

# STUDI PERILAKU STRUKTUR JEMBATAN PEJALAN KAKI AKIBAT BEBAN STATIS DAN DINAMIS DARI BEBAN MANUSIA BERJALAN

Fauzi Alantia dan Endah Wahyuni

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: endah@ce.its.ac.id

**Abstrak**— Perencanaan Jembatan Pejalan Kaki di Indonesia dengan pedoman SNI hanya memperhitungkan beban hidup sebagai beban statis, bukan beban dinamis. Apabila beban manusia tersebut tidak dipertimbangkan sebagai beban dinamis maka dapat menjadi penyebab kegagalan struktur. Karena alasan itu, Studi beban dinamis pada jembatan pejalan kaki menggunakan British Standard (BS5400-2 2006).

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh beban manusia bergerak pada struktur Jembatan Pejalan kaki (Jembatan Gantung). Dalam studi ini dilakukan pemilihan model beban akibat manusia bergerak dari literature yang ada (Ellis, 2004). Dalam penelitian ini model beban manusia adalah beban manusia individu dan berkelompok. Dengan menggunakan software SAP2000, pembebanan ini akan dihitung secara dinamis, sehingga akibat beban manusia sebagai beban dinamis akan menghasilkan getaran vertikal dan horizontal pada struktur.

Untuk mode pertama dari struktur Jembatan pejalan kaki didominasi oleh arah horizontal dengan frekuensi alami 1.73 Hz, yang mana telah memenuhi ketentuan British Standard (BS5400-2 2006) serta dari hasil analisa diketahui pula bahwa tidak terjadi resonansi pada struktur jembatan akibat beban manusia berjalan. Lentutan maksimum pada Jembatan akibat manusia berjalan secara individual adalah sebesar -3,4 mm (waktu tempuh 22 s), lentutan maksimum pada Jembatan akibat manusia berjalan secara berkelompok adalah sebesar -35,7 mm (waktu tempuh 34 s), sedangkan lentutan maksimum pada Jembatan akibat beban hidup merata sebesar 500 kg/m<sup>2</sup> adalah -103. Ketiga nilai ini lebih rendah daripada nilai ijin lentutan pada jembatan yaitu sebesar 120 mm. Lentutan jembatan gantung akibat beban statis tersebut lebih besar daripada lentutan akibat beban dinamis.

**Kata Kunci:** Jembatan Pejalan Kaki, Beban Dinamis, Manusia Berjalan, Jembatan Gantung

## I. PENDAHULUAN

**T**RANSPORTASI merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Terdapat hubungan erat antara transportasi dengan jangkauan dan lokasi kegiatan manusia, barang-barang dan jasa. Dalam kaitan dengan kehidupan manusia, transportasi memiliki peranan signifikan dalam aspek aspek sosial, ekonomi, lingkungan, politik dan pertahanan keamanan. Dalam aspek perekonomian, transportasi mempunyai pengaruh yang besar. Bahkan data menunjukkan salah satu kendala yang dihadapi dalam kalangan industri adalah sektor transportasi (Oktaviani, 2012).

Dalam Tugas akhir ini penulis akan melakukan studi tentang Jembatan Gantung (*suspensions bridge*), jenis jembatan ini dianggap sebagai desain yang efisien yang sering di pakai di negara negara berkembang seperti Indonesia yang memiliki banyak ngarai yang cocok untuk jenis jembatan seperti ini (Daniels, 2009). Keuntungan jembatan ini dapat dibuat bentang lebih panjang tanpa pilar ditengah, tetapi struktur jembatan ini mempunyai kelemahan yaitu rentan/sensitif terhadap getaran, goyangan akibat beban dinamis dan angin.

Perencanaan Jembatan Pejalan Kaki biasanya menggunakan prinsip yang sama dengan jembatan untuk kendaraan. Perbedaannya jembatan ini biasanya lebih ringan dari jembatan kendaraan, pada desain Jembatan Pejalan Kaki biasanya mempertimbangkan getaran dan efek dinamik dari penggunaannya, pengguna disini adalah manusia itu sendiri, yang diasumsikan sebagai beban hidup yang bergerak, sehingga pada kondisi tertentu ketika sekumpulan manusia yang melakukan aktifitas seperti bersorak dengan irama tertentu, melakukan olah raga seperti senam, berjalan bersamaan dan berlari dengan kecepatan tertentu akan mengakibatkan terjadinya getaran pada struktur (Ellis, 2004; Brownjohn, 2007).

