



Analisis Pergeseran Secara Vertikal dan Arah Gerakan Partikel di Jembatan Bantar Iii Kulon Yogyakarta Akibat Dilewati Kendaraan Menggunakan Metode Mikrotremor

Meilan Demulawa

Program Studi S1 Fisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri
Gorontalo

Abstract

Received: 2 Maret 2023

Revised: 19 Maret 2023

Accepted: 28 Maret 2023

This study aims to determine how much the maximum vertical displacement of vibrations experienced by the bridge when something passes over it and compare it with the complete removal permitted by SNI 03 – 2847 – 2002. To find out the direction of movement of vibration particles when a vehicle/something crosses the bridge. The maximum vertical displacement value of bridge vibration due to vehicle load experimentally ranges from 8.5 mm – 29.2 mm and theoretically from 127.5 mm – 170 mm. This value (experimentally) is smaller than the results obtained in theory, which means that the bridge structure can still withstand the instantaneous external loads that cross the bridge. At the same time, the direction of movement of the bridge particles passed by vehicles is generally vertical to the direction of the bridge.

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

(*) Corresponding Author: meilan.demulawa@ung.ac.id

How to Cite: Demulawa, M. (2023). Analisis Pergeseran Secara Vertikal dan Arah Gerakan Partikel di Jembatan Bantar III Kulon Yogyakarta Akibat Dilewati Kendaraan Menggunakan Metode Mikrotremor. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(8), 890-895. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8075069>

PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah salah satu sumber proses pelepasan energi secara tiba-tiba yang dapat mengakibatkan gelombang seismik. Seismolog dari Amerika, Reid memperkenalkan teori rebound elastis. Teori ini menyatakan bahwa gempa bumi merupakan fenomena alam yang diakibatkan oleh pelepasan energi tegangan elastis pada batuan sebagai akibat akumulasi energi di dalam kerak bumi akibat peristiwa tegangan dan regangan yang berkelanjutan. Gempa dasyat yang terjadi dengan kekuatan 5,9 skala Richter atau skala magnitudo 6,4 berada di Daerah Yogyakarta 27 mei 2006 mengakibatkan guncangan yang sangat kuat sehingga menggoyahkan semua infrastruktur salah satunya jembatan.

Jumlah gerakan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi, seperti kecepatan gerak, percepatan tanah dan perpindahan tanah berpengaruh besar terhadap kerusakan jembatan. Umumnya nilai gerakan tanah tersebut mengalami peningkatan yang akhirnya menyebabkan amplifikasi yang sangat besar sehingga menimbulkan gaya dan perpindahan berlebih yang akibatnya berpengaruh pada struktur jembatan. (Nawy, 2001, Demulawa, M., Setiawan, D. G. E., Yunus, M., & Rifai, R. R., 2022).

Menurut Standar Nasional Indonesia (2002) semua balok diasumsikan mengalami displacement yang sama pada kondisi beban hidup dan kejut. Batas displacement maksimum akibat beban hidup ditampilkan seperti pada Tabel 1.



Tabel 1. Displacement maksimum (SNI, 2002)

Jenis komponen struktur	Displacement yang diperhitungkan	Batas displacement
Atap datar yang tidak ditopang atau tidak melekat pada komponen nonstruktural yang dapat rusak akibat displacement yang besar	Displacement seketika akibat beban hidup	L/180
Lantai non-struktural atau tidak terikat pada komponen non-struktural yang dapat rusak akibat displacement besar.	Displacement seketika akibat beban hidup	L/360
Konstruksi atap atau lantai yang mendukung atau melekat pada komponen non-struktural yang dapat rusak karena displacement yang berlebihan.	Bagian dari displacement total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari displacement jangka panjang akibat semua beban tetap yang bekerja dan displacement seketika akibat penambahan beban hidup)	L/480
Konstruksi atap atau lantai yang menopang atau menempel pada elemen non-struktural yang tidak mungkin rusak oleh displacement besar.	displacement jangka panjang akibat semua beban tetap yang bekerja dan displacement seketika akibat penambahan beban hidup)	L/240

Menurut Timoshenko, kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan gerakan, seperti pada persamaan 1. Agar struktur menjadi stabil, kehati-hatian harus dilakukan untuk membatasi perpindahan dalam struktur sehingga struktur diharapkan cukup kaku. Perhitungan nilai displacement yang terjadi di tengah bentang balok yang dikenai beban pusat P dari tumpuan sendi – rol dan pelat sebelum sendi plastis muncul menurut persamaan 2.

$$k = \frac{P}{X} \quad (1)$$

$$X_{\text{maks}} = \frac{PL^3}{48EI} \quad (2)$$

Kemudian persamaan 1 disubstitusikan kedalam persamaan 2 hasilnya sebagai berikut:

