

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pengaturan ketinggian meja secara ergonomis menggunakan metode *Proportional Integral Derivative* (PID) berbasis sensor MPU6050, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan telah berhasil bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu mengintegrasikan sensor MPU6050 sebagai pendeteksi perubahan sudut lengan pengguna, mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengendali, driver motor BTS7960 sebagai penggerak motor DC, serta mekanisme aktuator yang mengatur naik dan turunnya meja secara otomatis. Pembacaan sudut lengan digunakan sebagai masukan sistem untuk dibandingkan dengan nilai setpoint sebesar 0° , sehingga meja dapat bergerak secara otomatis hingga posisi lengan pengguna berada pada kondisi yang lebih ergonomis.

Penerapan metode PID pada sistem menunjukkan bahwa pengendali mampu mengurangi error secara bertahap hingga mendekati nilai referensi. Berdasarkan hasil beberapa kali pengujian, kombinasi parameter $K_p = 22$, $K_i = 0,8$, dan $K_d = 1,5$ menghasilkan respon sistem yang cukup baik, ditandai dengan kemampuan sistem mencapai posisi target secara stabil dengan nilai steady-state error (Ess) yang relatif kecil. Selain itu, sistem juga menunjukkan karakteristik respon yang baik dengan nilai overshoot yang rendah serta settling time yang masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi pengaturan ketinggian meja otomatis. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode PID mampu menghasilkan pengendalian yang stabil sekaligus responsif terhadap perubahan posisi pengguna. Hasil pengujian juga memperlihatkan bahwa semakin besar sudut awal terhadap setpoint, maka semakin besar pula nilai output PID dan sinyal PWM yang diberikan kepada motor DC. Sebaliknya, ketika sudut telah mendekati setpoint, nilai output PID dan PWM secara bertahap menurun sehingga kecepatan motor menjadi lebih lambat hingga akhirnya berhenti pada posisi yang diinginkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengatur kecepatan aktuator secara proporsional sesuai besarnya error sehingga gerakan meja menjadi lebih halus dan

mengurangi terjadinya getaran saat mendekati posisi ergonomis.

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, sistem pengaturan ketinggian meja yang telah dirancang mampu bekerja secara otomatis dalam menyesuaikan posisi meja berdasarkan perubahan sudut lengan pengguna. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengaturan ketinggian meja secara ergonomis berbasis metode PID telah tercapai. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna memperoleh posisi kerja yang lebih nyaman, meningkatkan postur tubuh yang ergonomis, serta mengurangi risiko kelelahan akibat penggunaan meja dengan tinggi yang tidak sesuai.

5.2. Saran

Berdasarkan sistem yang dikembangkan telah mampu bekerja sesuai dengan tujuan penelitian, masih terdapat beberapa aspek yang dapat disempurnakan pada penelitian selanjutnya. Pengembangan pertama yang dapat dilakukan adalah meningkatkan akurasi pembacaan sudut dengan menerapkan algoritma Kalman Filter atau Madgwick Filter sehingga hasil pembacaan sensor MPU6050 menjadi lebih stabil dan lebih tahan terhadap gangguan getaran maupun noise. Selain itu, proses penentuan parameter PID pada penelitian ini masih dilakukan menggunakan metode *trial and error*. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode penyetelan parameter PID yang lebih sistematis, seperti Ziegler–Nichols, Cohen–Coon, atau algoritma optimasi lainnya agar diperoleh respon sistem yang lebih cepat, lebih stabil, dan memiliki nilai overshoot yang lebih kecil.

Pengembangan berikutnya dapat dilakukan dengan menambahkan sensor posisi atau sensor ketinggian meja, misalnya menggunakan rotary encoder atau sensor ultrasonik, sehingga sistem tidak hanya mengandalkan pembacaan sudut lengan pengguna, tetapi juga dapat memverifikasi posisi aktual meja secara langsung. Penambahan fitur penyimpanan profil pengguna juga dapat dipertimbangkan agar sistem mampu menyesuaikan tinggi meja secara otomatis sesuai karakteristik masing-masing pengguna tanpa perlu melakukan kalibrasi berulang. Selain pengembangan pada sisi perangkat keras dan algoritma, sistem juga dapat dilengkapi dengan antarmuka berbasis LCD, Bluetooth, atau *Internet of Things (IoT)* sehingga pengguna dapat memantau nilai sudut, tinggi meja, output

PID, serta kondisi sistem secara *real-time*. Di samping itu, penelitian selanjutnya diharapkan melibatkan jumlah responden yang lebih banyak dengan variasi tinggi badan dan postur tubuh yang berbeda sehingga tingkat keakuratan sistem dalam memenuhi prinsip ergonomi dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.

Terakhir, aspek keselamatan juga perlu menjadi perhatian dalam pengembangan berikutnya dengan menambahkan limit switch, sensor pendeteksi hambatan, atau sistem penghentian darurat (*emergency stop*) sehingga keamanan pengguna dan keandalan sistem dapat lebih terjamin ketika meja digunakan dalam aktivitas sehari-hari.