

## ANALISA KEKUATAN JEMBATAN GANTUNG PEJALAN KAKI SUNGAI GUNTING KABUPATEN JOMBANG AKIBAT BEBAN HIDUP

### *STRENGTH ANALYSIS OF PEDESTRIAN BRIDGE AT GUNTING RIVER IN JOMBANG DISTRICT DUE TO LIVE LOAD*

M. Hidayat<sup>1)\*</sup>, Tommy, Ekamitra S.<sup>2)</sup>, Petrus Satria Aji Wicaksana<sup>3)</sup>,  
mokh.hidayat@gmail.com<sup>1)</sup>, tommysutarto@gmail.com<sup>2)</sup>, petrus.satria.aji@gmail.com<sup>3)</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda  
<sup>1,2,3</sup>Jl. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Panjang, Kota Samarinda 75131, Kalimantan  
Timur

Korespondensi Naskah : M. Hidayat

#### INTISARI

Permasalahan yang menghambat perkembangan wilayah pedesaan adalah kurangnya infrastruktur jalan dan jembatan. Jembatan merupakan infrastruktur yang mahal sehingga membuat pembangunannya tidak merata. Oleh karena itu pusat penelitian dan pengembangan jalan dan jembatan berinovasi membuat jembatan untuk desa asimetris (Judesa). Salah satu Judesa yang telah dibangun adalah jembatan gantung pejalan kaki sungai Gunting kabupaten Jombang dengan bentang 42 m dan lebar 1,8 m yang membelah Desa Karobelah Kecamatan Mojoagung dan Desa Kedungpapar Kecamatan Sumobito. Jembatan gantung pejalan kaki sungai Gunting merupakan akses utama untuk menyeberang antar dua desa tersebut. Dengan demikian perlu adanya analisa kekuatan struktur atas jembatan sungai Gunting kabupaten Jombang akibat beban hidup. Beban hidup menggunakan ketentuan dari pusat penelitian dan pengembangan jalan dan jembatan yaitu beban merata sebesar 3 Kpa, beban tersebut sudah termasuk beban kendaraan ringan. Analisa yang dilakukan menggunakan aplikasi SAP2000 yakni menghitung nilai tahanan lentur, tahanan aksial dan lendutan yang terjadi pada jembatan dengan menggunakan standar perhitungan RSNI-T 03-2005 dan Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Kontruksi Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki. Hasil analisa harus kurang dari nilai izin yang berlaku. Apabila hasil analisa lebih dari nilai izin maka perlu adanya desain ulang dimensi komponen jembatan.

**Kata kunci:** Tahanan lentur, Tahanan aksial dan Lendutan.

#### ABSTRACT

*The problem that hinders the development of rural areas is the lack of road and bridge infrastructure. Bridges are expensive infrastructure that makes development uneven. Therefore the research and development center of roads and bridges innovates to make bridges for asymmetrical villages (Judesa). One of the Judesa that has been built is the Gunting river pedestrian suspension bridge Jombang district with a span of 42 m and a width of 1.8 m that divides Karobelah Village Mojoagung District and Kedungpapar Village Sumobito District. The Gunting river pedestrian suspension bridge is the main access to cross between the two villages. Thus the need for structural strength analysis of the Jombang district Gunting river bridge due to the burden of life. The live load uses the provisions of the road and bridge research and development center which is a uniform load of 3 Kpa, the burden includes light vehicle loads. Analysis conducted using the*

*SAP2000 application is to calculate the value of flexural resistance, axial resistance and deflection that occurs on the bridge using the standard calculation RSNI-T 03-2005 and Guidance for the Planning and Implementation of Hanging Bridge Construction for Pedestrians. The results of the analysis must be less than the valid permit value. If the analysis results are more than the permit value, it is necessary to redesign the dimensions of the bridge components.*

**Keywords:** *Bending resistance, axial resistance and deflection.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) banyak dibangun di desa-desa di Indonesia. JPO dibangun sebagai aksesibilitas masyarakat pedesaan di Indonesia untuk keperluan aktivitas sehari-hari sangat terbatas, khususnya wilayah yang terpisahkan hambatan seperti sungai, lereng, bukit, dan sebagainya tentunya memerlukan penghubung dimana salah satunya adalah jembatan. Hal tersebut membatasi masyarakat untuk mendapatkan akses ke pendidikan, informasi, pemasaran hasil pertanian, dan akses untuk mendapatkan barang / jasa yang dibutuhkan (Departemen Pekerjaan Umum, 1994). Seperti sungai yang berada di Jombang yakni sungai Guntung sepanjang 12 km yang membelah Desa Karobelah Kecamatan Mojoagung dan Desa Kedungpapar Kecamatan Sumobito. JPO sungai guntung yang dibangun karena untuk memotong akses antar desa yang harus memutar sejauh dua kilometer. JPO yang dibangun merupakan type Jembatan Gantung Pejalan Kaki. Jembatan gantung pejalan kaki yang dibangun adalah jembatan untuk pedesaan asimetris dengan bentang 42 m. Jembatan untuk pedesaan asimetris (JUDESA) merupakan inovasi dari kementerian PUPR untuk jembatan daerah pedesaan dan dapat dilewati oleh pejalan kaki. Untuk itu perlu adanya analisis kekuatan struktur atas pada jembatan gantung pejalan kaki akibat beban hidup agar mengetahui kekuatan dan keamanan jembatan tersebut.

