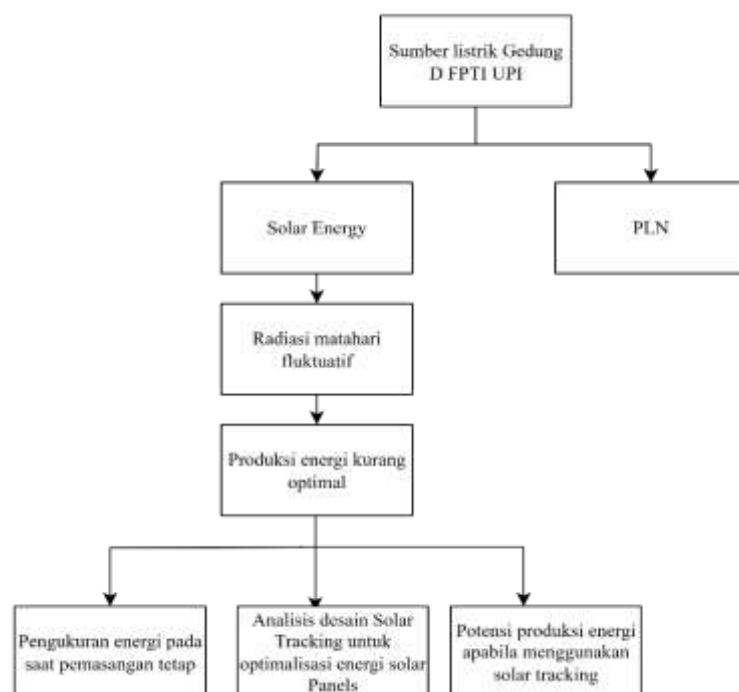


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini mengusung judul " Analisis desain *solar tracking* terhadap optimalisasi *Solar panels* pada Gedung D FPTI UPI ". Diagram alir pada **Gambar 3.1** menggambarkan alur penelitian yang dimulai dari identifikasi sumber energi listrik di Gedung D FPTI UPI, yang berasal dari Solar panels dan PLN. Sistem Solar panels dipengaruhi oleh radiasi matahari yang fluktuatif, sehingga mengakibatkan produksi energi kurang optimal. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu pengukuran energi pada pemasangan tetap, perancangan dan analisis desain solar tracking, serta perbandingan kinerja kedua sistem tersebut. Hasil pengujian berupa produksi energi dan radiasi matahari dianalisis untuk kinerja produksi energi pada saat pemasangan tetap untuk dibandingkan dengan *Solar panels* apabila menggunakan *solar tracking*. Berikut merupakan diagram alir desain penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Diagram alir desain penelitian

3.2 Partisipan dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan melibatkan partisipan yang berperan dalam proses perancangan, pengujian, dan analisis sistem Solar panels, meliputi peneliti, dosen, serta pihak pengelola fasilitas energi terbarukan di Gedung D FPTI UPI. Lokasi penelitian dipilih di area terbuka Gedung D FPTI UPI, yang memiliki instalasi Solar panels terpasang dan bebas dari hambatan bayangan signifikan, sehingga memungkinkan pengambilan data radiasi matahari dan produksi energi secara optimal. Pemilihan lokasi ini juga mempertimbangkan kemudahan akses untuk pemeliharaan peralatan, ketersediaan sumber daya pendukung, serta representasi kondisi nyata untuk penerapan sistem solar tracking.

3.2.1 Partisipan

Keterkaitan antara lokasi penelitian dengan fokus kajian menjadi sangat krusial dalam penelitian ini. Sebagai gedung yang pernah dirancang dan diawasi langsung oleh Dr. Elih Mulyana, M.Si. dosen sekaligus kontraktor pembangunan Gedung D pemilihan lokasi ini tidak hanya didasarkan pada ketersediaan sistem HRES, tetapi juga mempertimbangkan nilai teknis yang melekat pada desain awal infrastruktur kelistrikannya. Dalam wawancara dan diskusi teknis, Dr. Elih menegaskan bahwa pemanfaatan Solar panels di gedung ini harus mempertimbangkan sudut yang optimal untuk produksi energi yang tinggi. Dengan demikian, Gedung D bukan hanya sebagai tempat berlangsungnya penelitian, tetapi juga sebagai representasi nyata dari tantangan dan potensi dalam mengimplementasikan solar tracking. Kondisi geografis Bandung yang sering berawan menjadi variabel alami yang memperkuat konteks pengujian ketahanan dan efisiensi sistem solar tracking. Data empiris yang diperoleh dari lokasi ini digunakan untuk mengukur radiasi matahari serta keandalan sistem dalam menghadapi variabilitas cuaca dan fluktuasi beban.

