

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN
GANTUNG TIPE *SIDE SPAN FREE*
(Studi kasus : Jembatan Oro-Oro Dowo Kota Malang)**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MASAJI RENHAD RAHARDJO
NIM. 135060100111039**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN GANTUNG TIPE *SIDE SPAN FREE* (Studi kasus : Jembatan Oro-Oro Dowo Kota Malang)

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



MASAJI RENHAD R
NIM. 135060100111039

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 8 Juli 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof.Dr.Ir. Agoes Soehardjono M.DJ, MT.
NIP. 19560412 198303 1 005

Dr.Eng. Achfas Zacoeb, ST.,MT.
NIP. 19751122 199903 1 003

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Eng. Indradi W, ST, M..Eng (Prac)
NIP. 19810220 200604 1 002

LEMBAR IDENTITAS PENGUJI

JUDUL SKRIPSI:

Perencanaan ulang Struktur Atas Jembatan Gantung tipe *Side Span Free* (Studi kasus :
Jembatan Oro-Oro Dowo Kota Malang.

Nama Mahasiswa : Masaji Renhad Rahardjo

NIM : 135060100111039

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI

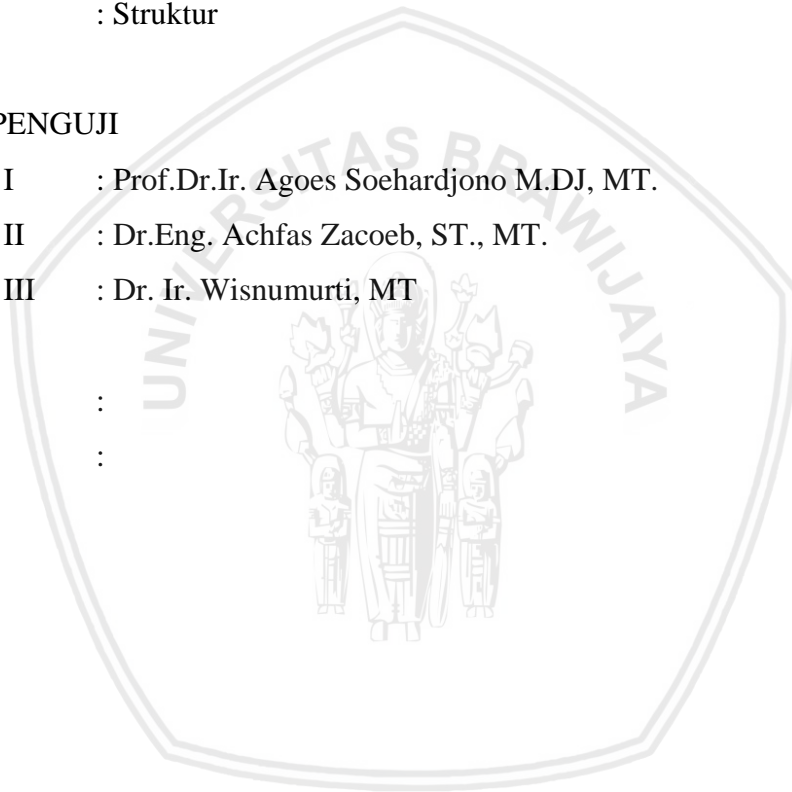
Dosen Penguji I : Prof.Dr.Ir. Agoes Soehardjono M.DJ, MT.

Dosen Penguji II : Dr.Eng. Achfas Zacoeb, ST., MT.

Dosen Penguji III : Dr. Ir. Wisnumurti, MT

Tanggal Ujian :

SK Penguji :



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

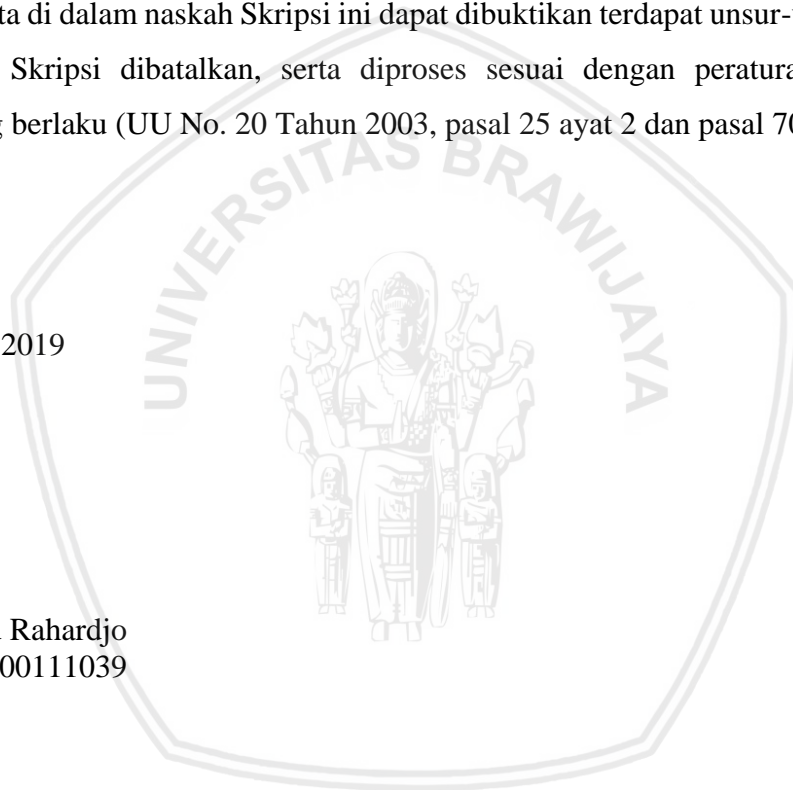
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 8 Juli 2019

Mahasiswa,

Masaji Renhad Rahardjo
NIM. 135060100111039



RIWAYAT HIDUP

Masaji Renhad Rahardjo lahir di Surabaya 18 Januari 1996 anak terahir dari ayah Imam Budi Rahardjo dan ibu Amelia Adji Rahardjo. Menjalani pendidikan di SD Sriwedari Kota Malang lulus tahun 2007. Setelah itu melanjutkan pendidikan di SMP Brawijaya Smart School Malang selama 3 tahun. Menempuh pendidikan di SMA Brawijaya Smart School dan lulus pada tahun 2013 kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Brawijaya Malang lulus pada tahun 2019.

