

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Peristiwa pemanasan global yang mengemuka menyebabkan efisiensi konsumsi energi listrik menjadi isu lingkungan yang kritis, terutama di negara-negara dengan iklim ekstrim (Guzović et al., 2022; Holeček et al., 2022; Ripple et al., 2021). Khusus di Negara Indonesia, sektor bangunan terindikasi bertanggung jawab terhadap 50% total pengeluaran energi listrik dalam negeri, mengingat pembangkit listrik berbahan bakar fosil masih menjadi tulang punggung dalam memenuhi kebutuhan listrik (Chen & Mauzerall, 2021; Sharvini et al., 2018; Xu et al., 2022).

Persentase tersebut menunjukkan bahwa aspek efisiensi dan keberlanjutan energi menjadi semakin penting untuk sesegera mungkin diimplementasikan dalam dunia arsitektur (Sudarman et al., 2021). Salah satunya yaitu pengoptimalan transisi energi baru dan terbarukan (EBT) melalui aplikasi panel fotovoltaik (PV) pada elemen bangunan (Pangestu, 2019). Hal ini karena desain dan arsitektur bangunan berdampak besar pada kebutuhan dan layanan berbagai jenis energi (International Energy Agency (IEA), 2018). Jika efisiensi energi tidak kunjung direalisasikan di sektor bangunan, konsumsi energi dapat terus meningkat hingga 50% pada tahun 2050 dan berisiko tidak tercapainya bauran EBT 23% di tahun 2050 (IEA, 2021; IEO 2019, 2019).

Berdasarkan klasifikasi sektor bangunan, bangunan rumah tinggal menjadi kontributor konsumsi energi listrik tertinggi dibandingkan dengan sektor bangunan lain. Tercatat pada data laporan survei Badan Pusat statistik Indonesia, selama tiga tahun berurutan listrik Indonesia paling banyak didistribusikan ke pelanggan rumah tangga.

Tabel 1.1 Data Laporan Distribusi Listrik di Indonesia Tahun 2019-2021

Kelompok Pelanggan - PLN	Listrik Yang Didistribusikan Kepada Pelanggan (GWh)		
	2019	2020	2021
Sosial	8 627,46	8 050,55	8 665,99
Rumah Tangga	103 789,68	111 413,28	115 370,05
Bisnis	46 905,74	42 182,71	44 440,85
Industri	79 932,93	71 521,43	80 904,45
Publik	8 397,52	8 237,63	8 252,92
Semua Pelanggan	247 653,33	241 405,60	257 634,26

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2021)

Menurut laporan *Indonesia Energy Transition Outlook 2022*, energi surya diyakini sebagai sumber energi terbarukan utama dalam memenuhi kebutuhan energi alternatif untuk hunian masa depan di Indonesia (IRENA, 2022). Energi surya diperoleh dari radiasi dan panas yang dipancarkan oleh matahari. Energi ini dapat digunakan sebagai energi listrik setelah melalui proses konversi dengan bantuan teknologi sel fotovoltaik yang dikemas dalam sebuah panel fotovoltaik (panel PV) yang menghasilkan tegangan dan arus tertentu ketika disinari oleh matahari (Kalogirou, 2014).

Implementasi pemasangan panel PV di Indonesia masih sangat minim. Tercatat hingga tahun 2021 EBT yang terealisasi belum mencapai 1% (IESR, 2021). Begitu pula di kota Yogyakarta, Badan pengkajian dan penerapan teknologi (BPPT)

meninjau intensitas penyinaran matahari di kota Yogyakarta mencapai 4,5 kWh/m<sup>2</sup> per harinya dengan radiasi maksimum berada pada pukul 10.00-14.30. Namun, implementasinya belum signifikan yaitu baru mencapai 200 kWP atau hanya 2% (Pslh, 2022).

