

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan global terhadap energi terbarukan semakin meningkat seiring dengan isu perubahan iklim dan kebutuhan akan sumber energi yang ramah lingkungan. Salah satu solusi energi terbarukan yang paling populer adalah pemanfaatan energi surya melalui panel fotovoltaik. Teknologi ini mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Namun, panel surya yang dipasang secara statis sering kali tidak mampu memaksimalkan potensi penangkapan energi matahari sepanjang hari karena posisi matahari yang terus berubah. Akibatnya, energi yang dihasilkan tidak selalu optimal. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan sistem pelacak matahari atau *solar tracker* dapat meningkatkan efisiensi output panel surya hingga 20–40% dibandingkan dengan panel statis [16].

Teknologi *solar tracker* telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, terutama dengan adanya kemajuan di bidang sensor, mikrokontroler, dan artificial intelligence (AI). *Solar tracker* yang menggunakan AI memungkinkan sistem untuk menganalisis data real-time, seperti sudut pencahayaan matahari, tingkat iradiasi, serta keluaran tegangan dari panel surya, untuk menentukan posisi optimal panel surya. Dengan pendekatan ini, panel surya dapat secara otomatis mengikuti pergerakan matahari dengan lebih akurat dan efisien dibandingkan dengan sistem manual atau berbasis cahaya [8].

Pada sistem ini, aktuator seperti motor stepper sering digunakan untuk menggerakkan panel surya, baik secara horizontal maupun vertikal. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan motor stepper untuk pelacakan dua sumbu dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam memposisikan panel surya secara optimal. Selain itu, penggabungan sensor tegangan dan cahaya memungkinkan sistem untuk memantau keluaran energi secara akurat dan menentukan sudut kemiringan yang tepat untuk memaksimalkan energi yang dihasilkan [19].

Salah satu pendekatan terbaru yang diterapkan dalam *solar tracker* adalah penggunaan *Machine Learning*, khususnya metode *Decision tree*, untuk pengklasifikasian tegangan. Sistem ini menggunakan sensor tegangan untuk memonitor keluaran listrik dari panel surya, dengan rentang tegangan mulai dari 0.00V hingga 15.00V. Data tegangan ini akan dikategorikan dalam tiga kategori: rendah (0.00V–9.00V), normal (9.01V–12.00V), dan optimal (12.01V–15.00V). *Decision tree* kemudian digunakan untuk melakukan pengklasifikasian kategori tegangan ini. Proses pelatihan (training) model AI akan dilakukan dengan menggunakan dataset yang diambil dari sensor tegangan panel surya, di mana sistem akan belajar mengenali pola dan hubungan antara nilai tegangan dengan efisiensi energi yang dihasilkan.

Ketika sensor tegangan membaca nilai yang rendah, sistem AI akan mengarahkan motor stepper untuk bergerak, dan selanjutnya mencari posisi optimal panel surya dengan menganalisis data dari sensor tegangan dan cahaya. AI akan bekerja untuk menyesuaikan posisi hingga panel surya berada pada sudut yang menghasilkan tegangan optimal. Jika titik optimal tidak dapat ditemukan, sistem akan mencari posisi pada kategori normal untuk memastikan panel surya tetap dapat berfungsi dengan efisien. Penggunaan metode *Machine Learning* dalam proses ini memberikan sistem yang lebih adaptif dan responsif, karena AI dapat terus belajar dari data historis dan kondisi lingkungan yang berubah.

