

**PENILAIAN KAPASITAS DAN KINERJA JEMBATAN  
BERDASARKAN EVALUASI SEISMIC PADA JEMBATAN TAYAN**

**TESIS**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Magister dari  
Institut Teknologi Bandung**

**Oleh**

**ADI SUTRISNO**

**NIM: 25021013**

**(Program Studi Magister Teknik Sipil)**



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

**Januari 2025**

## ABSTRAK

# PENILAIAN KAPASITAS DAN KINERJA JEMBATAN BERDASARKAN EVALUASI SEISMIK PADA JEMBATAN TAYAN

Oleh :

**Adi Sutrisno**

**NIM: 25021013**

**(Program Studi Magister Teknik Sipil)**

Indonesia terletak di kawasan Cincin Api Pasifik, yang dikenal sebagai salah satu wilayah paling rawan gempa di dunia. Dengan banyaknya lempeng tektonik yang bertemu di sekitar Nusantara, gempa bumi adalah ancaman yang terus-menerus mengintai, baik di daratan maupun di bawah laut. Kondisi ini membuat pembangunan infrastruktur, terutama jembatan, memerlukan perhatian khusus terhadap analisis dan desain yang tahan gempa. Jembatan harus dirancang dengan mempertimbangkan potensi pergeseran lempeng, dan intensitas gempa untuk memastikan keselamatan pengguna dan keberlanjutan struktur.

Penelitian ini hadir untuk melihat, mempelajari dan mengevaluasi terkait perilaku jembatan eksisting terhadap kondisi regulasi terbaru dan kondisi gempa terbaru yang berlokasi di Indonesia terutama di Kalimantan Barat. Studi kasus penelitian ini akan dilakukan pada Jembatan Tayan. Jembatan Tayan merupakan jembatan struktur rangka baja menerus yang berlokasi di Kabupaten Sangau, Provinsi Kalimantan Barat.

Evaluasi jembatan Tayan dilakukan secara numerik menggunakan software Midas Civil dengan menggunakan 3 metode evaluasi seismik yaitu Respon Spektra Analisis, *Non Linear Static Pushover*, dan *Non Linear Time History Analysis*. Hasil dari ketiga metode akan dibandingkan untuk mendapat komparasi level kinerja. Hasil evaluasi modal analisis akan dibandingkan dengan modal hasil *loading test* yang telah dilakukan pada Jembatan Tayan paska dibangun. Hal ini dilakukan untuk memvalidasi model numerik, sesuai dengan kondisi struktur asli. Jembatan Tayan dievaluasi dengan peraturan-peraturan terbaru, antara lain SNI 1725:2016 terkait peraturan perencanaan jembatan terhadap gempa, SNI 2833:2016 terkait peraturan perencanaan jembatan terhadap gempa, dan Peta Sumber dan Bahaya Gempa tahun 2017. Selain peraturan tersebut, penelitian ini akan menilai struktur jembatan berdasarkan FHWA *Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures : Part 1 – Bridges* tahun 2006. Evaluasi terhadap kapasitas, *serviceability* dan juga kinerja Jembatan Tayan terhadap beban rencana.

Hasil validasi modal analisis menunjukkan model numerik memiliki mode dominan yang sama dengan hasil uji beban dan model rencana, yaitu pada mode pertama. Periode natural model rencana 0.437 detik, model numerik 0.431 detik, dan hasil uji beban 0.400 detik dengan deviasi periode model numerik terhadap model rencana sebesar 1.23%. Modal mass participation (MMPR) model rencana sebesar 29.65% dan Model numerik 25.62% memiliki deviasi sebesar 4.03%. Dari perbandingan tersebut didapatkan perbedaan nilai <10%, sehingga dapat dikatakan model sudah menyerupai kondisi eksisting Jembatan Tayan.

Respon spektrum analisis berdasarkan data Peta Gempa 2017, nilai Sds pada lokasi Jembatan Tayan, Kalimantan Barat mengalami peningkatan signifikan dari 0.019 g (Peta Gempa 2010) menjadi 0.324 g. Hasil analisis spektrum respons menunjukkan bahwa *demand capacity ratio* maksimum mencapai 1.110 yang mengindikasikan beberapa elemen terutama pada elemen bracing diagonal belum memenuhi batasan yang disyaratkan SNI 2833:2016 sehingga perlu evaluasi lebih lanjut untuk mengetahui kapasitas struktur dengan analisis non-linear.