Malang,8 Juli 2019

Penulis



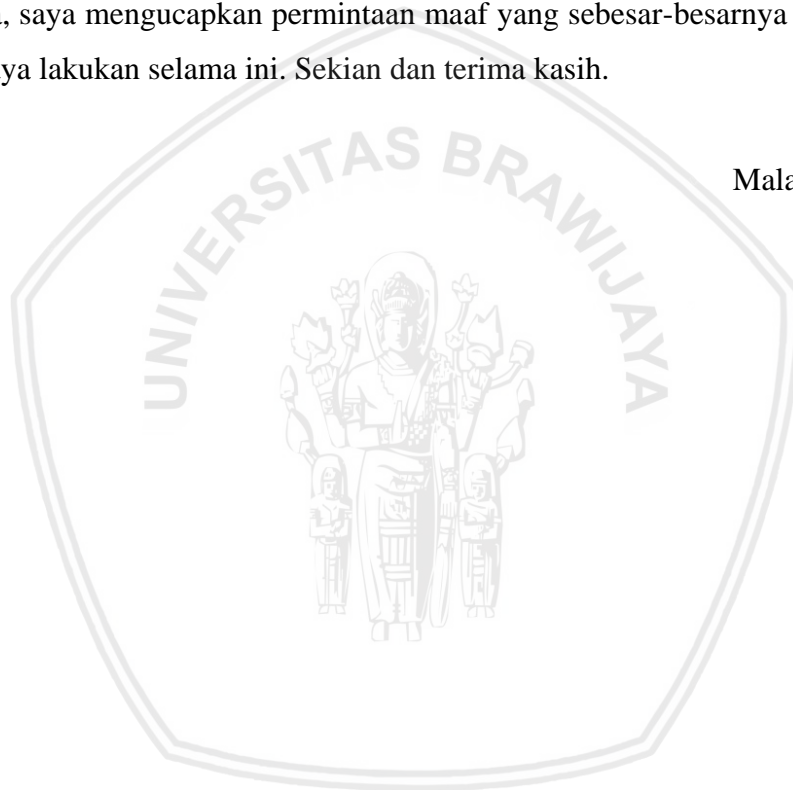
LEMBAR PERUNTUKAN

Puji Syukur kepada Allah SWT karena atas barokah dan rahmatnya, Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan Shalawat kepada Nabi besar Muhammad SAW, ucapan terima kasih juga tidak lupa saya haturkan kepada Orang tua serta kedua Kakak saya yang telah memberikah dukungan moral dan material dalam proses penyelesaian skripsi ini, Bapak-Ibu dosen dan dosen pembimbing yang telah membimbing selama perkuliahan dan penyusunan skripsi. Begitu juga untuk Teman skripsi yaitu Dodi Faradi yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian skripsi ini. Dan teman-teman mahasiswa teknik sipil.

Akhir kata, saya mengucapkan permintaan maaf yang sebesar-besarnya atas kesalahan yang pernah saya lakukan selama ini. Sekian dan terima kasih.

Malang, 8 Juli 2019

Penulis



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN GANTUNG TIPE *SIDE SPAN FREE* (Studi kasus : Jembatan Oro-Oro Dowo Kota Malang)”**.

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya untuk meraih gelar sarjana serta diharapkan dapat menjadi sumbangsih bagi ilmu pengetahuan di bidang Teknik Sipil khususnya bidang Struktur.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu, Ayah, Kakak dan Mbak saya yang selalu memberikan semangat, masukan, dukungan moral serta doa.
2. Bapak Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Dr. Eng. Eva Arifi, ST, MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac), selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Bapak selaku Prof.Dr.Ir. Agoes Soehardjono M.DJ, MT. dosen pembimbing 1.
6. Bapak Dr.Eng. Achfas Zacoeb, ST., MT. dosen pembimbing 2.
7. Bapak Dr. Ir. Wisnumurti, MT selaku ketua majelis.
8. Bapak Eko Andi Suryo, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing akademik.
9. Terima kasih kepada Anas dan Theo sahabat seperjuangan dari jaman mahasiswa baru sampai sekarang.
10. Ekik, Condro, Soni, Miko, Hanum, Lala, yang sama sekali tidak berpartisipasi dalam skripsi ini.
11. Terima kasih Rizky Aulia Afifa dan Putri Anggarda telah membantu dan menemani saat mengerjakan.
12. Teman-teman seperjuangan semasa kuliah.
13. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil FT-UB dan seluruh mahasiswa angkatan 2013 jurusan Teknik Sipil yang telah membantu dan memberikan semangat serta doa dalam menyelesaikan skripsi ini.

repository.ub.ac.id

Penulis pun menyadari bahwa penulis tidak terlepas dari kekurangan dan keterbatasan. Begitupun dalam penyusunan tugas akhir ini, dengan kerendahan hati penulis menantikan adanya masukan, baik berupa saran maupun kritik yang dapat bersifat membangun guna penyusunan laporan-laporan yang akan datang.

Akhir kata penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca dan semua pihak yang memerlukan.

