

ABSTRAK

Stroke merupakan penyebab utama disabilitas motorik yang memerlukan rehabilitasi intensif untuk mengembalikan fungsi gerak pasien. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi sistem pengendalian posisi pada elbow exoskeleton satu derajat kebebasan (1-DOF) untuk rehabilitasi pasif gerakan fleksi–ekstensi pada rentang sudut 0° hingga 120° . Perangkat dirancang menggunakan Motor DC PG45 yang dipilih berdasarkan kecukupan torsi untuk gerakan siku pasif, serta mikrokontroler STM32F103C8T6 sebagai unit pemroses utama guna mendukung eksekusi kendali secara real-time. Umpan balik posisi diperoleh dari sensor rotary encoder. Metode pengendalian yang diterapkan adalah kontrol Proportional–Integral (PI) yang dikombinasikan dengan feedforward gravity compensation untuk mengatasi pengaruh beban gravitasi lengan, sementara komponen derivatif ditiadakan guna menghindari amplifikasi noise sensor. Untuk menjamin keamanan dan kenyamanan pengguna, lintasan gerak dibangkitkan menggunakan fungsi Raised Cosine sehingga menghasilkan profil kecepatan yang halus tanpa hentakan. Penalaan parameter kendali dilakukan menggunakan metode trial and error dengan pembebanan 700 gram sebagai simulasi inersia lengan pengguna. Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan kriteria akurasi pelacakan sudut menggunakan metrik Sum of Squared Errors (SSE), Root Mean Square Error (RMSE), dan Mean Absolute Error (MAE). Hasil validasi menunjukkan bahwa parameter optimal dicapai pada nilai $K_p = 25$, $K_i = 10$, dan konstanta kompensasi gravitasi sebesar 70,0. Pengujian dilakukan pada empat subjek manusia dengan variasi berat badan 41–58 kg, yang seluruhnya telah memberikan persetujuan secara sadar (informed consent). Hasil pengujian terhadap variasi subjek menunjukkan performa kendali yang efektif, ditandai dengan nilai rata-rata Sum of Squared Errors (SSE) sebesar 664.820, Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0.676 derajat, dan Mean Absolute Error (MAE) sebesar 0.525 derajat. Capaian nilai kesalahan yang rendah ini mengindikasikan kemampuan sistem dalam mengikuti trajektori referensi secara baik dan konsisten, serta mampu meminimalisir deviasi gerak akibat dinamika beban pengguna. Pengujian ini bersifat non-klinis dan dilakukan untuk keperluan evaluasi teknis sistem. Namun, operasional alat dibatasi pada rentang berat badan subjek tertentu dikarenakan keterbatasan torsi dan karakteristik termal motor DC PG45 yang rentan mengalami kenaikan suhu pada beban berlebih.

Kata Kunci: *Elbow Exoskeleton, Rehabilitasi Pasif, STM32F103C8T6, Motor DC PG45, Kontrol PI, Raised Cosine, Kompensasi Gravitasi.*