

Penelitian ini menganalisis getaran dan kenyamanan perjalanan penumpang pada layanan kereta api di Birmingham, Inggris, dan Indonesia dengan menggunakan standar EN 12299:2009. Perbedaan kualitas infrastruktur, karakteristik sarana, dan praktik operasi di kedua negara menimbulkan variasi kinerja kenyamanan yang signifikan, sehingga diperlukan kajian komparatif untuk memahami bagaimana faktor-faktor tersebut memengaruhi perilaku getaran. Penelitian ini bertujuan untuk: melakukan pengukuran getaran secara langsung di dalam kereta menggunakan sensor *smartphone* melalui aplikasi MATLAB *Mobile*, menghitung indeks kenyamanan kontinu (CCx, CCy, CCz) dan indeks berbasis kejadian (Pct, Pde), membandingkan kinerja kenyamanan antara kedua negara melalui analisis sebaran menggunakan *scatter plot* dan *boxplot*, serta memberikan rekomendasi berbasis bukti untuk peningkatan kenyamanan perjalanan pada layanan kereta di Indonesia.

Data getaran dikumpulkan pada layanan kereta rel listrik, kereta rel diesel dan kereta rel diesel-elektrik, dan kereta tarik lokomotif diesel dengan frekuensi pengambilan sampel sebesar 100 Hz. Pemrosesan data mengikuti kerangka EN 12299, mencakup pembobotan frekuensi, perhitungan indeks kenyamanan kontinu dan berbasis kejadian, serta penyesuaian waktu-spasial. *Scatter plot*, *boxplot*, dan visualisasi lintasan terhadap waktu digunakan untuk menganalisis variabilitas kenyamanan dan mengidentifikasi fitur infrastruktur yang menyebabkan ketidaknyamanan. Penggunaan *smartphone* memberikan manfaat praktis berupa kemudahan penerapan, mobilitas tinggi, serta akurasi yang memadai, sehingga efektif sebagai metode pengukuran lapangan yang cepat dan fleksibel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa layanan kereta di Inggris secara konsisten mempertahankan tingkat getaran rendah, dengan nilai CCy dan CCz umumnya di bawah $0,15 \text{ m/s}^2$ serta hampir tidak terdapat lonjakan Pct atau Pde. Layanan di Indonesia menunjukkan variabilitas yang lebih tinggi, dengan kereta komuter, kereta rel diesel-elektrik, dan kereta tarik lokomotif sering melampaui $0,25 \text{ m/s}^2$ dan mengalami kejadian ketidaknyamanan berulang pada lengkung, wesel, rel sambungan, serta area pendekatan stasiun. Analisis *scatter plot* dan *boxplot* mengonfirmasi bahwa sensitivitas terhadap kecepatan lebih tinggi pada layanan di Indonesia, ditunjukkan oleh sebaran nilai CCz yang lebih lebar pada kecepatan di atas sekitar 90 km/jam, sementara layanan di Inggris menunjukkan distribusi yang lebih sempit dan stabil. Pemetaan spasial berbasis waktu menunjukkan bahwa lonjakan ketidaknyamanan berkorelasi kuat dengan fitur infrastruktur tertentu sepanjang lintasan, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi lokasi kritis secara spesifik. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengukuran getaran berbasis *smartphone* berpotensi digunakan sebagai pendekatan awal untuk evaluasi kenyamanan perjalanan kereta api berdasarkan standar EN 12299. Metode ini mampu mengidentifikasi pola getaran dan lokasi ketidaknyamanan perjalanan. Kemudian hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi geometri lintas, sistem suspensi sarana, dan praktik operasi berkaitan erat dengan tingkat kenyamanan perjalanan karena dapat mempengaruhi tingkat getaran yang terjadi, sehingga berpotensi menjadi fokus utama dalam upaya peningkatan kenyamanan layanan kereta api di Indonesia.

Kata kunci: getaran kereta api, kenyamanan perjalanan, EN 12299, pengukuran *smartphone*, analisis komparatif.

This study analyses onboard vibration and passenger ride comfort on railway services in Birmingham, United Kingdom, and Indonesia using the EN 12299:2009 standard. Differences in infrastructure quality, rolling stock characteristics, and operational practices between the two countries lead to significant variations in comfort performance, motivating a comparative investigation to better understand how these factors influence vibration behaviour. The objectives of this study are to: conduct onboard vibration measurements using smartphone sensors via the MATLAB Mobile application, calculate continuous comfort indices (CCx, CCy, CCz) and event-based indices (Pct, Pde), compare ride comfort performance between the two countries using scatter plot and boxplot analysis, and develop evidence-based recommendations to improve railway ride comfort in Indonesia.

Vibration data were collected from electric multiple units, diesel multiple units, diesel–electric multiple units, and diesel locomotive–hauled services at a sampling frequency of 100 Hz. Data processing followed the EN 12299 framework, including frequency weighting, calculation of continuous and event-based comfort indices, and time–spatial alignment of vibration and position data. Scatter plots, boxplots, and track–time visualisation were employed to examine comfort variability and to identify infrastructure features associated with discomfort. Smartphone-based measurement offers practical advantages in terms of ease of deployment, mobility, and adequate accuracy, making it suitable as a flexible and rapid field measurement approach.

The results show that UK railway services consistently maintain low vibration levels, with CCy and CCz values generally below 0.15 m/s^2 and almost no significant Pct or Pde exceedances. In contrast, Indonesian services exhibit higher variability, with commuter, diesel–electric, and locomotive-hauled trains frequently exceeding 0.25 m/s^2 and experiencing repeated discomfort events at curves, turnouts, jointed track, and station approach areas. Scatter plot and boxplot analyses confirm greater sensitivity to operating speed in Indonesian services, reflected by wider CCz distributions at speeds above approximately 90 km/h, while UK services demonstrate narrower and more stable distributions. Time-based spatial mapping indicates that discomfort peaks are strongly correlated with specific infrastructure features along the route, enabling the identification of comfort-critical locations.

Overall, this study indicates that smartphone-based vibration measurement has the potential to serve as an initial approach for railway ride comfort evaluation based on EN 12299. The method is capable of identifying vibration patterns and discomfort locations, although careful data collection procedures are required. The findings further suggest that track geometry condition, rolling stock suspension performance, and operational practices are closely associated with ride comfort levels, and therefore represent key focus areas for improving railway service comfort in Indonesia.

Keywords: railway vibration, ride comfort, EN 12299, smartphone measurement, comparative analysis.