

Studi Evaluasi Hubungan Defleksi Jembatan Akibat Perubahan Jenis Kabel dan Bentang pada Jembatan *Suspension*

INFIRA KAMILIANA FIRDAUSI¹, BERNARDINUS HERBUDIMAN¹,
GATOT SUKMARA²

1. Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Puslitbang Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Email: infirakfirdausi@gmail.com

ABSTRAK

Struktur kabel pada jembatan suspension berperan sebagai pemikul utama beban pada jembatan. Perbedaan jenis kabel akan memengaruhi nilai defleksi, tegangan kabel, dan tegangan pada gelagar. Berdasarkan kondisi tersebut, maka dilakukan studi evaluasi terhadap nilai defleksi jembatan berdasarkan variasi jenis kabel dan variasi panjang bentang. Jenis kabel yang digunakan adalah IWRC 6×36, Spiral Strand Rope, dan Locked-coil Rope dengan bentang 80 meter, 160 meter, dan 200 meter. Sistem pembebanan pada model struktur mengacu pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No.02/SE/M/2010. Analisis struktur menggunakan program aplikasi SAP2000 versi 14. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada bentang ≤ 80 meter tidak ada perbedaan yang signifikan antara ketiga jenis kabel. Pada bentang 80 meter hingga 160 meter jenis kabel Spiral Strand dan Locked-coil mampu memberikan hasil defleksi yang lebih kecil daripada kabel IWRC 6×36. Sedangkan pada bentang 160 meter hingga lebih dari 200 meter jenis kabel yang paling efektif untuk digunakan adalah jenis kabel Locked-coil.

Kata kunci: jembatan pejalan kaki, jembatan suspension, defleksi, jenis kabel

ABSTRACT

Cable structure on suspension bridge act as the main support of the load on the bridge. The difference in the type of cable will affect the value of deflection, tension of cable, and the tension of girder. Due to that condition, then an evaluation study of bridge deflection value based on variation of cable type and span length was performed. Type of cables used are IWRC 6×36, Spiral Strand Rope, and Locked-coil Rope, while the variation of the span are 80 meters, 160 meters, and 200 meters. The load system on the bridge structure model referring to "Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No.02/SE/M/2010". The analysis using 14th version of SAP 2000 application. The result of analysis shows that in the span less than 80 meters there are no such a significant differences between the three types of cable. In the span of 80 meters to 160 meters, Spiral Strand and Locked-coil provide smaller deflection. While in the span of 160 meters to more than 200 meters, the most effective cable is Locked-coil cable.

Keywords: pedestrian bridge, suspension bridge, deflection, cable type

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan jembatan *suspension* pejalan kaki di Indonesia direncanakan dengan bentang yang semakin panjang. Hal tersebut menyebabkan timbulnya ketidakstabilan jembatan karena struktur yang menjadi lebih fleksibel. Semakin panjang bentang jembatan, maka semakin besar pula defleksi yang ditimbulkan dan semakin besar pula tegangan kabel *backstay* yang dibutuhkan. Analisis yang akan dilakukan pada makalah tugas akhir ini adalah membandingkan defleksi jembatan pada bentang 80 meter, 160 meter, dan 200 meter terhadap variasi jenis kabel yaitu IWRC 6×36, *Spiral Strand Rope*, dan *Locked-coil Rope*.

Perubahan nilai defleksi dan tegangan kabel pada jembatan sangat dipengaruhi oleh struktur kabel utamanya seperti yang dijelaskan pada jurnal berjudul Studi Parameter Desain Dimensi Elemen Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki dengan Bentang 120 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa usaha memperbesar diameter dimensi kabel utama memberikan pengaruh paling besar terhadap berkurangnya lendutan. Jika dimensi kabel utama diperbesar 16%–25% dapat mengurangi lendutan hingga 7,99%–17,45% dan mengurangi momen maksimum pada seperempat bentang hingga 4,03%–7,00%. Gaya tarik kabel *backstay* meningkat sebesar 3,17%–4,47% dengan memperbesar dimensi kabel utama (Anggraeni, I. & Herbudiman, B., 2008).

Berdasarkan hasil penelitian tersebut akan dilakukan studi evaluasi lebih lanjut mengenai hubungan perubahan defleksi terhadap variasi jenis kabel dengan diameter kabel yang sama dan model jembatan *suspension* tipikal. Hasil yang diharapkan dari studi evaluasi ini yaitu dapat memberikan rekomendasi jenis kabel yang paling efisien untuk digunakan pada jembatan *suspension* pejalan kaki pada bentang-bentang tertentu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan *Suspension*

Menurut Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02/SE/M/2010 (2010), jembatan *suspension* adalah salah satu tipe jembatan dengan bangunan atas jembatan yang berfungsi sebagai pemikul langsung beban lalu lintas yang melewati jembatan tersebut, terdiri dari lantai jembatan, gelagar pengaku, batang penggantung, kabel pemikul dan pagar pengaman.

