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

**SKRIPSI**

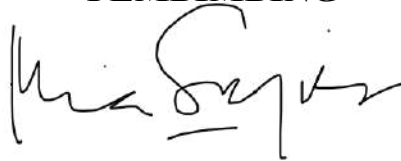
**PENERAPAN PANEL SURYA PADA APARTEMEN X  
UNTUK UPAYA EFISIENSI ENERGI  
MENGUNAKAN *BUILDING INFORMATION  
MODELING (BIM)***



**ARYA AZZAURRI FERRARI  
NPM : 6102001132**

**BANDUNG, 26 JULI 2024**

**PEMBIMBING**



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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

**SKRIPSI**

**PENERAPAN PANEL SURYA PADA APARTEMEN X  
UNTUK UPAYA EFISIENSI ENERGI  
MENGUNAKAN *BUILDING INFORMATION  
MODELING (BIM)***



**ARYA AZZAURRI FERRARI  
NPM : 6102001132**

**PEMBIMBING: Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T.**

**PENGUJI 1: Ir. Yohanes Lim Dwi Adianto, M.T.**

**PENGUJI 2: Dr. Ir. Anton Soekiman, M.T., M.Sc.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ARYA AZZAURRI FERRARI

Tempat, tanggal lahir : Bandung, 6 September 2002

NPM : 6102001132

Judul skripsi : **PENERAPAN PANEL SURYA PADA APARTEMEN X UNTUK UPAYA EFISIENSI ENERGI MENGGUNAKAN *BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)***

Dengan ini, saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak kesarjanaaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bandung, 26 Juli 2024



Arya Azzaurri Ferrari

# **PENERAPAN PANEL SURYA PADA APARTEMEN X UNTUK UPAYA EFISIENSI ENERGI MENGUNAKAN *BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)***

**Arya Azzaurri Ferrari  
NPM: 6102001132**

**Pembimbing: Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM  
Teknik/AS/VIII/2023)  
BANDUNG  
JULI 2024**

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari penerapan panel surya di atap Apartemen X terhadap efisiensi energi dan penurunan emisi karbon CO<sub>2</sub> yang terjadi. Emisi gas rumah kaca terus meningkat sebesar 1,1 derajat Celcius sehingga menyebabkan terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim. Bangunan eksisting Apartemen X yang dijadikan sebagai objek penelitian karena tren permintaan terhadap apartemen tumbuh sebesar 11,68 persen dan pada tahun 2022 dan konsumsi energi listrik pemakaian di rumah tangga sebesar 13,199 GWh. *Building Information Modeling (BIM)* bisa digunakan untuk mensimulasikan penerapan panel surya dengan menggunakan dimensi keenam berdasarkan data sekunder yang didapatkan. Hasil penelitian ini menunjukkan efisiensi energi dan penurunan emisi karbon yang dihasilkan oleh penerapan panel surya masing-masing sebesar 0,821% dan 0,836%. Jumlah tersebut sangat kecil mengingat bahwa konsumsi energi Apartemen X sebesar 3.023.922 kWh/tahun. Hal ini disebabkan kondisi atap eksisting yang tidak memungkinkan untuk menggunakan kapasitas total panel surya yang besar sehingga efisiensi dan penurunan emisi karbon CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sangat kecil. Analisis kelayakan finansial dilakukan dengan membandingkan nilai NPV dari skema pembelian dan skema berlangganan yang masing-masing -Rp-Rp675.556.218 dan -Rp230.673.703 sehingga kedua skema tersebut tidak layak dilakukan.