3.2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Gedung D Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (FPTI), Universitas Pendidikan Indonesia (UPI), yang berlokasi di kawasan Bumi Siliwangi, Kota Bandung. Gedung ini merupakan salah satu fasilitas perkuliahan dan laboratorium yang memiliki tingkat aktivitas listrik cukup tinggi,

terutama pada siang hari saat penggunaan peralatan elektronik, pencahayaan, serta pendingin ruangan mencapai titik puncaknya.

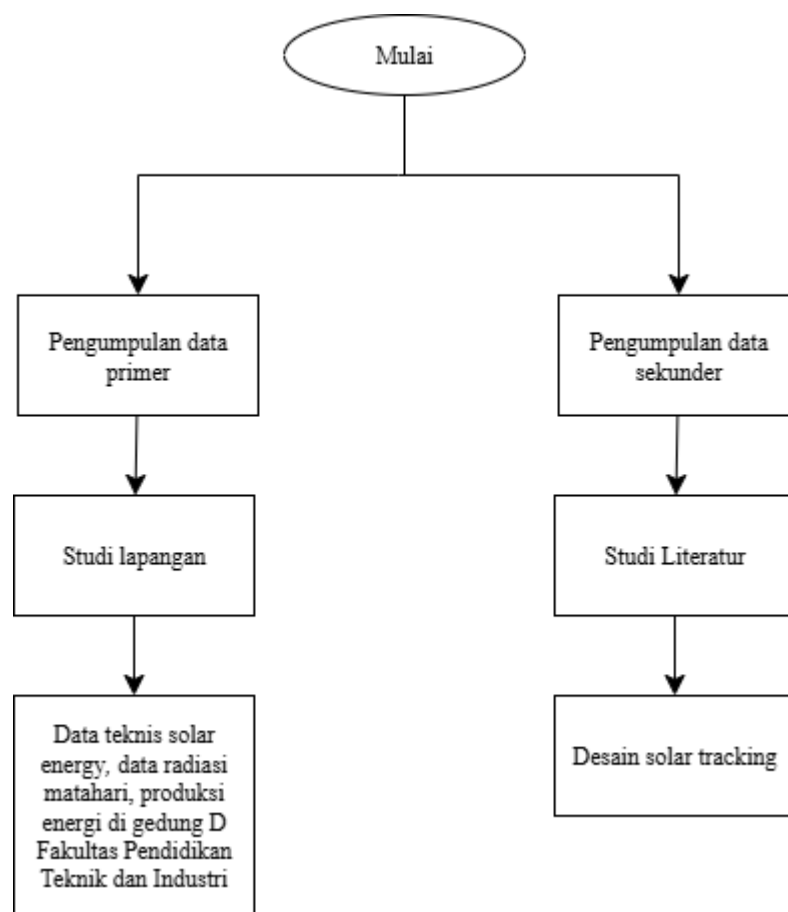


Gambar 3. 2 Lokasi penelitian Gedung D FPTI UPI (Google)

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian ini dirancang untuk menghimpun dua kategori data utama. Pertama, data primer yang dikumpulkan secara langsung melalui observasi dan pengukuran teknis di lapangan, yakni di area instalasi panel surya yang terletak di atap Gedung D Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri Universitas Pendidikan Indonesia. Pengumpulan data ini mencakup informasi detail terkait kondisi operasional system dan parameter lingkungan. Kedua, data sekunder diperoleh melalui kajian pustaka yang mendalam terhadap berbagai sumber ilmiah, terutama artikel dan jurnal terindeks Scopus, yang secara khusus membahas strategi perancangan sistem pelacak matahari (*solar tracking*) secara optimal. Literatur ini digunakan sebagai dasar teoritis dan pembanding dalam menyusun model tracking yang sesuai dengan karakteristik geografis dan iklim tropis di lokasi studi.

Berikut adalah instrumen penelitian yang dapat digunakan dalam penelitian “Analisis desain *solar tracking* terhadap optimalisasi *Solar panels* pada Gedung D FPTI UPI”.



