




Behavior Analysis of Deformation Changes after Sagging on The Telaga Abadi Suspension Bridge

Aco Wahyudi Efendi¹ 

¹ Universitas Tridharma, Jalan AW Syahranie No.7 Kota Balikpapan, Indonesia, 76123

 aw.efendi2018@gmail.com

Received 27- 04-2022, revision date 19-06-2022, accepted 19-06-2022

Abstract

The occurrence of changes in the location and height of the tide at the time of execution that exceed the planning conditions and disrupt the flow of municipal shipping. For this reason, the suspension bridge chamber was upgraded in order to create a traffic-free area opposite the free threshold. The results of the manual analysis taking into account the labor force due to the bridge steps, so that the real value of the bridge chamber is obtained to obtain the ideal deformation of the bridge working load. The ability of the bridge state to change the deformation results from this evaluation. The behavior of the four conditions was significantly different, namely the SDL forward state, in which the horizontal force that occurred in this state increased, but the deflection decreased by up to 200%, whereby in the f0 forward state was 0.16 meters, but in the SDL forward state the horizontal force only increased with a deflection of 0.05 meters. However, the overall result is that the stress states that occur are still below the limit or permissible conditions, based on the stress-strain curve of the cable material, the stress under operating conditions is still in the elastic range of the material.

Keywords: Deformation; Stress; Sagging; Suspension bridge; Cable stayed

Analisis perilaku perubahan deformasi setelah melengkung pada jembatan gantung Telaga Abadi

Abstrak

Terjadinya perubahan letak dan ketinggian pasang surut pada saat pelaksanaan yang melebihi kondisi perencanaan dan mengganggu arus pelayaran kota. Untuk alasan ini, ruang jembatan gantung ditingkatkan untuk menciptakan area bebas lalu lintas di seberang ambang batas bebas. Hasil analisa manual memperhitungkan tenaga kerja akibat metode pelaksanaan jembatan, sehingga diperoleh nilai ruang jembatan yang sebenarnya untuk mendapatkan deformasi ideal beban kerja jembatan. Kemampuan kondisi jembatan untuk mengubah hasil deformasi dari evaluasi ini. Perilaku keempat kondisi tersebut berbeda nyata yaitu pada keadaan maju SDL, dimana gaya horizontal yang terjadi pada keadaan ini bertambah, tetapi lendutannya menurun hingga 200%, dimana pada keadaan maju f0 adalah 0,16 meter, tetapi pada keadaan maju SDL gaya horizontal hanya bertambah dengan lendutan 0,05 meter. Namun hasil keseluruhannya adalah keadaan tegangan yang terjadi masih dibawah batas atau kondisi yang diijinkan, berdasarkan kurva tegangan-regangan material kabel, tegangan pada kondisi operasi masih dalam rentang elastis material.