Permasalahan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model beban dinamis struktur jembatan pejalan kaki tersebut.
2. Berapa nilai frekuensi alami dan response struktur jembatan pejalan kaki tersebut akibat beban dinamis manusia dengan mengacu British Standard.
3. Bagaimana perilaku jembatan pejalan kaki yang mengalami getaran akibat beban dinamis manusia.
4. Bagaimana model yang menyebabkan jembatan mencapai kondisi kritis.

Dengan terbatasnya waktu penelitian, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Beban manusia bergerak dimodelkan dalam model beban yang diperoleh berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya.
2. Hanya dilakukan studi numerik dengan bantuan software SAP2000.
3. Jembatan yang dianalisa diambil dari Jembatan Gantung Kecamatan Silih Nara Kabupaten Aceh Tengah.



4. Jembatan yang diteliti adalah jembatan pejalan kaki dengan satu bentang, seperti yang banyak ditemui sebagai struktur jembatan gantung di Indonesia.
5. Tidak membahas tentang pondasi jembatan.
6. Beban dinamis yang digunakan adalah beban dinamis manusia berjalan.
7. Beban yang dipakai adalah beban akibat banyak orang yang berjalan pada jembatan penyeberangan dengan waktu dan lintasan yang bervariasi.

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk memperhitungkan beban hidup manusia bergerak pada perencanaan jembatan penyeberangan orang. Tujuan rinci dari studi ini bisa diuraikan sebagai berikut:

1. Mengkaji perilaku beban dinamis pada jembatan pejalan kaki.
2. Mengetahui nilai frekuensi alami struktur dengan British Standart.
3. Mengkaji perilaku Jembatan gantung yang mengalami getaran yang disebabkan oleh beban dinamis manusia.
4. Mengetahui model beban yang menyebabkan jembatan mencapai kondisi kritis.

Studi ini diharapkan mempunyai manfaat sebagai langkah awal untuk menciptakan jembatan penyeberangan orang yang aman dan nyaman dengan melakukan studi perilaku dinamis struktur Jembatan Pejalan kaki. Dengan adanya jembatan penyeberangan yang dianalisa dan didesain dari semua beban yang memungkinkan terjadi pada struktur tersebut, maka diharapkan tidak ada kekuatiran lagi adanya jembatan yang runtuh.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Umum

British Standard BS 5400 (BSI, 1978) adalah standard yang pertama kali memperhatikan kemungkinan masalah vibrasi pada jembatan. Ide ini kemudian banyak diadopsi di beberapa kode, dan tahun 1989, International Standardization Organization mengeluarkan standard ISO 2631-2 (1989) yang meliputi beberapa lingkup vibrasi pada bangunan yang kemudian diadopsi dengan British Standard. Standard tersebut membatasi kecepatan untuk vibrasi-vibrasi sebagai fungsi waktu dan frekuensi, baik arah longitudinal maupun transversal dari manusia berdiri, duduk dan posisi tidur (Wahyuni, 2012).

### B. Getaran Bebas (Free Vibration)

#### 1. Getaran Bebas Tak Teredam

Jika Sistem tak-teredam, yaitu jika  $c = 0$ , maka persamaan dinamik getaran bebas tanpa redaman adalah :

$$m\ddot{u} + k u = 0$$

dimana :

$m$  = massa struktur

$k$  = kekakuan lateral

$u$  = peralihan lateral

Karena struktur bergetar bebas, maka dalam persamaan diatas, pada suku sebelah kanan tidak ada gaya luar yang tergantung waktu yaitu  $p(t)$ .

Solusi umum persamaan getaran bebas adalah :

$$u = A \cos \omega_n t + B \sin \omega_n t$$

$$\dot{u} = -A \sin \omega_n t + B \cos \omega_n t$$

Gangguan awal berupa  $u(0)$  pada saat  $t=0$  dan  $\dot{u}(0)$  pada saat  $t=0$ . Dari persamaan diatas jika dimasukkan syarat awal tersebut maka didapat koefisien A dan B yaitu :

$$A = u(0) \quad B = \frac{\dot{u}(0)}{\omega_n}$$

sehingga respon getaran bebas adalah :

$$u(t) = u(0) \cos \omega_n t + \frac{\dot{u}(0)}{\omega_n} \sin \omega_n t$$

$$\dot{u}(t) = \frac{d[u(t)]}{dt} \quad \ddot{u}(t) = \frac{d[\dot{u}(t)]}{dt} = \frac{d^2[u(t)]}{dt^2}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \left[ \frac{rad}{sec} \right]$$

