

INTISARI

Keselamatan di perlintasan sebidang masih menjadi tantangan utama dalam sistem transportasi perkeretaapian di Indonesia, khususnya pada perlintasan sebidang tidak terdaftar dan perlintasan terdaftar tidak dijaga yang hanya dilengkapi dengan alat *Early Warning System*. Permasalahan ini semakin kompleks pada lokasi yang memiliki keterbatasan lebar jalan, dimana penerapan palang pintu perlintasan sering kali tidak memungkinkan untuk diaplikasikan akibat keterbatasan ruang, biaya instalasi dan operasional yang tinggi, serta rendahnya kepatuhan pengguna jalan.

Penelitian ini mengevaluasi kelayakan sistem pengaman perlintasan sebidang *hybrid* yang mengintegrasikan *semi-automatic rising-barriers* dengan alat *Early Warning System* dan alat keselamatan lainnya seperti CCTV, *bike-box*, tombol darurat dan *warning zone* di wilayah Provinsi Sumatera Barat sebagai studi kasus. Metodologi penelitian mencakup analisis data kecelakaan perlintasan sebidang periode 2017-2024, evaluasi teknis, analisis kelayakan ekonomi (*Net Present Value* dan *Benefit Cost Ratio*), serta analisis risiko awal melalui metode *Failure Mode Event Analysis*. Manfaat ekonomi dari peningkatan keselamatan dinilai menggunakan pendekatan *Value Statistical of Life* serta dilengkapi dengan skema kompensasi resmi Indonesia sebagai analisis sensitivitas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *hybrid* ini memberikan peningkatan signifikan dalam meningkatkan keselamatan di perlintasan sebidang, seperti pengurangan ketergantungan pada manusia dan sistem penghalang otomatis dibandingkan dengan pintu perlintasan dengan operator atau *Early Warning System*. Analisis ekonomi menunjukkan nilai *Net Present Value* positif dan *Benefit Cost Ratio* > 1 pada dengan tingkat diskonto 6% yang mengindikasikan kelayakan ekonomi jangka panjang. Analisis *Failure Mode Event Analysis* juga memperlihatkan penurunan yang sangat signifikan pada nilai *Risk Priority Number* setelah penerapan strategi mitigasi yang direkomendasikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi *rising-barriers* dengan alat keselamatan lainnya merupakan solusi yang sesuai dengan kondisi Indonesia, layak secara ekonomi, serta andal secara operasional guna meningkatkan keselamatan di perlintasan sebidang.

Kata kunci: Perlintasan Sebidang, *Rising-Barriers*, *Early Warning System*, Analisis Kelayakan Ekonomi, *Net Present Value*, *Benefit Cost Ratio*, *Value Statistical of Life*, *Discount Rate*, *Failure Mode Event Analysis*

ABSTRACT

Level crossing safety remains a persistent challenge in Indonesia, particularly at passive and Early Warning System-only crossings. Conventional barrier-gates are often impractical in these environments due to spatial constraints, high installation and staffing costs, and vulnerability to behavioural non-compliance.

This study evaluates the feasibility of a hybrid level crossing protection system integrating semi-automatic rising-barriers with an Early Warning System-based warning mechanism, using West Sumatra as a representative case study. The research applies a multi-dimensional methodology combining accident data analysis (2017-2024), technical and ergonomic evaluation, economic feasibility assessment using Net Present Value and Benefit Cost Ratio, and a preliminary risk assessment through Failure Mode Event Analysis method. Economic benefits are evaluated using the Value Statistical of Life framework, supplemented by Indonesia's legally mandated compensation scheme for sensitivity comparison.

The results indicate that the proposed hybrid system offers superior physical enforcement and reduced reliance on human operators compared with conventional barrier-gates and Early Warning System-only. The economic evaluation demonstrates a positive Net Present Value and a Benefit Cost Ratio ≥ 1 with a 6% discount rate, confirming long-significant reductions in critical Risk Priority Number following the implementation of targeted mitigation strategies. This study concludes that rising-barriers integrated with Early Warning System, Emergency Push-Button, Warning Zones, CCTV, and Bike Box provide a context-appropriate, economically viable, and operationally robust solution for improving level crossing safety in spatially constrained and high-risk environments in Indonesia.

Keywords: Level crossings, Rising-Barriers, Early Warning System, Economic Feasibility, Net Present Value, Benefit Cost Ratio, Value Statistical of Life, Discount Rate, Failure Mode Event Analysis.