



## Analisis Frekuensi Resonansi Jembatan Bantar III Bantul Yogyakarta Terhadap Kejadian Gempabumi Yogyakarta

Meilan Demulawa<sup>1</sup>, Dewa Gede Eka Setiawan<sup>2\*</sup>, Muhammad Yunus<sup>3</sup>, Rusni R Rifai<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi S1 Fisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo

<sup>4</sup>Program Studi S1 Pendidikan Fisika STKIP Kie Raha Ternate

### Abstract

Received: 26 November 2022

Revised: 29 November 2022

Accepted: 4 Desember 2022

A vibration resonance studies were performed at Bantar III Bridge Kali Progo Sedayu Sub-district of Bantul. The study aims to determine the natural frequency of the bridge and compare it with the frequency of earthquakes to determine the possibility of resonance. Spectral analysis of the earthquake and the bridge using the FFT to obtain the dominant frequency of the bridge and the frequency of earthquakes. The natural frequency of the bridge obtained about 3,5 Hz – 5Hz. This is appropriate with the analytical calculation based on the construction of the bridge that showed the natural frequency about 3.51 Hz - 5.18 Hz. The frequency surface wave of the Yogyakarta earthquake which took place within the periode 2009 – 2010 is 1,1 Hz – 3,3 Hz. Comparison of natural frequency experimentally and the frequency of earthquakes indicated very small possibility of resonance amplification occurred in the Bantar III bridge Kali Progo Yogyakarta.

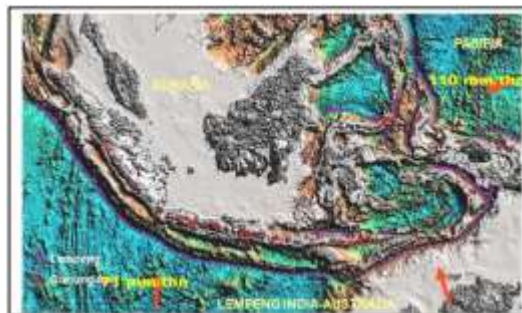
**Keywords:** Natural Frequency of Bridge, Earthquake, Resonance Vibration

(\*) Corresponding Author: [meilan.demulawa@ung.ac.id](mailto:meilan.demulawa@ung.ac.id), [dewaeka@ung.ac.id](mailto:dewaeka@ung.ac.id), [muhammad.yunus@ung.ac.id](mailto:muhammad.yunus@ung.ac.id), [rubalqisbintang@gmail.com](mailto:rubalqisbintang@gmail.com)

**How to Cite:** Demulawa, M., Setiawan, D. G., Yunus, M., & Rifai, R. R. (2022). Analisis Frekuensi Resonansi Jembatan Bantar III Bantul Yogyakarta Terhadap Kejadian Gempabumi Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(24), 727-734. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7686712>

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang rawan akan gempabumi. Hal ini dapat dilihat dari letak Indonesia yang berada di tiga jalur lempeng tektonik dunia yaitu lempeng India-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik, seperti terlihat pada Gambar (1.1). Salah satu daerah di Indonesia yang sering mengalami gempabumi adalah daerah Yogyakarta.



Gambar 1. Pergerakan lempeng India-Australia dengan kecepatan 71 mm/tahun ke utara dan pergerakan lempeng Pasifik dengan kecepatan 110 mm/tahun menunjam lempeng Eurasia (Fadllan, 2009)

Daerah Yogyakarta terletak diantara dua lempeng yaitu lempeng IndiaAustralia yang selalu bergerak ke utara dan lempeng Eurasia yang bergerak ke Selatan. Akibat pergerakan lempeng tersebut menyebabkan daerah ini selalu mengalami gempa bumi. Pada tanggal 27 Mei 2006 Yogyakarta mengalami gempa bumi besar dengan kekuatan 6,3 skala Richter dan mengakibatkan berbagai kerusakan, salah satunya adalah kerusakan infrastruktur seperti jembatan. Jembatan yang rusak akibat gempa tersebut dari hasil survei Bina Marga tercatat sekitar enam jembatan rusak pada konstruksinya dan lainnya rusak pada bagian luarnya saja, seperti terlihat pada Gambar 1.2.



