

## **PENGARUH PERUBAHAN PEMBEBANAN DAN BEBAN GEMPA TERHADAP KINERJA JEMBATAN SUNGAI SERAYU DI PATIKRAJA BANYUMAS**

**THE EFFECTS OF CHANGES IN LOADING AND SEISMIC LOAD TO PERFORMANCE OF SERAYU BRIDGE IN PATIKRAJA BANYUMAS**

**Arnie Widyaningrum\*, Eva Wahyu Indriyati, Probo Hardini**

\*Email : arnie.wyd@gmail.com

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman, Purbalingga

**Abstrak** — Di Patikraja Kabupaten Banyumas, terdapat jembatan yang sebelumnya merupakan jembatan kereta api kemudian beralih fungsi menjadi jembatan jalan raya. Kondisi tersebut menyebabkan perubahan pembeban dan beban gempa. Sehingga perlu dilakukan analisis kinerja jembatan terhadap peraturan yang berlaku. Analisis kinerja jembatan dilakukan menggunakan software SAP 2000 dengan memasukkan data pembeban jembatan dan beban gempa. Analisis beban gempa menggunakan metode statik ekivalen dan semi dinamik. Analisis mengacu pada SNI T02-2005 mengenai Peraturan Pembeban untuk Jembatan, dan SNI T03-2005 mengenai Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, jembatan tersebut mempunyai stress ratio maksimum sebesar 1,575 pada penampang memanjang jembatan, dan angka kelangsungan yang tinggi pada ikatan angin. Dengan nilai stress ratio tersebut material yang digunakan tidak memenuhi standar (stress ratio maksimum adalah 1). Berdasarkan SNI 03-2833-2008 mengenai Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan, waktu getar alami struktur jembatan arah memanjang (arah X) sebesar 1,055 detik pada mode-1 dan arah melintang (arah Y) sebesar 0,875 detik pada mode-2, hal ini menunjukkan beban gempa bergetar pertama pada sumbu X (kondisi mode-1), dan analisis statik jembatan terpenuhi (waktu getar alami tidak melebihi 1,5 detik). Untuk analisis semi dinamik, nilai Celastis diperoleh sebesar 0,521, dimana nilai tersebut tidak melebihi 2,5 kali nilai percepatan dasarnya.

**Kata kunci:** jembatan, jembatan jalan raya, stress ratio, kelangsungan, waktu getar alami.

**Abstract** — In Patikraja Banyumas, there is a bridge that was formerly a railway bridge and then converted into a highway bridge. The condition causes changes in loading and earthquake loads. So the need to analyze the performance of bridges with regulations. Analysis of the performance of the bridge is done using SAP2000 software by entering the data loading and earthquake loads. Analysis of seismic loads using equivalent static and semi-dynamic. The analysis refers to the SNI T02-2005 regarding Loading Regulation for the bridge, and SNI T03-2005 regarding Steel Structures Planning for the bridge, the bridge has a stress ratio of a maximum of 1.575 in longitudinal cross-section of the bridge, and the slenderness ratio are high on the wind ties. With the stress ratio value of the materials used do not meet the standards (maximum stress ratio is 1). Based on SNI 03-2833-2008 regarding Standards for the Earthquake Resistance Planning of Bridge, a natural vibrating bridge structure in the longitudinal direction (the direction X) for 1.055 seconds in mode 1 and the transverse direction (the direction Y) by 0.875 seconds in mode 2, it shows the first vibrating earthquake loads on the X axis (condition-mode 1), and static analysis of the bridge met (naturally vibrate time not exceeding 1.5 seconds). For the analysis of semi-dynamic, Celastis value obtained for 0.521, where the value does not exceed 2.5 times the value of the acceleration essentially.