Kata kunci: Deformasi; Tegangan; Pelengkung; Jembatan gantung; Kabel tinggal

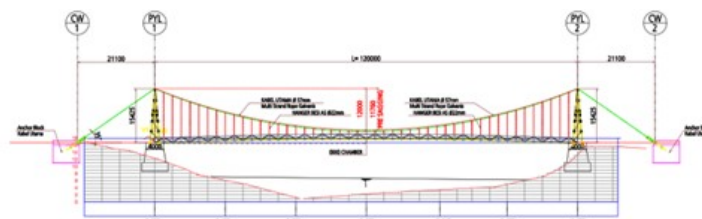
1. Pendahuluan

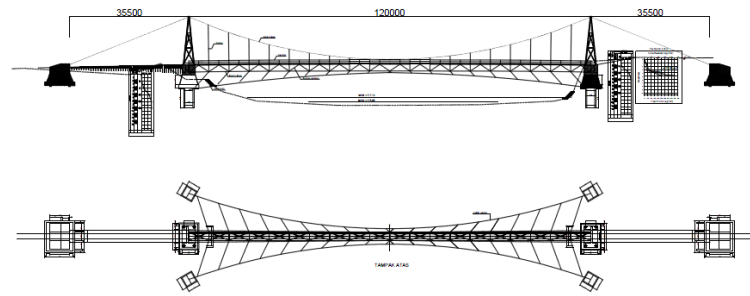
Jembatan gantung merupakan salah satu sarana transportasi yang masih dibutuhkan di berbagai wilayah Indonesia, seperti pembangunan jembatan gantung yang terus menerus dilakukan oleh pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, pembangunan jembatan gantung dipilih karena memiliki berbagai keunggulan, diantaranya biaya pembangunan jembatan gantung yang murah dibandingkan dengan tempat lain. Jika membangun jembatan konvensional, pembangunan jembatan gantung tidak memakan waktu lama, memiliki nilai estetika yang memiliki daya tarik tersendiri. Ditinjau dari kriteria jembatan gantung yang hemat biaya dan waktu serta menarik, pembangunan jembatan gantung masuk akal jika digunakan sebagai prasarana penunjang pariwisata guna meningkatkan daya tarik wisatawan untuk berkunjung ke daerah tersebut (Arifin, 2018) ((persero), 2020).

Kabupaten Kutai Timur merupakan salah satu wilayah administrasi Provinsi Kalimantan Timur dengan luas wilayah 35.7750 kilometer persegi pada garis khatulistiwa antara 115°56'26" sampai dengan 118°58'19" Bujur Timur dan 1°17'1" Lintang Selatan sampai dengan 1°52'39" lintang utara. Kabupaten Kutai Timur merupakan salah satu daerah hasil pemekaran dari Kabupaten Kutai yang diresmikan oleh Menteri Dalam Negeri pada tanggal 12 Oktober 1999 berdasarkan Undang-Undang Nomor 47 Tahun 1999 tentang Pemekaran Provinsi dan Daerah.

Perbatasan Wilayah Kutai Timur; Sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Berau, di timur berbatasan dengan Selat Makassar, di selatan berbatasan dengan Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kota Bontang serta di barat dengan Kabupaten Kutai Kartanegara. Menyusul surat direktur jembatan no.PR 0101-Bt/438 tanggal 17 Desember 2019 perihal permintaan pendapat ahli atas usulan pembangunan jembatan gantung pejalan kaki TA 2020 TA 2020 dan surat dari anggota DPR RI No 07/BA.568/DPR RI/XII/2019 tentang Rekomendasi Program JUDESA Tahun Anggaran 2020, Pusat Pelaksanaan Jalan Nasional XII Balikpapan, Satker P2JN Provinsi Kalimantan Timur bersama Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur Kabupaten Kutai. Jembatan gantung berdasarkan aspirasi masyarakat yang sangat membutuhkan, dengan memperhatikan keterpaduan infrastruktur, konektivitas, penyeberangan pelajar dan pengurangan biaya transportasi. Jembatan gantung dibangun untuk melintasi pembatas berupa sungai dengan tujuan agar pejalan kaki khususnya pelajar dan pengendara kendaraan ringan, mudah untuk menyeberang, guna memberikan manfaat ekonomi dan sosial bagi masyarakat setempat (Rakyat, 2020).

Terjadinya perubahan letak dan ketinggian pasang surut pada saat pelaksanaan yang melebihi kondisi perencanaan dan mengganggu arus pelayaran kota. Untuk alasan ini, ruang jembatan gantung ditingkatkan untuk menciptakan area bebas lalu lintas di seberang ambang batas bebas.



