

TUGAS AKHIR

**Analisis Respons Struktur Jembatan PCI Girder
dengan *Elastic Methods***

(Studi Kasus Jembatan PCI Girder Banyuwangi, Jawa Timur)

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada*

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Bung Hatta

Oleh :

NAMA : YOGI ARFANDI

NPM : 1610015211073



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS BUNG HATTA

PADANG

2021

UNIVERSITAS BUNG HATTA

KATA PENGANTAR

سَمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah سبحانه و تعالی, karena berkat rahmat dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Respons Struktur Jembatan PCI Girder dengan Elastic Methods”. Dalam tugas akhir ini dibahas mengenai perbandingan respons struktur jembatan dengan metode elastis. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk mengikuti sidang tugas akhir, Jurusan Teknik Sipil FTSP Universitas Bung Hatta Padang. Selama penelitian dan penulisan tugas akhir ini banyak sekali hambatan yang penulis alami, namun berkat bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis beranggapan bahwa tugas akhir ini merupakan karya terbaik yang dapat penulis persembahkan. Tetapi penulis menyadari bahwa tidak tertutup kemungkinan didalamnya terdapat kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Padang, Jan 2021

Penulis,

Yogi Arfandi

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan serta petunjuk dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Ayah dan Ibu atas do'a dan dukungan yang diberikan tiada henti.
2. Bapak Dr. Nengah Tela, ST.,MSc sebagai dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
3. Ibu Dr. Rini Mulyani,ST M.Eng sebagai Ketua Jurusan Prodi Teknik Sipil Universitas Bung Hatta
2. Bapak Dr.Ir.Wardi. M.Sc dan bapak Robby Permata, S.T., M.T., Ph.D, sebagai dosen pembimbing, pengajar sekaligus pendidik penulis. Beliau banyak memberikan saran, arahan dan kritik yang membangun selama penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Taufik. MT dan Bapak Khadavi, S.T., M.T, selaku dosen penguji sidang Tugas Akhir,
4. Dosen-dosen pengajar di Program Studi Teknik Sipil Universitas Bung Hatta
5. Teman-teman penulis angkatan 2016 yang telah banyak memberi masukan dan dorongan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini, dan
6. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Penulis telah berusaha mengerjakan tugas akhir ini semaksimal mungkin,

Wassalammualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Padang, Jan 2021

Penulis,

Yogi Arfandi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
UCAPAN TERIMA KASIH.....	II
DAFTAR ISI.....	III
HALAMAN PENGESAHAN.....	VIII
HALAMAN PERNYATAAN	IX
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR TABEL	XII
INTISARI.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat Penulisan	8
1.6 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II.....	10
TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Pengertian Jembatan.....	10
2.2 Klasifikasi Jembatan.....	10
2.3 Struktur Jembatan.....	11
2.3.1. Bangunan atas jembatan (<i>Superstructure</i>).....	11
2.3.2. Bangunan bawah jembatan (<i>Substructure</i>)	13
2.3.3. Pondasi (<i>Foundation</i>).....	13
2.4 Standar Pembebanan Jembatan	13
2.4.1. Beban Permanen.....	13
2.4.1.1. Umum	13
2.4.1.2. Beban Mati Tambahan (MA).....	14
2.4.1.3. Berat Sendiri (MS).....	14

2.4.2.	Beban Transien.....	15
2.4.2.1.	Beban Truk (T).....	15
2.4.2.2.	Beban Lajur (D).....	16
2.4.2.3.	Beban Pejalan Kaki (TP).....	17
2.4.3.	Kombinasi Pembebanan.....	17
2.5	Teori Gempa Bumi.....	18
2.5.1	Umum.....	18
2.5.2	Pengaruh Gempa.....	18
2.5.2.1.	Kelas Situs.....	19
2.5.2.2.	Klasifikasi Operasional.....	20
2.5.2.3.	Kategori Kinerja Seismik.....	21
2.5.3	Peta Gempa.....	21
2.6	Daktilitas Struktur.....	23
2.7	Karakteristik Struktur Bangunan.....	25
2.7.1	Massa.....	25
2.7.2	Getaran.....	25
2.7.3	Redaman.....	28
2.7.4	Kekakuan.....	28
2.8	Tujuan dan Metode Analisa Dinamik.....	31
2.8.1.	Metode Beban Merata (Uniform Load Method).....	31
2.8.2.	Metode Spektra Moda Tunggal (SingleMode Spectre Method)....	33
2.8.3.	Metode Spektra Multimoda (Multimode Spectra Method).....	34
2.9	Permodelan Struktur Jembatan.....	35
2.9.1.	Teori Permodelan.....	36
2.9.1.1.	Metode Elemen Hingga.....	36
2.9.2.	Langkah-Langkah Permodelan.....	40
2.9.2.1.	Data Struktur Permodelan.....	40
2.9.2.2.	Koordinat sistem.....	41
2.9.2.3.	Material dan Massa Properti.....	41

