

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
INTISARI	x
ABSTRACT.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengembangan Metode Getaran	5
2.1.1 Penelitian Geier dkk. (2006).....	5
2.1.2 Penelitian Kim et al. (2007).....	8
2.1.3 Penelitian Nugroho dkk. (2014).....	10
2.1.4 Penelitian Hidayat dkk. (2018).....	12
2.1.5 Penelitian Santoso (2020)	14
2.1.6 Penelitian Yu (2020).....	16
2.2 Keaslian Penelitian.....	18
BAB III LANDASAN TEORI	20
3.1 Teori Dasar Metode Getaran	20
3.1.1 <i>String Theory</i> (Irvine, 1981)	20
3.1.2 <i>Beam Theory</i> (Shimada dkk., 1989)	20
3.2 Pemrosesan Sinyal	21
3.2.1 Domain waktu dan frekuensi	21
3.2.2 Fast Fourier Transform (FFT).....	21

3.3	Pemodelan Numerik.....	22
3.3.1	Metode Elemen Hingga	22
3.3.2	Kekakuan Geometri Struktur	23
3.3.3	Analisis <i>Eigenvalue</i>	25
3.4	Analisis Letak Sensor.....	27
BAB IV METODE PENELITIAN		30
4.1	Bagan Alir Penelitian	30
4.2	Data Penelitian	31
4.3	Metode Eksperimental	33
4.4	Metode Identifikasi Gaya Kabel	35
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		39
5.1	Hasil Eksperimental	39
5.2	Hasil Identifikasi dengan <i>Hybrid Method</i>	40
5.2.1	Jembatan <i>Cable Stayed</i> RH Fisabilillah	40
5.2.2	Jembatan <i>Cable Stayed</i> Pulau Balang	44
5.2.3	Jembatan Pelengkung Sei Wampu	47
5.2.4	Jembatan Pelengkung Mahakam IV	52
5.3	Rangkuman Identifikasi Gaya Kabel dengan <i>Hybrid Method</i>	54
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		56
6.1	Kesimpulan	56
6.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		59
Lampiran 1.	Properti Material Kabel dan Hanger.....	59
Lampiran 2.	Tahapan Pemodelan Numerik Kabel/hanger dengan <i>Midas Civil</i>	60
Lampiran 3.	Kurva Gaya vs Frekuensi Jembatan <i>Cable Stayed</i> RH Fisabilillah ..	66
Lampiran 4.	Kurva Gaya vs Frekuensi Jembatan <i>Cable Stayed</i> Pulau Balang.....	68
Lampiran 5.	Kurva Gaya vs Frekuensi Jembatan Pelengkung Sei Wampu.....	70
Lampiran 6.	Kurva Gaya vs Frekuensi Jembatan Pelengkung Mahakam IV	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Frekuensi ideal dan gaya kabel dari pengukuran (Geier 2006)	7
Tabel 2. 2 Perbandingan gaya kabel dengan nilai kekakuan dari hasil pengukuran	8
Tabel 2. 3 Properti kabel nomor 1 dan 44 pada Jembatan Soehae (Kim et al., 2007)....	10
Tabel 2. 4 Estimasi gaya kabel (MN) (Kim et al., 2007).....	10
Tabel 2. 5 Data kabel Jembatan Merah Putih (Hidayat dkk., 2018).....	13
Tabel 2. 6 Frekuensi alami kabel pada mode 1 (Hidayat dkk., 2018)	13
Tabel 2. 7 Perhitungan parameter tak berdimensi λ^2 dan ξ (Hidayat dkk., 2018)	14
Tabel 2. 8 Data properti kabel S1 dan S5 pada Jembatan Pedamaran I (Santoso, 2020) 15	
Tabel 2. 9 Frekuensi pengujian; (a) kabel S1 dan (b) kabel S5 (Santoso, 2020).....	15