Gambar 2: Jembatan Irung Petruk yang rusak akibat gempa Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006

(sumber: <http://www1.pu.go.id/uploads/berita/ppw020606p.htm>)

Kerusakan jembatan akibat gempa bumi dipengaruhi oleh besarnya nilai gerakan tanah, yaitu kecepatan tanah, percepatan tanah, dan pergeseran tanah. Ketiga parameter ini umumnya teramplifikasi, sehingga menimbulkan gaya dan perpindahan yang melebihi dengan kemampuan yang dapat ditahan oleh struktur jembatan. Selain ketiga parameter tersebut, ada parameter lain yang mempengaruhi respon suatu struktur jembatan, meliputi frekuensi, amplitudo, durasi getaran, dan karakteristik tanah setempat. Parameter tersebut dapat dinyatakan dengan sebuah spektrum respons yang mengidealisasikan suatu struktur menjadi suatu sistem satu derajat yang teredam yang berosilasi pada periode dan frekuensi berbeda-beda (Nawy, 2001).

Menurut Pujianto (2003), kandungan frekuensi gempa berpengaruh terhadap amplifikasi gelombang gempa. Selama getaran gempa merambat melalui media tanah, maka getaran gempa akan mengalami redaman yang disebabkan oleh sifat non linier dari tanah yang bersangkutan. Pengalaman dari berbagai peristiwa gempa, menunjukkan bahwa media tanah selain meredam getaran gempa juga bersifat memfilter gempa terutama getarangetaran yang mempunyai frekuensi tinggi.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka peneliti tertarik melakukan penelitian getaran di jembatan Bantar III Kali Progo Yogyakarta dengan menggunakan alat perekam getaran (Accelerometer). Jembatan ini merupakan salah satu jembatan terpanjang dengan panjang bentang 224,4 meter dan lebar 5 meter. Jembatan ini adalah jembatan Nasional yang setiap harinya dilalui oleh kendaraan berat maupun ringan yang berasal dari dalam dan luar Yogyakarta.

## TINJAUAN PUSTAKA

Yumantoko (2006), telah melakukan penelitian tentang evaluasi keamanan struktur jembatan beton bertulang pasca bencana gempa yang terjadi tanggal 27 Mei 2006 (studi kasus : Jembatan Panasan, Daerah Istimewa Yogyakarta), dari penelitiannya diketahui terjadi kerusakan pada lapis perkerasan disekitar oprit dan ekspansi joint. Kerusakan pada lantai perkerasan terjadi beda elevasi dan perlu segera diperbaiki karena mengganggu keselamatan dan kenyamanan para pengguna kendaraan. Kerusakan juga terjadi pada pilar jembatan lama yang telah mengalami local settlement berupa penurunan tidak merata. Akibat pembebanan didapatkan kapasitas lentur gelagar jembatan sebesar  $6,82 \times 10^3$  kNm sedangkan kapasitas lentur yang tersedia hanya  $4,05 \times 10^3$  kNm sehingga gelagar tidak aman.

Supriyadi (2008a), melakukan penelitian dengan judul Analisis Kuat Layan Struktur Atas Jembatan (Balok Menerus) Akibat Runtuhnya Salah Satu Pilar Jembatan (Studi Kasus Jembatan Gantiwarno, Klaten, Jawa Tengah), diperoleh hasil perhitungan frekuensi alami struktur jembatan dengan model balok grid baik pada kondisi utuh/normal maupun rusak. Pada kondisi normal nilai frekuensi jembatan yaitu 4,41 Hz, sedangkan pada kondisi rusak 1,39Hz. Pada saat kondisi rusak, struktur jembatan mengalami penurunan nilai frekuensi alami sebesar 68%.

Supriyadi (2008b), melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Penambahan Lebar Dek Jembatan Pada Struktur Jembatan Gantung Sederhana (Studi Kasus Jembatan Gantung sederhana Kliwonan Butuh, Sragen) diperoleh hasil makin panjang bentang Jembatan, frekuensi alami bending (fb) makin kecil. Untuk bentang jembatan lebih besar dari 90 m, nilai fb sangat kecil dari 0,6 Hz. Penambahan lebar dek/lantai jembatan dari 1,5 m menjadi 1,7 m dan 1,9 m menaikkan frequency ratio (ft/fb).

