

TUGAS AKHIR

**STUDI PERILAKU DINAMIS STRUKTUR JEMBATAN
GANTUNG PEJALAN KAKI AKIBAT BEBAN MANUSIA
BERGERAK
(Studi Kasus : Jembatan Pejalan Kaki Bendung Prafi)**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik

di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

Muhammad Rizal Fadli

20170110025

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

2021

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rizal Fadli
NIM : 20170110025
Judul : Studi Perilaku Dinamis Struktur Jembatan Gantung
Pejalan Kaki Akibat Beban Manusia Bergerak
(Studi Kasus : Jembatan Pejalan Kaki Bendung Prafi)

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, 22 April 2021

Yang membuat pernyataan



Muhammad Rizal Fadli

20170110025

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yang telah banyak mendukung dan menolong saya dalam banyak hal. Tugas akhir ini hanya persembahan kecil dari saya jika mengingat semua yang telah Ibu dan Bapak berikan kepada saya. Maka dari itu, saya harap dengan persembahan kecil ini dapat sedikit memberikan rasa senang dan rasa bangga kepada Ibu dan Bapak yang telah membesarkan saya hingga akhirnya saya bisa menyelesaikan studi saya hingga mendapatkan gelar sarjana seperti yang Ibu dan Bapak harapkan dari saya. Terima kasih untuk semua yang Ibu dan Bapak berikan, saya mengerti tidak ada satupun pemberian dan pengorbanan kalian yang dapat digantikan. Tapi saya harap dengan selesainya tugas akhir ini dan selesainya studi saya dapat memberikan senyuman diwajah Ibu dan Bapak. Tugas akhir ini saya persembahkan juga untuk teman-teman saya yang sudah memberikan semangat, motivasi dan inspirasi semasa kuliah dan semasa pengerjaan tugas akhir ini. Mereka selalu hadir saat dimana saya tidak tahu harus kemana mencari solusi, mereka selalu datang memberi semangat memperluas pandangan saya sehingga saya mendapat banyak sekali inspirasi dan ide-ide yang dapat saya tuangkan dalam tugas akhir ini. Sebagai penutup dari persembahan ini, saya ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendorong saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga tulisan saya ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya dan semoga tugas akhir ini dapat membantu adik-adik saya dan semua orang yang membacanya.

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 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Puji Harsanto, ST, MT, Ph.D., selaku ketua program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Dr. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing.
3. Dr. Seplika Yadi, S.T., M.T., selaku dosen penguji.
4. Kedua orang tua yang selalu memotivasi dan mendoakan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. MDMC PDM Sleman, yang telah menyediakan fasilitas untuk pengerjaan tugas akhir ini selama pelaksanaan KKN.

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, April 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG	xiv
DAFTAR SINGKATAN	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	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Komponen jembatan	10
2.2.2 Getaran bebas, periode getar, frekuensi sudut dan frekuensi alami	11
2.2.3 Perilaku struktur SDOF dengan beban harmonic yang diredam ...	12
2.2.4 Pembebanan pada struktur	17
2.2.5 Beban dinamis manusia bergerak	19
2.2.6 Respon resonansi	20
2.2.7 Cek desain elemen struktur	21

2.2.8	Gaya tarik tendon	23
2.2.9	Faktor pembesaran dinamis	25
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1	Data - Data Teknis.....	26
3.1.1	Data umum jembatan.....	26
3.1.2	Spesifikasi jembatan.....	26
3.2	Uraian Tahapan Studi.....	27
3.3	Rancangan Studi.....	29
3.4	Lokasi Studi.....	30
3.5	Pemodelan Struktur Jembatan Gantung	31
3.5.1	Pendefinisian data material dan dimensi penampang.....	32
3.5.2	Pemodelan	34
3.6	Pembebanan Struktur Jembatan	41
3.6.1	Pembebanan dan kombinasi	41
3.6.2	Tahapan pembebanan	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		46
4.1	Umum.....	46
4.2	Cek Desain Elemen Struktur Jembatan Menggunakan <i>SAP2000</i>	46
4.2.1	Cek desain balok memanjang.....	46
4.2.2	Cek desain balok melintang.....	48
4.2.3	Cek desain ikatan angin.....	49
4.2.4	Cek desain <i>pylon</i>	50
4.2.5	Cek desain baja penggantung \varnothing 16 mm.....	52
4.2.6	Cek desain kabel <i>wire rope</i> \varnothing 1 inchi	53
4.2.7	Cek lendutan.....	54
4.3	Pengaruh Beban Dinamis Manusia Berjalan Terhadap Kabel Penggantung Jembatan.....	55
4.4	Model Beban Dinamis Manusia.....	57
4.5	Frekuensi Alami dan <i>Mode Shape</i>	61
4.5.1	Frekuensi alami	61
4.5.2	<i>Mode shape</i> (bentuk model)	61
4.6	<i>Deformed Shape</i>	68

