

**ANALISIS KEMAMPUAN LAYAN JEMBATAN RANGKA BAJA
SOEKARNO – HATTA MALANG DITINJAU DARI ASPEK GETARAN,
LENDUTAN DAN USIA FATIK**

Sarjono Anwar Ardhi, Tri Cahyo Utomo, Ari Wibowo, Indradi Wijatmiko

Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

e-mail: sarjonoanwarardhi@gmail.com

ABSTRAK

Dalam perencanaan berdasarkan batas layan (PBL), beberapa hal yang perlu dievaluasi untuk mengetahui tingkat batas layan Jembatan Soekarno-Hatta: deformasi permanen dari komponen struktur jembatan, vibrasi yang terjadi sehingga menimbulkan instabilitas struktural, bahaya permanen termasuk korosi dan fatik yang mengurangi kekuatan struktur dan umur layan jembatan. Ditinjau dari aspek getaran, dari penelitian didapatkan frekuensi natural aktual jembatan sebesar 2,184 Hz pada mode pertama, dan 3,325 Hz pada mode kedua, sedangkan frekuensi natural teoritis jembatan sebesar 3,479 Hz pada mode pertama dengan tingkat partisipasi sebesar 78,2 % arah sumbu y. Dari nilai frekuensi natural tersebut, kondisi jembatan dapat dievaluasi dalam 2 penilaian. Penilaian pertama berdasarkan besar penurunan kapasitas jembatan dengan kesimpulan bahwa Jembatan Soekarno-Hatta bentang 60 meter tergolong pada nilai kondisi buruk dengan jenis kerusakan berat/struktural (Drel: 37,22%; Dkap: 60,58%), pada penilaian kedua berdasarkan nilai perbedaan frekuensi Δf alami terukur dengan frekuensi alami teoritis, jembatan tergolong pada kondisi kurang dimana telah terjadi retak struktural (Δf : 1,295 Hz). Ditinjau dari aspek lendutan, jembatan sudah tidak memenuhi syarat. Karena lendutan statis atau lendutan yang terjadi dari kondisi awal jembatan setelah selesai dibangun hingga saat penelitian terakhir telah jauh melebihi syarat batas lendutan sebesar 6 cm dan telah terjadi lendutan permanen (Δ : 20,8 cm). Ditinjau dari aspek usia fatik, sisa usia fatik jembatan adalah 14,206 tahun, dan sudah jauh melewati batas usia fatiknya yang direncanakan hanya 25 tahun.

Kata Kunci : Jembatan Soekarno-Hatta Malang, Batas Layan, Getaran, Lendutan, Usia Fatik.

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan berdasarkan batas layan (PBL), ada beberapa hal yang perlu dievaluasi untuk mengetahui tingkat batas layan Jembatan Soekarno-Hatta:

1) Deformasi permanen dari komponen struktur jembatan, vibrasi yang terjadi sehingga menimbulkan instabilitas struktural,
2) Bahaya permanen termasuk korosi dan fatik yang mengurangi kekuatan struktur dan
3) Umur layan jembatan. Oleh karena itu penelitian mengenai batas layan jembatan sangat diperlukan.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disampaikan beberapa tujuan penelitian yaitu :

1. Mengetahui nilai frekuensi alami jembatan
2. Mengetahui usia fatik jembatan
3. Mengetahui lendutan aktual jembatan

4. Mengetahui tingkat kemampuan layan jembatan ditinjau dari aspek getaran, usia fatik dan lendutan.

KAJIAN PUSTAKA

Perencanaan Batas Layan

Perencanaan berdasarkan batas layan (PBL) dilakukan untuk mengantisipasi suatu kondisi batas layan, antara lain :

- a. Tegangan kerja dari suatu komponen struktur jembatan, yang melampaui nilai tegangan yang diijinkan, sehingga berpotensi mengakibatkan kelelahan pada komponen baja.
- b. Deformasi permanen dari komponen struktur jembatan, yang melampaui nilai deformasi ijinnya, atau hal-hal lain yang menyebabkan jembatan tidak layak pakai pada kondisi layan, atau hal-hal yang menyebabkan kekhawatiran umum

terhadap keamanan jembatan pada kondisi layan akibat beban kerja.