Gambar 3. 3 Instrumen Penelitian

- a. Data primer dalam penelitian ini dikumpulkan melalui kegiatan observasi langsung terhadap perangkat utama sistem pembangkit tenaga surya yang terpasang di atap Gedung D, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia. Fokus observasi diarahkan pada identifikasi spesifikasi teknis dari komponen-komponen sistem, seperti panel surya, inverter, dan baterai, serta pencatatan data intensitas radiasi matahari langsung, pengambilan data sudut azimuth, dan produksi energi. Informasi ini digunakan sebagai dasar untuk memahami karakteristik kinerja sistem secara umum tanpa melakukan pengujian atau pengambilan data operasional secara mendalam.
- b. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh melalui analisis berbagai publikasi ilmiah dan artikel jurnal bereputasi, khususnya yang terindeks di Scopus, yang membahas strategi pemodelan sistem *solar tracking* secara optimal pada panel surya. Studi-studi tersebut memberikan dasar teoritis serta bukti empiris

mengenai peningkatan efisiensi konversi energi matahari dengan penerapan sistem pelacak matahari satu atau dua sumbu. Data yang dikumpulkan mencakup parameter teknis seperti sudut pelacakan, pergerakan harian matahari, intensitas radiasi yang diterima, hingga algoritma pengendali yang digunakan. Dengan mengacu pada literatur terkini, pendekatan ini memungkinkan perancangan model solar tracking yang disesuaikan dengan kondisi iklim tropis, sehingga menghasilkan pemanfaatan energi surya yang lebih maksimal dan berkelanjutan.

Untuk mendukung pelaksanaan pengumpulan data dan analisis dalam penelitian ini, diperlukan serangkaian alat dan bahan yang disesuaikan dengan kebutuhan teknis di lapangan serta tujuan analisis sistem Solar panels. Sub bab berikut akan menjelaskan secara rinci alat-alat yang digunakan selama proses penelitian, serta bahan-bahan yang diperlukan dalam pengolahan dan interpretasi data yang relevan.

3.3.1 Alat Penelitian

Dalam penelitian ini, sejumlah alat digunakan untuk menunjang proses pengumpulan dan analisis data sistem pembangkit listrik tenaga surya. Alat-alat tersebut mencakup perangkat keras serta perangkat lunak berbasis web yang digunakan untuk memperoleh data teknis dan klimatologis. Berikut adalah uraian alat yang dimanfaatkan dalam penelitian:

a. Perangkat lunak

1. Website Solcast

Untuk memperoleh data iradiasi matahari, digunakan platform daring Solcast (<https://solcast.com>), yang menyediakan estimasi harian dan jam-jaman untuk radiasi langsung berdasarkan model atmosferik dan data satelit. Data ini sangat penting dalam menganalisis potensi energi surya dan performa sistem PV di lokasi penelitian.

2. Microsoft excel

Untuk pengolahan data, visualisasi grafik dengan tujuan mempermudah analisis komparatif produksi energi panel surya pemasangan tetap dan panel surya dengan *solar tracking*.

b. Perangkat keras

1. MPPT/*Charge controller*

Untuk mendapatkan data produksi energi harian pada tanggal 14 april 2025 di Gedung D FPTI UPI

2. Komputer

Untuk pengolahan data, analisis, dan riset pada saat studi literatur.

3.3.2 Bahan

Penelitian ini memerlukan sejumlah bahan utama yang menjadi komponen inti dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Setiap bahan memiliki fungsi spesifik dalam mendukung proses konversi energi, penyimpanan energi, dan pengaturan keluaran listrik. Uraian berikut menyajikan secara rinci jenis, spesifikasi, dan konfigurasi dari bahan-bahan yang digunakan dalam sistem tersebut.

1. Panel surya monocrystalline

Jenis panel surya yang digunakan dalam sistem ini adalah monocrystalline, yang merupakan salah satu tipe panel fotovoltaik dengan tingkat efisiensi konversi energi paling tinggi dibandingkan jenis lainnya seperti polycrystalline atau thin film. Panel monocrystalline dibuat dari satu kristal silikon murni, sehingga mampu menghantarkan elektron dengan lebih cepat dan efektif. Keunggulan ini membuatnya sangat cocok digunakan di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia, yang memiliki intensitas radiasi matahari cukup tinggi sepanjang tahun. Kemampuan panel monocrystalline dalam menghasilkan energi listrik dalam kondisi pencahayaan rendah atau tidak ideal juga menjadi nilai tambah dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) skala menengah hingga besar.



