

ABSTRAK

Peningkatan penggunaan kendaraan listrik telah mendorong pengembangan stasiun pengisian daya otomatis berbasis otonom. Salah satu aspek krusial untuk memastikan keamanan dan keandalan dalam aplikasi ini adalah adanya sistem pengukuran gaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul sensor gaya 3D bersifat fleksibel, dengan menggunakan material *thermoplastic polyurethane* (TPU). Modul ini terdiri dari sebuah magnet silindris yang ditempatkan sejajar dengan sensor medan magnet CJMCU-90393 dibagian tengah modul sensor. Memanfaatkan defleksi pada modul saat gaya diterapkan, modul sensor ini mampu mendeteksi gaya pada sumbu F_x , F_y , dan F_z . Model prediksi gaya *hybrid* SVM-LSTM yang dioptimasi dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO) digunakan untuk memetakan hubungan medan magnet terhadap gaya secara akurat. Analisis *finite element method* (FEM) dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan dan fleksibilitas modul sensor. Hasil yang ditunjukkan dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa model pembelajaran mesin untuk sensor gaya 3-axis mampu memprediksi gaya pada ketiga sumbu dengan akurasi yang tinggi.

Kata Kunci: Sensor Gaya Fleksibel, Pengukuran Gaya, Analisis FEM, Medan Magnet, Model *Hybrid*, Optimasi Parameter

