

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Perancangan sistem kontrol kecepatan motor BLDC 800 Watt berhasil direalisasikan menggunakan mikrokontroler STM32F401CCU6, baterai LiFePO4 48V, serta Inverter 3 fasa *half-bridge* dengan menggunakan komutasi *six-step* berdasarkan pembacaan posisi rotor dari tiga buah *hall* sensor.
- b. Algoritma kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) berhasil diimplementasikan ke dalam sistem dengan menggunakan nilai parameter $K_p = 0,05$, $K_i = 0,006$,dan $K_d = 0,016$ dan berhasil mengontrol *duty cycle* PWM secara dinamis untuk menstabilkan kecepatan motor sesuai *set point* dengan pembatasan *Duty Cycle* di angka 50%.
- c. Filter *hall* sensor dengan algoritma *Exponential Moving Average* (EMA) dengan parameter *alpha* 0,2 berhasil membuat pembacaan RPM stabil dengan deviasi pembacaan maksimal hanya 3,33% jika dibandingkan dengan *tachometer*.
- d. Respon kecepatan sistem *Open-loop* menghasilkan *rise time* berkisar 15 hingga 17,5 detik, *settling time* 20 hingga 25 detik, dan menghasilkan *steady-state error* 0,2 hingga 0,8 Km/h.
- e. Respon kecepatan sistem *Close-loop* berhasil menghilangkan *Steady-state error* dan menghasilkan respon *rise time* berkisar 2 hingga 7 detik, *settling time* 13 hingga 18 detik, dan *Overshoot* sebesar 5,2% hingga 40%.
- f. Respons kecepatan sistem menunjukkan peningkatan performa yang signifikan setelah penerapan kontrol PID terutama untuk mengeliminasi *steady-state error*. Sistem PID bekerja lebih optimal pada *set point* kecepatan yang lebih

tinggi dibuktikan dengan persentase *overshoot* yang semakin mengecil dan *settling time* yang semakin cepat seiring naiknya kecepatan. Namun *rise time* pada kecepatan tinggi sedikit lebih lambat karena adanya pembatasan *duty cycle*.

5.2 Saran

Berikut saran yang diharapkan dapat digunakan untuk menyempurnakan penelitian ini pada masa mendatang :

- a. Pengimplementasian sensor arus dan tegangan pada jalur catu daya inverter agar sistem dapat memutus aliran listrik apabila terdeteksi tegangan dan beban kerja yang abnormal untuk melindungi komponen elektrik.
- b. Melakukan penggantian komponen MOSFET IRFP250N dengan jenis MOSFET lain yang memiliki toleransi arus dan disipasi daya yang jauh lebih tinggi guna melihat potensi maksimal dari BLDC 800 watt
- c. Memodifikasi algoritma PID dengan metode kontrol yang lebih canggih seperti *Fuzzy-PID* dan metode kontrol lain yang dapat membuat parameter kendali beradaptasi secara dinamis untuk mengatasi lonjakan kecepatan dan memperhalus respons laju kendaraan.