

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS PERENCANAAN DAN
PENEMPATAN *TUNED MASS DAMPER* (TMD) PADA
JEMBATAN KERETA API EKSISTING**



ORYZA HERDHA DWYANA

NPM: 2014410048

PEMBIMBING : Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda

KO-PEMBIMBING : Wivia Octarena Nugroho ST., MT

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2018**

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS PERENCANAAN DAN
PENEMPATAN *TUNED MASS DAMPER* (TMD) PADA
JEMBATAN KERETA API EKSISTING**



ORYZA HERDHA DWYANA

NPM: 2014410048

PEMBIMBING : Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda

KO-PEMBIMBING : Wivia Octarena Nugroho ST., MT

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2018**

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS PERENCANAAN DAN
PENEMPATAN *TUNED MASS DAMPER* (TMD) PADA
JEMBATAN KERETA API EKSISTING**



ORYZA HERDHA DWYANA

NPM: 2014410048

BANDUNG, 3 JANUARI 2018

KO-PEMBIMBING:

Wivia Octarena Nugroho ST., MT

PEMBIMBING:

Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Oryza Herdha Dwyana

NPM : 2014410048

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: STUDI ANALISIS PERENCANAAN DAN PENEMPATAN *TUNED MASS DAMPER* (TMD) PADA JEMBATAN KERETA API EKSTING adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 3 Januari 2018



2014410048

STUDI ANALISIS PERENCANAAN DAN PENEMPATAN TUNED MASS DAMPER (TMD) PADA JEMBATAN KERETA API EKSISTING

Oryza Herdha Dwyana
NPM: 2014410048

Pembimbing : Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda
Ko-Pembimbing: Wivia Octarena Nugroho ST., MT

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
Januari 2018

ABSTRAK

Jembatan eksisting di Indonesia kondisinya sangat beragam jika jembatan tersebut ingin dilewati oleh kereta api berkecepatan tinggi maka perlu dilakukan evaluasi, salah satu evaluasi yang dilakukan adalah evaluasi dari segi dinamik yaitu peralihan dan percepatan struktur. Sebagai studi kasus digunakan jembatan Cisomang dimodelkan dan dianalisis responsnya terhadap kereta berkecepatan tinggi SJ X2. Perencanaan *tuned mass damper* berdasarkan penyetelan frekuensi alami pertama dan kedua, penempatan yang dilakukan berdasarkan dari deformasi maksimum ragam pertama dan ragam kedua. Dalam studi kasus yang menggunakan perbandingan rasio massa 1% dan menggunakan 12 buah *tuned mass damper* percepatan struktur hanya memenuhi kriteria keamanan saja untuk kecepatan 50 km/jam, 100 km/jam, 150 km/jam, dan 200 km/jam. Sedangkan jika pada studi kasus yang menggunakan perbandingan rasio massa 1.6% dan menggunakan 13 buah *tuned mass dampers* percepatan struktur memenuhi kriteria keamanan dan kriteria kenyamanan untuk kecepatan 50 km/jam, 150 km/jam, 200 km/jam, untuk kecepatan 100 km/jam hanya memenuhi tingkat keamanan saja. Perencanaan frekuensi *tuned mass damper* yang paling optimum adalah terhadap frekuensi pertama.

Kata kunci : respon dinamik, *tuned mass damper*, SJ X2, frekuensi alami

ANALYSIS STUDY FOR THE PLANNING AND PLACING OF THE TUNED MASS DAMPER (TMD) ON AN EXISTING TRAIN BRIDGE

Oryza Herdha Dwyana
NPM: 2014410048

Advisor : Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda
Co-Advisor : Wivia Octarena Nugroho ST., MT

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING

(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
January 2018

ABSTRACT

Some of existing railway bridges in Indonesia are more than 80 years old. As the train speed increased for highspeed, the bridges need to be evaluated due to highspeed train. One of the evaluations is an evaluation from a dynamic response that are the deformation and acceleration of the structure. The Cisomang Bridge is used as the case study, which the response is modeled and analyzed due to the high-speed train SJ X2. The tuned mass damper design is based on the first and second variety of the natural frequency setting, the placing of tuned mass dampers is based on the first and second mode of maximum deformations. In the study case which uses the mass ratio comparison of 1% and uses 12 tuned mass dampers, the structure acceleration only fulfill the safety criteria for the speed of 50 km/h, 100 km/h, 150 km/h, and 200 km/h. While the study case with the use of the mass ratio comparison of 1.6% and uses 13 tuned mass dampers, the structure acceleration fulfill the safety and comfort criteria for the speed of 50 km/h, 150 km/h, and 200 km/h, while the 100 km/h speed only fulfilled the safety criteria. The most effective design of tuned mass damper is using first natural frequency.

