

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan energi alternatif di dunia saat ini semakin berkembang pesat, salah satunya adalah energi surya. Karakteristiknya yang dapat diperbarui dan tidak mencemari lingkungan menjadikannya pilihan utama bagi pemerintah maupun masyarakat untuk digunakan. Teknologi energi surya dapat diaplikasikan di berbagai wilayah karena mampu menghasilkan energi listrik tanpa menimbulkan emisi karbon serta membutuhkan perawatan yang relatif sederhana. [1]

Dalam pemanfaatan energi surya salah satu peralatan utama yang berfungsi menangkap cahaya matahari untuk diubah menjadi energi listrik yaitu panel surya. Kinerja panel surya dalam menghasilkan energi listrik dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya yaitu intensitas cahaya dan suhu. Semakin besar radiasi matahari yang ditangkap oleh panel surya maka semakin besar daya listrik yang dibangkitkan. Sekitar 15% - 20% energi matahari yang diserap panel surya diubah menjadi listrik, sementara sisanya menghasilkan panas yang menyebabkan naiknya temperatur permukaan panel surya [2]. Kenaikan temperatur ini justru akan menurunkan daya listrik yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil uji panel surya pada *Standard Test Condition* (STC), temperatur ideal panel surya untuk menghasilkan daya listrik paling maksimal adalah pada suhu 25°C pada intensitas cahaya matahari 1000 W/m²[3]. Namun, kondisi tersebut merupakan kondisi standar pengujian yang digunakan panel surya di lingkungan laboratorium. Pada pengoperasian sebenarnya di wilayah tropis seperti Indonesia khususnya Semarang, suhu rata-rata harian berkisar antara 30°C hingga 35°C pada siang hari dengan intensitas cahaya yang tinggi. Dari permasalahan tersebut maka untuk meningkatkan efisiensi daya listrik dari PLTS, suhu kerja panel surya harus bisa dipantau dan dikontrol secara otomatis pada temperatur yang ditentukan dengan cara memasang sistem pendingin.

Penelitian oleh Fauzan et al. merancang sistem pendingin dengan thermostat digital XH-W3001 yang digabung dengan sensor NTC Thermistor 3950 10K dan

pompa air DC 12V dimana pada sistem tersebut bekerja secara otomatis dengan mendeteksi suhu panel secara real-time, mengaktifkan pendinginan saat suhu melebihi 35°C, serta menjaga kestabilan di bawah 25°C. Hasil pengujian menunjukkan sistem pendingin otomatis terbukti efektif dalam menjaga suhu panel tetap stabil dan meningkatkan efisiensi konversi energi. [4]

Selanjutnya, pada penelitian yang dilakukan oleh Maulana Kamal merancang sistem pendingin dengan monitoring jarak jauh, dimana pada sistem menggunakan sensor termokopel, sensor INA219, dan ESP32. Sistem disetting apabila suhu diatas 40°C maka pompa air akan menyala hingga suhu berada dibawah 40°C. Selanjutnya data yang diterima ESP32 akan dikirim ke server MQTT. Hasil dari penelitian yaitu keluaran daya dari panel surya dengan pendingin lebih banyak dibandingkan tanpa pendingin dan server MQTT dapat bekerja secara *real-time*. [5]

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, sistem yang dirancang menggunakan metode kontrol yang masih bersifat ON-OFF, yaitu sistem hanya bekerja pada dua kondisi (menyala atau mati) berdasarkan setpoint suhu yang telah ditentukan. Metode ini memiliki keterbatasan pada sistem tidak mampu melakukan pengaturan kapasitas kerja aktuator secara bertahap. Dengan kata lain, aktuator hanya bisa menyala penuh atau mati total tanpa adanya kontrol variabel. Akibatnya, respon sistem menjadi kurang halus dan cenderung menimbulkan fluktuasi suhu di sekitar setpoint.