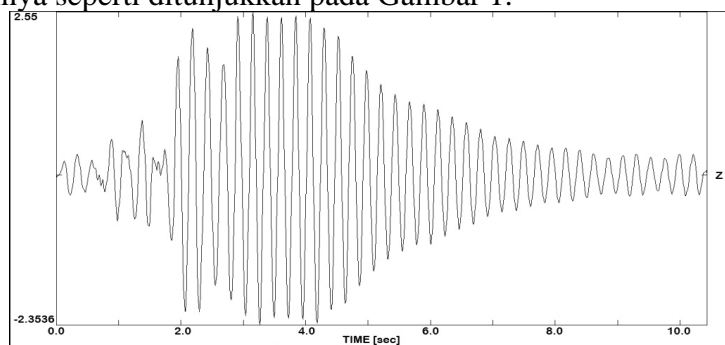
$$k = \frac{48EI}{L^3} \quad (3)$$

Dimana x_{maks} = displacement maksimum (meter), P = beban total disepanjang bentang (Kg), L = panjang bentang bersih (meter), E = modulus elastisitas beton 29725 Mpa (SK SNI T – 15 – 1991 – 03), I = momen inersia (m⁴), k = kekakuan pada balok (kg/m).

METODE

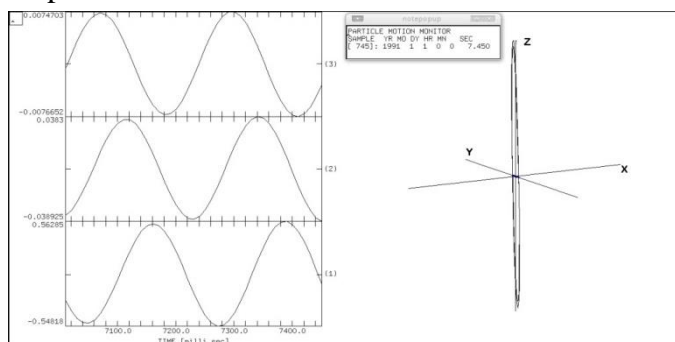
Pengambilan data dilakukan di Jembatan Bantar III Kali Progo Yogyakarta. Jembatan ini merupakan jembatan beton prategang dengan panjang 224,4 meter yang terbagi menjadi enam bentang. Bentang I sepanjang 30,60 meter, Bentang II sepanjang 40,80 meter, Bentang III sepanjang 40,80 meter, Bentang IV sepanjang 40,80 meter, Bentang V sepanjang 40,80 meter dan Bentang VI sepanjang 40,80 meter. 30,80 meter. Pada setiap bagian dilakukan perekaman getaran sebanyak dua kali yaitu pada sisi kiri dan kanan jembatan, dan akselerometer ditempatkan tepat di tengah bagian yang menunjukkan penyimpangan terbesar.

Program PITSA adalah program pengolah sinyal mikrotremor yang berasal dari getaran jembatan. Tujuan dari pengolahan sinyal ini yaitu untuk mencari spektrum frekuensi jembatan, displacement vertikal maksimum getaran pada jembatan, dan gerak partikel (particle motion). Untuk mendapatkan nilai displacement, data yang sudah dibandpass kemudian diintegrasikan dua kali. Hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Displacement Jembatan yang dilalui Tronton

Untuk mengetahui arah gerakan partikel, maka dilakukan penggabungan tiga komponen yaitu: komponen arah tegak lurus jembatan (3), komponen sejajar jembatan (2), dan komponen vertikal dengan jembatan. Hasilnya seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Particle motion kendaraan yang melintasi jembatan

PEMBAHASAN

Displacement Vertikal Maksimum Jembatan

Berdasarkan data hasil teknis lapangan dan pengolahan data menggunakan program PITSA, diperoleh nilai perpindahan getaran vertikal maksimum, dan pergerakan partikel. Data-data hasil analisis menggunakan program PITSA yang didapatkan, selanjutnya disajikan dalam bentuk berupa Tabel. Displacement vertikal maksimum jembatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Displacement vertikal maksimum jembatan

Bentang Jembatan	Nama Titik	Displacement jembatan akibat kendaraan (mm)				
		Tronton	Bus	Truk	Mobil	Motor
I	1a	25,5	16,3	7,7	1,6	0,8
	1b	27,8	18,7	6,6	1,8	0,6
	2a	8,5	3,6	1,9	0,5	0,3

