

ARTIKEL ILMIAH

**STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN GANTUNG
PEJALAN KAKI DI DESA PARAMPUAN DENGAN GELAGAR
WEB OPENING BEAM**

*Study of Pedestrian Suspension Bridge Planning at Parampuan Village by
Using a Web Opening Beam Girder Method*

Tugas Akhir
Untuk memenuhi persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

Adrian Rizki Wanto

F1A 016 004

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM

2020

ARTIKEL ILMIAH

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN GANTUNG PEJALAN KAKI DI DESA
PARAMPUAN DENGAN GELAGAR *WEB OPENING BEAM*

*Study of Pedestrian Suspension Bridge Planning at Parampuan Village by Using a Web
Opening Beam Girder Method*

Oleh:

Adrian Rizki Wanto
(F1A 016 004)

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



Hariyadi, ST., Msc.(Eng), Ph.D.
NIP : 19731027 199802 1 001

Tanggal : 27 Agustus 2020

2. Pembimbing Pendamping



I Nyoman Mardana, ST., MT.
NIP : 19680913 199703 1 001

Tanggal : 27 Agustus 2020

Mataram, 27 Agustus 2020
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Jaunah Fajria, ST., MSc(Eng)., Ph.D
NIP. 19740607 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN GANTUNG PEJALAN KAKI DI DESA
PARAMPUAN DENGAN GELAGAR *WEB OPENING BEAM*

*Study of Pedestrian Suspension Bridge Planning at Parampuan Village by Using a Web
Opening Beam Girder Method*

Oleh:
Adrian Rizki Wanto
(F1A 016 004)

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal Agustus 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Jauhar Fajrin, ST., MSc(Eng.), Ph.D.
NIP: 19740607 199802 1 001

Tanggal : 27 Agustus 2020

2. Penguji II

Pathurahman ST., MT.
NIP: 19661231 199403 1 018

Tanggal : 27 Agustus 2020

3. Penguji III

Ir. Miko Eniarti, MT.
NIP: 19650315 199103 2 002

Tanggal : 31 Agustus 2020

Mataram, Agustus 2020
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram

Akmaluddin, S.T., M.Sc(Eng.), Ph.D
NIP: 19681231 199412 1 001

**STUDI PERANCANGAN STRUKTUR JEMBATAN GANTUNG PEJALAN KAKI DI DESA
PARAMPUAN DENGAN GELAGAR WEB OPENING BEAM**

***Study of Pedestrian Suspension Bridge Planning at Parampuan Village by
Using a Web Opening Beam Girder Method***

**Adrian Rizki Wanto¹, Hariyadi², I Nyoman Merdana³
JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS MATARAM**

ABSTRAK

Saat ini masih banyak desa ataupun tempat-tempat terpencil yang mengalami kesulitan akses transportasi akibat tidak tersedianya prasarana transportasi, khususnya jembatan untuk menyebrangi sungai. Salah satu sistem jembatan yang cukup efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah jembatan gantung untuk pejalan kaki. Jembatan gantung sangat dibutuhkan masyarakat di beberapa pelosok pedesaan dalam menunjang kegiatan sosial dan ekonomi. Salah satu fenomena yang sering terjadi di masyarakat adalah tidak tersedianya jembatan yang dapat menghubungkan antara suatu desa dengan desa lainnya sehingga kegiatan perekonomian menjadi terhambat. Pada skripsi ini dilakukan permodelan jembatan gantung pejalan kaki kelas I yang berlokasi di Desa Perampuan, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi NTB.

Perencanaan ini membahas penjelasan mengenai latar belakang pemilihan konstruksi jembatan, perumusan tujuan hingga lingkup pembahasan diikuti dengan dasar – dasar perencanaan yang relevan. Jembatan direncanakan dengan pengaku kait angin yang berada di samping jembatan. Jembatan yang memiliki bentang side span dan bentang utama. Bentang utama jembatan 72 m dengan bentang tepi 12,85 m. Lebar bersih dek jembatan 1,8 m menggunakan pelat lantai pracetak beton bertulang yang didesain secara modular, gelagar menggunakan Profil Web Opening Beam atau Profil Terbuka, serta kabel strand sebagai kabel utama. Dari data – data perencanaan kemudian dilakukan analisa secara manual serta program SAP2000. Adapun untuk keamanan struktur dilakukan kontrol kekuatan terhadap gaya yang bekerja.

Berdasarkan hasil analisa struktur yang dilakukan secara manual dengan program SAP 2000 diketahui bahwa seluruh komponen jembatan memenuhi persyaratan dalam memikul beban mati, beban hidup, beban angin, maupun beban gempa yang direncanakan. Lendutan gelagar pada ¼ bentang didapatkan 0,107 m pada perhitungan manual dan 0,224 m pada SAP 2000 dengan batas lendutan maksimum $\frac{1}{200} L = 0,36$ m. Dalam hal ini penggunaan Web Opening Beam dengan dimensi 175.175.7,5.11 mm mampu menahan beban dan cukup aman dalam perencanaan. Untuk hasil perencanaan kabel sendiri diketahui bahwa memiliki tegangan sebesar 1690 kN melebihi tegangan maksimum sebesar 649,801 kN. Artinya kabel cukup aman dalam menahan beban-beban yang bekerja pada jembatan.

Kata Kunci: Jembatan Gantung, Web Opening Beam, Kabel

¹ Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Pembimbing Utama

³Dosen Pembimbing Pendamping

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kita ketahui bahwa negara kita Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki kondisi geografis dengan banyak sungai, jurang, dan lembah sehingga membutuhkan infrastruktur jalan dan jembatan yang memadai sebagai penunjang prasarana transportasi. Saat ini masih banyak desa atupun tempat-tempat terpencil yang mengalami kesulitan akses transportasi akibat tidak tersedianya prasarana transportasi, khususnya jembatan untuk menyebrangi sungai. Salah satu sistem jembatan yang cukup efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah jembatan gantung untuk pejalan kaki.

Jembatan gantung sangat dibutuhkan masyarakat di beberapa pelosok pedesaan dalam menunjang kegiatan sosial dan ekonomi. Salah satu fenomena yang sering terjadi di masyarakat adalah tidak tersedianya jembatan yang dapat menghubungkan antara suatu desa dengan desa lainnya sehingga kegiatan perekonomian menjadi terhambat.

Desa Parampuan, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat ini merupakan salah satu desa yang berseberangan dengan Desa Kebon Kongok. Kedua desa tersebut dipisahkan oleh Sungai Babak. Kondisi penyebrangan sungai di wilayah pedesaan tersebut cukup memprihatinkan. Untuk dapat menyebrangi sungai antar dua desa masyarakat harus menyewa sebuah perahu kayu yang dikayuh dengan bambu. Sementara sebagian besar aktifitas masyarakat seperti perdagangan dan pendidikan berada di desa seberang sungai. Ketidakterediaan jembatan penghubung untuk menyebrangi sungai menyebabkan siswa sekolah dan masyarakat yang ingin beraktifitas ke pasar dan kegiatan lainnya menjadi sangat terhambat. Keterhambatan tersebut tentu sangat berpengaruh pada perkembangan ekonomi dan kemajuan pendidikan pada daerah tersebut yang berdampak juga pada kemajuan Indonesia sebagai negara berkembang. Oleh sebab itu, diperlukannya sebuah sarana penghubung antar desa sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan yang ada.

Tantangan yang perlu diperhatikan dalam pembangunan jembatan gantung pejalan kaki ini yaitu kondisi elevasi muka

air yang cukup dekat dengan muka tanah daratan. Sehingga dalam perencanaan dan pelaksanaannya harus menaikan elevasi jembatan cukup tinggi untuk menghindari luapan air pada saat muka air banjir, agar tidak mempengaruhi struktur atas jembatan.

Pemilihan perencanaan jembatan gantung ini dikarenakan memiliki solusi teknologi terkait jembatan untuk membuka aksesibilitas masyarakat desa melalui penyediaan infrastruktur jembatan sederhana yang efektif dan efisien. Jembatan tipe suspension ini memiliki kelebihan seperti biaya yang relatif murah, material yang digunakan yaitu baja dapat dijangkau dengan mudah di pasaran, dan pengerjaan konstruksinya lebih mudah dengan melibatkan swadaya masyarakat sehingga mampu mempercepat penyelesaian jembatan. Yang sangat penting memberikan solusi alternatif penghubung di kawasan terpencil.

Penggunaan material baja Web Opening Beam (Profil terbuka) ini memiliki keistimewaan sendiri pada pemilihan material jembatan gantung pejalan kaki yaitu memiliki kekuatan yang tinggi untuk satu satuan berat sehingga berat sendiri struktur akan relatif ringan, kuat terhadap daya tarik sekaligus tekan yang relatif tinggi, dan juga konstruksinya yang ducttail dimana jika mendapatkan beban yang over akan terjadi defleksi yang besar yang merupakan tanda terhadap bahaya keruntuhan. Pemilihan Web Opening Beam ini sudah mampu menerima beban yang terjadi akibat pejalan kaki dan kendaraan ringan maupun kendaraan maksimum beroda tiga untuk perencanaan jembatan gantung pejalan kaki kelas I. oleh karena itu, penulis bermaksud melakukan sebuah studi perancangan jembatan pada lokasi tersebut dengan judul "**Studi Perancangan Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki Di Desa Parampuan Dengan Gelagar Web Opening Beam**".

TINJAUAN PUSTAKA

(Supriyadi dkk, 2007) Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai atau saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya

mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitekural yang meliputi: aspek lalu lintas, aspek teknis, dan aspek estetika.

Ilham (2015), Jembatan Duwet merupakan jembatan gantung pejalan kaki tertua yang berada di D.I. Yogyakarta dan telah diresmikan menjadi cagar budaya. Dari kondisi eksisting terlihat bahwa terjadi longsor dan banyak terjadi korosi pada elemen struktur sehingga perancangan ulang jembatan penting untuk dilakukan karena apabila diperlukan renovasi perubahan struktur yang cukup banyak tentu akan sangat dipertimbangkan karena akan menghilangkan keaslian jembatan itu sendiri. Perancangan ini bertujuan untuk merancang ulang elemen-elemen pokok jembatan gantung Duwet dari kondisi eksisting yang meliputi kabel utama, batang penggantung, menara, sistem rantai jembatan, sambungan, blok angkur dan fondasi menara. Perancangan ini diawali dengan pengambilan data dilapangan yang terdiri dari pengukuran dimensi profil, pengukuran mutu baja, dan pengukuran mutu beton blok angkur yang digunakan sebagai asumsi awal dan kemudian dimodelkan dengan software SAP 2000 untuk mengetahui hasil respon struktur. Perancangan ulang jembatan Duwet memperoleh hasil bahwa desain yang dirancang telah memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan jembatan dengan defleksi maksimum yang terjadi adalah 0,298 meter. Kebutuhan baja dan baut dalam perancangan ini adalah 12.424,88 kg, kebutuhan beton untuk fondasi menara dan blok angkur adalah 130,27 m³.