Integrasi AI dalam sistem *solar tracker* menjadi salah satu fokus penelitian terkini. Dengan menggunakan dataset dari keluaran tegangan panel surya, AI dapat dilatih untuk mengenali pola-pola tertentu yang menunjukkan kondisi optimal, normal, maupun rendah dalam penangkapan energi. Pelatihan model AI ini akan dilakukan menggunakan platform seperti Google Colab, yang nantinya akan menghasilkan file header (.h) berisi kode program untuk metode *Decision tree*. Dengan demikian, sistem dapat memutuskan kapan dan bagaimana menggerakkan motor stepper untuk mendapatkan hasil yang optimal. Konsep ini menawarkan pendekatan yang lebih adaptif dibandingkan metode konvensional yang hanya mengandalkan cahaya atau waktu.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan dasar yang kuat bagi pengembangan teknologi ini. Misalnya, desain *solar tracker* berbasis Arduino dengan cahaya telah menunjukkan keberhasilan dalam meningkatkan efisiensi energi panel surya [10]. Namun, pendekatan berbasis AI memiliki potensi untuk memberikan hasil yang lebih baik karena sistem dapat belajar dari data historis dan beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang dinamis, seperti cuaca mendung atau perubahan musim.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *solar tracker* cerdas berbasis AI untuk panel surya. Fokus utama adalah mengintegrasikan AI dengan perangkat keras seperti motor stepper dan sensor untuk menciptakan sistem pelacakan yang lebih cerdas dan responsif. Diharapkan, inovasi ini tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi penangkapan energi surya, tetapi juga menjadi solusi yang lebih fleksibel dan adaptif dalam memenuhi kebutuhan energi terbarukan di masa depan.

1.2 Penelitian Terdahulu

Tinjauan penelitian terdahulu merupakan suatu penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang diambil sebagai bentuk panduan ataupun contoh pada penelitian yang akan dilakukan. Dalam tahap ini akan diuraikan secara singkat penelitian sebagai bentuk memperkuat alasan mengapa penelitian ini akan dilakukan. Berikut referensi jurnal penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Penelitian terdahulu.

NO.	JUDUL	TAHUN	NAMA PENELITI
1.	CLOUD POWERED AI BASED <i>SOLAR TRACKER</i>	2022	AhmedUvesh Mevawala, Subhadip Ghosh, Harshaprabha N shetty, Tanusree De

NO.	JUDUL	TAHUN	NAMA PENELITI
2.	SOLAR TRACKING CONTROL ALGORITHM BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED TO LARGE-SCALE BIFACIAL PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS	2024	José Vinícius Santos de Araújo, Micael Praxedes de Lucena, dkk.
3.	PENGEMBANGAN PV SOLAR TRACKING SYSTEM DUA SUMBU PUTAR BERBASIS MODEL FUZZY SUGENO ORDE NOL	2020	S ryang T. Sarena, Ryan Y. Adhitya, dkk.
4.	IMPLEMENTASI <i>SOLAR TRACKER</i> TANPA SENSOR PADA PANEL SURYA	2020	Romi Fernandes, Muldi Yuhendri
5.	KOMBINASI SISTEM <i>SOLAR TRACKER</i> DUA SUMBU DAN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) UNTUK MENSTABILKAN TEGANGAN KELUARAN PEMBANGKIT PHOTOVOLTAIC (PV) MENGGUNAKAN SENSOR PHOTODIODA DAN ARDUINO NANO	2022	Agung Hadi Tamari, Amirullah

Pada penelitian sebelumnya tahun 2022 dengan judul penelitian Cloud Powered Ai Based *Solar tracker* penulis AhmedUvesh Mevawala, Subhadip Ghosh, Harshaprabha N shetty, Tanusree De, menurutnya, “Energi surya adalah bentuk energi yang paling hemat biaya di antara sumber energi terbarukan lainnya. Namun, panel surya konvensional memiliki masalah yang sama. Mereka dipasang pada suatu sudut, dan matahari berputar sepanjang hari, sehingga dapat memantulkan jumlah maksimum radiasi matahari. Hal ini membuat sistem panel surya konvensional menjadi kurang efektif.

Pada penelitian ini, di usulkan sistem Sistem pelacakan matahari berbasis Artificial intelligence yang memprediksi posisi tertentu dari matahari dan menginstruksikan pengontrol panel surya untuk mengarahkan panel ke posisi terbaik” [12].