Kata kunci : BIM, emisi GRK, hunian vertikal, konsumsi energi, panel surya

# **APPLICATION OF SOLAR PANELS IN APARTEMENT X FOR ENERGY EFFICIENCY USING BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)**

**Arya Azzaurri Ferrari**  
**NPM: 6102001132**

**Advisor: Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
BACHELOR PROGRAM**  
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)  
**BANDUNG  
JULY 2024**

## **ABSTRACT**

This research aims to see the effect of the application of solar panels on the roof of Apartment X on energy efficiency and the reduction of CO<sub>2</sub> carbon emissions that occur. Greenhouse gas emissions continue to increase by 1.1 degrees Celsius, causing global warming and climate change. The existing building of Apartment X is used as the object of research because the trend of demand for apartments grew by 11.68 percent and in 2022 and the consumption of electrical energy usage in households amounted to 13.199 GWh. Building Information Modeling (BIM) can be used to simulate the application of solar panels using the sixth dimension based on secondary data obtained. The results of this study show that the energy efficiency and carbon emission reduction generated by the application of solar panels are 0.821% and 0.836%, respectively. The amount is very small considering that Apartment X's energy consumption is 3,023,922 kWh/year. This is due to the existing roof conditions that do not allow the use of a large total capacity of solar panels so that the efficiency and reduction in CO<sub>2</sub> carbon emissions produced is very small. The financial feasibility analysis was carried out by comparing the NPV values of the purchase scheme and the subscription scheme which were respectively -Rp675,556,218 and -Rp230,673,703 so that the two schemes were not feasible.

**Keywords:** BIM, GHG emissions, vertical housing, energy consumption, solar panels

## PRAKATA

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat serta karunia-Nya, penulis bisa menyelesaikan skripsi berjudul “Penerapan Panel Surya Pada Apartemen X Untuk Upaya Efisiensi Energi Menggunakan *Building Information Modeling*” dengan baik dan bersungguh-sungguh. Penyusunan dan penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang sudah dilakukan ini masih jauh dari kata sempurna karena banyak keterbatasan. Oleh karena itu penulis sangat menerima saran dan kritik terhadap penelitian ini. Dengan demikian, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada

1. Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan dan melewati proses sidang dengan lancar.
2. Ibu Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia menjadi Dosen Pembimbing penulis, telah meluangkan waktunya ditengah kesibukannya untuk memberikan bimbingan, arahan, serta saran dan masukan kepada penulis sepanjang penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Yohanes Lim Dwi Adiانتو, M.T. dan Bapak Dr. Ir. Anton Soekiman, M.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran untuk skripsi ini.
4. Bapak Andreas Franskie Van Roy, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Wali penulis atas arahan yang diberikan selama penulis berkuliah di Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
5. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama berkuliah.

6. Bapak Ir. Bambang Heru Soesetyo dan Ibu Lidiawaty Dharma selaku orang tua penulis yang selalu ada untuk mendoakan, memberi dukungan, serta kasih sayangnya kepada penulis
7. Kakak penulis, Aldi Senowibo Indradi Herlambang, S.E., S.M.B dan Avilia Alditiola Herlambang, S.H., M.Kn. yang telah mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis.
8. Nadira Adhiesqa Putri Setyagraha, S.Hub.Int yang selalu ada untuk memberikan semangat, doa, kasih sayang serta menemani penulis dalam proses penulisan skripsi ini.
9. Orang tua Nadira yang telah memberi semangat dan doa untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
10. Sahabat Sri Club House yang telah memberikan semangat dan doa untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
11. Faber Gavriel H, Farhan Ali-Hakim dan teman-teman Jurusan Teknik Sipil Angkatan 2020 yang telah memberikan semangat serta doanya untuk kelancaran skripsi ini.
12. Rafi, Ivodius, Evelyn yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis.
13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terima kasih atas segalanya

Bandung, 26 Juli 2024



Arya Azzaurri Ferrari

6102001132




## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Inti Permasalahan .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2 DASAR TEORI .....	4
2.1 Bangunan Hijau .....	4
2.2 <i>Building Information Modeling</i> (BIM) .....	5
2.2.1 Konsep BIM .....	5
2.2.2 Autodesk Revit .....	9
2.3 Panel Surya .....	11
2.3.1 Sistem Panel Surya .....	14
2.3.2 Konfigurasi dan Komponen Panel Surya .....	15
2.4 Kelayakan Finansial .....	19
2.5 Penelitian Terdahulu .....	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	26