Malang, 8 Juli 2019

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN.....	xi
SUMMARY	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Jembatan Gantung	7
2.1.1 Pengertian.....	7
2.1.2 Jenis jembatan	7
2.1.3 Komponen jembatan	9
2.2 Pembebanan Struktur Jembatan	14
2.3 Desain Struktur Jembatan.....	16
2.3.1 Lantai kendaraan	16
2.3.2 Gelagar memanjang	17
2.3.3 Gelagar melintang	17
2.3.4 Struktur kabel	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Langkah – langkah Perencanaan	23
3.2 Lokasi Jembatan	24
3.3 Diagram Alir Perencanaan	26
BAB IV PEMBAHASAN	27
4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	27
4.1.1 Data yang diketahui.....	27
4.1.2 Pembebanan	28
4.1.3 Kombinasi pembebanan	31
4.1.4 Rencana penulangan.....	31
4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang	33
4.2.1 Data yang diketahui.....	33

4.2.2	Pembebanan	33
4.2.3	Kombinasi pembebanan.....	35
4.2.4	Kontrol terhadap penampang.....	36
4.3	Perencanaan Gelagar Melintang	37
4.3.1	Data yang diketahui	37
4.3.2	Pembebanan	38
4.3.3	Kombinasi Pembebanan.....	39
4.3.4	Kontrol terhadap penampang.....	39
4.4	Perencanaan Ikatan Angin	40
4.4.1	Data yang diketahui	40
4.4.2	Pembebanan	41
4.4.3	Kontrol terhadap penampang.....	45
4.5	Sambungan.....	48
4.6	Perencanaan Kabel Utama	49
4.6.1	Data yang diketahui	49
4.6.2	Pembebanan	49
4.7	Perencanaan <i>Hanger</i>	50
4.7.1	Data yang diketahui	50
4.7.2	Pembebanan	50
4.8	Perencanaan <i>Pylon</i>	52
4.8.1	Kontrol penampang.....	53
4.9	Perencanaan blok anker	56
4.9.1	Data yang diketahui	56
4.9.2	Stabilitas terhadap guling dan daya dukung	57
BAB V PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN.....		63

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Beban yang Dipikul dan Lendutan Izin Jembatan Gantung Pejalan Kaki	15
Tabel 4. 1	Reaksi pada Ikatan Angin dari Perhitungan Stadpro 2004.....	44
Tabel 4. 2	Ukuran Baja Polos.....	52





(halaman kosong)

DAFTAR GAMBAR

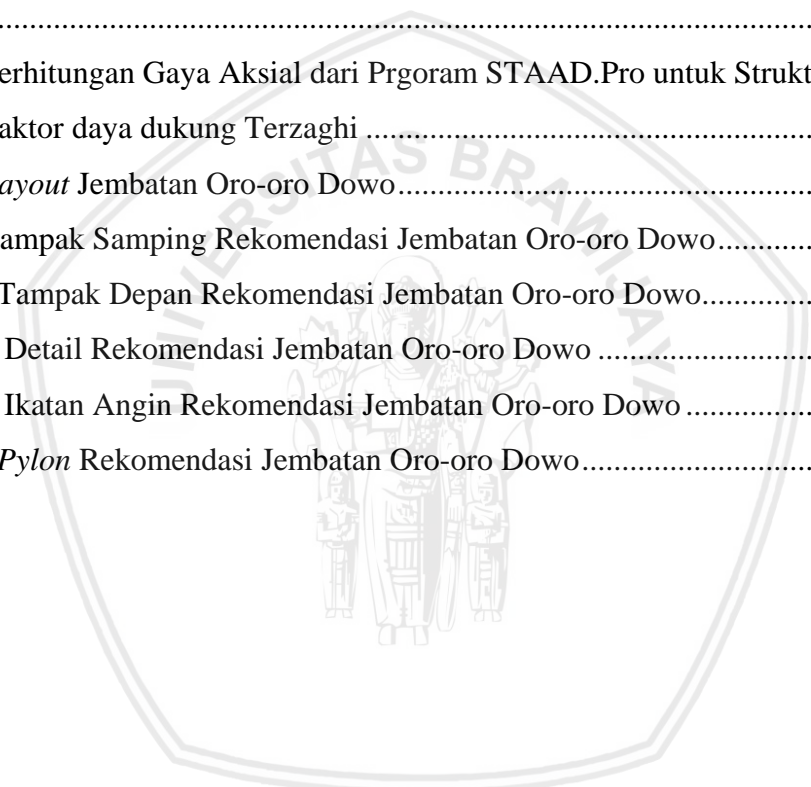
No.	Judul	Halaman
Gambar 1. 1	Jembatan kertanegara tahun 2012.....	1
Gambar 1. 2	Menara (pylon) jembatan gantung.....	2
Gambar 1. 3	Kondisi utama (main cable).....	3
Gambar 1. 4	Kondisi rantai kendaraan dari atas.....	3
Gambar 1. 5	Kondisi rantai kendaraan dari bawah.....	3
Gambar 2. 1	Macam-macam bentuk jembatan gantung.....	7
Gambar 2. 2	Komponen struktur atas jembatan gantung Sumber : Harazaki, I. dkk (2000)	9
Gambar 2. 3	Macam-macam tipe menara Sumber : Trotsky (1994).....	9
Gambar 2. 4	Penampang melintang kabel.....	10
Gambar 2. 5	Penampang melintang deck.....	12
Gambar 2. 6	Pengangkuran gravity jembatan Akashi Kaikyo Sumber : Harazaki,dkk (2000)	12
Gambar 2. 7	Pengangkuran tunnel jembatan George Washington.....	13
Gambar 2. 8	Klasifikasi berdasarkan jumlah bentang.....	13
Gambar 2. 9	Klasifikasi berdasarkan kontinuitas stiffening girder Sumber : Harazaki,dkk (2000).....	14
Gambar 2. 10	Klasifikasi berdasarkan tipe kabel penggantung Sumber : Harazaki,dkk (2000)	14
Gambar 2. 11	Klasifikasi berdasarkan tipe pengangkuran kabel Sumber : Harazaki,dkk (2000).....	14
Gambar 2. 12	Profil WF untuk gelagar memanjang.....	17
Gambar 2. 13	Profil C untuk Gelagar melintang.....	18
Gambar 2. 14	Batasan tekuk torsi lateral.....	18
Gambar 2. 15	Batasan tekuk lokal flens.....	19
Gambar 2. 16	Batasan tekuk lokal web.....	19
Gambar 2. 17	Struktur kabel pada bentang utama.....	19
Gambar 2. 18	Gaya gaya yang bekerja pada dek jembatan.....	20
Gambar 2. 19	Gaya yang bekerja pada tower jembatan.....	22
Gambar 2. 20	Gaya yang bekerja pada angkur jembatan.....	22
Gambar 3. 1	Peta lokasi jembatan Oro-Oro Dowo.....	25
Gambar 3. 2	Diagram alir perencanaan.....	26