Waktu yang diperlukan oleh sistem untuk melakukan satu kali getaran disebut periode getar alami  $T_n$  (*natural period of vibration*) dan berhubungan dengan frekuensi getar alami  $f_n$ . Periode getar alami dinyatakan sebagai berikut :

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega_n} (dt)$$

jumlah getaran yang dilakukan setiap detiknya disebut frekuensi  $f_n$  (*natural cyclic frequency*), dinyatakan sebagai berikut :

$$f_n = \frac{1}{T_n} \left[ \frac{Hz}{sec} \right] \quad f_n = \frac{\omega_n}{2\pi}$$

#### 2. Getaran Bebas Teredam

persamaan dinamik getaran bebas dengan redaman adalah :

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = 0$$

dibagi dengan  $m$ , maka :

$$\ddot{u} + 2\zeta \omega_n \dot{u} + \omega_n^2 u = 0$$

$$\text{Dimana } \omega_n = \sqrt{k/m}$$

Dengan mencari (*damping ratio*) atau perbandingan redam  $\zeta$ , dengan rumus sebagai berikut :

$$\zeta = \frac{c}{2m\omega_n} = \frac{c}{c_{cr}}$$

maka didapatkan koefisien peredaman kritis (*Critical damping coefficient*).

$$c_{cr} = 2m\omega_n = 2\sqrt{km} = \frac{2k}{\omega_n}$$

Redaman dalam jumlah yang sedang mempunyai pengaruh yang kecil pada frekuensi natural dan dapat diabaikan dalam perhitungannya. Kemudian sistem dapat dianggap sebagai sistem konservatif dan prinsip kekekalan energi memberikan pendekatan lain untuk menghitung frekuensi natural. Pengaruh redaman sangat jelas pada berkurangnya amplitudo getaran terhadap waktu. (1)

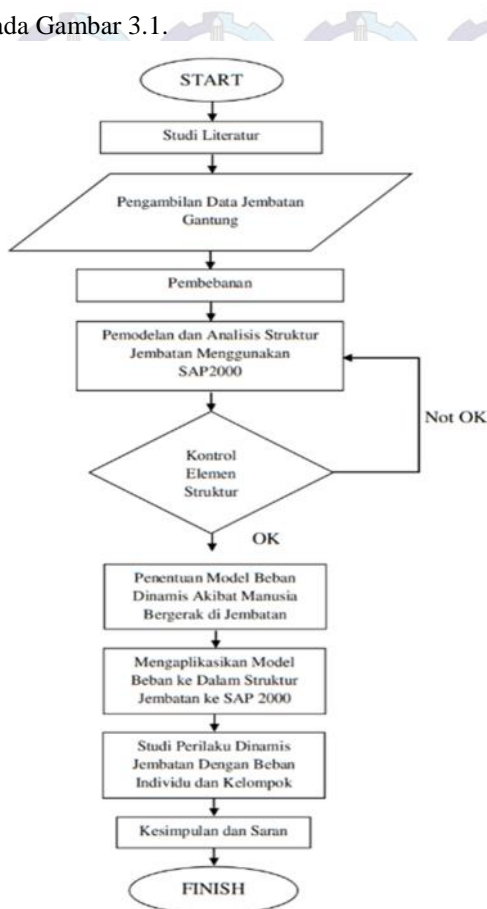
## III. METODOLOGI

### A. Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Penyelesaian tugas akhir dengan judul “*Studi Perilaku Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Statis Ataupun Dinamis Dari Beban Manusia Berjalan*” dapat



dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan alir pengerjaan tugas akhir

**B. Rancangan Studi**

Rancangan studi ini meliputi yang pertama adalah melakukan studi tentang beban dinamis manusia pada struktur jembatan penyeberangan berdasarkan penelitian sebelumnya dan jurnal yang membahas tentang pengaruh beban dinamis manusia terhadap struktur jembatan penyeberangan.

Tahapan yang kedua adalah mengumpulkan data – data eksisting gantung yang berada Kecamatan Silih Nara Kabupaten Aceh Tengah. Tipe struktur jembatan yang digunakan adalah jembatan gantung untuk pejalan kaki.