Hardawati (2014), Perancangan jembatan gantung pejalan kaki 2x80 meter ini bertujuan untuk merancang bentuk dan dimensi pokok jembatan, melakukan analisis beban, analisis struktur, merancang elemen-elemen jembatan, dan menghitung lendutan. Perancangan dimulai dengan memodelkan jembatan pada SAP2000 dan menetapkan beban rencana dan kombinasinya yang bekerja pada jembatan untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur. Gaya-gaya ini kemudian digunakan untuk analisis struktur elemen-elemen jembatan dan menentukan dimensi elemen-elemen jembatan yang memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan. Tumpuan kabel pada puncak menara tengah dimodelkan sebagai hubungan tetap sedangkan tumpuan pada

menara samping dimodelkan sebagai rol. Tumpuan gelagar memanjang di atas fondasi menara tengah dimodelkan sebagai sendi, sedangkan di atas fondasi menara samping sebagai rol. Dari hasil perancangan didapat kesimpulan gelagar memanjang menggunakan profil IWF 150.100.5.7, gelagar melintang menggunakan profil 2C-150.75.6,5.11, batang pengaku diagonal menggunakan profil L-70.70.7, menara tepi menggunakan profil IWF 300.200.9.4, menara tengah menggunakan profil IWF 400.400.30.50, pengaku menara menggunakan profil L-100.100.10, main cable menggunakan profil 6x37 FC diameter 60 mm, hanger menggunakan profil 6x37 FC diameter 16 mm, ikatan angin menggunakan 6x37 FC diameter 10 mm. Untuk struktur bawah jembatan diperoleh ukuran dasar fondasi 2,5x3 m untuk menara tepidan 4,5x6,5 m untuk menara tengah dengan kedalaman masing-masing 3 m. Ukuran dasar blok angkur 2,5x7 m dan didapat nilai stabilitas terhadap guling sebesar 2,482 dan nilai stabilitas terhadap geser 1,645. Lendutan maksimum gelagar jembatan terjadi akibat beban asimetris sebesar 0,740 m di tengah bentang.

DASAR TEORI

Definisi Jembatan Gantung

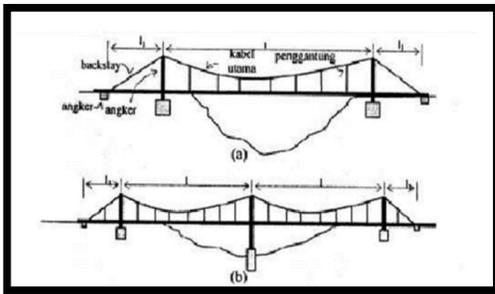
Jembatan gantung merupakan jembatan yang bagian bangunan atas berfungsi sebagai pemikul langsung beban lalu lintas yang melewati jembatan tersebut. Seluruh beban lalu lintas dan gaya-gaya yang bekerja dipikul oleh sepasang kabel baja yang menumpu diatas 2 pasang menara dan 2 pasang blok angkur.

Jembatan gantung terdiri atas pelengkung penggantung dan batang penggantung (hanger) dari kabel baja, dan bagian yang lurus berfungsi mendukung lalu lintas (dek jembatan). Sistem struktur dasar jembatan gantung berupa kabel utama (main cable) yang memikul kabel gantung (suspension bridge). Rantai jembatan biasanya tidak terhubung secara langsung dengan pilar, karena prinsip pemikulan gelagar terletak pada kabel. Apabila terjadi beban angin dengan intensitas tinggi, jembatan dapat ditiup dan arus lalu lintas dihentikan, untuk mencegah sulitnya mengendalikan kemudi kendaraan dalam goyangan yang tinggi.

Selain bentang utama, biasanya jembatan gantung mempunyai bentang luar

(side span) yang berfungsi untuk mengikat kabel utama pada balok angker. Walaupun pada kondisi tertentu terdapat keadaan dimana kabel utama dapat langsung diangkerkan pada ujung jembatan dan tidak memungkinkan adanya bentang luar, bahkan kadangkala tidak membutuhkan dibangunnya pilar.

Jembatan gantung pejalan kaki hanya boleh dilewati oleh lalu lintas pejalan kaki dan kendaraan ringan seperti sepeda, gerobak, kendaraan ditarik oleh hewan, dan kendaraan bermotor ringan dengan maksimum roda tiga dapat lewat untuk keadaan darurat.



Gambar 2.1 Bentuk Umum Jembatan Gantung (a) Side Span Free, (b) Side Span Suspended

(Sumber : Supriyadi, 2007)

Jenis Jembatan Gantung

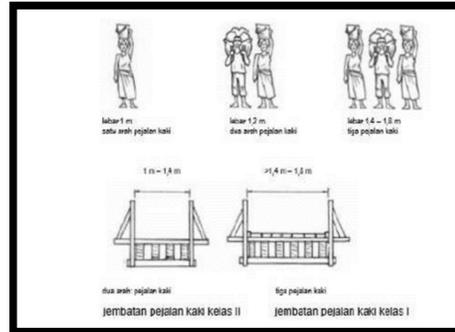
Steinman (1953), membedakan jembatan gantung menjadi 2 jenis yaitu jembatan gantung tanpa pengaku dan jembatan gantung dengan pengaku.

a. Jembatan gantung tanpa pengaku

Jembatan tanpa pengaku adalah tipe jembatan gantung dimana seluruh beban sendiri dan lalu lintas didukung penuh oleh kabel. Jembatan gantung tanpa pengaku hanya digunakan untuk struktur yang sederhana (bukan untuk struktur yang rumit dan bukan juga untuk menahan beban yang besar). Dalam perhitungan struktur secara keseluruhan, struktur pendukung lalu lintas ini kekakuannya (EI) dapat diabaikan, sehingga seluruh beban mati dan beban lalu lintas akan didukung secara penuh oleh kabel baja melalui hanger.

Umumnya jembatan gantung tanpa pengaku ini digunakan untuk pejalan kaki. Berikut menunjukkan lebar yang dianjurkan untuk jalan masuk :

- 1) Jembatan gantung pejalan kaki kelas II untuk pejalan kaki dua arah, dengan lebar 1 m – 1,4 m.
- 2) Jembatan gantung pejalan kaki kelas I untuk 3 pejalan kaki yang beriringan, dengan lebar 1,4 m – 1,8 m.



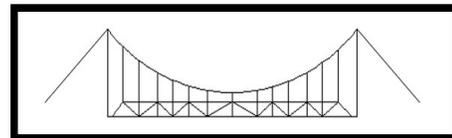
Gambar 2.2 Penampang Melintang Jembatan Pejalan Kaki Untuk Berbagai Pengguna (sesuai dengan lebarnya)

(Sumber : Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki : 2010)

b. Jembatan gantung dengan pengaku

Jembatan dengan pengaku adalah tipe jembatan gantung dimana pada salah satu bagian strukturnya mempunyai bagian yang lurus berfungsi untuk mendukung lalu lintas(dek). Dek pada jembatan gantung jenis ini biasanya berupa struktur rangka, yang mempunyai kekuatan EI tertentu. Jembatan gantung dengan pengaku mempunyai dua dasar bentuk umum yaitu :

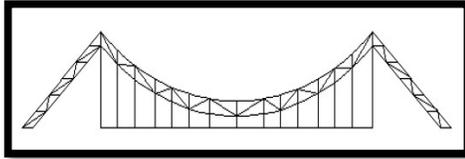
- Tipe rangka batang kaku (stiffening truss)



Gambar 2.3 Tipe Stiffening Truss

(Sumber : Steinman, 1953)

- Tipe rantai kaku (braced chain)

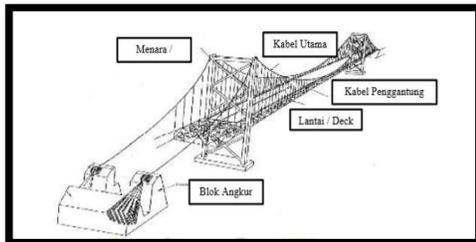


Gambar 2.4 Tipe Braced Chain

(Sumber : Steinman, 1953)

Pada tipe ini bagian yang kaku atau diperkaku adalah bagian yang berfungsi sebagai kabel utama.

Komponen atau Bagian-bagian Struktur Jembatan Gantung



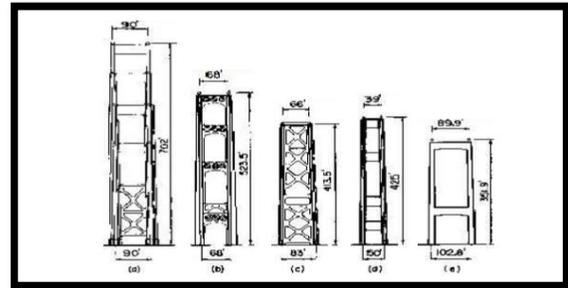
Gambar 2.5 Komponen Struktur Atas Jembatan Gantung

(Sumber : Harazaki dkk, 2000)

1. Menara (Pylon/Tower)

Menara pada sistem jembatan gantung akan menjadi tumpuan kabel utama. Beban yang dipikul oleh kabel selanjutnya diteruskan ke menara yang kemudian disebarkan ke tanah melalui pondasi. Dengan demikian agar dapat menyalurkan beban dengan baik perlu diketahui bentuk atau macam menara yang akan digunakan.

Bentuk menara dapat berupa portal, multistory, atau diagonally braced frame seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.6**. konstruksi menara tersebut dapat juga berupa konstruksi cellular, yang terbuat dari pelat baja lembaran, baja berongga, atau beton bertulang. Tumpuan menara baja biasanya dapat diasumsikan jepit atau sendi, sedangkan tumpuan saddle di bagian atas menara sering digunakan tumpuan rol untuk mengurangi pengaruh ketidakseimbangan menara akibat lendutan kabel.



Gambar 2.6 Tipe Menara

(Sumber : Troitsky, 1994)

Konstruksi pylon dapat dibagi menjadi dua bagian sebagai berikut :

- a) Pier/pilar yaitu bagian sebelah bawah tower (menara) jembatan menumpu.
- b) Tower/menara yaitu bagian atas dimana kabel utama menumpu. Pylon harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas. Untuk menjaga kestabilan/kekakuan pylon arah mendatar, terutama pada hanger miring arah melintang jembatan, maka kedua menara dihubungkan dengan balok melintang sehingga pylon menjadi sebuah portal. Perencanaan pylon tergantung pada beberapa factor antara lain :

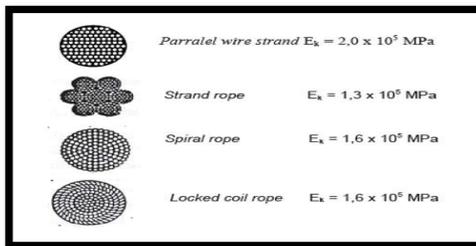
- Konstruksi saddle (pelana), yaitu tempat tumpuan kabel pada puncak menara, dapat dibuat kaku atau bebas (kabel dapat bergerak). Apabila pelana kaku, maka akibat gaya H pada puncak menara (akibat gaya tarik kabel) harus diperhitungkan terhadap kaki menara (pylon). Apabila pelana bebas, maka pylon hanya mendukung gaya normal vertikal akibat gaya tarikan pada kabel, maka momen pada kaki pylon tidak ada. Untuk hal ini kaki pylon direncanakan menjadi sendi, agar terjamin bahwa tidak ada momen lentur pada kaki pylon.
- Temperatur dan pembebanan.
- Perbedaan sudut inklinasi antara kabel pada main span dengan kabel pada side span.