- c. Vibrasi / Getaran yang terjadi sehingga menimbulkan instabilitas atau kekhawatiran struktural lainnya terhadap keamanan jembatan pada kondisi layan.
- d. Bahaya permanen termasuk korosi dan fatik yang mengurangi kekuatan struktur dan umur layan jembatan.
- e. Bahaya banjir di daerah sekitar jembatan. (SNI T-03-2005, 2005)

Getaran

Sebagai ukuran relatif tingkat kerusakan digunakan rasio (k), yaitu perbedaan antara frekuensi alami terukur di lapangan dengan frekuensi alami teoritis terhadap frekuensi alami utuh jembatan.

$$D_{rel} = \frac{f_{terukur} - f_{teoritis}}{f_{teoritis}} \times 100\% \dots (1)$$

Untuk penurunan nilai kapasitas bangunan atas adalah sebagai berikut:

$$D_{kap} = \frac{(EI)_{teoritis} - (EI)_{aktual}}{(EI)_{teoritis}} \times 100\% \dots (2)$$

Dimana:

D_{kap} = nilai penurunan kapasitas

$(EI)_{teoritis}$ = kekakuan lentur teoritis [kN/m²]

$(EI)_{aktual}$ = kekakuan lentur aktual [kN/m²]

Untuk penilaian berdasarkan nilai perbedaan frekuensi Δf alami terukur dengan frekuensi alami teoritis, maka akan dapat dibuat kriteria penilaian, sebagai berikut:

Nilai $\Delta f \geq 1$ Hz → kondisi kurang (telah terjadi retak struktural)

Nilai $0,3 \leq \Delta f \leq 0,5$ Hz → kondisi cukup

Nilai $\Delta f \leq 0,3$ Hz → kondisi baik.

Penilaian (1) dan (2) diatas dapat dievaluasi dengan **tabel 1**.

Tabel 1 penilaian kondisi bangunan atas jembatan

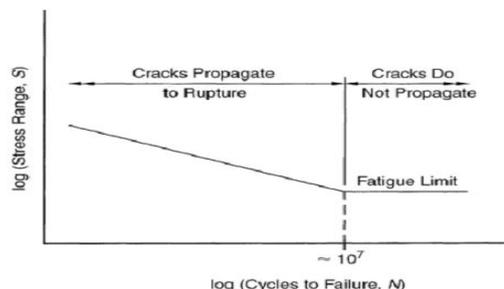
Nilai Kondisi	Jenis Kerusakan	Nilai Kerusakan Relatif D_{rel}	Nilai Penurunan Kapasitas D_{cap}
Baik	Utuh	0% - 5%	0%-10%
Cukup	Rusak ringan (non struktural)	6%-10%	11%-20%
Sedang	Rusak ringan (struktural)	11%-17%	21%-34%
Buruk	Rusak berat (struktural)	18%-20%	35%-40%

(sumber: Pt T-05-2002-B, 2002)

Fatik

Fatik atau kelelahan adalah kerusakan akibat fluktuasi tegangan berulang yang menuju pada retakan bertahap yang terjadi pada elemen struktural, dan merupakan faktor utama untuk batas layan jembatan baja. (John Leander, 2010)

Kekuatan fatik bukanlah konstanta material seperti tegangan leleh atau modulus elastisitas. Kekuatan fatik tergantung khususnya pada konfigurasi sambungan yang bersangkutan dan secara realistis hanya bisa didapatkan secara eksperimen. Hasil dari tes diplot dalam grafik log N (siklus) dan log S (jangkauan tegangan) seperti tampak pada Gambar 1. (Barker, 2007).



Gambar 1 Kurva S-N tipikal untuk sambungan las

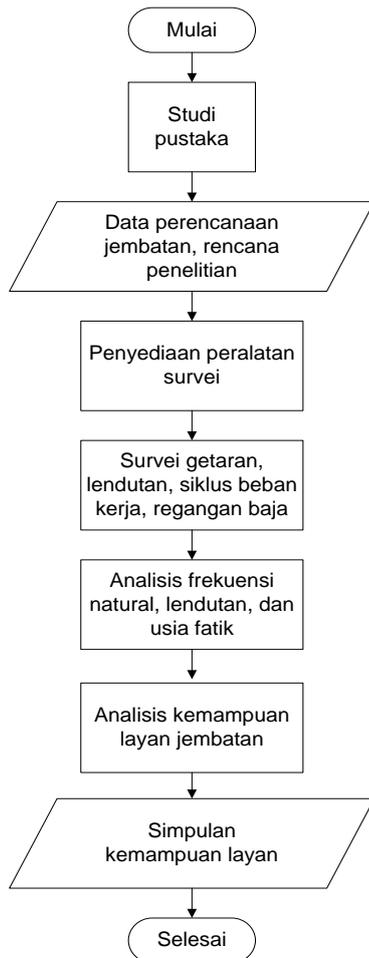
Lendutan

Lendutan adalah besar perpindahan antara struktur awal dan yang telah dibebani.