Pemicu umum lambatnya realisasi pemasangan panel PV disebabkan karena minimnya pengetahuan, kesadaran lingkungan dan keyakinan sosial (Chandra et al., 2021). Faktor ekonomi menjadi penyebab paling dominan, sebab berkaitan erat dengan biaya awal pembelian komponen dan instalansi panel PV yang masih terbilang belum terjangkau (Frastuti & Royda, 2020). Hal ini secara tidak langsung berdampak pada pelanggan panel surya yang masih mengacu pada hunian golongan menengah ke atas yang mulai sadar terhadap *lifestyles* ramah lingkungan. Selain itu, adanya penetapan batasan kapasitas pemasangan panel PV (maksimum 100% dari daya listrik yang tersambung ke PLN) dinilai menyebabkan kontraproduktif karena penghematan tagihan listrik dan pengembalian investasi (*payback*) panel PV menjadi tidak optimal (IESR, 2022).

Menurut hasil wawancara dengan Bapak Hendra Mita selaku pelaksana lapangan di perusahaan TML Energy (*Solar Energy Solution*), kapasitas efisiensi listrik yang dihasilkan oleh panel PV baru mencapai 16-20%. Hal ini membuat panel surya lebih berperan sebagai sumber sekunder dalam memasok kebutuhan listrik, karena energi listrik yang dihasilkan bergantung pada kondisi alam yang tidak selalu stabil sehingga belum dapat menggantikan jaringan listrik konvensional.

Melalui kajian literatur, strategi desain pasif dapat meningkatkan optimalisasi desain bangunan hemat energi. Desain pasif merujuk pada serangkaian prinsip arsitektur yang memanfaatkan fitur-fitur alam sekitar dan elemen desain untuk mencapai efisiensi energi (Bosu et al., 2023). Rumah yang dirancang dengan strategi ini berupaya untuk meminimalkan ketergantungan teknologi aktif seperti pemanas, pendingin atau pencahayaan mekanis pada suatu bangunan (Mushtaha et al., 2021). Berbeda dengan negara empat musim, bangunan yang berlokasi di iklim tropis panas dan lembap seperti Indonesia, lebih banyak memperoleh cahaya matahari sehingga strategi desain pasif lebih bertujuan untuk meminimalkan paparan sinar matahari langsung dan memanfaatkan ventilasi alami dengan porsi yang cukup (Tatarestaghi et al., 2018).

Seperti uraian sebelumnya, kontribusi dari panel PV terbatas karena bergantung pada kondisi cuaca, efisiensi panel, dan regulasi kapasitas pemasangan. Dengan demikian, aplikasi panel PV pada rumah yang diawali dengan strategi desain pasif diperlukan karena berupaya untuk meminimalkan konsumsi energi konvensional sehingga presentase kontribusi panel PV juga turut maksimal.

Penelitian mengenai penerapan fotovoltaik terintegrasi strategi desain pasif diharapkan dapat membantu memberikan kajian solusi di tengah kondisi lahan yang terbatas pada pilihan orientasi bangunan namun, tetap hemat energi dan dapat memasang panel PV dengan efisien. Hasil panen listrik panel PV di siang hari diharapkan dapat mengurangi intensitas konsumsi energi listrik konvensional khususnya pada penggunaan listrik di siang hari.

Studi kasus penelitian menggunakan sampel desain rumah tipe 55/126 dari perumahan Green Kuantan Residence, Yogyakarta milik PT. Merapi Arsita Graha. Desain rumah tersebut dipilih menjadi sampel objek penelitian, karena desain rumah standar yang di tawarkan merupakan hasil dari kolaborasi serta inovasi *green living and green building concept*. Dengan penggunaan sampel desain rumah perumahan ini diharapkan bisa melakukan eksplorasi desain karena sudah menerapkan aspek-aspek bangunan hijau yang dapat mendukung studi penelitian.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini memiliki tiga rumusan permasalahan yaitu:

1. Berapa intensitas konsumsi energi (IKE) pada rumah *baseline*?
2. Strategi desain pasif apa saja yang berkontribusi signifikan dalam mengurangi intensitas konsumsi energi (IKE)?
3. Berapa besar nilai selisih antara intensitas konsumsi energi (IKE) dengan produksi listrik fotovoltaik pada desain rumah *baseline* dan rumah *improvement*?