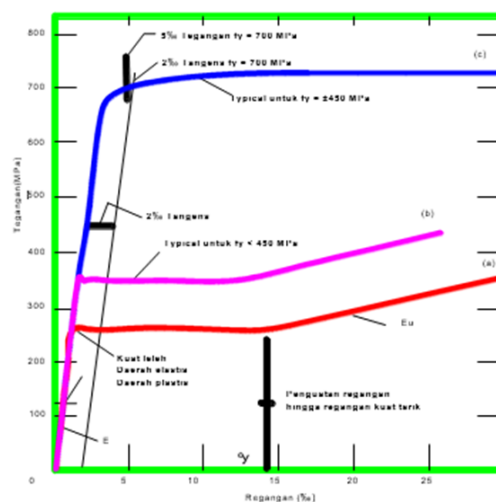


Gambar 1. Jembatan gantung Telaga Abadi Sungai Telen

2. Metode

2.1. Material Baja

Baja adalah bahan bangunan yang cocok untuk menahan beban dari sudut pandang ekonomi, sifat dan kekuatan. Dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya, baja memiliki keunggulan lebih yang tidak dapat ditemukan pada bahan bangunan lainnya. Karena kekuatannya yang besar, menahan kekuatan tarik dan tekan tanpa mengambil banyak curah, baja juga memiliki sifat menguntungkan lainnya yang menjadikannya salah satu bahan yang paling banyak digunakan. Sifat daktilitas baja membuat struktur baja mampu mencegah bangunan runtuh secara tiba-tiba. Baja paduan rendah kekuatan tinggi memiliki ketahanan korosi yang lebih tinggi daripada baja struktural karbon, baik dengan atau tanpa penambahan tembaga. Sifat karat baja tergantung pada beberapa faktor, yaitu pada komposisi kimia, tingkat polusi atmosfer dan frekuensi pembasahan dan pengeringan (AISC, 2016).



Gambar 2. Kurva tegangan-regangan (Mangkoebroto, 2007)

Dalam proses perancangan struktur baja untuk bangunan gedung di Indonesia diatur dengan standar nasional Indonesia, kemudian standar dalam buku ini ditulis sebagai SNI-2002. Sifat mekanik baja berdasarkan SNI-2002 Pasal 5.1.3 ditentukan sebagai berikut, dimana modulus elastisitas dengan nilai 200.000 MPa, G adalah modulus geser dengan nilai

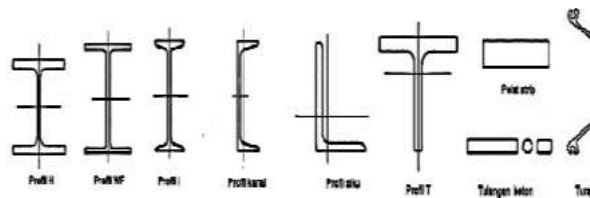
80.000 MPa, adalah nilai Poisson dengan a nilai 0,3 dan merupakan koefisien muai dengan nilai $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (Nasional, 2005).

Sedangkan berdasarkan kekuatan luluh dan tegangan putus, SNI-03-1729-2005 menjelaskan mutu bahan baja dalam lima tingkatan mutu, seperti terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 1 Klasifikasi kualitas material baja

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum f_u (MPa)	Tegangan Leleh minimum f_y (MPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Baja struktural dibuat dengan penampang yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, yaitu profil I, profil WF, profil saluran (C), profil T, profil pipa, profil kotak, profil lengkungan, dinding tiang pancang dan tulangan beton.



Gambar 3. Berbagai profil baja

2.2. Jembatan Gantung

Jembatan gantung adalah jenis jembatan yang menggunakan penyangga kabel sebagai pengganti penyangga samping. Sebuah jembatan gantung biasanya memiliki tali utama (tali baja atau rantai lainnya) yang ditambatkan di setiap ujung jembatan. Setiap beban yang ditempatkan pada jembatan menjadi tegangan pada kabel utama.

Dukungan untuk pembangunan jembatan gantung sangat diperlukan

- Blok jangkar
- Menara portal
- Dan blok angin.

Desain jembatan yang ingin saya tampilkan adalah jembatan sederhana di desa, desain ini ditujukan untuk beban kendaraan yang tidak terlalu tinggi, mungkin karena rata-rata volume lalu lintas harian tidak memenuhi persyaratan di jalan nasional, atau bisa disebut jalan sekunder arteri ((persero), 2020) (Arifin, 2018) (Rakyat, 2020) (Nasional, 2005).