2.9.2.4. Parameter Data <i>input</i> Permodelan	42
BAB III.....	47
METODOLOGI PENELITIAN.....	47
3.1 Metodologi Penelitian	47
3.1.1. Pengumpulan Data	48
3.1.2. Analisis Respon Spektrum	48
3.1.3. Permodelan Struktur.....	48
3.1.4. Analisis Modal	48
3.1.5. Analisis Struktur.....	48
3.1.6. Analisis Hasil dan Pembahasan	49
3.1.7. Kesimpulan dan Saran.....	49
BAB IV	50
HASIL KERJA.....	50
4.1 Studi Kasus.....	50
4.2 Menentukan Propertis Penampang	51
4.3 Hasil Kerja.....	51
4.3.1. Analisis Respon Spektrum	51
4.3.2. Permodelan Struktur Jembatan	54
4.3.2.1. input penampang struktur	55
4.3.2.2. Input Pembebanan Jembatan	60
4.3.3. Titik yang ditinjau.....	64
4.3.4. Modal Analisis	64
4.3.5. Analisa Struktur	67
4.3.5.1. Metode Beban Merata (Uniform Unit Load).....	70
4.3.5.2. Metode Moda Tunggal (<i>Single Mode Method</i>).....	81
4.3.5.3. Metode Spektra Multimoda (<i>Multimode Spectra Method</i>)...92	
4.3.5.4. Kapasitas Penampang Girder Jembatan.....	98
BAB V.....	113
ANALISA DAN PEMBAHASAN	113

5.1.	Analisis Massa Participation Ratio dan Periode.....	113
5.1.1	Massa Participation Ratio	113
5.1.2	Periode (T)	114
5.1.3	Tegangan Penampang	114
5.2.	Perbandingan Respons Struktur dan Gaya Dalam <i>Elastic Methods</i>	115
5.2.1.	Periode (T)	115
5.2.2.	Beban Statik Ekuivalen (P_e)	115
5.2.3.	Gaya-Gaya dalam (M , L ,N dan Torsi).....	116
5.2.4.	Perpindahan Akibat Beban Kombinasi (Δ).....	119
BAB VI		122
KESIMPULAN DAN SARAN.....		122
6.1.	Kesimpulan.....	122
6.2	Saran.....	123
DAFTAR PUSTAKA		124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jembatan PCI Girder Banyuwangi, Jawa Timur	1
Gambar 1. 2 Diagram tegangan dan regangan	2
Gambar 1. 3 Daerah Banyuwangi, Jawa Timur	6
Gambar 2. 1 Jenis jembatan ditinjau dari kegunaannya.....	10
Gambar 2. 2 Jenis Jembatan Ditinjau dari Materialnya.	10
Gambar 2. 3 Jenis Jembatan Ditinjau dari Strukturnya.....	11
Gambar 2. 4 Pembebanan Truk – T (500 KN).....	16
Gambar 2. 5 Beban lajur D	16
Gambar 2. 6 Peta Percepatan Respon Spektra 0,2 Detik dibatuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun.....	22
Gambar 2. 7 Peta Percepatan Respon Spektra 0,2 Detik dibatuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun.....	22
Gambar 2. 8 Peta Percepatan Respon Spektra 1.0 Detik dibatuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun.....	23
Gambar 2. 9 Deformasi elastis pada struktur	24
Gambar 2. 10 Deformasi plastis pada struktur.....	24
Gambar 2. 11 Balok dengan Perletakan Sederhana (a) Kantilever (b) Sendi-Rol (c) Jepit-Rol.....	29
Gambar 2. 12 Perpindahan yang Terjadi pada Elemen Kabel dan Rangka Batang	29
Gambar 2. 13 Jenis Pilar dan Rumus kekakuannya	30
Gambar 2. 14 Tampak memanjang, pembebanan longitudinal.....	32
Gambar 2. 15 Tampak atas, pembebanan melintang	32
Gambar 2. 16 Diskretisasi Suatu Kontinum pada Metode Elemen Hingga	39
Gambar 2. 17 Sistem Koordinat Lokal	41
Gambar 4. 1 Potongan memanjang jembatan PCI Girder Banyuwangi.....	50
Gambar 4. 2 Penentuan Respons Spektrum di Permukaan Tanah Untuk Jembatan	52
Gambar 4. 3 Grafik Periode vs Percepatan untuk Semua Jenis Tanah	52
Gambar 4. 4 Grafik Respons spektrum Banyuwangi Jenis Tanah Sedang	53
Gambar 4. 5 Permodelan Struktur Jembatan Banyuwangi	55
Gambar 4. 6 <i>input</i> data PCI Girder bentang 40.6.....	56
Gambar 4. 7 <i>input</i> data PCI Girder bentang 16.8.....	56
Gambar 4. 8 <i>input</i> data gelagar melintang bentang tengah.....	57
Gambar 4. 9 <i>input</i> data gelagar melintang bentang tepi.....	57