Pada penelitian sebelumnya juga tahun 2024 dengan judul Solar Tracking Control Algorithm Based On Artificial Intelligence Applied To Large-Scale Bifacial Photovoltaic Power Plants penulis José Vinícius Santos de Araújo, Micael Praxedes de Lucena, Ademar Virgolino da Silva, Flávio da Silva Vitorino Gomes, Kleber Carneiro de Oliveira, José Mauricio Ramos de Souza, Sidneia Lira Cavalcante, Luis Roberto Valer Morales, Juan Moises Mauricio Villanueva and Euler Cássio, menurutnya “ Transisi menuju ekonomi rendah karbon adalah salah satu tantangan utama di zaman sekarang. Dalam konteks ini, energi surya, bersama dengan banyak teknologi lainnya, telah dikembangkan untuk mengoptimalkan kinerja. Sebagai contoh, *solar tracker* mengikuti jalur matahari untuk meningkatkan kapasitas pembangkit listrik tenaga surya. Namun, beberapa faktor perlu dipertimbangkan untuk lebih mengoptimalkan proses ini. Variabel-variabel penting termasuk jarak antar panel, reflektifitas permukaan, panel bifacial, dan variasi iklim sepanjang hari. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan algoritma berbasis artificial intelligence untuk *solar tracker* yang mempertimbangkan semua faktor ini-terutama variasi cuaca dan jarak antar panel surya. Metodologi ini dapat direplikasi di mana saja di seluruh dunia, dan keefektifannya telah divalidasi di pembangkit listrik tenaga surya dengan panel bifacial yang terletak di timur laut Brasil. Algoritma ini mencapai peningkatan hingga 7,83% pada hari berawan dan

memperoleh peningkatan energi rata-rata sekitar 1,2% jika dibandingkan dengan algoritma *solar tracker* komersial” [13].

Pada penelitian sebelumnya juga tahun 2020 dengan judul Pengembangan Pv Solar Tracking System Dua Sumbu Putar Berbasis Model Fuzzy Sugeno Orde Nol penulis S ryan T. Sarena, Ryan Y. Adhitya, Noorman Rinanto, Dana Hartono “ Solar Tracking System (STS) adalah salah satu cara penting untuk meningkatkan efisiensi dari panel sel surya. Penelitian ini membahas tentang pengembangan STS pada sel surya fotovoltaik yang memiliki dua sumbu putar (rotasi vertikal horisontal) dengan pengendali berupa mikrokontroler dan algoritma Fuzzy Sugeno orde nol. algoritma Fuzzy Sugeno orde nol. Masukan sistem berasal dari empat buah sensor yang terdiri dari dua cahaya untuk mendeteksi pergerakan matahari dari timur ke barat dan dua cahaya lainnya untuk mendeteksi pergerakan matahari dari arah utara atau selatan. Letak dari Cahaya berada di tepi sisi luar sel fotovoltaik. Sistem ini menggunakan sel surya polikristalin 10Wp sel surya polikristal dan baterai berkapasitas 12 volt / 7.2Ah. Sistem ini dilengkapi dengan aktuator berupa dua buah motor DC stepper torsi tinggi. Pengujian kinerja dari sistem ini masih dilakukan dalam skala laboratorium dengan bantuan penggerak manual Lampu LED. Keluaran dari sel surya diukur dengan menggunakan sensor tegangan dan sensor arus ACS712, dimana datanya masuk ke komputer yang terhubung ke sistem. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memiliki efisiensi yang lebih tinggi sebesar 34,18% dibandingkan dibandingkan dengan sistem sel surya statis [16].

