

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada alat tugas akhir "Penerapan Kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) menggunakan ESP32 Pada *Furnace* Temperatur Tinggi Berbasis *Silicon Carbide* (SiC)" telah berhasil dirancang dan diuji. Sistem mampu mengendalikan suhu *furnace* hingga 800°C menggunakan 4 elemen pemanas SiC, sensor termokopel tipe-K dengan konverter MAX6675, dan kontroler ESP32. Implementasi PID berbasis *Time Proportional Control* (TPC) diawali dengan pengujian *open loop* untuk memperoleh parameter FOPDT, yang kemudian digunakan sebagai dasar *Lambda Tuning* dan disempurnakan melalui *fine tuning*.

Hasil pengujian pada empat variasi setpoint menunjukkan performa pengendalian yang baik. Nilai *maximum overshoot* pada seluruh pengujian berhasil dijaga di bawah batas toleransi 5%, dengan nilai tertinggi 3,66% pada setpoint 200°C dan terendah 1,49% pada setpoint 600°C. Nilai *steady-state error* juga terkendali di bawah 3%, mulai dari 0,33% pada 200°C hingga mencapai 0% pada setpoint 800°C, yang menunjukkan kemampuan sistem mempertahankan temperatur sangat dekat dengan nilai yang dikehendaki. Meskipun pada *settling time* meningkat seiring naiknya setpoint yaitu dari 4 menit pada 200°C hingga 29,33 menit pada 800°C, hal ini merupakan sesuatu yang wajar dari karakteristik inersia termal *furnace*. Secara keseluruhan, sistem mampu mencapai kondisi tunak dengan respons yang stabil dan tanpa osilasi yang berlebihan di seluruh rentang pengujian.

5.2 Saran

Pada perancangan tugas akhir dengan judul Penerapan Kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) menggunakan mikrokontroler ESP32 pada *furnace* temperatur tinggi berbasis *Silicon Carbide* (SiC), didapatkan saran untuk riset yang dapat dilakukan selanjutnya antara lain adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya, dapat dilakukan pengembangan metode kontrol adaptif atau *self-tuning* PID yang mampu menyesuaikan karakteristik sistem selama beroperasi serta karakteristik SiC yang non-linear.
2. Dapat dilakukannya variasi beban *furnace* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi energi, kecepatan respon, serta kestabilan temperatur sistem, sehingga performa *furnace* dapat menjadi lebih optimal dan sesuai untuk aplikasi industri yang memerlukan pengendalian temperatur tinggi secara presisi.