**Keywords:** Bridge, highway bridge, stress ratio, slenderness, natural periods.

### **I. PENDAHULUAN**

Intensitas gempa yang semakin meningkat, menyebabkan perubahan dalam perencanaan suatu bangunan termasuk dalam perencanaan struktur

jembatan. Perubahan tersebut tertuang dalam peraturan terbaru yaitu SNI 03-2833-2008 [1] mengenai perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan. SNI T03-2005 [2] mengenai Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, dan SNI T02-2005

[3] mengenai perencanaan pembebanan untuk jembatan.

Jembatan Sungai Serayu yang berlokasi di Patikraja Kabupaten Banyumas, atau yang lebih dikenal dengan sebutan Jembatan Merah, merupakan jembatan kereta api yang beralih fungsi menjadi jembatan jalan raya. Jembatan dengan panjang total jembatan 110 m dibagi menjadi dua segmen masing-masing 55 m. Lebar jembatan adalah 3 m dan tinggi jembatan 6,5 m. Material yang digunakan pada jembatan ini adalah material baja untuk rangka jembatan, dan struktur beton untuk pelat lantai jembatan. Profil penampang yang digunakan untuk rangka utama adalah profil siku L60.60.6 yang tersusun, pelat baja tebal 12 mm untuk *bracing* rangka jembatan, profil L60.60.6 untuk ikatan angin, dan untuk gelagar memanjang dan melintang jembatan diasumsikan menggunakan profil *wide flange* (WF) 400.200.8.10. Proses desain, pembuatan, dan pemasangan jembatan dilakukan pada era pemerintahan kolonial Belanda sebagai jembatan kereta api untuk memenuhi kebutuhan angkutan perkebunan tebu dan pabrik gula pada masa itu. Sekitar tahun 1972 jembatan tersebut dimanfaatkan untuk jembatan jalan raya. Dengan adanya perubahan fungsi jembatan tersebut, maka perlu diadakan analisis untuk menentukan kinerja jembatan berdasarkan SNI 03-2833-2008 mengenai perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan, SNI T03-2005 mengenai Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, dan SNI T02-2005 mengenai perencanaan pembebanan untuk jembatan.

## II. KAJIAN PUSTAKA

Pembebanan yang dilakukan mengacu pada Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Jembatan SNI T02-2005 [3]. Jenis pembebanan seperti dijelaskan di bawah ini.

- a. Beban mati (permanen), merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan non struktural. Setiap komponen ini harus dianggap sebagai suatu kesatuan aksi yang tidak terpisahkan pada saat penerapan beban normal dan faktor beban terkurangi.
- b. Berat sendiri, merupakan berat elemen-elemen struktural lain yang dipikul, termasuk berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.
- c. Beban mati tambahan, yaitu berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan

besarnya dapat berubah sesuai umur rencana jembatan

- d. Pelapisan ulang (*overlay*), semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 cm.
- e. Tambahan beban akibat beban hidup, yang harus diperhitungkan jika kendaraan diperkirakan akan melewati timbunan dengan jarak setengah tinggi dinding diukur dari muka belakang dinding. Jika beban tambahan adalah untuk jalan raya, intensitas beban harus konsisten dengan ketentuan beban hidup.
- f. Pengaruh tetap pelaksanaan, yaitu beban yang disebabkan oleh metode dan urutan pelaksanaan pekerjaan jembatan. Beban ini biasanya mempunyai kaitan dengan aksi-aksi lainnya seperti *pra-penegangan* dan berat sendiri.
- g. Beban lalu lintas beban lajur “D”, bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya.
- h. Beban Truk “T”, yaitu satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri atas dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat.

Pembebanan gempa jembatan dianalisis dengan pola spektral, dimana pola ini digunakan ketika mode yang lebih tinggi dianggap memberikan efek yang penting. Pola beban ini berdasarkan gaya modal yang dikombinasikan menggunakan metode *SRSS (Square Root of Sum of the Squares) or CQC (Complete Quadratic Combination)* [4].

