

RAPID SEISMIC SCREENING PADA JEMBATAN DI KABUPATEN PATI MENGGUNAKAN METODE FILIA TRAUT

Imam Taufik

Departemen Teknik Sipil
Universitas Indonesia
ac.imamtaufik@gmail.com

Abstract

Indonesia is a country that has a very high level of vulnerability to earthquakes. However, it is very rare for bridges in rural areas or in sub-districts to be evaluated or screened. As a result, many bridges are prone to damage when seismic earthquakes occur, even though bridges are an important infrastructure for the village for the village's economic progress. This research was conducted with the aim of conducting a quick seismic inspection of the bridge and obtaining a priority order for bridge repair using the Seismic Vulnerability Index (SVI) method. The analysis was carried out on the sample, which consisted of 4 bridges located in Pati Regency. The results of the SVI analysis show that of the 4 observed bridges, the Tanjung Bridge has the highest Seismic Vulnerability Index, so it is recommended that this bridge get the first repair priority.

Keywords: earthquake; earthquake prone; bridge; Seismic Susceptibility Index; improvement priority

Abstrak

Indonesia merupakan suatu negara yang mempunyai tingkat kerawanan terhadap gempa bumi yang sangat tinggi. Namun, sangat jarang jembatan-jembatan yang berada di perdesaan atau di kecamatan dievaluasi atau dilakukan screening. Akibatnya, banyak jembatan yang rawan rusak saat terjadi peristiwa gempa bumi seismik padahal jembatan merupakan suatu infrastruktur penting bagi desa untuk kemajuan ekonomi desa tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan pemeriksaan seismik jembatan secara cepat dan mendapatkan urutan prioritas perbaikan jembatan dengan menggunakan metode Indeks Kerentanan Seismik (SVI). Analisis dilakukan terhadap sampel, yang terdiri atas 4 jembatan yang terletak di Kabupaten Pati. Hasil analisis SVI menunjukkan bahwa dari keempat jembatan yang diamati, Jembatan Tanjung mempunyai Indeks Kerentanan Seismik yang paling tinggi, sehingga jembatan ini direkomendasikan untuk mendapatkan prioritas perbaikan yang pertama.

Kata-kata kunci: gempa bumi; rawan gempa; jembatan; Indeks Kerentanan Seismik; prioritas perbaikan

PENDAHULUAN

Jembatan di suatu kecamatan dan perdesaan sangat penting untuk menunjang perekonomian di desa, terutama pada saat panen raya, karena pada saat itu banyak truk yang mengangkut hasil panen lalu lalang di jembatan (lihat Gambar 1). Namun, sering terjadi jembatan yang berada di perdesaan dan di kecamatan jarang dievaluasi atau dilakukan *screening*, padahal umur jembatan ada yang sudah cukup tua dan jembatan yang terletak di Indonesia juga sangat rawan terhadap peristiwa seismik, seperti gempa bumi (Taufik et al., 2021).

Minimnya peraturan di Indonesia untuk *screening* struktur jembatan juga merupakan salah satu kendala. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan prioritas 4 sampel struktur

jembatan, didasarkan pada perhitungan Indeks Kerentanan Seismik (SVI) yang diajukan oleh Filiatrault et al. (1994), untuk pemeriksaan seismik secara cepat. Berdasarkan SVI akan diketahui jembatan-jembatan yang perlu mendapatkan prioritas perbaikan.



Gambar 1 Truk Melintas di Jembatan

Penelitian ini menggunakan metode Filiatrault et al. (1994) dengan cara *screening* jembatan mengikuti prioritas seismik, dengan menghitung nilai Indeks Kerentanan Seismik (SVI). Filiatrault et al. (1994) menyatakan bahwa metode ini bersifat umum dan dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Nilai SVI menunjukkan indeks kerentanan suatu struktur jembatan dengan rentang 0, untuk struktur yang tidak membutuhkan perbaikan, sampai 100, untuk struktur yang sangat butuh perbaikan. Persamaan SVI didefinisikan sebagai berikut:

$$SVI = [\alpha(GIC_S) + \beta(GIC_{NS})] \times FF \times SRC \quad (1)$$

dengan:

$$\alpha = 0,4$$

$$\beta = 0,6$$

GIC_S = Koefisien pengaruh struktural global

GIC_{NS} = koefisien pengaruh non-struktural global

FF = Faktor fondasi

SRC = Koefisien risiko seismik

Koefisien Pengaruh Struktural Global (GIC_S) diperoleh dari jumlah penilaian 6 bobot indeks dengan rumus sebagai berikut.