<i>Gambar 4. 1</i> Layout jembatan gantung potongan memanjang dan melintang	27
<i>Gambar 4. 2</i> Reaksi bidang momen dan gaya lintang akibat beban sendiri	28
<i>Gambar 4. 3</i> Reaksi bidang momen dan gaya lintang akibat beban mati	29
<i>Gambar 4. 4</i> Penyebaran gaya roda ‘SM’ pada lantai jembatan	30
<i>Gambar 4. 5</i> Pembebanan akibat beban ‘SM’ ditinjau dari kedudukan roda kendaraan	30
.....	
<i>Gambar 4. 6</i> Reaksi bidang momen dan gaya lintang akibat beban manusia	31
<i>Gambar 4. 7</i> Penulangan pelat lantai kendaraan	33
<i>Gambar 4. 8</i> Potongan gelagar memanjang	33
<i>Gambar 4. 9</i> Pembebanan gelagar memanjang	33
<i>Gambar 4. 10</i> Pembebanan akibat beban sendiri	34
<i>Gambar 4. 11</i> Pembebanan akibat beban tambahan	35
<i>Gambar 4. 12</i> Pembebanan akibat beban tambahan	35
<i>Gambar 4. 13</i> Profil penampang gelagar memanjang	36
<i>Gambar 4. 14</i> Pembebanan beban mati gelagar melintang	38
<i>Gambar 4. 15</i> Bidang momen dari pembebanan gelagar melintang	38
<i>Gambar 4. 16</i> Bidang lintang dari pembebanan gelagar melintang	38
<i>Gambar 4. 17</i> Profil penampang gelagar melintang	39
<i>Gambar 4. 18</i> Pembebanan ikatan angin	42
<i>Gambar 4. 19</i> Penomeran batang untuk reaksi ikatan angin	43
<i>Gambar 4. 20</i> Reaksi perhitungan ikatan angin dari STAAD Pro	43
<i>Gambar 4. 21</i> Profil ikatan angin Profil Siku 90 x 90 x 10	45
<i>Gambar 4. 22</i> Struktur kabel setengah bentang potongan melintang	49
<i>Gambar 4. 23</i> Pembebanan kabel jembatan ke pylon	52
<i>Gambar 4. 24</i> Pembebanan portal pylon	53
<i>Gambar 4. 25</i> Profil WF untuk pylon	53
<i>Gambar 4. 26</i> Perencanaan blok angker	56



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Perhitungan Pembebanan Beban Sendiri dengan Aplikasi <i>Staad.Pro</i> 2004...	63
Lampiran 2.	Perhitungan Pembebanan Beban Mati dengan Aplikasi <i>Staad.Pro</i> 2004.....	64
Lampiran 3.	Perhitungan Pembebanan Beban Hidup dengan Aplikasi <i>Staad.Pro</i> 2004	65
Lampiran 4.	Perhitungan Pembebanan Gelagar Melintang dengan Aplikasi <i>Staad.Pro</i> 2004	66
Lampiran 5.	Perhitungan Pembebanan Gelagar Melintang dengan Aplikasi <i>Staad.Pro</i> 2004	67
Lampiran 6.	Perhitungan Gaya Aksial dari Prgoram <i>STAAD.Pro</i> untuk Struktur Kabel...	70
Lampiran 7.	Faktor daya dukung Terzaghi	72
Lampiran 8.	<i>Layout</i> Jembatan Oro-oro Dowo.....	73
Lampiran 9.	Tampak Samping Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo.....	74
Lampiran 10.	Tampak Depan Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo.....	75
Lampiran 11.	Detail Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo	76
Lampiran 12.	Ikatan Angin Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo	77
Lampiran 13.	<i>Pylon</i> Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo.....	78





(halaman kosong)

RINGKASAN

Masaji Renhad Rahardjo, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, April 2019, *Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Gantung Tipe Side Span Free (Studi Kasus : Jembatan Oro-Oro Dowo Kota Malang)*, Dosen Pembimbing : Achfas Zacoeb dan Agus Soehardjono.

Jembatan adalah struktur yang menghubungkan dua titik daerah terpisah melalui suatu hambatan seperti sungai, lembah, jurang, dan laut. Dengan adanya jembatan dapat memudahkan aktifitas manusia, dan melancarkan arus pengiriman barang. Salah satu tipe jembatan yang digunakan untuk bentang panjang adalah jembatan gantung karena dapat menjangkau bentang yang panjang tanpa pilar ditengahnya. Penelitian ini membahas tentang perencanaan ulang jembatan gantung Oro – Oro Dowo Gg.13 yang semula menggunakan pelat lantai kayu, diubah menjadi pelat lantai beton bertulang. Agar kendaraan bermotor bisa menggunakannya tanpa menuntun kendaraannya. Lebar lantai kendaraan diperlebar agar jalur dari arah berlawanan dapat menggunakan bersamaan.

Jembatan di rencanakan dengan tipe tipe side span free. Bentang total jembatan 42 m dengan bentang tepi 6 m dan bentang utama 30 m. Lebar dek 3,5 m dengan lantai kendaraan 3 m. Jembatan diklasifikasian sebagai kelas jalan I dengan muatan sumbu terberat 500 kg/m. Dek jembatan tersusun atas pelat lantai beton bertulang, gelagar memanjang, gelagar melintang, ikatan angin, kabel penggantung, dan kabel utama.