Keywords: dynamic response, tuned mass damper, SJ X2, natural frequency

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ” STUDI ANALISIS PERENCANAAN DAN PENEMPATAN *TUNED MASS DAMPER* (TMD) PADA JEMBATAN KERETA API EKSISTING”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr.–Ing. Dina Rubiana Widarda selaku dosen pembimbing dalam pembuatan skripsi ini.
2. Wivia Octarena Nugroho ST., MT selaku ko - pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dalam pembuatan skripsi ini.
3. Dr. Paulus Kartawijaya, selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan.
4. Nenny Samudra, Ir., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan.
5. Seluruh dosen UNPAR yang telah membagikan ilmunya kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
6. Papa dan Mama dan keluarga atas sayang dan doa yang diberikan kepada penulis.
7. Erwin Sanjaya sebagai teman seperjuangan dalam penulisan skripsi ini.
8. Regina Charisty Kurnia S.T. dan Andy Tai Yang S.T atas bantuannya yang diberikan kepada penulis.
9. Iffan, Cindy, Julius, Henry, Cristiawan yang selalu mendukung proses pengerjaan skripsi ini.
10. Seluruh teman-teman Sipil 2014 yang telah menemani penulis selama di bangku kuliah.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis menerima saran dan kritik yang bersifat membangun guna memperbaikinya di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi orang – orang yang membacanya.

Bandung, 3 Januari 2018



Oryza Herdha Dwyana

2014410048

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-1
1.3 Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Pembatasan Masalah	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Dinamika Struktur	2-1
2.1.1 Jenis – Jenis Beban Dinamik	2-1
2.1.2 Persamaan Dinamik	2-2
2.1.3 Respons Sistem Berderajat Satu Dengan Redaman dan Gaya Luar Konstan	2-4
2.1.4 Derajat Kebebasan Banyak (<i>Multi Degree of Freedom</i>)	2-5
2.1.5 Frekuensi Alami dan Perioda	2-7
2.1.6 Resonansi	2-8
2.2 Pembebanan Jembatan	2-8

2.2.1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	2-9
2.2.2	Beban Dinamik (<i>Dynamic Load</i>).....	2-9
2.3	Sistem Kontrol Pada Jembatan	2-11
2.3.1	Jenis – Jenis <i>Tuned Mass Dampers</i>	2-13
2.3.2	Perencanaan <i>Tuned Mass Damper</i>	2-15
2.4	Kereta X2.....	2-16
2.5	Parameter	2-17
2.5.1	Parameter Keamanan.....	2-17
2.5.2	Parameter Kenyamanan.....	2-18
2.5.3	Parameter Peralihan.....	2-18
BAB 3 STUDI KASUS		3-1
3.1	Pemodelan Struktur	3-1
3.1.1	Data Jembatan.....	3-2
3.1.2	Material Jembatan.....	3-3
3.2	Beban Dinamik Kereta Api	3-6
3.3	Pemodelan <i>Tuned Mass Damper</i>	3-11
BAB 4 ANALISIS Dan pembahasan		4-1
4.1	Frekuensi Alami Struktur	4-1
4.2	Analisis Respons Struktur Akibat Beban Statik	4-2
4.2.1	Deformasi Struktur Akibat Beban Statik.....	4-2
4.3	Analisis Respons Struktur Akibat Beban Dinamik	4-2
4.3.1	Analisis Peralihan Struktur	4-2
4.3.2	Analisis Percepatan Struktur	4-3
4.3.3	Analisis Percepatan Struktur Menggunakan <i>Tuned Mass Damper</i> ..	4-6
4.3.3.1	Perencanaan <i>Tuned Mass Damper</i> dengan Perbandingan Massa Struktur dengan Massa <i>Tuned Mass Damper</i> 1%.	4-6

