

ABSTRAK

Sistem pengereman kereta cepat merupakan komponen kritis yang memerlukan kontrol presisi tinggi untuk menjamin keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi energi pada berbagai kondisi operasional. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan, mensimulasikan, dan mengevaluasi sistem pengereman blended kereta cepat EMU XYZ dengan arsitektur Dua Derajat Kebebasan (2DOF) yang mengintegrasikan komponen feedforward berbasis model fisika dan komponen Proportional-Integral-Derivative (PID) sebagai trimmer, terhadap variasi massa dan kecepatan operasional. Pemodelan sistem dilakukan dengan pendekatan dinamika longitudinal single-mass berdasarkan Hukum II Newton yang mempertimbangkan gaya pengereman regeneratif (dengan daya maksimum 13,520 kW), gaya pengereman cakram pneumatik dengan batas adhesi Curtius-Kniffler, gaya hambat aerodinamis, dan gaya tahanan gelinding. Simulasi diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan empat modul terintegrasi untuk 20 skenario blended (lima variasi massa 453-501 ton (Mahendra & Fitri, 2025) dikalikan empat variasi kecepatan 130-220 km/jam) dengan setpoint deselerasi -0.9 m/s^2 , ditambah delapan skenario komparasi mode notch langsung versus sekuensial. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem 2DOF mencapai akurasi pelacakan setpoint dengan steady-state error mendekati nol (0.000 m/s^2), jarak pengereman 755.6-2,126.2 meter, energi regeneratif terpulihkan 281.38-670.53 MJ per siklus dengan efisiensi konversi 85 persen, dan jerk steady-state $0.013\text{-}0.022 \text{ m/s}^3$ yang mengklasifikasikan seluruh skenario sebagai “Sangat Nyaman” menurut kriteria ISO 2631-1. Komparasi mode notch menunjukkan trade-off antara mode langsung (lebih cepat, jarak lebih pendek) dan mode sekuensial (transisi lebih halus, jarak 20.3-25.5 persen lebih panjang). Penelitian ini membuktikan bahwa arsitektur 2DOF dengan feedforward dominan mampu mengakomodasi variasi massa dan kecepatan secara inheren melalui parameter input model fisika, memberikan alternatif kontrol pengereman yang interpretatif dan robust untuk pengembangan sistem pengereman kereta cepat di Indonesia.

Kata kunci: kereta cepat, EMU XYZ, sistem pengereman blended, kontrol Dua Derajat Kebebasan (2DOF), feedforward, regeneratif, simulasi Python