$$X_n = SI_n \times \text{weighting factor}; n = 1,2,3,4,5, \text{ dan } 6 \quad (2)$$

$$GIC_S = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \quad (3)$$

Enam macam indeks struktural (SI_n) beserta sistem penilaiannya dan *weighting factor* dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan Lima Koefisien GIC_{NS} dapat dilihat pada Gambar 3.

Structural and nonstructural indices					weighting factors	weighted indices
Structural type index $SI^{(1)}$					0,25	X_1
SI	0.00	3.50	6.50	10.00		
Type of bridge structure	wood girders - wood deck steel girders - wood deck	steel girders steel truss deck: corrugated steel grating orthotropic	steel girders steel truss deck: reinforced or prestressed concrete slab	reinforced or prestressed concrete girders deck: reinforced or prestressed concrete slab and thick slab construction		
Structural complexity index $SI^{(2)}$					0,25	X_2
SI	0.00		10.00			
Structural complexity	no structural complexities present		outrigger, columns with multiple connections, knee-joint, short columns, curved bridge, etc.			
Deck discontinuity index $SI^{(3)}$					0,175	X_3
SI	0.00	5.00	7.50	10.00		
number of discontinuities	2 or less	3	4	5 and more		
Support redundancy index $SI^{(4)}$					0,15	X_4
SI	0.00	2.50	5.00	10.00		
vertical support system	no pier (abutments only)	wall pier (shaft) wood crib wood trestle	multiple columns steel trestle	single column		
Bearing condition index $SI^{(5)}$					0,15	X_5
Sub-Index A		0.00	5.00	10.00		
bearing type	apparatus with lateral restrainers or with direct or indirect shear keys	apparatus without lateral restrainer	rocker bearing (fixed or mobile)			
Sub-Index B		0.00	5.00	10.00		
bearing seat condition	apparatus with continuous seats	apparatus with pedestal seats	apparatus close to free edges (applicable only to bridges with 2 or 3 stringers)			
Skew index $SI^{(6)}$					0,025	X_6
$SI = \text{Skew angle (in degrees)} / 60^\circ \times 10 \leq 10$						
GLOBAL STRUCTURAL INFLUENCE COEFFICIENT $GIC_S = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$						

Sumber: Filiatrault et al. (1994)

Gambar 2 Enam Koefisien GIC_S

Supporting road type index $NSI^{(1)}$					0.30	Y_1					
NSI	2.50	5.00	7.50	10.00							
road type	local or collector	regional	national	highway							
Detour index $NSI^{(2)}$					0.25	Y_2					
$NSI = \text{detour distance (km)} \times 0.05 \leq 10.0$											
Daily traffic index $NSI^{(3)}$					0.20	Y_3					
NSI	0	2.0	3.5	5.0			6.5	7.5	8.5	9.0	9.5
Average daily traffic (thousands vehicles / day)	0	50	100	150	200						
Crossing road type index $NSI^{(4)}$					0.15	Y_4					
NSI	0.00	3.00	6.00	8.00			10.00				
road type	local or waterway	collector	regional	national	highway active railway active maritime facility						
Service index $NSI^{(5)}$					0.10	Y_5					
$(NSI \text{ if more than one service supported, but } < 10.0)$											
NSI	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00						
service	none	phone lines	power lines	natural gas	tap water						
GLOBAL NONSTRUCTURAL INFLUENCE COEFFICIENT $GIC_{NS} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$											

Sumber: Filiatrault et al. (1994)

Gambar 3 Lima Koefisien GIC_{NS}

Faktor Fondasi (FF) ditentukan berdasarkan jenis klasifikasi tanah pada jembatan. Nilai FF untuk setiap kategori dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kategori Tanah dan Faktor Fondasi (FF)