II	2b	8,0	5,1	2,9	0,7	0,3
	3a	6,8	5,4	2,6	1,2	0,4
III	3b	9,6	8,7	4,6	0,7	0,2
	4a	10,2	9,5	3,8	0,6	0,3
IV	4b	10,5	5,8	3,1	0,5	0,1
	5a	20,5	10,5	6,6	2,5	0,3
V	5b	4,5	3,8	1,9	0,6	0,3
	6a	18,8	15,1	8,9	1,6	0,9
VI	6b	29,2	15,3	6,5	2,9	1,1

Tabel 2 merupakan Tabel displacement vertikal maksimum jembatan yang diakibatkan oleh beban kendaraan yang diambil dari komponen vertikal. Dari Tabel tersebut terlihat nilai displacement vertikal maksimum getaran terbesar terdapat pada kendaraan Tronton dan displacement vertikal maksimum getaran terkecil pada kendaraan motor. Nilai displacement vertikal maksimum getaran kendaraan Tronton berdasarkan Tabel 2 pada bentang I (titik 1a, titik 1b) sebesar 25,5 mm, 27,8 mm, bentang II (titik 2a, titik 2b) sebesar 8,5 mm, 8,0 mm, bentang III (titik 3a, titik 3b) sebesar 6,8 mm, 9,6 mm, bentang IV (titik 4a, titik 4b) sebesar 10,2 mm, 10,5 mm, bentang V (titik 5a, titik 5b) sebesar 20,5 mm, 4,5 mm, bentang VI (titik 6a, titik 6b) sebesar 18,8 mm, 29,2 mm. Sedangkan nilai displacement vertikal maksimum getaran kendaraan motor bentang I (titik 1a, titik 1b) sebesar 0,8 mm, 0,6 mm, bentang II (titik 2a, titik 2b) sebesar 0,3 mm, 0,3 mm, bentang III (titik 3a, titik 3b) sebesar 0,4 mm, 0,2 mm, bentang IV (titik 4a, titik 4b) sebesar 0,3 mm, 0,1 mm, bentang V (titik 5a, titik 5b) sebesar 0,3 mm, 3 mm, bentang VI (titik 6a, titik 6b) sebesar 0,9 mm, 1,1 mm.

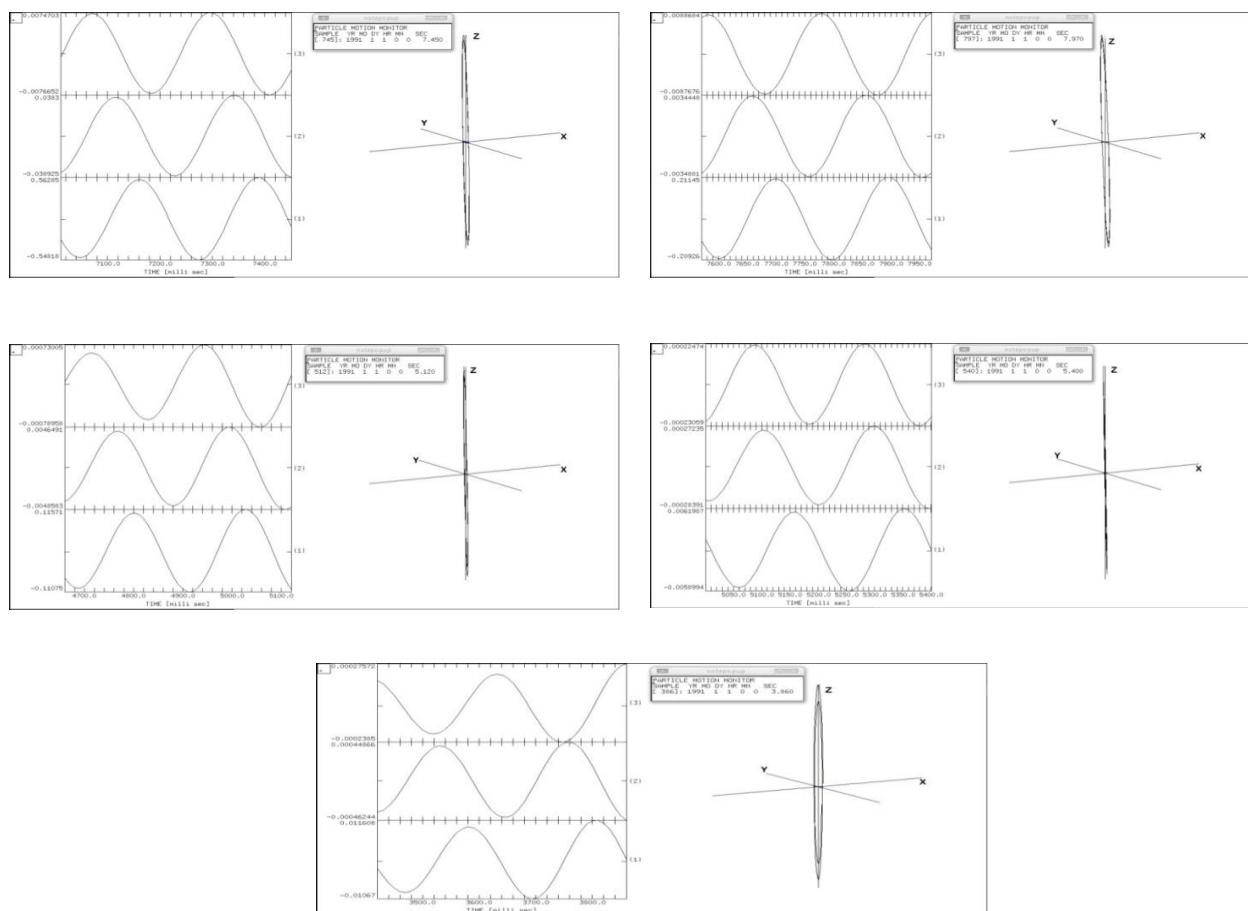
Tabel 3: Perbandingan displacement jembatan akibat beban kendaraan dan displacement maksimum yang diizinkan