$$\delta = \frac{P \times L}{A \times E} \dots(3)$$

Lendutan sendiri memiliki ketentuan yaitu pada jembatan baja atau girder, desain lendutan akibat beban hidup dan *impact* tidak melebihi 1/800 panjang bentang. Kecuali pada jembatan pada daerah perkotaan yang sebagian jembatannya juga digunakan untuk pejalan kaki, maka lendutan tidak boleh melebihi 1/1000 panjang bentang (Xanthakos, 1994). Batas yang sama juga diberikan pada RSNI T-03-2005.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Sesuai dengan metodologi pada gambar 2, terdapat beberapa analisis, antara lain:

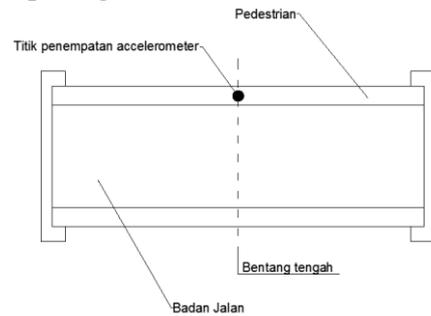
Analisis frekuensi natural yang dilakukan dengan 3 tahap sebagai berikut

A. Tahap Penyediaan Alat

Pengambilan data getaran dengan accelerometer.

B. Tahap Survei Lapangan

1. Perletakan *accelerometer* ditengah bentang jembatan, yang dijelaskan pada gambar 3



Gambar 3 Penempatan *Accelerometer* Pada Jembatan

2. Beberapa pembacaan dengan laju pembacaan 100 pembacaan/ detik menggunakan Iseismometer.

C. Tahap Analisis Data

1. Memindahkan data dari *accelerometer/Iseismometer* ke aplikasi pengolah angka.
2. Menganalisis data dari *accelerometer* menjadi data frekuensi natural dengan FFT (*fast fourier transform*).
3. Mengambil data simpulan mode yang terjadi.
4. Membandingkan dengan rumus untuk mengetahui nilai kerusakan relatif dan penurunan kapasitas jembatan.

Analisis lendutan dilakukan dengan langkah berikut:

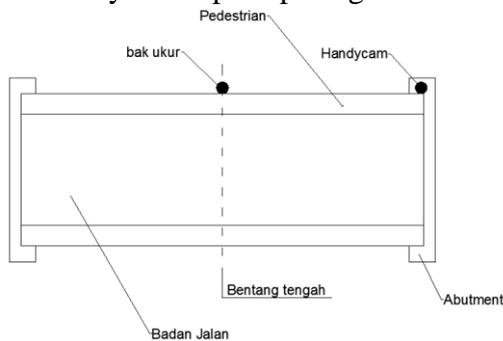
A. Tahap Penyediaan Alat

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian lendutan: *Handycam 60x optical zoom*, Tripod, Bak ukur.

B. Tahap Survei Lapangan

1. Merekam pergerakan bak ukur dengan *handycam* dari abutment.
2. Merekam kondisi lalu lintas

3. pengumpulan data lendutan dari tengah bentang yang direkam melalui handycam seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Perletakan alat pada jembatan

4. Tahap analisis data
 - a. Pembacaan lendutan dari hasil rekaman
 - b. Perhitungan lendutan teoritis
 - c. Penilaian lendutan jembatan berdasar syarat batas.

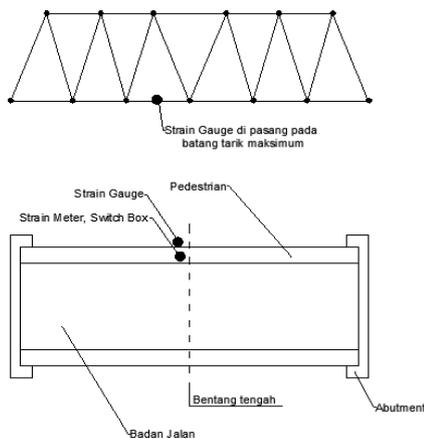
Analisis usia fatik dilakukan dengan langkah berikut:

A. Tahap Penyediaan Alat

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian usia fatik adalah *Handycam*, *Tripod*, *Strain gauge*, *Strain meter*, *Switchbox*.

