

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*) pada perangkat eksoskeleton pergelangan kaki untuk membantu pergerakan subjek pada medan datar. Masalah utama dalam pengendalian eksoskeleton berbasis kabel *bowden* adalah adanya osilasi dan latensi transmisi data yang dapat memengaruhi stabilitas bantuan torsi. Metode *tuning* Ziegler-Nichols digunakan untuk mendapatkan konstanta kontroler yang optimal dengan menetapkan *Ultimate Gain* (K_u) sebesar 13 dan *Ultimate Period* (P_{cr}) rata-rata sebesar 3,640 detik. Dari hasil kalkulasi tersebut, diperoleh nilai konstanta akhir $K_p = 7.8$; $K_i = 4.29$; $K_d = 3.55$. Validasi sistem dilakukan melalui pemodelan *plant* motor DC orde ketiga pada Simulink yang mengintegrasikan *transport delay* sebesar 50 ms untuk menyimulasikan karakteristik nirkabel ESP-NOW dan sensor MPU6050. Hasil pengujian eksperimen aktual menunjukkan performa sistem yang sangat responsif dengan *Rise Time* sebesar 0,750 detik, *Settling Time* 1,92 detik, serta *Overshoot* yang terkendali sebesar 8,51%. Pengujian dinamis menggunakan input sinusoidal dan *ramp* juga mengonfirmasi kemampuan sistem dalam melakukan *trajectory tracking* secara presisi dengan galat yang minimal. Dengan demikian, sistem kendali yang dirancang telah memenuhi kriteria keamanan dan stabilitas untuk aplikasi bantuan gerak pergelangan kaki.

Kata Kunci: Eksoskeleton Pergelangan Kaki, PID, Ziegler-Nichols, Simulink, *Trajectory Tracking*, *ESP-NOW*.