Pada penelitian sebelumnya juga tahun 2020 dengan judul Implementasi *Solar tracker* Tanpa Sensor Pada Panel Surya penulis Romi Fernandes, Muldi Yuhendri “ Pembangkit listrik tenaga surya adalah salah satu jenis pembangkit listrik dari sumber energi terbarukan yang banyak dikembangkan di Indonesia. Daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya ditentukan oleh temperatur dan radiasi cahaya matahari yang mengenai permukaan panel surya. Semakin besar radiasi cahaya matahari mengenai panel surya, maka semakin besar pula daya yang dihasilkan panel surya. Radiasi maksimum cahaya matahari dapat diperoleh jika permukaan panel surya tegak lurus terhadap posisi matahari. Oleh

sebab itu, permukaan panel surya perlu dikendalikan agar sesuai dengan posisi matahari yang selalu bergerak. Paper ini mengusulkan penjejakan posisi matahari tanpa sensor berdasarkan waktu. Sistem penjejakan matahari (*solar tracker*) diimplementasikan dengan arduino dan Real Time Clock (RTC) DS 3231 sebagai penghitung waktu gerakan matahari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *solar tracker* yang diusulkan telah bekerja dengan baik, dimana posisi panel surya dapat mengikuti gerakan matahari” [18].

Pada penelitian sebelumnya juga tahun 2022 dengan judul Kombinasi Sistem *Solar tracker* Dua Sumbu Dan Automatic Transfer Switch (Ats) Untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Pembangkit Photovoltaic (Pv) Menggunakan Sensor Photodiode Dan Arduino Nano penulis Agung Hadi Tamari, Amirullah “ Kinerja generator fotovoltaik (PV) sangat dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari yang mengenai modul surya. Oleh karena itu dibutuhkan posisi modul surya yang selalu tegak lurus dengan arah sinar matahari. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu dirancang dan diimplementasikan sistem penjejak matahari dua sumbu dengan menggunakan motor stepper yang mampu bergerak secara dinamis menggerakkan generator PV mengikuti arah pergerakan sinar matahari yang disuplai oleh sumber listrik AC (PLN). Masalahnya adalah bahwa jika sumber AC terganggu, motor penggerak berhenti bekerja sehingga penyerapan sinar matahari tidak optimal. Penelitian ini mengusulkan perancangan dan implementasi sistem penjejak matahari dua sumbu berbasis Arduino Nano dengan menggunakan sensor fotodiode dan automatic transfer switch (ATS). ATS berfungsi jika terjadi gangguan pada sumber AC, maka sistem secara otomatis memindahkan catu daya beban ke sumber DC berupa baterai atau sebaliknya, sehingga alat tetap mampu bekerja. sensor fotodiode dalam rangkaian Arduino Nano digunakan karena memiliki sensitivitas yang lebih baik terhadap sinar matahari daripada sensor cahaya. Generator PV pada penelitian ini menggunakan modul PV1 dan PV2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul PV menggunakan sistem penjejak dua sumbu dengan pergerakan dinamis mengikuti pergerakan posisi matahari mampu menghasilkan tegangan keluaran rata-rata yang lebih signifikan dan lebih stabil dibandingkan sistem tanpa menggunakan tracker baik pada modul PV statis posisi

menghadap timur dan barat masing-masing sebesar 12,34% dan 10,94%. Sensitivitas sensor fotodiode terhadap sinar matahari juga membantu meningkatkan kinerja sistem yang diusulkan sehingga tegangan keluaran PV pada periode 09.00-15.00 WIB, menjadi lebih besar dan lebih stabil dibandingkan dengan sistem tanpa penjejak matahari” [11].

Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya menggunakan cahaya untuk mendeteksi intensitas cahaya, penelitian ini mengusulkan pendekatan baru dengan menambahkan kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan akurasi dalam penentuan posisi optimal panel surya, kemudian memanfaatkan sensor tegangan untuk memantau keluaran energi panel surya dan sensor cahaya untuk menentukan posisi panel agar sesuai dengan arah matahari. Kombinasi sensor ini memungkinkan sistem untuk mengoptimalkan pergerakan panel surya secara lebih akurat dan dinamis.