4.7	Frekuensi Struktur Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan	69
4.8	<i>Displacement</i> Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		77
5.1	Kesimpulan.....	77
5.2	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai V_o dan Z_o untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu (SNI 1725:2016)	19
Tabel 2.2	Tekanan angin dasar (SNI 1725:2016)	19
Tabel 4.1	Sepuluh koefisien <i>fourier</i> dan sudut fase pertama	58
Tabel 4.2	$F_{(t)}$ manusia berjalan normal berdasarkan fungsi waktu	58
Tabel 4.3	Frekuensi alami dan <i>mode shape</i> jembatan gantung pejalan kaki	67
Tabel 4.4	Perbandingan frekuensi dinamis dan frekuensi alami struktur jembatan gantung pejalan kaki	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Struktur SDOF dengan beban harmonik (Pawirodikromo, 2017).	13
Gambar 2. 2	Transformasi nilai C (Pawirodikromo, 2017)	15
Gambar 2. 3	Respon struktur SDOF dengan getaran harmonik yang diredam (Pawirodikromo, 2017).....	16
Gambar 2. 4	Pembebanan untuk pejalan kaki (RSNI T-02-2005)	17
Gambar 2. 8	Model beban dinamis berdasarkan fungsi waktu (Bachmann, H., dan Ammann (1987).....	20
Gambar 3. 1	Jembatan Bendung Prafi, Kabupaten Manokwari	26
Gambar 3.2	Diagram alir studi perilaku dinamis struktur jembatan gantung pejalan kaki akibat beban manusia bergerak	28
Gambar 3.3	Lokasi penelitian (Google Earth, 2020)	30
Gambar 3.4	Tampilan gridline jembatan gantung pejalan kaki	31
Gambar 3.5	Tampilan menu material property data.....	33
Gambar 3.6	Tampilan menu frame properties.....	34
Gambar 3.7	Tampilan menu properties of object.....	34
Gambar 3.8	Tampilan model elemen balok	35
Gambar 3.9	Tampilan menu properties of object.....	35
Gambar 3.10	Tampilan model elemen ikatan angin.....	36
Gambar 3.11	Tampilan menu properties of object.....	36
Gambar 3.12	Tampilan model pelat	36
Gambar 3. 13	Tampilan menu properties of object.....	37
Gambar 3.14	Tampilan model elemen pylon	37
Gambar 3.15	Tampilan menu properties of object.....	38
Gambar 3.16	Tampilan model elemen besi penggantung	38
Gambar 3.17	Tampilan menu properties of object.....	39
Gambar 3.18	Tampilan menu cable geometry	39
Gambar 3.19	Tampilan model elemen wire rope	40
Gambar 3.20	Tampilan perletakan pada jembatan	40
Gambar 3.21	Tampilan menu define load pattern.....	43
Gambar 3.22	Tampilan menu define load case	43

Gambar 3.23	Tampilan load combination data	44
Gambar 3.24	Tampilan menu design load combinations selection.....	45
Gambar 4.1	Cek gaya dalam baja penggantung Ø 16 mm	52
Gambar 4.2	Cek gaya dalam wire rope Ø 1 inchi	53
Gambar 4.3	Grafik $F_{(t)}$ manusia berjalan normal berdasarkan fungsi waktu	59
Gambar 4.4	Time history function definition.....	59
Gambar 4.5	Tampilan lintasan beban dinamis manusia.....	60
Gambar 4.6	Tampilan menu multi step vehicle live load pattern beban manusia berjalan	60
Gambar 4.7	Mode shape 1 jembatan gantung pejalan kaki.....	61
Gambar 4.8	Mode shape 2 jembatan gantung pejalan kaki.....	62
Gambar 4.9	Mode shape 3 jembatan gantung pejalan kaki.....	62
Gambar 4.10	Mode shape 4 jembatan gantung pejalan kaki.....	63
Gambar 4.11	Mode shape 5 jembatan gantung pejalan kaki.....	63
Gambar 4.12	Mode shape 6 jembatan gantung pejalan kaki.....	64
Gambar 4.13	Mode shape 7 jembatan gantung pejalan kaki.....	64
Gambar 4.14	Mode shape 8 jembatan gantung pejalan kaki.....	65
Gambar 4.15	Mode shape 9 jembatan gantung pejalan kaki.....	65
Gambar 4.16	Mode shape 10 jembatan gantung pejalan kaki.....	66
Gambar 4.17	Mode shape 11 jembatan gantung pejalan kaki.....	66
Gambar 4.18	Mode shape 12 jembatan gantung pejalan kaki.....	67
Gambar 4.19	Deformed shape jembatan gantung pejalan kaki akibat beban manusia berjalan.....	68
Gambar 4.20	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 2,8 m.....	69
Gambar 4.21	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 7,6 m.....	70
Gambar 4.22	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 12,4 m.....	70
Gambar 4.23	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 17,2 m.....	71
Gambar 4.24	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 22 m.....	71
Gambar 4.25	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 26,8 m.....	72
Gambar 4.26	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 31,6 m.....	72
Gambar 4.27	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 36,4 m.....	73
Gambar 4.28	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 41,2 m.....	73