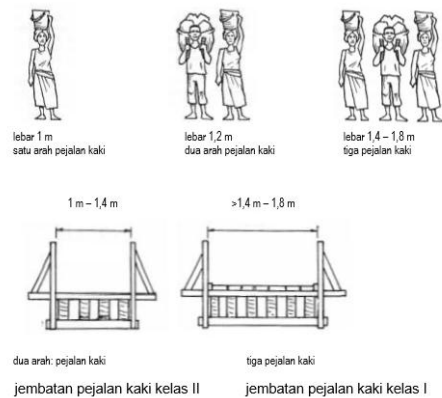
Kriteria perencanaan yang perlu dipertimbangkan untuk memastikan bahwa jembatan pejalan kaki aman dan sesuai untuk pengguna adalah kekuatan, lendutan, dan beban dinamik (Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02/SE/M/2010, 2010).

Pengguna jembatan harus diidentifikasi secara jelas karena akan menentukan lebar lantai jembatan yang diperlukan dan beban hidup pada jembatan yang akhirnya akan menentukan biaya konstruksi. **Gambar 1** dan **Tabel 1** menunjukkan lebar yang dianjurkan untuk jalan masuk dan lintasan untuk tipe-tipe yang berbeda dari berbagai tingkatan lalu lintas.

Dua lebar standar yang dianjurkan pada pedoman ini adalah:

1. Lebar jembatan 1 m sampai dengan 1,4 m untuk pejalan kaki dua arah (jembatan pejalan kaki kelas II).
2. Lebar jembatan 1,4 m sampai dengan 1,8 m untuk tiga pejalan kaki yang beriringan (jembatan pejalan kaki kelas I).

Studi Evaluasi Hubungan Defleksi Jembatan Akibat Perubahan Jenis Kabel dan Bentang pada Jembatan Suspension



Gambar 1. Lebar jembatan yang dianjurkan sesuai dengan tingkatan lalu lintas (Sumber: Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02/SE/M/2010, 2010)

Tabel 1. Lendutan Izin Jembatan *Suspension* Pejalan Kaki

Kelas Pengguna	Lebar [m]	Beban Terpusat [kN]	Beban Terdistribusi Merata [kPa]	Lendutan Izin $\frac{1}{\Delta}$
Jembatan gantung pejalan kaki kelas I (beban hidup maksimum sampai dengan kendaraan ringan)	1,8	20 (hanya ada satu kendaraan bermotor ringan pada satu bentang jembatan)	5	$\frac{1}{200}L$
Jembatan gantung pejalan kaki kelas II (beban hidup dibatasi hanya untuk pejalan kaki dan sepeda motor)	1,4	-	4	$\frac{1}{100}L$

Keterangan:
L adalah bentang utama jembatan

(Sumber: Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02/SE/M/2010, 2010)

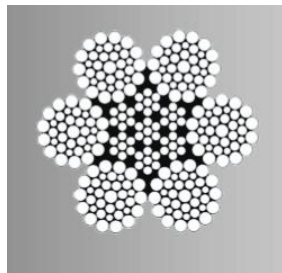
2.2 Kabel

Kabel merupakan bahan atau material utama dalam struktur jembatan *suspension*. Karakteristik kabel kaitannya dengan struktur jembatan *suspension* (Supriyadi, B. dan Muntohar, A. S., 2007) antara lain sebagai berikut:

- Mempunyai penampang yang seragam/homogen pada seluruh bentang.
- Tidak dapat menahan momen dan gaya desak.
- Gaya-gaya dalam yang bekerja selalu merupakan gaya tarik aksial.
- Bentuk kabel tergantung pada beban terbagi merata, maka wujudnya akan merupakan lengkung parabola.
- Pada jembatan gantung kabel menderita beberapa beban titik sepanjang beban mendarat.

2.2.1 Independent Wire Rope Core (IWRC)

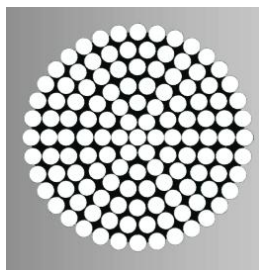
IWRC adalah jenis kabel yang mempunyai inti atau *core* baja yang berupa kumpulan *strand* yang dipilin seperti pada **Gambar 2**. Jumlah *strand* yang digunakan pada jenis kabel ini sangat beragam akan tetapi pada analisis yang akan dilakukan kali ini jenis kabel IWRC yang digunakan hanya IWRC 6x36. IWRC sendiri adalah singkatan dari *Independent Wire Rope Core*. Nilai modulus elastisitas jenis kabel ini adalah $E = 1,3 \times 10^5$ MPa (Walther, R., et al, 1985).