Kategori	Deskripsi	FF
I	<i>Rock, dense and compact soil</i>	1,0
II	<i>Dense and compact soil, stiff clay deeper than 50 m</i>	1,3
III	<i>Loose soil deeper than 10 m</i>	1,5
IV	<i>Very loose soil potentially liquefiable</i>	2,0

Sumber: Filiatrault et al. (1994)

Koefisien Risiko Seismik (SRC) didapat berdasarkan nilai percepatan puncak pada tanah dasar berdasarkan peraturan NBCC (1992), yang dapat dilihat pada Tabel 2. Pengujian ini dilakukan di Indonesia. Karena itu, digunakan ketentuan BSN (2016) peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) dan respons spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik di batuan dasar, yang mewakili *level hazard*, atau potensi bahaya gempa, 1000 tahun dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun menggunakan peta gempa terbaru (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Kemudian nilai tersebut dikalibrasi untuk menentukan zona seismik.

Tabel 2 Koefisien Risiko Seismik (SRC)

Zc (Percepatan Puncak pada Tanah Dasar)	SRC
0 (0 – 0,04 g)	0
1 (0,04 – 0,08 g)	1,0
2 (0,08 – 0,11 g)	2,0
3 (0,11 – 0,16 g)	3,0
4 (0,16 – 0,23 g)	4,0
5 (0,23 – 0,32 g)	4,5
6 ($\geq 0,32$ g)	5,0

Sumber: Filiatrault et al (1994)

PEMBAHASAN

Tinjauan Data Jembatan

Penelitian ini menggunakan sampel 4 jembatan yang berada di Kabupaten Pati, yaitu Jembatan Wotan, Jembatan Jongso, Jembatan Kasian, dan Jembatan Tanjung. Empat jembatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7. Data detail 4 struktur jembatan yang diuji dapat dilihat pada Tabel 3.

Setelah menemukan lokasi jembatan di peta, dilakukan kunjungan ke lokasi 4 jembatan tersebut dan dilakukan survei dan *screening* menggunakan formulir yang sudah tersedia untuk menilai GIC_s , GIC_{NS} , Nilai FF, dan Nilai SRC. Pada penentuan nilai faktor fondasi harus tersedia data tanah. Namun, pada pengujian ini tidak tersedia data karakteristik tanah pada masing-masing lokasi jembatan, sehingga untuk menentukan faktor tersebut

digunakan hasil penelitian Ali et al. (2017), yang menunjukkan bahwa jenis tanah di Kabupaten Pati adalah pasir kelepungan coklat. Data tersebut digeneralisasi dan digunakan pada semua sampel jembatan, sehingga semua jembatan mempunyai nilai FF sebesar 1,3.

Tabel 3 Data Tinjauan Jembatan

No.	Nama Jembatan	Latitude	Longitude	PGA (7% dalam 75 tahun)	SRC	FF
1	Jembatan Wotan	-6,913353	110,90222	0,234 g	Zona 5, SRC = 4,5	1,3
2	Jembatan Jongso	-6,874709	110,88789	0,224 g	Zona 4, SRC = 4,0	1,3
3	Jembatan Kasian	-6,894150	110,93375	0,234 g	Zona 5, SRC = 4,5	1,3
4	Jembatan Tanjang	-6,790290	111,03469	0,207 g	Zona 4, SRC = 4,0	1,3



Gambar 4 Jembatan Wotan (a)



Gambar 5 Jembatan Jongso (b)



Gambar 6 Jembatan Kasian (c)



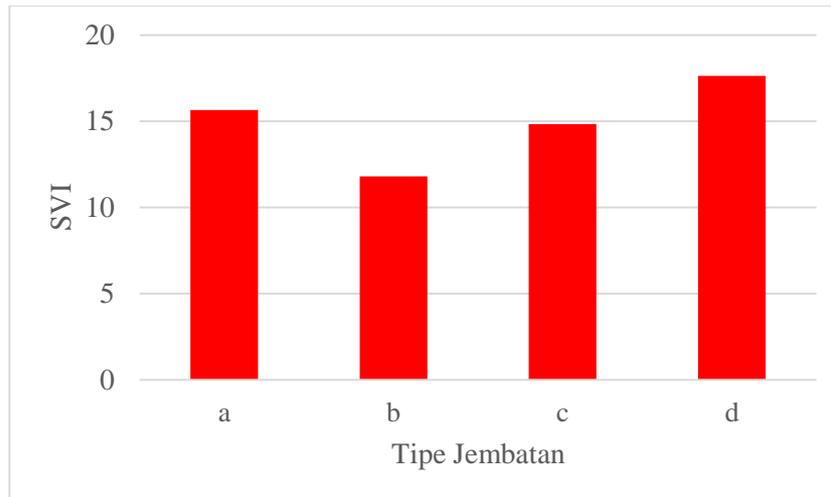
Gambar 7 Jembatan Tanjang (d)