### LANDASAN TEORI

Jembatan merupakan suatu konstruksi perasarana transportasi yang menghubungkan jalan yang terputus akibat adanya sungai, laut, jurang, saluran irigasi, dan lain-lain. Jembatan merupakan salah satu moda transportasi yang sangat penting

karena dengan adanya jembatan dapat memotong jarak yang sangat jauh agar lebih cepat. Jembatan sangat membantu dalam roda perekonomian masyarakat karena dengan adanya jembatan dapat memotong anggaran transportasi dalam roda perekonomian. Berdasarkan fungsinya jembatan dibagi menjadi tiga yakni:

1. Jembatan Jalan Raya (*Highway Bridge*)
2. Jembatan Jalan Kereta Api (*Railway Bridge*)
3. Jembatan Pejalan Kaki (*Pedestrian Bridge*)

### Jembatan Penyeberangan Orang

Jembatan penyeberangan orang (JPO) adalah jembatan yang digunakan para pejalan kaki menyeberangi jalan raya, jurang kecil, anak sungai, dan lain-lain. Jembatan penyeberangan orang biasa dibangun di jalan tol, dekat sekolah, dekat pusat kota, pedesaan dan lain-lain. Ada dua jenis jembatan pejalan kaki yakni jembatan rangka pejalan kaki dan jembatan gantung pejalan kaki. Jembatan rangka pejalan kaki lebih dominan dibangun di daerah kota, biasanya dibangun didekat sekolah, didekat pusat perbelanjaan atau pun di simpangan jalan raya yang sangat padat. Sedangkan jembatan gantung pejalan kaki banyak ditemukan dipedesaan. Pusat libang jalan dan jembatan (Pusjatan) sedang berinovasi membuat jembatan untuk desa asimetris. Jembatan untuk desa asimetris (Judesa) ini didesain lebih ekonomis dan mudah dibangun didaerah pedesaan. Jembatan gantung untuk pedesaan ini memiliki lebar 1,8 m.

### Material Baja

Baja yang digunakan sebagai bagian struktur baja harus mempunyai sifat mekanis baja struktural. Mutu baja dan data yang berkaitan lainnya harus ditandai dengan jelas pada unit-unit yang menunjukkan

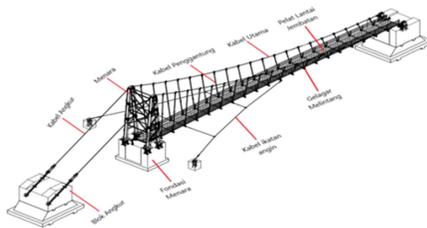
identifikasi selama pabrikasi dan pemasangan. Spesifikasi mutu baja seperti tampak pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Spesifikasi mutu baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa)	Peregangan 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

**Komponen dan Fungsi Jembatan**

Jembatan untuk desa asimetris merupakan jembatan pengembangan pemerintah untuk daerah pedesaan. Jembatan mempunyai bagian-bagian struktur, yakni seperti yang ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Bagian – bagian jembatan pejalan kaki

**Struktur Atas**

**Lantai Jembatan (Deck)**

Lantai Jembatan berfungsi untuk menopang beban hidup yang melewati jembatan serta menyalurkan beban dan gaya-gaya tersebut ke gelagar memanjang. Lantai jembatan direncanakan dari pelat baja. Lantai jembatan menahan lendutan yang terjadi akibat beban hidup.

**Gelagar Melintang (Cross Girder)**

Gelagar Melintang (*Cross Girder*) berfungsi sebagai peyokong utama dari jembatan gantung, gelagar melintang menerima beban dari gelagar memanjang dan meneruskannya ke batang penggantung pada kedua ujungnya. Gelagar melintang direncanakan dari baja profil kanal kait kopel yang dipasang belakang-belakang. Perencanaan gelagar melintang harus mampu menahan

momen terfaktor dan lintang akibat beban dari gelagar memanjang.

**Gelagar Memanjang (Stringer)**

Gelagar Memanjang (*Stringer*) berfungsi meneruskan beban dari lantai jembatan ke gelagar melintang.

**Sistem Kabel**

Persyaratan kabel dalam perencanaan jembatan ini harus memenuhi:

- Kabel dengan inti yang lunak tidak diizinkan digunakan pada jembatan gantung ini.
- Kabel harus memiliki tegangan leleh minimal sebesar 1500 MPa.
- Kabel menggunakan kabel baja bundar sesuai spesifikasi penampang.