**Gambar 2. Penampang kabel jenis IWRC 6x36
(Sumber: Steel Wire Rope. Ltd., 2018)**

2.2.2 *Spiral Strand Rope*

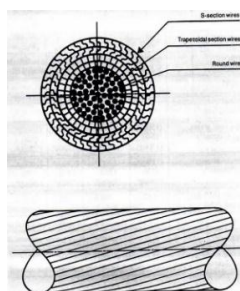
Kabel ini tersusun dari kawat-kawat bulat dengan inti kawat yang dikelilingi satu lapis atau lebih dari kawat-kawat lain yang mengelilingi inti kawat secara spiral seperti pada **Gambar 3**. Seluruh kawat penyusun kabel *Spiral Strand* ini disusun membentuk suatu pola helikal untuk meminimalisasi torsi. Nilai modulus elastisitas kabel *Spiral Strand* sebesar $E = 1,6 * 10^5$ MPa. Kelemahan dari jenis kabel ini adalah ketahanan terhadap korosinya rendah.



**Gambar 3. Penampang kabel jenis *spiral strand rope*
(Sumber: Steel Wire Rope. Ltd., 2018)**

2.2.3 *Locked-coil cables*

Kabel ini tersusun dari kawat baja yang disusun beriringan mengelilingi inti pusat yang terdiri dari kawat parallel yang membentuk pola lingkaran. Penampang melintang kabel *locked-coil* ditunjukkan pada **Gambar 4**. Di bagian luar, terdapat bagian kabel berpenampang-S yang tersusun saling tumpang tindih dan saling mengunci satu sama lain membentuk suatu lapisan yang kedap air (itulah mengapa kabel ini disebut kabel lilitan terkunci/*locked-coil*). Nilai modulus elastisitas jenis kabel *locked-coil* sebesar $E = 1,6 * 10^5$ MPa (Walther, R., et al, 1985).



**Gambar 4. Penampang kabel jenis *locked-coil*
(Sumber: Walther, R., et al, 1988)**

2.3 Analisis tegangan kabel

Perhitungan gaya tarik kabel utama diawali dengan penentuan besarnya cekungan kabel utama/*sagging* (d) menggunakan **Persamaan 1**.

Studi Evaluasi Hubungan Defleksi Jembatan Akibat Perubahan Jenis Kabel dan Bentang pada Jembatan Suspension

$$d = \frac{L}{8} \sim \frac{L}{11} \quad \dots(1)$$

keterangan:

d = cekungan kabel utama [mm],

L = bentang utama jembatan [mm].

Setelah *sagging* jembatan diketahui, selanjutnya dilakukan perhitungan besarnya gaya tarik horizontal pada kabel dibagian puncak menara jembatan akibat beban mati dan beban hidup yang bekerja pada jembatan, seperti pada **Persamaan 2**, **Persamaan 3**, dan **Persamaan 4**.

1. Gaya horizontal akibat beban hidup merata

$$H_1 = \frac{PL^2}{8d} \quad \dots(2)$$

2. Gaya horizontal akibat beban hidup tidak simetris pada setengah bentang

$$H_2 = \frac{(P/2)L^2}{8d} \quad \dots(3)$$

3. Gaya horizontal akibat beban hidup tidak simetris pada setengah bentang

$$H_3 = \frac{wL^2}{8d} \quad \dots(4)$$

keterangan:

H_1, H_2 , dan H_3 = komponen horizontal gaya tarik [kN],

P = beban hidup merata [kN/m],

w = berat sendiri struktur [kN/m],

L = bentang utama [m],

d = cekungan kabel di tengah bentang [m].

Selanjutnya gaya tegangan kabel utama dan kabel angkur dihitung berdasarkan gaya T maksimum dengan **Persamaan 5** dan **Persamaan 6**

1. Gaya T maksimum untuk kabel utama

$$T = \frac{H}{\cos \theta} \quad \dots(5)$$

2. Gaya T maksimum untuk kabel angkur

$$T = \frac{H}{\cos \varphi} \quad \dots(6)$$

keterangan:

T = gaya tarik kabel maksimum akibat beban merata penuh [kN],

H = komponen horizontal gaya tarik, yang merupakan nilai maksimum dari kombinasi $(H_1 + H_3)$ atau $(H_2 + H_3)$ [kN],

φ = sudut kabel di menara antara horizontal dan kabel angkur [$^\circ$],

θ = sudut kabel di menara antara horizontal dan kabel bentang utama [$^\circ$].