Bentang Jembatan	Displacement jembatan akibat beban kendaraan (mm)	Displacement maksimum yang diizinkan (mm)
I	27,8	127,5
II	8,5	
III	9,6	170
IV	10,5	
V	20,5	
VI	29,2	127,5

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai displacement vertikal maksimum getaran yang diakibatkan oleh beban kendaraan yang terbesar terdapat pada bentang I, V, VI dan terkecil pada bentang II, III, IV. Dari Tabel tersebut juga terlihat bahwa hasil perhitungan displacement maksimum yang diizinkan (SNI 2002) masih lebih besar dari pada displacement vertikal maksimum getaran secara eksperimen, yang berarti bahwa kemampuan menahan beban luar sesaat (kendaraan) pada struktur jembatan yang melintasi jembatan.

Gerakan Partikel (particle motion)

Pergerakan partikel (particle motion) berbagai kendaraan (Tronton, Bus, Truk, Mobil, Motor) ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3: Particle motion (a) kendaraan Tronton (b) kendaraan Truk (c) kendaraan Bus (d) kendaraan Mobil (e) kendaraan Motor
 Gambar 3 memperlihatkan arah pergerakan partikel jembatan

yang dilalui kendaraan ((a) kendaraan Tronton (b) kendaraan Truk (c) kendaraan Bus (d) kendaraan Mobil (e) kendaraan Motor) komponen tegak lurus jembatan (3), komponen sejajar jembatan (2), dan komponen vertikal jembatan (1) hasilnya vertikal dengan jembatan. Arah pergerakan partikel (particle motion) getaran jembatan yang dilalui kendaraan pada umumnya berarah naik turun (vertikal). Menurut Maulidiya, S., & Rusli, R., 2017 analisa gerakan partikel (*particle motion*) pada jembatan selalu bergerak secara vertikal maupun secara NS-EW.

KESIMPULAN

Besarnya nilai displacement vertikal makisimum getaran di jembatan (secara eksperimen) antara 8,5 mm – 29,2 mm, sedangkan displacement maksimum jembatan yang diizinkan SNI 2002 (secara teori) sebesar 127,5 mm – 170 mm. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa nilai displacement vertikal maksimum getaran lebih kecil daripada displacement maksimum yang diizinkan SNI 2002 (secara teori), yang berarti bahwa struktur jembatan masih mampu menahan beban luar sesaat (kendaraan) yang melintasi jembatan. Arah pergerakan partikel

(particle motion) getaran jembatan yang dilalui kendaraan pada umumnya berarah naik turun (vertikal).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002, Bandung.
- Demulawa, M., Setiawan, D. G. E., 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.
- Nawy, E.G., 2001, Beton Prategang Jilid 2, (diterjemahkan Bambang Suryoatmono), Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Maulidiya, S., & Rusli, R. (2017). Penentuan frekuensi natural dan arah pergerakan gelombang (studi kasus: jembatan soekarno hatta kota malang). *Jurnal MIPA*, 6(1), 1-7.
- Purba, H. L. (2014). Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(4), 710-717.
- Ramadhan, A. R., Naibaho, P. R. T., & Sembiring, K. (2022). Analisis Displacement Dan Partisipasi Massa Struktur Jembata Terhadap Beban Gempa (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Jalan TOL Ruas Besuki-Asembagus). *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(12), 3285-3294.