Jembatan gantung adalah jenis jembatan yang menggunakan penyangga kabel sebagai pengganti penyangga samping. Sebuah jembatan gantung biasanya memiliki tali utama (tali baja atau rantai lainnya) yang ditambatkan di setiap ujung jembatan. Setiap beban yang ditempatkan pada jembatan menjadi tegangan pada kabel utama.

Saat ini, jembatan gantung bertumpu pada tali vertikal yang melekat pada tali di antara menara dasar. Setiap beban yang ditempatkan pada jembatan menjadi tegangan pada kabel utama. Jembatan gantung awal memiliki kabel yang ditambatkan di tanah di kedua ujung jembatan, tetapi beberapa jembatan gantung modern menambatkan kabel ke ujung jembatan itu sendiri. Jembatan gantung awal tidak memiliki menara atau dermaga, tetapi ini ada di sebagian besar jembatan gantung yang lebih besar (Arifin, 2018).

2.3. Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada pemeriksaan perilaku jembatan gantung setelah pemasangan untuk mendapatkan nilai ruang jembatan yang diharapkan dan spesifikasi teknis jembatan gantung.

2.4. Desain penelitian

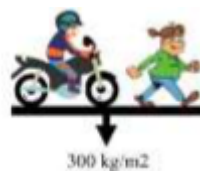
Hasil analisa manual dengan memperhitungkan tenaga kerja akibat undakan jembatan, sehingga diperoleh nilai ruang jembatan yang sebenarnya untuk mendapatkan deformasi ideal beban kerja jembatan. Kemampuan kondisi jembatan untuk mengubah hasil deformasi dari evaluasi ini.

Jembatan gantung pejalan kaki tidak boleh dibengkokkan untuk menimbulkan ketakutan atau ketidaknyamanan bagi pengguna atau membuat pemasangan girder tidak rata.

Jembatan gantung pejalan kaki yang kaku dapat bergetar karena angin atau orang yang berjalan di atasnya. Oleh karena itu, dengan konstruksi jembatan kaku, beban angin dihilangkan, sehingga profil yang digunakan lebih besar dibandingkan dengan pejalan kaki fleksibel.

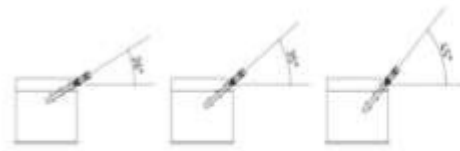
Jembatan gantung dirancang dengan masa pakai 50 tahun dengan beban maksimum 300 kg/m² dan beban tunggal 20 kN (hanya satu kendaraan ringan dalam satu bentang jembatan) dan hanya boleh digunakan oleh:

1. Pejalan kaki.
2. Kendaraan ringan seperti sepeda, gerobak, dan sepeda motor roda dua



Gambar 4. Beban untuk pejalan kaki dan pengendara sepeda motor

Saat menganalisis perhitungan jembatan, dilakukan tiga variasi sudut jangkar utama, yaitu 26 °, 35 ° dan 45 °, dengan sudut kritis maksimum yang diizinkan adalah 45 °. Pemilihan sudut jangkar utama ditentukan berdasarkan kondisi ketinggian medan atau kendala tapak, sudut yang ditentukan harus dipasang secara seragam dan tidak boleh ada perbedaan sudut pada setiap jangkar utama di sejumlah jembatan.



Gambar 5. Sudut kabel pada blok jangkar

Standar untuk suprastruktur jembatan gantung pejalan kaki simetris adalah sebagai berikut. Jembatan gantung merupakan jembatan gantung yang kaku dan simetris dengan variasi bentang yaitu 42 m, 60 m, 84 m, 96 m dan 120 m.

