

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi memainkan peran vital dalam mendukung pembangunan dan kemajuan suatu bangsa. Salah satu permasalahan utama yang dihadapi berbagai negara saat ini adalah persoalan energi. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan laju pertumbuhan ekonomi, permintaan akan energi pun semakin meningkat. Hal ini menyebabkan sumber energi fosil yang selama ini diandalkan kian menipis akibat tingginya tingkat konsumsi. Dalam kondisi ini, energi surya muncul sebagai alternatif terbarukan yang potensinya terus dikembangkan secara global. Energi ini bersifat tidak terbatas dan ramah lingkungan, serta mampu berkontribusi dalam menekan pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca dan zat pencemar lainnya.

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan banyak pulau kecil dan daerah terpencil menghadapi tantangan dalam pemerataan jaringan listrik. Namun, letak geografisnya yang berada di garis khatulistiwa memberikan keuntungan berupa potensi energi surya yang melimpah. Intensitas radiasi matahari rata-rata mencapai 4,8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia. Kondisi ini menjadikan Indonesia sangat cocok untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga surya, karena memiliki hari yang cerah dan waktu siang yang panjang. Salah satu teknologi yang paling sesuai untuk memanfaatkan energi tersebut adalah teknologi *photovoltaic* (PV), atau yang dikenal dengan panel surya, yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik (Aditama dkk., 2023)

Permintaan terhadap sel fotovoltaik atau panel surya sebagai sumber pembangkit energi terus meningkat dari waktu ke waktu di seluruh dunia. Hal ini didorong oleh meningkatnya kesadaran akan dampak pemanasan global serta harga energi surya yang semakin kompetitif dibandingkan pembangkit listrik konvensional. Sel surya merupakan elemen semikonduktor yang bekerja dengan prinsip efek fotovoltaik untuk mengonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Modul surya tersusun dari beberapa sel surya, sedangkan panel surya merupakan gabungan dari beberapa modul. Tegangan dan arus listrik yang

dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua variabel utama, yaitu intensitas radiasi cahaya matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi yang tinggi akan meningkatkan daya keluaran panel surya, namun apabila suhu lingkungan meningkat dengan intensitas radiasi tetap, maka tegangan panel surya cenderung menurun sementara arus meningkat. Kondisi ini menyebabkan efisiensi panel surya berkurang (Suryana, 2016).

Seiring dengan meningkatnya pemanfaatan teknologi fotovoltaik di berbagai sektor, tantangan baru pun muncul terkait penurunan efisiensi panel surya akibat kenaikan temperatur saat beroperasi. Suhu yang tinggi pada permukaan sel surya dapat menghambat kinerja konversi energi dan menurunkan daya keluaran secara signifikan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pendingin yang efektif untuk menjaga suhu kerja panel surya agar tetap optimal dan efisiensinya meningkat. Salah satu sistem pendingin yang dapat dikembangkan dengan memanfaatkan energi surya itu sendiri adalah sistem pendingin berbasis efek termoelektrik (Peltier). Mesin pendingin Peltier bekerja dengan menggunakan energi listrik hasil keluaran panel surya sebagai sumber daya untuk menggerakkan modul pendingin termoelektrik (*Thermoelectric Cooling / TEC*). Pendinginan dilakukan dengan menempatkan modul Peltier di sisi belakang sel fotovoltaik, sehingga panas berlebih dari panel dapat diserap dan dibuang secara efisien.

Sistem PV-TEC menghasilkan suhu dan fluks panas yang bergantung pada suhu lingkungan serta tingkat radiasi matahari. Modul pendinginan termoelektrik (TEC) mengubah arus listrik menjadi perbedaan suhu antara dua sisi modul, yang dapat dimanfaatkan untuk proses pendinginan. Efek pendinginan ini tidak hanya membantu menurunkan temperatur panel surya, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi daya listrik yang dihasilkan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berfokus pada upaya menurunkan temperatur permukaan panel surya guna meningkatkan efisiensi daya keluaran, dengan menggunakan metode pendinginan termoelektrik (*Peltier Cell*) sebagai sistem bantu. Diharapkan melalui penerapan sistem pendingin ini, kinerja panel surya dapat ditingkatkan secara signifikan, sehingga mampu memberikan kontribusi lebih besar terhadap pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan penjabaran pada latar belakang pada penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem pendingin aktif menggunakan modul Peltier (TEC1-12706) yang dikontrol oleh mikrokontroler Arduino untuk menurunkan suhu kerja panel surya?
2. Bagaimana cara sistem kontrol suhu bekerja dalam menjaga kestabilan suhu panel surya agar tidak melebihi batas optimum?
3. Bagaimana pengaruh sistem pendingin peltier terhadap peningkatan efisiensi daya keluaran panel surya dibandingkan kondisi tanpa pendinginan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membuat alat sistem pendingin aktif berbasis modul Peltier (TEC1-12706) dengan sistem kontrol otomatis Arduino.
2. Menentukan spesifikasi dan pemilihan komponen pada alat sistem pendingin berbasis modul Peltier (TEC1-12706) dengan sistem kontrol Arduino.
3. Memberi algoritma kontrol suhu (ON/OFF otomatis) untuk mengatur kinerja pendingin secara efisien sesuai kondisi suhu panel.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah dipaparkan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat bagi pihak yang terlibat. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1.4.1 Bagi peneliti

1. Memberikan pengalaman langsung dalam merancang sistem elektrik terintegrasi.
2. Meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam bidang desain mesin dan energi terbarukan.

3. Menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk inovasi teknologi tepat guna dalam industri, khususnya panel surya.

1.4.2 Bagi Instansi

1. Menambah portofolio penelitian terapan di bidang energi terbarukan dan teknologi pertanian.
2. Menjadi referensi atau prototype untuk pengembangan produk komersial guna menambah efisiensi *output* panel surya.
3. Mendukung program-program energi terbarukan yang bersih.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perancangan sistem pendingin panel surya, menggunakan (TEC1-12706)
2. Efisiensi panel surya yang dimaksud hanya dilihat dari rasio output daya terhadap input radiasi dalam kondisi tertentu, tanpa membahas degradasi jangka panjang atau analisis biaya-manfaat secara menyeluruh.
3. Sistem pendingin yang digunakan adalah modul Peltier tipe (TEC1-12706), dengan pendinginan sisi panas menggunakan *heatsink* dan kipas DC.
4. Mikrokontroler yang digunakan sebagai sistem kontrol adalah Arduino Uno, dengan sensor suhu (DS18B20) sebagai pendeteksi suhu permukaan panel.
5. Pengujian dilakukan pada satu modul panel surya berukuran 100 Wp di lingkungan terbuka (*outdoor*).
6. Parameter yang diamati meliputi: suhu panel, tegangan (V), arus (I), dan daya (P) keluaran panel sebelum dan sesudah menggunakan pendingin.
7. Pengaruh cuaca, debu, dan degradasi panel jangka panjang tidak dibahas secara mendalam.