3.1 Metode Penelitian.....	26
3.2 Diagram Alir.....	26
<b>BAB 4 ANALISIS DATA .....</b>	<b>30</b>
4.1 Data Umum Apartemen X.....	30
4.2 Kondisi Eksisting Atap Tower A sekalian certain sama atas .....	30
4.3 Sistem Kelistrikan Apartemen X.....	31
4.4 Penetapan Letak Sistem Panel Surya .....	32
4.5 Pemodelan dan Analisis Menggunakan Autodesk Revit.....	33
4.6 Penentuan Spesifikasi Panel Surya.....	48
4.7 Emisi Karbon CO2 Sebelum dan Sesudah Penerapan Panel Surya.....	49
4.8 Analisis Kelayakan Finansial .....	51
4.8.1 Depresiasi Harga Panel Surya.....	56
4.8.2 Pertimbangan Kelayakan Finansial .....	57
4.9 Regulasi Pajak Karbon di Indonesia .....	58
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>61</b>
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



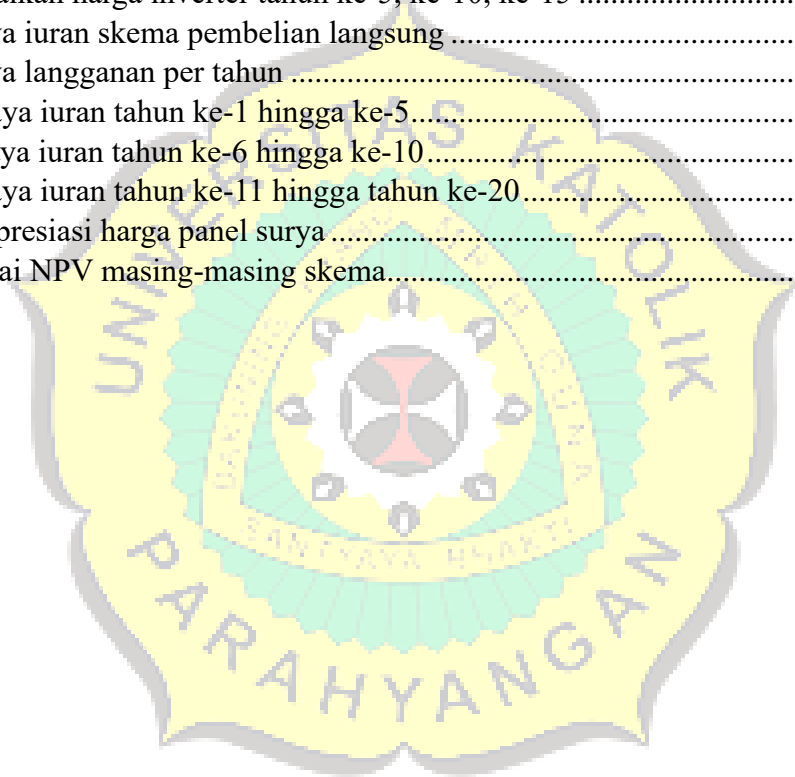
GRK	: Gas Rumah Kaca
kWh	: kilowatt-hour
MWh	: megawatt-hour
Gg	: Gigagram
CO <sub>2</sub>	: Karbon dioksida
EC	: Konsumsi daya listrik (kWh)
EF	: Faktor emisi konsumsi listrik ( <i>tonCO<sub>2</sub>/MWh</i> )
AC	: <i>Alternating Current</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
BIM	: <i>Building Information Modeling</i>
NPV	: <i>Net Present Value</i>
IRR	: <i>Internal Rate of Return</i>
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
3D	: Bentuk 3 dimensi
2D	: Bentuk 2 dimensi
PUPR	: Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
IKE	: Intensitas Konsumsi Energi
PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Dimensi BIM .....	7
<b>Gambar 2. 2</b> Proses analisis menggunakan elemen gedung .....	10
<b>Gambar 2. 3</b> Proses analisis menggunakan massa konseptual .....	10
<b>Gambar 2. 4</b> Ilustrasi skema sel surya .....	11
<b>Gambar 2. 5</b> Panel surya.....	12
<b>Gambar 2. 6</b> <i>Monocrystalline silicon</i> .....	12
<b>Gambar 2. 7</b> <i>Polycrystalline silicon</i> .....	13
<b>Gambar 2. 8</b> <i>Thin film solar cell</i> .....	13
<b>Gambar 2. 9</b> Konfigurasi AC-coupling .....	16
<b>Gambar 2. 10</b> Konfigurasi DC-coupling .....	17
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram alir.....	29
<b>Gambar 4. 1</b> Kondisi atap Tower A .....	30
<b>Gambar 4. 2</b> Jaringan kelistrikan Tower A .....	31
<b>Gambar 4. 3</b> Kondisi eksisting atap Tower A.....	33