Selanjutnya pada penelitian sebelumnya, sistem pengendalian pendinginan panel surya umumnya hanya menggunakan parameter suhu sebagai variabel input. Pendekatan ini dinilai masih kurang representatif terhadap kondisi kerja panel surya secara menyeluruh. Intensitas cahaya berbanding lurus dengan energi yang dihasilkan, sementara peningkatan suhu justru menurunkan efisiensi konversi. Oleh karena itu, penggunaan satu parameter saja belum mampu merepresentasikan kondisi operasional panel secara menyeluruh, sehingga diperlukan penambahan parameter intensitas cahaya sebagai variabel input agar sistem pengendalian dapat bekerja lebih optimal.

Berdasarkan keterbatasan pada penelitian sebelumnya, penelitian ini mengusulkan rancang bangun pendinginan panel surya berbasis logika fuzzy

dengan ESP32. Sistem yang dirancang menggunakan metode kontrol logika fuzzy yang mampu mengatur output secara bertahap melalui beberapa kondisi atau level kerja. Selain itu, penelitian ini juga menambahkan parameter intensitas cahaya sebagai input karena suhu dan intensitas cahaya merupakan faktor utama yang mempengaruhi daya keluaran panel surya. Alur kerja sistem meliputi suhu dan intensitas cahaya sebagai input dengan menggunakan metode logika fuzzy sehingga output yang dihasilkan berupa kontrol yang bersifat kontinu yaitu dengan pendinginan air yang dimana pada pompa diatur volume airnya. Selain itu, untuk meningkatkan fungsionalitas sistem, ditambahkan pula monitoring melalui Google *Spreadsheet* yang memungkinkan pemantauan data secara *real-time* dan jarak jauh, sehingga sistem menjadi lebih efisien, modern, dan mudah dalam proses evaluasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pendinginan panel surya agar dapat mengatur output pendinginan secara bertahap dan adaptif?
2. Bagaimana penerapan parameter suhu dan intensitas cahaya sebagai input pada kontrol logika fuzzy?
3. Bagaimana logika fuzzy bekerja untuk mengatur output aktuator yaitu pompa air dalam pendinginan panel surya?
4. Bagaimana memanfaatkan sistem monitoring melalui Google *Spreadsheet* untuk memantau kondisi sistem secara real-time dan jarak jauh?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Dari rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem pendinginan panel surya yang mampu mengatur output pendinginan secara bertahap dan adaptif.
2. Menerapkan parameter suhu dan intensitas cahaya sebagai input pada sistem kontrol logika fuzzy.

3. Menganalisis kinerja logika fuzzy dalam mengatur output aktuator yaitu pompa air pada sistem pendinginan panel surya.
4. Menyediakan sistem monitoring melalui Google *Spreadsheet* untuk memantau kondisi sistem secara *real-time* dan jarak jauh.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan, penelitian ini juga memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Pengembangan Teknologi pada PLTS: Berkontribusi dalam pengembangan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), khususnya dalam meningkatkan performa sistem melalui penerapan pendinginan yang adaptif berbasis logika fuzzy.
2. Bagi Teknisi: Menjadi referensi praktis bagi teknisi dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengembangkan sistem pendinginan panel surya yang lebih efektif. Selain itu, sistem monitoring untuk memudahkan proses pengawasan dan pemeliharaan tanpa harus melakukan pengecekan langsung di lapangan.
3. Bagi Riset dan Akademik: Penelitian ini dapat menjadi bahan kajian dan referensi bagi pengembangan penelitian selanjutnya di bidang teknik elektro, khususnya terkait sistem kontrol cerdas, energi terbarukan, dan monitoring. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai sumber pembelajaran dalam pengembangan metode kontrol dan sistem monitoring yang lebih lanjut.

