

ABSTRAK

ANALISIS GETARAN TANAH AKIBAT PELEDAKAN MENGUNAKAN *SIGNATURE HOLE ANALYSIS* DAN SIMULASI MONTE CARLO DI PT VALE INDONESIA

Oleh
Muhammad Thoriyyan Dzaky
NIM: 112200005
(Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko getaran tanah akibat aktivitas peledakan terhadap infrastruktur publik Jembatan Layang Ferrary di Pit Ferrary Pinang Balaba, PT Vale Indonesia. Pendekatan deterministik konvensional sering kali belum sepenuhnya menggambarkan kondisi lapangan. Hal ini tampak pada data historis peledakan produksi di area penelitian, di mana terdapat beberapa pengukuran dengan *scaled distance* yang sama, tetapi menghasilkan nilai PPV yang berbeda. Kondisi ini menunjukkan adanya variabilitas kondisi lapangan, yaitu keragaman nilai PPV akibat kondisi massa batuan dan operasional peledakan yang tidak tertangkap oleh *scaled distance*.

Oleh karena itu, penelitian ini menggabungkan *Signature Hole Analysis* (SHA) dan simulasi probabilistik Monte Carlo. Pengujian SHA pada 5 lubang ledak tunggal menghasilkan konstanta atenuasi lokal (k) sebesar 164.318 dan eksponen atenuasi (β) sebesar 2,915, dengan koefisien determinasi 0,711. Model deterministik ini kemudian dievaluasi menggunakan data peledakan produksi dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,198 mm/s untuk memperoleh nilai residual. Selanjutnya, simulasi Monte Carlo berbasis *bootstrap* dijalankan sebanyak 15.000 iterasi guna memodelkan distribusi probabilistik PPV.

Hasil simulasi menunjukkan nilai rata-rata PPV sebesar 0,873 mm/s dan median 0,815 mm/s, dengan rentang persentil P10–P90 antara 0,507–1,302 mm/s. Berdasarkan evaluasi risiko, probabilitas terlampauinya ambang batas getaran sesuai SNI 7571:2023 untuk infrastruktur kelas 5 (12, 24, dan 40 mm/s) bernilai nol untuk rentang kondisi peledakan yang tercakup dalam data penelitian. Interval probabilistik ini mencakup 65,52% dari keseluruhan data peledakan produksi aktual.

Kata kunci: getaran tanah, *peak particle velocity*, *signature hole analysis*, simulasi monte carlo.

ABSTRACT

BLASTING-INDUCED GROUND VIBRATION ANALYSIS USING SIGNATURE HOLE ANALYSIS AND MONTE CARLO SIMULATION AT PT VALE INDONESIA

By
Muhammad Thoriyyan Dzaky
NIM: 112200005
(Mining Engineering Undergraduate Program)

This study aims to analyze the risk of blast-induced ground vibration on the Ferrary Flyover public infrastructure at the Ferrary Pinang Balaba Pit, PT Vale Indonesia. Conventional deterministic approaches often do not fully represent field conditions, as seen in the historical production blasting data in the study area, where several measurements at identical scaled distances produced different PPV values. This indicates the presence of field variability, namely the variation in PPV caused by rock mass conditions and blasting operations that is not captured by scaled distance alone.

Therefore, this study integrates Signature Hole Analysis (SHA) and probabilistic Monte Carlo simulation. The SHA testing on five single blast holes yielded a local attenuation constant (k) of 164,318 and an attenuation exponent (β) of 2.915, with a coefficient of determination of 0.711. This deterministic model was then evaluated using production blasting data with a Root Mean Square Error (RMSE) of 0.198 mm/s to obtain the residual values. Subsequently, a bootstrap-based Monte Carlo simulation was run for 15,000 iterations to model the probabilistic PPV distribution.

The simulation results showed a mean PPV of 0.873 mm/s and a median of 0.815 mm/s, with a P10–P90 percentile range of 0.507–1.302 mm/s. Based on the risk evaluation, the probability of exceeding the vibration thresholds under SNI 7571:2023 for class 5 infrastructure (12, 24, and 40 mm/s) is zero within the range of blasting conditions covered by the research data. This probabilistic interval covers 65.52% of all actual production blasting data.

Keywords: *ground vibration, peak particle velocity, signature hole analysis, monte carlo simulation*