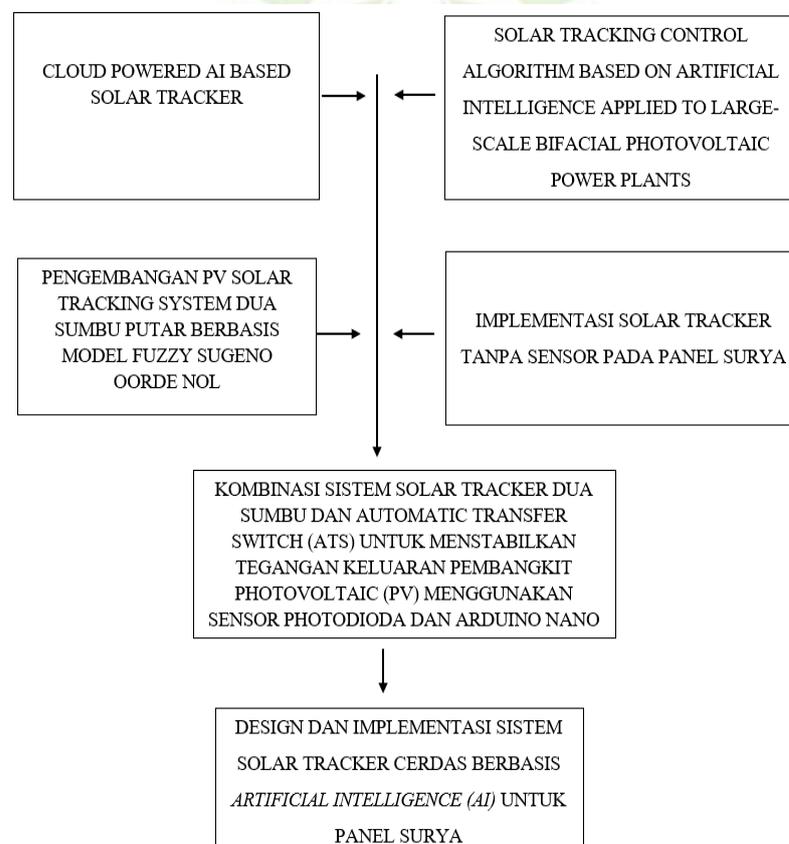
Dalam penelitian ini, sistem menggunakan dua motor stepper dan cahaya untuk menggerakkan panel surya pada dua sumbu (horizontal dan vertikal), yang bertujuan mencari posisi optimal terhadap arah cahaya matahari. Pergerakan motor stepper tidak hanya didasarkan pada data sensor semata, tetapi juga diarahkan oleh model AI yang telah dilatih menggunakan dataset berupa nilai keluaran tegangan panel surya. Dataset ini dikategorikan ke dalam beberapa kondisi, seperti tegangan rendah, tegangan normal, dan tegangan optimal. Untuk pelatihan model AI, digunakan platform *google colab*, yang memproses data menjadi sebuah file header (.h) yang dapat diintegrasikan atau di panggil langsung ke dalam kode pemrograman mikrokontroler seperti Arduino.

Proses kerja sistem dimulai dengan membaca keluaran tegangan panel surya secara real-time. Jika nilai tegangan yang dihasilkan berada dalam kategori rendah atau normal, sistem akan terus menggerakkan motor stepper (tracking) untuk mengubah orientasi panel surya hingga mencapai kondisi optimal. Ketika kondisi tegangan optimal tercapai, sistem akan secara otomatis menghentikan pergerakan motor stepper untuk mempertahankan posisi tersebut. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional,

karena sistem dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah, seperti pergerakan awan atau sudut matahari sepanjang hari.

Penelitian ini juga bertujuan untuk mengatasi beberapa keterbatasan pada sistem *solar tracker* sebelumnya, seperti ketergantungan pada cahaya yang sensitif terhadap gangguan lingkungan, seperti bayangan atau intensitas cahaya buatan. Dengan mengganti pendekatan cahaya dengan kombinasi sensor tegangan dan cahaya serta mengintegrasikan model AI, sistem yang diusulkan menawarkan solusi yang lebih stabil dan efektif dalam mengoptimalkan kinerja panel surya.