Analisis SVI

Setelah dilakukan survei pada 4 jembatan dan didapatkan data *screening*, dilakukan perhitungan SVI. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4. Selanjutnya, hasil analisis SVI yang terdapat pada Tabel 4 disajikan dalam bentuk diagram batang, yang dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 4 Hasil *Screening* pada 4 Sampel Jembatan

No.	Koefisien Struktural						GIC _s	Koefisien Non-Struktural					GIC _{NS}	SRC	FF	SVI
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅				
a	1,63	0	1,75	0,75	0,75	0	4,88	0,75	0,06	0,4	0	0	1,21	4,5	1,3	15,66
b	1,63	0	1,31	0,75	0,75	0	4,44	0,75	0,08	0	0	0	0,83	4	1,3	11,80
c	1,63	0	0	0	0,75	0	2,38	1,5	0,14	1	0	0	2,64	4,5	1,3	14,84
d	1,63	0	0,88	0,75	0,75	0	4	1,5	0,19	1,3	0	0	2,99	4	1,3	17,64



Gambar 8 Hasil SVI Pada Sampel Jembatan

Gambar 5 menunjukkan hasil SVI pada Jembatan Wotan sebesar 15,66, pada Jembatan Jongso sebesar 11,80, pada Jembatan Kasian sebesar 14,84, dan pada jembatan Tanjang sebesar 17,64. Hasil tersebut menunjukkan bahwa urutan prioritas perbaikan jembatan adalah: (1) Jembatan Tanjang, (2) Jembatan Wotan, (3) Jembatan Kasian, dan (4) Jembatan Jongso.

KESIMPULAN

Pada studi ini dilakukan penentuan prioritas pemeliharaan untuk 4 jembatan yang terletak di Kabupaten Pati. Keempat jembatan yang menjadi sampel pada studi ini adalah Jembatan Wotan, Jembatan Jongso, Jembatan Kasian, dan Jembatan Tanjang. Penentuan prioritas menggunakan Indeks Kerentanan Seismik (SVI), yang diajukan oleh Filiatrault et al. (1994).

Berdasarkan analisis SVI yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa Jembatan Tanjang mempunyai nilai SVI yang paling tinggi, diikuti oleh Jembatan Wotan, Jembatan Kasian, dan Jembatan Jongso. Karena mempunyai SVI yang paling besar, Jembatan Tanjang mendapatkan prioritas yang paling tinggi untuk segera dilakukan evaluasi dan perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R.K., Najib, N., dan Nasrudin, A. 2017. *Analisis Peningkatan Faktor Keamanan Lereng pada Areal Bekas Tambang Pasir dan Batu di Desa Ngablak, Kecamatan Cluwak, Kabupaten Pati*. PROMINE, 5 (1): 10–19.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa*. SNI 2833: 2016. Jakarta.

- Filiatrault, A., Tremblay, S., dan Tinawi, R. 1994. *A Rapid Seismic Screening Procedure for Existing Bridges in Canada*. Canadian Journal of Civil Engineering, 21 (4): 626–642.
- National Research Council of Canada. 1992. *National Building Code of Canada: 1990*. Associate Committee on the National Building. Ottawa.
- Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman. Badan Penelitian dan Pengembangan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Bandung.
- Taufik, I., Yadi, S., dan Astuti, P. 2021. *Respons Ketidakberaturan Struktur Torsi dan Torsi Berlebih Gedung 16 Lantai Menggunakan Metode Linear Time History Analysis*. Konstruksia, 13 (1): 181–191.