B. Tahap Survei Lapangan

- 1 Pengumpulan data lalu lintas kendaraan dengan *Handycam*.
- 2 Pengumpulan data jangkauan regangan menggunakan *strain gauge* dan *strain meter* dengan perletakan seperti gambar 5.



Gambar 5 Peletakan *Strain Gauge*, *Strain Meter*, dan *Switch Box*

Tahap analisis data

1. Menganalisis banyaknya siklus kendaraan
2. Menghitung jangkauan tegangan
3. Menghitung usia fatik

HASIL PENELITIAN

Getaran

Dengan hasil penelitian yang telah diolah dengan menggunakan metode FFT terlihat pada **Tabel 2**:

Tabel 2 Hasil penelitian getaran (data diambil 27 september 2013)

No. Percobaan	fn (Hz)	fn (Hz)	Kondisi lalulintas/waktu
1	2.189		kosong / tengah malam
2	2.19		
3	data rusak		
4	2.188	3.3	
5	2.188	3.305	
6	2.195		
7	2.106		
8	2.196	3.316	
9	2.233		
10	2.186		
11	2.19		padat / jam puncak pagi
12	2.19	3.31	
13	2.203	3.37	
14	2.146		
15	2.196		
16	2.24		
17	2.194		
18	2.18		
19	2.239		
20	2.11		
21	2.237		padat / jam puncak sore
22	2.186	3.346	
23	2.195		
24	data rusak		
25	2.152		
26	2.156	3.324	
27	2.147	3.31	
28	2.143	3.348	
29	2.2		
30	salah		

Nilai rata-rata frekuensi natural :

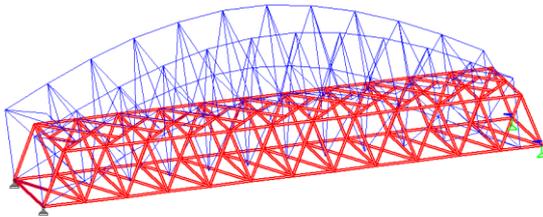
mode 1 = 2,184 Hz

mode 2 = 3,325 Hz

Untuk perbandingan frekuensi natural awal dengan frekuensi natural aktual eksisting jembatan, perlu dilakukan analisis teoritis frekuensi natural awal menggunakan analisis dinamis (software staadpro) karena tidak adanya penelitian frekuensi awal jembatan aktual, dengan pembebanan beban mati. Hasilnya ditunjukkan pada tabel 3 dan gambar 6.

Tabel 3 Frekuensi Natural Hasil Analisis Staad Pro

Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	Participation X (%)	Participation Y (%)	Participation Z (%)
1	3.479	0.287	0.000	78.202	0.000
2	3.716	0.269	0.000	0.000	0.000
3	10.781	0.093	0.000	0.000	0.000
4	10.895	0.092	0.000	0.000	0.000
5	18.728	0.053	0.000	7.845	0.000
6	18.795	0.053	0.000	0.000	0.000



Gambar 6 Mode Getaran Hasil Analisis Staad Pro

Dari hasil penelitian aktual didapatkan 2 mode, dengan frekuensi natural rata-rata 2,184 Hz dan 3,325 Hz. Sedangkan untuk perhitungan secara teoritis (software Staad Pro) didapatkan 3,479 Hz.

Adanya perbedaan frekuensi natural teoritis dan aktual dapat disebabkan menurunnya nilai kekakuan jembatan. Kekakuan jembatan menurun dapat dikarenakan *fatigue* (kelelahan) pada material jembatan, yang mengakibatkan defleksi permanen struktur jembatan.

Dari data frekuensi tersebut, sebagai ukuran relatif tingkat kerusakan digunakan rumus 1, dengan hasil perhitungan: 37,22%

Untuk penurunan nilai kapasitas bangunan, dihitung nilai kekakuan jembatan secara teoritis dan aktual dari hasil frekuensi natural,

Diketahui $W = 124236.04 \text{ kg} = 273893.6 \text{ lb}$;

$$m = \frac{W}{g} = \frac{273893.6 \text{ lb}}{386 \text{ inch/sec}} = 709,5689 \frac{\text{lb}}{\text{inch}} / \text{sec}$$

Dan frekuensi natural (fn):

Aktual = 2,184 Hz

Teoritis = 3,479 Hz

Didapatkan nilai kekakuan jembatan menggunakan rumus $= \sqrt{\frac{K}{m}}$, $f = \frac{\omega}{2\pi}$