## 1.3 Lingkup Penelitian

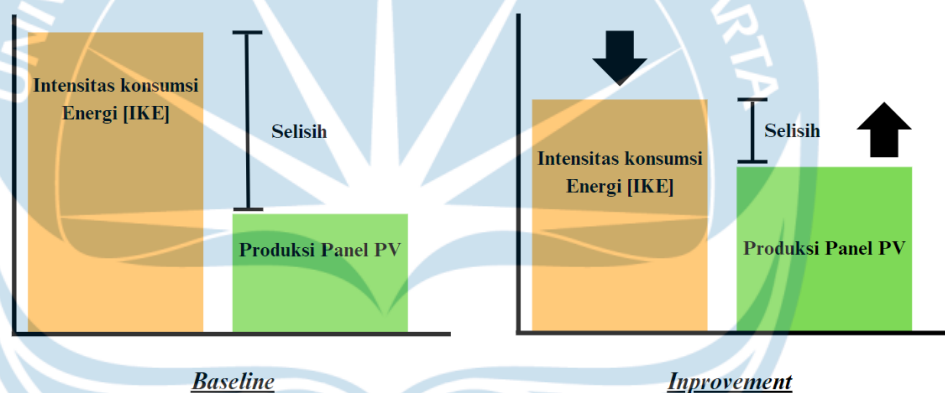
### 1.3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi penelitian berada di kota Yogyakarta. Sampel objek yang digunakan dalam penelitian ini yaitu desain rumah tipe 55/126 dengan daya listrik PLN tersambung 1300VA yang diskenariokan dengan sistem On-Grid.

### 1.3.2 Lingkup Materi

Untuk menyamakan kerangka berpikir, maka berikut uraian lingkup materi dalam penelitian ini:

1. Pengertian dari “*meminimalkan selisih*” yaitu upaya menekan atau meminimalkan Intensitas konsumsi energi konvensional di siang hari dan meningkatkan produksi panel PV sehingga diperoleh nilai selisih yang semakin kecil. Berikut merupakan grafik yang menggambarkan istilah selisih yang dimaksudkan.



Gambar 1.1 Ilustrasi maksud “*meminimalkan selisih*” pada penelitian ini

2. Perhitungan IKE diperuntukkan untuk penggunaan AC dan lampu
3. Batasan biaya tidak terlalu menjadi perhatian, karena sasaran target studi kasus menuju pada masyarakat yang mulai membangun *life style* ramah lingkungan
4. Penelitian ini tidak mencakup penggunaan baterai penyimpanan listrik sehingga panel surya hanya memasok kebutuhan listrik siang hari (12 jam per harinya)

### 1.3.3 Lingkup Program Bantu

Proses penelitian menggunakan program bantu (*software*) Autodesk Revit dan PVsyst untuk memodelkan bangunan secara 3 Dimensi, simulasi IKE dan produksi listrik panel PV.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan perumusan masalah, tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi intensitas konsumsi energi (IKE) pada desain rumah *baseline*
2. Menguji faktor-faktor strategi desain pasif terhadap perubahan intensitas konsumsi energi (IKE)
3. Mengetahui nilai selisih antara intensitas konsumsi energi (IKE) dengan produksi listrik fotovoltaik pada desain rumah *baseline* dan rumah *improvement*

### 1.5 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat penelitian yang diharapkan, yaitu:

1. Pada bidang akademik, dapat meningkatkan literasi ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang riset mengenai peningkatan efisiensi penggunaan energi baru terbarukan, khususnya energi listrik yang bersumber dari panel PV.

2. Bagi masyarakat dan pihak pengembang rumah, diharapkan dapat memberikan pemahaman bahwa berbagai keterbatasan spesifikasi panel PV tidak menjadi penghambat pemasangan PV, melainkan sebuah peluang dari sisi arsitektur untuk eksplorasi strategi desain rumah tropis yang hemat energi.
3. Bagi pemerintah, semakin banyak desain rumah tinggal yang memperhatikan efisiensi energi dan pengaplikasian fotovoltaik atap, maka target bauran energi baru dan terbarukan (EBT) nasional Indonesia khususnya pada sektor rumah tinggal semakin berpeluang untuk terpenuhi.