Gambar 3. 4 Panel surya *monocrystalline* (Dokumentasi pribadi)

a. Dimensi Panel:

Setiap unit panel surya memiliki ukuran fisik $220 \text{ cm} \times 112 \text{ cm}$, yang termasuk dalam kategori ukuran standar untuk panel dengan energi tinggi di industri fotovoltaik.

b. Jumlah Panel:

Total 40 unit panel digunakan dalam sistem ini untuk membentuk satu kesatuan array utama pembangkit tenaga surya.

Konfigurasi pemasangan panel dilakukan secara rangkaian seri, di mana seluruh unit saling terhubung ujung ke ujung untuk menambah tegangan total yang dihasilkan. Pendekatan ini dipilih agar output tegangan dari sistem dapat memenuhi kebutuhan minimum masukan (input) inverter dan sistem penyimpanan baterai yang beroperasi pada tegangan tinggi. Dengan konfigurasi seri, sistem menjadi lebih efisien dalam transmisi energi ke inverter MPPT dan lebih stabil dalam penyaluran energi ke sistem distribusi. Strategi perangkaian ini juga mempertimbangkan aspek teknis seperti minimalisasi rugi energi dan kemudahan dalam pengelolaan sistem monitoring.

2. Baterai *lead acid*

Energi listrik yang dihasilkan dari panel surya dalam sistem ini tidak langsung digunakan, melainkan disimpan terlebih dahulu untuk memastikan ketersediaan energi secara berkelanjutan. Penyimpanan energi tersebut dilakukan dengan menggunakan baterai jenis *lead-acid*, yang dikenal luas dalam sistem penyimpanan energi karena kemampuannya yang andal, biaya relatif rendah, dan kemudahan dalam pengelolaan. Jenis baterai ini juga cocok digunakan untuk sistem off-grid karena toleransinya terhadap fluktuasi arus pengisian dan pengosongan.



Gambar 3. 5 Baterai lead acid (Dokumentasi pribadi)

a. Jumlah Baterai:

Muhammad Dzikri Fathur Robbani, 2025

ANALISIS DESAIN SOLAR TRACKING TERHADAP OPTIMALISASI SOLAR CELL PADA GEDUNG D FPTI UPI

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Sistem menggunakan 60 unit baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya.

b. Spesifikasi Tiap Unit:

Setiap baterai memiliki tegangan 12 Volt dan kapasitas 100 Ampere-jam (Ah).

c. Konfigurasi Penyusunan:

Baterai disusun dalam kombinasi rangkaian seri dan paralel, bukan secara tunggal, agar dapat menghasilkan output energi yang sesuai dengan spesifikasi sistem.

Melalui konfigurasi tersebut, sistem penyimpanan mampu mencapai tegangan total sebesar 48 Volt dengan kapasitas energi mencapai 72 Kwh, yang dinilai memadai untuk menyuplai energi secara stabil pada berbagai beban operasional. Dengan kapasitas ini, sistem tidak hanya mampu menjamin kontinuitas suplai energi saat sinar matahari tidak tersedia (seperti pada malam hari atau saat cuaca buruk), tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan distribusi energi, efisiensi pengisian, dan penghindaran kerusakan akibat overcharge atau deep-discharge.

3. MPPT

Untuk mendukung kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya secara optimal, digunakan perangkat elektronik Growatt SPF 5000 ES. Perangkat ini memiliki dua fungsi utama yang terintegrasi dalam satu unit, yakni sebagai MPPT (Maximum Power Point Tracker) dan sebagai inverter off-grid. Fungsi MPPT berperan penting dalam menyesuaikan titik energi maksimum dari panel surya terhadap kondisi iradiasi yang berubah-ubah, sehingga energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara efisien. Di sisi lain, fungsi inverter berperan mengubah arus searah (DC) dari panel dan baterai menjadi arus bolak-balik (AC) yang sesuai untuk digunakan oleh beban listrik.