$K_{\text{aktual}} = 133616,3418 \text{ lb/inch}$

$K_{\text{teoritis}} = 339049,5455 \text{ lb/inch}$

Dengan menghilangkan nilai L (panjang jembatan) yang diasumsikan sama, maka rumus 2 menjadi

$$D_{\text{kap}} = \frac{K_{\text{teoritis}} - K_{\text{aktual}}}{K_{\text{teoritis}}} \times 100 \%$$

$$D_{\text{kap}} = \frac{339049,5455 - 133616,3418}{339049,5455} \times 100 \%$$

$$D_{\text{kap}} = 60,58\%$$

Dari kedua perhitungan diatas, didapatkan nilai kerusakan relatif = 37,22 %, dan nilai penurunan kapasitas = 60,58%, dan dapat dievaluasi dengan tabel 1.

Dari tabel 1 dapat disimpulkan nilai kerusakan relatif dan nilai penurunan kapasitas dalam kondisi buruk karena melebihi nilai yang ada dalam tabel.

Dan nilai Δf pada jembatan Soekarno-Hatta bentang 60m = 3,479 Hz - 2,184 Hz = 1,295 Hz, maka Nilai $\Delta f \geq 1 \text{ Hz} \rightarrow$ kondisi kurang (telah terjadi retak struktural).

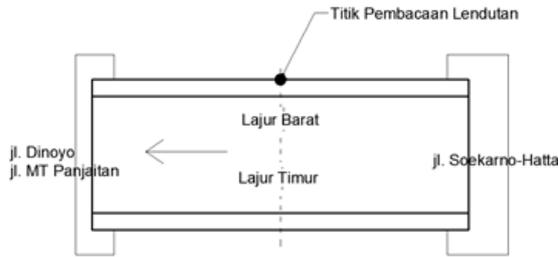
Lendutan

Pada penelitian lendutan dilakukan beberapa pembacaan antara lain: elevasi eksisting jembatan dengan menggunakan *total station* saat kondisi tanpa beban dan saat lalu lintas jam puncak, merekam lendutan aktual dengan *handycam*, dan analisa teoritis.

Pengambilan data *total station* dilakukan pada hari Rabu, 24 Juli 2013 (Bus dan truk diperbolehkan lewat, *traffic light* belum aktif) seperti tampak pada gambar 7.

Hasil pembacaan lendutan eksisting pada tengah bentang jembatan sebelah timur dengan menggunakan *handycam* dan bak ukur dilakukan pada hari Jumat, 27 september 2013 (dengan rekayasa lalu lintas :

bus dan truk dilarang lewat, *traffic light* aktif.



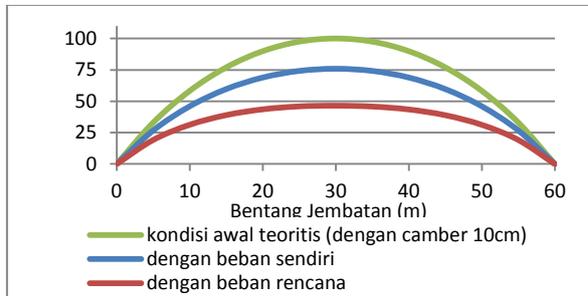
Gambar 7 Titik Pembacaan Lendutan

Model jembatan pada STAADPro diasumsikan pada kondisi awal perencanaan jembatan dengan menggunakan chamber pada tengah bentang sebesar 10 cm. Besarnya lendutan yang akan di ambil adalah pada bagian tengah bentang jembatan.

Sesuai dengan ketentuan yang ada pada RSNI T-03-2005, bahwa lendutan yang diizinkan untuk jembatan rangka baja dengan jalur pejalan kaki pada wilayah perkotaan adalah sebesar kurang dari 1/1000 kali panjang bentang.

Dengan meninjau besarnya lendutan pada setengah bentang jembatan dan menggunakan kondisi jembatan dengan *camber* 10 cm sebagai titik awal, maka didapat hasil yang ditunjukkan pada gambar 8.