## 1.6 Keaslian Penelitian

Tabel 1.2 Penelitian Tentang Panel Photovoltaik

No	Judul, Nama Penulis Dan Tahun Penelitian	Metode Dan Hasil Penelitian
1	<i>Rooftop Photovoltaic System As A Shading Device For Uninsulated Buildings</i> (Albatayneh et al., 2022)	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Model 3D <i>rooftop</i> ditambahkan modul PV sebagai alat peneduh.</li> <li>- Perangkat lunak Revit 2020 dan <i>the IES Virtual Environment</i> (VE) digunakan untuk memprediksi pengurangan dan peningkatan pemanasan, pendinginan dan beban terhubung dengan lantai atap setiap bulan.</li> </ul> <p><b>Hasil Penelitian:</b></p> <p>Pemasangan PVROOF pada area <i>rooftop</i> mengurangi perolehan panas sebesar 10,87% selama musim panas dan meningkatkan kehilangan panas sebesar 3,8% selama musim dingin. Di musim panas, permintaan listrik untuk pendinginan dalam ruangan menurun, tetapi permintaan untuk pemanasan dalam ruangan sedikit meningkat.</p>
2	Penggunaan (PLTS) Atap Untuk Keperluan Rumah Tinggal. Studi Kasus: Rumah	<p><b>Metode:</b></p> <p>Penelitian eksperimental pada bangunan dengan atap bentuk pelana dan menghadap ke arah Barat.</p>



	Tinggal di Jalan Swadaya, Depok (Pambayun & Iman, 2021)	<p><b>Hasil Penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agar sinar matahari dapat diserap secara optimal, bangunan yang menggunakan atap pelana dan menghadap ke barat, diusulkan untuk meletakkan modul PV di kedua sisi bagian atap dengan ketentuan 3 modul di arah timur dan 2 modul menghadap ke barat.</li> <li>- Tujuan utama penggunaan PLTS adalah untuk membantu menghemat tagihan listrik bulanan</li> </ul>
3	Kinerja <i>Solar Cell</i> yang Ditempatkan Pada Atap dan Dinding Model Bangunan  (Rifky et al., 2021)	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Merancang model bangunan yang mengaplikasikan panel surya di bagian atap dan dinding bangunan.</li> <li>- Panel surya dipasang menghadap ke arah utara, timur dan barat sepanjang hari.</li> </ul> <p><b>Hasil Penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses konversi energi surya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, temperatur, kelembapan udara dan kecepatan angin</li> <li>- Kinerja panel surya paling efisien berada di arah utara yaitu menghasilkan daya 25,49W dan panel surya yang berada di arah barat menghasilkan 13,91%W. Panel surya yang terpasang di dinding memiliki daya luaran rata-rata sebesar 11,84W.</li> </ul>
4	Pengaruh Efek Suhu terhadap Kinerja Panel Surya (Kusumaning Tiyas & Widyartono, 2020)	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menggunakan panel surya jenis <i>polycrystalline</i> yang berdasarkan pada empat kondisi eksperimen, yaitu:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Tanpa reflektor dan tanpa kipas</li> <li>b) Tanpa reflektor dan menggunakan kipas</li> <li>c) Menggunakan reflektor, tetapi tanpa kipas</li> <li>d) Menggunakan reflektor dan kipas</li> </ol> </li> <li>- Sudut pemasangan reflektor mulai dari 0° hingga 60°. Pengamatan dilakukan pada pukul 08.00-17.00 WIB.</li> </ul> <p><b>Hasil Penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suhu eksperimen (a) &gt; eksperimen (b)</li> <li>- Suhu eksperimen (d) &lt; eksperimen (c)</li> <li>- Eksperimen (b) menghasilkan suhu yang paling rendah</li> <li>- Eksperimen (c) menghasilkan suhu yang paling tinggi di antara eksperimen lainnya.</li> <li>- Reflektor dapat meningkatkan suhu panel surya, kipas angin berperan sebagai angin untuk mendinginkan pane PV</li> <li>- Kenaikan suhu menyebabkan kinerja panel surya menurun sedangkan penurunan suhu menyebabkan tahanan, daya dan efisiensi panel surya meningkat.</li> </ul>