2. Kabel

Kabel merupakan bahan atau material utama dalam struktur jembatan

gantung. Struktur kabel pada jembatan gantung terdiri dari kabel utama dan kabel penggantung. Kabel utama (main cable) adalah kabel yang berfungsi sebagai penahan kabel penggantung dan menyalurkan beban dari kabel penggantung ke menara (tower/pylon). Kabel penggantung (hanger) adalah kabel vertikal/diagonal yang berfungsi sebagai penggantung lantai kendaraan dan menyalurkan beban dari lantai kendaraan ke kabel utama.

Kabel dengan inti yang lunak tidak diizinkan digunakan pada jembatan gantung ini, kabel harus memiliki tegangan leleh minimal sebesar 1500 MPa. Kabel pemikul yang digunakan berupa untaian (strand) dibuat dari material mutu tinggi dengan kuat tarik minimum 1800 MPa. Jenis-jenis kabel ditunjukkan dalam Gambar 2.7



Gambar 2.7 Penampang Melintang Kabel

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

Karakteristik kabel kaitannya dengan struktur jembatan antara lain :

- Mempunyai penampang yang homogen (seragam) pada seluruh bentang.
- Tidak dapat menahan momen dan gaya gesek.
- Gaya-gaya dalam yang bekerja selalu merupakan gaya tarik aksial.
- Bentuk kabel tergantung pada beban yang bekerja padanya.
- Bila kabel menderita beban terbagi merata, maka akan wujudnya akan melengkung parabola.
- Pada jembatan gantung, kabel menderita beban titik sepanjang beban mendatar.

3. Deck Jembatan

Sistem lantai (deck) merupakan struktur longitudinal yang menyokong

dan mendistribusikan beban lalu lintas di atasnya, berperan sebagai penghubung lateral, serta menjamin stabilitas aerodinamis dari struktur. Dalam perencanaan deck jembatan perlu mempertimbangkan faktor aliran udara vertikal dan beban mati dari deck itu sendiri. Dengan penggunaan sistem lantai (deck) dapat menambah kekakuan dari konstruksi jembatan gantung. Material yang biasanya digunakan pada deck (Sistem Lantai) jembatan berupa beton bertulang dengan berat yang relatif ringan, deck orthotropic, atau baja berongga yang sebagian diisi dengan beton (komposit baja-beton). Pada deck (Sistem Lantai) ini, pengaruh kembang-susut material baja atau beton perlu diperhatikan dengan cermat. Apabila kembang-susut tidak terkontrol akan dapat menyebabkan penambahan tegangan pada struktur deck itu sendiri, selain itu dapat pula menimbulkan kerusakan pada konstruksi deck. Untuk itu penggunaan expansion joint sebaiknya diberikan setiap 30-40 m untuk mencegah kerusakan deck dan struktur utama (Troitsky, 1994).

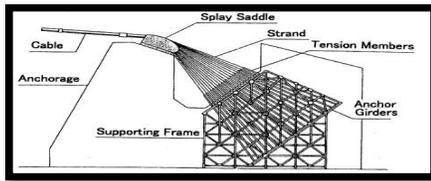
4. Gelagar Jembatan

Gelagar jembatan gantung menggunakan Web Opening Beam atau bisa disebut dengan profil terbuka baja. Profil terbuka merupakan baja yang terdiri dari I beam dan H beam digolongkan dalam kategori yang sama yaitu Wide Flange (WF). Bentuk baja I beam dan H beam sama, terdiri dari baja tipis vertikal yang diapit oleh dua baja horizontal. Jika dilihat ujungnya akan tampak seperti huruf romawi I atau H tergantung bagaimana posisi baja. Baja vertikal berada di tengah disebut dengan nama "web", sedangkan dua baja yang mengapitnya dengan lebar tidak melebihi lebar web disebut dengan nama "flange". Wide flange merupakan baja penyangga yang didesain untuk menyangga benda yang berat. Oleh karena itu untuk gelagar melintang dan gelagar memanjang penggunaan I beam ataupun H beam tergantung pada beban yang terjadi pada lantai kendaraan sehingga mampu menopang beban yang terjadi seperti pejalan kaki dan kendaraan ringan.

5. Pengangkuran

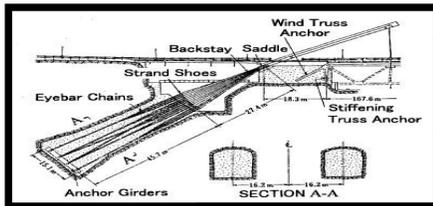
Pengangkuran jembatan gantung berupa balok beton yang sangat besar

yang menjadi angkur kabel utama dan berperan sebagai penyokong akhir sebuah jembatan. Pengangkuran jembatan dapat berupa pengangkuran gravity atau tunnel. Pengangkuran gravity bergantung pada massa angkur itu sendiri untuk menahan tegangan dari kabel utama. Tipe ini sering digunakan pada banyak jembatan gantung. Pengangkuran tunnel membawa tegangan dari kabel utama langsung ke dalam tanah. Kondisi geoteknik yang memadai dibutuhkan untuk pengangkuran tipe ini.



Gambar 2.8 Pengangkuran Gravity Jembatan Akashi Ksikyoo

(Sumber : Harazaki dkk, 2000)



Gambar 2.9 Pengangkuran Tunnel Jembatan George Washington

(Sumber : Harazaki, 2000)

Kriteria Perencanaan

a) Lokasi

Aspek utama yang dipertimbangkan dalam perencanaan jembatan yaitu tingkat kebutuhan masyarakat terhadap jembatan. Pemilihan lokasi jembatan pejalan kaki harus mempertimbangkan aspek ekonomis, teknis, dan kondisi lingkungan antara lain :

- 1) Biaya pembuatan jembatan harus seminimal mungkin.
- 2) Mudah untuk proses pemasangan dan perawatan.
- 3) Mudah diakses dan memberikan keuntungan untuk masyarakat yang akan menggunakannya.
- 4) Berada pada daerah yang memiliki resiko minimal terhadap erosi aliran sungai.

Proses pemilihan harus mempertimbangkan keseluruhan pemasangan jembatan maupun jalan masuk. Faktor-faktor berikut ini yang perlu dipertimbangkan :

- 1) Panjang bentang terpendek yang mungkin dari jembatan.
- 2) Jembatan pejalan kaki harus berada pada bagian lurus dari sungai atau arus, jauh dari cekungan tempat erosi terjadi.
- 3) Pilih lokasi dengan kondisi pondasi yang baik untuk penahan kepala jembatan.
- 4) Lokasi harus sedekat mungkin dengan jalan masuk yang ada atau lintasan lurus.
- 5) Lokasi harus memberikan jarak bebas yang baik untuk mencegah banjir dan harus meminimalisasi kebutuhan untuk pekerjaan tanah pada jalan masuk untuk menaikkan permukaan pada jembatan.
- 6) Arus sungai harus memiliki penguraian yang baik dan jalan aliran yang stabil dengan resiko yang kecil dari perubahan karena erosi.
- 7) Lokasi harus terlindung dan seminimal mungkin terkena pengaruh angin.
- 8) Lokasi harus memberikan jalan masuk yang baik untuk material dan pekerja.
- 9) Akan sangat membantu bila terdapat penyedia material setempat yang mungkin digunakan dalam konstruksi seperti pasir dan batu.

b) Fungsi Struktur Jembatan

Peraturan-peraturan yang digunakan dalam perencanaan jembatan gantung pejalan kaki ini antara lain :

1. Bangunan atas terdiri dari :
 - Lantai jembatan, berfungsi untuk memikul beban lalu lintas yang melewati jembatan serta menyalurkan beban dan gaya-gaya tersebut ke gelagar melintang.
 - Gelagar melintang berfungsi sebagai pemikul lantai dan sandaran serta menyalurkan beban dan gaya-gaya tersebut ke gelagar memanjang.
 - Gelagar memanjang berfungsi sebagai pemikul gelagar serta menyalurkan beban dan gaya-gaya tersebut ke batang penggantung.

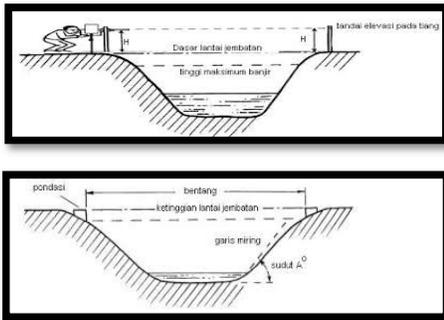
- Batang penggantung berfungsi sebagai pemikul gelagar utama serta melimpahkan beban-beban dan gaya-gaya yang bekerja ke kabel utama.
- Kabel utama berfungsi sebagai pemikul beban dan gaya-gaya yang bekerja pada batang penggantung serta melimpahkan beban dan gaya-gaya tersebut ke menara pemikul dan blok angkur.
- Pagar pengaman berfungsi untuk mengamankan pejalan kaki.
- Kabel ikatan angin berfungsi untuk memikul gaya angin yang bekerja pada bangunan atas.
- Menara berfungsi sebagai penumpu kabel utama dan gelagar utama, serta menyalurkan beban dan gaya-gaya bekerja melalui struktur pilar ke fondasi.

2. Bangunan bawah terdiri dari :

- Blok angkur merupakan tipe gravitasi untuk semua jenis tanah yang berfungsi sebagai penahan ujung-ujung kabel utama serta menyalurkan gaya-gaya yang dipikulnya ke fondasi.
- Pondasi menara dan pondasi angkur berfungsi sebagai pemikul menara dan blok angkur serta melimpahkan beban dan gaya-gaya yang bekerja ke lapisan tanah pendukung.

c) Elevasi Lantai Jembatan

Elevasi lantai jembatan ditentukan oleh jarak bebas dan tinggi banjir dengan periode ulang 20 tahun.