Hasil perancangan diperoleh pelat beton setebal 20 cm dengan tulangan utama D13 – 200 mm dan untuk tulangan bagi $\emptyset 10$ -200 mm. Gelagar memanjang menggunakan profil WF 150 x 75 x 5 x 7. Gelagar melintang menggunakan profil tipe C 300 x 90 x 10 x 15,5. Rangka ikatan angin menggunakan profil suku 90 x 90 x 10. Kabel utama menggunakan kabel $\phi 25$ dengan kuat putus 37000 kg. Kabel penggantung menggunakan P.22 dengan diameter 22 mm dan berat nominal 2,98 kg/m. Untuk menara menggunakan Baja dengan mutu BJ 37, dimensi menara dengan baja WF 200 x 100 x 6 x 9 dengan tinggi 4 meter.

Kata kunci : Jembatan gantung, *side span free*, kabel.



(halaman kosong)

SUMMARY

Masaji Renhad Rahardjo, *Departement of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, April 2019, Upper Structure Re-Design of Side Span Free Suspension Bridge (Case study : Oro-Oro Dowo Suspension Bridge at Malang City), Supervisors: Achfas Zacob dan Agus Soehardjono.*

The bridge is the structure that connects the two points separate areas through an obstacle such as rivers, valleys, ravines, and sea. With the bridge can facilitate human activity, and ease the flow of goods delivery. One type of bridge that is used for long-span suspension bridge because it is able to reach a long spans without pillars in the middle. This study discusses the re-planning drawbridge Oro - Oro Dowo Gg.13 which was originally used wooden floor plate, is converted into a reinforced concrete floor slabs. To be able to use a motor vehicle without a lead vehicle. The width of the vehicle floor widened so that the path from the opposite direction can be used simultaneously.

The bridge was planned with the type of side span free. The number of spans of 42 m spans the edge of the bridge 6 m and 30 m the main span. Deck width of 3.5 m with the vehicle floor 3 m. Bridges are classified as class I roads with the heaviest axle loads of 500 kg / m. Bridge deck consists of a reinforced concrete floor slabs, longitudinal girder, cross girder, the wind ties, cable hanger, and the main cable.

The results obtained by the design of the concrete slab 20 cm thick with the main reinforcement D13 - 200 mm and for reinforcement for \emptyset 10-200 mm. Longitudinal girder using WF profile 150 x 75 x 5 x 7. The transverse beam profile using a profile type C 300 x 90 x 10 x 15.5. Wind bond order use rate profile 90 x 90 x 10. Main cable using a cable ϕ 25 with strong breaking 37000 kg. Cable hanger using P.22 with a diameter of 22 mm and a nominal weight of 2.98 kg / m. For pylon using quality steel with BJ 37, the dimensions of the tower with steelWF 200 x 100 x 6 x 9 with a height of 4 meters.

Keywords: *Suspension bridge, side span free, cable.*



(halaman kosong)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki 17.504 pulau, dimana sebagian besar dari seluruh luas negara Indonesia adalah berupa perairan. Keadaan alam tersebut menyebabkan tidak meratanya penyaluran sumber daya yang ada. Maka dari itu diperlukan penghubung antar pulau, yaitu jembatan.

Jembatan adalah struktur yang menghubungkan dua titik daerah terpisah melalui suatu hambatan seperti sungai, lembah, jurang, dan laut. Dengan adanya jembatan dapat memudahkan aktifitas manusia, dan melancarkan arus pengiriman barang. Dalam perencanaan suatu jembatan, keamanan menjadi faktor utama yang harus diperhatikan dalam mendesain suatu jembatan. Semua beban dari segala keadaan harus diperhitungkan, agar jembatan memiliki kekuatan yang maksimal dalam menahan beban yang akan dihadapinya guna bagi keselamatan dan keamanan pengguna yang menjadi hal penting untuk diutamakan. Karena pentingnya peranan jembatan bagi khalayak manusia, maka diperlukannya peninjauan terhadap kelayakan konstruksi jembatan dalam menerima beban. Begitu pula dengan adanya hubungan keselamatan, maka perlu diperhatikan juga tingkat keamanan dan kenyamanan dalam pemakaian jembatan tersebut, apakah kondisi jembatan tersebut masih layak untuk digunakan atau harus diadakan pemeliharaan struktur jembatan secara berkala.



Gambar 1. 1 Jembatan kertanegara tahun 2012
sumber: <http://jambi.tribunnews.com>

Sayangnya pembangunan infrastruktur di Indonesia saat ini kurang teliti pada saat tahap perencanaan dan perawatan. Sebagai salah satu contoh permasalahan pada kasus runtuhnya

jembatan gantung Kutai Kartanegara di atas sungai Mahakam, Kalimantan Timur, karena akumulasi berbagai kelemahan, mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan hingga tahap operasional. “Kegagalan pada sistem sambungan, antara batang *hanger* dan kabel utama, pada dasarnya terjadi akibat akumulasi masalah sejak jembatan direncanakan,” kata ketua tim investigasi, Profesor Ir. Iswandi Imran.

Maka ketelitian dalam tahap perencanaan pembangunan jembatan khususnya di Indonesia sangat dibutuhkan. Dalam penelitian ini peneliti mengambil salah satu kasus apabila terjadi keruntuhan struktur jembatan gantung Oro-Oro Dowo yang diakibatkan oleh keruntuhan struktur lantai kendaraan. Oro-Oro Dowo merupakan salah satu kelurahan di Kecamatan Klojen yang memiliki beberapa wilayah yang terpisah oleh sungai sehingga akan menimbulkan terputusnya akses. Lokasi beberapa wilayah yang ada di Kelurahan Oro-Oro Dowo cukup sulit aksesnya bagi penduduk untuk melakukan kegiatan baik pendidikan maupun kegiatan lainnya karena dipisahkan oleh adanya sungai. Sarana penghubung yang ada berupa jembatan gantung sederhana untuk pejalan kaki dan sepeda motor yang kondisinya mengkhawatirkan, sehingga sangat diperlukan adanya alternatif perencanaan pembangunan ulang jembatan gantung Oro-Oro Dowo di Kota Malang. Berikut gambar eksisting jembatan gantung Oro-Oro Dowo :



Gambar 1. 2 Menara (*pylon*) jembatan gantung



Gambar 1. 3 Kondisi utama (*main cable*)



Gambar 1. 4 Kondisi lantai kendaraan dari atas



Gambar 1. 5 Kondisi lantai kendaraan dari bawah

1.2 Identifikasi Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka masalah yang dapat digaris bawahi adalah:

1. Pengguna jembatan yang menggunakan kendaraan bermotor dapat merusak kekuatan lantai kendaraan sehingga mengakibatkan keruntuhan.
2. Pemilihan desain lantai kendaraan kurang efektif.

