

**Analysis of Regenerative Braking Energy Utilization
in KfW i9000 Series Electric Trains on the Palur – Yogyakarta Round Trip
Operation**

Arief Darmawan
21/490382/PTK/14349

ABSTRACT

Transportation is a crucial element in modern life, with electric trains (KRL) becoming an efficient solution for urban connectivity. The development of the Yogyakarta-Solo KRL network by the Directorate General of Railways is a strategic step to enhance mobility in densely populated areas and activity centers. However, the high electricity consumption in KRL operations poses a major challenge. The application of regenerative braking technology and energy storage systems offers significant potential for improving energy efficiency.

This study examines the potential of regenerative braking in the Yogyakarta-Solo KRL system using MATLAB Simulink simulations, analyzing the relationship between gradient, train weight, and energy generated from regenerative braking, as well as evaluating the effectiveness of using batteries as energy storage media. The ultimate goal is to optimize energy use and reduce electricity consumption, aligning with PT Kereta Api Indonesia's commitment to sustainable performance.

The results show a significant energy recovery of 333.076 kWh per round trip, which can save energy by 8.67% or Rp.107,385,934 per month. In the analysis of energy storage system procurement, brand "B" demonstrates relatively more favorable investment parameters with a Payback Period of 8 years and 1 month, an Internal Rate of Return of 16.04%, and achieving a positive Net Present Value in the 8th year. The implementation of this system has the potential to reduce CO₂ emissions by 1,937.21 tons of CO₂eq/year. Projections up to 2035 show a significant increase in the utilization of regenerative energy, reaching 9,328,793 kWh, indicating that regenerative braking offers great potential to improve energy efficiency, reduce operational costs, and minimize environmental impact on electric trains.

Keywords: Regenerative braking, Electric trains, Sustainable transportation

**Analisis Pemanfaatan Energi Pengereman Regeneratif
Pada Kereta Listrik Seri Kfw i9000 Pada Lintas Operasi Palur – Yogyakarta PP.**

Oleh:

Arief Darmawan

21/490382/PTK/14349

INTISARI

Transportasi merupakan elemen krusial dalam kehidupan modern, dengan kereta rel listrik (KRL) menjadi solusi efisien untuk konektivitas perkotaan. Pembangunan jaringan KRL Yogyakarta-Solo oleh Direktorat Jenderal Perkeretaapian merupakan langkah strategis untuk meningkatkan mobilitas di daerah padat penduduk dan pusat aktivitas. Namun, konsumsi energi listrik yang tinggi pada operasi KRL menjadi tantangan utama. Penerapan teknologi pengereman regeneratif dan sistem penyimpanan energi menawarkan potensi signifikan untuk meningkatkan efisiensi energi.

Penelitian ini mengkaji potensi pengereman regeneratif pada sistem KRL Yogyakarta-Solo menggunakan simulasi MATLAB Simulink dengan menganalisis hubungan antara kelandaian, berat kereta, dan energi yang dihasilkan dari pengereman regeneratif, serta mengevaluasi efektivitas penggunaan baterai sebagai media penyimpan energi. Tujuan akhirnya adalah mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi konsumsi listrik yang sejalan dengan komitmen PT Kereta Api Indonesia terhadap kinerja berkelanjutan.

Hasil menunjukkan pemulihan energi signifikan sebesar 333,076 kWh per *round trip* yang dapat menghemat energi sebesar 8,67% atau Rp.107.385.934 per bulan. Dalam analisis pengadaan sistem penyimpan energi menunjukkan merek "B" menunjukkan parameter investasi yang relatif lebih menguntungkan dengan nilai *Payback Period* 8 tahun 1 bulan, *Internal Rate of Return* 16,04%, dan mencapai *Net Present Value* positif pada tahun ke-8. Implementasi sistem ini berpotensi mengurangi emisi CO₂ sebesar 1.937,21 ton CO₂eq/tahun. Dalam proyeksi hingga tahun 2035 menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemanfaatan energi regeneratif, mencapai 9.328.793 kWh, sehingga pengereman regeneratif menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya operasional, dan meminimalkan dampak lingkungan pada kereta listrik.

Kata Kunci: Pengereman regeneratif, Kereta listrik, Transportasi berkelanjutan