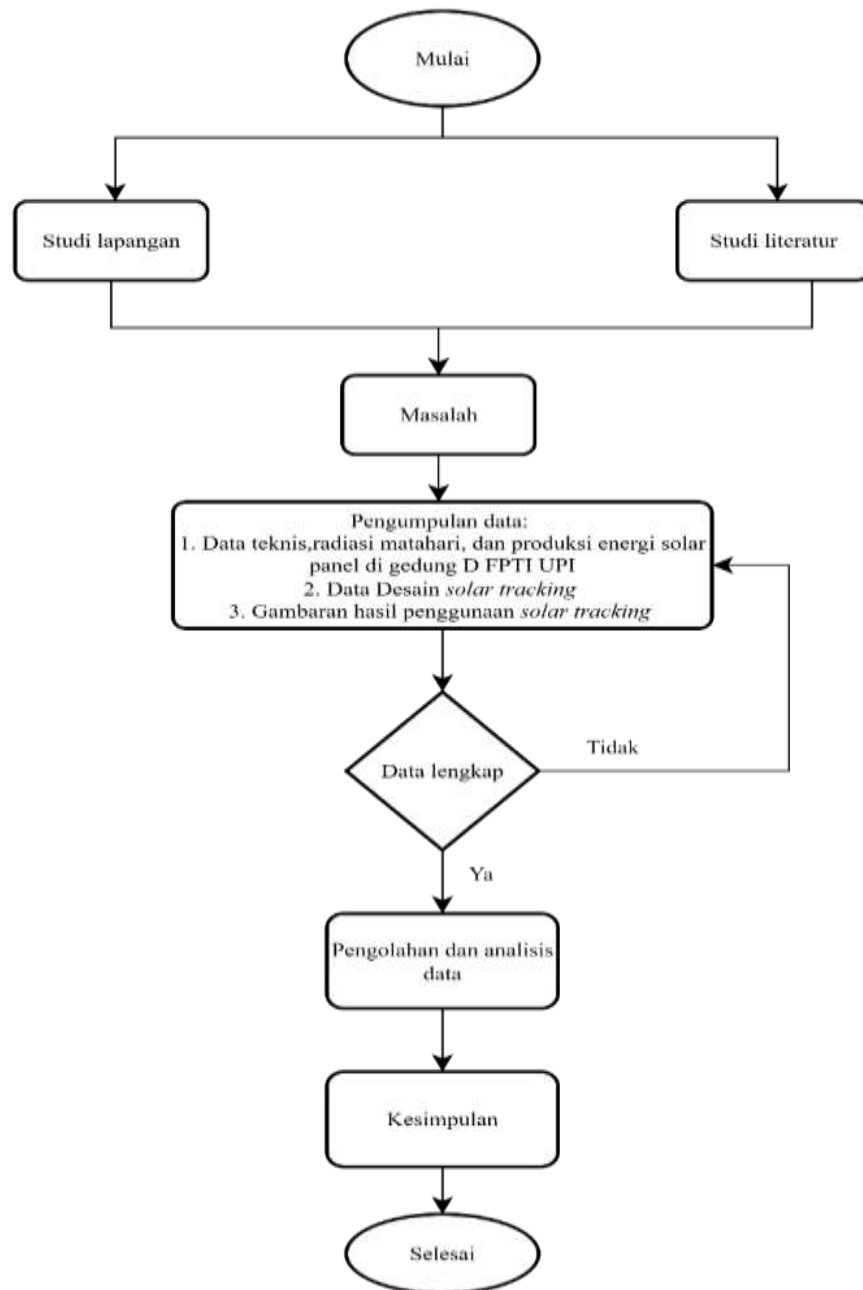


Gambar 3. 6 Konfigurasi MPPT (Dokumentasi pribadi)

- a. Maks. PV input *voltage* (VOC): 450VDC
- b. MPPT *Voltage Range*: 120–430VDC
- c. Maks. PV input *current* (Isc): 18A
- d. AC input: 230VAC, 50Hz/60Hz
- e. Maks. *charge current*: 100A
- f. Maks. AC *charge current*: 80A
- g. *Rated power*: 5000VA/ 5000W
- h. *Battery voltage*: 48VDC
- i. Output AC: 230VAC, 50/60Hz, 22A
- j. Jumlah unit yang digunakan: 4 buah (dipasang seri)
 1. Penggunaan perangkat Growatt dalam jumlah dan konfigurasi tersebut juga memperkuat fleksibilitas sistem, terutama dalam menghadapi fluktuasi radiasi matahari yang biasa terjadi di wilayah tropis. Dengan kemampuan adaptif dari fitur MPPT dan kestabilan konversi energi dari inverter off-grid, sistem dapat mempertahankan performa tinggi meskipun terjadi perubahan intensitas sinar matahari. Hal ini sangat penting untuk memastikan kontinuitas suplai energi ke beban terhubung serta menjaga efisiensi sistem penyimpanan energi pada baterai.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian berfungsi untuk menyusun langkah-langkah sistematis dan terstruktur yang digunakan untuk mengumpulkan data, menganalisis informasi, dan menjawab pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan. Tujuan dari prosedur penelitian adalah untuk mencapai hasil penelitian yang dapat diandalkan, valid, dan objektif seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. 7 Diagram alir prosedur penelitian

