

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan bahan bakar fosil dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia masih mendominasi dengan batu bara dan gas alam sebagai sumber utamanya. Pada tahun 2023, jumlah produksi listrik di Indonesia mencapai 310,12 TWh. Berdasarkan data tersebut, 79,23% dari jumlah produksi listrik berasal dari minyak bumi dan gas alam [1]. Namun, penggunaan energi fosil untuk memenuhi kebutuhan energi listrik telah menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan. Bahan bakar fosil, seperti batu bara, gas, dan minyak, menjadi penyumbang terbesar perubahan iklim global, meliputi 75% emisi gas rumah kaca dan hampir 90% dari seluruh emisi karbon dioksida [2]. Dari fenomena tersebut, upaya mencari sumber energi alternatif yang ramah lingkungan harus dilakukan. Salah satu upaya untuk dapat mengurangi dampak perubahan iklim adalah dengan penggunaan energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

Energi matahari salah satu jenis energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Potensi energi matahari yang melimpah di Indonesia tentunya memberikan peluang yang besar untuk pemanfaatan energi alternatif dengan menggunakan *Photovoltaic* (PV) untuk memenuhi kebutuhan listrik. PV dapat menghasilkan listrik dari sinar matahari. Prosesnya terjadi berdasarkan fenomena *photoelectric effect*, yaitu proses saat cahaya matahari yang mengenai permukaan PV akan langsung dikonversi menjadi energi listrik [3]. Energi PV menjadi energi yang bersih, melimpah dan berkelanjutan [4]. Kemajuan teknologi telah menurunkan biaya panel surya, sehingga PV semakin terjangkau dan mudah diakses banyak orang [4]. Sehingga PV sudah banyak digunakan untuk kebutuhan listrik dari skala rumah tangga hingga industri.

Akan tetapi, permasalahan umum yang terjadi pada penggunaan PV adalah efisiensi konversi energi listrik yang rendah (sekitar 9-17%), terutama dalam kondisi pencahayaan yang rendah [5]. Efisiensi energi pada PV bergantung dari beberapa faktor, seperti suhu, iradiasi matahari, dan bayangan yang menutup

permukaan PV [5][6]. Sehingga kondisi tersebut akan menyebabkan fluktuasi pada daya yang dihasilkan oleh PV. Dari permasalahan tersebut, tentu diperlukan perancangan sistem yang dapat mengoptimalkan kinerja dari PV, sehingga daya yang dihasilkan selalu berada di titik maksimum. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah mengimplementasikan sistem *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). MPPT adalah sistem elektronik yang dapat menghasilkan daya keluaran yang maksimal pada PV. Berdasarkan grafik V-I atau V-P, terdapat satu titik daya maksimum (MPP), jika sistem berada pada titik tersebut, memungkinkan seluruh sistem PV beroperasi dengan efisien dan menghasilkan daya keluaran yang maksimal [5]. MPPT pada PV diintegrasikan dengan algoritma tertentu. Terdapat beberapa algoritma yang digunakan untuk optimalisasi kinerja PV, seperti algoritma *Perturb and Observe* (P&O), *Incremental Conductance*, *Extremum Seeking Control* dan *Fuzzy Logic*.

Solusi yang akan diimplentasikan pada Tugas Akhir (TA) adalah merancang Sistem MPPT pada PV dengan menggunakan algoritma *Incremental Conductance*. Alasan penggunaan Algoritma *Incremental Conductance* adalah kemampuannya untuk memberikan akurasi dalam menentukan MPP dan efisiensi daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma konvensional yang lain, seperti *Perturb and Observe* (P&O) [7]. Proses perancangan ini melibatkan beberapa komponen, seperti *DC-DC Converter* sebagai rangkaian elektronika yang akan memberikan tegangan referensi agar PV mencapai titik daya maksimum dan mikrokontroler untuk mengimplementasikan Algoritma *Incremental Conductance* pada sistem MPPT.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem MPPT untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan PV?
2. Bagaimana analisis efisiensi sistem MPPT dalam mengoptimalkan daya yang dihasilkan PV?

## **1.3. Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Merancang sistem MPPT dengan algoritma *Incremental Conductance* untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan pada PV
2. Menganalisis efisiensi sistem MPPT dengan algoritma *Incremental Conductance* dalam mengoptimalkan daya keluaran pada PV.