Anonim (2008) memberikan ketentuan nilai Standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan dengan nilai frekuensi jembatan sebesar 2,63 Hz dan nilai simpangan horizontal maksimum sebesar 0,036 meter. Nilai tersebut merupakan nilai yang dijadikan standar untuk seluruh jembatan di Indonesia.

Tuasuun (2009), meneliti tentang pengaruh frekuensi alami struktur dek pada resonansi kabel dari jembatan-kabel (model eksperimen), dengan menggunakan benda uji yang menyerupai struktur jembatan kabel. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa semakin besar massa yang diberikan, maka semakin besar pula tegangan dan frekuensi alami kabel serta rasio redaman semakin kecil selama kabel masih bersifat elastik. Benda uji yang dibebani massa  $m_1 = 40$  kg dan  $m_2 = 0,97$  kg menghasilkan frekuensi alami kabel 26,47 Hz, dan frekuensi alami dek 50,98 Hz. Pada saat fungsi dek sama dengan fungsi kabel, kabel mengalami resonansi maksimum. Resonansi ini terjadi pada saat frekuensi eksternal sebesar 26,245Hz . Peristiwa resonansi dapat juga terjadi pada kabel bila digetarkan dengan besar frekuensi eksternal 26,25 Hz saat frekuensi alami kabel tidak sama dengan setengah frekuensi alami dek, namun resonansi yang terjadi dihasilkan lebih kecil.

Picauly (2009), melakukan penelitian mengenai identifikasi frekuensi alami pada struktur kabel (cable stayed) dari struktur jembatan kabel yang

dimodelkan secara eksperimen di laboratorium dengan menggunakan model yang tidak proporsional dengan prototipenya. Kabel terdiri atas kabel very long (VL) dipasang pada ujung dek terjauh dari pilon. kemudian kabel long (L), dan kabel short (S) dengan jarak antar kabel 18,75 cm. Massa dengan variasi beban seberat 10, 30 dan 50 kg digantungkan pada titik-titik pertemuan kabel dan dek kemudian model digetarkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi alami kabel, akan menurunkan rasio redamannya. Prediksi gaya dalam dari frekuensi alami pada pengujian steady state, getaran bebas dan hasil eksak menunjukkan bahwa ada keserasian hasil dari kabel S tetapi pada kabel L dan VL terdapat perbedaan yang signifikan.

## **METODE**

Penelitian ini dilakukan di Jembatan Bantar III Kali Progo yang terletak di Desa Argosari Kecamatan Sedayu Kabupaten Bantul Yogyakarta seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 30 Juni 2011 jam 00.29 WIB – 04.00 WIB dan tanggal 2 Juli 2011 jam 00.28 WIB – 04.00 WIB. Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data yaitu: 1. Accelerometer GPL-6A3P buatan Mitutoyo Jepang. Alat ini memiliki 3 sensor (Vertikal (Z), UtaraSelatan (N-S), Timur-Barat (E-W)). Pengambilan data dilakukan di Jembatan Bantar III Kali Progo Yogyakarta. Jembatan ini adalah jembatan Beton Prategang yang memiliki panjang 224,4 meter yang terbagi dalam enam bentang. Bentang I dengan panjang 30,60 meter, bentang II dengan panjang 40,80 meter, bentang III dengan panjang 40,80 meter, bentang IV dengan panjang 40,80 meter, bentang V dengan panjang 40,80 meter, dan bentang VI dengan panjang 30,80 meter. Pada masing-masing bentang dilakukan dua kali perekaman getaran yaitu di kiri dan kanan jembatan serta accelerometer diletakkan tepat pada bagian tengah bentang dimana pada bagian tersebut merupakan bagian yang mempunyai simpangan terbesar.