5	<p>Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan Dan Beban Kecil (Karim &amp; Cahyanto, 2019).</p>	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Membuat rangkaian alat eksperimen yang terdiri dari beberapa komponen (panel PV tipe <i>polycrystalline</i> kapasitas 100WP, BCR dan inverter)</li> <li>- Variabel yang diuji: analisis penggunaan <i>solar cell</i> sebagai cadangan daya listrik untuk keperluan penerangan dan beban kecil dalam menanggulangi pemadaman listrik</li> <li>- Mencari waktu <i>Break Even Point</i> (BEP), total penghasilan = total biaya pengeluaran yang artinya tidak memperoleh laba dan tidak mengalami kerugian.</li> <li>- Variabel bebas (perangkat <i>solar cell</i> dengan lampu LED dan listrik PLN), variabel terikat (efektivitas dan BEP dalam penggunaan solar cell)</li> </ul> <p><b>Hasil Penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rata-rata daya energi listrik untuk menyalakan lampu dan beban kecil dalam rumah sebesar 1,213 kWh / hari. Jika tarif dasar listrik (TDL) Rp 1.612/kWh, maka biaya pemakaian listrik sebesar Rp 1.955,356/hari.</li> <li>- Biaya listrik 1 tahun Rp 1.955,356 x 365 hari = Rp 703.928,16. Beban pengadaan perangkat <i>solar cell</i> sebesar Rp 5.100.000.</li> <li>- Waktu <i>Break Even Point</i> (BEP) = Biaya pengadaan PLTS: Biaya listrik 1 tahun. Rp 5.100.000 : Rp 703.928,16 = 7,25 tahun.</li> <li>- Energi listrik yang dihasilkan panel surya hanya dapat memasok keperluan lampu dan beban kecil rumah tangga.</li> </ul>
6	<p>Kesesuaian Posisi Orientasi Dan Kemiringan Solar Sel Pada Bidang Selimut Bangunan Dalam Manifestasi Arsitektur Aktif Desain Di Kota Semarang (Indarto Et Al., 2015).</p>	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variabel bebas: intensitas radiasi matahari</li> <li>- Variabel terikat: output energi listrik yang dihasilkan meliputi tegangan (V), daya (VA) dan arus (I)</li> <li>- Variabel kontrol: Penempatan panel surya sesuai posisi orientasi dan kemiringan atap pada umumnya yaitu 30°</li> </ul> <p><b>Hasil Penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tegangan tertinggi berada pada solar sel yang menghadap ke Barat Laut dan Barat</li> <li>- Arus tertinggi berada di orientasi solar sel yang menghadap ke arah utara dan Barat</li> <li>- Daya semu (VA) tertinggi menghadap ke utara dan ke arah barat.</li> </ul>