Gambar 2.10 Ketinggian dari Lantai Jembatan

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

d) Jarak Bebas

Jarak bebas yang dianjurkan dalam penentuan elevasi lantai jembatan adalah :

- 1) Pada daerah yang agak datar ketika air banjir dapat menyebar ke batas ketinggian permukaan air dianjurkan jarak bebas minimum 1 m.
- 2) Pada daerah berbukit dan memiliki kelandaian lebih curam ketika penyebaran air banjir lebih terbatas, jarak bebas harus ditingkatkan. Jarak bebas lebih dari 5 m disarankan untuk daerah berbukit dengan arus sungai yang mengalir pada tepi jurang yang curam. Faktor kritis lain dari jarak bebas untuk perahu dan lokasi dari kepala jembatan juga perlu diperiksa untuk melihat kriteria mana yang mengatur tinggi minimum lantai jembatan.

e) Tinggi Banjir

Tinggi banjir rata-rata dapat diamati dengan :

- 1) Observasi tempat yang ditandai oleh material yang tertahan pada tumbuhan, jenis arus, endapan pasir/tanah.
- 2) Diskusi dengan masyarakat setempat.
- 3) Data muka air banjir tertinggi.

f) Beban Rencana

Jembatan pejalan kaki harus kuat dan kaku (tanpa lendutan yang berlebih) untuk menahan beban berikut :

1) Beban Vertikal

Beban vertikal rencana adalah kombinasi dari beban mati dan beban hidup terbesar yang diperkirakan dari pengguna jembatan. Beban vertical ini berasal dari:

- Beban mati dari berat sendiri jembatan.
- Beban hidup dari pengguna jembatan.

2) Beban Samping

Beban samping disebabkan oleh :

- a. Tekanan angin.
- b. Gempa.
- c. Pengguna yang bersandar atau membentur pagar keselamatan.
- d. Benturan ringan yang diakibatkan oleh batuan-batuan yang terbawa oleh arus sungai.

Beban samping yang harus dipertimbangkan dalam desain adalah beban angin yang terjadi pada sisi depan yang terbuka dari batang-batang jembatan. Standar perencanaan untuk jembatan pejalan kaki mempertimbangkan standar perencanaan kecepatan angin 35 m/detik. Karena pada kondisi ekstrim tidak mungkin ada beban lalu lintas penuh diatas jembatan pada kondisi angin yang besar, beban angin direncanakan untuk dipikul terpisah dari beban hidup vertikal.

Beban gempa dihitung secara statik ekuivalen dengan memberikan beban lateral di puncak menara sebesar 15% sampai dengan maksimum 20% beban mati pada puncak menara. Beban gempa tidak dihitung bersamaan dengan beban angin karena tidak terjadi pada waktu yang sama.

3) Beban Hidup

Ada dua aspek beban hidup yang perlu dipertimbangkan :

- Beban terpusat pada lantai jembatan akibat langkah kaki manusia untuk memeriksa kekuatan lantai jembatan.
- Beban yang dipindahkan dari lantai jembatan ke batang struktur yang kemudian dipindahkan ke tumpuan jembatan. Aksi beban ini akan terdistribusi pendek atau menerus sepanjang batang-batang longitudinal yang menahan lantai jembatan.
- Beban hidup simetris yaitu beban yang terjadi pada bentang utama sebesar 3 KPa.
- Beban hidup asimetris yaitu beban yang terjadi pada setengah bentang utama sebesar 4 KPa.

| Kelas Pengguna | Lebar | Beban Terpusat | Beban Terdistribusi Merata | Lendutan Izin Δ |
|---|-------|---|----------------------------|------------------------|
| Jembatan gantung pejalan kaki kelas I (beban hidup maksimum sampai dengan kendaraan ringan) | 1.8 m | 20 kN (hanya ada satu kendaraan bermotor ringan pada satu bentang jembatan) | 5 kPa | $\frac{1}{200}L$ |
| Jembatan gantung pejalan kaki kelas II (beban hidup dibatasi hanya untuk pejalan kaki dan sepeda motor) | 1.4 m | - | 4 kPa | $\frac{1}{100}L$ |

Keterangan :
L adalah bentang utama jembatan

Tabel 2.1 Beban Hidup yang Di Pikul dan Lendutan Izin Jembatan Gantung Pejalan Kaki

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

Tabel 2.2 Mutu Beton dan Pedoman Proporsi Takaran Campuran

| Jenis Beton | Mutu Beton | | Ukuran agregat maksimum (mm) | Rasio air/semen maksimum (terhadap berat) | Kadar semen minimum (Kg/m ³ dari campuran) |
|-------------|------------|------------------------------------|------------------------------|---|---|
| | F'c (MPa) | $\Sigma bk'$ (Kg/cm ²) | | | |
| Mutu Tinggi | 50 | 600 | 19 | 0,350 | 450 |
| | | | 37 | 0,400 | 395 |
| | | | 25 | 0,400 | 430 |
| | 38 | 450 | 19 | 0,425 | 455 |
| | | | 37 | 0,425 | 370 |
| | | | 25 | 0,425 | 405 |
| Mutu Sedang | 35 | 400 | 19 | 0,450 | 430 |
| | | | 37 | 0,450 | 350 |
| | | | 25 | 0,450 | 385 |
| | 30 | 350 | 19 | 0,475 | 405 |
| | | | 37 | 0,475 | 335 |
| | | | 25 | 0,475 | 365 |
| Mutu Rendah | 25 | 300 | 19 | 0,475 | 385 |
| | | | 37 | 0,500 | 315 |
| | | | 25 | 0,500 | 345 |
| | 20 | 250 | 19 | 0,500 | 365 |
| | | | 37 | 0,550 | 290 |
| | | | 25 | 0,550 | 315 |
| Mutu Rendah | 15 | 175 | 19 | 0,550 | 335 |
| | | | 37 | 0,600 | 265 |
| | | | 25 | 0,600 | 290 |
| | 10 | 125 | 19 | 0,600 | 305 |
| | | | 37 | 0,700 | 225 |
| | | | 25 | 0,700 | 245 |
| | | | 19 | 0,700 | 260 |

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

Tabel 2.3 Sifat Mekanis Baja Struktural

| Jenis Baja | Tegangan Putus Minimum, fu (MPa) | Tegangan Leleh Minimum, fy (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 |

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

Struktur Pengaku

Struktur pengaku dapat berupa :

1. Profil H
2. Profil I

a) **Tegangan lentur** pada penampang profil yang mempunyai minimal satu sumbu simetri, dan dibebani pada pusat gesernya, dapat dihitung dari persamaan :

$$f = \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y} \quad (2.1)$$

dengan $S_x = \frac{I_x}{C_y}$ dan $S_y = \frac{I_y}{C_x}$ (2.2)

sehingga $f = \frac{M_x \cdot C_y}{I_x} + \frac{M_y \cdot C_x}{I_y}$ (2.3)

dengan:

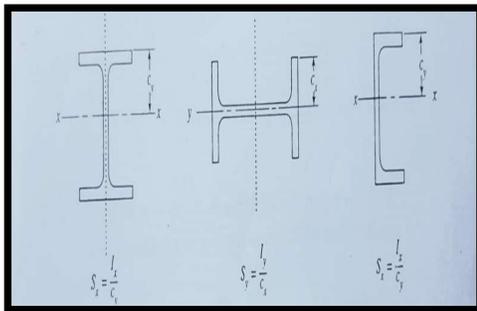
f = tegangan lentur

M_x, M_y = momen lentur arah x dan y

S_x, S_y = modulus penampang arah x dan y

I_x, I_y = momen inersia arah x dan y

C_x, C_y = jarak dari titik berat ke tepi searah x dan y



Gambar 2.11 Modulus Penampang Berbagai Tipe Profil Simetris

(Sumber : Agus Setiawan, 2013)

b) **Tahanan balok** dalam desain LRFD harus memenuhi persyaratan :

$$\Phi_b \cdot M_n > M_u \quad (2.4)$$

dengan :

$$\Phi_b = 0.9$$

M_n = tahanan momen nominal

M_u = momen lentur akibat beban terfaktor

c) Dalam perhitungan **tahanan momen nominal** dibedakan antara penampang kompak, tidak kompak, dan langsing. Batasan penampang kompak, tidak kompak, dan langsing adalah :

- Penampang kompak : $\lambda < \lambda_p$
- Penampang tidak kompak: $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
- Langsing : $\lambda > \lambda_r$

d) **Penampang Kompak**

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak :

$$M_n = M_p = Z \cdot F_y \quad (2.5)$$

dengan :

M_p = tahanan momen plastis

Z = modulus plastis

F_y = kuat leleh

e) **Penampang Tidak Kompak**

Tahanan momen nominal pada saat

$\lambda = \lambda_r$:

$$M_n = M_r = (F_y - F_r) \cdot S \quad (2.6)$$

dengan :

F_y = tahanan leleh

F_r = tegangan sisa

S = Modulus penampang

Besarnya tegangan sisa $F_r = 70$ Mpa untuk penampang gilas panas dan 115 Mpa untuk penampang yang di las. Bagi penampang tidak kompak yang mempunyai $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$, maka besarnya tahanan momen nominal dicari dengan melakukan interpolasi linier, sehingga diperoleh :

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r \quad (2.7)$$

dengan : λ = kelangsingan penampang balok $\left(\frac{b}{2t_f} \right)$

Tabel 2.4 Batasan Rasio Kelangsingan λ_p untuk Penampang Kompak Balok

| (Modulus Elastisitas, $E = 200.000 \text{ MPa}$) | | | |
|---|---|---|--|
| Tegangan Leleh | Tekuk Lokal Flens | Tekuk Lokal Web | Tekuk Torsi Lateral |
| $f_y \text{ (MPa)}$ | $\frac{b}{2t_f} = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$ | $\frac{h}{t_w} = \frac{1660}{\sqrt{f_y}}$ | $\frac{L}{r_y} = \frac{790}{\sqrt{f_y}}$ |
| 210 | 11,73 | 115,93 | 54,52 |
| 240 | 10,97 | 108,44 | 50,99 |
| 250 | 10,75 | 106,25 | 46,96 |
| 290 | 9,98 | 98,65 | 46,39 |
| 410 | 8,4 | 82,97 | 39,02 |

(Sumber : Setiawan, 2013)

f) Tahanan Geser

Kuat geser nominal pelat web ditentukan oleh SNI 03-1729-202 Pasal 8.8.3, yaitu :

$$V_n = \tau_y \cdot A_w = 0,60 \cdot F_y \cdot A_w \quad (2.8)$$

dengan : F_{yw} = kuat leleh web

A_w = luas penampang web

dari persamaan 2-7 dapat digunakan bila syarat kelangsingan untuk tebal pelat web sebagai berikut dipenuhi :

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{F_{yw}}} \quad (2.9)$$

dan kuat geser rencana harus memenuhi persamaan :

$$\phi_v \cdot V_n \geq V_u \quad (2.10)$$

Gaya Tarik Kabel Utama

a. Besarnya komponen horizontal gaya Tarik H pada ujung kabel utama adalah :

1) Akibat beban hidup merata penuh

$$H_1 = \frac{PL^2}{8d} \quad (2.11)$$

2) Akibat beban hidup tidak simetris pada setengah bentang

$$H_2 = \frac{\left(\frac{P}{2}\right)L^2}{8d} \quad (2.12)$$

3) Akibat beban mati

$$H_3 = \frac{WL^2}{8d} \quad (2.13)$$

Keterangan :

- H_1, H_2, H_3 adalah komponen horizontal gaya tarik (KN)

- P adalah beban hidup merata (kN/m)
- w adalah berat sendiri struktur (kN/m)
- L adalah bentang utama (m)
- d adalah cekungan kabel ditengah bentang (m)

- b. Besarnya cekungan kabel (d) berkisar $1/8 L$ sampai $1/11 L$
- c. Kabel utama dan backstay dihitung berdasarkan gaya tarik T maksimum :

$$\text{Untuk backstay: } T = \frac{H}{\cos \varphi} \quad (2.14)$$

atau

$$\text{Untuk kabel utama : } T = \frac{H}{\cos \theta} \quad (2.15)$$

Keterangan :

- H adalah komponen horizontal gaya tarik, yang merupakan nilai maksimum dari kombinasi (H_1+H_3) atau (H_2+H_3) (kN).
- T adalah gaya tarik kabel maksimum akibat beban merata penuh (kN).
- θ adalah sudut kabel di menara antara horizontal dan kabel bentang utama.
- φ adalah sudut kabel di menara antara horizontal dan kabel angkur.