4.2.3.1.1	Penempatan <i>Tuned Mass Damper</i> 1% pada Deformasi Maksimum Ragam Pertama	4-7
4.3.3.1.2	Penempatan <i>Tuned Mass Damper</i> 1% pada Deformasi Maksimum Ragam Kedua.....	4-11
4.3.3.2	Perencanaan <i>Tuned Mass Damper</i> dengan Perbandingan Massa Struktur dengan Massa <i>Tuned Mass Damper</i> 1,6%.....	4-16
4.2.3.2.1	Penempatan <i>Tuned Mass Damper</i> 1,6% pada Deformasi Maksimum Ragam Pertama	4-16
4.2.3.2.2	Penempatan <i>Tuned Mass Damper</i> 1,6% pada Deformasi Maksimum Ragam Kedua.....	4-21
4.4	Frekuensi Beban dan Cek Resonansi	4-26
4.5	Analisis Frekuensi Alami Dominan Dengan FFT	4-27
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA		xvii

DAFTAR NOTASI

u	: Perpindahan (m)
\dot{u}	: Kecepatan (m/s)
\ddot{u}	: Percepatan (m/s ²)
u_0	: Perpindahan awal (m)
v_0	: Kecepatan awal (m/s)
k	: Kekakuan (N/m)
c	: Redaman (N.s/m)
m	: Massa (kg)
p_0	: Gaya luar yang bekerja (N)
f_{Si}	: Gaya kekakuan (N)
f_{Ii}	: Gaya inersia (N)
f_{Di}	: Gaya redaman (N)
f	: Frekuensi getar (Hz)
ω	: Frekuensi alami (rad/detik)
T	: Periode getar (detik)
f_T	: Gaya yang diterima oleh jembatan (N)
m_p	: Massa struktur (kg)
m_T	: Massa <i>tuned mass dampers</i> (kg)
μ	: Perbandingan rasio massa struktur dengan massa <i>tuned mass dampers</i>
α	: Koefisien frekuensi <i>tuned mass dampers</i>
ω_0	: Frekuensi alami struktur (rad/s)
ω_T	: Frekuensi <i>tuned mass dampers</i> (rad/s)
k_T	: Kekakuan <i>tuned mass dampers</i> (N/m)
D_{opt}	: Koefisien redaman <i>tuned mass dampers</i>
d_T	: Redaman <i>tuned mass dampers</i> (N.s/m)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karakteristik dan tipe pembebanan: (a) harmonis; (b) kompleks; (c) impuls; (d) durasi panjang.....	2-2
Gambar 2. 2 (a) pemodelan sistem berderajat satu; (b) freebody diagram dari sistem berderajat tunggal.....	2-2
Gambar 2. 3 Pemodelan sistem berderajat satu dengan redaman dan gaya luar konstan	2-4
Gambar 2. 4 Multi Degree of Freedom	2-5
Gambar 2. 5 <i>Single moving load</i>	2-9
Gambar 2. 6 <i>Moving mass</i>	2-9
Gambar 2. 7 <i>Moving mass</i> dengan kekakuan dan redaman.....	2-10
Gambar 2. 8 Pemodelan beban kereta	2-10
Gambar 2. 9 Kontrol pasif pada struktur	2-11
Gambar 2. 10 Kontrol aktif pada struktur.....	2-12
Gambar 2. 11 MTMD – V	2-13
Gambar 2. 12 MTMD – H.....	2-14
Gambar 2. 13 MTMD – P.....	2-14
Gambar 2. 14 Adaptive ATMD	2-15
Gambar 2. 15 Pemodelan struktur dan <i>tuned mass damper</i>	2-15
Gambar 2. 16 Sketsa kereta X2	2-17
Gambar 3. 1 Pemodelan Jembatan Cisomang	3-1
Gambar 3. 2 Perletakan jepit	3-1
Gambar 3. 3 Perletakan sendi.....	3-1
Gambar 3. 4 Tampak Depan Jembatan.....	3-2
Gambar 3. 5 Tampak Atas Jembatan.....	3-3
Gambar 3. 6 Penampang I	3-4
Gambar 3. 7 Penampang kotak.....	3-4
Gambar 3. 8 Penampang tapered box.....	3-5
Gambar 3. 9 Grafik fungsi beban kereta.....	3-6
Gambar 3. 10 Grafik fungsi beban kereta.....	3-6
Gambar 3. 11 Pemodelan beban kereta	3-7