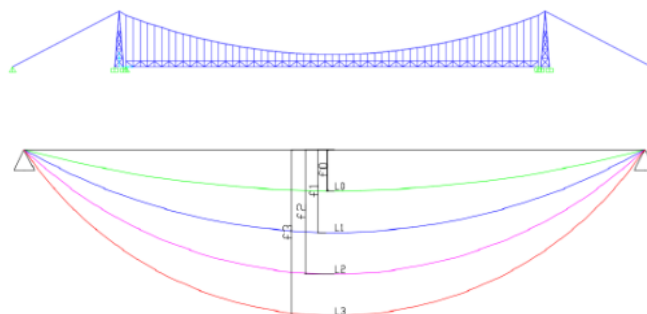
Substruktur jembatan gantung terdiri dari batu jangkar, pilar dan blok penahan angin (hanya untuk bentang 96 m dan 120 m). Gaya pada bantalan dan reaksi tali untuk beban operasi pada semua varian jembatan disediakan dalam 3 konfigurasi sudut belakang panggung.

Diharapkan perencanaan bangunan bawah dilakukan dengan konfigurasi sudut backstay 27° (kondisi paling ideal) sampai 35° , sehingga sudut backstay maksimum 45° dan rancangan desain pondasi harus didiskusikan dengan pihak manajemen jembatan (Surung Sirait, 2021).

2.5. Prosedur Penelitian

Perencanaan bangunan bawah jembatan (block and piers) Parameter yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan bawah adalah kondisi topografi, kondisi sungai, kondisi tanah dan bentang jembatan. Penelitian ini dilakukan pada pengujian jembatan gantung dengan bentang 120 meter dan dengan 4 tahap pembebanan dan pembengkokan seperti terlihat pada gambar di bawah ini (Aco Wahyudi Efendi, 2019).

Pada gambar 6 menjelaskan kondisi sag yang dilakukan pada penelitian ini, dengan 4 kondisi sag tersebut kemudian diberikan nomenklatur sesuai Tabel 3 yang akan menjadi acuan untuk tinjauan penelitian ini, dengan bentang jembatan gantung 120 meter dan defleksi sepanjang 123,3 m.

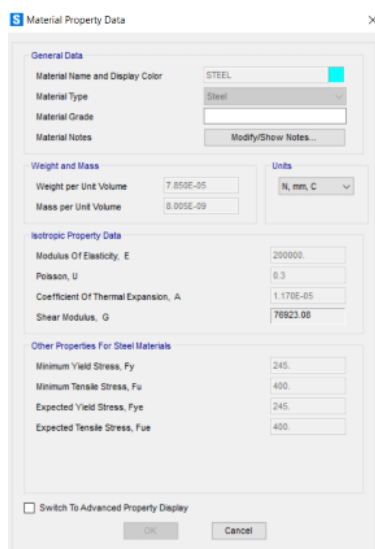


Gambar 6. Pemodelan dan dimensi kelengkungan jembatan

2.6. Pengumpulan Data dan Analisis Data

Bahan yang digunakan adalah :

1. Kualitas beton sub konstruksi (Pilar dan batu jangkar) dan pondasi f_c '30 MPa atau minimal f_c ' 20 MPa untuk daerah sulit (desa).
2. Mutu baja tulangan menggunakan BJTP 24 untuk <D13 dan BJTD 32 atau BJTD 39 untuk > D13, dimana variasi diameter tulangan dibatasi maksimal 3 ukuran.



Gambar 7. Data material baja

Pada gambar 5 menjelaskan beberapa parameter yang digunakan saat menganalisis metode elemen hingga untuk mendapatkan perilaku dan tegangan yang terjadi pada elemen yang diuji, sedangkan beberapa profil yang digunakan memenuhi spesifikasi material pada Tabel 2.