Gambar 4. 10 <i>input</i> data pierhead pada <i>Section Designer</i>	58
Gambar 4. 11 <i>input</i> data dimensi pierleg dan middle pierbeam	58
Gambar 4. 12 <i>input</i> data dimensi abutment	59
Gambar 4. 13 <i>input</i> data pondasi.....	60
Gambar 4. 14 <i>input</i> beban barrier	61
Gambar 4. 15 <i>input</i> beban kendaraan.....	61
Gambar 4. 16 <i>input</i> beban aspal.....	62
Gambar 4. 17 <i>input</i> beban BGT	62
Gambar 4. 18 <i>input</i> beban BTR	63
Gambar 4. 19 Titik tinjau frame pada gelagar memanjang.....	64
Gambar 4. 20 Dimensi jembatan banyuwangi	67
Gambar 4. 21 Idealisasi struktur dan penerapan beban merata anggapan untuk moda getaran memanjang	70
Gambar 4. 22 <i>Input</i> beban virtual arah melintang 1 kn/m pada jembatan	73
Gambar 4. 23 <i>Momen</i> akibat beban statik ekuivalen pada sumbu kuat (V2 dan M3).....	76
Gambar 4. 24 <i>Axial</i> akibat beban statik ekuivalen pada sumbu kuat (V2 dan M3)	76
Gambar 4. 25 <i>Shear</i> akibat beban statik ekuivalen pada sumbu kuat (V2 dan M3)	76
Gambar 4. 26 <i>Momen</i> akibat beban statik ekuivalen	78
Gambar 4. 27 <i>shear</i> akibat beban statik ekuivalen	78
Gambar 4. 28 <i>Axial</i> akibat beban statik ekuivalen.....	78
Gambar 4. 29 <i>Momen</i> akibat beban statik ekuivalen (SMM 1)	86
Gambar 4. 30 <i>Shear</i> akibat beban statik ekuivalen (SMM 1).....	87
Gambar 4. 31 <i>Axial</i> akibat beban statik ekuivalen (SMM 1).....	87
Gambar 4. 32 <i>Momen</i> akibat beban statik ekuivalen (SMM 2)	88
Gambar 4. 33 <i>Axial</i> akibat beban statik ekuivalen (SMM 2).....	89
Gambar 4. 34 <i>Shear</i> akibat beban statik ekuivalen (SMM 2)	89
Gambar 4. 35 Perubahan bentuk Mode ke-1.....	92
Gambar 4. 36 Perubahan Bentuk Mode ke-2	93
Gambar 4. 37 Perubahan Bentuk Mode ke-3	93
Gambar 4. 38 Perubahan Bentuk Mode ke-4	93
Gambar 4. 39 Perubahan Bentuk Mode ke-5	94
Gambar 4. 40 Perubahan Bentuk Mode ke-6.....	94
Gambar 4. 41 Perubahan Bentuk Mode ke-7	94
Gambar 4. 42 Perubahan Bentuk Mode ke-8	94
Gambar 4. 439 Perubahan Bentuk Mode ke-9.....	95
Gambar 4. 44 Perubahan Bentuk Mode ke-10	95
Gambar 4. 45 Perubahan Bentuk Mode ke-11	95
Gambar 4. 46 Perubahan Bentuk Mode ke-12	95
Gambar 4. 47 Girder H-210	98

