

# ANALISA PERILAKU DINAMIK STRUKTUR ATAS JEMBATAN MAHAKAM IV MYC SAMARINDA

Haryadi Indrianto<sup>1)</sup>, Abdul Haris<sup>2)</sup>, Rusfina Widayati<sup>3)</sup>

1,2,3) Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jalan Sambaliung No.9, Samarinda, 75119

e-mail : [haryadiindrianto@gmail.com](mailto:haryadiindrianto@gmail.com), [oowaais@yahoo.com](mailto:oowaais@yahoo.com), [rusfinawy@gmail.com](mailto:rusfinawy@gmail.com)

## ABSTRAK

Pengaruh gempa harus ditinjau sebagai bagian dari proses perencanaan struktur jembatan. Akibat pengaruh gempa baik kuat maupun lemah, struktur jembatan secara keseluruhan harus masih berdiri walaupun sudah dalam kondisi di ambang keruntuhan. Secara umum standar analisis struktur gempa adalah SNI 03-1726-2012 yang merupakan pembaruan dari peraturan gempa SNI 03-1726-2002. Adapun peraturan lainnya yang digunakan yaitu standar perencanaan struktur baja untuk jembatan RSNI T-03-2005. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku dinamik struktur jembatan Mahakam IV MYC Samarinda apabila diberi beban gempa.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Software SAP2000. Struktur dimodelkan dalam permodelan tiga dimensi. Struktur tersebut kemudian di analisis dengan analisis respon spektrum. Adapun permodelan yang dilakukan meliputi pergantian tumpuan dari tumpuan rol ke sendi serta pergantian pemeriksaan struktur yang dilakukan oleh SAP2000 menggunakan IBC2003 dan LRFD kemudian kedua hasil tersebut dibandingkan untuk menentukan mana yang lebih efisien. Parameter-parameter dinamik yang dihasilkan selanjutnya dievaluasi untuk menentukan perilaku struktur.

Hasil menunjukkan bahwa perilaku dinamik serta kemampuan kapasitas dari profil yang digunakan pada jembatan Mahakam IV MYC Samarinda memenuhi persyaratan yang disyaratkan dan dinyatakan aman. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan pada peraturan gempa yaitu SNI 03-1726-2012 dan peraturan perencanaan baja untuk jembatan RSNI T-03-2005.

Kata Kunci : Respon Dinamik, Respon Spektrum, Jembatan Baja.

## ABSTRACT

*The effects of earthquake has to be analysed as the part of process in planning a bridge structure. As the aftermath of a strong or weak earthquake, the whole bridge structure has to stand still even though it is on a verge of collapse. The analysis standard of earthquake-resistant structure is SNI 03-1726-2012, which is the update of SNI 03-1726-2002. Another guidance that commonly used is RSNI T-03-2005, which standardised the planning of steel bridge structure. This research aims to perceive dynamic response of Mahakam IV MYV bridge structure in Samarinda by loading it with seismic loads.*

*This research is conducted using SAP2000 software. The structure is modeled in a 3-dimensional model. The structure itself will be analysed using spectrum response analysis. The modelling process is consist of modifying the bearing from roller bearing to joint bearing, replacing structural examination previously using SAP2000 with IBC2003 and LRFD, and comparing both examination results to determine which one is more efficient. Dynamic parameters generated will be evaluated to determine structure response.*

*The result shown that dynamic response and holding capacity of profiles used on Mahakam IV MYC bridge in Samarinda fulfill the required spesifications and are considered as safe. The specifications referred are seismic regulation in SNI 03-1726-2012 and the regulation of steel bridge planning in RSNI T-03-2005.*

*Keywords : Dynamic Response, Spectrum Response, Steel Bridge*

## 1. PENDAHULUAN

Untuk makin memperlancar arus pergerakan penduduk baik anatar kota maupun dikota Samarinda

sendiri, dibutuhkan suatu jaringan jalan yang mampu memberikan aksesibilitas yang baik, diantaranya dengan mengembangkan sistem jaringan jalan yang efisien. Sebagaimana diketahui, pada saat ini di

kotamadya Samarinda hanya terdapat 3 jembatan penghubung yang menghubungkan Samarinda Kota dengan Samarinda seberang, yaitu Jembatan Mahakam I dan Mahakam Ulu serta jembatan Mahkota 2 yang belum dapat digunakan. Khusus untuk Jembatan Mahakam I, saat ini dirasakan sudah terlalu padat arus lalu lintasnya. Arus pergerakan pada jalan primer (antar kota) dan jalan sekunder (dalam kota Samarinda) yang saat ini bergantung pada dua jembatan tersebut, khususnya jembatan Mahakam I untuk melintasi sungai Mahakam, ternyata telah menimbulkan masalah kurangnya aksesibilitas sistem jaringan jalan yang secara jelas dirasakan penduduk ketika sering harus mengantri untuk melintasi sungai Mahakam.

Masalah lain yang terutama dialami oleh kota Samarinda akibat kondisi seperti ini adalah lambatnya pengembangan wilayah di Samarinda seberang karena relatif jauh dari fasilitas-fasilitas pelayanan masyarakat, dan sulit dijangkau oleh suatu sistem transportasi yang cepat dan murah dari dan ke wilayah didalam kota samarinda. Hal ini makin mengakibatkan daerah Samarinda seberang menjadi kurang menarik. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan akses tambahan berupa jembatan yang menghubungkan Samarinda Kota dan Samarinda Seberang. Jembatan yang direncanakan harus sesuai dengan kondisi layan yang direncanakan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, yang hanya memperhitungkan beban statik saja pada perencanaan suatu struktur jembatan tanpa memperhitungkan beban dinamikanya, oleh karena itu pada penelitian ini akan diperhitungkan beban statik dan beban dinamik yang terjadi pada suatu struktur jembatan. Seperti yang kita tahu bahwa yang dulu Kalimantan dikatakan tidak pernah terjadi gempa namun sekarang terjadi gempa, seperti halnya yang terjadi di Tarakan pada tahun 2015.

Untuk itu pada penelitian ini akan dilakukan analisa perilaku dinamis pada struktur atas jembatan dengan mempertimbangkan factor gempa. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dan gambaran untuk perencanaan konstruksi jembatan panjang lainnya di Kalimantan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Tinjauan Umum Jembatan Pelengkung Rangka Baja

Jembatan pelengkung mempunyai sifat menyalurkan reaksinya melalui pelengkungnya, yang kemudian disalurkan ke perletakkannya (abutment / pier). Hal ini menyebabkan arah gayanya searah dengan sudut dari pelengkungnya. Saat menerima

beban sendiri dan beban lalu lintas setiap bagian dari jembatan pelengkung akan selalu berada dalam keadaan tertekan. Keadaan tersebut mengharuskan menggunakan material yang kuat terhadap tekan.

Dengan mekanisme tekan struktur jembatan pelengkung dapat mencapai bentang 3.900 meter seperti jembatan Lupu yang berada di Shanghai China

### Bagian – Bagian Jembatan Pelengkung Rangka Baja

Bagian-bagian dalam jembatan pelengkung rangka baja antara lain :

#### 1. Deck atau lantai kendaraan

Bagian ini yang menerima langsung beban lalu lintas dan melindungi terhadap keusan. Untuk konstruksi jembatan biasanya deck menggunakan pelat dari beton atau pelat baja.

#### 2. *Wing Stringer* dan *Stringer*

Berfungsi sebagai penopang struktur lantai kendaraan yang dilalui oleh kendaraan maupun pejalan kaki

#### 3. *Cross Girder*

Berfungsi sebagai penahan struktur lantai kendaraan yang meneruskan beban ke pilar dan kemudian diteruskan lagi ke pondasi

### Parameter Yang Mempengaruhi Perilaku Jembatan Pelengkung Busur

#### 1. Panjang bentang

Jembatan busur tidak cocok digunakan untuk bentang yang relatif pendek. Hal ini akan menyulitkan dalam pembangunannya. Oleh karena itu jembatan busur sering digunakan untuk jembatan bentang panjang.

#### 2. Ketinggian busur (Rise)

Secara teori, semakin tinggi busur maka gaya horizontal pada perletakan akan semakin kecil, sehingga beban pada perletakan dapat diperkecil. Hal ini akan mengakibatkan semakin berkurangnya momen pada busur tersebut. Dengan demikian kita dapat mengurangi dimensi komponen busur.

#### 3. Jarak antar Hanger

Beban dari super struktur akan ditransfer oleh hanger ke arah pelengkung sehingga jarak hanger akan mempengaruhi pendistribusian beban tersebut.

### Kriteria Pembebanan

Standar peraturan yang menjadi acuan perencanaan jembatan baja antara lain:

- a. SNI-T-02-2005: Standar Perencanaan pembebanan untuk jembatan
- b. SNI 1726-2012: Tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

**Beban mati (Dead Load)**

**Berat Sendiri**

Berat sendiri struktur jembatan adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktur dan elemen non-struktural yang menyatu dan tetap berada di jembatan, yang dapat dihitung berdasarkan Tabel 1 dibawah ini.

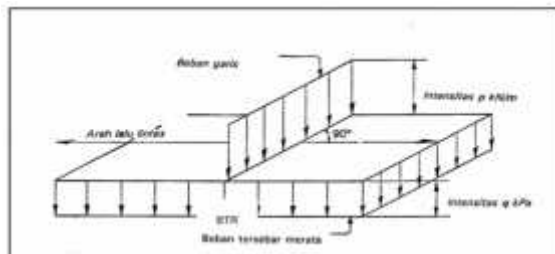
**Tabel 1.** Berat sendiri bahan

Rangka Baja	3186 Ton
Beton	2400 Kg/m <sup>3</sup>
Aspal	2300 Kg/m <sup>3</sup>
Air	1000 Kg/m <sup>3</sup>

**Beban Lalu Lintas**

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri dari beban “D” dan beban truk “T”.

- a. Beban Lajur D



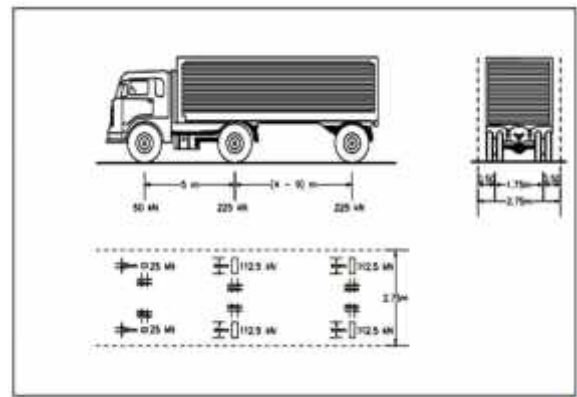
**Gambar 1.** Beban Lajur D

BTR atau beban terbagi merata mempunyai intensitas q kPa, dimana nilai q tergantung pada bentang total yang dibebani L sebagai berikut:

- L ≤ 30 m: q = 9,0 kPa
- L > 30 m : q = 9,0 (0,5+15/L) kPa

BGT atau beban garis dengan intensitas P kN/m harus ditempatkan tegak lurus dari arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas P adalah 49,0 kN.

- b. Beban Truk

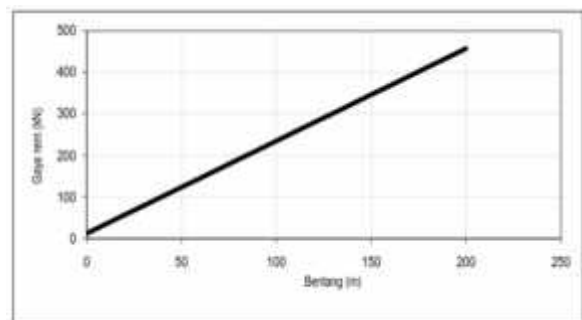


**Gambar 2.** Beban Truk

Posisi dan penyebaran pembebanan truk T dalam arah melintang. Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana.

- c. Gaya Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan



**Gambar 3.** Gaya Rem

**Beban Gempa (Earthquake Load)**

Beban gempa termasuk beban dinamis yang diberikan ke pondasi. Indonesia menggunakan SNI 03 – 1726 – 2012 sebagai pedoman tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung.

**Analisa Dinamik**

Dinamika struktur adalah salah satu bagian ilmu mekanika yang secara khusus membahas respon struktur terhadap beban dinamik, misalnya akibat gempa. Dalam bahasan dinamika struktur,

beban maupun respon struktur tidak hanya ditentukan oleh arah, lokasi dan besarnya, tetapi juga oleh variable waktu. Dalam penelitian ini menggunakan analisa perilaku dinamik dengan bantuan respon spectra desain.

**Kombinasi Beban**

Struktur harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi yang akan digunakan, adapun kombinasi beban pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

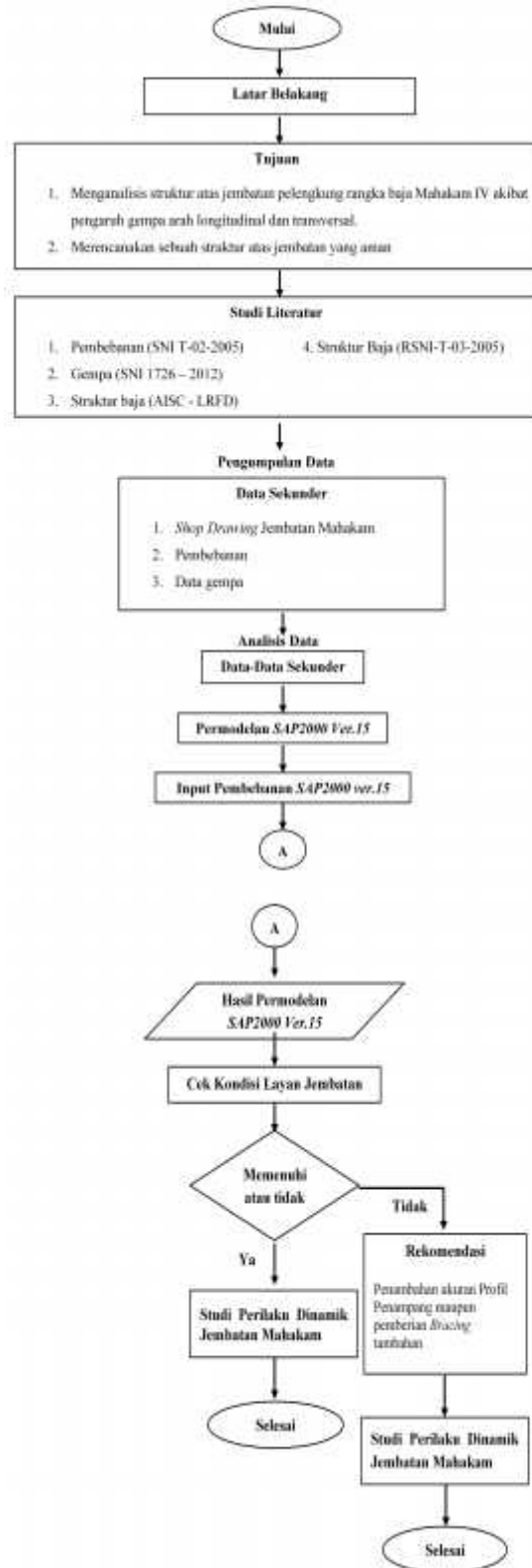
1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,23 DL + 1 LL + 0,39 EX + 1,3 EY
4. 1,17 DL + 1 LL + (-0,39) EX + (-1,3) EY
5. 1,18 DL + 1 LL + 0,39 EX + (-1,3) EY
6. 1,22 DL + 1 LL + (-0,39) EX + 1,3 EY
7. 1,23 DL + 1 LL + 1,3 EX + 0,39 EY
8. 1,17 DL + 1 LL + (-1,3) EX + (-0,39) EY
9. 1,22 DL + 1 LL + 1,3 EX + (-0,39) EY
10. 1,18 DL + 1 LL + (-1,3) EX + 0,39 EY
11. 0,87 DL + 0 LL + 0,39 EX + 1,3 EY
12. 0,93 DL + 0 LL + (-0,39) EX + (-1,3) EY
13. 0,92 DL + 0 LL + 0,39 EX + (-1,3) EY
14. 0,88 DL + 0 LL + (-0,39) EX + 1,3 EY
15. 0,87 DL + 0 LL + 1,3 EX + 0,39 EY
16. 0,93 DL + 0 LL + (-1,3) EX + (-0,39) EY
17. 0,88 DL + 0 LL + 1,3 EX + (-0,39) EY
18. 0,92 DL + 0 LL + (-1,3) EX + (0,39) EY

**2.7 Batas Layan Pada Aspek Lendutan**

Lendutan balok dan pelat akibat beban layan harus dikontrol sebagai berikut :

- a. Geometrik dari penampang harus direncanakan untuk melawan lendutan akibat pengaruh tetap sehingga sisa lendutan (positif dan negative) masih dalam batas yang dapat diterima.
- b. Lendutan akibat beban hidup layan termasuk kejut harus dalam batas yang sesuai dengan struktur dan kegunaannya. Kecuali dilakukan penyelidikan lebih lanjut, dan tidak melampaui L/800 untuk bentang tengah.

**3. METODE PENELITIAN**



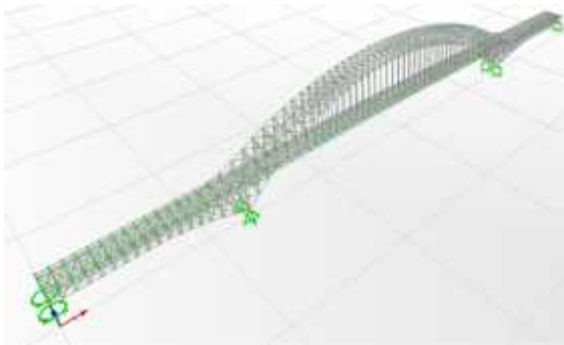
**Gambar 4.** Diagram alir penelitian

**4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**Data Teknis Jembatan Mahakam**

1. Data Perencanaan Jembatan Kembar Samarinda adalah sebagai berikut :
2. Panjang total jembatan : 400 meter
3. Jumlah bentang : 3 bentang
4. Panjang bentang tengah: 220 meter
5. Lebar jembatan : 17.02 meter

**Permodelan Struktur**



**Gambar 5.** Modelisasi Struktur

Total segmen dari struktur jembatan Mahakam IV MYC yaitu sebanyak 75 segmen, dengan panjang segmen berbeda – beda, dari 5 meter hingga 7 meter.

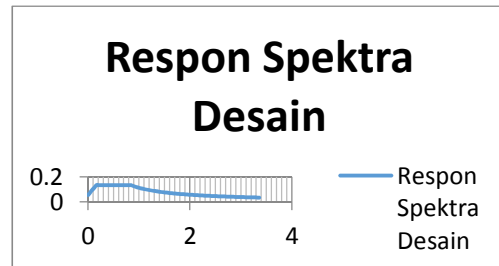
**Pembebanan**

**1. Beban Mati**

Pada penelitian ini di desain ada 3 tipe beban mati antara lain :

- a. Beban Mati Lajur Kendaraan**  
 Beton =  $2400 \times 0.3 = 720 \text{ kg/m}^2$   
 Aspal =  $2300 \times 0.05 = 115 \text{ kg/m}^2$   
 Air =  $1000 \times 0.05 = 50 \text{ kg/m}^2$   
 Berat Total =  $885 \text{ kg/m}^2$
  - b. Beban Mati Kerb**  
 Beton =  $2400 \times 0.6 = 1440 \text{ kg/m}^2$   
 Air =  $1000 \times 0.05 = 50 \text{ kg/m}^2$   
 Berat Total =  $1490 \text{ kg/m}^2$
  - c. Beban Mati Lajur Pejalan Kaki**  
 Beton =  $2400 \times 0.3 = 720 \text{ kg/m}^2$   
 Air =  $1000 \times 0.05 = 50 \text{ kg/m}^2$   
 Berat Total =  $770 \text{ kg/m}^2$
- 2. Beban Lalu Lintas**
- a. Beban Lajur D**  
 Beban lajur D terdiri dari beban tersebar merata (UDL) dan beban garis (KEL).
  - b. Beban tersebar merata (UDL)**  
 $L > 30 \text{ m}$

- $q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ Kpa}$   
 $q = 9.0 (0.5 + 15/400) \text{ Kpa}$   
 $q = 4.84 \text{ Kpa} = 4.84 \text{ kN/m}^2$
- c. Beban tersebar merata (UDL)**  
 Berdasarkan RSNI-T-02-2005 beban garis (KEL) Besarnya intensitas P adalah  $49.0 \text{ kN/m}$
  - 3. Beban Truk**  
 Beban Truk  $500 \text{ kN}$  dengan jarak  $4 - 9 \text{ m}$
  - 7. Gaya Rem**  
 Untuk  $L > 180 \text{ m}$  ; gaya Rem (TtB) =  $500 \text{ kN}$ .  
 Panjang jembatan =  $400 \text{ m}$   
 Maka gaya rem =  $500 \text{ kN} \times 2$  (untuk 2 jalur kendaraan)
  - 8. Beban Gempa**



**Gambar 6.** Grafik Respon Spektra

**Pemeriksaan Keamanan Struktur**

**1. Batasan Lendutan**

Berdasarkan struktur perencanaan struktur baja untuk jembatan, lendutan yang diijinkan sebesar  $L/800$ .

**Tabel 2.** Batasan Lendutan.

		Lendutan (mm)	Lendutan Ijin (mm)	Status
Beton Lajur 14D + 1.6L	Max	0.21	275	OK
	Min	-84.65	275	OK

**2. Perhitungan Kapasitas Profil Baja Batang Tekan dan tarik**

Adapun hasil perhitungan batang tarik dan tekan dapat dilihat pada table rekapitulasi berikut :

**Tabel 3.** Rekapitulasi Batang Tarik

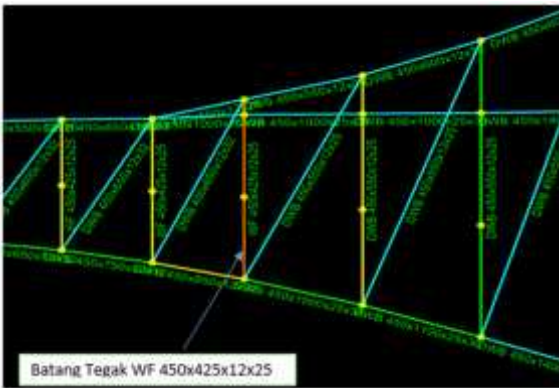
REKAPITULASI BATANG TARIK						
No	Nama Profil	Luasan Ijin	Luasan Ijin Min	Efisiensi (%)	Status	Keterangan
1	DWB 450x500x12x12	28252544331.66	11840017452.24	25.70	Aman	Batang Perintang Atas
2	DWB 450x500x12x12	837181882.00	3874180193.44	88.93	Aman	Batang Perintang Bawah
3	DWB 450x500x12x12	2783126926.08	220762614600.99	32.81	Aman	Batang Diagonal
4	WF 300x400x12x12	48777822508.08	32631520800.31	34.94	Aman	Cross Girder
5	WF 500x300x12	246404134.00	3180274198.28	7.72	Aman	Strangir
6	WF 300x300x10	334580818.00	828384217.05	48.48	Aman	Wing Strangir
7	Stap OD 239x8	434578.00	12888623.86	3.38	Aman	Strangir
8	Flas OD 355.6x11	1514917.88	43433909.72	0.35	Aman	Strangir
9	strand 55mm	19320.86	2884392.00	0.68	Aman	Hangar
10	strand 65mm	1764477.99	3883882.00	48.31	Aman	Hangar

**Tabel 4.** Rekapitulasi Batang Tekan

REKAPITULASI BATANG TEKAN						
NO	Nama Profil	Tegangan Max	Tegangan Ias Max	Nilainya (%)	Status	Keterangan
1	DWB 450x550x12x25	18888414.31	113174890000.00	0.16	Aman	Batang Pelengkang Atas
2	DWB 450x550x12x25	32316704.32	113174890000.00	0.28	Aman	Batang Pelengkang Bawah
3	DWB 450x550x12x25	2783118920.00	228448973988.38	12.18	Aman	Batang Diagonal
4	WF 450x425x12x25	38623454.81	801699191.31	4.83	Aman	Batang Tegak
5	WF 1000x400x12x25	42628442100.00	815825259601.02	11.89	Aman	Cross Girder
6	Paas GD 230x25	12311400.21	3288821.00	36.42	Aman	Bracing
7	Paas GD 230x25	1871891.13	43432869.72	3.33	Aman	Bracing
8	WF 350x250x12	8868889306.00	18096814460.07	26.22	Aman	Strapang
9	WF 300x300x10	314588818.00	8243844217.03	3.86	Aman	Wag Strapang

**Pemeriksaan Struktur Dengan IBC2006 Pada SAP2000**

Dari SAP2000 diperoleh ratio terbesar pada batang-batang antara lain :

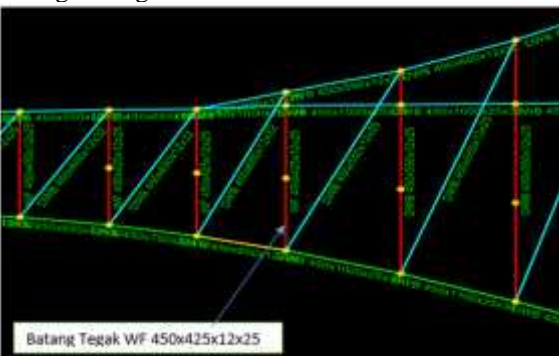


Ratio = 0.956

**Gambar 7.** Ratio Batang Tegak dengan IBC2006 WF 450x425x12x25

**Pemeriksaan Struktur Dengan LRFD99 Pada SAP2000**

Dari SAP2000 diperoleh ratio terbesar pada batang-batang antara lain :

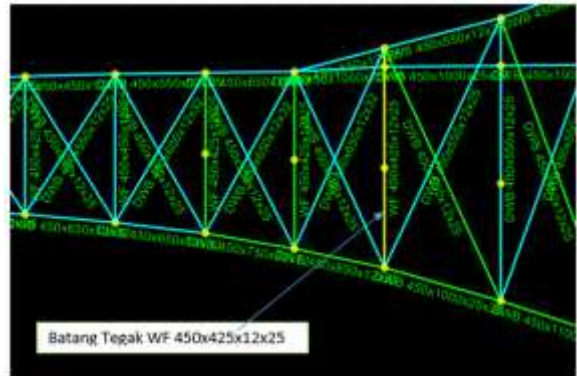


Ratio = 2.025

**Gambar 8.** Ratio Batang Tegak dengan LRFD99 WF 450x425x12x25

Dari pemeriksaan LRFD dapat disimpulkan bahwa ratio yang terjadi sangatlah besar, maka perlu diberikan bracing atau penambahan ukuran profil

penampang pada batang yang mengalami ratio >1.00. Dilakukan penambahan bracing dengan menggunakan profil DWB 450 x 550 x 12 x25.



Ratio = 0.390

**Gambar 9.** Ratio Batang Tegak Setelah diberi Tambahan Bracing

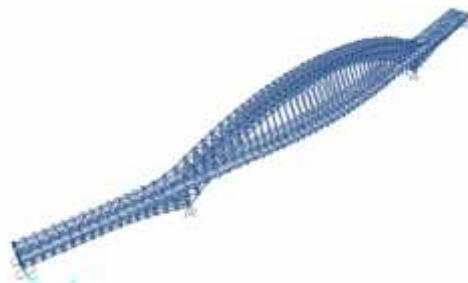
**Analisa Dinamik Struktur Jembatan Dengan Tumpuan Sendi-Rol**