Tabel 2. 10 Parameter tak berdimensi (Santoso, 2020)	16
Tabel 2. 11 Perbandingan gaya kabel; (a) kabel S1 dan (b) kabel S5 (Santoso, 2020) ..	16
Tabel 2. 12 Persentase kesalahan gaya kabel dengan (Yu, 2020)	18
Tabel 2. 13 Penelitian terdahulu	18
Tabel 4. 1 Objek penelitian.....	31
Tabel 4. 2 Data properti dan <i>fine tuning</i> kabel jembatan pelengkung	33
Tabel 4. 3 Data properti dan <i>lift-off</i> kabel jembatan <i>cable stayed</i>	33
Tabel 5. 1 Frekuensi pengukuran kabel Jembatan RH Fisabilillah	42
Tabel 5. 2 <i>Hybrid method</i> pada kabel Jembatan RH Fisabilillah	42
Tabel 5. 3 Teori <i>string</i> pada kabel Jembatan RH Fisabilillah	44
Tabel 5. 4 Frekuensi pengukuran kabel Jembatan Pulau Balang	45
Tabel 5. 5 <i>Hybrid method</i> pada kabel Jembatan Pulau Balang	45
Tabel 5. 6 Teori <i>string</i> pada kabel Jembatan Pulau Balang.....	47
Tabel 5. 7 Frekuensi pengukuran hanger Jembatan Sei Wampu	48
Tabel 5. 8 <i>Hybrid method</i> pada hanger Jembatan Sei Wampu sebagai elemen <i>truss</i>	48
Tabel 5. 9 <i>Hybrid method</i> pada hanger Jembatan Sei Wampu sebagai elemen <i>beam</i>	49
Tabel 5. 10 Teori <i>string</i> pada hanger Jembatan Sei Wampu	51
Tabel 5. 11 Frekuensi pengukuran hanger Jembatan Mahakam IV	52
Tabel 5. 12 <i>Hybrid method</i> pada hanger Jembatan Mahakam IV sebagai elemen <i>truss</i> 52	
Tabel 5. 13 <i>Hybrid method</i> pada hanger Jembatan Mahakam IV sebagai elemen <i>beam</i> 53	
Tabel 5. 14 Teori <i>string</i> pada hanger Jembatan Mahakam IV.....	54
Tabel L. 1 Properti material kabel Jembatan RH Fisabilillah.....	59
Tabel L. 2 Properti material kabel Jembatan Pulau Balang.....	59
Tabel L. 3 Properti material hanger Jembatan Sei Wampu	59
Tabel L. 4 Properti material hanger Jembatan Mahakam IV	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Posisi kabel Jembatan Tulln Danube (Geier et al., 2006).....	6
Gambar 2. 2 Sensor <i>accelerometer</i> dipasang pada kabel jembatan (Geier 2006).....	7
Gambar 2. 3 Jembatan <i>Cable Stayed</i> Soehae (Kim et al., 2007).	10
Gambar 2. 4 Skema pengujian laboratorium (Nugroho dkk., 2014).	11
Gambar 2. 5 Grafik frekuensi dan gaya aksial pada mode 1-3 (Nugroho dkk., 2014)... ..	11
Gambar 2. 6 Penomoran kabel Jembatan Merah Putih (Hidayat dkk., 2018).	12
Gambar 2. 7 Gaya kabel Jembatan Merah Putih (Hidayat dkk., 2018).	14
Gambar 2. 8 Jembatan Pedamaran I (Santoso, 2020).	15
Gambar 2. 9 Kondisi batas tumpuan dalam simulasi numerik (Yu, 2020).....	17
Gambar 3. 1 Domain waktu ditransformasi menjadi domain frekuensi. (Eklund, 2006)21	
Gambar 3. 2 Pembagian struktur dalam koordinat global (Suhendro, 2000).	22
Gambar 3. 3 Perpindahan nodal dalam koordinat lokal (Suhendro, 2000).....	23