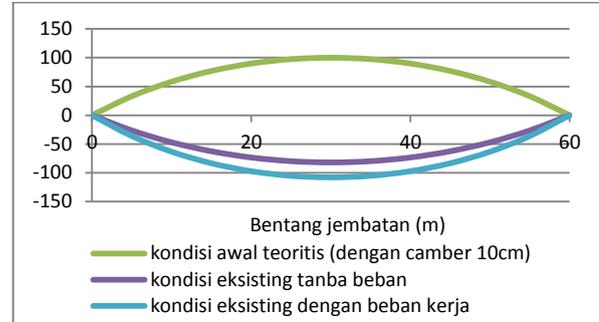
- Kondisi awal (teoritis) dengan *camber* 100 mm :
- Dengan berat sendiri : -24,12 mm
- Dengan beban rencana : -53,56 mm



Gambar 8 Grafik Lendutan Teoritis

- Kondisi Eksisting (TS) berat sendiri : -187 mm

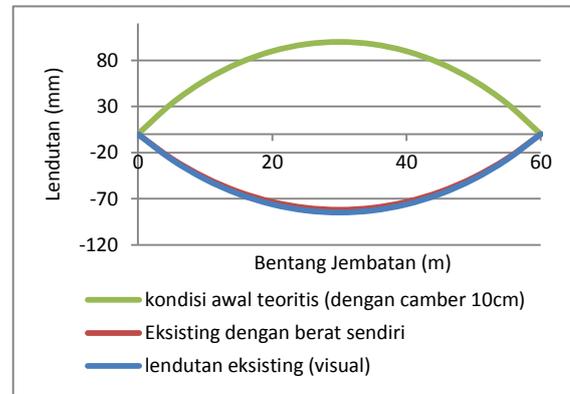
- Kondisi Eksisting (TS) beban kerja : -208 mm
- Lendutan akibat beban kerja (TS) : -21 mm



Gambar 9 Grafik Kondisi Eksisting Hasil Pembacaan *Total Station*

Hasil pembacaan visual lendutan eksisting pada gambar 9, titik nol diambil dari kondisi eksisting jembatan hasil pembacaan *total station* pada kondisi tanpa beban atau hanya menahan berat sendiri. Maka didapat hasil berikut :

- Lendutan Eksisting (Visual): -3 mm dari titik nol: -190 mm dari kondisi awal teoritis



Gambar 10 Grafik Lendutan Dinamis Eksisting Hasil Pembacaan Visual

Besarnya lendutan yang diizinkan terjadi pada jembatan didapat dari perhitungan berikut:

$$\text{Bentang Jembatan (L)} : 60 \text{ m}$$

$$\frac{1}{1000} x L = \frac{1}{1000} x 60 = 0.06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

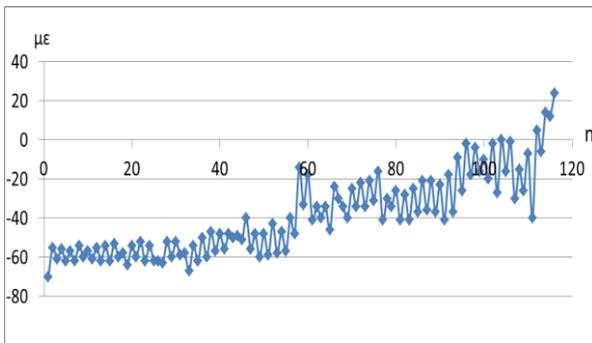
$$\text{Lendutan jembatan} \leq \frac{1}{1000} x L$$

Maka, Lendutan statis:

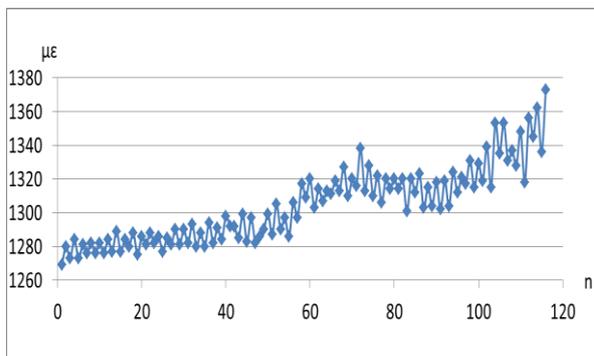
- kondisi awal teoritis – kondisi eksisting tanpa beban hasil *total station*
18.7 cm > 6cm → Melebihi batas lendutan izin
- kondisi awal teoritis – kondisi eksisting dengan beban kerja hasil *total station*
20.8 cm > 6 cm → Melebihi batas lendutan izin
- kondisi awal teoritis – (kondisi eksisting tanpa beban hasil *total station* + kondisi eksisting hasil pembacaan visual)
19 cm > 6 cm → Melebihi batas lendutan izin