Lendutan akibat beban hidup merata yang bekerja pada seperempat bentang utama, dihitung berdasarkan pembagian beban antara gelagar pengaku sebesar $(1 - \alpha)$ dan kabel utama sebesar (α) dengan **Persamaan 7** dan **Persamaan 8** sebagai berikut:

$$\Delta' = \frac{5(1 - \alpha)PL^4}{12288EI} \quad \dots(7)$$

$$\Delta = \frac{\alpha(P/8)}{w + \alpha(P/2)} d \quad \dots(8)$$

keterangan:

Δ' = lendutan gelagar pengaku pada seperempat bentang [m],

Δ = lendutan kabel pada seperempat bentang [m],

α = fraksi beban yang menunjukkan proporsi beban hidup yang ditahan oleh kabel, yang besarnya diperoleh dari $\Delta' = \Delta$.

Momen maksimum struktur pengaku di seperempat bentang dihitung berdasarkan pembagian beban antara struktur pengaku sebesar $(1 - \alpha)$ dan kabel utama sebesar (α) menggunakan **Persamaan 9** sebagai berikut:

$$M_{maks} = \frac{(1 - \alpha)PL^2}{64} \quad \dots(9)$$

3. METODE PENELITIAN

Tahapan prosedur penelitian diawali dengan studi literatur dari berbagai sumber seperti pedoman atau jurnal keilmuan tentang jembatan *suspension* untuk pejalan kaki. Selanjutnya dilakukan pendefinisian data-data jembatan seperti jenis material, profil penampang, dan pembebanan jembatan untuk digunakan dalam analisis. Dilanjutkan dengan analisis struktur jembatan dengan perhitungan manual dan analisis menggunakan program aplikasi SAP 2000. Hasil analisis lalu ditabelkan dan disajikan dalam bentuk grafik agar terlihat perbedaan hasil analisis antar jenis kabel pada tiap bentang yang dianalisis. Seluruh data hasil analisis yaitu berupa nilai defleksi, nilai gaya kabel, dan tegangan gelagar dibahas untuk selanjutnya ditarik kesimpulan yang berupa rekomendasi jenis kabel untuk batasan bentang tertentu.

4. PEMODELAN STUKTUR

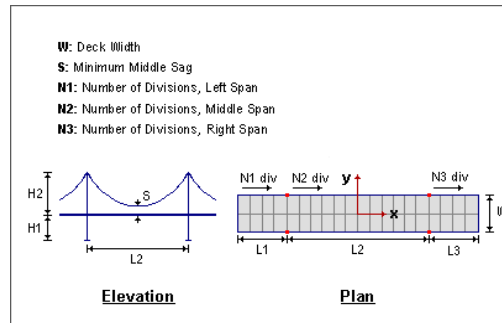
4.1 Sistem Struktur

Geometri pemodelan jembatan yang akan dianalisis ditampilkan pada **Tabel 2** dan gambar model jembatan ditunjukkan pada **Gambar 5** hingga **Gambar 7**.

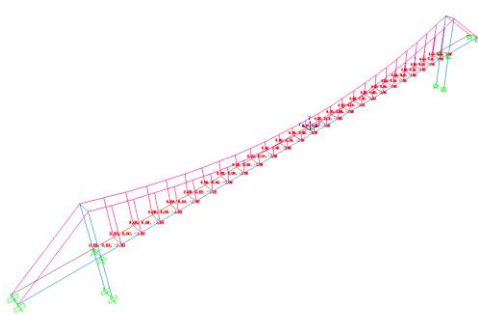
Tabel 2. Data Geometri Jembatan

		Jenis Kabel								
		Locked-coil			IWRC 6x36			Spiral		
Bentang utama (L_2)	[m]	80	160	200	80	160	200	80	160	200
Bentang samping (L_3)	[m]	11	22	28	11	22	28	11	22	28
Lebar lantai (W)	[m]	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tinggi menara (H_2)	[m]	8	15	20	8	15	20	8	15	20
Sag (d)	[m]	6,5	13,5	19	6,5	13,5	19	6,5	13,5	19
Jumlah segmen tengah (H_2)		26	64	80	26	64	80	26	64	80