Adapun spesifikasi bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Profil baja bekas

No.	Profile	Size 1	Size 2	Size 3	Size 4	Description
1	H 350x350x12x19	350	350	12	19	Pylon
2	C 100x50x5x7.5	100	50	5	7.5	Bracing Pylon
3	2C 100x50x5x7.5	100	50	5	7.5	Vertikal Beam
4	2L 100x100x10	100	100	10	10	Top Chord
5	2L 65x65x6	65	65	6	6	Bracing Truss
6	2L 90x90x90	90	90	9	9	Bottom Chord
7	Dia 22	22	0	0	0	Hanger
8	Dia 57	57	0	0	0	Kabel

Tidak ada kabel dengan inti lunak yang dapat digunakan. Kabel utama harus memiliki tegangan tarik nominal 1770 MPa. Perlindungan karat untuk bahan tali baja utama dan sekunder dengan galvanis dan harus dilindungi dari kemungkinan oksidasi. Panjang kabel minimum yang disediakan oleh penyedia/penjual harus disesuaikan dengan kebutuhan berdasarkan sudut kemiringan ditambah toleransi 3,5 meter pada setiap sisi/setiap ujung kabel. (AISC, 2016) (Troitsky, 1977) (Scalzi, 1976)

Tabel 3. Profil baja yang digunakan

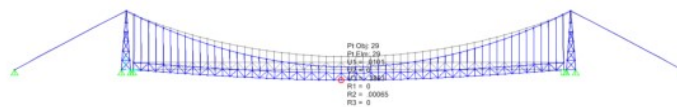
No	Condition	E Cable	Cable Diameter	Cable Area	
		E0(MPa)	dc(mm)	Ae(mm ²)	δ(m)
1	Presagging f0	105,000.00	57.00	2,511.76	0.10
2	Presagging SWL	105,000.00	57.00	2,511.76	0.10
3	Presagging SDL	105,000.00	57.00	2,511.76	0.10
4	Presagging LL	105,000.00	57.00	2,511.76	0.10

Tabel 3 menjelaskan data parameter bahan yang digunakan dengan modulus elastisitas dan diameter kabel yang sama, maka luas kabel dan defleksi maksimum yang diizinkan adalah 0,1 m.

3. Hasil dan Pembahasan

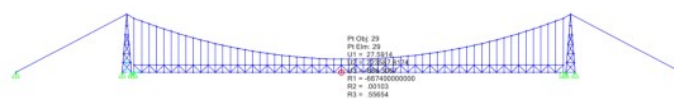
Setelah dilakukan analisa dengan software metode elemen hingga dengan pemodelan sesuai skala lapangan dan spesifikasi beban sesuai kebutuhan desain, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

- Deformasi akibat beban lalu lintas LL adalah 390 mm <L/200 (600 mm)



Gambar 8. Lendutan akibat kondisi operasi 390 mm

- Deformasi yang terjadi akibat kondisi operasi LL adalah 688 mm <L/200 (600 mm)



Gambar 9. Lendutan akibat kondisi operasi 688 mm

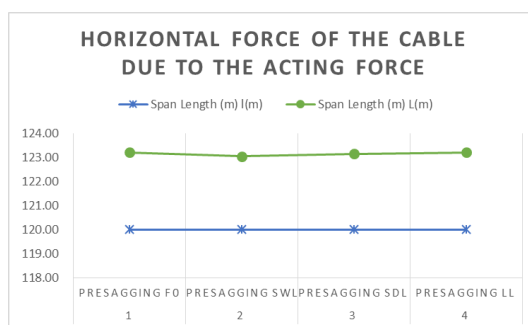
- Kapasitas desain



Gambar 10. Lendutan akibat kapasitas desain

Tabel 4. Gaya horizontal pada tali jembatan gantung

No	Condition	Span Length (m)		Horizontal Force (kN)
		l(m)	L(m)	
1	Presagging f0	120.00	123.20	327.97
2	Presagging SWL	120.00	123.05	224.53
3	Presagging SDL	120.00	123.15	104.09
4	Presagging LL	120.00	123.20	398.25