Tabel 1.3 Penelitian tentang strategi desain pasif di bangunan iklim tropis

NO	Judul, Nama Penulis dan Tahun Penelitian	Temuan
1	<p><i>Thermal Comfort Improvement with Passive Design Strategies in Child Development Centers in Thailand</i> (Borisuit &amp; Suriyothin, 2022)</p>	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penerapan strategi desain pasif:               <ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Orientasi</li> <li>(B) <i>Solar protection</i> meliputi: <i>overhang</i> dan naungan eksternal (penutup jendela /<i>shutter</i>)</li> <li>(C) Insulasi termal: pada atap, langit-langit, dinding bagian dalam dan luar, dan kaca berinsulasi</li> <li>(D) Ventilasi: atap, <i>top-hung windows</i> dan penggunaan ventilasi malam</li> </ul> </li> <li>- Standar penilaian mengacu pada Kriteria overheating CIBSE TM52 2013</li> </ul> <p><b>Hasil Penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Memutar orientasi bangunan (A) tidak meningkatkan kenyamanan termal secara signifikan</li> <li>- Strategi (B) membantu meminimalkan waktu terpapar radiasi matahari hingga 20%.</li> <li>- Secara keseluruhan, Strategi (C) dapat meningkatkan kenyamanan termal lebih baik dibandingkan strategi lain. Strategi (C) dapat mengurangi panas sebesar 57,5%. Insulasi atap, merupakan elemen kunci dalam mengurangi panas berlebih di dalam gedung.</li> <li>- Model bangunan dengan kombinasi strategi (B+C) memiliki kinerja yang baik, setara dengan kinerja ketika menerapkan semua strategi (B+C+D).</li> </ul>
2	<p><i>Passive cooling performance on Indonesia contemporary tropical facade in producing the present comfortable space</i> (A. M. Nugroho, 2022)</p>	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penelitian lapangan dilakukan pada musim kemarau (bulan juni) menggunakan <i>HOBO data logger</i> yang ditempatkan di tengah setiap ruangan dan data pengukuran dicatat setiap jam pada ketinggian 90 cm.</li> <li>- Objek penelitian: rumah tropis kontemporer di Kota Malang, Indonesia</li> <li>- Kondisi termal rumah objek studi di siang hari menunjukkan suhu yang lebih tinggi dari suhu netral sehingga diperlukan strategi pendinginan pasif berdasarkan fasad tropis Indonesia.</li> <li>- Aplikasi fasad tropis meliputi 1) fasad berventilasi dan 2) fasad bioklimatik yang meliputi keberadaan fasad kulit ganda yang berjarak 1,5m dari dinding dan adanya kolam di dalam rumah eksisting.</li> </ul> <p><b>Hasil Penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tingkat kenyamanan suhu di kota Malang adalah di antara 22,4°C - 27,4°C.</li> <li>- Jika dibandingkan dengan fasad berventilasi (2,2°C), Fasad bioklimatik memiliki kinerja pendinginan</li> </ul>

		pasif yang lebih tinggi dengan penurunan suhu sebesar 2,5°C.
3	<i>Passive Cooling Strategies In Roof Design To Improve The Residential Building Thermal Performance In Tropical Region</i> (Lapisa et al., 2019)	<p><b>Metode:</b> Mengevaluasi efektivitas strategi pendinginan pasif berupa desain atap yang mempertimbangkan lapisan atap dingin, insulasi termal pada langit-langit dan ventilasi alami zona loteng untuk meningkatkan kinerja termal bangunan rumah tinggal di Indonesia.</p> <p><b>Hasil penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atap pelana lebih cocok untuk bangunan di iklim tropis dengan kelembapan, suhu udara dan curah hujan yang tinggi.</li> <li>- Penerapan pendinginan pasif pada atap mampu secara signifikan mengurangi panas dan ketidaknyamanan termal sebesar 37,3% di daerah tropis.</li> </ul>

Dari hasil studi pustaka beberapa penelitian pada tabel 1.2 hingga tabel 1.3, diketahui bahwa penelitian yang berkaitan tentang penerapan dan efisiensi kinerja fotovoltaik sudah banyak dilakukan. Namun, sejauh ini topik penelitian mengenai penerapan fotovoltaik terintegrasi strategi desain pasif untuk meminimalkan selisih antara Intensitas konsumsi energi (IKE) dan produksi panel PV belum ditemukan.

Tabel 1.4 Penelitian Dengan Metode simulasi Autodesk Revit dan Insight 360

NO	Judul, Nama Penulis dan Tahun Penelitian	Temuan
1	<i>Alternative Construction using BIM in Old Educational Buildings. Case Study: The Deanship Building of the Materials Engineering Department, University of Technology, Iraq</i> (Abdullah & Hatem, 2023)	<p><b>Metode:</b> Simulasi energi pada bangunan dekan untuk menentukan strategi manajemen energi yang paling memungkinkan untuk diterapkan. Dengan tujuan agar diperoleh bangunan pendidikan yang ramah lingkungan dan ekonomis.</p> <p><b>Hasil penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengubah konstruksi dinding dan atap meminimalkan penggunaan energi listrik biaya sekitar 1.491.000 Dinar Irak (ID), dan mengurangi biaya konsumsi energi bahan bakar sekitar 474,000 ID.</li> <li>- Mengubah efisiensi pencahayaan menjadi 0,3 W/sf merupakan cara terbaik mengurangi biaya konsumsi energi listrik sekitar 66.085.500 Dinar Irak (ID), dan</li> </ul>