<b>Gambar 4. 4</b> Elevasi Apartemen X .....	34
<b>Gambar 4. 5</b> Massing Apartemen X Tower A 2D.....	35
<b>Gambar 4. 6</b> Massing Apartemen X Tower A 3D.....	35
<b>Gambar 4. 7</b> Denah elektrikal Tower A .....	37
<b>Gambar 4. 8</b> Model energi Apartemen X Tower A.....	38
<b>Gambar 4. 9</b> Export RVT menjadi gbXML .....	39
<b>Gambar 4. 10</b> Langkah pertama .....	39
<b>Gambar 4. 11</b> Langkah kedua .....	40
<b>Gambar 4. 12</b> Langkah ketiga .....	40
<b>Gambar 4. 13</b> Upload gbXML ke Autodesk Green Building Studio.....	41
<b>Gambar 4. 14</b> Konsumsi energi .....	41
<b>Gambar 4. 15</b> Penentuan lokasi Apartemen X .....	43
<b>Gambar 4. 16</b> Penentuan interval waktu .....	43
<b>Gambar 4. 17</b> Tampak arah datang matahari pukul 09.00.....	44
<b>Gambar 4. 18</b> Bayangan yang terjadi saat pukul 09.00.....	44
<b>Gambar 4. 19</b> Visualisasi arah matahari .....	45
<b>Gambar 4. 20</b> Bayangan yang terjadi .....	45
<b>Gambar 4. 21</b> Keberadaaan Autodesk Insight .....	46
<b>Gambar 4. 22</b> Penentuan luas permukaan yang dianalisis .....	46
<b>Gambar 4. 23</b> Input parameter.....	47
<b>Gambar 4. 24</b> Hasil analisis Autodesk Insight .....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelebihan dan kekurangan .....	14
Tabel 2. 2 Kelebihan dan kekurangan sistem panel surya.....	15
Tabel 2. 3 Komponen panel surya .....	17
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu .....	23
Tabel 4. 1 Pertimbangan jaringan listrik panel surya .....	32
Tabel 4. 2 Intensitas Konsumsi Energi Bangunan.....	42
Tabel 4. 3 Spesifikasi panel surya .....	49
Tabel 4. 4 Perhitungan emisi karbon .....	50
Tabel 4. 5 Harga panel surya .....	51
Tabel 4. 6 Biaya investasi.....	52
Tabel 4. 7 Kenaikan harga inverter tahun ke-5, ke-10, ke-15 .....	53
Tabel 4. 8 Biaya iuran skema pembelian langsung .....	54
Tabel 4. 9 Biaya langganan per tahun .....	54
Tabel 4. 10 Biaya iuran tahun ke-1 hingga ke-5.....	55
Tabel 4. 11 Biaya iuran tahun ke-6 hingga ke-10.....	56
Tabel 4. 12 Biaya iuran tahun ke-11 hingga tahun ke-20.....	56
Tabel 4. 13 Depresiasi harga panel surya .....	57
Tabel 4. 14 Nilai NPV masing-masing skema.....	58



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 .....	66
Lampiran 2 .....	68
Lampiran 3 .....	70