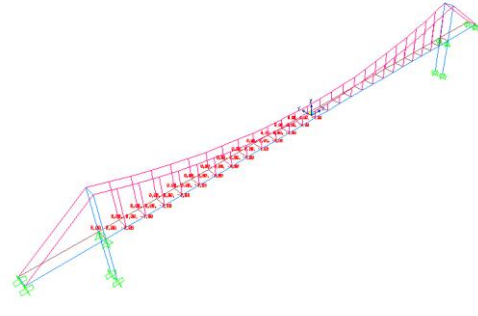
Studi Evaluasi Hubungan Defleksi Jembatan Akibat Perubahan Jenis Kabel dan Bentang pada Jembatan Suspension



Gambar 5. Parameter dimensi jembatan



Gambar 6. Posisi beban hidup simetris pada model

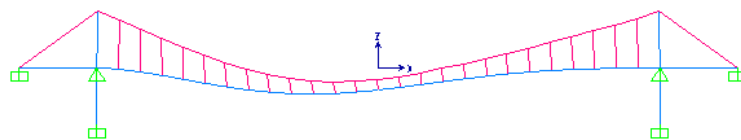


Gambar 7. Posisi beban hidup asimetris pada model

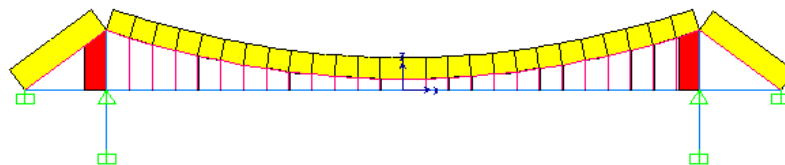
5. ANALISIS STRUKTUR DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Struktur Jembatan *Suspension*

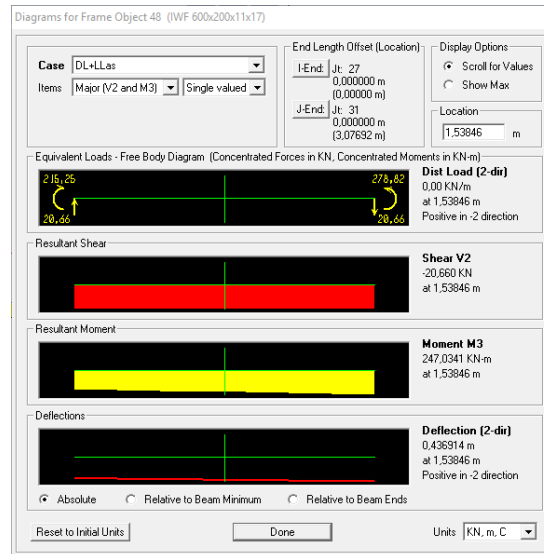
Analisis dilakukan sebanyak sembilan kali berdasarkan variasi bentang 80 meter, 160 meter, dan 200 meter, serta variasi jenis kabel yaitu kabel IWRC 6×36, *Spiral Strand*, dan *Locked-coil*. Hasil analisis berupa nilai defleksi, tegangan kabel *backstay*, dan momen maksimum gelagar seperti contoh salah satu hasil analisis yang ditunjukkan pada **Gambar 8 hingga Gambar 13**.



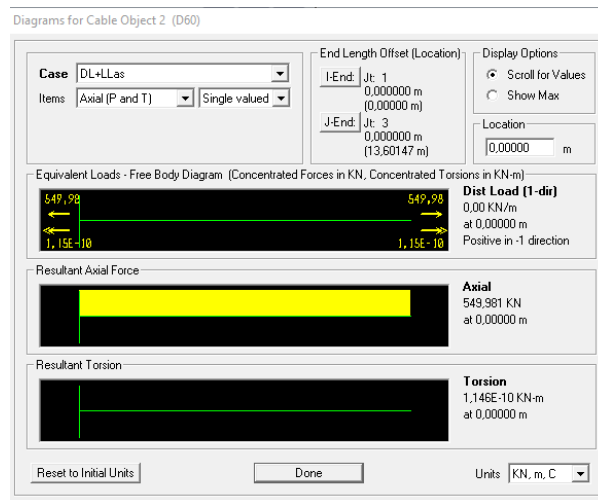
Gambar 8. Tampak samping *deform shape* akibat kombinasi DL+LL_{as}