		<p>mengurangi biaya konsumsi energi bahan bakar sekitar 510.000 ID.</p> <p>-</p>
2	<p><i>BIM-based architectural analysis and optimization for construction 4.0 concept (a comparison)</i> (Zhang et al., 2023)</p>	<p><b>Metode:</b> Analisis energi dan perbandingan. Studi kasus optimasi Blok A dan Blok Z COMSATS Abbottabad (gedung akademis), Pakistan untuk mengurangi penggunaan energi.</p> <p><b>Hasil penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dengan memutar bangunan 360 derajat dengan interval 45 derajat dan memanfaatkan BIM untuk memasang material konstruksi dinding dan atap. Biaya energi rata-rata tahunan untuk blok A dan Z masing-masing menurun dari 229 kWh/ m<sup>2</sup> menjadi 160 kWh/m<sup>2</sup> dan 192 kWh/ m<sup>2</sup>.</li> <li>- Penerapan faktor-faktor pada analisis energi dapat menghasilkan desain konseptual yang lebih baik sehingga membantu upaya mencapai kelestarian lingkungan.</li> </ul>
3	<p>Optimasi Penggunaan Fasad Berdasarkan Energi Dalam Proses Perancangan Gedung Perkantoran di Surabaya (Fahmi &amp; Mutia, 2022)</p>	<p><b>Metode:</b> Simulasi penggunaan energi selama proses perancangan fasad gedung perkantoran Surabaya dan dibandingkan berdasarkan aspek <i>life cycle electric use (LCEU)</i>. Terdapat tiga skenario fasad yang dirancang yaitu: F-1 : WWR 65%, <i>window shade</i> dan <i>double skin</i> (sisi barat dan selatan) F-2 : WWR 65% tanpa <i>window shade</i> dan <i>double skin</i> F-3 : WWR 40% tanpa <i>window shade</i> dan <i>double skin</i></p> <p><b>Hasil penelitian:</b> Hasil simulasi menunjukkan angka <i>life cycle electric use</i> dari masing-masing skenario yakni F-1 48.265.830 kW, F-2 61.689.390 kW dan F-3 58.133.160 kW. Dengan demikian, F-1 merupakan skenario fasad yang memiliki efisiensi penggunaan energi yang paling baik.</p>
4	<p>Optimalisasi Kinerja Termal Selubung Bangunan Unit Hunian Di Rusunawa Cibesut Jakarta Timur (Widhayaka &amp; Rilatupa, 2021)</p>	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengidentifikasi perbedaan energi (OTTV dan EUI) pada selubung bangunan rusun, khususnya pada hunian sisi timur dan barat</li> <li>- Penerapan 2 opsi perbaikan selubung bangunan agar diperoleh nilai OTTV dan EUI yang relatif sama rendah di kedua sisi hunian.</li> </ul> <p><b>Hasil penelitian:</b> OTTV pada sisi timur 100% dan sisi barat 131,56%. Hasil perhitungan OTTV:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penerapan <i>clear double glazing</i> 6mm menurunkan OTTV 4,22W/ m<sup>2</sup> (7,77%)</li> <li>- Penerapan insulasi <i>gypsum</i> 9mm dan <i>glass wool</i> 2cm pada dinding dapat menurunkan OTTV 17,86 W/ m<sup>2</sup> (32,86%)</li> <li>- Jika kedua opsi tersebut diterapkan pada sisi barat, dapat menurunkan OTTV sebesar 32,22 W/m<sup>2</sup>(turun 40,6%)</li> </ul>

		<p>Hasil simulasi EUI insight 360</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EUI hunian sisi timur 52,2 kWh/ m<sup>2</sup>/yr dan Hunian sisi barat 55,7 kWh/ m<sup>2</sup>/yr</li> <li>- Penerapan opsi 1 pada hunian sisi barat, EUI tetap di angka 55,7 kWh/ m<sup>2</sup>/yr</li> <li>- Penerapan opsi 2 pada hunian sisi barat memperoleh EUI 49,3 kWh/ m<sup>2</sup>/yr yang berarti EUI hunian sisi barat sudah berada di bawah EUI hunian sisi timur.</li> </ul>
--	--	--