Gambar 3. 12	Pembebanan kereta tengah bentang kecepatan 50 km/jam	3-8
Gambar 3. 13	Pembebanan kereta tengah bentang kecepatan 100 km/jam	3-9
Gambar 3. 14	Pembebanan kereta tengah bentang kecepatan 150 km/jam	3-10
Gambar 3. 15	Pembebanan kereta tengah bentang kecepatan 200 km/jam	3-11
Gambar 3. 16	Pemodelan tuned mass damper pada MIDAS	3-11
Gambar 4. 1	Bentuk ragam getar pertama	4-1
Gambar 4. 2	Bentuk ragam getar kedua	4-1
Gambar 4. 3	Deformasi struktur akibat beban statik	4-2
Gambar 4. 4	Grafik peralihan maksimum struktur	4-3
Gambar 4. 5	Grafik percepatan maksimum struktur tanpa TMD	4-4
Gambar 4. 6	Grafik Percepatan struktur kecepatan 50 km/jam	4-5
Gambar 4. 7	Grafik Percepatan struktur kecepatan 100 km/jam	4-5
Gambar 4. 8	Grafik Percepatan struktur kecepatan 150 km/jam	4-5
Gambar 4. 9	Grafik Percepatan struktur kecepatan 200 km/jam	4-6
Gambar 4. 10	Penempatan tuned mass damper 1% ragam pertama	4-7
Gambar 4. 11	Perbandingan persentase pada ragam pertama TMD 1%	4-7
Gambar 4. 12	Perbandingan TMD 1% frek 1 ragam 1 (V = 50 km/jam)	4-8
Gambar 4. 13	Perbandingan TMD 1% frek 2 ragam 1 (V = 50 km/jam)	4-9
Gambar 4. 14	Perbandingan TMD 1% frek 1 ragam 1 (V = 100 km/jam)	4-9
Gambar 4. 15	Perbandingan TMD 1% frek 2 ragam 1 (V = 100 km/jam)	4-9
Gambar 4. 16	Perbandingan TMD 1% frek 1 ragam 1 (V = 150 km/jam)	4-10
Gambar 4. 17	Perbandingan TMD 1% frek 2 ragam 1 (V = 150 km/jam)	4-10
Gambar 4. 18	Perbandingan TMD 1% frek 1 ragam 1 (V = 200 km/jam)	4-10
Gambar 4. 19	Perbandingan TMD 1% frek 2 ragam 1 (V = 200 km/jam)	4-11
Gambar 4. 20	Penempatan tuned mass damper 1% ragam kedua	4-11
Gambar 4. 21	Perbandingan persentase pada ragam kedua TMD 1%	4-12
Gambar 4. 22	Perbandingan TMD 1% frek 1 ragam 2 (V = 50 km/jam)	4-13
Gambar 4. 23	Perbandingan TMD 1% frek 2 ragam 2 (V = 50 km/jam)	4-13
Gambar 4. 24	Perbandingan TMD 1% frek 1 ragam 2 (V = 100 km/jam)	4-14
Gambar 4. 25	Perbandingan TMD 1% frek 2 ragam 2 (V = 100 km/jam)	4-14
Gambar 4. 26	Perbandingan TMD 1% frek 1 ragam 2 (V = 150 km/jam)	4-14
Gambar 4. 27	Perbandingan TMD 1% frek 2 ragam 2 (V = 150 km/jam)	4-15

