BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Energi terbarukan memiliki peran krusial dalam mengatasi krisis energi global, mengurangi dampak negatif energi fosil terhadap lingkungan, serta mendukung pembangunan berkelanjutan melalui efisiensi teknologi tinggi dan penurunan emisi gas rumah kaca[1]. Salah satu potensi energi terbarukan terbesar di Indonesia adalah energi surya, dengan potensi mencapai 3.600 GW[2]. Didukung oleh lokasi geografisnya di khatulistiwa dengan iklim tropis yang menghasilkan intensitas radiasi matahari yang stabil. Kondisi ini menjadi pendorong utama pengembangan pembangkit listrik tenaga surya[3]. Dengan kemajuan teknologi panel surya, mampu meningkatkan efisiensi sistem fotovoltaik (PV). Namun, tantangan utama dalam pemanfaatan energi surya adalah memaksimalkan daya yang dihasilkan panel PV dalam kondisi lingkungan yang terus berubah, seperti variasi intensitas cahaya dan suhu, yang dapat secara signifikan menurunkan efisiensi sistem[4].

Untuk menghadapi tantangan tersebut, sistem kontrol seperti *Maximum power point tracking* (MPPT) menjadi solusi yang efektif. MPPT mampu menyesuaikan titik daya maksimum panel PV sesuai dengan perubahan kondisi lingkungan, sehingga daya yang dihasilkan dapat dioptimalkan, sekaligus meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem secara keseluruhan[5]. MPPT bekerja dengan menyesuaikan keluaran energi secara dinamis terhadap penyinaran matahari dan suhu, memastikan sistem PV beroperasi pada tingkat efisiensi tertinggi[6]. Penggunaan MPPT juga dapat mengurangi kebutuhan jumlah panel surya dan menurunkan biaya operasional, sehingga sangat penting dalam memastikan kinerja sistem PV yang optimal, yang dimana jika tanpa MPPT, sistem dapat bekerja tidak maksimal yang menyebabkan penurunan produksi energi dan biaya operasional yang lebih tinggi[7].

Berbagai metode MPPT telah dikembangkan, mulai dari teknik klasik hingga hybrid, seperti *perturb and observe*, *incremental conductance*, *fuzzy*

logic[8]. Pada algoritma *Incremental Conductance* (IC) memiliki akurasi tinggi dan respons relatif cepat, namun stabilitasnya rata-rata dan dapat menimbulkan osilasi saat irradiansi berubah cepat. *Perturb & Observe* (P&O) unggul pada kesederhanaan dan kemudahan implementasi, tetapi menunjukkan respons dan stabilitas rata-rata serta rentan osilasi/salah arah di sekitar MPP pada perubahan irradiansi yang cepat sedangkan pada *Fuzzy Logic Controller* (FLC) menunjukkan kinerja respons sangat cepat dengan akurasi pelacakan sangat tinggi serta stabilitas tinggi, karena menerapkan beberapa langkah *duty cycle* yang dipetakan ke perubahan daya/tegangan melalui *rule base* dengan kekurangannya, FLC memerlukan perancangan aturan dan fungsi keanggotaan yang cermat [23].

Pada Penelitian ini secara khusus difokuskan pada pembuatan sistem MPPT berbasis *fuzzy logic* karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan variasi lingkungan, seperti intensitas cahaya dan suhu, tanpa memerlukan model matematika yang kompleks. Dengan memanfaatkan logika *fuzzy*, sistem dapat melacak titik daya maksimum secara dinamis, Dengan memproses variabel input melalui pengontrol logika *fuzzy*, yang secara signifikan meningkatkan efisiensi dan stabilitas sistem PV[9]. *Fuzzy logic controller* (FLC) menjadi salah satu solusi efektif dalam memaksimalkan daya sistem fotovoltaik, terutama dalam kondisi cuaca yang berubah-ubah, dengan menyesuaikan secara real-time terhadap perubahan radiasi matahari, memastikan kinerja optimal[10],[23]. Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan pentingnya penggunaan MPPT berbasis algoritma *fuzzy logic* dalam meningkatkan kinerja sistem PV dibandingkan sistem tanpa MPPT, serta menganalisis efektivitas metode ini dalam berbagai untuk memaksimalkan daya pada sistem fotovoltaik.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mendesain dan mengimplementasikan MPPT dengan algoritma *fuzzy logic* pada sistem fotovoltaik?
2. Bagaimana peningkatan daya yang dihasilkan pada MPPT dengan algoritma *fuzzy logic* dibandingkan dengan tanpa MPPT?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan

1. Mendesain dan mengimplementasikan algoritma *fuzzy logic* pada *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk meningkatkan efisiensi pelacakan titik daya maksimum dari PV.
2. Menganalisis efisiensi daya keluaran antara sistem dengan MPPT berbasis *fuzzy logic* dan sistem tanpa MPPT.