Usia Fatik

Pada penelitian usia fatik, dilakukan pembacaan strain gauge untuk melihat jangkauan regangan yang terjadi. Initial condition (diambil pukul 04.00), strain gauge 1 = -70 $\mu\epsilon$, strain gauge 2 = 1269 $\mu\epsilon$



Gambar 11 Grafik $\Delta\epsilon$ Strain Gauge No.1



Gambar 12 Grafik $\Delta\epsilon$ Strain Gauge No.2

Keterangan :

$$\mu\epsilon = \epsilon \times 10^{-6}$$

n = jumlah data

Dari hasil pembacaan *strain meter* pada gambar 11 dan 12, didapatkan regangan pada saat beban hidup bekerja, sebagai berikut:

- Strain gauge 1:

$$\Delta\epsilon = (24 - (-70)) \times 10^{-6} = 94 \times 10^{-6} \mu\epsilon$$

- Strain gauge 2:

$$\Delta\epsilon = (1373 - 1269) \times 10^{-6} = 104 \times 10^{-6} \mu\epsilon$$

Jika diketahui $\Delta\epsilon = \frac{\Delta f}{E}$ maka:

- Strain gauge 1

$$\Delta f = (94 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^5) = 18,8 \text{ MPa}$$

- Strain gauge 2

$$\Delta f = (104 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^5) = 20,8 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan usia fatik jembatan terlebih dahulu di hitung Δf akhir, dengan nilai faktor beban dinamis 30 % untuk pembebanan truk “T” (SNI T-02-2005), serta nilai tegangan sekunder secara empiris sebesar $k = 16\%$ karena eksentrisitas sambungan dan pengaruh perangkaian jembatan. (Kuhn.2008)

Nilai jangkauan tegangan diatas diambil pada waktu jam puncak selama 3 jam, maka untuk mendapatkan nilai tegangan akhir, harus dikonversikan menjadi nilai jangkauan tegangan 1 hari (18 jam aktif / pukul 05.00- 23.00):

$$\Delta f_1 = 18,8 \text{ MPa} \times 6 = 112,8 \text{ MPa}$$

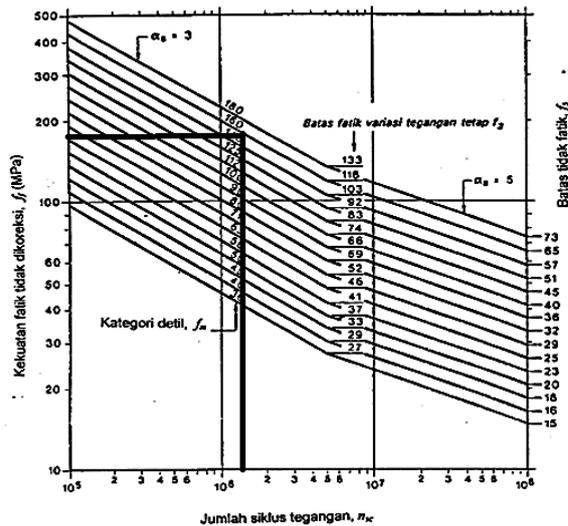
$$\Delta f_1 = 20,8 \text{ MPa} \times 6 = 124,8 \text{ MPa}$$

Untuk nilai jangkauan tegangan akhir yang diplot kedalam kurva S-N:

$$\Delta f_1 \text{ akhir} = \phi \times k \times \Delta f_1 = 1,3 \times (100 + 16\%) \times 112,8 = 170,1024 \text{ MPa}$$

$$\Delta f_2 \text{ akhir} = \phi \times k \times \Delta f_2 = 1,3 \times (100+16\%) \times 124,8 = 188,198 \text{ MPa}$$

Dari kedua data *strain gauge* diambil nilai 188,198 MPa (Δf_2 akhir) sebagai nilai yang diplotkan pada kurva S-N (**Gambar 13**), karena dianggap mampu memberikan nilai usia fatik yang lebih pendek.