Gambar 4. 48 Girder H-210 cm Komposit.....	101
Gambar 4. 49 Penampang Girder H-210.....	104
Gambar 4. 50 Tendon Tengah Bentang	106
Gambar 4. 51 Tegangan Saat Kondisi Layan di tengah Bentang	108
Gambar 4. 52 Penampang Tepi Girder H-210	111

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 T8-Persyaratan analisis minimum untuk pengaruh gempa	4
Tabel 1. 2 T9-Persyaratan jembatan beraturan	5
Tabel 2. 1 Berat isi untuk Beban Mati	13
Tabel 2. 2 Faktor beban untuk beban mati tambahan	14
Tabel 2. 3 Faktor beban untuk berat sendiri.....	15
Tabel 2. 4 Zona Gempa	21
Tabel 4. 1 Data Seismic	53
Tabel 4. 2 Zona Gempa.....	54
Tabel 4. 3 Persyaratan Minimum Jembatan Beraturan	54
Tabel 4. 4 Menandakan bahwa Jembatan Banyuwangi termasuk kedalam Jembatan Beraturan.....	54
Tabel 4. 5 Periode dan frekuensi <i>Mode Shape</i> (Perubahan Bentuk).....	65
Tabel 4. 6 <i>Modal Load Participation Ratio</i>	66
Tabel 4. 7 Perpindahan metode beban seragam akibat beban melintang pada sumbu lemah (V3 dan M2)	73
Tabel 4. 8 Nilai <i>Momen Shear</i> dan <i>Axial</i> Kombinasi 1 pada Sumbu Kuat (V2 dan M3).....	76
Tabel 4. 9 Nilai <i>Momen Shear</i> dan <i>Axial</i> Kombinasi 2 pada Sumbu Kuat (V2 dan M3).....	78
Tabel 4. 10 Perpindahan metode beban merata akibat beban statik ekuivalen pada kombinasi 1 pada sumbu kuat (V2 dan M3)	80
Tabel 4. 11 Perpindahan metode beban merata akibat beban statik ekuivalen pada kombinasi 2 pada sumbu kuat (V2 dan M3)	81
Tabel 4. 12 Perpindahan akibat beban merata virtual melintang pada metode <i>single mode spectre</i> pada sumbu lemah (V3 dan M2)	83
Tabel 4. 13 Nilai <i>Momen Shear</i> dan <i>Axial</i> Kombinasi 1 pada Sumbu Kuat (V2 dan M3).....	87
Tabel 4. 14 Nilai <i>Momen Shear</i> dan <i>Axial</i> Kombinasi 2 pada Sumbu Kuat (V2 dan M3).....	89
Tabel 4. 15 Perpindahan metode <i>single mode spectra</i> akibat beban statik ekuivalen pada kombinasi 1 pada sumbu kuat (V2 dan M3).....	90
Tabel 4. 16 Perpindahan metode <i>single mode spectra</i> akibat beban statik ekuivalen pada kombinasi 2	91

Tabel 4. 17 Gaya- gaya dalam pada memanjang Momen dan Axial pada bentang 2-1/2 serta Geser pada Pilar 3 titik sumbu kuat (V2 dan M3).	96
Tabel 4. 18 Perpindahan maksimum mode 1 pada lokasi titik tinjau	97
Tabel 5. 1 Perbandingan Periode Antar Metode	115
Tabel 5. 2 Perbandingan Beban Statik Ekuivalen Antar Metode	115
Tabel 5. 3 Perbandingan Perpindahan Antar Metode	119