Analisis *pushover* dilakukan dengan dua metode pembebanan sesuai dengan FEMA 440, yaitu beban terbagi rata dan beban modal. Nilai *drift ratio* didapatkan hasil 0.116% untuk beban terbagi rata dan 0.508% untuk beban modal. Nilai tersebut lebih rendah dari 1% sehingga berdasarkan kriteria desain NCHRP 440 menunjukkan bahwa Jembatan Tayan berada dalam kondisi “Fully Operational”. *Demand capacity ratio* dengan beban modal didapatkan nilai 0.84, lebih tinggi dibandingkan dengan beban terbagi rata sebesar 0,65. Nilai DCR dari hasil *non linear pushover analysis* lebih rendah dibandingkan dengan DCR dari hasil analisis respon spectra. Untuk metode beban modal, elemen yang memiliki *demand capacity ratio* tertinggi berada pada elemen bracing diagonal, seperti pada analisa respon spektra. Akan tetapi, untuk metode beban modal elemen yang memiliki *demand capacity ratio* tertinggi berada pada elemen cross girder. Elemen bracing diagonal memiliki *demand capacity ratio* yang sedikit dibawahnya.

*Non Linear Time History Analysis* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan 7 rekaman percepatan sesuai dengan SNI 2833-2016 dan AASHTO LRFD 2020. Nilai dari ke-7 *ground motion* yang sudah dilakukan *spectral matching* di aplikasikan untuk mendapat hasil respon struktur yang kemudian di rata – rata. Nilai *Drift ratio* rata – rata dari 7 *ground motion* didapatkan nilai 0.248% sehingga masih lebih rendah dari 1% dan berada dibawah hasil respon spektra. Nilai *drift ratio non linear time history analysis* berada diantara nilai *pushover* beban modal dan beban terbagi rata. Berdasarkan kriteria desain NCHRP 440, nilai *drift ratio* tersebut menunjukkan bahwa Jembatan Tayan masih berada dalam kondisi “Fully Operational”. *Demand capacity ratio* rata – rata berdasarkan *Non Linear Time History Analysis* didapatkan nilai 0.65. Nilai tersebut lebih rendah dari metode respon spectra dan *pushover*. Elemen yang memiliki *demand capacity ratio* tertinggi berada pada elemen bracing diagonal, seperti pada analisa respon spectra dan nonlinear push over dengan metode beban modal.

Dari serangkaian evaluasi yang dilakukan, nilai *drift ratio* dan *demand capacity ratio* yang diperoleh dari analisis *pushover* dan *non-linear time history* lebih rendah dibandingkan dengan respon spektrum analisis. Hal ini terjadi karena evaluasi *pushover* dan *non linear time history* merupakan analisis non linear. Evaluasi level kinerja dari analisis *pushover* dan *non linear time history* menunjukkan bahwa peningkatan beban gempa di lokasi Jembatan Tayan, Kalimantan Barat masih dalam kategori “Fully Operational”, sehingga tidak diperlukan upaya retrofit untuk Jembatan Tayan.

Kata Kunci : Jembatan pelengkung rangka baja, analisis respon spektra, *non linear static push over analysis*, *non linear time history analysis*, *drift ratio*, *demand to capacity ratio*, level kinerja

## **ABSTRACT**

### **CAPACITY AND PERFORMANCE ASSESSMENT OF BRIDGE BASED ON SEISMIC EVALUATION OF TAYAN BRIDGE**

By :

**Adi Sutrisno**

**NIM: 25021013**

**(Master's Program in Civil Engineering)**

*Indonesia is located in the Pacific Ring of Fire, known as one of the most earthquake-prone regions in the world. With numerous tectonic plates converging around the archipelago, earthquakes pose a constant threat both on land and under the sea. This condition necessitates special attention to seismic analysis and design in infrastructure development, particularly for bridges. Bridges must be designed to accommodate potential plate shifts and earthquake intensity to ensure user safety and structural sustainability.*

*This study aims to observe, analyze, and evaluate the behavior of existing bridges in accordance with the latest regulations and earthquake conditions in Indonesia, particularly in West Kalimantan. The case study for this research focuses on the Tayan Bridge, a continuous steel truss bridge located in Sanggau Regency, West Kalimantan Province.*