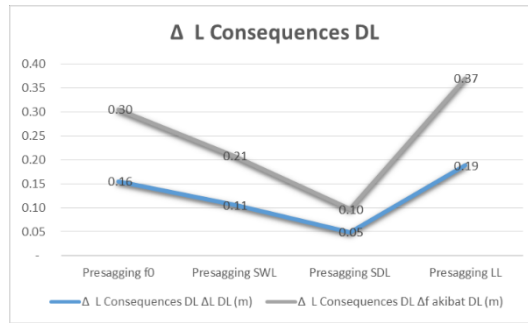


Gambar 11. Grafik gaya horizontal pada tali jembatan gantung

Tabel 4 menunjukkan hasil defleksi yang terjadi secara linier dengan gaya aksial yang terjadi pada tali jembatan gantung, dimana pada saat pretensioning (f0) bentang awal 120 meter dengan ekspansi menjadi 123,20 meter dan gaya aksial 327,97 . Kondisi prategang SWL dengan bentang awal sama 120 m dan perpanjangan 123,05 meter lebih pendek dari kondisi f0 dengan gaya aksial kerja 224,53 kN, sedangkan pada kondisi prategang SDL bentang awal 120 meter dan muai bertambah dari kondisi SWL yaitu 123,15 meter, gaya aksial yang terjadi menurun drastis menjadi 104,09 kN, dan kondisi terakhir adalah kondisi prategang LL dengan bentang awal 120 meter dan perpanjangan nominal pada f0. Kondisi preload yang terjadi yaitu 123,2 meter dengan peningkatan gaya aksial menjadi 398,25 kN. Perilaku ini dapat dilihat pada Gambar 11.

Tabel 5. Lendutan akibat beban mati

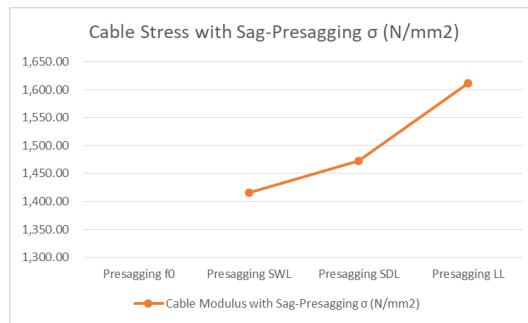
No	Condition	ΔL Consequences DL				
		ΔL DL (m)	L0(m)	Δf akibat DL (m)	f (m)	f0(m)
1	Presagging f0	0.16	123.05	0.30	12.00	11.70
2	Presagging SWL	0.11	123.15	0.21	11.70	11.90
3	Presagging SDL	0.05	123.20	0.10	11.90	12.00
4	Presagging LL	0.19	123.39	0.37	12.00	12.37



Gambar 12. Grafik defleksi akibat beban mati

Tabel 6. Tegangan yang terjadi akibat pre-sagging

No	Condition	Cable Modulus with Sag-Presagging			
		γ (kg/m ³)	σ (N/mm ²)	lk(mm)	Eff (MPa)
1	Presagging f0	0	0	0	0
2	Presagging SWL	7,850.00	1,415.89	123,167.10	105,000.00
3	Presagging SDL	7,850.00	1,472.90	123,350.70	105,000.00
4	Presagging LL	7,850.00	1,611.90	123,493.40	105,000.00



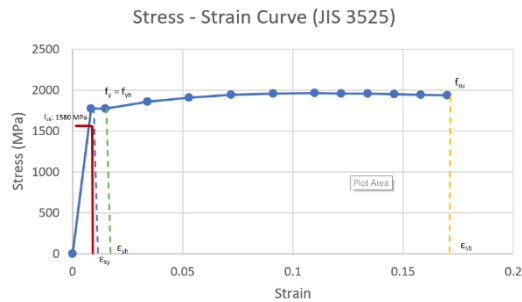
Gambar 13. Grafik defleksi akibat beban mati

Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat perubahan tegangan yang signifikan yang terjadi pada kabel jembatan gantung ketika penambahan beban menyebabkan perubahan tegangan yang meningkat pada tahap sagging. Terlihat bahwa perilaku diagram pada Gambar 13 langsung menunjukkan perubahan tegangan yang signifikan.