**1. Kabel Penggantung (Hanger)**

Kabel Penggantung (*Hanger*) berfungsi sebagai pemikul gelagar utama serta melimpahkan bebanbeban dan gaya-gaya yang bekerja ke kabel utama. Dimensi batang penggantung harus mampu menahan gaya aksial tarik yang berasal dari lantai kendaraan. Batang penggantung terdiri dari segmen atau potongan besi. Segmen ini biasanya ada dua jenis yaitu salah satu ujung berulir untuk segmen atas dan bawah. Untuk segmen tengah pada kedua ujungnya terdapat ulir. Masing-masing segmen batang penggantung disambung dengan menggunakan *turnbuckle*. Batang penggantung disambungkan pada kabel utama dengan klem dan pada gelagar melintang dengan pelat kopel.

**2. Kabel Utama (main cable)**

Kabel Utama (*main cable*) berfungsi sebagai pemikul beban dan gaya-gaya yang bekerja pada batang penggantung serta melimpahkan beban dan gaya-gaya tersebut ke menara pemikul dan blok angkur. Panjang teoritis kabel utama (Lk) adalah jarak parabolik antara titik titik pusat kabel di pelana:

$$Lk = L \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left( \frac{d}{L} \right)^2 \right\}$$

Keterangan:

- Lk adalah panjang teoritis kabel utama
- L adalah panjang bentang utama
- d adalah cekungan kabel di tengah bentang
- Panjang bersih kabel utama pada kondisi bebas beban diperoleh dengan mengadakan

koreksi pengurangan terhadap panjang teoritis:

- a. Koreksi penambahan panjang sesuai lengkungan di pelana.
- b. Koreksi pengurangan panjang ulur elastis sebanding tegangan rata-rata akibat beban mati penuh berdasarkan tegangan kabel maksimum di menara dan minimum di tengah bentang.

### 3. Kabel Angkur (*backstay cable*)

Untuk perencanaan kabel angkur ditentukan beberapa hal sebagai persyaratannya yaitu sebagai berikut:

- a. Panjang teoritis kabel angkur adalah jarak geometrik antara titik pusat blok angkur di permukaan tanah dan titik pusat kabel di pelana.
- b. Panjang bersih kabel angkur pada kondisi bebas beban, yaitu jarak bersih antara sumbu pelana dan titik untuk jangkar, diperoleh dengan mengadakan koreksi terhadap panjang teoritis.

### 4. Kabel ikatan

Dimensi kabel ikatan angin harus mampu memberikan stabilitas lateral untuk menahan beban angin rencana. Kabel ikatan angin juga berfungsi untuk memperkuat gelagar. Angkur kabel ikatan angin dibuat pada sisi jembatan secara terpisah dari bangunan struktur jembatan. Pada kondisi tertentu dimana angin bukan menjadi suatu beban atau pada tempat yang terlindungi akibat beban angin, kabel ikatan angin tidak diperlukan.

### Menara

Menara yang digunakan harus didesain untuk mampu menahangaya aksial, tekan, lentur dan beban gempa. Menara pada sistem jembatan gantung akan menjadi tumpuan kabel utama. Beban yang dipikul oleh kabel selanjutnya diteruskan ke menara yang kemudian disebarkan ketanah melalui pondasi. Dengan demikian agar dapat menyalurkan beban dengan baik, perlu diketahui pula bentuk atau macam menara yang akan digunakan dan ukuran profil menara.

### Beban

Beban merupakan salah satu faktor yang penting dalam merancang struktur jembatan. Beban yang bekerja pada jembatan terjadi karena gaya-gaya yang alamiah dan buatan

manusia. Beban yang direncanakan pada jembatan gantung untuk desa dikatakan aman apabila jembatan yang telah menerima beban mati, beban hidup, dan beban samping jika kekuatannya melebihi nilai keamanan struktur sesuai standar yang berlaku.

#### 1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen.

#### 2. Beban Hidup

Beban hidup dari pengguna jembatan. Aspek beban hidup yang dipertimbangkan dalam perencanaan JUDESA adalah hanya beban terdistribusi merata dari kendaraan sepeda motor dan beban pejalan kaki manusia, dengan besaran yang diambil adalah sebesar 3 kPa (PUSJATAN JUDESA).

### Keamanan Jembatan

Standar perencanaan jembatan menetapkan kriteria yang perlu dipertimbangkan untuk memastikan bahwa jembatan pejalan kaki aman dan sesuai untuk pengguna.

#### 1. Lendutan

Jembatan pejalan kaki tidak boleh melendut untuk batas yang mungkin menyebabkan kecemasan atau ketidaknyamanan untuk pengguna atau menyebabkan batang-batang yang terpasang menjadi tidak rata. Batas maksimum untuk balok dan rangka batang jembatan pejalan kaki sesuai dengan ketentuan kriteria desain Judesa Pusjatan. Lendutan yang diizinkan dalam jembatan gantung untuk pedesaan adalah

$$\text{Lendutan izin} = \frac{L}{100}$$

Panjang kabel setelah pembebanan:

$$\Delta L = \frac{H \times L}{E_{kabel} \times 2 \times A_g} \times \left( 1 + \frac{16}{3} \times \left( \frac{1}{5} \right)^2 \right)$$

Lendutan pada lantai jembatan:

$$\Delta f = \frac{\Delta L}{\frac{16}{15} \times \left( 5 - 24 \times \left( \frac{1}{5} \right)^2 \right)}$$

Keterangan:

$A_g$  Luas penampang

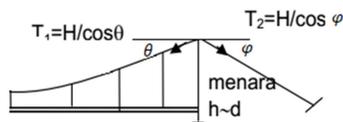
Apabila lendutan jembatan melebihi lendutan izin maka jembatan tersebut dinyatakan tidak aman.