Lendutan

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) :

$$\Delta' = \frac{5(1-\alpha)PL^4}{12288 EI} \quad (2.16)$$

$$\Delta = \frac{\alpha \left(\frac{P}{8}\right)}{\omega + \alpha \left(\frac{P}{2}\right)} d \quad (2.17)$$

Keterangan :

- Δ' adalah lendutan gelagar pengaku pada seperempat bentang (m)
- Δ adalah lendutan kabel pada seperempat bentang (m)
- α adalah fraksi beban yang menunjukkan proporsi beban hidup yang ditahan oleh kabel, yang besarnya diperoleh dari $\Delta' = \Delta$

Momen Maksimum Struktur Pengaku dan Komponen Gaya Horizontal Kabel

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

$$M_{maks} = \frac{(1-\alpha)PL^2}{64} \quad (2.18)$$

Keterangan :

- M_{maks} adalah momen maksimum gelagar pengaku (kNm).

Panjang Kabel Utama

- a. Panjang teoritis kabel utama (L_k) adalah jarak parabolik antara titik-titik pusat kabel di pelana :

$$L_k = L \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right\} \quad (2.19)$$

Keterangan:

- L adalah panjang bentang utama
 - d adalah cekungan kabel di tengah bentang
- b. Panjang bersih kabel utama pada kondisi bebas beban diperoleh dengan mengadakan koreksi pengurangan terhadap panjang teoritis :
- koreksi penambahan panjang sesuai lengkungan di pelana.
 - koreksi pengurangan panjang ulur elastis sebanding dengan tegangan rata-rata akibat beban mati penuh berdasarkan tegangan kabel maksimum di menara dan minimum di tengah bentang.

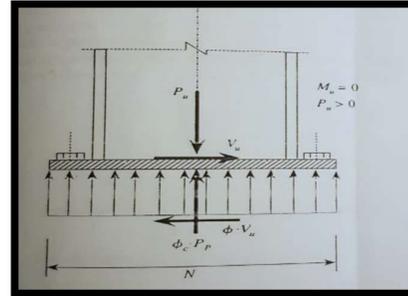
Base Plate

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan baja, bagian tumpuan penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan base plate. Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari pelat dasar, angkur serta sirip-sirip pengaku. Suatu struktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi. Suatu base plate penahan momen, sesuai konsep dasar LRFD harus didesain agar kuat rencana nominal sama atau lebih besar daripada kuat perlu yaitu momen lentur (M_u), gaya aksial (P_u), dan gaya geser (V_u) untuk semua macam kombinasi pembebanan yang dipersyaratkan.

Berkaitan dengan momen lentur yang bekerja pada base plate, maka tinjauan desain untuk struktur base plate dapat dibagi menjadi empat kategori :

1. **Kategori A**, adalah struktur base plate tanpa beban momen lentur, atau dalam bentuk idealisasi tumpuan, adalah berupa tumpuan sendi. Kategori ini yaitu

struktur base plate harus mampu memikul gaya aksial serta gaya geser. Karena tidak ada momen lentur yang bekerja, maka akan terjadi distribusi tegangan yang merata di sepanjang bidang kontak antara base plate dan beton penumpu.



Gambar 2.12 Base Plate dengan Gaya Aksial dan Gaya Geser

Untuk memenuhi syarat kesetimbangan statis, reaksi tumpuan pada beton (P_p) harus segaris dengan beban aksial yang bekerja.

$$P_u \leq \Phi_c \cdot P_p \quad (2.20)$$

$$P_p = 0,85 \cdot F'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.21)$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.22)$$

dengan,

- $\Phi_c = 0,6$
- F'_c = mutu kuat tekan beton, MPa
- A_1 = luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, mm^2 .
- A_2 = luas maksimum bagian permukaan beton yang geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, mm^2

Untuk base plate yang termasuk kategori 1 (tidak ada momen lentur), maka :

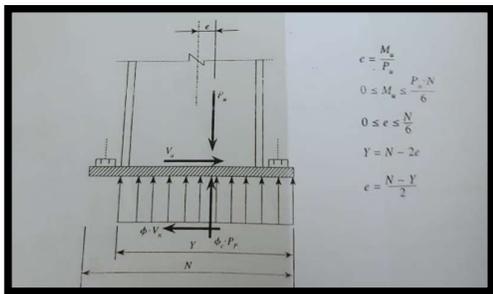
$$A_1 = B \cdot N \quad (2.23)$$

Sehingga,

$$P_u \leq 0,6 \cdot 0,85 \cdot F'_c \cdot B \cdot N \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.24)$$

$$P_u \leq 0,60 \cdot 85 \cdot F'_c \cdot B \cdot 2 \quad (2.25)$$

2. **Kategori B**, dalam kategori ini base plate selain harus memikul gaya aksial dan geser, juga memikul momen lentur dalam intensitas yang kecil. Distribusi tegangan tidak terjadi disepanjang base plate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan base plate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, di samping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi. Momen lentur yang bekerja dianggap sebagai beban terpusat yang bekerja dengan eksentrisitas, e dari sumbu kolom.



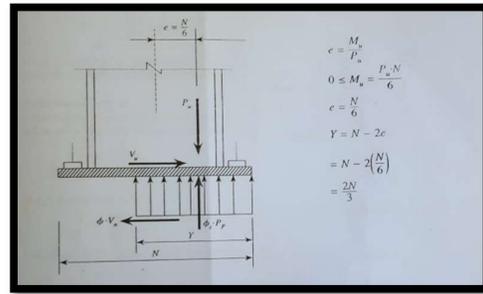
Gambar 2.13 Base Plate dengan Beban Momen Lentur

Untuk base plate dalam kategori B, berlaku hubungan sebagai berikut :

$$A1 = B.Y \quad (2.26)$$

$$P_u \leq 0,6 \cdot 0,85 \cdot F'c \cdot B \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{A2}{A1}} \leq 0,6 \cdot 0,85 \cdot F'c \cdot B \cdot Y \cdot 2 \quad (2.27)$$

3. **Kategori C**, intensitas momen lentur kian meningkat, pada kondisi ini dapat dikatakan bahwa base plate berada pada batas elastisnya, karena dengan penambahan sedikit intensitas momen lentur saja akan mengakibatkan pengangkatan/ uplift base plate terhadap beton penumpu. Seperti pada kategori B, momen lentur diasumsikan sebagai gaya aksial yang bekerja pada eksentrisitas, e dari sumbu kolom. Dalam kategori ini, jarak eksentrisitas maksimum yang belum mengakibatkan gaya uplift pada base plate adalah sebesar $N/6$.



Gambar 2.14 Base Plate dengan Eksentrisitas Beban $e = N/6$

Untuk base plate kategori C, berlaku hubungan :

$$A1 = B.Y \quad (2.28)$$

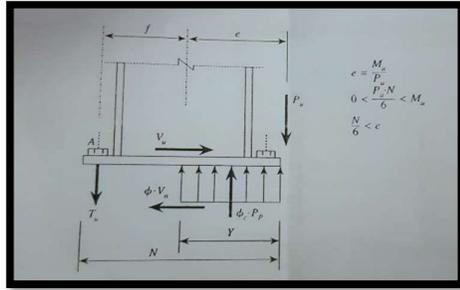
$$P_u \leq 0,6 \cdot 0,85 \cdot F'c \cdot B \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{A2}{A1}} \leq 0,6 \cdot 0,85 \cdot F'c \cdot B \cdot Y \cdot 2 \quad (2.29)$$

$$P_u \leq 0,51 \cdot F'c \cdot B \cdot \left(\frac{2}{3}N\right) \cdot \sqrt{\frac{A2}{B\left(\frac{2}{3}N\right)}} \leq 1,02 \cdot F'c \cdot B \cdot Y \cdot \left(\frac{2}{3}N\right) \quad (2.30)$$

4. **Kategori D**, dalam kasus ini eksentrisitas yang terjadi sudah melebihi $N/6$, angkur harus didesain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi. Base plate dalam kondisi inilah yang sering dijumpai dalam perencanaan, terutama untuk portal kaku yang direncanakan untuk memikul gaya gempa lateral atau gaya akibat tiupan angin. Pada umumnya desain base plate dalam kondisi ini harus disertai dengan proses desain ukuran angkur yang digunakan.

Dalam kasus ini ada dua variable yang harus dihitung yaitu Panjang Y dan gaya tarik pada angkur, T_u . Sebagai penyederhanaan, maka bentuk $\Phi_c \cdot P_p$ dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_u = \Phi_c \cdot P_p = \Phi_c \cdot 0,85 \cdot F'c \cdot B \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{A2}{A1}} = q \cdot Y \quad (2.31)$$



Gambar 2.15 Base Plate dengan Eksentrisitas Beban $e > N/6$

dengan,

$$q = \Phi_c \cdot 0,85 \cdot F'_c \cdot B \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.32)$$

dari persyaratan kesetimbangan, maka jumlah gaya dalam arah vertikal harus sama dengan nol, atau dalam bentuk matematis adalah :

$$\begin{aligned} \sum F_v &= 0 \\ T_u + P_u - \Phi_c \cdot P_p &= 0 \\ T_u + q \cdot Y - \Phi_c \cdot P_p &= 0 \\ T_u &= q \cdot Y - P_u \quad (2.33) \end{aligned}$$

Dengan mengambil kesetimbangan momen terhadap titik A :

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ \Phi_c \cdot P_p \cdot \left(\frac{N}{2} - \frac{Y}{2} + f \right) - P_u (e + f) &= 0 \\ q \cdot Y \cdot \left(\frac{N}{2} - \frac{Y}{2} + f \right) - P_u (e + f) &= 0 \quad (2.34) \\ \frac{qYN}{2} - \frac{qY^2}{2} + q \cdot Y \cdot f - P_u (e + f) &= 0 \\ \frac{q}{2} \cdot Y^2 - q \left(f + \frac{N}{2} \right) \cdot Y + P_u (e + f) &= 0 \quad (2.35) \end{aligned}$$