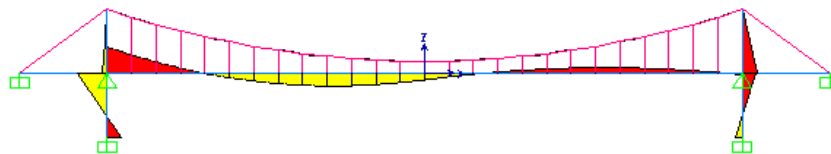
Gambar 9. Diagram gaya aksial kabel



Gambar 10. Nilai defleksi pada seperempat bentang akibat kombinasi DL+LL_{as}

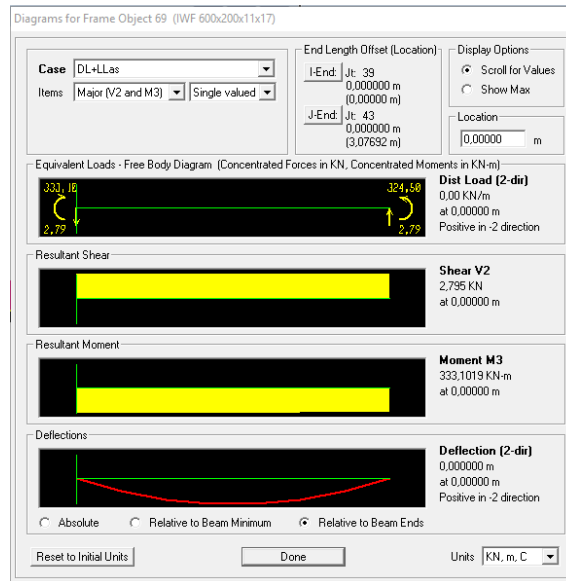


Gambar 11. Nilai gaya aksial pada kabel *backstay* akibat kombinasi beban



Gambar 12. Diagram momen lentur gelagar

Studi Evaluasi Hubungan Defleksi Jembatan Akibat Perubahan Jenis Kabel dan Bentang pada Jembatan Suspension



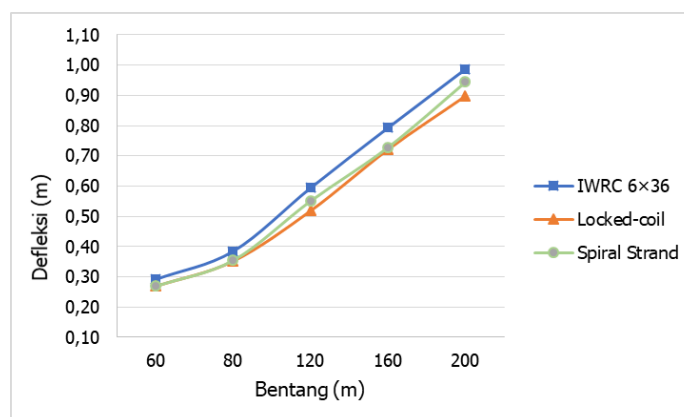
Gambar 13. Nilai momen lentur maksimal selangur

5.2 Pembahasan Hasil Analisis Struktur

Hasil analisis struktur jembatan *suspension* dengan bentang 80 meter, 160 meter, dan 200 meter menggunakan jenis kabel IWRC 6×36, kabel *Spiral Strand*, dan kabel *Locked-coil* disajikan dalam bentuk tabel dan grafik pada **Tabel 3** dan **Gambar 14**.

Tabel 3. Nilai Defleksi Jembatan

Bentang	Jenis Kabel	Perhitungan Manual [m]	Analisis SAP2000 [m]	Δ_{izin} [m]	Selisih thd IWRC 6×36
80 m	IWRC 6×36	0,328	0,384	0,4	-
	<i>Spiral Strand</i>	0,327	0,354		7,8 %
	<i>Locked-coil</i>	0,325	0,352		8,3 %
160 m	IWRC 6×36	0,724	0,793	0,8	-
	<i>Spiral Strand</i>	0,709	0,728		8,2 %
	<i>Locked-coil</i>	0,687	0,721		9,1 %
200 m	IWRC 6×36	0,955	0,987	1	-
	<i>Spiral Strand</i>	0,923	0,944		4,4 %
	<i>Locked-coil</i>	0,888	0,898		9 %



Gambar 14. Grafik perubahan nilai defleksi terhadap bentang jembatan

Grafik perubahan nilai defleksi terhadap bentang jembatan diberi 2 titik tambahan yaitu nilai defleksi pada bentang 60 meter dan 120 meter untuk menambah ketelitian grafik. Nilai defleksi

pada jembatan *suspension* dengan jenis kabel IWRC 6×36 selalu lebih besar daripada jembatan yang menggunakan 2 jenis kabel lainnya. Hal tersebut disebabkan nilai elastisitas kabel IWRC 6×36 sebesar $1,3 \times 10^5$ kN/m² lebih kecil daripada nilai elastisitas kabel *Spiral Strand* dan *Locked-coil* yaitu sebesar $1,6 \times 10^5$ kN/m².