**2. Kekuatan**

Jembatan harus cukup kuat untuk menahan beban hidup, beban mati, beban gempa dan beban angin yang didefinisikan di atas dengan batas yang cukup untuk keselamatan untuk mengizinkan beban yang telah direncanakan. Struktur jembatan dapat menahan gaya tarik, gaya aksial dan lentur akibat beban-beban yang terjadi.

1. Tahanan tarik kabel

Gaya tarik T pada kabel digambarkan seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Gaya tarik kabel

Akibat beban hidup merata penuh

$$H_1 = \frac{q L^2}{8 d}$$

Akibat beban mati

$$H_2 = \frac{w L^2}{8 d}$$

Keterangan:

H1, H2, adalah komponen horizontal gaya tarik (kN)

q adalah beban hidup merata (kN/m)

w adalah berat sendiri struktur (kN/m)

L adalah bentang utama (m)

d adalah cekungan kabel di tengah bentang (m)

- Gaya tarik kabel utama

$$T = \frac{H}{\cos \theta}$$

Keterangan:

H adalah komponen horizontal gaya tarik.

T adalah gaya tarik kabel maksimum akibat beban merata penuh (kN).

theta adalah sudut kabel di menara antara horizontal dan kabel bentang utama.

- Gaya tarik kabel angkur

$$T = \frac{H}{\cos \varphi}$$

Keterangan:

H adalah komponen horizontal gaya tarik.

T adalah gaya tarik kabel maksimum akibat beban merata penuh (kN).

phi adalah sudut kabel di menara antara horizontal dan kabel bentang angkur.

- Gaya tarik kabel penggantung

Gaya pada batang penggantung akibat beban terfaktor (Tu)

Diameter batang penggantung (d)

Luas penampang

$$A_g = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

Tahanan tarik kabel berdasarkan luas penampang

$$\phi T_n = 0.9 \times A_g \times f_y$$

Syarat yang harus dipenuhi

$$T_u \leq \phi T_n$$

2. Tahanan aksial

Persyaratan kekuatan menurut RSNI T-03-2005 untuk batang tekan dinyatakan sebagai berikut:

$$\lambda_c = \frac{L_k}{r \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Karena lambda\_c < 1,5 maka nilai Fcr dicari menggunakan persamaan berikut:

$$F_{cr} = (0,66^{\lambda_c^2}) \times f_y$$

$$\phi_n \cdot N_n \geq N_u$$

Dimana :

$$\phi_n = \text{Faktor reduksi} = 0,85$$

$$N_n = \text{Kuat tekan nominal komponen struktur tekan} = F_{cr} \cdot A_g$$

$$N_u = \text{Beban layan terfaktor (kg)}$$

menurut RSNI T-03-2005 untuk batang tarik dinyatakan sebagai berikut:

- Kondisi Leleh

$$\phi_n \cdot T_n \geq T_u \qquad \phi_n \cdot T_n \geq T_u$$

Dimana :

$$\phi_n = \text{Faktor reduksi} = 0,90 \text{ (Kondisi leleh)} = 0,75 \text{ (kondisi fraktur)}$$

$$T_n = \text{Kuat tekan nominal komponen struktur tekan}$$

$$T_u = \text{Beban layan terfaktor (kg)}$$

- Kondisi Fraktur

$$\phi T_n = \phi \times A_e \times F_y = \phi \times (U \times A_n) \times F_y$$

$$A_n = A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens})$$

$$U = 0,85 \text{ untuk jumlah baut minimal 3 buah dalam satu baris}$$

3. Tahanan Lentur

Berdasarkan RSNI T-03-2005 suatu komponen struktur yang memikul momen lentur terhadap sumbu kuat, harus memenuhi:

$$\mu \leq \phi M_n$$

Keterangan:

$\mu$  = momen lentur terfaktor (Nmm)

$M_n$  = momen lentur nominal (Nmm)

Kelangsingan sayap:

$$\lambda = \frac{b}{t_2}$$

Batas kelangsingan maksimum penampang compact:

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

Batas kelangsingan maksimum penampang non compact:

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

Momen lentur nominal harus memenuhi syarat di bawah ini:

a. Penampang Kompak Penampang yang memenuhi  $\lambda \leq \lambda_p$ , kuat lentur nominal penampang:

$$M_n = M_p = f_y \cdot Z_x$$

b. Penampang Tidak Kompak Penampang yang memenuhi  $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$ , kuat lentur nominal penampang:

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \times \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda}$$

$$M_r = (f_y - f_r) \times S$$

c. Penampang Langsing Pelat sayap yang memenuhi  $\lambda \geq \lambda_r$ , kuat lentur nominal penampang adalah:

$$M_n = M_r \times \left(\frac{\lambda_r}{\lambda}\right)^2$$

Keterangan :

$M_p$  = momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh disebut juga momen lentur plastis penampang (Nmm)

$M_r$  = momen batas tekuk (Nmm)  $S =$  modulus penampang elastis (mm<sup>3</sup>)

$Z =$  modulus penampang plastis

$\lambda_p =$  parameter kelangsingan untuk penampang kompak.