Gambar 3. 4 Bentuk mode balok kantilever (Midas, 2012).....	26
Gambar 3. 5 Priode alami dari balok kantilever (Midas, 2012).	27
Gambar 3. 6 Grafik sinus sepanjang L.	28
Gambar 3. 7 Rekomendasi letak sensor <i>accelerometer</i>	29
Gambar 3. 8 Ilustrasi letak sensor pada kabel miring.....	29
Gambar 4. 1 Bagan alir penelitian.	30
Gambar 4. 2 Lokasi kabel yang ditinjau pada Jembatan Mahakam IV.	32
Gambar 4. 3 Lokasi kabel yang ditinjau pada Jembatan Sei Wampu.....	32
Gambar 4. 4 Lokasi kabel yang ditinjau pada Jembatan Pulau Balang.....	32
Gambar 4. 5 Lokasi kabel yang ditinjau pada Jembatan RH Fisabilillah.....	32
Gambar 4. 6 (a) <i>accelerometer</i> ; (b) <i>rubber hammer</i> ; (c) rol meter; (d) laptop; dan (e) <i>manlift</i>	34
Gambar 4. 7 Denah dan tampak memanjang jembatan pelengkung bentang 140 meter.34	
Gambar 4. 8 <i>Accelerometer</i> terpasang pada hanger.	35
Gambar 4. 9 (a) Grafik domain waktu dan (b) grafik domain frekuensi.	35
Gambar 4. 10 Pemodelan numerik kabel; (a) kabel vertikal; dan (b) kabel miring.	37
Gambar 4. 11 Lima <i>mode shape</i> pada kabel miring.	37
Gambar 4. 12 Grafik gaya kabel vs frekuensi.	38
Gambar 4. 13 Plot nilai frekuensi pengukuran pada kurva gaya vs frekuensi numerik. 38	
Gambar 5. 1 Hasil eksperimental dalam grafik domain frekuensi	40
Gambar 5. 2 Pengujian eksperimental pada Jembatan RH Fisabilillah.....	41
Gambar 5. 3 Pemasangan sensor pada kabel Jembatan RH Fisabilillah.	41
Gambar 5. 4 Hasil identifikasi dalam kurva gaya vs frekuensi pada Jembatan RH Fisabilillah.	43
Gambar 5. 5 Hasil identifikasi dalam kurva gaya vs frekuensi pada Jembatan Pulau Balang.	46
Gambar 5. 6 Perbandingan analisis elemen <i>truss</i> dan <i>beam</i> pada HI-24.....	50
Gambar 5. 7 Perbandingan analisis elemen <i>truss</i> dan <i>beam</i> pada HI-8.....	50
Gambar 5. 8 Perbandingan analisis elemen <i>truss</i> dan <i>beam</i> pada HI-14.....	50

Gambar 5. 9 Perbandingan analisis elemen <i>truss</i> dan <i>beam</i> pada HI-31.....	53
Gambar 5. 10 Perbandingan analisis elemen <i>truss</i> dan <i>beam</i> pada HU-29.	53
Gambar 5. 11 Perbandingan analisis elemen <i>truss</i> dan <i>beam</i> pada HI-30.....	54
Gambar L. 1 <i>Material data</i>	60
Gambar L. 2 <i>Section data</i>	61
Gambar L. 3 <i>Create elements</i>	62
Gambar L. 4 Model elemen <i>truss</i> kabel/hanger 1D.....	62
Gambar L. 5 <i>Define supports</i>	63
Gambar L. 6 Elemen <i>truss</i> dengan <i>pin support</i> di kedua ujungnya.....	63
Gambar L. 7 <i>Divide elements</i>	64
Gambar L. 8 Input <i>initial forces</i>	64
Gambar L. 9 <i>Eigenvalue analysis</i>	65
Gambar L. 10 <i>Perform analysis</i>	65
Gambar L. 11 Frekuensi alami hasil model numerik.....	65