Secara keseluruhan, penelitian ini merupakan pengembangan dari teknologi *solar tracker* sebelumnya dengan fokus pada integrasi artificial intelligence sebagai penggerak utama sistem. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan performa teknologi energi terbarukan, khususnya dalam pemanfaatan energi surya yang lebih efisien dan adaptif terhadap kondisi lingkungan. Hubungan penelitian bisa di lihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Hubungan penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang mengenai tantangan dalam pemeliharaan dan pengoperasian panel surya, beberapa masalah utama yang dihadapi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain dan implementasi *solar tracker* cerdas berbasis *artificial intelligence* (ai) untuk panel surya?
2. Bagaimana kinerja sistem *solar tracker* cerdas berbasis *artificial intelligence* (ai) untuk panel surya?

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain dan implementasi sistem *solar tracker* cerdas berbasis *Artificial Intelligence* (AI) untuk panel surya yang dapat meningkatkan efisiensi energi dengan mengoptimalkan arah panel mengikuti pergerakan matahari. Secara spesifik, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem *solar tracker* cerdas berbasis AI yang dapat menyesuaikan posisi panel surya secara otomatis untuk memperoleh cahaya matahari secara optimal, sehingga meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan.
2. Menganalisis dan mengevaluasi kinerja sistem *solar tracker* cerdas berbasis AI yang dirancang untuk menilai seberapa efektif sistem ini dalam mengoptimalkan energi dan kinerja keseluruhan panel surya.

1.5 Manfaat

1. Manfaat Akademik
 - a) Pengembangan Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan pada pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi energi terbarukan, khususnya dalam sistem *solar tracker* berbasis *artificial intelligence* (AI). Pengetahuan yang diperoleh dapat menjadi referensi untuk penelitian lanjutan

mengenai optimasi sistem energi surya dengan pendekatan yang lebih inovatif dan adaptif terhadap kondisi lingkungan.

b) Inovasi Teknologi

Penelitian ini menyajikan inovasi dalam pengembangan teknologi *solar tracker* dengan memanfaatkan AI dan sensor yang lebih canggih, seperti sensor tegangan dan cahaya, dibandingkan dengan pendekatan cahaya tradisional. Inovasi ini memberikan wawasan baru dalam bidang energi terbarukan dan memberikan peluang bagi mahasiswa serta peneliti untuk mengeksplorasi integrasi teknologi dalam meningkatkan efisiensi energi surya.

2. Manfaat Aplikatif

a) Peningkatan Keberlanjutan Energi

Dengan sistem yang mampu mengoptimalkan kinerja panel surya secara otomatis, penelitian ini memberikan kontribusi pada keberlanjutan penggunaan energi terbarukan. Dengan efisiensi yang lebih tinggi dan pengurangan pemborosan energi, sistem ini berperan dalam pengurangan emisi karbon dan mendukung transisi menuju penggunaan energi bersih yang lebih ramah lingkungan.

b) Fleksibilitas dan Adaptasi Terhadap Kondisi Lingkungan

Pendekatan ini memberikan fleksibilitas lebih tinggi dalam menghadapi kondisi lingkungan yang dinamis. Dengan menggunakan kombinasi sensor tegangan dan cahaya serta model AI, sistem dapat beradaptasi dengan perubahan cahaya matahari, posisi matahari sepanjang hari, atau gangguan lingkungan seperti awan, menjadikan sistem lebih responsif dan efektif dalam optimasi energi.

c) Optimalisasi Energi yang Dihasilkan

Dengan mengintegrasikan teknologi AI untuk menentukan posisi optimal panel surya berdasarkan data sensor tegangan dan cahaya, sistem ini mampu memaksimalkan penangkapan energi dari cahaya matahari. Penyesuaian posisi panel yang lebih presisi meningkatkan jumlah energi yang dapat diserap, sehingga menghasilkan lebih banyak energi bersih. Optimasi ini juga dapat mengurangi fluktuasi produksi energi akibat perubahan cahaya matahari, memastikan sistem selalu bekerja pada kondisi terbaik sepanjang hari.