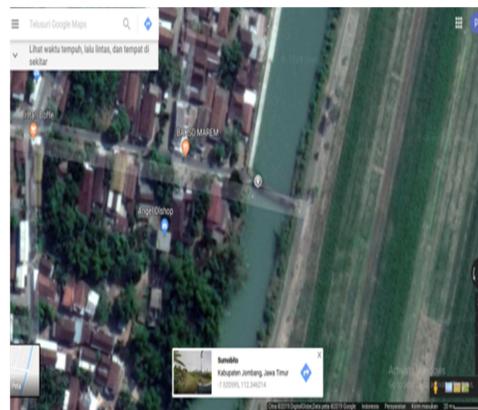
$\lambda_r =$  parameter kelangsingan untuk penampang tidak kompak.

**METODOLOGI**

Dalam penelitian ini objek kajian merupakan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Sungai Gunting yang menghubungkan Desa Karobelah Kecamatan Mojoagung dan Desa Kedungpapar Kecamatan Sumobito. Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menentukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Saat pengumpulan data peran instansi terkait sangat diperlukan sebagai pendukung memperoleh data yang diperlukan. Untuk menganalisa struktur atas Jembatan Gantung Pejalan Kaki Sungai Gunting diperlukan data dari instansi terkait untuk membuat kesimpulan dalam menentukan standar analisa struktur atas tersebut. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode literature dengan berdasarkan sumber data. Data yang digunakan merupakan data sekunder. Data tersebut didapat dari kontraktor pelaksana selaku pelaksana dalam pembangunan jembatan tersebut.

**Peta Lokasi**

Lokasi pada Gambar 3 dan Gambar 4 adalah pekerjaan pembangunan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Sungai Gunting terletak di sungai Gunting diantara Desa Karobelah Kecamatan Mojoagung dan Desa Kedungpapar Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur.



**Gambar 3.** Lokasi jembatan gantung Sungai Gunting



**Gambar 4.** Jembatan Gantung Sungai Gunting

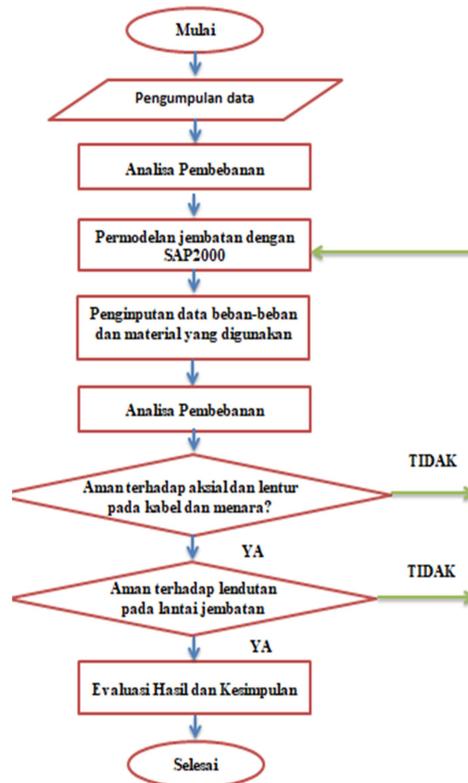
**Tahapan Analisa**

Pada tahap ini meliputi analisa Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Sebelum melakukan penelitian, seorang peneliti biasanya telah memiliki dugaan berdasarkan teori yang ia gunakan, dugaan tersebut disebut dengan hipotesis. Untuk membuktikan hipotesis, seorang peneliti membutuhkan pengumpulan data untuk diteliti secara lebih mendalam. Proses pengumpulan data ditentukan oleh variabel-variabel yang ada dalam hipotesis. Data adalah sesuatu yang belum memiliki arti bagi penerimanya dan masih membutuhkan adanya suatu pengolahan. Data bisa memiliki berbagai wujud, mulai dari gambar, suara, huruf, angka, bahasa, simbol, bahkan keadaan. Semua hal tersebut dapat disebut sebagai data asalkan dapat kita gunakan sebagai bahan untuk melihat lingkungan, obyek, kejadian, ataupun suatu konsep. Setelah mendapatkan data yang diperlukan menganalisa terhadap beban. Analisa pembebanan merupakan suatu cara untuk mengidentifikasi beban yang terjadi pada suatu konstruksi. Beban tersebut yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan dan diinput dalam pembebanan saat permodelan. Sebelum menginput data dilakukan permodelan jembatan. Permodelan merupakan suatu penggambaran untuk menghitung suatu struktur dengan menggunakan suatu aplikasi. Banyak macam aplikasi yang dapat digunakan dalam proses permodelan salah satunya aplikasi SAP2000 yang digunakan sebagai analisa kekuatan struktur atas jembatan. Setelah dilakukan permodelan maka memasukan spesifikasi material dan data