Jenis kabel *Locked-coil* memberikan nilai defleksi yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai defleksi yang dihasilkan kabel *Spiral Strand* meskipun kedua jenis kabel memiliki nilai elastisitas yang sama. Perbedaan nilai defleksi antar kedua jenis kabel tersebut diduga akibat adanya perbedaan berat sendiri kabel. Berat sendiri kabel *Spiral Strand* lebih ringan daripada berat sendiri kabel *Locked-coil*.

Nilai gaya kabel dan nilai kapasitas kabel dari masing-masing jenis kabel pada bentang 80 meter, 160 meter, dan 200 meter disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Nilai Gaya Kabel *Backstay* ($T_{backstay}$) dan Kapasitas Kabel

Bentang	Jenis kabel	Perhitungan Manual [kN]	Analisis SAP2000 [kN]	Kapasitas Beban [kN]	% Gaya Aksial thd Kapasitas Beban kabel
80 m	IWRC 6×36	740,81	589,708	837,33	70,43 %
	<i>Spiral Strand</i>	745,39	610,402	1.083,33	56,34 %
	<i>Locked-coil</i>	753,46	673,329	1.196,67	56,27 %
160 m	IWRC 6×36	2.129,61	2.055,843	3.930	52,31 %
	<i>Spiral Strand</i>	2.181,01	2.134,814	5.100	41,86 %
	<i>Locked-coil</i>	2.260,55	2.183,204	5.400	40,43 %
200 m	IWRC 6×36	2.765,34	2.930,092	4.560	64,26 %
	<i>Spiral Strand</i>	2.869,82	3.057,823	5.500	55,60 %
	<i>Locked-coil</i>	2.992,82	3.094,446	5.800	53,35 %

Gaya yang mampu ditahan kabel jenis IWRC 6×36 sebesar 53%–71% dari kapasitas beban maksimum kabel tersebut. Gaya yang mampu ditahan kabel jenis *Spiral Strand* sebesar 42%–57% dari kapasitas beban maksimum kabel tersebut, sedangkan gaya yang mampu ditahan kabel jenis *Locked-coil* sebesar 41%–57% dari kapasitas beban maksimum kabel tersebut.

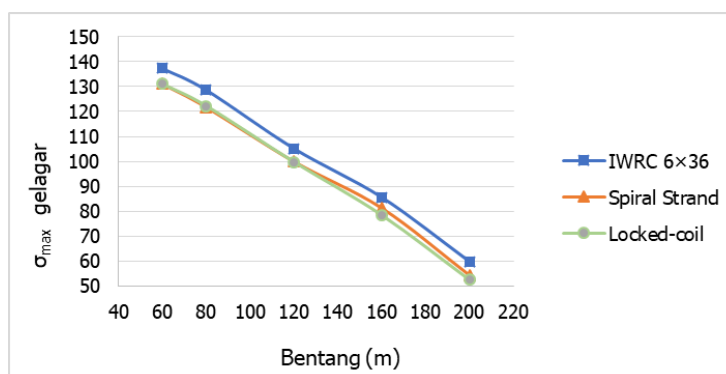
Nilai α disajikan pada **Tabel 5**, sedangkan nilai momen maksimum gelagar dan tegangan gelagar disajikan pada **Tabel 6**. Grafik perubahan nilai tegangan gelagar terhadap bentang jembatan disajikan pada **Gambar 15**.

Tabel 5. Nilai α Berdasarkan Jenis Kabel dan Bentang

	α			$(1 - \alpha)$		
	80 m	160 m	200 m	80 m	160 m	200 m
IWRC 6x36	24%	60%	70%	76%	40%	30%
<i>Spiral Strand</i>	24%	61%	71%	76%	39%	29%
<i>Locked-coil</i>	24%	62%	72%	76%	38%	28%

Tabel 6. Nilai Momen Maksimum Gelagar dan Tegangan Gelagar

Bentang	Jenis kabel	$M_{max\ manual}$ [kNm]	$M_{max\ SAP2000}$ [kNm]	$\sigma_{max\ manual}$ [MPa]	$\sigma_{max\ SAP2000}$ [MPa]	σ_{izin} [MPa]
80 m	IWRC 6×36	305,44	333,1019	117,93	128,611	160
	Spiral Strand	304,32	315,1721	117,50	121,688	160
	Locked-coil	302,56	316,6872	116,82	122,273	160
160 m	IWRC 6×36	634,24	623,7031	87,00	85,556	160
	Spiral Strand	621,12	592,0412	85,20	81,213	160
	Locked-coil	601,92	571,5281	82,57	78,399	160
200 m	IWRC 6×36	753,75	546,2511	82,47	59,765	160
	Spiral Strand	728,75	495,8035	79,73	54,245	160
	Locked-coil	701,5	479,141	76,75	52,422	160