Gambar 14. Perilaku defleksi akibat beban mati

Sehubungan dengan kurva tegangan-regangan bahan kabel, tegangan dalam keadaan operasi masih dalam kisaran elastis bahan.



Gambar 15. Grafik defleksi akibat beban mati

Modulus elastisitas tali oleh karena itu dapat diasumsikan konstan untuk menghitung pengaruh pelengkungan tali.

4. Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada beberapa kondisi pada saat jembatan gantung melorot, terbentuk ruang nominal yang terjadi saat beban kerja ditambahkan dan nilai elongasi tali lebih dipengaruhi oleh beban mati.

Perilaku keempat kondisi tersebut berbeda nyata yaitu pada keadaan maju SDL, dimana gaya horizontal yang terjadi pada keadaan ini meningkat, namun defleksi menurun hingga 200%, dimana pada keadaan f_0 maju sebesar 0,16 meter, namun pada keadaan maju SDL gaya horizontal hanya bertambah dengan lendutan 0,05 meter.

Dalam penelitian ini dibatasi pada analisis perilaku defleksi yang terjadi dan tegangan yang ditimbulkan oleh berbagai keadaan defleksi tali jembatan gantung, dimana diperoleh kondisi yang sama sekali berbeda, yaitu kondisi pra defleksi SDL yang tidak seperti signifikan sebagai defleksi yang dihasilkan, meskipun beban menjadi lebih besar dan tegangan lebih besar. Namun hasil keseluruhannya adalah keadaan tegangan yang terjadi masih dibawah batas atau kondisi yang diijinkan, berdasarkan kurva tegangan-regangan material kabel tegangan pada kondisi operasi masih dalam rentang elastis material.

Daftar Pustaka

- (persero), P. A. (2020). *Buku Manual Pemasangan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid Bentang 120 M*. Jakarta: PUPR.
- A W Efendi, S. N. (2019). *Analisis Perubahan Jarak Blok Angkur Jembatan Gantung Terhadap Gaya Yang Terjadi*. Balikpapan: Research, Universitas Tridharma Balikpapan.
- A W Efendi, S. N. (2022). *Behavior Analysis of Forensic Audit Results at Pier 3 Mahakam Bridge*. Takalar, Sulawesi Selatan: ARRUS Journal of Engineering and Technology, 2(1).
- AISC, A. I. (2016). *Manual of Steel Construction, eighth edition*. Icc.400 North Michigan Avenue Chicago, Illinois 60611: AISC.
- Arifin, A. S. (2018). *Kajian Analisis Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki Asimetris Ganda*. Indonesia: RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil, 4(4), 32.

- Arifin, B. H. (2019). *Evaluasi Batang Tekan Profil Siku Pada Struktur Rangka Batang dengan Variasi Siku Tunggal dan Siku Ganda*. *Journal of The Civil Engineering Student*, 1(3), 50-56.
- Nasional, B. S. (2005). *Standar Pembebanan Jembatan SNI T-02-2005*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Prasetyo, W. (2013). *Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Berantas pada Jalan Tol Kertosono-Mojokerto dengan Metode Cable Stayed*. Jember.
- Rakyat, K. M. (2020). *Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Penyampaian Gambar Desain dan Kriteria Desain Jembatan Gantung Pejalan kaki Simetris*. Jakarta: Kementerian Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Redrik Irawan, L. T. (2011). *Perencanaan Teknis Jembatan Cable Stayed*. Indonesia.
- Surung Sirait, J. T. (2021). *Kajian Kapasitas Sambungan Plat Buhul Struktur Portal Pylon Jembatan Gantung Menggunakan Software Ideastatica*. Medan: Universitas Sumatera Utara (USU) Indonesia.
- Walther, R. (1999). *Cable Stayed Bridges*. London. London: Thomas Telford.
- Yuskar, L. &. (2005). *Kajian Sambungan antara Pilar dan Kabel*.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License