1.5 Pembatasan Masalah

Berdasarkan Dalam penyusunan Tugas Akhir tersebut, penulis perlu menentukan batasan-batasan yang akan dijadikan pedoman dalam pengembangan dan implementasi sistem agar lebih terarah dan efektif. Batasan-batasan tersebut meliputi:

1. Sistem dirancang hanya difokuskan pada pendinginan panel surya dengan output kendali pompa air.

2. Metode kendali yang digunakan pada penelitian ini adalah logika fuzzy, sehingga tidak membahas perbandingan performa dengan metode kendali lain seperti PID, ANFIS, atau metode optimasi lainnya.
3. Parameter input yang digunakan dalam sistem kontrol hanya terbatas pada suhu dan intensitas cahaya, tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti kelembaban, sudut kemiringan, atau debu.
4. Mikrokontroler yang digunakan dalam sistem adalah ESP32 sebagai pusat kendali, pemrosesan data sensor, dan komunikasi IoT.
5. LCD hanya digunakan sebagai media tampilan parameter sistem, sehingga tidak dilakukan pengujian secara khusus karena tidak termasuk komponen utama yang memengaruhi kinerja sistem pendinginan panel surya.
6. Sensor *water flow* YF-S201 hanya difungsikan untuk memantau volume air yang dialirkan oleh pompa air sebagai hasil keluaran sistem, sehingga tidak digunakan sebagai parameter *input* maupun *feedback* dalam proses logika fuzzy.
7. Pendinginan yang digunakan berbasis air dengan pompa DC, dan pengujian hanya dilakukan pada skala prototipe, bukan pada sistem PLTS skala besar.
8. Sistem monitoring hanya melalui Google *Spreadsheet*, tanpa pengembangan aplikasi khusus atau platform IoT lainnya.
9. Penelitian ini berfokus pada perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, sehingga tidak membahas analisis daya keluaran pada panel surya, efisiensi energi secara mendalam, maupun umur pakai komponen secara jangka panjang.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Berikut ini penjelasan sistematika penulisan yang penulis gunakan dalam penyusunan Rancang Bangun Pendinginan Panel Surya Berbasis Logika Fuzzy Dengan ESP32 dari awal sampai akhir yang dibahas dalam laporan Tugas Akhir ini, adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan fondasi penelitian yang meliputi latar belakang mengenai urgensi sistem pendinginan panel surya, rumusan masalah terkait bagaimana

merancang sistem pendinginan dengan logika fuzzy, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah agar penelitian tetap fokus pada sistem pendinginan panel surya dengan logika fuzzy, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menyajikan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu mengenai sistem pendinginan panel surya. Selain itu, bab ini memaparkan landasan teori komponen teknis yang digunakan, meliputi arsitektur mikrokontroler ESP32, metode kontrol logika fuzzy, sensor suhu dan intensitas cahaya, serta sistem monitoring dengan Google *Spreadsheet*.

BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Bab ini menjelaskan tentang tahapan perancangan alat. Tahapan ini menjadi dua poin utama, yaitu perancangan hardware dan perancangan software. Perancangan hardware dilakukan dengan membuat perancangan diagram blok, wiring diagram, dan flowchart sistem. Perancangan software dilakukan dengan membuat rancangan pembacaan sensor, pengolahan data, sistem monitoring, serta perancangan kontrol logika fuzzy agar sistem dapat berjalan sesuai fungsi yang diharapkan.

BAB IV PEMBUATAN ALAT

Bab ini menjelaskan tentang tahapan pembuatan secara nyata dari keseluruhan sistem sesuai dengan perancangan yang telah dilaksanakan. Hardware alat dirangkai secara sempurna sesuai dengan desain yang telah dibuat. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan proses pembuatan perangkat lunak, pengunggahan program ke ESP32 menggunakan Arduino IDE, serta integrasi sistem dengan LCD, Google *Spreadsheet*.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Bab ini menjelaskan tentang pengujian alat dengan tujuan untuk memastikan sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan perencanaan yang dibuat sebelumnya. Pengujian dilakukan pada sensor, aktuator, sistem monitoring, serta respon kontrol logika fuzzy terhadap input suhu dan intensitas cahaya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil simulasi alat serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN