

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA TIPE  
WARREN BENTANG 42 METER BERDASARKAN SNI 2833:2016  
DAN PETA GEMPA 2017**



**Disusun oleh:**

**Raka Putra Ismayana**

**20160110234**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2019**

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA TIPE  
WARREN BENTANG 42 METER BERDASARKAN SNI  
2833:2016 DAN PETA GEMPA 2017**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh:**

**Raka Putra Ismayana**

**20160110234**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2019**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raka Putra Ismayana  
NIM : 20160110234  
Judul : Evaluasi Jembatan Kereta Api Rangka Baja Tipe Warren  
Bentang 42 Meter Berdasarkan SNI 2833:2016 dan Peta  
Gempa 2017

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 17 Mei 2019

Yang membuat pernyataan



Raka Putra Ismayana

## PRAKATA



*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT Yang Menguasai segala sesuatu, Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kelayakan struktur jembatan kereta api rangka baja tipe warren akibat adanya peraturan gempa dan peta gempa terbaru.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak yakni kepada:

1. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi
2. Bapak Bagus Soebandono, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing
3. Ayah Ismiyanto dan ibu Tina Wahyuni selaku orang tua, Raya Ramadhana dan Raisha Nur Azmi selaku adik, yang selalu memberikan arahan dan semangat selama belajar dan menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Saudara Bintang Nurroohmad, Arik Nauval Anam, Jannatan Firdaus selaku tim dalam menjalankan penelitian ini dan rekan-rekan kuliah yang telah banyak membantu dalam segala hal dalam masa perkuliahan.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 12 April 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN SINGKATAN.....	xv
DAFTAR ISTILAH .....	xvi
ABSTRAK .....	xvii
<i>ABSTRACT</i> .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Lingkup Penelitian.....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Tinjauan Pustaka.....	4
2.2. Dasar Teori .....	5
2.2.1. Gempa Bumi.....	5
2.2.2. Peta Gempa 2017.....	6
2.2.3. Jembatan .....	7
2.2.3.1. Jembatan Baja.....	8
2.2.3.2. Jembatan Rangka Baja ( <i>Truss Bridge</i> ) .....	8
2.2.3.3. Jembatan Rangka Tipe Warren.....	10
2.2.4. Pembebanan Jembatan.....	10
2.2.4.1. Beban Mati.....	11
2.2.4.2. Beban Hidup .....	11
2.2.4.3. Beban Kejut .....	14
2.2.4.4. Beban Sentrifugal, C.....	14

2.2.4.5. Beban Lateral Kereta .....	15
2.2.4.6. Beban Rem dan Traksi.....	15
2.2.4.7. Beban Rel Longitudinal .....	15
2.2.4.8. Beban Angin .....	16
2.2.4.9. Beban Suhu .....	16
2.2.4.10. Beban Gempa.....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
3.1. Umum.....	20
3.2. Kriteria Desain .....	20
3.2.1. Data Umum Jembatan .....	20
3.2.2. Data Teknis Jembatan.....	20
3.2.3. Data Profil Rangka Baja .....	21
3.3. Tahap Pemodelan Desain .....	22
3.4. Pemodelan Desain .....	24
3.4.1. <i>AutoCAD</i> .....	24
3.4.2. SAP2000 V.21 .....	25
3.4.2.1. <i>Input Grid</i> .....	25
3.4.2.2. <i>Membuat Properties</i> .....	26
3.4.2.3. <i>Pemodelan Struktur Jembatan</i> .....	27
3.5. Pembebanan.....	28
3.5.1. Beban Mati.....	28
3.5.2. Beban Hidup .....	29
3.5.3. Beban Kejut .....	30
3.5.4. Beban Sentrifugal .....	31
3.5.5. Beban Lateral Kereta .....	31
3.5.6. Beban Rem dan Traksi.....	32
3.5.7. Beban Rel Longitudinal.....	32
3.5.8. Beban Angin .....	33
3.5.9. Beban Suhu.....	34
3.5.10. Beban Gempa.....	34
3.6. Kombinasi Pembebanan .....	39
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>40</b>
4.1. Hasil <i>Mode Shapes</i> .....	40
4.2. Hasil <i>Displacement</i> .....	44
4.3. Kontrol Tegangan .....	48
4.3.1. <i>Capacity Ratio</i> .....	49

4.3.2. Batang Tekan dan Batang Tarik .....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	xix
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Berat Jenis Bahan (PM No.60, 2012) .....	11
Tabel 2.2. Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ ) (SNI 2833:2016) .....	17
Tabel 2.3. Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 Detik ( $F_v$ ) (SNI 2833:2016) .....	17
Tabel 3.1. Berat Jenis Bahan (PM No.60, 2012) .....	28
Tabel 3.2. Perhitungan Beban Mati .....	28
Tabel 3.3. Perhitungan Luas Bidang Elemen Batang .....	33
Tabel 3.4. Beban Angin Tekan dan Hisap .....	34
Tabel 3.5. Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ ) (SNI 2833:2016) .....	37
Tabel 3.6. Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 Detik ( $F_v$ ) (SNI 2833:2016) .....	37
Tabel 4.1. Nilai <i>Modes Shapes</i> .....	40
Tabel 4.2. Nilai <i>Mode Shape</i> Maksimum UX, UY, UZ .....	42
Tabel 4.3. Nilai <i>Displacement</i> Maksimum U1, U2, U3 .....	44
Tabel 4.4. Kondisi <i>Run Analysis</i> Pada Beban Yang Terjadi .....	49
Tabel 4.5. Kondisi Batang/ <i>Frame</i> Yang Mengalami <i>Overstressed</i> Pada Gelagar Melintang (IWF 1100.400.16.28) .....	51
Tabel 4.6. Kondisi Batang/ <i>Frame</i> Yang Mengalami <i>Overstressed</i> Pada Ikatan Angin Atas (IWF 150.150.7.10) .....	53
Tabel 4.7. Nilai Tahanan Pada Batang/ <i>Frame Overstressed</i> .....	55



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta percepatan puncak di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	6
Gambar 2.2. Peta percepatan spektrum respons 0.2 detik dengan nisbah redaman 5% di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	7
Gambar 2.3. Peta percepatan respons spektrum 0.1 detik dengan nisbah redaman 5% di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	7
Gambar 2.4. Contoh jembatan rangka.....	9
Gambar 2.5. Tipe-tipe jembatan rangka.....	9
Gambar 2.6. Komponen jembatan rangka baja.....	10
Gambar 2.7. Jembatan rangka tipe warren.....	10
Gambar 2.8. Jumlah berat gandar 168 ton atau 87.5 ton/m .....	11
Gambar 2.9. Jumlah berat gandar 24 ton atau 5 ton/m .....	12
Gambar 2.10. Jika ada 6 atau 7 gandar yang dapat tempat perhitungan.....	12
Gambar 2.11. Jika ada 5 gandar yang dapat tempat perhitungan.....	12
Gambar 2.12. Jika ada 3 gandar yang dapat tempat perhitungan.....	13
Gambar 2.13. Jika ada 2 gandar yang dapat tempat perhitungan.....	13
Gambar 2.14. Jika ada 1 gandar yang dapat tempat perhitungan.....	13
Gambar 2.15. Beban lateral kereta.....	15
Gambar 2.16. Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah .....	19
Gambar 3.1. Ukuran panjang bentang dan tinggi jembatan.....	21
Gambar 3.2. Ukuran lebar jembatan .....	21
Gambar 3.3. Diagram alir pemodelan struktur jembatan.....	23
Gambar 3.4. Posisi profil baja pada rangka jembatan.....	25
Gambar 3.5. Pembuatan <i>grid</i> .....	26
Gambar 3.6. Tampilan <i>grid</i> yang telah dibuat .....	26
Gambar 3.7. <i>Input</i> dimensi profil baja pada <i>section properties</i> .....	27
Gambar 3.8. Model struktur jembatan .....	27
Gambar 3.9. Pemodelan 3D pada <i>SAP 2000 V.20</i> .....	28

Gambar 3.10. Susunan lokomotif (L), <i>carier</i> (C) dan gerbong/ <i>wagon</i> (W) .....	30
Gambar 3.11. Peta lokasi jembatan.....	34
Gambar 3.12. Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) .....	35
Gambar 3.13. Peta respon spektra percepatan gempa untuk periode pendek ( $T = 0,2$ detik) ( $S_s$ ) .....	35
Gambar 3.14. Peta respon spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik ( $S_1$ ).....	36
Gambar 3.15. Grafik respon spektra .....	39
Gambar 4.1. Grafik periode dan <i>mode shapes</i> UX .....	41
Gambar 4.2. Grafik periode dan <i>mode shapes</i> UY .....	41
Gambar 4.3. Grafik periode dan <i>mode shapes</i> UZ.....	42
Gambar 4.4. <i>Mode shapes</i> 6 arah UX .....	43
Gambar 4.5. <i>Mode shapes</i> 1 arah UY .....	43
Gambar 4.6. <i>Mode shapes</i> 4 arah UZ.....	43
Gambar 4.7. Grafik <i>displacement</i> U1 .....	45
Gambar 4.8. Grafik <i>displacement</i> U2 .....	45
Gambar 4.9. Grafik <i>displacement</i> U3 .....	46
Gambar 4.10. <i>Joint</i> 51 .....	46
Gambar 4.11. <i>Detail displacement joint</i> 51 .....	46
Gambar 4.12. <i>Joint</i> 54.....	47
Gambar 4.13. <i>Detail displacement joint</i> 54 .....	47
Gambar 4.14. <i>Joint</i> 25.....	47
Gambar 4.15. <i>Detail displacement joint</i> 25 .....	48
Gambar 4.16. Kondisi aman.....	50
Gambar 4.17. Kondisi tidak aman.....	50
Gambar 4.18. <i>Frame</i> gelagar melintang yang mengalami <i>overstressed</i> .....	51
Gambar 4.19. Batang/ <i>frame</i> 1 & 2 (IWF1100.400.16.28) yang mengalami <i>overstressed</i> .....	52
Gambar 4.20. Batang/ <i>frame</i> 7 (IWF1100.400.16.28) yang mengalami <i>overstressed</i> .....	52
Gambar 4.21. Grafik <i>ratio</i> batang/ <i>frame</i> 1, 2 dan 7 (IWF1100.400.16.28).....	52
Gambar 4.22. Batang/ <i>frame</i> ikatan angin atas yang mengalami <i>overstressed</i> .....	53