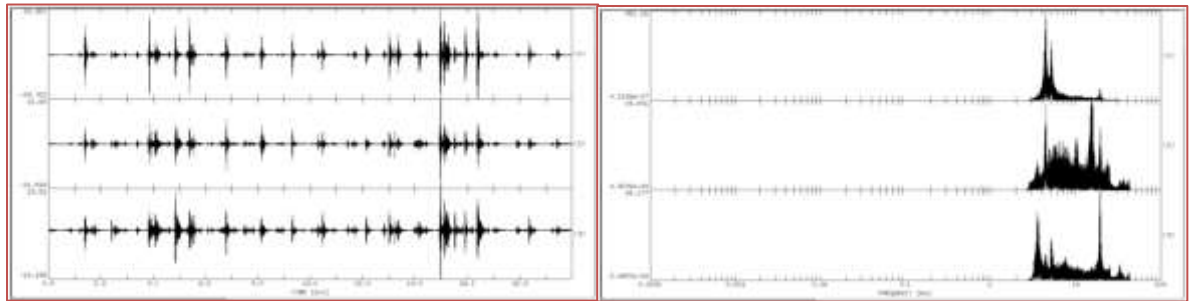
Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perangkat keras yang meliputi satu set komputer yang dilengkapi dengan DVD-RW, CD/DVD, dan printer, serta perangkat lunak yang terdiri dari program MATLAB, GEOPSY dan PITSA. Data hasil rekaman dari alat Accelerometer GPL-6A3P merupakan data percepatan sebagai fungsi waktu yang terdiri atas tiga komponen, yaitu komponen vertikal (3), komponen sejajar jembatan (1), dan komponen tegak lurus jembatan (2). Data sinyal yang berasal dari kartu memori alat yang berisi sinyal getaran yang sudah dikonvert ke csv, kemudian di ubah dalam format SAF melalui program MATLAB agar bisa terbaca oleh program GEOPSY. Setelah didapatkan data dalam format SAF maka data dapat diolah dengan menggunakan program GEOPSY. Dalam program GEOPSY dilakukan pemotongan data hasil rekaman untuk setiap sinyal pada waktu yang berbeda. Sebelum melakukan pemotongan terlebih dahulu dipilih even yang ingin dipotong. Setelah pemotongan setiap even selesai, kemudian dilanjutkan dengan mengekspor setiap even ke bentuk ASCII agar bisa terbaca oleh program PITSA. Program PITSA merupakan program yang digunakan untuk mengolah sinyal mikrotremor getaran jembatan. Pengolahan sinyal pada program ini bertujuan untuk mencari spektrum frekuensi jembatan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

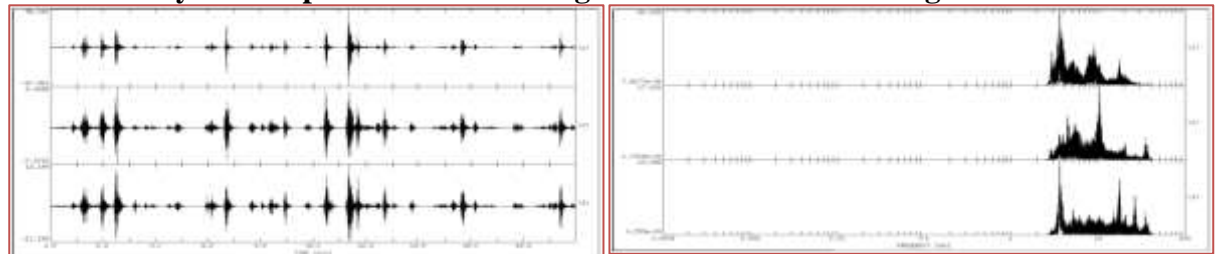
Pengambilan data dilakukan pada Jembatan Bantar III Kali Progo dengan panjang bentang 30,60 m dan 40,80 m. Berdasarkan data teknis di lapangan, maka didapatkan data sinyal getar mulai dari bentang 1 – 6 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3 – Gambar 8. Data hasil rekaman alat terdiri dari 3 komponen yaitu komponen sejajar jembatan (1), komponen tegak lurus jembatan (2), dan komponen vertikal dengan jembatan (3).