Gambar 15. Grafik perbandingan nilai tegangan maksimum gelagar terhadap bentang

Nilai momen maksimum pada gelagar jembatan sangat dipengaruhi proporsi beban yang ditahan oleh kabel (α) dan proporsi beban yang ditahan oleh gelagar ($1 - \alpha$). Hasil perhitungan α dan ($1 - \alpha$) menunjukkan bahwa semakin panjang bentang jembatan maka proporsi beban yang ditahan kabel jembatan semakin besar.

Tegangan gelagar berkurang seiring dengan bertambahnya panjang bentang karena tegangan pada gelagar diakibatkan oleh beban hidup, sedangkan proporsi beban hidup yang ditahan gelagar akan semakin berkurang dengan bertambahnya panjang bentang. Berdasarkan hasil analisis ditunjukkan bahwa jembatan yang menggunakan jenis kabel *Locked-coil* memiliki tegangan gelagar yang paling kecil.

6. SIMPULAN

Hasil dari studi evaluasi hubungan defleksi jembatan *suspension* terhadap variasi jenis kabel dan variasi bentang yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada bentang ≤ 80 meter, proporsi kerja kabel dalam menahan beban tidak lebih dari 24% sehingga penggunaan kabel *Locked-coil* sebagai pengganti kabel IWRC 6×36 dinilai kurang efisien.
2. Pada bentang 80 meter – 160 meter, proporsi kerja kabel dalam menahan beban berkisar antara 25% hingga 60% sehingga direkomendasikan penggunaan kabel *Locked-coil* sebagai pengganti kabel IWRC 6×36. Penggunaan kabel *Locked-coil* akan mengurangi defleksi jembatan sebesar 9,1% dari defleksi yang dihasilkan apabila menggunakan jenis kabel IWRC 6×36.
3. Pada bentang 160 meter – 200 meter, proporsi kerja kabel dalam menahan beban berkisar antara 61% hingga 72% sehingga sangat direkomendasikan untuk mengganti kabel IWRC 6×36 dengan kabel *Locked-coil* yang memiliki *range* diameter kabel yang lebih bervariasi untuk jembatan pejalan kaki dengan bentang yang lebih panjang. Penggunaan kabel

Locked-coil akan mengurangi defleksi jembatan sebesar 9% dari defleksi yang dihasilkan apabila menggunakan jenis kabel IWRC 6×36.

4. Jenis kabel *Spiral Strand* dan *Locked-coil* dapat dijadikan alternatif pengganti kabel IWRC 6×36 untuk mengurangi defleksi pada jembatan, terutama pada bentang yang lebih dari 160 meter.
5. Persentase gaya kabel akibat beban rencana yang diterima kabel IWRC 6×36 sebesar 53% - 71%, *Spiral Strand* sebesar 42% - 57%, dan *Locked-coil* sebesar 41% - 57% dari kapasitas beban maksimum kabel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih atas dukungan seluruh pihak yang telah membantu penyusunan jurnal ini yang berupa saran, masukan, dan data penelitian. Terima kasih kepada Bapak Gatot Sukmara, ST., MT., ko-pembimbing, Puslitbang Jalan dan Jembatan.

DAFTAR RUJUKAN

- Anggraeni, I. & Herbudiman, B. (2008). Studi Parameter Desain Dimensi Elemen Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki dengan Bentang 120 m. *Media Teknik Sipil, VIII(2)*, 125-132.
- Steel Wire Rope. Ltd. (2018, Maret 1). *6x36 (14/7+7/7/1) Compacted- IWRC*. Dipetik Maret 1, 2018, dari SWR: <http://www.steelwirerope.com/WireRopes/Galvanised/6x36-IWRC-compacted-wire-rope.html#.W5GqkvkRXIU>
- Steel Wire Rope. Ltd. (2018, Juni 27). *Spiral Strand Ropes (OSS)*. Dipetik Juni 27, 2018, dari SWR: http://www.steelwirerope.com/WireRopes/Structural/spiral-strand-ropes.html#.W5Gqf_kRXIU
- Supriyadi, B. & Muntohar, A. S. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: Betta Offset.
- Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02/SE/M/2010. (2010). *Pemberlakuan Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Walther, R., Houriet, B., Isler, W., Moia, P. & Klein, J. F. (1988). *Cable Stayed Bridges*. London: Thomas Telford.