beban yang telah ditentukan ke dalam permodelan yang dimodelkan diaplikasi SAP2000. Selanjutnya menganalisa gaya dalam yang terjadi agar mengetahui nilai gaya dalam yang terjadi akibat adanya beban hidup. Dalam suatu konstruksi jembatan saat diberi beban hidup akan menimbulkan adanya gaya aksial, lentur dan lendutan. Gaya aksial, lentur dan lendutan yang terjadi dapat mengakibatkan keruntuhan jembatan apabila melebihi standar yang diizinkan. Oleh karena itu perlu adanya kontrol agar mengetahui gaya aksial dan lentur yang terjadi masih dalam batas yang diizinkan.

**Bagan Alir Penelitian**

Tahapan analisis jembatan gantung pejalan kaki dapat dilihat pada bagan alir yang disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Bagan alir penelitian

**PEMBAHASAN**

Pada bab ini penulis akan menguraikan analisa kekuatan jembatan gantung pejalan kaki sesuai dengan pemodelan sebelumnya. Perencanaan dibuat untuk jembatan gantung dengan bentang 42 meter. Berdasarkan bab sebelumnya elemen jembatan gantung yang

harus dianalisa kekuatannya meliputi lantai jembatan, gelagar memanjang, gelagar melintang, kabel penggantung, kabel utama, dan menara. Untuk kenyamanan dan kelayakan jembatan akan dikontrol lendutan yang terjadi pada lantai. Diakhir bab ini akan diperoleh perencanaan jembatan gantung pada masing masing bentang dan perbandingan penggunaan material pada setiap bentang antara jembatan gantung pejalan kaki dengan jembatan gantung asimetris untuk pedesaan.

**Perhitungan**

**1. Pelat Lantai**

Momen lentur pelat lantai

$$\begin{aligned} \mu &= 135,351 \text{ kgm} \\ h &= 2 \text{ cm} \\ b &= 180 \text{ cm} \\ E &= 200000 \text{ MPa} \\ f_y &= 240 \text{ MPa} \\ f_u &= 370 \text{ MPa} \\ A &= 360 \text{ cm}^2 \\ w &= 314 \text{ kg/m} \\ Z_x &= \frac{b h^2}{6} = \frac{180 \times 2^2}{6} = 120 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Momen Plastis

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 240 \times 120000 \\ &= 28800000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka:

$$M_n = M_p$$

Mn berdasarkan tekuk lateral

$$\begin{aligned} \phi_b \times M_n &= 0,9 \times 28800000 \\ &= 25920000 \text{ Nmm} \\ &= 2592 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat tahanan lentur } \frac{\mu}{\phi_b \times M_n} \leq 1$$

$$\text{Maka } \frac{135,351}{2592} = 0,0522 \leq 1 \quad \text{AMAN}$$

**2. Gelagar**

Tahanan lentur

Kelangsingan Sayap

$$\lambda = \frac{b}{t_2} = \frac{100}{8} = 12,5$$

Batas kelangsingan maksimum

Penampang compact

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

Batas kelangsingan maksimum penampang non compact

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{250 - 70}} = 27,58$$

Momen Plastis

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 250 \times 76500 = 19125000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen nominal penampang akibat tekuk lokal (Mn)

$$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$$

$$\text{Maka } M_n = M_p - (M_p - M_r) \times \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

Momen Batas Tekuk

$$M_r = S_x \times (f_y - f_r)$$

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{1}{6h} \times (bh^3 + (b-t_2) \times (h-2t_1)^3) \\ &= \frac{1}{6 \times 100} \times (100 \times 100^3 + (100-8) \\ &\quad \times (100-12)^3) \\ &= 271159,04 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= 271159,04 \times (250 - 70) \\ &= 48808627,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 19125000 - 18853840,96 \times \frac{1,748}{16,83} \\ &= 17166097 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Panjang bentang maksimum dapat menahan momen plastis (Lp)

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 24,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times 24,7 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 1231,386 \end{aligned}$$

$$L = 100 \text{ mm (Panjang sayap profil)}$$

$$L \leq L_p$$

Maka Mn = Mp

Mn berdasarkan tekuk lateral = 191125000 Nmm

$$\begin{aligned} \phi_b \times M_n &= 0,9 \times 19125000 \\ &= 17212500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hasil analisa dari SAP2000

$$\mu = 1169700$$

$$\text{Syarat lentur } \frac{\mu}{\phi_b \times M_n} \leq 1$$

$$\frac{1169700}{17212500} \leq 1 \quad \text{OK}$$

## 2. Analisa tahanan aksial pada gelagar

A. Analisa tahanan aksial tekan

$$\phi N_n \geq N_u$$

Dimana:

$$\phi N_n = \text{Faktor reduksi (0,85)}$$

$$N_n = \text{Kuat tekan nominal komponen struktur (Fcr x Ag)}$$

$$N_u = \text{Beban terfaktor (kg)}$$

Adapun perhitungan dimensi sebagai berikut  
Parameter kelangsingan berdasarkan RSNI T 03-2005 dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda_c = \frac{Lk}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Diketahui:

$$L = 2 \text{ m}$$

$$K_c = \text{faktor panjang efektif (0,70)}$$

$$Lk = L \times K_c$$

$$= 2 \times 0,70$$

$$= 1,40 \text{ m}$$

$$\lambda_c = \frac{1,40}{0,02 \times \pi} \times \sqrt{\frac{250}{20000}}$$

Karena  $\lambda_c < 1,5$  maka nilai  $F_{cr}$  dicari menggunakan persamaan berikut:

$$F_{cr} = (0,66^{\lambda_c^2}) \times f_y$$

$$F_{cr} = (0,66^{0,638^2}) \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,844 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2111,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 2111,13 \times 21,9$$

$$= 46233,75 \text{ kg}$$

$$\phi N_n = 0,85 \times 46233,75$$

$$= 39298,69 \text{ kg}$$

Analisa SAP2000

$$N_u = 1720,24 \text{ kg}$$

Syarat

$$\phi N_n \geq N_u$$

$$39298,69 \text{ kg} \geq 1720,24 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

B. Analisa tahanan aksial tarik

Persyaratan kekuatan menurut RSNI T-03-2005 untuk batang tarik dinyatakan sebagai berikut:  $\phi T_n \geq T_u$

Dimana:

$$\phi T_n = \text{Faktor reduksi (0,85)}$$

$$T_n = \text{Kuat tekan nominal komponen struktur (Fcr x Ag)}$$

$$T_u = \text{Beban terfaktor (Kg)}$$

## 3. Kabel

Kabel merupakan suatu komponen jembatan yang berguna menahan beban jembatan. Kabel yang digunakan *wire rope* 42 mm. Berikut adalah data kabel utama:

$$\text{Elastisitas kabel} = 130000 \text{ MPa}$$

$$f_y = 1770 \text{ MPa}$$

$$f_u = 2440 \text{ MPa}$$

$$A_g = 1386 \text{ mm}^2$$

Tahanan tarik berdasarkan luas penampang:

$$T_u < \phi T_n$$

Analisa SAP2000

$$T_u = 1120665 \text{ N}$$

Kondisi leleh:

$$\phi T_n = \phi \times A_g \times F_y$$

$$= 0,9 \times 1386 \times 1770$$

$$= 22078978 \text{ N}$$

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$22078978 \text{ N} \geq 1120665 \text{ N} \quad \text{Ok}$$

## 4. Pylon

*Pylon* merupakan suatu konstruksi pada jembatan yang menyalurkan beban jembatan ke pondasi. Berikut adalah data *pylon*:

Analisa SAP2000

$$T_u = 3620,21 \text{ kg}$$

Kondisi leleh:

$$\phi N T_n = \phi \times A_g \times F_y$$

$$= 0,9 \times 21,9 \times 2500$$

$$= 49275 \text{ kg}$$

$$\phi N T_n \geq T_u$$

$$49275 \text{ kg} \geq 3620,21 \text{ kg} \quad \text{Ok}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$t_1 = 8 \text{ mm}$$

$$t_2 = 13 \text{ mm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

$$A = 66 \text{ cm}^2$$

$$W = 84,1 \text{ Kg/m}$$

$$I_x = 23700 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 16,7 \text{ cm}$$

$$i_y = 4,54 \text{ cm}$$

$$Z_x = 1010 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 145 \text{ cm}^3$$

Analisa tahanan aksial tekan

$$\phi N_n \geq N_u$$

Dimana:

$$\phi N_n = \text{Faktor reduksi (0,85)}$$

$$N_n = \text{Kuat tekan nominal komponen struktur (Fcr x Ag)}$$

$$N_u = \text{Beban terfaktor (kg)}$$

Adapun perhitungan dimensi sebagai berikut. Parameter kelangsingan berdasarkan RSNI T 03-2005 dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda_c = \frac{Lk}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{fy}{E}}$$

Diketahui:

$$L = 1,9 \text{ m}$$

Kc = faktor panjang efektif (0,70)

$$\begin{aligned} Lk &= L \times Kc \\ &= 1,9 \times 0,70 \\ &= 1,33 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\lambda_c = \frac{1,33}{0,167 \times \pi} \times \sqrt{\frac{250}{20000}}$$

Karena  $\lambda_c < 1,5$  maka nilai Fcr dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} Fcr &= (0,66^{\lambda_c^2}) \times fy \\ Fcr &= (0,66^{0,090^2}) \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,997 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2491,63 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nn &= Fcr \times Ag \\ &= 2491,63 \times 84,1 \\ &= 209546,44 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Nn &= 0,85 \times 209546,44 \\ &= 178114,47 \text{ kg} \end{aligned}$$

Analisa SAP2000

$$Nu = 11118,78 \text{ kg}$$

Syarat

$$\begin{aligned} \phi n \cdot Nn &\geq Nu \\ 178114,47 \text{ kg} &\geq 11118,78 \text{ kg} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Analisa tahanan aksial tarik