### Frekuensi Natural Jembatan

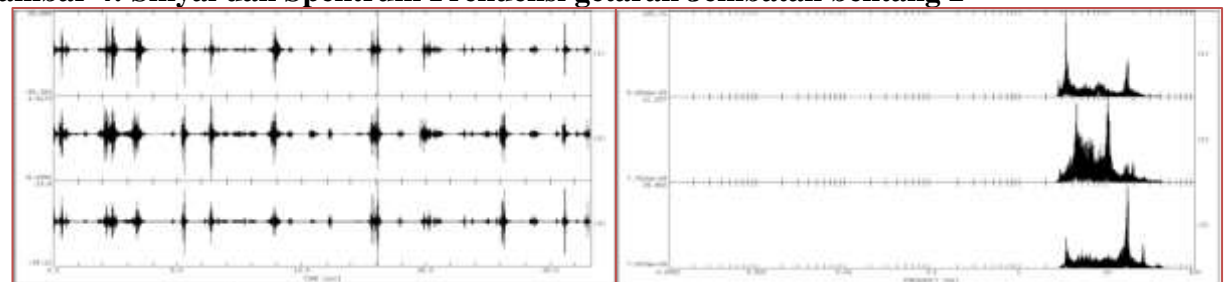
Gambar sinyal dan spectrum frekuensi jembatan dapat dilihat pada Gambar 3 – Gambar 8. Gambar tersebut merupakan Gambar sinyal hasil rekaman getaran dan frekuensi natural jembatan. Berikut tampilan Gambar sinyal dan spectrum frekuensi.



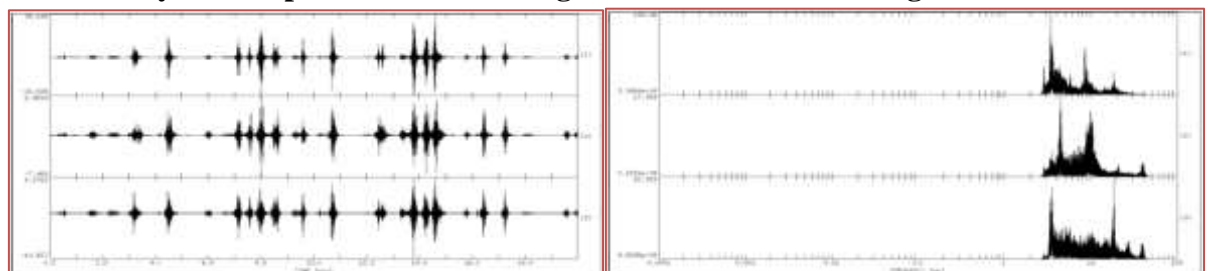
**Gambar 3: Sinyal dan Spektrum Frekuensi getaran Jembatan bentang 1**



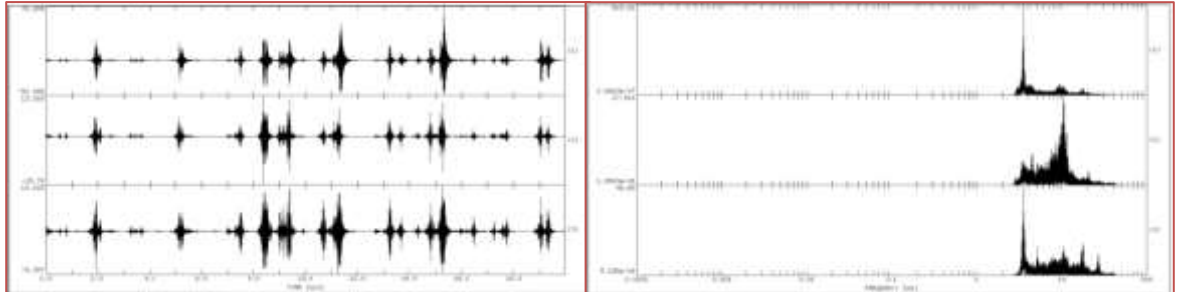
**Gambar 4: Sinyal dan Spektrum Frekuensi getaran Jembatan bentang 2**



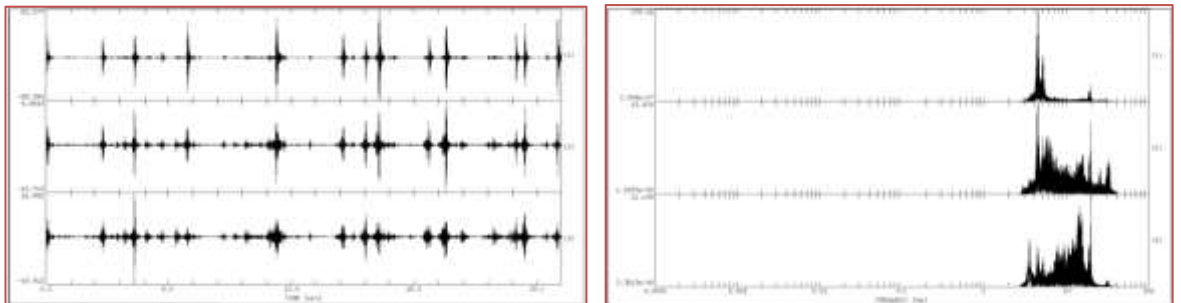
**Gambar 5: Sinyal dan Spektrum Frekuensi getaran Jembatan bentang 3**