Setelah data terkumpul, tahapan ketiga adalah memodelkan struktur jembatan penyeberangan dengan menggunakan program SAP2000. dengan menganalisa pemodelan strkktur jembatan dapat diketahui *free vibration* (getaran bebas) dari struktur jembatan.

Tahap Keempat adalah pembuatan pemodelan manusia berjalan sebagai beban dinamis pada struktur yang didapatkan dari studi literatur dan penelitian pendahuluan yang sudah dilakukan pengusul. Model beban dianamis manusia berupa model individu dan kelompok. (Ellis, 2004) telah memodelkan beban individu dengan persamaan:

$$F(t) = G \left( 1 + \sum_{n=1}^l r_n \sin(2\pi f_n t + W_n) \right)$$

Dimana :

F (t) = waktu variasi beban

G = berat individu

- $n$  = jumlah masa Fourier
- $r_n$  = koefisien Fourier (atau dinamis load factor)
- $f_n$  = siklik frekuensi
- $W_n$  = fase lag

Setelah pembuatan pemodelan beban secara matematis maka rancangan penelitian kelima adalah melakukan analisa modal dari struktur jembatan penyeberangan dengan menggunakan software *finite element analisis* SAP 2000. *Mode shape* dan *natural frequency* dari jembatan tersebut akan dikaji sehingga dapat diperoleh batasan nilai frekuensi alami pada jembatan tersebut. Batasan ini berhubungan dengan frekuensi beban manusia yang bergerak, dimana pada batasan frekuensi tertentu manusia akan mengalami kesulitan melakukan pergerakan, dengan melihat batasan, perencana akan mengetahui apakah frekuensi alami strukturnya berada pada batasan dimana struktur yang dibuat tersebut akan mengalami atau tidak mengalami resonansi.

Setelah mengetahui model beban dan kelakuan alami jembatan penyeberangan, maka dibuat rancangan penelitian keenam adalah melakukan uji secara numerik dari model beban yang diaplikasikan pada jembatan-jembatan yang telah dianalisa sebelumnya. Dari rancangan keenam ini akan diketahui perilaku dinamis dari struktur jembatan penyeberangan orang, akibat beban dinamis manusia.

**IV. PERENCANAAN DAN KONTROL STRUKTUR JEMBATAN PEJALAN KAKI**

**A. Data-Data Perencanaan**

Dalam Tugas akhir ini akan dilakukan analisa keakuan dinamis struktur jembatan pejalan kaki. Namun sebelum melakukan analisa kelakuan dinamis struktur jembatan, dilakukan terlebih dahulu *check design* struktur jembatan gantung. Karena apabila ada pada perencanaan sebelumnya ada suatu kesalahan, maka akan mempengaruhi pada analisa numeriknya. Maka dari itu terlebih dahulu dilakukan *check design* terhadap struktur jembatan gantung.

**B. Data-Data Teknis**

Konstruksi Jembatan yang akan dicek adalah konstruksi jembatan gantung :

Jembatan Pejalan Kaki

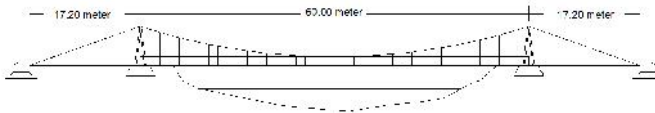
- Nama Jembatan : Jembatan Gantung Tanjung
- Lokasi : Kecamatan Silih Nara, Kabupaten Aceh Tengah
- Tipe Jembatan : Jembatan Gantung
- Fungsi : Akses pejalan kaki untuk menyebrangi sungai
- Panjang Total : 60 m, terdiri dari 1 bentang.
- Lebar Total : 1,7 m

Spesifikasi Jembatan Gantung

- Mutu Baja : BJ 37
- Kayu : Kelas I
- Pelat lantai : Papan 50 mm x 250 mm x 1700 mm
- Balok Memanjang : UNP 80.45.6
- Balok Melintang : UNP 80.45.6



- Hanger : 5/8"
- Wire Rope : Kabel Baja  $\varnothing 32$
- Pylon : UNP 240



Gambar 4.1 Potongan Memanjang Jembatan

C. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur jembatan pejalan kaki menggunakan software bantuan SAP2000 untuk mengetahui perilaku struktur jembatan.