Metode tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F_i = \left( \frac{m_i \delta_i}{\sum_{i=1}^N m_i \delta_i} \right) \quad (1)$$

$F_i$ ,  $m_i$ ,  $N$ , dan  $\delta_i$  adalah perpindahan pada node  $i$ , yang dihasilkan dari analisis respon spectrum struktur (meliputi jumlah mode yang mencukupi untuk menangkap 90% total massa), yang diasumsikan elastic linier. Koefisien dasar elastis dapat ditentukan dengan rumus berikut [1].

$$C_{elastis} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^2} \quad \text{dengan syarat } C_{elastis} \leq 2,5 \cdot A \quad (2)$$

Dimana :

$A$  adalah akselerasi puncak di batuan dasar (g).

$T$  adalah periode alami struktur (detik).

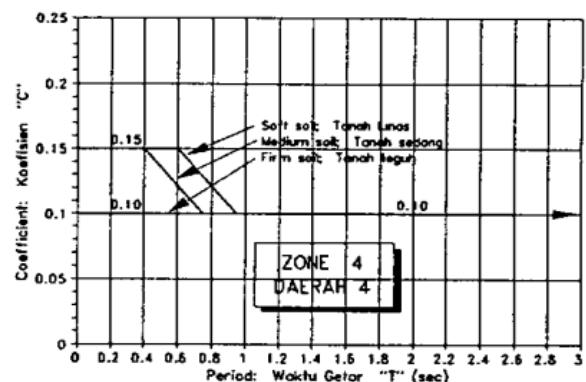
$S$  adalah koefisien tanah.

Adapun untuk menentukan nilai A dan S dapat dilihat dalam Tabel-6 dan Tabel-5 SNI 03-2833-2008. Nilai T diperoleh dari hasil analisis dengan bantuan *software* SAP 2000. Berdasarkan peta zona gempa Indonesia yang tertuang dalam SNI 03-2833-2008 mengenai peraturan ketahanan gempa untuk jembatan, jembatan merah Patikraja dibangun pada derah seismic zona 4 (Gambar-1), dengan nilai percepatan tanah dasar (PGA)= 0,26g - 0,3g untuk periode ulang gempa 500 tahun atau level gempa terlampau 10% dalam 50 tahun. Nilai PGA mempresentasikan percepatan gempa yang terjadi pada lapisan tanah dasar pada suatu bangunan. Mengingat jembatan merah ini dibangun pada era pemerintahan Belanda kurang lebih sekitar 420 tahun yang lalu, maka data gempa yang terjadi tentunya sangat berbeda. Jika dilihat dari waktu periode ulang terjadinya gempa berdasarkan peraturan yang berlaku saat ini (500 tahun), maka jembatan tersebut sudah mendekati batas waktu layannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis ulang untuk menentukan kelayakan jembatan tersebut.

Data tanah pada jembatan ini tidak diketahui, sehingga jenis tanah pada lokasi penelitian diasumsikan jenis tanah lunak. Nilai koefisien geser dasar (C) untuk analisis statis tercantum pada Gambar-2, berdasarkan gambar tersebut nilai C diperoleh sebesar 0,1 untuk waktu getar 0,875 detik dan 1,055 detik.



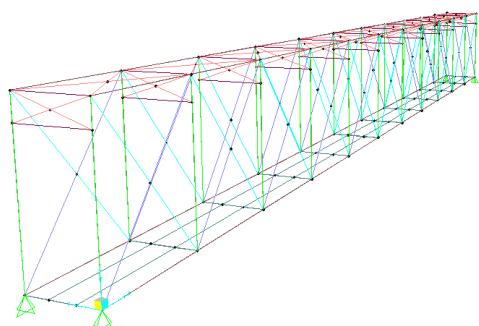
Gambar-1. Peta Zona Gempa Indonesia [1].