Langkah awal penelitian dilakukan dengan studi literatur dan studi lapangan tentang data teknis Solar panels seperti spesifikasi *Solar panels*, Baterai dan MPPT. Dan juga data radiasi matahari yang mencakup radiasi langsung dan sudut azimuth serta data produksi energi Solar panels untuk membandingkan produksi energi *Solar panels* dengan panel tetap dan prediksi produksi energi apabila *Solar panels* dengan *solar tracking*. Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan jurnal

nasional dan jurnal internasional sebagai referensi yang berasal dari *website* penerbit jurnal seperti *Google scholar*, *science direct*, dan lain lain. Langkah berikutnya adalah mengambil data desain solar tracking yang didapatkan dari jurnal atau artikel ilmiah. Setelah mengumpulkan data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data terkait spesifikasi teknis dari komponen-komponen sistem, seperti panel surya, inverter, dan baterai, serta pencatatan data intensitas radiasi matahari yang mencakup nilai radiasi langsung dan pengambilan data sudut azimuth dan juga pengambilan data produksi energi. Yang kemudian di gambarkan ke dalam grafik menggunakan *software* Microsoft Excel. Kemudian menganalisis perbedaan produksi energi antara produksi energi *Solar panels* dengan panel tetap dan prediksi produksi energi apabila *Solar panels* dengan *solar tracking*, dan menganalisis kebutuhan *solar tracking* yang ada pada Gedung D FPTI untuk menentukan desain *solar tracking*. Setelah semua hasil analisis didapatkan, peneliti dapat menarik kesimpulan sehingga penelitian selesai dilaksanakan.

3.5 Analisis Data

1. Pengukuran Energi Solar panels pada Pemasangan Tetap (Tanpa Solar Tracking)
Data pengukuran energi Solar panels pada sistem pemasangan tetap (*fixed-tilt*) diambil dari instalasi yang berada di Gedung D FPTI UPI. Pengambilan data dilakukan dengan memperhatikan radiasi matahari yang mencakup radiasi langsung (*direct normal irradiance*) dan sudut azimuth pada tanggal 14 April 2025. Data radiasi tersebut kemudian dianalisis untuk melihat hubungan antara intensitas radiasi matahari dengan besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh Solar panels. Dari hasil analisis ini, diperoleh gambaran performa sistem *fixed-tilt*.
2. Analisis Desain *Solar Tracking* untuk Optimalisasi Energi *Solar panels*
untuk menganalisis potensi optimalisasi, digunakan referensi desain solar tracking yang diteliti oleh Hammas et al. (2025). Penelitian tersebut menjelaskan konfigurasi sistem pelacakan matahari, komponen mekanis, aktuator, sensor, serta sistem kontrol yang digunakan. Desain tersebut diadaptasi secara konseptual untuk diimplementasikan di Gedung D FPTI UPI dengan mempertimbangkan kondisi lokasi, struktur penyangga, dan potensi hambatan lingkungan. Analisis dilakukan

untuk menilai kesesuaian spesifikasi komponen dan kebutuhan daya bantu (*parasitic load*) terhadap infrastruktur yang ada.

3. Estimasi besarnya Optimalisasi produksi energi apabila menggunakan sistem *solar tracking*. Berdasarkan penelitian Hammas et al. (2025), penerapan solar tracking dapat meningkatkan produksi energi hingga 33,23% dibandingkan sistem *fixed-tilt*. Dengan asumsi kondisi radiasi dan spesifikasi modul di Gedung D FPTI UPI serupa dengan skenario penelitian tersebut, estimasi peningkatan energi dihitung dengan mengalikan persentase peningkatan terhadap data produksi energi aktual *fixed-tilt*. Hasil estimasi ini memberikan gambaran potensi *energy gain* yang dapat dicapai apabila solar tracking diimplementasikan, serta menjadi dasar rekomendasi pengembangan sistem untuk penelitian selanjutnya.