

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan serangkaian tahapan pemodelan matematis, penyetelan kontrol dengan *Ziegler-Nichols*, perancangan sistem, hingga pengujian dan analisis, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan spesifikasi ACI 2001 dan spesifikasi gerbong kereta K1, model matematis sistem AC seri ACI 2001 berhasil ditentukan dalam bentuk fungsi alih orde satu, yaitu  $\frac{1}{5.01s+1}$ .
2. Perancangan sistem kontrol dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu PID tunggal dan PID *cascade*. *Tuning* awal menggunakan metode *Ziegler-Nichols*, kemudian diperbaiki menggunakan metode *trial-error* untuk memperoleh parameter kontrol yang lebih optimal. PID tunggal menghasilkan parameter akhir dengan nilai  $K_p=1.036$ ,  $K_i=0.14$ , dan  $K_d=2.23$ . Kontrol *cascade* dari *inner loop* menggunakan PI dengan  $K_p=1.378$  dan  $K_i=0.6$ , sedangkan *outer loop* menggunakan PID dengan  $K_p=2.112$ ,  $K_i=0.352$  dan  $K_d=3.168$ .
3. Analisis respon sistem menunjukkan bahwa kedua jenis kontrol dapat mengendalikan suhu dengan baik terhadap perubahan suhu sebesar 0.0006 per penumpang pada skenario pengujian statik. Kontrol PID *cascade* memberikan respon yang lebih cepat dibandingkan PID tunggal, dengan nilai *rise time* sekitar 6.2 detik, *settling time* sekitar 13.3 detik, serta *overshoot* dan *undershoot* kecil yang masih berada dalam batas toleransi.

PID tunggal sendiri memiliki *rise time* sekitar 21.6 detik, *settling time* sekitar 41.5 detik, dan tanpa *overshoot*. Dengan hasil respon tersebut, PID *cascade* terbukti lebih efektif dalam mengontrol suhu pada gerbong.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut.

1. Menambahkan faktor gangguan lain dalam simulasi, seperti beban panas yang bersumber dari radiasi matahari, peralatan listrik, perangkat yang menghasilkan panas, dan lain-lain, agar hasil simulasi lebih mendekati kondisi nyata dalam gerbong.
2. Menggunakan metode *tuning* atau penyetelan PID lainnya, seperti *Cohen-Coon*, *Chien Hrones Reswick*, *Adaptive Genetic Algorithm*, atau metode *tuning* lainnya agar mendapatkan parameter PID yang lebih presisi.
3. Membuat skenario gangguan dari kalor sensibel penumpang agar lebih dinamis sehingga dapat merepresentasikan perubahan jumlah penumpang selama perjalanan dan menghasilkan simulasi yang lebih mendekati kondisi nyata.