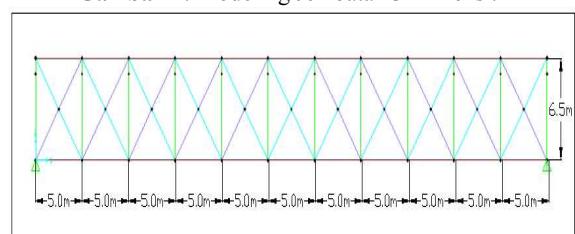
Gambar-2. Koefisien Tanah [1].

### III. PEMODELAN STRUKTUR

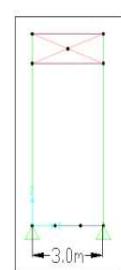
Dalam analisis, jembatan merah dimodelkan sebagai struktur jembatan 3 dimensi, dan dianalisis menggunakan bantuan *software* SAP 2000. Adapun gambar pemodelan strukturnya tercantum dalam Gambar-2, Gambar-3, dan Gambar-4.



Gambar-2. Modeling Jembatan 3 Dimensi.



Gambar-3. Tampak Samping Jembatan.



Gambar-4. Tampak Depan Jembatan.

Data teknis jembatan tidak tersedia karena proses desain dilakukan pada era pemerintahan kolonial Belanda, sehingga untuk mengantisipasinya penulis melakukan pengukuran secara manual untuk data yang bisa diukur, dan menggunakan asumsi untuk data yang tak bisa diukur. Adapun hasil pengukurannya seperti Tabel-1.

**Tabel-1.** Data Teknis Jembatan.

Item	Ukuran
Panjang Jembatan	55m x 2 (diambil 1 segmen, 55 m)
Lebar Jembatan	3 m
Tinggi Jembatan	6,5 m
Mutu Baja	$f_y$ 240 MPa (Asumsi)
Mutu Beton	$f_c$ 240 MPa (Asumsi)

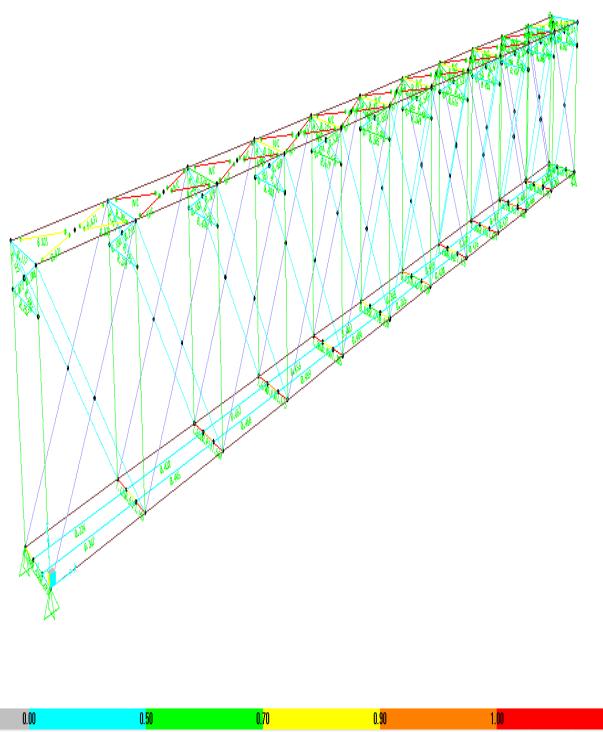
#### IV. HASIL ANALISIS

Syarat suatu desain jembatan harus memperhitungkan faktor beban yang bekerja baik beban hidup, beban mati, beban akibat pengaruh suhu, beban rem, dan beban lainnya termasuk adalah beban gempa [5].