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat mendorong pengembangan teknologi energi terbarukan yang lebih efisien dan inovatif, serta mendukung penerapan teknologi AI dalam sistem energi terbarukan yang adaptif terhadap kondisi lingkungan yang dinamis.

1.6 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan kelayakan penelitian, berikut adalah batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini:

1. Fokus pada Desain dan Implementasi *Solar tracker* Berbasis AI

Penelitian ini akan membatasi pembahasan pada desain dan implementasi sistem *solar tracker* cerdas yang menggunakan artificial intelligence (AI) untuk mengoptimalkan posisi panel surya berdasarkan data keluaran tegangan dan cahaya. Tidak mencakup pengembangan atau evaluasi sistem panel surya itu sendiri atau pengaruh faktor eksternal lainnya (misalnya, komponen lainnya dalam sistem pembangkit tenaga surya).

2. Penggunaan Sensor Tegangan dan Cahaya

Penelitian ini hanya akan menggunakan sensor tegangan untuk memantau keluaran energi dari panel surya dan cahaya untuk menentukan sudut kemiringan panel. Penggunaan sensor cahaya, seperti LDR (Light Dependent Resistor), tidak akan dibahas dalam penelitian ini. Penelitian ini fokus pada evaluasi kinerja sistem dengan kombinasi sensor tersebut untuk mengatur posisi panel surya.

3. Model AI Berdasarkan Dataset Tegangan

Penelitian ini akan membatasi penggunaan model AI yang dilatih menggunakan dataset yang berisi kategori tegangan panel surya, yaitu tegangan rendah, tegangan normal, dan tegangan optimal. Penelitian tidak akan mencakup model AI dengan input data lain selain tegangan panel surya untuk penentuan posisi.

4. Sistem Menggunakan Dua Motor Stepper

Penelitian ini akan membatasi implementasi sistem *solar tracker* pada penggunaan dua motor stepper untuk menggerakkan panel surya pada dua sumbu

(horizontal dan vertikal). Tidak mencakup penggunaan sistem penggerak lain atau teknologi motor selain stepper untuk sistem pergerakan panel.

5. Penggunaan Platform Google Colab untuk Pelatihan AI

Penelitian ini akan menggunakan platform Google Colab untuk pelatihan model AI dan integrasi ke dalam mikrokontroler (seperti Arduino). Penelitian tidak akan membahas penggunaan platform lain untuk pelatihan AI atau perbandingan antar platform.

6. Pengujian pada Kondisi Tertentu

Penelitian ini akan dilakukan dalam kondisi pengujian yang terbatas pada lingkungan laboratorium atau area terbatas dengan parameter cuaca yang relatif terkontrol. Pengujian di luar kondisi tersebut, seperti pengaruh cuaca ekstrem atau variasi geografis, tidak akan dibahas dalam penelitian ini.