*The evaluation of Tayan Bridge is conducted numerically using Midas Civil software with three seismic evaluation methods: Response Spectrum Analysis, Non-Linear Static Pushover Analysis, and Non-Linear Time History Analysis. The results of these three methods are compared to assess the performance level. The results of modal analysis evaluation are compared with the loading test results conducted on constructed Tayan Bridge to validate the numerical model against the actual structural conditions.*

*Tayan Bridge is evaluated based on the latest regulations, including SNI 1725:2016 (Perencanaan Jembatan Terhadap Gempa), SNI 2833:2016 (Perencanaan Jembatan Terhadap Gempa), and Peta Sumber dan Bahaya Gempa tahun 2017. Additionally, the assessment of the bridge also follows the FHWA Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1 – Bridges (2006). The evaluation focuses on capacity, serviceability, and the bridge's performance subjected to the design loads.*

*The validation of the modal analysis results indicates that the numerical model exhibits the same dominant mode as the load test results and the design model, particularly in the first mode. The natural period for the design model is 0.437 seconds, the numerical model is 0.431 seconds, and the load test result is 0.400 seconds, with a deviation of 1.23% between the numerical model and the design model. The Modal Mass Participation Ratio (MMPR) for the design model is 29.65%, while the numerical model has 25.62%, with a deviation of 4.03%. Since the difference is less than 10%, the model can be considered representative of Tayan Bridge existing condition.*

*Response Spectrum Analysis, based on data from the 2017 Seismic Hazard Map, shows that the S<sub>d</sub>s value at the Tayan Bridge location in West Kalimantan has significantly increased from 0.019 g (2010 Seismic Hazard Map) to 0.324 g. The response spectrum analysis results indicate a maximum demand capacity ratio of 1.110, suggesting that some elements, especially diagonal*

*bracing, do not meet the SNI 2833:2016 requirements, necessitating further evaluation using non-linear analysis.*

*The pushover analysis was conducted using two loading methods per FEMA 440: uniform load and modal load. The drift ratio results are 0.116% for uniform load and 0.508% for modal load, both below 1%. According to the NCHRP 440 design criteria, this indicates that Tayan Bridge remains in a "Fully Operational" condition. The demand capacity ratio for modal load is 0.84, higher than the uniform load value of 0.65. The DCR values from the non-linear pushover analysis are lower than those from the response spectrum analysis. In the modal load method, the highest demand capacity ratio occurs in the diagonal bracing elements, similar to the response spectrum analysis. However, in the modal load method, the highest demand capacity ratio is found in the cross girder elements, with diagonal bracing elements slightly below.*

*The Non-Linear Time History Analysis in this study uses seven acceleration records per SNI 2833-2016 and AASHTO LRFD 2020. These ground motion records were spectrally matched to obtain the structural response, which was then averaged. The average drift ratio from the seven ground motions is 0.248%, which is below 1% and lower than the response spectrum results. The drift ratio from the non-linear time history analysis falls between the pushover modal load and uniform load results. According to the NCHRP 440 design criteria, this drift ratio confirms that Tayan Bridge remains in a "Fully Operational" condition. The average demand capacity ratio from the Non-Linear Time History Analysis is 0.65, lower than the values from the response spectrum and pushover analyses. The highest demand capacity ratio is found in the diagonal bracing elements, similar to the response spectrum and non-linear pushover analyses using the modal load method.*

*From the series of evaluations, the drift ratio and demand capacity ratio obtained from the pushover and non-linear time history analyses are lower than those from the response spectrum analysis. This is because pushover and non-linear time history evaluations are non-linear analyses. The performance level evaluation from these analyses indicates that the increased seismic load at the Tayan Bridge location in West Kalimantan still falls within the "Fully Operational" category, meaning no retrofitting is required for Tayan Bridge.*

*Keywords: Steel truss arch bridge, response spectrum analysis, nonlinear static pushover analysis, nonlinear time history analysis, drift ratio, demand-to-capacity ratio, performance level*

**PENILAIAN KAPASITAS DAN KINERJA JEMBATAN  
BERDASARKAN EVALUASI SEISMIK PADA JEMBATAN TAYAN**

Oleh :

**Adi Sutrisno**

**NIM: 25021013**

**(Program Studi Magister Teknik Sipil)**

Institut Teknologi Bandung

Menyetujui

Pembimbing

Tanggal 4 Februari 2025



(Patria Kusumaningrum, S.T, Ph.D)

NIP. 118110032