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Emisi gas rumah kaca terus meningkat dari tahun ke tahun yang dibuktikan dengan meningkatnya suhu sebesar 1,1 derajat Celcius lebih tinggi daripada abad ke-18. Hal ini menyebabkan terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim karena emisi gas rumah kaca mengelilingi Bumi dan terperangkap di dalamnya (Jenihansen, 2021). Menurut *United Nations*, perubahan iklim merujuk pada perubahan jangka panjang terhadap suhu dan pola cuaca yang terjadi secara alami, seperti melalui ragam siklus matahari. Pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan emisi gas rumah kaca yang menghasilkan panas matahari sehingga temperatur meningkat. Pemanasan global telah terjadi sejak awal revolusi industri dengan total peningkatan suhu tahunan global sebesar satu derajat Celcius sehingga aktivitas manusia memiliki peran dalam peningkatan laju perubahan iklim saat ini (MacMillan, 2021). Hal ini terjadi karena aktivitas manusia, seperti membakar batu bara, minyak, gas untuk energi, dan menebang hutan sehingga penyerapan emisi pemanasan planet yang diciptakan oleh penggunaan bahan bakar fosil tidak maksimal karena penebangan hutan (Pulmer, 2021). Konsumsi energi terbesar di Indonesia pada tahun 2022 adalah batu bara memiliki nilai yang paling tinggi sebesar 1.216,51 TWh diikuti dengan gas serta minyak masing-masing memiliki nilai 370,15 TWh dan 851,20 TWh. Penggunaan energi terbarukan masih sangat minim, seperti penggunaan energi air hanya sebesar 71,16 TWh (*Our World in Data*, 2023).

Laju pertumbuhan penduduk di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Jumlah penduduk Indonesia tahun 2023 sudah mencapai 278,7 juta jiwa yang meningkat 1,05 persen dari tahun sebelumnya (Annur, 2023). Sebaran jumlah penduduk Indonesia berdasarkan generasi pada tahun 2020 didominasi oleh Generasi Z yang memiliki jumlah sebesar 27,94 persen dari total penduduk

Indonesia, diikuti oleh Generasi Milenial sebesar 25,87 persen, Generasi X sebesar 21,88 persen, Generasi *Baby Boomer* sebesar 11,56 persen, *Post Gen-Z* sebesar 10,88 persen, serta *Pre-Boomer* sebesar 1,87 persen (Jayani, 2021). Perbedaan generasi memengaruhi preferensi dalam pengambilan keputusan, khususnya dalam memilih sebuah hunian (Ramadhani et al., 2021). Pada tahun 2021, tren permintaan terhadap hunian vertikal atau apartemen tumbuh sebesar 11,68 persen (Nurdifa, 2023). Terdapat 220.451 unit apartemen yang ada di Jakarta pada kuartal 4 tahun 2022 (Annur, 2023).

Efisiensi penggunaan energi di sektor bangunan menjadi isu penting saat ini karena sektor ini menjadi beban lingkungan hidup yang besar dibuktikan dengan data bahwa di Indonesia, sektor bangunan menghasilkan 50 persen total pengeluaran energi dan lebih dari 70 persen konsumsi listrik secara keseluruhan sehingga bertanggung jawab atas 30 persen emisi gas rumah kaca (Gunawan, 2012). Menurut data dari *International Energy Agency* (IEA), sumber pembangkit listrik terbesar di Indonesia tahun 2021 adalah batu bara sebesar 61 persen. Konsumsi energi listrik, seperti contohnya di Jakarta, mencapai 32,779 GWh yang didominasi oleh pemakaian listrik di rumah tangga sebesar 13,199 GWh (Kusnandar, 2019).