**Gambar 6: Sinyal dan Spektrum Frekuensi getaran Jembatan bentang 4**



**Gambar 7: Sinyal dan Spektrum Frekuensi getaran Jembatan bentang 5**

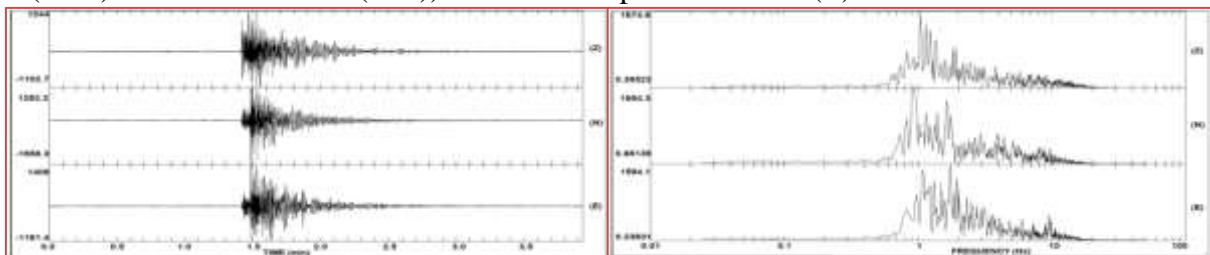


**Gambar 8: Sinyal dan Spektrum Frekuensi getaran Jembatan bentang 6**

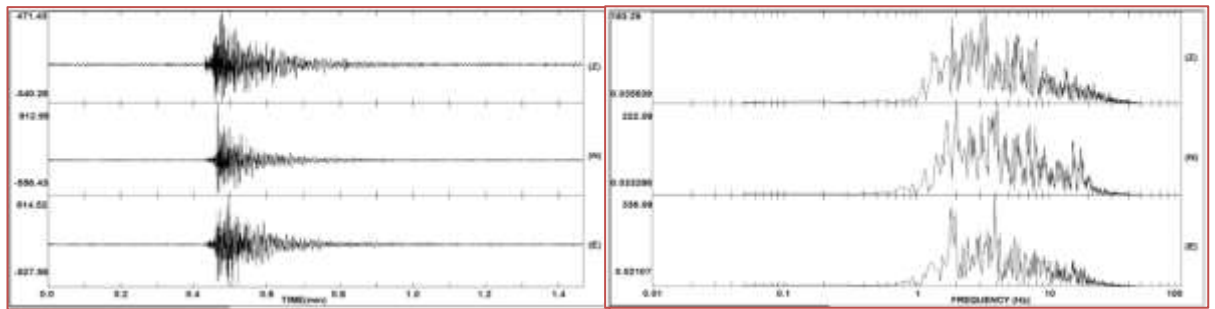
Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan program PITSA diketahui bahwa nilai frekuensi natural jembatan memiliki kecenderungan nilai yang sama yaitu pada bentang I dan bentang VI nilainya sebesar 5 Hz, pada bentang II dan bentang V sebesar 3,6 Hz, bentang III dan IV sebesar 3,5 Hz.

#### **Frekuensi gempa Yogyakarta tahun 2009 – 2010**

Yogyakarta sering mengalami gempabumi, dalam kurun waktu 2 tahun daerah ini mengalami gempabumi sebanyak 35 kali. Gempabumi yang disajikan dalam penelitian ini sebanyak 2 even gempa yaitu 1 even gempa pada tahun 2009 dan 1 even gempa pada tahun 2010. Berikut even gempa seperti terlihat pada Gambar 9 – Gambar 10. Gambar tersebut merupakan Gambar sinyal rekaman dan spektrum frekuensi gempa tahun 2009–2010 yang berasal dari stasiun BMKG Yogyakarta yang merupakan sinyal kecepatan yang terekam oleh seismometer L43D. Alat tersebut terdiri dari dua komponen horisontal (Timur-Barat (E-W) dan Utara-Selatan (N-S)) dan satu komponen vertikal (Z).