Persamaan 2.35 merupakan persamaan kuadrat dengan variable Y, sehingga dengan menggunakan rumus sederhana dapat diturunkan persamaan untuk Y sbegai Berikut :

$$Y = \frac{q \left(f + \frac{N}{2} \right) \pm \sqrt{\left[-q \left(f + \frac{N}{2} \right) \right]^2 - 4 \left(\frac{q}{2} \right) [P_u (f+e)]}}{2 \left(\frac{q}{2} \right)} \quad (2.36)$$

Atau jika disederhanakan akan menjadi :

$$Y = \left(f + \frac{N}{2} \right) \pm \sqrt{\left[- \left(f + \frac{N}{2} \right) \right]^2 - \frac{2P_u (f+e)}{q}} \quad (2.37)$$

• Perhitungan Angkur :

Angkur yang dipasang pada suatu base plate direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik, dengan syarat sebagai berikut

$$V_{ub} \leq \Phi F_v \cdot A_b \quad (2.38)$$

$$T_{ub} \leq \Phi F_t \cdot A_b \quad (2.39)$$

Untuk angkur tipe A307 :

$$F_t = 407 - 1,9 F_v < 310 \quad (2.40)$$

$$F_v = 166 \text{ MPa}$$

Untuk angkur tipe A325 dengan ulir di luar bidang geser

$$F_t = 807 - 1,5 F_v < 310 \quad (2.41)$$

$$F_v = 414 \text{ MPa}$$

dengan,

- V_{ub} adalah gaya geser terfaktor pada angkur, N
- T_{ub} adalah gaya tarik terfaktor pada angkur, N
- Φ adalah faktor tahanan pada angkur = 0,75
- F_v adalah kuat geser nominal angkur, MPa
- A_b adalah luas penampang angkur, mm^2
- F_t adalah kuat tarik nominal angkur, MPa
- F_v adalah tegangan geser yang terjadi pada angkur = $\frac{V_{ub}}{A_b}$
- n adalah jumlah angkur

• Perhitungan Tebal Base Plate :

Perencanaan tebal base plate dilakukan seperti perencanaan komponen struktur lentur, dengan persyaratan :

$$M_{pl} \leq \Phi_b \cdot M_n \quad (2.42)$$

$$M_n = M_p \quad (2.43)$$

dengan,

- M_{pl} adalah momen lentur terfaktor yang terjadi pada base plate, N.mm
- M_n adalah momen nominal base plate, N.mm
- M_p adalah momen lentur plastis dari base plate, N.mm

Untuk base plate dalam kategori A, B, dan C momen lentur yang terjadi pada base plate diperhitungkan dari tegangan tumpu, F_p yang terjadi pada base plate. Besar momen lentur terfaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$M_{pl} = F_p \left(\frac{c^2}{2} \right) \quad (2.44)$$

dengan,

- F_p adalah tegangan tumpu yang timbul pada permukaan beton, MPa
- c diambil dari nilai terbesar antara m , n dan n'
- n' adalah panjanga kantiliver base plate dari muka kolom flens atau web

berdasarkan teori garis leleh = $\sqrt{\frac{d.bf}{4}}$

momen lentur terfaktor pada base plate yang termasuk kategori D, dihitung berdasarkan gaya tarik, t_u yang timbul pada angkur :

$$M_{pl} = \frac{T_u \cdot x}{B} \quad (2.45)$$

Momen nominal base plate dihitung dengan persamaan :

$$M_n = M_p = \left(\frac{t_p^2}{4}\right) \cdot F_y \quad (2.46)$$

Adapun kategori tebal base plate dalam perencanaan :

a. Kategori A

$$M_{pl} \leq \Phi_b \cdot M_n$$

$$f_p \cdot \left(\frac{c^2}{2}\right) \leq 0,9 \cdot \left(\frac{t_p^2}{4}\right) \cdot F_y$$

dengan $f_p = \frac{P_u}{B \cdot N'}$, sehingga

$$\frac{P_u}{B \cdot N'} \cdot \left(\frac{c^2}{2}\right) \leq 0,9 \cdot \left(\frac{t_p^2}{4}\right) \cdot F_y$$

$$\text{Maka } t_p \text{ perlu} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot N' \cdot F_y}} \quad (2.47)$$

b. Kategori B

$$f_p = \frac{P_u}{B \cdot Y} = \frac{P_u}{B \cdot (N - 2e)}$$

$$t_p \text{ perlu} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot (N - 2e) \cdot F_y}} \quad (2.48)$$

c. Kategori C

$$f_p = \frac{P_u}{B \cdot Y} = \frac{P_u}{B \cdot \left(\frac{2}{3}N\right)} = \frac{1,5 \cdot P_u}{B \cdot N}$$

$$t_p \text{ perlu} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot P_u}{B \cdot N \cdot F_y}} \quad (2.49)$$

d. Kategori D

$$M_{pl} \leq \Phi_b \cdot M_p$$

$$\frac{T_u \cdot X}{B} \leq 0,9 \cdot \left(\frac{t_p^2}{4}\right) \cdot F_y$$

dengan $f_p = \frac{P_u}{B \cdot N'}$, sehingga diperoleh

$$t_p \text{ perlu} \geq 2,11 \cdot \sqrt{\frac{T_u}{B \cdot F_y}} \quad (2.50)$$

nilai t_p yang diperoleh dari Persamaan 2.50, harus dibandingkan dengan nilai t_p dari persamaan berikut, dan kemudian dipilih nilai t_p yang menentukan.

$$\text{Untuk } Y > m \quad t_p \text{ perlu} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot N' \cdot F_y}} \quad (2.51)$$

$$\text{Untuk } Y < m \quad t_p \text{ perlu} \geq 2,11 \sqrt{\frac{P_u \cdot (m - \frac{Y}{2})}{B \cdot F_y}} \quad (2.52)$$

Baja Penggantung

Dimensi batang penggantung harus mampu menahan gaya aksial tarik yang berasal dari lantai kendaraan.

Kabel Ikatan Angin

Dimensi kabel ikatan angin harus mampu memberikan stabilitas lateral untuk menahan beban angin rencana

Menara

Menara yang digunakan harus didesain untuk mampu menahan aksial tekan dan lentur serta memiliki stabilitas terhadap tekuk dan beban gempa statik ekuivalen.

Blok Angkur

Dimensi dari blok angkur harus didesain sedemikian rupa sehingga memiliki kapasitas yang lebih besar dari gaya pada kabel backstay (menahan minimum 120% gaya Tarik kabel backstay). Garis kerja gaya kabel, tekanan pasif tanah dan gaya gravitasi blok angkur harus bertemu pada satu titik tangkap agar tidak terguling. Blok angkur harus tertanam dalam tanah asli.

Pondasi

Dimensi dan jenis fondasi harus didesain sedemikian rupa sehingga memiliki kapasitas menahan beban sendiri, beban hidup dan beban angin yang bekerja pada bagian atas struktur jembatan dengan mempertimbangkan kondisi tanah setempat.

Sandaran

Sandaran harus aman bagi pengguna pejalan kaki baik anak-anak maupun dewasa. Tinggi minimum sandaran adalah 1 meter.

METODE PERENCANAAN

Lokasi direncanakan berada di Desa Parampuan, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Penentuan lokasi berdasarkan tingkat kebutuhan

masyarakat akan jembatan di desa tersebut yang sangat tinggi. Kondisi penyebrangan sungai di Desa tersebut saat ini cukup memprihatinkan, masyarakat yang ingin melakukan aktifitas berdagang ataupun bersekolah harus menyebrang menggunakan perahu atau menempuh jalur yang lebih jauh dengan akses jalan raya yang memutar. Oleh karena itu pembangunan jembatan di lokasi ini menjadi suatu kebutuhan yang penting dan solusi terhadap perkembangan daerah sekitarnya. Berikut adalah lokasi perencanaan jembatan gantung pejalan kaki :



Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan Jembatan

Tahap Perencanaan Jembatan Gantung

1. Input Data Lapangan

Data yang digunakan dalam perhitungan perencanaan dari data stasiun terdekat dengan wilayah perencanaan jembatan sebagai data sekunder perkiraan kondisi tanah di lokasi jembatan.

2. Studi Literatur

Dalam perencanaan ini diperlukan studi literatur untuk menunjang dan menambah pengetahuan tentang elemen-elemen struktur jembatan gantung, persyaratan mutu bahan, batasan lendutan, pemilihan lokasi jembatan, dan lain lain. Studi literatur didapat dari beberapa referensi seperti buku diktat kuliah, internet, jurnal, paper, dan buku-buku penunjang lainnya yang berhubungan dengan penyelesaian perencanaan jembatan gantung.

3. Penentuan lokasi Jembatan

Pemilihan lokasi jembatan pejalan kaki harus mempertimbangkan berbagai aspek ekonomis, teknis, dan kondisi

lingkungan seperti, bentang terpendek yang mungkin dari jembatan sehingga bisa menekan biaya pelaksanaan, berada pada wilayah yang minim terhadap erosi aliran sungai.

4. Penentuan Elevasi Lantai Jembatan

Banyak yang harus diperhatikan dalam penentuan elevasi lantai kendaraan pada jembatan. Salah satunya adalah muka air banjir sungai dan jarak bebas untuk perahu agar bisa melalui lantai kendaraan jembatan dengan aman. Hal hal itu dapat diamati dengan diskusi dengan masarakat setempat dan data muka air banjir tertinggi.

5. Permodelan Struktur

Pemodelan Struktur jembatan ini dilakukan dengan sistem 3 dimensi menggunakan SAP 2000.

6. Beban Rencana

Pada pembebanan jembatan gantung ini ada beban statik yang digunakan. Beban-beban tersebut akan di input ke dalam permodelan SAP 2000 seperti beban mati, beban hidup yang memperhitungkan beban kendaraan roda dua, beban angin, dan beban gempa.

7. Kabel Utama dan Peggantung

Setelah dilakukan permodelan struktur pada SAP 2000, cek tegangan kabel utama dan hanger. Dimensi kabel penggantung harus mampu menahan gaya aksial tarik yang berasal dari lantai kendaraan.

8. Lantai Kendaraan dan Struktur Pengaku

Setelah dilakukan permodelan struktur pada SAP 2000, cek Momen maksimum pada elemen elemen struktur. Dimensi elemen struktur harus mampu menahan beban yang terjadi dan harus dibawah tegangan ijin.

9. Cek Lendutan dan Kapasitas

Kontrol kapasitas dan momen yang terjadi (ultimate) pada batang-batang jembatan maupun kabel jembatan dari hasil ouput SAP 2000 dengan kapasitas dan momen nominal profil elemen struktur rencana. Selain itu lendutan yang terjadi harus di bawah lendutan ijin.

10. Blok Angkur

Dimensi blok angkur didesain sedemikian rupa agar memiliki kapasitas yang lebih besar dari gaya pada kabel backstay. Garis kerja gaya kabel, tekanan tanah pasif serta gaya gravitasi blok angkur harus lebih besar dari gaya angkat dan geser akibat kabel agar tidak terguling.