1.3 Rumusan Masalah

Lantai kendaraan jembatan gantung Oro-Oro Dowo eksisting tersebut dari kayu dilapisi dengan aspal. Dengan struktur tersebut para pengguna kendaraan bermotor hanya boleh menuntun kendaraannya, karena struktur tersebut tidak terlalu kuat dan kaku untuk digunakan. Direncanakan struktur lantai kendaraan jembatan gantung Oro-Oro Dowo menggunakan beton bertulang.

1. Bagaimana profil pelat lantai kendaraan jembatan ketika diubah dari kayu menjadi beton bertulang?
2. Bagaimana profil gelagar memanjang dan melintang saat menahan beban pelat lantai dengan beton bertulang?
3. Bagaimana profil sistem perkabelan saat menahan beban pelat lantai kendaraan dengan beton bertulang?
4. Bagaimana profil *pylon* saat menahan sistem perkabelan?

1.4 Batasan Masalah

Jembatan terdiri dari dua bagian yaitu bangunan atas dan bangunan bawah. Bangunan atas merupakan struktur bagian atas yang menahan langsung beban lalu lintas dan beban lain yang melewati struktur tersebut.

Dalam studi kasus ini kami hanya membahas struktur atas saja. Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perhitungan analisis bangunan atas jembatan gantung dengan tipe *Side Span Free*.
2. Bangunan atas yang direncanakan adalah : lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, kabel utama, *hanger*, *pylon* dan sistem kabel.
3. Jembatan dijadikan satu bentang.
4. Jembatan hanya diperuntukkan bagi pejalan kaki dan kendaraan ringan seperti sepeda dan sepeda motor.
5. Kondisi aliran sungai dan tanah tidak ditinjau.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian jembatan gantung Oro-Oro Dowo ini yaitu :

1. Dapat menghitung gaya-gaya dalam jembatan gantung.

2. Dapat merencanakan elemen-elemen pokok jembatan gantung.
3. Dapat memberikan wawasan tentang perubahan kekuatan lantai kendaraan dengan menggunakan beton bertulang.
4. Dapat memberikan wawasan tentang perencanaan struktur atas jembatan gantung.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran umum mengenai perancangan struktur atas jembatan gantung Oro-Oro Dowo.





(halaman kosong)

BAB II

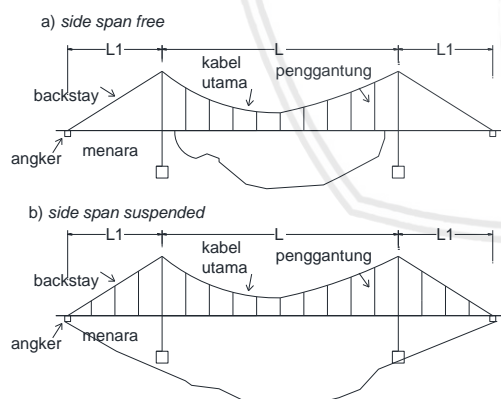
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan Gantung

2.1.1 Pengertian

Jembatan gantung adalah struktur jembatan yang menggunakan kabel sebagai pemikul utama beban lalu lintas di atasnya, pada sistem ini kabel utama (*main cable*) memikul beberapa kabel penggantung (*suspension cables/hanger*) yang menghubungkan antara kabel utama dengan gelagar jembatan. Kabel utama dihubungkan pada kedua tower jembatan dan memanjang disepanjang jembatan yang berakhir pada pengangkuran pada kedua ujung jembatan untuk menahan pergerakan vertikal dan horizontal akibat beban-beban yang bekerja. Jembatan gantung merupakan salah satu sistem jembatan yang mampu mengakomodasi bentang terpanjang dari semua sistem struktur jembatan yang ada. Jembatan gantung merupakan struktur yang dapat dibuat untuk bentang panjang tanpa menggunakan pilar ditengahnya.

2.1.2 Jenis jembatan



Gambar 2. 1 Macam-macam bentuk jembatan gantung

1. Bentuk bentang luar bebas (*side span free*)

Pada bentang luar, kabel utama tidak menahan/dihubungkan dengan lantai jembatan oleh *hanger*, jadi tidak terdapat *hanger* pada bentang luar. Disebut juga dengan tipe *straight backstays* atau kabel utama pada bentang luar berbentuk lurus.

2. Bentuk bentang luar digantung (*side span suspended*)

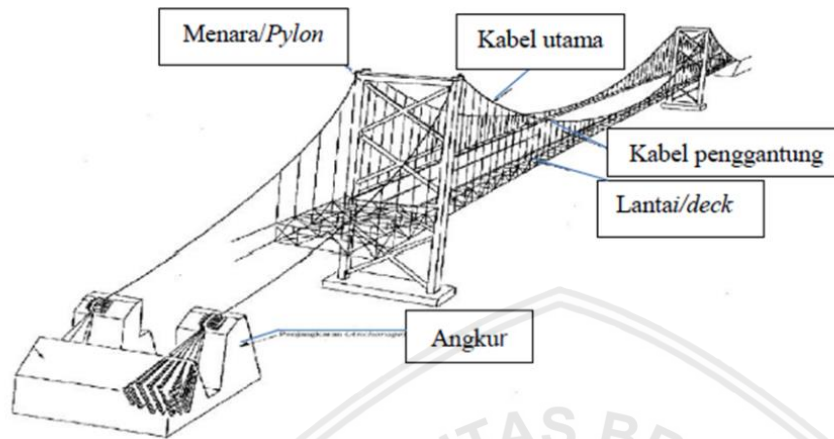
Pada bentuk ini kabel utama pada bentang luar menahan struktur lantai jembatan dengan dihubungkan oleh *hanger*.