Persyaratan kekuatan menurut RSNI T-03-2005 untuk batang tarik dinyatakan sebagai berikut:

$$\phi n \cdot Tn \geq Tu$$

Dimana:

$$\phi n = \text{Faktor reduksi (0,9)}$$

Tn = Kuat tekan nominal komponen struktur (Fcr x Ag)

$$Tu = \text{Beban terfaktor (Kg)}$$

Analisa SAP2000

$$Tu = 3750,2 \text{ kg}$$

Kondisi leleh

$$\begin{aligned} \phi Tn &= \phi \times Ag \times Fy \\ &= 0,9 \times 84,1 \times 2500 \\ &= 26820 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Tn &\geq Tu \\ 26820 \text{ kg} &\geq 3750,2 \text{ kg} \quad \text{Ok} \end{aligned}$$

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai momen lentur faktor pada lantai jembatan 135,351 Kgm dan momen nominal akibat beban lateral 2592 Kgm sehingga mendapat rasio  $0,052 \leq 1$  dinyatakan aman.
2. Nilai momen lentur faktor maksimal pada gelagar memanjang 1169700 Kgm dan momen nominal akibat beban lateral 17212500 Kgm sehingga mendapat rasio  $0,068 \leq 1$  dinyatakan aman.
3. Nilai aksial tekan maksimal pada gelagar memanjang 1720,24 Kg dan kuat tekan nominal 39298,69 Kg sehingga mendapat rasio  $0,044 \leq 1$  dinyatakan aman.
4. Nilai aksial tarik maksimal pada gelagar memanjang 3620,21 Kg dan kuat tekan nominal 49275 Kg sehingga mendapat rasio  $0,0735 \leq 1$  dinyatakan aman.
5. Nilai momen lentur faktor maksimal pada gelagar melintang 206720344 Kgm dan momen nominal akibat beban lateral 306000000 Kgm sehingga mendapat rasio  $0,676 \leq 1$  dinyatakan aman.
6. Nilai aksial tekan maksimal pada gelagar melintang 1181,6 Kg dan kuat tekan nominal 252645,78 Kg sehingga mendapat rasio  $0,0467 \leq 1$  dinyatakan aman.
7. Nilai aksial tarik maksimal pada gelagar melintang 5138,28 Kg dan kuat tekan nominal 268559 Kg sehingga mendapat rasio  $0,019 \leq 1$  dinyatakan aman.
8. Nilai aksial tarik maksimal pada kabel penggantung 277113 N dan kuat tekan nominal 605795,14 N sehingga mendapat rasio  $0,457 \leq 1$  dinyatakan aman.
9. Nilai aksial tarik maksimal pada kabel utama 1120665 N dan kuat tekan nominal 22078978 N sehingga

- mendapat rasio  $0,508 \leq 1$  dinyatakan aman.
10. Nilai lendutan maksimal pada kabel utama 42,69 mm dan lendutan ijin 420 mm sehingga lendutan yang terjadi kurang dari lendutan ijin dinyatakan aman.
  11. Nilai aksial tarik maksimal pada kabel *backstay* 602617 N dan kuat tekan nominal 22078978 N sehingga mendapat rasio  $0,273 \leq 1$  dinyatakan aman.
  12. Nilai aksial tekan maksimal pada *pylon* 11118,78 kg dan kuat tekan nominal 170788,23 kg sehingga mendapat rasio  $0,161 \leq 1$  dinyatakan aman.
  13. Nilai aksial tarik maksimal pada kabel *backstay* 3750,2 kg dan kuat tekan nominal 26820 kg sehingga mendapat rasio  $0,139 \leq 1$  dinyatakan aman.
  14. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa tidak ada desain ulang dikarenakan dinyatakan aman.

#### **Saran**

1. Dilihat dari hasil rasio profil baja dan kabel didapat profil baja dan kabel yang sangat aman maka profil baja dan profil kabel dapat diperkecil.
2. Analisa menggunakan SAP2000 kurang direkomendasikan untuk jembatan kabel karena sulit dalam pemodelan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standar Negara Indonesia. (2005). *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. RSNI T-03-2005. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1994). *Tata Cara Perencanaan Teknik Jembatan Gantung Pejalan Kaki*. SNI 03-3428-1994. Jakarta.
- Dewobroto, W. (2007). *Aplikasi Rekayasa Kontruksi dengan SAP2000*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2015). *Pedoman Perencanaan Konstruksi Jembatan Gantung untuk Pedesaan*. Jakarta.
- Menteri Pekerjaan Umum. (2010). *Lampiran Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02/SE/M/2010: Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki*. Jakarta.

- Pusat litbang Jalan dan Jembatan, Kementerian PU. (2015). *Rancangan Pedoman Perencanaan Jembatan Gantung untuk Pedesaan Asimetris*. Jakarta.
- Setiati, R. N., dkk. (2015). *Kekuatan Struktur Jembatan Gantung Sederhana Untuk Pejalan Kaki, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Balitbang Pekerjaan Umum*. Jakarta.
- Siregar, H. (2018). *Analisa Optimasi Jembatan Gantung Pejalan Kaki dengan Judesa*. Sumatera Utara.