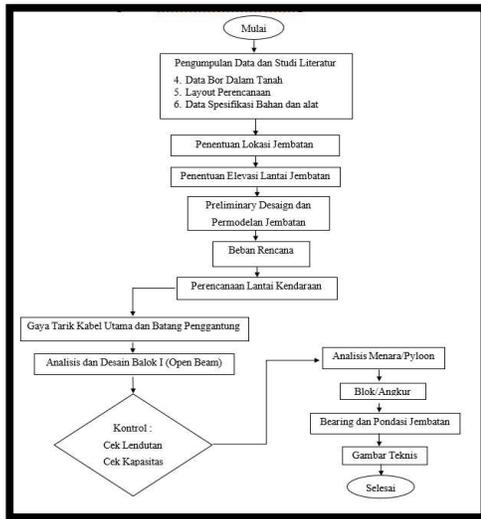
11. Pondasi Jembatan

Dimensi dan jenis pondasi harus didesain agar memiliki kapasitas menahan beban dari struktur atas jembatan gantung dengan mempertimbangkan kondisi tanah setempat.

12. Gambar Teknis

Pembuatan gambar teknis dilakukan setelah pengecekan lendutan terjadi pada jembatan, kapasitas seluruh elemen struktur telah mampu menahan momen yang terjadi akibat beban rencana.

Bagan Alir Perencanaan Jembatan Gantung



Hasil dan Pembahasan

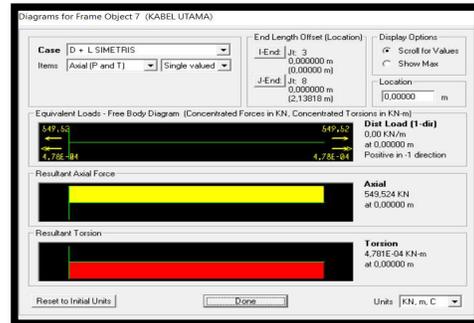
Dari hasil perencanaan jembatan gantung kelas I didapatkan dimensi dari struktur atas jembatan :

- Type jembatan merupakan jembatan gantung pejalan kaki Kelas I.
- Bentang utama 72 m.
- Bentang backstay 12,85 m.
- Lebar lantai jembatan 1,8 m.

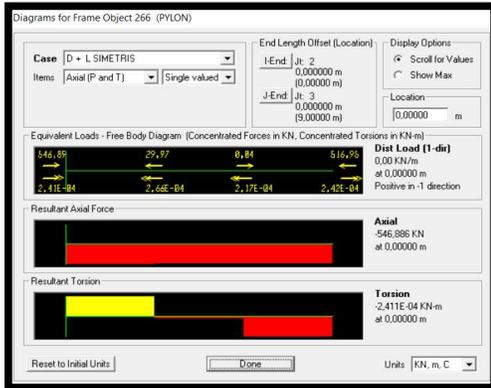
- Beban rencana yaitu pejalan kaki dan kendaraan ringan.
- Lantai jembatan menggunakan pelat modular dimensi 1,8 x 0,5 x 0,08 m, beton bertulang dengan mutu beton F'c 25 Mpa sejumlah 144 panel.
- Gelagar melintang dan memanjang menggunakan Web Opening Beam Profil WF.175.175.7,5.11 mm.
- Hand railing menggunakan Hollow 4 x 4 cm dengan tinggi 1 m.
- Menara menggunakan Profil WF.400.400.18.28 mm dengan tinggi menara 9 m.
- Kabel utama menggunakan Kabel Strand 6 x WS(36) IWRC 50 mm.
- Kabel hanger menggunakan Baja Bundar 22 mm.
- Kabel angin menggunakan Baja Bundar 10 mm.

Hasil Analisa dengan Program Sap 2000

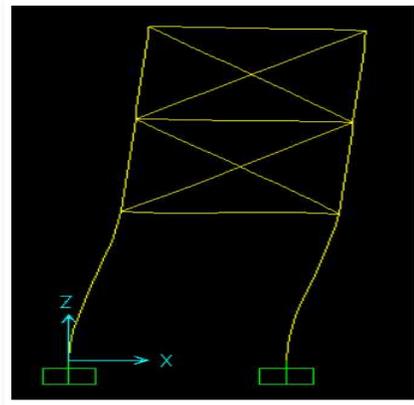
Pada perhitungan struktur atas dengan penggunaan SAP 2000 beban yang bekerja pada saat penganalisaan jembatan meliputi beban mati, beban hidup simetris, beban hidup asimetris, dan beban angin. Untuk penganalisaan beban gempa dihitung dari 15% - 20% beban mati yang ada di puncak menara. Jadi untuk perhitungan menara sendiri dihitung terpisah. Adapun gaya-gaya yang dihasilkan pada SAP 2000 yaitu :



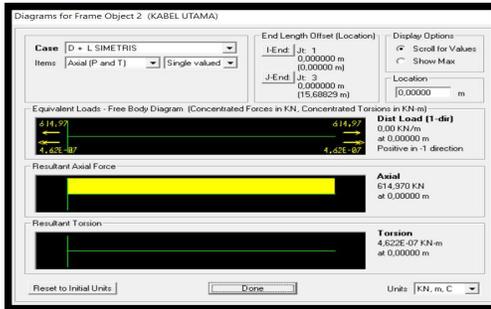
Gaya aksial pada Kabel Utama Kombinasi terbesar antara beban mati + beban hidup simetris.



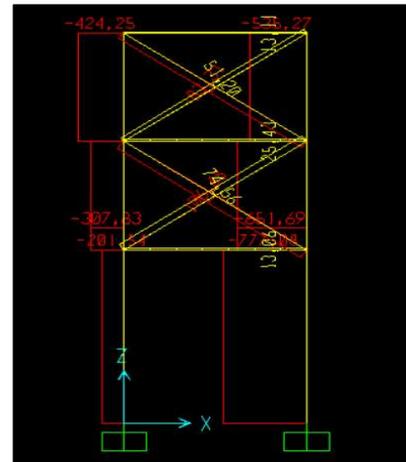
Gaya aksial pada kabel backstay Kombinasi terbesar antara beban mati + beban hidup simetris.



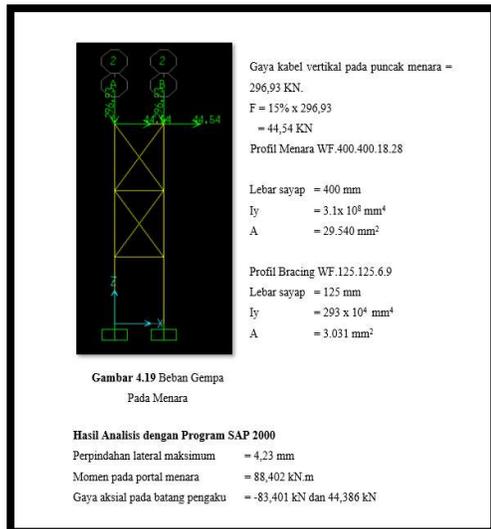
Deformasi jembatan akibat beban gempa



Gaya aksial pada menara Kombinasi terbesar antara beban mati + beban hidup simetris.



Beban aksial menara akibat beban mati pada puncak menara.



Gaya akibat beban mati pada puncak menara

Tegangan Kabel

| | |
|------------------------------|---|
| Kabel Strand 6 x WS(36) IWRC | = 50 mm |
| Lengkung Kabel | = 7 m |
| Beban yang diterima kabel | = Beban hidup simetris + Beban mati = 2,7 + 3,05 = 5,75 kN |
| Tegangan horizontal | |
| Hmaks | $= \frac{WL^2}{8d}$ $= \frac{5,75 \times 7^2}{8 \times 7}$ $= 532,286 \text{ kN}$ |
| Backstay | |
| Sudut backstay | = 35° |
| Tegangan maks, T | $= \frac{H}{\cos \theta}$ $= \frac{532,286}{\cos 35}$ $= 649,801 \text{ kN}$ |

Kabel Utama

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{dy}{dx} \\ &= \frac{4D}{L} \\ &= \frac{4 \times 7}{72} \\ &= 0,389 \\ \text{Sudut kabel utama } (\theta) &= 21,256^\circ \\ \text{Tegangan maks, T} &= \frac{H}{\cos \theta} \\ &= \frac{532,286}{\cos 21,256} \\ &= 571,141 \text{ kN} \\ \sigma_{\text{maks}} &= 1690 \text{ kN} > T_{\text{max backstay}} \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

Lendutan Gelagar 1/4 Bentang

Kekakuan gelagar = EI = 200.000 MPa x Ix gelagar memanjang
 = 200.000 MPa x 2.880 cm⁴
 = 576.000 kN.m²

Mencari nilai α : proporsi beban yang ditahan oleh kabel = $a \cdot p / 2$
 Dimana P = 3,6 kN/m beban asimetris

Lendutan balok pada 1/4 bentang \equiv lendutan kabel pada 1/4 bentang

$$\begin{aligned} \bullet \frac{5(1-\alpha)PL^4}{12288 EI} &\equiv \frac{\alpha \left(\frac{P}{8}\right) d}{\omega + \alpha p/2} \\ \bullet \frac{5(1-\alpha)3,6 \times 72^4}{12288 \times 576000} &\equiv \frac{\alpha \left(\frac{3,6}{8}\right) \times 7}{3,05 + \alpha \left(\frac{3,6}{2}\right)} \\ \bullet \alpha &= 0,11 \end{aligned}$$

Lendutan pada 1/4 bentang, $\Delta l = \frac{\alpha \left(\frac{P}{8}\right) d}{\omega + \alpha p/2}$
 = 0,107 < 1/200 x L = 0,36 (Ok)

Tegangan dan Kekuatan Menara

Dimensi profil menara = 400.400.18.28
 Area section (A) = 295,4 cm²
 Ix = 92800 cm⁴

• Memeriksa Tegangan Pada Menara

$$\begin{aligned} N &= H \cdot \tan \phi + H \cdot \tan \theta \\ &= (532,286 \times \tan(35)) + (532,286 \times \tan(21,256)) \\ &= 579,769 \text{ kN} \\ \lambda &= \frac{\text{Tinggi Menara}}{\sqrt{\frac{I}{A}}} \\ &= \frac{9}{\sqrt{\frac{92800}{295,4}}} \\ &= 50,78 \\ \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \\ &= 0,560 \\ \omega &= \frac{1,430}{1,6 - 0,67 \lambda_c} \\ &= 1,167 \\ \sigma_{\text{maks}} &= \frac{\omega \cdot N}{A} \\ &= \frac{1,167 \times 579,769}{0,029} \end{aligned}$$