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan yang mengacu SNI T02-2005 mengenai Peraturan Pembebaan untuk Jembatan, jembatan Sungai Serayu mengalami pola pembebaan yang berbeda mengingat desain awal jembatan tersebut adalah untuk jembatan kereta api. Sehingga ketika pembebaan baru (sebagai jembatan jalan raya) diaplikasikan kemudian perilaku komponen struktur rangka baja dianalisis mengacu pada SNI T03-2005 mengenai Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, jembatan tersebut mempunyai *stress ratio* maksimum sebesar 1,575 pada penampang memanjang jembatan, dan angka kelangsungan yang cukup tinggi pada ikatan angin rangka jembatan. Sehingga dengan nilai *stress ratio* tersebut, maka material yang digunakan pada ikatan angin dan beberapa penampang memanjang jembatan tidak memenuhi standar (*stress ratio* maksimum penampang sebesar 1).

Nilai *stress ratio* elemen struktur jembatan dapat dilihat pada Gambar-5. Nilai *stress ratio* dan angka kelangsungan yang cukup tinggi menunjukkan bahwa dengan adanya perubahan fungsi jembatan perlu ditambah perkuatan untuk menunjang kekuatan penampang pada elemen jembatan tersebut. Atau secara ekstrem dapat dikatakan bahwa jembatan tersebut tidak layak untuk digunakan sebagai jembatan jalan raya. Sedangkan berdasarkan SNI 03-2833-2008 mengenai Standar Perencanaan

Ketahanan Gempa untuk Jembatan, waktu getar alami struktur jembatan arah memanjang (arah X) sebesar 1,055 detik pada mode-1 dan arah melintang (arah Y) sebesar 0,875 detik pada mode-2, hal ini menunjukkan bahwa beban gempa bergetar pertama pada sumbu X (kondisi mode-1), dan analisis statik jembatan terpenuhi (waktu getar alami tidak melebihi 1,5 detik). Untuk analisis semi dinamik, nilai  $C_{elastis}$  yang diperoleh sebesar 0,521, dimana nilai tersebut tidak melebihi 2,5 kali nilai percepatan dasarnya.



**Gambar-5.** Stress Ratio Penampang.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pembebaan yang mengacu pada SNI T02-2005 dan analisis elemen struktur yang mengacu pada SNI T03-2005, jembatan tersebut mempunyai *stress ratio* maksimum sebesar 1,575 pada penampang memanjang jembatan, dan angka kelangsungan yang cukup tinggi pada ikatan angin rangka jembatan. Nilai *stress ratio* dan angka kelangsungan yang cukup tinggi menunjukkan bahwa dengan adanya perubahan fungsi jembatan perlu ditambah perkuatan untuk menunjang kekuatan penampang pada elemen jembatan tersebut. Atau secara ekstrem dapat dikatakan bahwa jembatan tersebut tidak layak untuk digunakan sebagai jembatan jalan raya.

Berdasarkan analisis berdasarkan SNI 03-2833-2008, diperoleh waktu getar alami struktur arah X (memanjang) sebesar 1,055 detik, dan arah Y (melintang) sebesar 0,875 detik. Untuk mengetahui perilaku jembatan secara detail akibat beban gempa, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode *pushover analysis* dan *non-linear time history analysis*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang tinggi dan ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Jenderal Soedirman, yang telah mendanai pelaksanaan kajian ini melalui skim Riset Peningkatan Kompetensi Mono Disiplin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Standar Nasional Indonesia. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*. SNI 03-2833-2008, Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia. 2008.
- [2] Standar Nasional Indonesia. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. SNI T03-2005. Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia. 2005.
- [3] Standar Nasional Indonesia. *Peraturan Pembebanan untuk Jembatan*. SNI T02-2005. Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia. 2005.
- [4] Hardono, Setyo. Surviyanto, Anton. *Penilaian Kinerja Seismik Jembatan dengan Pendekatan Analisis Pushover*. Puslitbang Jalan dan Jembatan. 2011.
- [5] Setiati, Retno N. Aprianto, Indra K. Perbandingan Model Analisis Beban Gempa Antara Peraturan Gempa Tahun 2005 dengan Peta Gempa 2010 terhadap Jembatan Eksisting. *Prosiding SNaPP2011 Sains, Teknologi, dan Kesehatan*. ISSN : 2089-3582. 2011.