Steinman (1922) membedakan jembatan gantung menjadi 2 jenis yaitu :

1. Jembatan gantung tanpa pengaku hanya digunakan untuk struktur yang sederhana (bukan untuk struktur yang rumit dan berfungsi untuk menahan beban yang terlalu berat), karena tidak adanya pendukung lantai jembatan yang kaku atau kurang memenuhi syarat untuk diperhitungkan sebagai struktur kaku/balok menerus. Jembatan gantung tanpa pengaku adalah tipe jembatan dimana seluruh beban sendiri dan lalu lintas didukung penuh oleh kabel. Hal ini dikarenakan tidak terdapatnya elemen struktur kaku pada jembatan. Dalam hal ini bagian lurus yang berfungsi untuk mendukung lantai lalu-lintas berupa struktur sederhana, yaitu berupa balok kayu biasa atau bahkan mungkin terbuat dari bamboo. Dalam perhitungan struktur secara keseluruhan, struktur pendukung lantai lalu-lintas ini kekakuannya (EI) dapat diabaikan, sehingga seluruh beban mati dan beban lalu-lintas akan didukung secara penuh oleh kabel baja melalui *hanger*.
2. Jembatan gantung dengan pengaku adalah tipe jembatan gantung yang kebutuhan akan persyaratan keamanan dan kenyamanan, memiliki bagian struktur dengan kekakuan tertentu. Jembatan gantung dengan pengaku adalah tipe jembatan dimana pada salah satu bagian strukturnya mempunyai bagian yang lurus yang berfungsi untuk mendukung lantai lalu-lintas (*deck*). Dek pada jembatan gantung jenis ini biasanya berupa struktur secara keseluruhan, beban dan lantai jembatan didukung secara bersama-sama oleh kabel dan gelagar pengaku berdasarkan prinsip kompatibilitas lendutan (kerjasama antara kabel dan dek dalam mendukung lendutan). Jembatan gantung dengan pengaku mempunyai dua dasar bentuk umum yaitu :
 - a. Tipe rangka batang kaku (*stiffening truss*), pada tipe ini jembatan mempunyai bagian yang kaku yaitu pada bagian lurus pendukung lantai jembatan (*deck*) yang dengan *hanger* dihubungkan pada kabel utama.
 - b. Tipe rantai kaku (*braced chain*), pada tipe ini bagian yang kaku atau diperkaku adalah bagian yang berfungsi sebagai kabel utama.

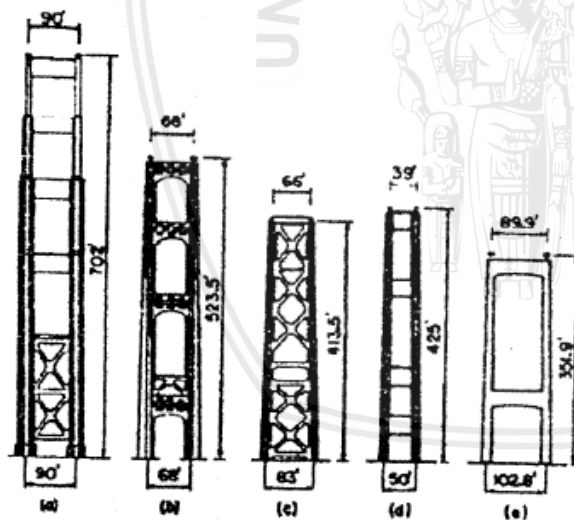
2.1.3 Komponen jembatan

Komponen atau bagian – bagian struktur atas jembatan gantung meliputi lantai (*deck*) jembatan, kabel penggantung (*suspension cables/hanger*), kabel utama (*main cable*), dan menara (*pylon/tower*).



Gambar 2. 2 Komponen struktur atas jembatan gantung
Sumber : Harazaki, I. dkk (2000)

1. Menara (*Pylon / Tower*)



Gambar 2. 3 Macam-macam tipe menara
Sumber : Trotsky (1994)

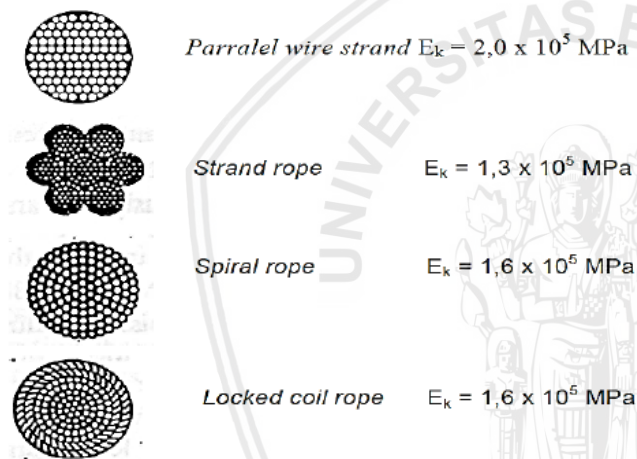
Menara pada sistem jembatan gantung akan menjadi tumpuan kabel utama. Beban yang dipikul oleh kabel selanjutnya diteruskan ke menara yang kemudian disebarkan ke tanah melalui pondasi. Dengan demikian agar dapat menyalurkan beban dengan baik perlu diketahui pula bentuk atau macam menara yang akan digunakan.