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat secara praktis, sebagai berikut:

1. Sistem MPPT yang dirancang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi matahari dalam menghasilkan energi listrik.
2. Penggunaan PV yang lebih efisien dan andal menjadi upaya pengurangan ketergantungan pada energi fosil yang berdampak negatif terhadap lingkungan.
3. Penelitian ini dapat menjadi bahan referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya dalam mengembangkan Sistem MPPT pada PV.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Penelitian ini memiliki batasan-batasan yang ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup yang dilakukan selama penelitian. Adapun batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem MPPT yang dirancang tidak mempertimbangkan mekanisme penyesuaian posisi PV dalam mengikuti arah pergerakan matahari.
2. Pengujian Sistem MPPT pada PV dilakukan untuk kondisi lingkungan dengan perubahan intensitas radiasi matahari yang umum terjadi. Sehingga penelitian tidak mempertimbangkan pengujian PV di yang secara signifikan menghalangi intensitas sinar matahari (*partial shading*).
3. Pengujian sistem MPPT pada PV dilakukan pada saat kondisi sinar matahari dalam keadaan maksimal.

## 1.5. Metode Penelitian

### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi yang relevan mengenai teknologi PV, Sistem MPPT, Algoritma *Incremental Conductance*, dan rangkaian konverter pada MPPT.

### 2. Pengukuran Empirik

Pengukuran dilakukan pada sistem MPPT pada PV untuk memperoleh data tegangan dan arus dari PV sebelum dan sesudah penerapan MPPT dengan *Incremental Conductance*. Data dikumpulkan saat cahaya matahari dalam keadaan maksimal untuk melihat efektivitas penerapan MPPT pada PV.

### 3. Analisis Statistik

Melakukan analisis terhadap data pengukuran untuk memahami hubungan faktor lingkungan, seperti suhu dan intensitas matahari dengan performa *output* daya PV dan menentukan kondisi sistem sebelum dan sesudah penerapan MPPT dengan algoritma *Incremental Conductance*. Hasil analisis digunakan sebagai dasar evaluasi efektivitas penerapan algoritma *Incremental Conductance* pada sistem MPPT.

### 4. Perancangan Sistem

Merancang sistem prototipe MPPT yang mengimplementasikan algoritma *Incremental Conductance* menggunakan komponen perangkat keras yang meliputi panel surya, buck-boost converter, sensor tegangan dan arus, serta mikrokontroler sebagai pengendali utama.

### 5. Pengujian Sistem

Selanjutnya, proses pengujian prototipe dilakukan untuk mendapatkan data daya keluaran PV sebelum dan sesudah penerapan MPPT. Waktu pengujian dilakukan saat siang hari untuk mendapatkan nilai intensitas cahaya matahari yang maksimal. Hasil pengujian akan digunakan untuk menganalisis efektivitas sistem MPPT pada PV untuk menghasilkan daya yang maksimal.

## 1.6. Proyeksi Pengguna

### 1. Jenis Pasar

Produk ditujukan untuk pasar konsumen individu (B2C), khususnya pengguna rumahan yang ingin memanfaatkan energi surya sebagai sumber listrik utama atau tambahan. Sistem ini menyasar pengguna yang ingin beralih ke energi terbarukan secara mandiri.

### 2. Segmentasi

Segmentasi pasar difokuskan pada rumah tangga dengan minat terhadap teknologi hemat energi dan solusi energi terbarukan. Segmentasi pasar mencakup pengguna di daerah perkotaan maupun pedesaan, terutama yang menghadapi pasokan listrik yang tidak stabil, serta individu yang ingin menekan biaya tagihan listrik dan mendukung penggunaan energi ramah lingkungan.

### 3. Targeting

Target utama adalah pengguna rumahan yang menginginkan sistem tenaga surya sederhana, efisien, dan mudah dipasang. Sistem dirancang agar tidak memerlukan keahlian teknis tinggi, sehingga cocok bagi pengguna yang menginginkan solusi plug-and-play untuk kebutuhan energi harian di rumah.

### 4. Positioning

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi yang relevan mengenai teknologi PV, Sistem MPPT, Algoritma *Incremental Conductance*, dan rangkaian konverter pada MPPT.