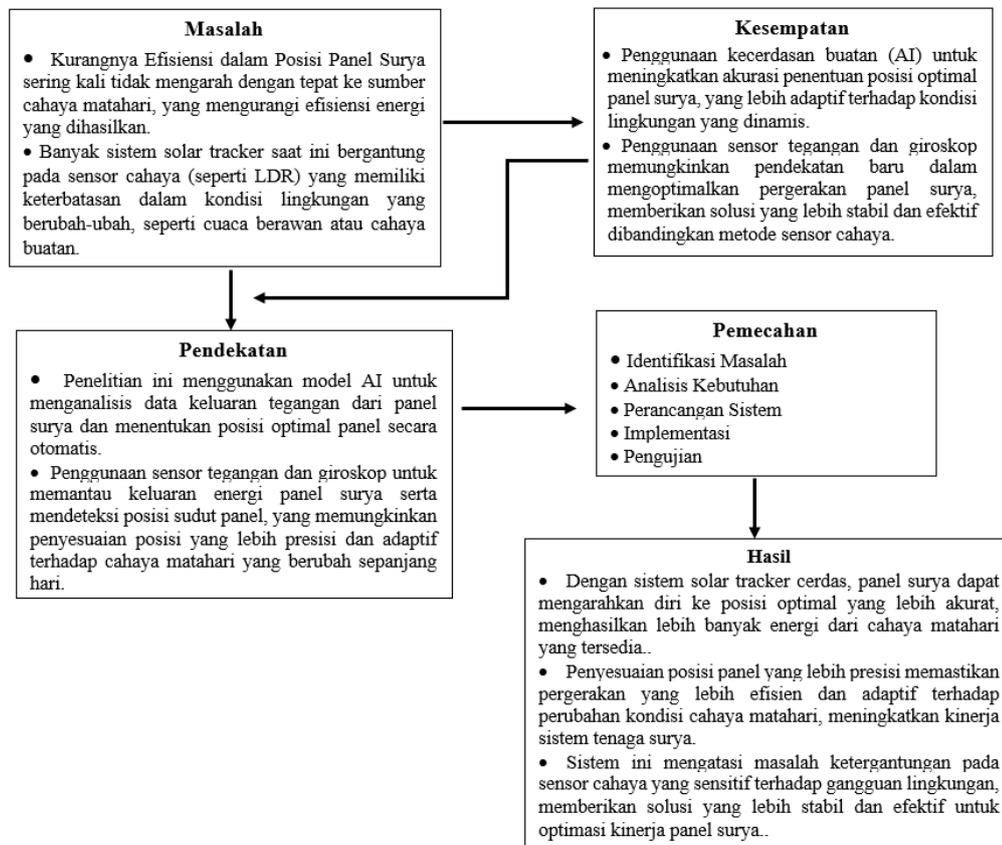
7. Evaluasi Kinerja pada Panel Surya Skala Kecil

Penelitian ini akan mengevaluasi kinerja sistem pada panel surya skala kecil (misalnya, panel surya rumah tangga atau modul surya prototipe). Penelitian ini tidak akan membahas penerapan pada sistem pembangkit tenaga surya skala besar atau komersial.

Dengan adanya batasan masalah ini, penelitian akan terfokus pada pengembangan sistem *solar tracker* berbasis AI dengan memanfaatkan sensor tegangan dan cahaya untuk optimasi posisi panel surya, serta mengevaluasi kinerja sistem pada skala yang terbatas.

1.7 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir ini dirancang untuk memberikan gambaran sistematis mengenai alur pemikiran dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi, mulai dari identifikasi masalah utama, peluang atau kesempatan yang dapat dimanfaatkan, pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah, langkah-langkah dalam proses pemecahan masalah, hingga hasil akhir yang diharapkan. Kerangka berpikir ini bertujuan untuk memastikan bahwa solusi yang diusulkan memiliki dasar logis, terstruktur, dan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan design dan implementasi system *solar tracker*, seperti yang ada pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Kerangka berpikir.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari tiga bab yang menguraikan permasalahan yang dibahas. Berikut sistematika penulisan tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini meliputi latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini menjelaskan tentang hal-hal pokok sebelum melakukan penelitian. karena menyangkut dengan penelitian perlu adanya penguasaan teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan mengenai Design Dan Implementasi *Solar tracker* Cerdas Berbasis *Artificial Intelligence* (Ai) Untuk Panel Surya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menguraikan tentang metode penelitian yang digunakan pada penyusunan tugas akhir ini diantaranya studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, analisis dan jadwal penelitian.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini alur tahap-tahap perancangan, mulai dari analisis kebutuhan, hingga implementasi baik dalam segi *software* maupun *hardware*, untuk mendesain dan mengimplementasikan sistem *solar tracker* cerdas berbasis *artificial intelligence* untuk panel surya.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini memaparkan mengenai penjelasan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada saat pengujian sistem *solar tracker* cerdas berbasis *artificial intelligence* untuk panel surya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan perihal bagian penutup dari penelitian, yang dimana berisi berupa kesimpulan dari penelitian ini dan saran-saran untuk penelitian ini untuk penelitian selanjutnya.