D. Cek Desain Struktur Jembatan Pejalan Kaki

Jembatan ini terbentuk dari beberapa komponen struktur yang memiliki fungsi yang berbeda. Elemen balok melintang, besi penggantung, ikatan angin, wire rope, pylon menjadi struktur primer yang berfungsi menahan beban strukturnya sendiri dan beban luar, sedangkan struktur lain seperti pelat lantai dan balok memanjang disebut struktur sekunder.

E. Tahapan Pembebanan Dalam Analisa Struktur

Dalam perancangan struktur ini beban yang bekerja pada sistim struktur jembatan tersebut harus didasarkan atas pertimbangan - pertimbangan sebagai berikut :

- Pembebanan dan kombinasi pembebanan
- Penentuan sistem struktur

V. ANALISA DINAMIS STRUKTUR

A. Natural Frekuensi

Suatu struktur akan mengalami resonansi atau tidak. Suatu struktur akan mengalami resonansi apabila frekuensi beban yang diterima struktur mendekati atau sama dengan frekuensi alaminya. Biasanya, pada 3 atau 4 pertama yang dipertimbangkan berpotensi resonansi (Wahyuni, 2012). Frekuensi alami pertama berkisar antara 3 – 4Hz untuk getaran horizontal. Seperti disebutkan pada nilai diatas, frekuensi alami pada jembatan adalah dibawah 5Hz pada getaran vertikal dan 1,5Hz untuk arah horizontal, dengan demikian sebaiknya di check pada kemampuan penggunaan getaran seperti disebutkan pada British Standard (BS5400-2 2006).

B. Mode Shape (Bentuk Model)

Pada umumnya sebuah struktur jembatan bisa memiliki 3 macam model getaran inti yaitu horizontal, torsi dan vertikal. Dari modal analysis diperoleh bentuk pada tiap - tiap mode dari struktur yang dianalisis. Gambar mode 1 dari jembatan pejalan kaki gantung dapat dilihat pada Gambar 5.1. pada Tugas Akhir penulis.

C. Beban Manusia

Pejalan kaki mempengaruhi beban yang terjadi akibat adanya aktifitas pada struktur Jembatan Pejalan Kaki, khususnya berjalan. Beban dalam kaitannya dengan berjalan dapat diwakili dengan suatu deret fourier dengan koefisien

frekuensi yang terpisah. Fungsi tekanan dalam kaitannya dengan rytme tubuh seseorang dapat dijelaskan menggunakan suatu deret fourier.

$$F(t) = G \left( 1 + \sum_{n=1}^I r_n \sin(2n\pi f t + W_n) \right)$$

- Dimana,
- G = Beban mati dari pejalan kaki (800N)
- $r_n$  = Koefisien Fourier dari i-th yang harmoni
- $f_n$  = frekuensi tingkat aktivitas  $1/T_p$  (Hz)
- t = waktu (s)
- $\phi_n$  = sudut fase i-th yang harmoni
- I = nomor dari i-th yang harmoni
- n = total nomor harmoni.

Pada Tugas akhir ini dianalisa beban dinamis akibat beban manusia berjalan. Menurut aktifitasnya manusia berjalan dibagi menjadi berjalan normal, berjalan sedang dan berjalan cepat. Pada studi ini akan dianalisa mengenai aktifitas manusia berjalan normal. Tabel 5.2 menjelaskan sepuluh nilai koefisien fourier dan sudut fase yang Pertama, untuk beban berjalan normal ( $T_p = 0,6$  s), El-Dardiry (2003).

Tabel 5.2 Sepuluh Koefisien Fourier dan Sudut Fase Pertama

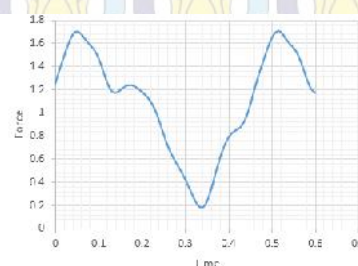
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$r_n$	0.585731	0.168027	0.097902	0.0594	0.034773	0.021061	0.013486	0.009109	0.006444	0.00474
$\phi_n$	19.91	-17.53	-45.06	-76.72	-87.68	-93.15	-96.26	-98	-98.85	-99.06

Dengan memasukan koefisien yang telah didapatkan dari Tabel 5.2 kedalam persamaan diatas, maka didapatkan nilai F(t) untuk 0,60 detik pertama yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan nilainya, dapat ditunjukkan pada Tabel 5.3. grafik yang menunjukkan F(t) didasarkan pada fungsi waktu selama 0,6 detik tersebut dimasukan dalam SAP2000 sebagai beban dinamis manusia berjalan normal.