*Building Information Modeling* (BIM) merupakan proses kolaboratif yang melibatkan arsitek, insinyur, kontraktor, pengembang real estat, produsen, dan profesional konstruksi lainnya untuk merencanakan, mendesain, dan membangun struktur bangunan dalam satu model 3D (Lorek, 2022). Pemanfaatan teknologi digital berbasis industri 4.0 dalam bidang konstruksi melalui metodologi *Building Information Modeling* (BIM) merupakan upaya mencapai efisiensi yang baik, tepat guna, tepat waktu, dan kualitas produk yang dihasilkan lebih baik dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021). BIM bisa digunakan untuk mensimulasikan penerapan panel surya dengan menggunakan dimensi keenam. Perhitungan menggunakan BIM ini diharapkan dapat memberikan gambaran kepada pembaca dari penerapan panel surya.



Apartemen X memiliki tiga tower dengan total 379 unit apartemen. Oleh karena itu, Apartemen X berupaya untuk melakukan efisiensi penggunaan energi melalui energi terbarukan. Energi terbarukan adalah sumber energi yang dapat digunakan secara terus-menerus karena tidak akan habis dan tersedia di alam. Salah satu contoh energi terbarukan adalah energi surya yang berasal dari pancaran sinar matahari kemudian diubah menjadi tenaga listrik melalui teknologi panel surya fotovoltaik (REI, 2023). Oleh karena itu, penerapan panel surya bisa disimulasikan dengan menggunakan BIM.

## 1.2 Inti Permasalahan

Efisiensi penggunaan energi di suatu bangunan menjadi aspek yang sangat penting untuk diperhatikan. BIM hadir sebagai alat yang mampu mengkaji aspek keberlanjutan pada suatu proyek konstruksi secara menyeluruh.

1. Berapa konsumsi energi pada Apartemen X di kondisi eksisting?
2. Berapa efisiensi energi yang dihasilkan akibat penerapan panel surya?
3. Berapa persentase penurunan emisi karbon ( $CO_2$ ) yang dihasilkan Apartemen X jika diterapkan panel surya?.
4. Apakah penerapan panel surya layak secara finansial jika diterapkan pada Apartemen X?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah

1. Memodelkan dan menghitung konsumsi energi di Apartemen X sebelum penerapan panel surya.
2. Mengidentifikasi energi listrik yang dihasilkan panel surya serta efisiensi energi yang dihasilkan akibat penerapan panel surya.
3. Mengonversi jumlah emisi karbon ( $CO_2$ ) terhadap efisiensi energi yang dihasilkan akibat penerapan panel surya.
4. Menganalisis kelayakan secara finansial dari penerapan panel surya.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

1. BIM yang digunakan hanya untuk perhitungan energi.
2. Pemodelan 3D bangunan menggunakan Autodesk Revit dengan *Plug-in* yang digunakan adalah Autodesk Insight dan *Green Building Studio*.
3. Apartemen X yang dimodelkan dan disimulasikan hanya Tower A.
4. Faktor emisi GRK yang digunakan tahun 2019.
5. Perhitungan analisis kelayakan finansial hanya menggunakan parameter NPV.
6. Nilai inflasi yang digunakan, yaitu rata-rata inflasi periode Januari 2019-2024 yang didapatkan dari Bank Indonesia.

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini sebagai berikut.

##### BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas mengenai latar belakang, inti masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

##### BAB II : DASAR TEORI

Dalam bab ini membahas tentang dasar teori untuk memberikan gambaran mengenai pemanasan global, BIM, panel surya, dan perhitungan kelayakan finansial.

##### BAB III : METODE PENELITIAN

Dalam bab ini membahas tentang prosedur penelitian yang diawali dengan identifikasi masalah, tujuan penelitian, tinjauan pustaka, pengumpulan data, analisis.

##### BAB IV : ANALISIS DATA

Dalam bab ini membahas tentang tahap-tahap pemodelan gedung serta pemodelan panel surya dan hasil analisis energi yang diakibatkan oleh penerapan panel surya menggunakan Autodesk Revit. Selanjutnya pembahasan pada bab ini diikuti oleh perhitungan emisi karbon dan perhitungan kelayakan finansial.

## BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini membahas kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan saran yang diberikan atas dasar hasil yang didapatkan.

