

## INTISARI

Jembatan merupakan salah satu elemen penting dalam sistem infrastruktur transportasi. Untuk memastikan kondisi jembatan tetap layak dan aman, diperlukan sistem pemantauan kesehatan struktur (*Structural Health Monitoring System/SHMS*). Salah satu parameter utama dalam sistem ini adalah karakteristik dinamik struktur, seperti frekuensi alami, bentuk mode, dan rasio redaman. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter modal jembatan *box girder* bentang 50 meter berdasarkan data percepatan dari sistem SHMS. Proses analisis dilakukan menggunakan metode *Enhanced Frequency Domain Decomposition* (EFDD), yang diimplementasikan melalui perangkat lunak berbasis Python yaitu PyOMA. Hasil identifikasi menggunakan EFDD kemudian dibandingkan dengan metode *Frequency Domain Decomposition* (FDD) dan pemodelan numerik berbasis elemen hingga menggunakan perangkat lunak MIDAS Civil.

Pengujian dilakukan berdasarkan data getaran dari tiga sensor akselerometer yang terpasang pada posisi  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , dan  $\frac{3}{4}$  bentang jembatan. Data direkam secara otomatis oleh sistem SHMS dan digunakan untuk analisis lebih lanjut. Sebagai langkah awal, dilakukan analisis spektral menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) guna memperoleh gambaran awal frekuensi dominan dari sinyal getaran. Selanjutnya, metode EFDD diterapkan untuk mengekstraksi parameter modal berupa frekuensi alami, bentuk mode, dan rasio redaman. Hasil dari metode ini kemudian dibandingkan dengan estimasi menggunakan metode FDD serta divalidasi terhadap pemodelan numerik berbasis elemen hingga menggunakan perangkat lunak MIDAS Civil.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode EFDD berhasil mengidentifikasi empat mode utama secara konsisten berdasarkan data getaran jembatan. Frekuensi dominan yang diidentifikasi dari analisis FFT selaras dengan hasil yang diperoleh dari metode FDD dan EFDD, dengan selisih frekuensi relatif berkisar antara 0,1% hingga 1,8% untuk keempat mode utama. Perbandingan antara EFDD dan FDD menunjukkan selisih yang lebih kecil, yaitu dalam rentang 0,02% hingga 0,66%. Sementara itu, validasi terhadap model numerik berbasis elemen hingga (MIDAS Civil) menunjukkan bahwa selisih antara EFDD dan hasil simulasi berada pada kisaran 1,10% hingga 7,40% untuk mode pertama. Visualisasi bentuk mode hasil EFDD memperlihatkan tingkat kesesuaian yang tinggi dengan model numerik, terutama pada mode pertama dan kedua. Adapun estimasi rasio redaman yang diperoleh dari EFDD berada dalam kisaran 1,70% hingga 2,18%, dengan deviasi kecil terhadap hasil perhitungan manual menggunakan metode logaritmik, yaitu antara 0,07% hingga 0,15%. Temuan ini memperkuat efektivitas EFDD sebagai metode yang andal dalam identifikasi karakteristik dinamik jembatan secara operasional.

**Kata kunci:** SHMS, *Operational Modal Analysis*, PyOMA, EFDD, Karakteristik Dinamik Struktur

*Bridges are essential components of transportation infrastructure systems. To ensure their continued serviceability and safety, a Structural Health Monitoring System (SHMS) is required. One of the key parameters monitored by such systems is the dynamic characteristics of the structure, including natural frequency, mode shape, and damping ratio. Therefore, this study aims to identify the modal parameters of a 50-meter-span box girder bridge based on acceleration data obtained from the SHMS. The analysis was conducted using the Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD) method, implemented through a Python-based application known as PyOMA. The identified parameters using EFDD were then compared with those obtained from the Frequency Domain Decomposition (FDD) method and validated through finite element-based numerical modeling using MIDAS Civil software.*

*The testing was carried out using vibration data from three accelerometers installed at the  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , and  $\frac{3}{4}$  span positions of the bridge. The data were automatically recorded by the SHMS and used for further analysis. As an initial step, spectral analysis was performed using Fast Fourier Transform (FFT) to obtain an initial overview of dominant frequencies within the vibration signals. Subsequently, the EFDD method was applied to extract modal parameters including natural frequencies, mode shapes, and damping ratios. The results were compared with the FDD method and validated against the finite element model using MIDAS Civil.*

*The findings show that EFDD successfully identified four primary modes consistently based on the bridge's vibration data. The dominant frequencies identified via FFT aligned with the results obtained from both FDD and EFDD, with relative frequency deviations ranging from 0.1% to 1.8% across the four modes. The comparison between EFDD and FDD showed smaller differences, ranging from 0.02% to 0.66%. Meanwhile, the validation with finite element modeling (MIDAS Civil) showed that the discrepancy between EFDD and simulation results for the first mode was between 1.10% and 7.40%. The mode shapes obtained from EFDD exhibited a high degree of similarity to the numerical model, particularly for the first and second modes. The estimated damping ratios from EFDD ranged from 1.70% to 2.18%, with minor deviations from the manual logarithmic calculations, ranging between 0.07% and 0.15%. These findings confirm the effectiveness and reliability of EFDD as a method for operational identification of a bridge's dynamic characteristics.*

**Keywords:** *SHMS, Operational Modal Analysis, PyOMA, EFDD, Dynamic characteristics of the structure*