Tabel 5.3 F (t) Berdasarkan Fungsi Waktu

Time	Force	Time	Force	Time	Force
0	1.2511	0.21	1.146	0.42	0.858
0.01	1.373	0.22	1.1	0.43	0.89
0.02	1.484	0.23	1.03	0.44	0.96
0.03	1.59	0.24	0.932	0.45	1.074
0.04	1.672	0.25	0.818	0.46	1.21
0.05	1.703	0.26	0.714	0.47	1.34
0.06	1.68	0.27	0.631	0.48	1.45
0.07	1.632	0.28	0.564	0.49	1.56
0.08	1.587	0.29	0.499	0.5	1.65
0.09	1.543	0.3	0.427	0.51	1.7
0.1	1.473	0.31	0.347	0.52	1.7
0.11	1.37	0.32	0.265	0.53	1.65
0.12	1.261	0.33	0.202	0.54	1.6
0.13	1.19	0.34	0.187	0.55	1.56
0.14	1.174	0.35	0.238	0.56	1.5
0.15	1.196	0.36	0.348	0.57	1.405
0.16	1.225	0.37	0.484	0.58	1.294
0.17	1.241	0.38	0.613	0.59	1.208
0.18	1.235	0.39	0.718	0.6	1.174
0.19	1.212	0.4	0.792		
0.2	1.181	0.41	0.835		

Berdasarkan Tabel 5.3, dapat ditarik suatu grafik yang menunjukkan F(t) didasarkan pada fungsi waktu selama 0,6 s.





Gambar 5.1 Grafik F (t) Berdasarkan Fungsi Waktu 0.6s

Setelah mengetahui fungsi dari beban berjalan normal, dibuat model beban berjalan manusia dengan program bantu SAP 2000. Dengan bantuan Bridge – Vehicle, beban manusia di transformasikan menjadi beban terpusat yang berjalan dengan berat massa 800N.

D. Frekuensi Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Dinamis Manusia

Nilai frekuensi struktur Jembatan akibat beban dinamis dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut :

Tabel 5.4 Perbandingan Nilai Frekuensi Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Individual Dengan Frekuensi Alami

Jarak (m)	Frekuensi (Hz) Jembatan Gantung	Frekuensi Alami (Hz) Jembatan Gantung	fDinamis/fAlami
3	0.505	1.730	0.292
6	0.675		0.390
9	0.720		0.416
12	0.620		0.358
15	0.685		0.396
18	0.540		0.312
21	0.640		0.370
24	0.720		0.416
27	0.640		0.370
30	0.520		0.301

Tabel 5.5 Perbandingan Nilai Frekuensi Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Berkelompok Dengan Frekuensi Alami

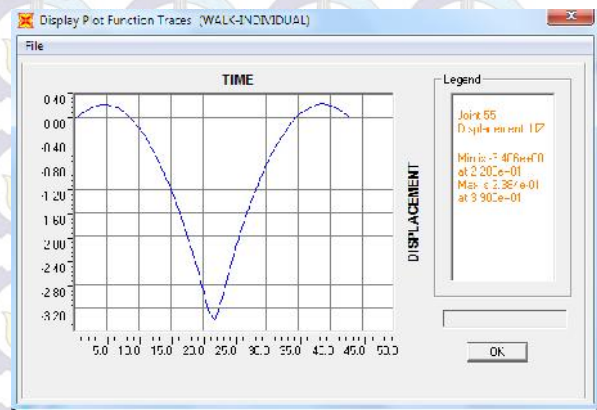
Jarak (m)	Frekuensi (Hz) Jembatan Gantung	Frekuensi Alami (Hz) Jembatan Gantung	fDinamis/fAlami
3	1.200	1.730	0.694
6	0.710		0.410
9	0.720		0.416
12	0.700		0.405
15	0.834		0.482
18	0.450		0.260
21	0.510		0.295
24	0.900		0.520
27	0.566		0.327
30	0.720		0.416

Beban dinamis manusia dianalisa berjalan tiap 3 m pada Jembatan Pejalan Kaki seperti ditunjukkan pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5, karena struktur jembatan simetris pemodelan beban berjalan ditinjau hingga jarak 30 m. Struktur Jembatan akan mengalami resonansi ketika frekuensi akibat beban dinamis manusia mendekati frekuensi alami dari struktur Jembatan tersebut.