• Cek kekuatan

a) Portal Menara

Tegangan yang terjadi

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M \cdot x}{I_y} \rightarrow x = \frac{bf}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ mm} \\ \sigma &= \frac{88,402 \times 10^6 \times 200}{3,1 \times 10^8} \\ \sigma &= 57,033 \text{ MPa} < \sigma \text{ izin} = 160 \text{ MPa (Ok)} \end{aligned}$$

b) Batang Pengaku

Batang tekan

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{\omega \cdot N}{A} \\ \lambda &= \frac{\text{Panjang batang}}{\sqrt{\frac{I}{A}}} \\ &= \frac{3610}{\sqrt{\frac{2930000}{3031}}} \\ &= 116,109 \\ \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \\ &= 1,280 \\ \omega &= \frac{1,430}{1,6 - 0,67 \lambda_c} \\ &= 1,926 \\ \sigma &= \frac{\omega \cdot N}{A} \\ &= \frac{1,926 \times 83401}{3031} \\ &= 52,996 \text{ MPa} < \sigma \text{ izin} = 160 \text{ MPa (Ok)} \end{aligned}$$

Batang tarik

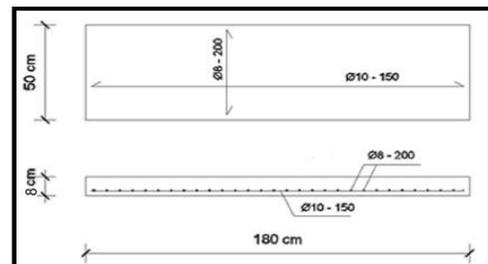
$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{N}{A_{\text{netto}}} \\ &= \frac{44386}{0,8 \times 3031} \\ &= 18,305 \text{ MPa} < \sigma \text{ izin} = 160 \text{ MPa (Ok)} \end{aligned}$$

Tabel Perbandingan Program SAP 2000 dengan Perhitungan Manual

| Hal | Perhitungan Manual | SAP 2000 (3D) | % Δ |
|--------------------------------|--------------------|---------------|------------|
| Gaya tarik kabel backstay (kN) | 649,801 | 614,970 | 5,36 |
| Gaya tarik kabel utama (kN) | 571,141 | 549,524 | 3,78 |
| Δ (m) | 0,107 | 0,224 | -109,34 |
| Aksial menara | 579,769 | 546,886 | 5,67 |

Pelat Lantai

- Pelat lantai direncanakan menggunakan plat modular beton bertulang 180 x 50 cm setebal 8 cm dengan 5 tumpuan sebagai penopang beban di atasnya menggunakan profil WF.175.175.7,5.11 mm. Pelat dianggap sebagai pelat satu arah $\left(\frac{L_y}{L_x} = \frac{1,8}{0,5} = 3,6 > 2\right)$



Gelagar Memanjang

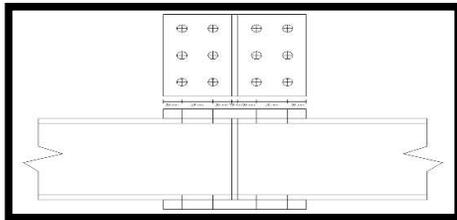
Gelagar memanjang direncanakan menumpu diatas gelagar melintang. Dimensi yang direncanakan yaitu 175.175.7,5.11 mm cukup aman dalam menahan momen lentur, kuat geser dari beban yang bekerja diatasnya, dan memenuhi syarat lendutan.

Gelagar Melintang

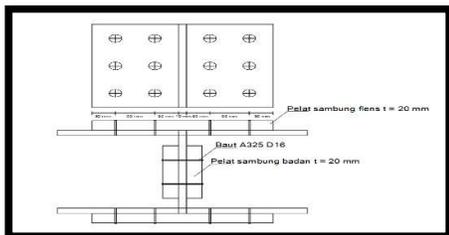
Gelagar melintang direncanakan menumpu diatas gelagar melintang. Dimensi yang direncanakan yaitu 175.175.7,5.11 mm cukup aman dalam menahan momen lentur, kuat geser dari beban yang bekerja diatasnya, dan memenuhi syarat lendutan.

Sambungan Gelagar Memanjang

Sambungan gelagar memanjang direncanakan sambungan baut sekuat profil pada bagian Web dan Flange.



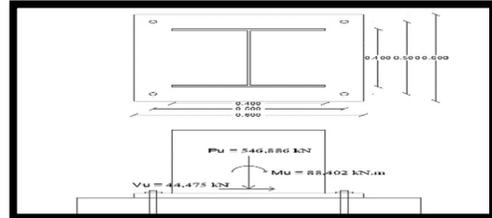
- Sambungan Flens direncanakan yaitu sambungan baut dengan diameter 16 mm dan tipe baut yang digunakan A325 tanpa ulir dalam bidang geser.
- Jarak baut dengan tepi 30 mm (1,5 db).
- Jarak antar baut 50 mm (30 db).
- Ukuran pelat 230 x 175 mm mengikuti lebar flens untuk ukuran lebar flens.
- Tebal pelat 20 mm.
- Sambungan direncanakan mengikuti Panjang maksimum profil 12 m.



Sambungan Web direncanakan yaitu sambungan baut dengan diameter 16 mm dan tipe baut yang digunakan A325 tanpa ulir dalam bidang geser.

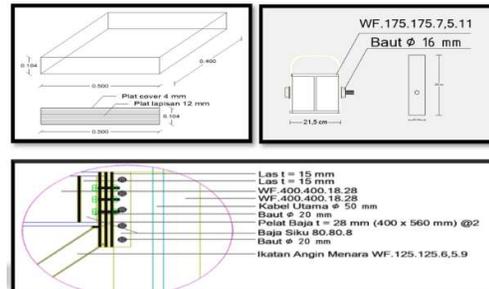
- Jarak baut dengan tepi 30 mm (1,5 db).
- Jarak antar baut 50 mm (30 db).
- Tinggi pelat 110 mm.
- Lebar pelat 230 mm.
- Tebal pelat 20 mm.

Base Plate



- Ukuran base plate 600 x 600 mm x 50 mm.
- Angkur baut diameter 19 mm sedalam 1 meter.
- Jarak antar baut 500 mm.
- Dengan diameter 19 mm amgkur baut mampu menahan gaya geser dan tarik.

Elastomer, Klem Gelagar Melintang, dan Sambungan Portal Menara



a. Elastomer

- Dimensi elastomer 500 x 400 mm
- Tebal pelat cover atas dan bawah 4 mm.
- Jumlah lapisan dalam 8 buah dengan tebal 12 mm.
- Beban yang diterima elastomer 500 x 400 sebesar 4.454 kN sesuai dengan elastomer yang ada di pasaran.
- Beban yang terjadi dalam perencanaan sebesar 1.346 kN.

b. Klem Gelagar Melintang

- Dimensi klem 6 x 21,5 x 26 cm.
- Diameter baut 16 mm mampu menahan aksial terbesar dari kabel.
- Tebal pelat klem 20 mm

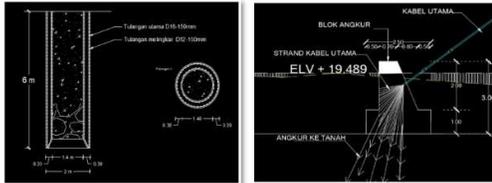
c. Sambungan Portal Menara

- Untuk sambungan portal menara menggunakan sambungan las sudut. Pelat yang digunakan yaitu pelat baja

tebal 28 mm dengan mengasumsikan minimum setebal tebal flens. Tebal las untuk sambungan profil WF.400.400.18.28 mm sebesar 15 mm, sedangkan untuk profil WF.125.125.6,5.9 mm untuk ikatan angin tebal las sebesar 7 mm.

- Menggunakan baja siku 80.80.8 mm dan baut diameter 20 mm untuk memperkaku menara.

Struktur Bawah



- Pondasi direncanakan yaitu pondasi sumuran dengan diameter 2 m dan kedalaman 6 m.
- Blok angkur direncanakan tipe Gravity.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisa dan perhitungan terhadap jembatan gantung pejalan kaki yang telah direncanakan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kesimpulan :

- Jembatan gantung direncanakan dengan bentang 72 meter dan lebar lantai jembatan 1,8m. Menggunakan pelat precast beton bertulang dengan ukuran 1,8 m x 0,5 m x 0,08 m sebagai pelat lantai. Sistem gelagar yang direncanakan menggunakan Web Opening Beam (Profil Terbuka) WF.175.175.7,5.11 mm. Menara direncanakan menggunakan WF.400.400.18.28 mm dengan tinggi 9 m. Untuk menyalurkan beban lantai ke menara digunakan kabel strand (IWRC) sebagai kabel utama dengan diameter 50 mm. Batang penggantung dan kaitan angin menggunakan baja bundar dengan diameter 22 mm dan 10 mm. untuk bangunan bawah direncanakan menggunakan pondasi sumuran dengan diameter 2 m dan kedalaman 6 m.
- Berdasarkan hasil analisa struktur yang dilakukan secara manual dengan program SAP 2000 diketahui bahwa

seluruh komponen jembatan memenuhi persyaratan dalam memikul beban mati, beban hidup, beban angin, maupun beban gempa yang direncanakan. Lentutan gelagar pada $\frac{1}{4}$ bentang didapatkan 0,107 m pada perhitungan manual dan 0,224 m pada SAP 2000 dengan batas lentutan maksimum $\frac{1}{200} L = 0,36$ m. Dalam hal ini penggunaan Web Opening Beam dengan dimensi 175.175.7,5.11 mm mampu menahan beban dan cukup aman dalam perencanaan.

- Berdasarkan hasil perencanaan diketahui bahwa kabel yang direncanakan memiliki tegangan sebesar 1690 kN melebihi tegangan maksimum sebesar 649,801 kN. Artinya kabel cukup aman dalam menahan beban-beban yang bekerja pada jembatan.

2. Saran :

- Karena dalam perencanaan ini menggunakan data tanah dari bangunan yang terdekat dari lokasi jembatan, jadi diperlukan uji tanah secara menyeluruh serta survey dan pengukuran secara mendetail pada lokasi jembatan.
- Sebaiknya dalam pemilihan program pengaplikasian jembatan, khususnya jembatan gantung tidak menggunakan SAP 2000. Dikarenakan pada program SAP 2000 tidak dapat mendeteksi kabel sehingga hanya terdapat gaya aksial dari kabel itu sendiri yang hanya bisa diterjemahkan.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional.2008. *Tali Kawat Baja: SNI 0076:2008*. Jakarta: Indonesia.
- Gunawan, R, Morisco. 1987. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Harazaki,I., Suzuki, S., Okukawa, A., 2000. *Suspension Bridge. In: Chen, W.- (Eds.), Bridge Engineering Handbook. CRC Press, Boca Raton, FL.*

- Hardawati, Astriana. 2014. *Perancangan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Kelas I Dengan Bentang Utama 2 x 80 Meter*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Ilham, M. Arifin. (2015). *Perancangan Ulang Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Side Span Free Bentang 60 Meter (Studi Kasus Jembatan Gantung Duwet, Banjarharjo, Kalibawang, Kulon Progo)*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- M. Das, Braja. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta : Erlangga.
- Metode ASSHTO. 2015. *Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan*.
- 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.
- Setiawan, A. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03- 1729-2002)*. Jakarta: Erlangga.
- Supriyadi, B. 2007. *Analisis Struktur Jembatan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Troitsky, MS. 1994. *Planning and Design of Bridges*.