Gambar 4.23. Batang/frame 13-18 (IWF150.150.7.10) yang mengalami <i>overstressed</i> .....	54
Gambar 4.24. Batang/frame 19-22 (IWF150.150.7.10) yang mengalami <i>overstressed</i> .....	54
Gambar 4.25. Grafik <i>ratio</i> batang/frame 13-22 (IWF150.150.7.10) .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel Koefisien Respon Gempa Elastik Untuk  $T < T_0$
- Lampiran 2. Tabel Koefisien Respon Gempa Elastik Untuk  $T_0 \leq T \leq T_s$
- Lampiran 3. Tabel Koefisien Respon Gempa Elastik Untuk  $T > T_s$
- Lampiran 4. *Input* Material Dan Profil-Profil Baja
- Lampiran 5. *Load Patterns, Load Cases* dan *Load Combinations*
- Lampiran 6. Respon Spektrum
- Lampiran 7. Pembebanan Pada Model Struktur Jembatan
- Lampiran 8. Hasil *Run* Batang/*Frame Overstressed*

## DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN SINGKATAN

### Lambang dan Notasi

Ab	[M <sup>2</sup> ]	Luas bidang elemen batang
Ae	[M <sup>2</sup> ]	Luas efektif bidang elemen batang
A <sub>maks</sub>	[Ton/M]	Muatan gandar terbesar
At	[M <sup>2</sup> ]	Luas perimeter bidang elemen batang
As	[-]	Koefisien percepatan muka tanah
B	[Ton/M]	Beban rem dan traksi
C	[Ton/M]	Beban sentrifugal
C <sub>w</sub>	[-]	Koefisien angin
F <sub>a</sub>	[-]	Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0,2 detik
F <sub>PGA</sub>	[-]	Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0 detik
F <sub>v</sub>	[-]	Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0,1 detik
H <sub>t</sub>	[M]	Tinggi total
<i>i</i>	[-]	Faktor kejut
L	[M]	Panjang bentang
L <sub>f</sub>	[Ton/M]	Beban lateral kereta
L <sub>r</sub>	[Ton/M]	Beban rel longitudinal
PGA	[-]	Percepatan puncak batuan dasar
S <sub>s</sub>	[-]	Parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode pendek (T=0,2 detik)
S <sub>1</sub>	[-]	Parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode pendek (T=1,0 detik)
S <sub>D1</sub>	[-]	Nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik
S <sub>DS</sub>	[-]	Nilai spektra permukaan tanah pada periode 0,2 detik
T <sub>0</sub>	[detik]	Periode awal
T <sub>s</sub>	[detik]	Periode tertentu
T <sub>ew</sub>	[Ton/M <sup>2</sup> ]	Tekanan angin
V	[Km/jam]	Kecepatan maksimum kereta
V <sub>rencana</sub>	[Km/jam]	Kecepatan rencana kereta
V <sub>w</sub>	[Km/jam]	Kecepatan angin
α	[-]	Koefisien beban sentrifugal
φ	[-]	Koefisien luas bidang elemen batang

## DAFTAR ISTILAH

1. *Mode Shapes*  
*Mode Shapes* ialah bentuk struktur ketika menerima getaran pada frekuensi alami.
2. *Displacement*  
*Displacement* merupakan perubahan bentuk fisik material.
3. Tegangan  
Tegangan ialah intensitas gaya per satuan luas.
4. Peta *Hazard Gempa*  
Peta yang menggambarkan potensi bahaya bencana gempa.
5. Respon Spektra  
Spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik antara periode getar (T) dan nilai-nilai percepatan puncak yang dihitung melalui koefisien respon gempa elastik (Csm).
6. *Hollow*  
Profil baja yang berbentuk pipa kotak.
7. IWF (*I/Wide Flange*)  
Profil baja yang berbentuk seperti huruf I, memiliki sayap/*flange* pada penampang atas dan bawah dan memiliki b (lebar) kurang dari h (tinggi).
8. ASTM A36  
Material baja karbon rendah yang memiliki kekuatan yang cukup kuat dan mudah untuk dijadikan fabrikasi.
9. *Overstressed*  
Elemen struktur mengalami kelebihan kapasitas ijin tegangan.