

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta analisis terhadap seluruh data pengujian sistem kendali posisi sudut motor DC berbasis dengan pengamanan enkripsi Salsa20, terdapat dua kesimpulan utama yang disajikan untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian ini:

1. Penerapan enkripsi Salsa20 pada NCS menyebabkan perubahan karakteristik respons sistem dibandingkan kondisi *direct control*. Perubahan tersebut ditunjukkan oleh peningkatan parameter respons transien, terutama *delay time*, *peak time*, *settling time*, dan *overshoot*. Hasil pengukuran RTT menunjukkan bahwa implementasi Salsa20 meningkatkan RTT rata-rata sebesar 2,208 ms pada komunikasi TCP. Namun, pengaruh enkripsi terhadap respons sistem relatif lebih kecil dibandingkan pengaruh mekanisme komunikasi dan jaringan yang digunakan. Secara keseluruhan, komunikasi UDP menghasilkan karakteristik respons yang lebih mendekati *direct control* dibandingkan komunikasi TCP.
2. Parameter PID yang sesuai untuk mengkompensasi penurunan performa pada kondisi komunikasi terenkripsi diperoleh melalui *retuning* parameter PID dengan mempertahankan nilai K_i serta menerapkan faktor pengali sebesar 1,296 pada K_p dan 1,202 pada K_d terhadap parameter PID awal. Parameter hasil *retuning* mampu memperbaiki karakteristik respons sistem dan menghasilkan respons yang lebih mendekati *direct control*, terutama pada skenario TCPE. Pada skenario UDPE, perbaikan juga terjadi pada sebagian besar parameter respons transien meskipun masih ditemukan *trade-off* berupa peningkatan *overshoot* pada *setpoint* 90°.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan perbandingan performa Salsa20 dengan algoritma kriptografi lain seperti AES, RSA, ECC, atau ChaCha20 menggunakan kondisi pengujian yang seragam, sehingga pengaruh masing-masing algoritma terhadap karakteristik respons sistem dapat dievaluasi secara lebih objektif.
2. Melakukan pengujian pada kondisi jaringan yang lebih beragam, seperti variasi kualitas sinyal, tingkat trafik jaringan, maupun penambahan network *delay* secara terkontrol, sehingga pengaruh kondisi jaringan terhadap performa sistem kendali dapat dianalisis secara lebih mendalam.
3. Penelitian ini membuktikan bahwa latensi akibat jaringan dan enkripsi dapat dikompensasi dengan *retuning* parameter PID (menaikkan K_p menjadi 155 dan K_d menjadi 9). Tetapi parameter PID hasil *retuning* menghasilkan *trade-off* ketika diterapkan pada protokol komunikasi yang berbeda. Disarankan pengembangan metode *retuning* parameter PID yang mempertimbangkan karakteristik komunikasi jaringan, sehingga proses penentuan parameter kendali dapat dilakukan secara lebih sistematis dan adaptif terhadap perubahan kondisi komunikasi.
4. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan metode kompensasi yang lebih adaptif, seperti *fuzzy*-PID atau *model predictive control* (MPC), untuk membandingkan efektivitasnya terhadap metode *retuning* PID dalam mengompensasi pengaruh komunikasi jaringan dan implementasi enkripsi pada sistem NCS.
5. Mengembangkan mekanisme penanganan gangguan komunikasi jaringan, seperti kehilangan paket data, peningkatan *delay*, atau terputusnya koneksi, sehingga sistem tetap mampu mempertahankan kestabilan dan keandalan operasi pada kondisi jaringan yang tidak ideal.