Gambar 4. 28	Perbandingan TMD 1% frek 1 ragam 2 ($V = 200$ km/jam).....	4-15
Gambar 4. 29	Perbandingan TMD 1% frek 2 ragam 2 ($V = 200$ km/jam).....	4-15
Gambar 4. 30	Penempatan tuned mass dampers 1.6% ragam pertama	4-16
Gambar 4. 31	Perbandingan persentase pada ragam pertama TMD 1.6%	4-17
Gambar 4. 32	Perbandingan TMD 1.6% frek 1 ragam 1 ($V = 50$ km/jam).....	4-18
Gambar 4. 33	Perbandingan TMD 1.6% frek 2 ragam 1 ($V = 50$ km/jam).....	4-18
Gambar 4. 34	Perbandingan TMD 1.6% frek 1 ragam 1 ($V = 100$ km/jam)....	4-19
Gambar 4. 35	Perbandingan TMD 1.6% frek 2 ragam 1 ($V = 100$ km/jam)....	4-19
Gambar 4. 36	Perbandingan TMD 1.6% frek 1 ragam 1 ($V = 150$ km/jam)....	4-19
Gambar 4. 37	Perbandingan TMD 1.6% frek 2 ragam 1 ($V = 150$ km/jam)....	4-20
Gambar 4. 38	Perbandingan TMD 1.6% frek 1 ragam 1 ($V = 200$ km/jam)....	4-20
Gambar 4. 39	Perbandingan TMD 1.6% frek 2 ragam 1 ($V = 200$ km/jam)....	4-20
Gambar 4. 40	Penempatan tuned mass damper 1.6% ragam kedua	4-21
Gambar 4. 41	Perbandingan persentase pada ragam kedua TMD 1.6%	4-21
Gambar 4. 42	Perbandingan TMD 1.6% frek 1 ragam 2 ($V = 50$ km/jam).....	4-22
Gambar 4. 43	Perbandingan TMD 1.6% frek 2 ragam 2 ($V = 50$ km/jam).....	4-23
Gambar 4. 44	Perbandingan TMD 1.6% frek 1 ragam 2 ($V = 100$ km/jam)....	4-23
Gambar 4. 45	Perbandingan TMD 1.6% frek 2 ragam 2 ($V = 100$ km/jam)....	4-23
Gambar 4. 46	Perbandingan TMD 1.6% frek 1 ragam 2 ($V = 150$ km/jam)....	4-24
Gambar 4. 47	Perbandingan TMD 1.6% frek 2 ragam 2 ($V = 150$ km/jam)....	4-24
Gambar 4. 48	Perbandingan TMD 1.6% frek 1 ragam 2 ($V = 200$ km/jam)....	4-24
Gambar 4. 49	Perbandingan TMD 1.6% frek 2 ragam 2 ($V = 200$ km/jam)....	4-25
Gambar 4. 50	Efektivitas TMD 1%	4-25
Gambar 4. 51	Efektivitas TMD 1.6%	4-26
Gambar 4. 52	FFT Kecepatan 50 km/jam	4-27
Gambar 4. 53	FFT Kecepatan 100 km/jam	4-28
Gambar 4. 54	FFT kecepatan 150 km/jam	4-29
Gambar 4. 55	FFT kecepatan 200 km/jam	4-29

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Kereta X2.....	2-17
Tabel 2. 2 Tingkat kenyamanan berkendara.....	2-18
Tabel 2. 3 Syarat Peralihan.....	2-18
Tabel 3. 1 Studi kasus pada rasio massa 1%	3-2
Tabel 3. 2 Studi kasus pada rasio massa 1,6%	3-2
Tabel 3. 3 Spesifikasi material S355J0.....	3-3
Tabel 3. 4 Spesifikasi material S235J0.....	3-3
Tabel 3. 5 Ukuran penampang I	3-4
Tabel 3. 6 Ukuran penampang kotak.....	3-5
Tabel 3. 7 Ukuran penampang tapered beam	3-5
Tabel 3. 8 Pembebanan kereta tengah bentang kecepatan 50 km/jam	3-7
Tabel 3. 9 Pembebanan kereta tengah bentang kecepatan 100 km/jam	3-8
Tabel 3. 10 Pembebanan kereta tengah bentang kecepatan 150 km/jam	3-9
Tabel 3. 11 Pembebanan kereta tengah bentang kecepatan 200 km/jam	3-10
Tabel 3. 12 Dimensi tuned mass damper.....	3-12
Tabel 4. 1 Tabel Frekuensi Alami dan Ragam Getar Struktur	4-1
Tabel 4. 2 Tabel peralihan maksimum struktur.....	4-3
Tabel 4. 3 Tabel Percepatan maksimum struktur tanpa TMD.....	4-4
Tabel 4. 4 Konfigurasi satuan TMD 1%	4-6
Tabel 4. 5 Percepatan struktur dengan TMD 1% penempatan ragam pertama ...	4-7
Tabel 4. 6 Percepatan struktur dengan TMD 1% penempatan ragam kedua	4-11
Tabel 4. 7 Konfigurasi satuan TMD 1.6%	4-16
Tabel 4. 8 Percepatan struktur TMD 1.6% penempatan ragam pertama.....	4-17
Tabel 4. 9 Percepatan struktur TMD 1.6% penempatan ragam kedua.....	4-21
Tabel 4. 10 Frekuensi Beban	4-26
Tabel 4. 11 Amplitudo kecepatan 50 km/jam	4-27
Tabel 4. 12 Amplitudo kecepatan 100 km/jam	4-28
Tabel 4. 13 Amplitudo kecepatan 150 km/jam	4-29
Tabel 4. 14 Amplitudo kecepatan 200 km/jam	4-30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan *Tuned Mass Damper*

Lampiran 2 *Coding* Pada Matlab

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang digunakan oleh masyarakat. Untuk menunjang kelancaran lalu lintas kereta api, salah satu prasarana yang diperlukan adalah jembatan. Jembatan eksisting di Indonesia yang digunakan untuk prasarana kereta api kondisinya bervariasi dari yang tua sampai yang baru. Dengan seiringnya perkembangan teknologi kereta api, maka kecepatan kereta api menjadi bertambah cepat. Karena adanya kereta api berkecepatan tinggi, maka diperlukan evaluasi pada jembatan kereta api eksisting yang bertujuan supaya struktur mampu untuk dilintasi oleh kereta berkecepatan tinggi dengan aman dan nyaman. Kereta api yang melaju dengan kecepatan tinggi akan mempengaruhi respons jembatan yang dilaluinya.