**Gambar 9: Spektrum frekuensi gempa tanggal 13 Mei 2009**



**Gambar 10: Sinyal dan Spektrum frekuensi gempa tanggal 24 Januari 2010**

Gambar 9 merupakan Gambar sinyal dan spektrum frekuensi gempa gelombang permukaan tanggal 13 Mei 2009. Pada Gambar tersebut terlihat nilai spektrum frekuensi berada diantara 0,7 Hz – 5 Hz dan spektrum maksimumnya sebesar 1 Hz. Sedangkan Gambar 10 merupakan Gambar sinyal dan spektrum frekuensi gempa tanggal 24 Januari 2010 dengan nilai spektrum frekuensi gempa sebesar 3,3 Hz.

### Perbandingan Frekuensi Natural Jembatan dan Gempabumi

Tabel 1: Perbandingan Frekuensi Natural Jembatan dan Gempabumi

Bentang Jembatan	Frekuensi (Hz)	
	Jembatan	Gempabumi
I	5	1 – 3,3
II	3,6	
III	3,5	
IV	3,5	
V	3,6	
VI	5	

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil frekuensi natural jembatan yang diperoleh secara eksperimen. Perbandingan antara frekuensi natural jembatan dengan gempabumi terlihat adanya peluang terjadinya resonansi di jembatan tersebut sangat kecil. Hal ini dikarenakan frekuensi struktur jembatan masih lebih besar dari pada frekuensi gempa, yang berarti jembatan Bantar III Yogyakarta aman terhadap peristiwa gempa.

### KESIMPULAN

Besarnya nilai frekuensi natural jembatan Bantar III Kali Progo Yogyakarta yaitu 3,5 Hz – 5 Hz. Sedangkan nilai frekuensi gempa Yogyakarta untuk gelombang permukaan yaitu 1 Hz – 3,3 Hz. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa di Jembatan tersebut berpeluang terjadi resonansi meskipun sangat kecil. Hal ini dikarenakan nilai frekuensi natural jembatan (3,5 Hz) hampir sama dengan salah satu nilai frekuensi gempa Yogyakarta yaitu sebesar 3,3 Hz.

## REFERENSI

- Anonim, 2008, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*, SNI 2833-2008, ICS 91. 120. 25, BSN.
- Fadlan, A., 2009, *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Di Daerah Yogyakarta Dan Jawa Tengah Berdasarkan Analisis Gelombang Love Menggunakan Sumber Gempabumi Afrika Selatan*, Tesis Ilmu Fisika Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nawy, E.G., 2001, *Beton Prategang Jilid 2*, (diterjemahkan Bambang Suryoatmono), Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Pujianto, A., 2003, *Respon Seismik Lapisan Tanah Linier dan Non Linier Elastis Akibat Beban Gempa*, Tesis Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Picauly, P.F., 2009, *Identifikasi Frekuensi Alami Struktur Kabel (Cable Stayed) Dan Kaitannya Pada Gaya-Gaya Dalam (Model Laboratorium)*, Tesis Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.  
<http://www1.pu.go.id/uploads/berita/ppw020606p.htm> (online 11 Februari 2011)
- Supriyadi, B., 2008<sub>b</sub>, *Pengaruh Lebar Dek Jembatan Pada Struktur Jembatan Gantung Sederhana (Studi kasus Jembatan Gantung Sederhana Kliwonan Butuh, Sragen)*, Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- Supriyadi, B., 2008<sub>a</sub>, *analisis kuat layan struktur atas jembatan (balok menerus) akibat runtuhnya salah satu pilar jembatan (studi kasus jembatan gantiwarno, klaten, jawa tengah)*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tuasun, S. C., 2009, *Pengaruh Frekuensi Alami Struktur Dek Pada Resonansi Kabel Dari Jembatan-Kabel (Model Eksperimen)*, Tesis Tekni Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yumantako, 2006, *Evaluasi Keamanan Struktur Jembatan Beton Bertulang Pasca Bencana Gempa Yang Terjadi Tanggal 27 Mei 2006 (Studi Kasus : Jembatan Panas, Daerah Istimewa Yogyakarta)*, Tesis Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.