1.3.2. Manfaat Hasil Penelitian

Untuk mengoptimalkan efisiensi energi secara maksimal dan memastikan pasokan daya yang stabil dari sistem fotovoltaik.

1.4. Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya berfokus pada kinerja algoritma MPPT dan peningkatan efisiensi daya pada sistem fotovoltaik
2. Jenis konverter DC-DC yang digunakan terbatas pada tipe *buck-boost converter*.
3. Sistem menggunakan baterai 12V sebagai beban utama.
4. Pengujian dilakukan dalam rentang waktu antara pukul 08.00 hingga 14.00.

1.5. Metode Penelitian

1. Studi Literatur

Melakukan kajian literatur untuk memahami prinsip-prinsip dasar sistem fotovoltaik, teknik MPPT, *buck-boost converter* dan penerapan algoritma *fuzzy logic* dalam pengendalian sistem energi.

2. Pengukuran Empirik

Melakukan pengukuran terhadap parameter-parameter kunci yang mempengaruhi kinerja sistem PV, seperti intensitas cahaya, suhu panel, dan output daya. Data ini akan dikumpulkan untuk mengidentifikasi pola dan variabel yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan algoritma *fuzzy logic* serta perhitungan pada DC-DC *buck boost converter*.

3. Analisis Statistik

Menganalisis data pengukuran yang diperoleh menggunakan metode statistik untuk memahami hubungan antara parameter lingkungan dan output daya sistem. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan membantu dalam penyusunan aturan *fuzzy* yang tepat.

5. Perancangan

Mendesain sistem prototipe MPPT yang mengintegrasikan algoritma *fuzzy logic* dengan komponen *hardware* yang diperlukan, termasuk panel surya, DC-DC *converter* (*buck-boost converter*). Desain ini akan mencakup skema rangkaian dan spesifikasi teknis dari setiap komponen.

6. Simulasi

Menggunakan perangkat lunak simulasi untuk memodelkan sistem MPPT dengan *fuzzy logic*. Simulasi ini akan mencakup pengujian berbagai skenario lingkungan untuk mengevaluasi performa algoritma dalam melacak titik daya maksimum. Ini juga akan membantu dalam mengoptimalkan parameter *fuzzy* sebelum implementasi fisik.

7. Implementasi

Membangun dan menguji prototipe sistem MPPT yang telah dirancang. Proses ini melibatkan pengaturan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengimplementasikan algoritma *fuzzy logic*, serta melakukan pengujian untuk memastikan bahwa sistem dapat secara efektif melacak dan memaksimalkan daya output dari panel surya

1.6. Proyeksi Pengguna

1. Jenis Pasar

Produk ini ditujukan untuk pasar B2C (*Business to Consumer*), yaitu konsumen energi rumah tangga yang ingin menggunakan energi surya sebagai sumber energi alternatif. Pasar ini mencakup pengguna yang mencari solusi mandiri, efisien, dan mudah digunakan tanpa ketergantungan pada sistem listrik konvensional.

2. Segmentasi

Segmentasi pasar difokuskan pada rumah tangga yang tertarik menggunakan panel surya, baik di wilayah perkotaan maupun pedesaan. Termasuk di dalamnya adalah konsumen yang tinggal di daerah dengan pasokan listrik tidak stabil, serta pengguna yang ingin menurunkan biaya listrik bulanan dan peduli terhadap penggunaan energi bersih.

3. Targeting

Target utama dari produk ini adalah rumah tangga yang membutuhkan sistem panel surya praktis dan efisien, tanpa memerlukan pengetahuan teknis untuk pengoperasiannya. Umumnya menginginkan plug-and-play yang hemat energi, terutama untuk penggunaan harian di lingkungan rumah.

4. Positioning

Produk ini diposisikan sebagai solusi energi surya cerdas dan mudah digunakan, dengan integrasi MPPT dan konverter yang mampu secara otomatis mengoptimalkan daya dari panel surya sesuai kondisi cuaca. Produk ini menawarkan kemudahan instalasi, efisiensi tinggi, dan cocok bagi pengguna rumahan yang menginginkan sistem tenaga surya yang praktis, modern, dan hemat biaya.