Gambar 13 kurva S-N

Sehingga didapatkan nilai n (jumlah siklus tegangan) = $1,4 \times 10^6$

Untuk memperkirakan usia fatik jembatan Soekarno-Hatta bentang 60m, dapat diperhitungkan dengan rumus:

$$N = (365) (t) n \text{ (ADTTsl)} \dots(4)$$

Menurut Miner (2003), akumulasi kerusakan akibat fatik bisa dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \sum \frac{n}{N} \leq 1 \dots(5), \text{ sehingga bisa diambil usia fatik akan habis jika } n=N$$

Karena pada saat pengambilan data sudah diberlakukan rekayasa lalu lintas, maka dalam penelitian ini, jumlah siklus beban lalu lintas truk (ADTTsl) disubstitusi dengan jumlah siklus lampu lalu lintas dalam 1 hari yaitu 270 (waktu lampu merah + hijau = 4 menit), diasumsikan jam aktif 18 jam (pukul 05.00-23.00). Maka usia fatik dapat dihitung sebagai berikut:

$$N = (365) \times (t) \times 1 \times (270)$$

$$N = 98550 \text{ t}$$

Karena usia fatik akan habis apabila kondisi $n = N$, maka:

$$n = N$$

$$1,4 \times 10^6 = 98550 \text{ t}$$

$$t = 14,206 \text{ tahun.}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa jembatan telah melampaui batas usia fatiknya dengan batas usia fatik jembatan = 14,206 tahun (pada saat rekayasa lalu lintas, September 2013).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan:

1. Frekuensi aktual eksisting Jembatan Soekarno-Hatta bentang 60 meter adalah sebesar 2,184 Hz untuk mode pertama dan 3,325 Hz untuk mode kedua. Sedangkan untuk kondisi awal jembatan yang dihitung secara teoritis sebesar 3,479 Hz untuk mode pertama.
2. Besar lendutan sejak awal berdirinya jembatan dengan *camber* 10 cm hingga saat penelitian ini dilakukan adalah sebesar 18,7 cm dengan kondisi tanpa beban lalu lintas, 20,8 cm dengan beban lalu lintas (sebelum rekayasa lalu lintas pada bulan Juli 2013), dan 19 cm dengan beban lalu lintas (saat rekayasa lalu lintas pada bulan September 2013).
3. Usia fatik jembatan yang didapat adalah 14,206 tahun (saat rekayasa lalu lintas). Sedangkan umur rencana jembatan adalah 25 tahun
4. Kemampuan layan jembatan dari aspek getaran, lendutan, dan usia fatik adalah sebagai berikut:
 - A. Ditinjau dari aspek getaran, Pada penilaian pertama dapat disimpulkan bahwa Jembatan Soekarno-Hatta bentang 60 meter tergolong pada nilai kondisi buruk dengan jenis kerusakan berat (struktural). Sedangkan pada penilaian kedua, jembatan tergolong pada kondisi kurang dimana telah terjadi retak struktural.

- B. Ditinjau dari aspek lendutan, jembatan sudah tidak memenuhi syarat. Karena lendutan statis atau lendutan yang terjadi dari kondisi awal jembatan setelah selesai dibangun hingga saat penelitian terakhir telah jauh melebihi syarat batas lendutan sebesar 6 cm dan telah terjadi lendutan permanen.
- C. Ditinjau dari aspek usia fatik, jembatan sudah jauh melewati batas usia fatiknya.

Saran

1. Pengambilan data elevasi dengan *total station* perlu disempurnakan lagi khususnya untuk peletakan alat (prisma), karena masih banyak terjadi peletakan alat yang tidak konsisten saat pembacaan.
2. Diperlukan alat penelitian khusus riset yang terkalibrasi untuk mendapatkan hasil yang valid terkhusus lendutan dan getaran.
3. Metode pengukuran getaran perlu lebih disempurnakan (menggunakan minimal 2 alat uji getar), agar dapat diketahui mode getarannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1993. *Bridge Management System Panduan Pemeriksaan Jembatan*: Jakarta. Kementerian Pekerjaan Umum.
2. Anonim, 2009. *Panduan Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
3. Anonim, 2009. *Perkuatan Struktur dan Lantai Jembatan Rangka Baja*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
4. Berman, Jeffrey W., 2010. *Triage Evaluation of Gusset Plate in Steel Truss Bridge*. Seattle: University of Washington Press.
5. Pusat Litbang Prasarana Transportasi. 2005. SNI T-02-2005. Jakarta: Badan Litbang ex. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah
6. Pusat Litbang Prasarana Transportasi. 2005. SNI T-03-2005. Jakarta: Badan Litbang ex. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah
7. Ruina, Andy., dkk, 1999. *Introduction to Statics and Dynamics*. London: Oxford University Press.
8. Salmon, Charles G., dkk. 1997. *Struktur Baja: Desain dan Perilaku Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
9. Tonias, Demetrios E., 1995. *Bridge Engineering*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.
10. Xanthakos, Petros P., 1994. *Theoty and Design of Bridges*. New York: John Wiley & Sons, Inc.