

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar, dengan total kapasitas mencapai lebih dari 400.000 Mega Watt (MW). Dari jumlah tersebut, sekitar 200.000 MW atau 50% berasal dari energi surya. Sayangnya, pemanfaatan energi surya di Indonesia saat ini masih sangat rendah, yaitu hanya sekitar 150 MW atau sekitar 0,08% dari total potensinya. Padahal, sebagai negara tropis yang terletak di garis khatulistiwa dengan intensitas cahaya matahari yang melimpah sepanjang tahun, Indonesia seharusnya mampu memimpin dalam pengembangan energi surya [1].

Pemanfaatan energi surya biasanya dilakukan melalui panel surya yang tersusun dari sel surya. Sel surya bekerja berdasarkan prinsip fotovoltaiik, yaitu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Namun, kinerja sel surya sangat dipengaruhi oleh temperatur. Peningkatan suhu pada panel surya akan menurunkan tegangan listrik yang dihasilkan. Setiap kenaikan temperatur sebesar 1°C dari kondisi standar 25°C dapat menyebabkan penurunan daya keluaran panel hingga sekitar 0,5%. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengembangan *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS) yang tidak hanya berfokus pada pemasangan sistem, tetapi juga pada peningkatan kinerja panel surya melalui pengendalian suhu operasional. Dengan pengelolaan temperatur yang lebih baik, potensi energi surya yang besar di Indonesia dapat dimanfaatkan secara lebih optimal dan efisien.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi peningkatan temperatur pada panel surya adalah dengan menerapkan sistem pendinginan *hybrid*, yaitu kombinasi antara pendinginan aktif dan media penghantar panas. Pada penelitian ini, pendinginan aktif diwujudkan melalui penggunaan kipas, modul *thermoelectric* (Peltier), serta sirkulasi cairan pendingin melalui *waterblock*, sedangkan penyebaran panas pada permukaan panel dibantu oleh material konduktor berupa plat tembaga tipis. Kombinasi beberapa metode tersebut bertujuan untuk mempercepat proses perpindahan kalor dari permukaan panel surya sehingga suhu kerja panel dapat dijaga lebih stabil. Namun demikian, agar sistem pendinginan tidak bekerja secara terus-menerus tanpa kebutuhan,

diperlukan suatu mekanisme pemantauan dan pengendalian yang mampu menyesuaikan operasi pendingin dengan kondisi suhu panel secara aktual.

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi dalam pengembangan sistem pemantauan dan otomatisasi pada penelitian ini. Dengan integrasi sensor suhu yang ditempatkan pada beberapa titik, seperti permukaan panel, *reservoir*, dan jalur keluaran pendingin, kondisi termal sistem dapat dipantau secara *real-time*. Data suhu tersebut kemudian digunakan sebagai dasar logika pengendalian otomatis untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem pendingin sesuai batas suhu yang telah ditentukan. Selain itu, data operasional berupa suhu, tegangan, dan arus panel juga dikirimkan ke *website monitoring* sehingga dapat direkam, ditampilkan dalam bentuk angka digital dan grafik, serta dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem pendinginan terhadap performa panel surya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendingin *hybrid* berbasis IoT pada panel surya skala prototipe. Sistem ini dirancang tidak hanya untuk menurunkan suhu permukaan panel, tetapi juga untuk menguji pengaruh pendinginan terhadap peningkatan efisiensi keluaran daya panel surya. Selain itu, penelitian ini juga menitikberatkan pada pengembangan sistem monitoring berbasis *website* yang mampu menampilkan serta merekam data operasional secara otomatis. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran teknis mengenai efektivitas pendinginan *hybrid* berbasis IoT dalam meningkatkan kinerja sistem PLTS skala kecil

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perancangan dan implementasi sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kondisi panel surya pada PLTS dengan sistem pendinginan *hybrid*?
2. Seberapa besar pengaruh sistem pendinginan peltier (kombinasi *reservoir* air dan modul peltier) terhadap performa panel surya dibandingkan dengan panel sistem pendingin konvensional?
3. Bagaimana sistem IoT mampu menampilkan data suhu, arus, dan tegangan panel surya secara *real time* pada *dashboard monitoring*

1.3 Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem *monitoring* berbasis IoT yang mampu menampilkan data suhu, arus, dan tegangan dari sistem pendingin *hybrid* pada panel surya.
2. Membangun *dashboard* IoT interaktif yang dapat memvisualisasikan kinerja panel surya serta status sistem pendinginan secara *real time*.
3. Menganalisis hubungan antara suhu permukaan panel dengan efisiensi konversi daya listrik pada sistem PLTS antara pendingin konvensional dengan pendinginan peltier.

1.4 Manfaat

1. Menyediakan sistem pendinginan otomatis pada panel surya yang mampu menjaga suhu kerja tetap stabil untuk meningkatkan efisiensi konversi daya.
2. Menghasilkan prototipe PLTS berpendingin *hybrid* berbasis IoT yang dapat diaplikasikan pada sistem PLTS berskala kecil maupun besar.
3. Memberikan data empiris dan referensi teknis terkait efektivitas sistem pendinginan *hybrid* terhadap performa dan efisiensi panel surya, yang dapat menjadi acuan bagi pengembangan teknologi PLTS di masa mendatang.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

1. Sistem pendinginan yang digunakan adalah sistem pendinginan *hybrid*, yaitu gabungan antara *reservoir* air pendingin (konvensional) dan modul termoelektrik Peltier sebagai pendingin tambahan apabila suhu panel melebihi batas optimal.
2. Pengendalian aktivasi modul Peltier dilakukan secara otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT).
3. Sistem hanya difokuskan pada pengujian performa termal panel surya terhadap penurunan suhu permukaan panel serta pengaruhnya terhadap

peningkatan daya keluaran panel (P_{out}). Penelitian dilakukan dalam skala prototipe, bukan pada sistem PLTS komersial berskala besar.

1.6 Kebaharuan

Kebaharuan dalam penelitian ini terletak pada pengembangan sistem pendinginan panel surya dengan menggabungkan dua pendekatan sekaligus, yaitu pendinginan konvensional (*reservoir air*) dan pendinginan aktif berbasis modul Peltier yang dikontrol otomatis menggunakan sistem *Internet of Things* (IoT).