Untuk memperbaiki kinerja struktur eksisting dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain, penggunaan elemen pengaku, penggunaan prategang eksternal dan penggunaan *tuned mass damper* (TMD). Penggunaan *tuned mass damper* (TMD) sering dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi respons struktur yang berlebih. Respons struktur dapat berupa peralihan, kecepatan, percepatan.

1.2 Inti Permasalahan

Kereta api berkecepatan tinggi yang melintas jembatan akan mengakibatkan getaran pada struktur tersebut. Respon struktur terdiri dari peralihan, kecepatan, percepatan. Penggunaan *tuned mass damper* (TMD) dilakukan untuk mengurangi respons struktur yang berlebih supaya struktur tersebut dapat memenuhi tingkat kenyamanan dan tingkat keamanan. Dalam pemasangan *tuned mass damper* (TMD), *tuned mass damper* (TMD) akan bekerja secara efektif bila dengan benar diset ke frekuensi alami tertentu atau dengan kata lain ke mode getaran tertentu.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan skripsi adalah menganalisis respons struktur sebelum penggunaan *tuned mass damper* (TMD) dan sesudah penggunaan *tuned mass damper* (TMD) yang ditimbulkan oleh kereta api berkecepatan tinggi. Pemasangan dan perencanaan *tuned mass damper* (TMD) berdasarkan dari berbagai mode getaran struktur. Dari berbagai perencanaan yang diset ke frekuensi alami berdasarkan mode getaran struktur, maka didapatkan perencanaan dari suatu mode getaran struktur yang paling efektif.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Model jembatan berdasarkan desain jembatan eksisting yaitu jembatan Cisomang, Purwakarta, Indonesia.
2. Beban yang bekerja adalah beban kereta api, dan berat sendiri dari struktur jembatan.
3. Kereta yang digunakan sebagai pembebanan adalah kereta *SJ X2*.
4. Peninjauan dilakukan hanya bagian struktur atas dan bermaterial baja.
5. Respons dinamik yang ditinjau adalah peralihan struktur, dan percepatan struktur.
6. Kecepatan kereta api yang ditinjau adalah 50 km/jam, 100 km/jam, 150 km/jam, 200 km/jam.
7. Sistem kontrol yang digunakan adalah kontrol pasif yang berupa *tuned mass damper* yang bekerja pada arah vertikal.
8. Perancangan dan penempatan *tuned mass damper* berdasarkan mode ragam pertama dan ragam kedua.
9. Pemodelan jembatan kereta api dan analisis struktur menggunakan program *Midas Civil*.

1.5 Metode Penelitian

Skripsi ini menggunakan dua metode penelitian, yaitu:

1. Studi Pustaka

Studi Pustaka adalah studi yang dilakukan untuk memahami dasar - dasar tentang proses analisis yang dilakukan. Studi pustaka dapat diperoleh dari buku teks, jurnal, dan peraturan yang berlaku.

2. Studi Analisis

Studi analisis merupakan studi yang menggunakan pemodelan sebagai salah satu sarana untuk mencari data dan informasi. Studi analisis pada skripsi ini menggunakan program *Midas Civil* untuk melakukan analisis respons struktur dan pemodelan jembatan kereta api.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab yang akan dijelaskan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini merupakan pengantar skripsi yang meliputi latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metoda penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas dasar – dasar teori yang berkaitan dengan studi analisis yang akan dilakukan.

BAB 3 STUDI KASUS

Pada bab ini membahas spesifikasi dari jembatan kereta api yang ditinjau, melakukan pemodelan struktur, pemodelan beban dinamik kereta api, pemodelan *tuned mass damper*.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini melakukan analisis respons dinamik struktur sebelum penggunaan *tuned mass damper* (TMD) dan sesudah penggunaan *tuned mass damper* (TMD). Penggunaan dan perencanaan *tuned mass damper* (TMD) berdasarkan dari berbagai mode getaran struktur. Respons dinamik berupa peralihan dan percepatan struktur.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang dilakukan