Tabel 1.5 Penelitian Dengan PVsyst

NO	Judul, Nama Penulis dan Tahun Penelitian	Temuan
1	<i>Design of Rooftop Photovoltaic System for 30/60- type House in Sukabumi, Indonesia using PVsyst Simulation</i> (Ali et al., 2021)	<p><b>Metode:</b> Objek penelitian merupakan rumah tipe 30/60, sebuah perumahan di Ujung Genteng, Sukabumi yang memiliki potensi energi surya DNI ; 3.502kWh/ m2.</p> <p><b>Hasil penelitian:</b> Berdasarkan simulasi <i>software</i> PVsyst, desain panel surya atap yang cocok untuk rumah dengan tipe 30/60 yaitu terdiri dari 4 unit panel PV 275Wp. Inverter 450Vac dan 2 unit baterai 12V/200Ah.</p>
2	Analisa Kinerja Plts On Grid 50 Kwp Akibat Efek Bayangan Menggunakan Software PVsyst (Mansur, 2021)	<p><b>Metode:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis energi yang dihasilkan dari simulasi PVsyst dengan data lapangan.</li> <li>- Pengambilan data lapangan menggunakan <i>tools solmetric Suneye</i>.</li> </ul> <p><b>Hasil penelitian:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energi data lapangan 70.51MWh/tahun, PVsyst berdasarkan data meteonorm 72,65 MWh/tahun dan berdasarkan data NASA-SSE 91,65 MWh/tahun.</li> <li>- Perbedaan energi di yang dihasilkan dari data iklim PVsyst meteonorm 7.3 sebesar 7,51% dan PVsyst NASA-SSE 15,53% dari energi kenyataan.</li> <li>- Melalui simulasi PVsyst energi produksi dapat dioptimalkan dengan mengatur orientasi pada kemiringan 12 ° dan azimuth -15 °</li> </ul>
3	Studi Perancangan Plts On-Grid 1200wp Ditinjau Teknik Dan Ekonomis di Pondok	<p><b>Metode:</b> Identifikasi kelayakan teknik dan ekonomi sistem fotovoltaik atap On Grid 1200WP di Pondok pesantren.</p>



	Pesantren Tanbihul Ghofilin Banjarnegara (Windarta et al., 2021)	<b>Hasil Penelitian:</b> Energi listrik yang dihasilkan berkisar 1601-1701kWh dengan performansi rasio kinerja 77,05-81,88%. Periode waktu pengembalian nilai investasi 11,6 tahun.
4	Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 6.43 (Ridho et al., 2019)	<b>Metode:</b> Menelaah potensi dan kinerja dari perancangan PLTS di area parkir sepeda motor Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Data konsumsi energi sebesar 355,7MWh/tahun  <b>Hasil penelitian:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jumlah panel yang dibutuhkan adalah 390 buah dengan kemiringan optimal yang disarankan adalah 10°.</li> <li>- Dengan sistem PLTS yang terhubung secara On Grid, diperkirakan memiliki potensi 272,8 MWh/tahun, rasio penghematan listrik 197,677 MWh/tahun dan listrik yang dapat dijual Kembali ke jaringan PLN adalah 75,11 MWh/tahun.</li> <li>- Shading factor menyebabkan penurunan jumlah produksi energi listrik sebesar 5,2%</li> </ul>

Dari hasil studi pustaka pada tabe 1.4 dan 1.5 diketahui bahwa beberapa penelitian terdahulu sudah menggunakan program simulasi Autodesk revit (Insight 360) untuk simulasi dan optimasi energi bangunan serta *software* PVSyst untuk menganalisis hal-hal yang berkaitan dengan perancangan sistem fotovoltaik.

## 1.7 Waktu Penelitian

Tabel 1.6 Jadwal Pengerjaan Penelitian Tesis

BULAN	TARGET PENCAPAIAN
Maret-April	Pengerjaan Proposal Tesis
Mei	Ujian Proposal Tesis
Mei - Juni	Melengkapi BAB I hingga BAB III
Juli-Agustus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengambilan data dan tahap pembuatan 3D model</li> <li>- Simulasi dan analisis data</li> </ul>
September-Oktober	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menyelesaikan BAB IV, BAB V dan kesimpulan</li> </ul>