

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan sistem, pengujian sistem, hasil pengujian, dan analisis yang dilakukan disimpulkan bahwa:

1. Pengendalian sistem membutuhkan penambahan *delay* sebagai jeda pembacaan pulsa encoder agar lebih konsisten, sehingga pembacaan posisi menjadi lebih stabil dan akurat. Semakin kecil *delay* yang diberikan, maka respons sistem akan semakin cepat dan stabil, serta mengurangi risiko osilasi. Namun, pembacaan encoder bisa menjadi kurang akurat dan rentan terhadap noise. Sebaliknya, semakin besar *delay* yang diberikan, efek noise akan berkurang dan pembacaan encoder menjadi lebih akurat, tetapi respons sistem menjadi lebih lambat, tidak stabil, dan berpotensi menimbulkan osilasi.
2. Sistem yang diberikan *delay* memerlukan *tuning* ulang agar dapat mencapai nilai *set point* yang diinginkan. Nilai konstanta PID terbaik pada pengujian sistem diperoleh dengan konstanta proporsional = 1,7, konstanta integral = 0,03, dan konstanta derivatif = 0,17 dengan *delay* sebesar 50 ms. Respons sistem dengan *delay* 50 ms lebih stabil dan mendekati *set point*. Pada sistem dengan satu Raspberry Pi sebagai *controller*, waktu stabil motor sebesar 406 ms dengan respons transien *rise time* sebesar 247,8485 ms, *settling time* sebesar 375,4 ms, *peak time* sebesar 406 ms, dan tanpa *overshoot*. Pada sistem kendali secara *online*, waktu stabil terbaik yang diperoleh adalah 415 ms, dengan respons transien *rise time* sebesar 248,6967 ms, *settling time* sebesar 2950,86 ms, *peak time* sebesar 2974 ms, dan tanpa *overshoot*, dibandingkan dengan *delay* 1 ms, 5 ms, 10 ms, dan 100 ms.
3. Akurasi sistem terbaik dalam penelitian ini diperoleh pada pengujian sistem dengan *delay* 50 ms. Dua dari tiga kali pengujian akurasi menggunakan satu Raspberry Pi, sudut terbaca dan sudut aktual berada pada posisi sudut yang sama, dengan rata-rata persentase *steady state error* sudut terbaca sebesar 0,76% dan sudut aktual yaitu 0%. Pada pengujian sistem secara *online*, dari ketiga pengujian akurasi, sudut terbaca dan sudut aktual berada pada posisi sudut yang sama, dengan rata-rata persentase *steady state error* akurasi sudut terbaca sebesar 0,75% dan sudut aktual sebesar 0,75%.

## 5.2 Saran

Berdasarkan proses perancangan sistem, pengujian sistem, hasil pengujian, dan analisis yang dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Menggunakan motor DC dengan RPM yang sangat rendah, yaitu kurang dari 100 RPM, serta dilengkapi dengan encoder yang lebih baik sehingga dapat mengurangi kesalahan pembacaan pulsa encoder.
2. Poros jarum sudut harus stabil saat berputar, dan penempatan jarum sudut harus dilakukan dengan tepat agar pembacaan sudut menjadi lebih akurat.
3. Menentukan nilai *delay* terlebih dahulu sebelum melakukan *tuning* PID, sehingga tidak diperlukan *tuning* ulang.
4. Melakukan optimasi sistem agar dengan konstanta PID yang digunakan, motor dapat kembali ke posisi awal setelah mencapai *set point*, serta dilakukan pengujian dengan beberapa variasi *set point*.
5. Menambah variasi *delay* untuk mendapatkan respons sistem yang terbaik dan paling akurat.
6. Melakukan pengujian menggunakan protokol UDP agar data yang diterima oleh *controller* lebih cepat.