T = 5.47320 ; f = 0.18271

**Gambar 10.** Mode 1 Sendi-Rol

**Analisa Dinamik Struktur Jembatan Dengan Tumpuan Sendi-Sendi**



T = 0.67877 ; f = 1.47326

**Gambar 11.** Mode 1 Sendi-Sendi

## 5 ANALISA DINAMIL STRUKTUR JEMBATAN DENGAN TUMPUAN SENDI-SENDI

### Kesimpulan

1. Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada bab iv dan dibantu oleh program SAP2000 maka diperoleh perilaku struktur jembatan Mahakam IV akibat gempa adalah sebagai berikut :
  - a. Berdasarkan hasil analisa perilaku dinamik struktur atas jembatan Mahakam IV dapat disimpulkan bahwa tumpuan sendi-rol memiliki periode yang lebih besar dibandingkan tumpuan sendi-sendi yaitu sebesar 5.47 detik > 0.67 detik, dengan gerakan dominan ke arah Y di mode 1 yaitu sebesar 0.483.
  - b. Mode yang digunakan sebanyak 30 mode, pada mode – mode tersebut tidak ditemukan mode lokal yang artinya struktur bila terkena gempa maka tidak akan terjadi kegagalan struktur.
2. Setelah dilakukannya pemeriksaan maka jembatan Mahakam IV ini dinyatakan aman, dengan pemeriksaan sebagai berikut:
  - a. Batasan lendutan  
Lendutan yang terjadi adalah sebesar 84.65 mm dengan lendutan ijin sebesar 275 mm, sehingga jembatan Mahakam IV dapat dinyatakan aman.
  - b. Pemeriksaan Profil Jembatan Mahakam IV  
Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada profil tarik dan tekan terbesar, maka diperoleh tarik dengan efisiensi terbesar yaitu terletak pada profil Strand 60 mm dengan nilai tegangan sebesar 1704477.99 dan tegangan ijin sebesar 3680892.00 serta efisiensi sebesar 46.31%. Sedangkan pada profil tekan didapat efisiensi terbesar pada profil Pipa OD 219 x 9 dengan tegangan sebesar 12111400.20 dan tegangan ijin sebesar 12688623.00 serta efisiensi sebesar 95.45 %.
  - c. Pemeriksaan pada SAP2000  
Dari hasil analisa dan perbandingan yang dilakukan pada Software SAP2000 dengan menggunakan koreksi IBC2006 dan LRFD99 dapat disimpulkan bahwa permodelan yang dikoreksi menggunakan LRFD99 lebih boros dibandingkan IBC2006 karena memerlukan bracing tambahan berupa profil DWB 450x550x12x25.

### Saran

1. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya bisa diterapkan sistem kabel.
2. Dilakukan analisa terhadap beban dinamik angin dan gempa di daerah dengan zona gempa yang tinggi.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan software Midas Civil agar dapat membandingkan hasil perhitungan pada software Midas Civil dan SAP2000.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2005, RSNI T-03-2005: Perencanaan stuktur baja untuk jembatan, BSN, Jakarta.
2. Anonim, 2005, RSNI T-02-2005: Pembebanan untuk jembatan, BSN, Jakarta.
3. Anonim, 2008, SNI 2833:2008 : Standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan, BSN, Jakarta.
4. Anonim, 2012, SNI 1726-2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, BSN, Jakarta.
5. Anonim, 2017, Peta Zonasi Gempa, Litbang PU, <http://puskim.pu.go.id/peta-zonasi-gempa/> (Diakses pada hari Rabu tanggal 7 Juni 2017)
6. Agus Setiawan, 2008, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002, PT.Erlangga, Jakarta.
7. Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2009, Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja BSN, Jakarta.
8. Rachmawati Asri, “Studi Perilaku Tekuk Torsi Lateral Pada Balok Baja Bangunan Gedung Dengan Menggunakan Program Abaqus 6.7 Jurnal Teknik Sipil-ITS <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper/19383-3109106044-Paper.pdf>. diakses 16 September 2017.
9. Wiryanto Dewobroto, 2010, Struktur Baja Perilaku Analisis & Desain – AISC 2010 Edisi ke-2, PT RISEN ENGINEERING CONSULTANT, Depok.
10. William T. Segui, Fourth Edition, Steel Design, The University Of Memphis 2007, Thomson, United States.