

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Temperatur permukaan *driver* dibaca menggunakan DS18B20, sedangkan kecepatan kendaraan diperoleh dari satu kanal Hall bawaan motor BLDC. Informasi temperatur, kecepatan, PWM, dan status pengoperasian dapat ditampilkan melalui LCD 20×4 , sedangkan HMI digunakan sebagai perangkat bantu pencatatan selama pengujian. Hasil pemeriksaan pembacaan menunjukkan rata-rata selisih absolut DS18B20 terhadap *thermogun* sebesar $0,20^\circ\text{C}$, sedangkan pembacaan kecepatan memiliki rata-rata selisih absolut $0,124\text{ km/jam}$ dan rata-rata persentase selisih $0,493\%$ terhadap hasil konversi *tachometer*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring dapat memberikan data yang sesuai untuk digunakan sebagai masukan pengendalian dan pemantauan selama pengujian.
2. Sistem menggunakan sembilan *rule base* dengan keluaran *Low*, *Medium*, dan *Fast* yang selanjutnya dikonversi menjadi nilai PWM untuk kedua kipas. Pengujian pada tujuh sampel data aktual menunjukkan keluaran PWM yang mengikuti aturan dan daerah keanggotaan yang dirancang. Perbandingan antara hasil perhitungan *centroid* manual dan PWM yang tercatat menghasilkan rata-rata selisih absolut sekitar $0,1811\text{ PWM}$ dengan rata-rata persentase selisih $0,302\%$. Perubahan PWM juga menghasilkan perubahan putaran kipas, yaitu dari $917,8\text{ RPM}$ pada PWM 35, menjadi 1.290 RPM pada PWM 120, dan 1.643 RPM pada PWM 216. Pada pengujian daya, kebutuhan daya sistem monitoring dan pendinginan meningkat dari $2,57\text{ W}$ pada PWM 35 menjadi $6,80\text{ W}$ pada PWM 216, sehingga tingkat pengoperasian kipas dapat disesuaikan dengan kondisi yang terbaca dan tidak selalu bekerja pada perintah tinggi.
3. Pengoperasian dua kipas yang diarahkan menuju *driver* membantu membatasi kenaikan temperatur pada pengujian jalan landai maupun menanjak. Pada jalan landai, kenaikan temperatur berkurang dari $6,7^\circ\text{C}$ tanpa

kipas menjadi 4,7 °C dengan kipas, atau 29,85% lebih rendah. Suhu maksimum juga lebih rendah dari 34,7 °C menjadi 33,2 °C, sedangkan suhu akhir turun dari 34,7 °C menjadi 32,6 °C. Pada jalan menanjak, kenaikan temperatur berkurang dari 11,3 °C menjadi 7,4 °C, atau 34,51% lebih rendah, dengan suhu akhir dan suhu maksimum menurun dari 38,1 °C menjadi 34,2 °C. Meskipun kondisi kecepatan pada setiap perjalanan tidak sepenuhnya sama, hasil pengujian menunjukkan kecenderungan yang konsisten bahwa kondisi dengan kipas menghasilkan kenaikan temperatur yang lebih rendah. Dalam sistem ini, kedua kipas menghasilkan aliran udara pendinginan secara langsung, sedangkan *fuzzy logic* Mamdani mengatur intensitas pengoperasiannya melalui perubahan PWM berdasarkan suhu dan kecepatan kendaraan.

5.2 Saran

1. Pengukuran temperatur dapat dikembangkan menggunakan lebih dari satu titik pengukuran pada driver motor sehingga distribusi temperatur pada beberapa bagian *driver* dapat diamati lebih lengkap dan tidak hanya bergantung pada satu titik pengukuran.
2. Rangkaian penggerak kipas dapat dikembangkan menggunakan MOSFET sebagai pengganti L298N. Penggunaan MOSFET dapat dipertimbangkan untuk mengurangi rugi tegangan dan rugi daya pada rangkaian penggerak, sehingga pengaturan PWM terhadap kedua kipas dapat dilakukan dengan lebih efisien.
3. Ukur tegangan dan arus utama motor/controller selama perjalanan. Dengan data tersebut, hubungan antara beban listrik, kecepatan, daya yang disalurkan ke motor, dan temperatur *driver* dapat dianalisis secara langsung.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan proteksi overtemperature yang dapat memberikan peringatan atau menonaktifkan sistem penggerak ketika temperatur driver melebihi batas tertentu, misalnya 55 °C. Pengoperasian kembali dapat menggunakan batas suhu yang lebih rendah untuk mencegah proses ON-OFF berulang di sekitar titik batas. Penentuan nilai temperatur proteksi perlu divalidasi melalui pengujian lebih lanjut.

5. Evaluasi konsumsi daya dapat dikembangkan menjadi pengukuran energi selama satu perjalanan. Pada penelitian ini telah mengukur daya sistem pada beberapa nilai PWM, tetapi belum menghitung energi aktual yang digunakan selama satu rute. Pencatatan daya terhadap waktu, kebutuhan energi sistem pendinginan dapat dinyatakan dalam Wh sehingga pengaruh strategi pengendalian kipas terhadap konsumsi energi dapat dianalisis dengan lebih lengkap.
6. Konfigurasi sistem pendinginan dapat dikembangkan melalui pengujian posisi dan arah aliran kedua kipas untuk mengetahui susunan yang memberikan pelepasan panas lebih baik pada *driver*.