E. Displacement Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Dinamis Manusia

1. Displacement Akibat Beban Manusia Berjalan Individual

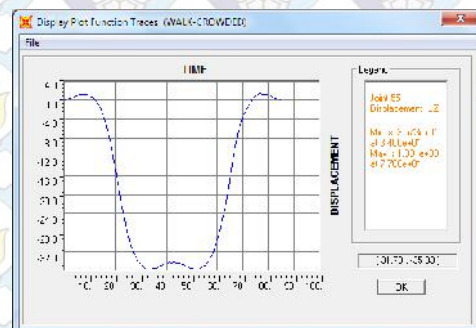
Beban manusia di transformasikan menjadi beban terpusat yang berjalan dengan berat massa 800N , pada kondisi ini manusia berjalan secara individual melintasi jembatan 0 m - 60 m. Untuk mengetahui displacement maksimum jembatan akibat kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Individual

2. Displacement Akibat Beban Manusia Berjalan Berkelompok

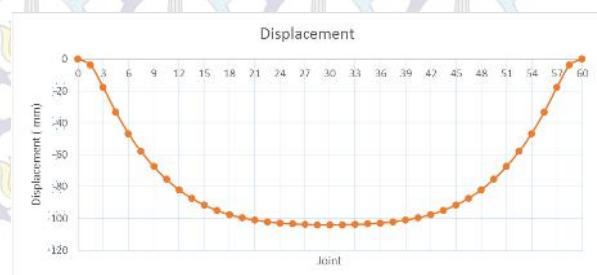
Beban manusia di transformasikan menjadi beban terpusat yang berjalan dengan berat massa 800N, pada kondisi ini manusia berjalan secara berkelompok melintasi jembatan 0m - 60m dari kedua arah jembatan sebanyak 21 orang (total 42 orang). Artinya dalam hal ini ketika seluruh beban manusia memenuhi jembatan maka  $42 \times 800N = 33600 N$  / luas jembatan yang dibebani,  $1,2 m \times 60 m = 72 m^2$ , maka beban yang terjadi sebesar  $480 N/m^2$  atau  $48 Kg/m^2$ . Untuk mengetahui displacement maksimum jembatan akibat kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Berkelompok

3. Displacement Akibat Beban Hidup Merata Sebesar 500 Kg/m<sup>2</sup>

Pada kondisi ini beban dimodelkan merata pada lantai jembatan sebesar  $500 kg/m^2$ . Untuk mengetahui displacement maksimum jembatan akibat kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Berat Sendiri dan Hidup Merata sebesar 500 kg/m<sup>2</sup>



## VI. KESIMPULAN

Untuk bentuk getaran dari mode pertama, struktur Jembatan Pejalan Kaki didominasi oleh bentuk getaran Horizontal dengan frekuensi 1,73 Hz. Frekuensi jembatan pejalan kaki akibat beban dinamis manusia berjalan adalah kurang dari 1 sehingga jembatan tersebut tidak mengalami resonansi.

Lendutan maksimum pada Jembatan akibat manusia berjalan secara individual adalah sebesar -3,4 mm (waktu tempuh 22 s), lendutan maksimum pada Jembatan akibat manusia berjalan secara berkelompok adalah sebesar -35,7 mm (waktu tempuh 34 s), sedangkan lendutan maksimum pada Jembatan akibat beban hidup merata sebesar 500 kg/m<sup>2</sup> adalah -103. Ketiga nilai ini lebih rendah daripada nilai ijin lendutan pada jembatan yaitu sebesar 120 mm. Lendutan jembatan gantung akibat beban statis tersebut lebih besar daripada lendutan akibat beban dinamis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. British Standart, 2006, "*Steel, Concrete and Composite Bridge*", UMIST, Manchester, UK.
- [2]. Chopra, Anil. "*Dynamic of Structures*", (2007). United States of America: Pearson Prentice Hall.
- [3]. Ellis, B. R. and T. Ji (2004). "*Load generated by jumping crowds: numerical modelling.*" *The Structural Engineering* 82(17) :35-40.
- [4]. Satria, Adi (2012). "Studi perilaku Dinamis Struktur Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Akibat Manusia Bergerak" Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5]. Wahyuni, E (2012). " Studi Kelakuan Dinamis Struktur Jembatan penyebrangan Orang (JPO) Akibat Beban Individual Manusia Bergerak." *Jurnal Teknik Sipil* .