Gambar 4.29	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 46 m.....	74
Gambar 4.30	Frekuensi jembatan gantung pejalan kaki pada jarak 50 m.....	74
Gambar 4.31	Displacement akibat beban dinamis manusia berjalan.....	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gridlines	81
Lampiran 2	Rasio PMM Balok Memanjang	83
Lampiran 3	Rasio PMM Balok Melintang.....	84
Lampiran 4	Rasio PMM Ikatan Angin.....	85
Lampiran 5	Rasio PMM Pylon	86
Lampiran 6	Output Gaya Dalam Balok Memanjang	87
Lampiran 7	Output Gaya Dalam Balok Melintang	88
Lampiran 8	Output Gaya Dalam Ikatan Angin.....	89
Lampiran 9	Output Gaya Dalam Pylon.....	90
Lampiran 10	Joint Displacement	91
Lampiran 11	Gaya Aksial Kabel (D+L)	92
Lampiran 12	Sketsa Jembatan	93

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
m	[M]	Massa
y	[L]	Simpangan
k	[-]	Kekakuan
A	[-]	Amplitudo simpangan
ω	[T ⁻¹]	Frekuensi sudut beban
t	[T]	Waktu
T	[T]	Periode
f	[T ⁻¹]	Frekuensi sudut alami struktur
V_{DZ}	[MT ⁻¹]	Kecepatan angin rencana
V_{10}	[MT ⁻¹]	Kecepatan angin elevasi 10 meter di atas tanah
V_B	[MT ⁻¹]	Kecepatan angin rencana (90 hingga 126 km/jam)
Z	[L]	Elevasi struktur dari permukaan tanah
V_o	[MT ⁻¹]	Kecepatan gesekan angin
Z_o	[L]	Panjang gesekan di hulu jembatan
P_D	[ML ⁻²]	Tekanan angin rencana
P_B	[ML ⁻²]	Tekanan angin dasar
E_s	[M]	Tekanan angin
$F(t)$	[-]	Waktu variasi beban
G_s	[M]	Beban individu
n	[-]	Jumlah masa <i>fourier</i>
r_n	[-]	Koefisien <i>fourier</i>
T_P	[-]	Periode beban siklik
ϕ_n	[-]	Fase lag masa n
r	[-]	Frekuensi rasio
P_n	[M]	Kuat tekan/tarik nominal
A_g	[L ²]	Luas penampang
E	[ML ⁻²]	Modulus elastisitas baja
F_{cr}	[ML ⁻²]	Tegangan kritis
F_e	[ML ⁻²]	Tegangan tekuk elastis

F_y	[ML ⁻²]	Tegangan leleh
r	[L]	Jari-jari kelambatan
V_u	[M]	Kuat geser optimum
V_n	[M]	Kuat geser nominal
C_v	[-]	Koefisien geser pelat badan
ϕ	[-]	Nilai faktor reduksi
h	[L]	Tinggi penampang profil baja
t_w	[L]	Tebal penampang tengah profil baja
M_n	[ML]	Kuat lentur nominal
M_p	[ML]	Momen lentur plastis
σ	[ML ²]	Tegangan
Z_x	[L ³]	Modulus penampang plastis
S_x	[L ³]	Modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat
J	[L ⁴]	Konstanta torsi
L_b	[L]	Jarak antara breis
L_r	[L]	Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis
L_p	[L]	Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas leleh
C_b	[-]	Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata
C_w	[M ⁶]	Konstanta pembengkokkan
c	[-]	Konstanta torsi
f_{py}	[ML ⁻¹]	Tegangan leleh baja
f_{pu}	[ML ⁻¹]	Tegangan tarik baja

DAFTAR SINGKATAN

ASCE	: <i>The American Society of Civil Engineers</i>
BSN	: Badan Standarisasi Nasional
GFRP	: <i>Glass Fibre Reinforced Polymer</i>
IWF	: <i>I-Wide Flange</i>
JPO	: Jembatan Penyeberangan Orang
OMA	: <i>Operational Modal Analysis</i>
RSNI	: Rancangan Standar Nasional Indonesia
SFRSCC	: <i>Steel Fibre Reinforced Self-Compacting Concrete</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
VC	: <i>Vibration Criteria</i>