Bentuk menara dapat berupa *portal*, *multistory*, atau *diagonally braced frame* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 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 rol untuk mengurangi pengaruh ketidak seimbangan menara akibat lendutan kabel.

2. Sistem kabel

Kabel merupakan bahan atau material utama dalam struktur atas jembatan gantung. Struktur kabel pada jembatan gantung terdiri dari kabel utama dan kabel penggantung. Kabel utama (*main cable/suspension cable*) adalah kabel yang berfungsi sebagai penahan kabel penggantung dan menyalurkan beban dari kabel penggantung ke menara (*tower/pylon*). Kabel penggantung (*hanger/suspender*) adalah kabel vertical/diagonal yang berfungsi sebagai penggantung lantai (*deck*) dan menyalurkan beban dari lantai (*deck*) ke kabel utama.



Gambar 2. 4 Penampang melintang kabel
Sumber : SE Mentri PU (2010)

Sistem kabel pada jembatan merupakan bahan atau material utama dalam struktur jembatan gantung. Karakteristik kabel kaitannya dengan struktur jembatan gantung antara lain :

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

Schodek (1991) menyatakan bahwa kabel bersifat fleksibel cenderung berubah bentuk drastic apabila pembebanan berubah. Dalam hal pemakaiannya kabel berfungsi sebagai batang tarik. Jembatan gantung mempunyai beberapa keunggulan antara lain :

- a. Seluruh struktur jembatan dapat dibangun tanpa perancah dari tanah.
- b. Strukturnya utamanya Nampak gagah dan mengekspresikan fungsinya dengan baik.
- c. Merupakan pilihan yang ekonomis untuk jembatan panjang bentang lebih dari 600 meter.

Sedangkan kelemahan jembatan gantung adalah jika rantai kerja tidak cukup kaku, maka jembatan penggantung akan bergoyang dan menjadi tidak stabil jika terkena angin dan getaran akibat resonansi seperti pada jembatan Tacoma Narrows, Seattle, Amerika dan Jembatan Millenium, River Thames, London. Saat ini jembatan gantung yang terpanjang adalah Jembatan Akhasi-Kaikyo, di Jepang, dengan panjang total mencapai 4 km, dan panjang bentang 1990 meter.

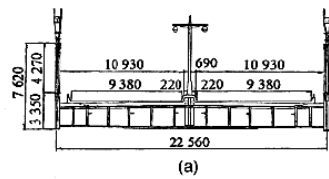
3. *Deck* jembatan

Sistem rantai (*deck*) merupakan struktur longitudinal yang menyokong dan mendistribusikan beban lalu lintas di atasnya, berperan sebagai penghubung sistem 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 rantai (*deck*) dapat menambah kekakuan dari konstruksi jembatan gantung.

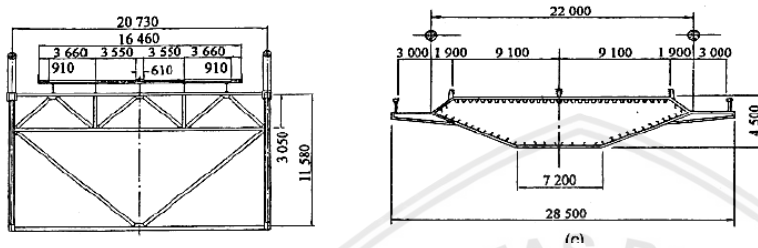
Material yang biasanya digunakan pada *deck* (sistem rantai) jembatan berupa beton bertulang dengan berat yang relative ringan, *deck orthotropic*, atau baja berongga yang sebagian diisi dengan beton (komposit baja – beton). Pada *deck* (sistem rantai) ini, pengaruh kembang - susut material baja atau 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 pengguna *expantion joint* sebaiknya diberikan setiap 30 – 40 m untuk mencegah kerusakan *deck* dan struktur utama. (Troitsky, 1994).

Sistem rantai (*deck*) dapat berupa *stiffening trus*, *I-girder*, dan *box girder* yang biasanya digunakan. *I girder* tidak menguntungkan untuk stabilitas aerodinamis.

Penggunaan *box girder* kini lebih banyak digunakan karena *truss* memerlukan fabrikasi yang besar dan perawatan yang sulit.



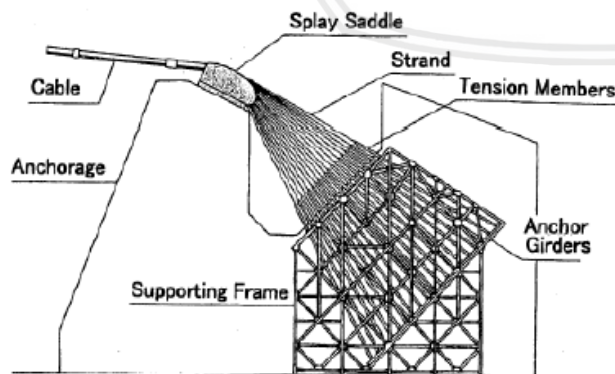
I-girder
(Bronx-Whitestone Bridge)



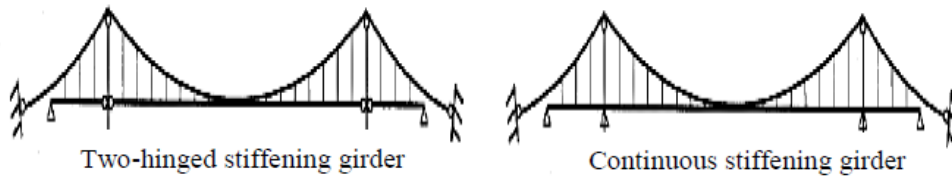
Gambar 2. 5 Penampang melintang *deck*
Sumber : Harazaki., dkk (2000)

4. Pengangkuran

Pengangkuran jembatan berupa balok beton yang sangat besar yang menjadi angkur kabel utama dan berperan sebagai penyokong akhir sebuah jembatan. Pengangkuran jembatan dapat berupa pengangkuran *gravity* dan *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.



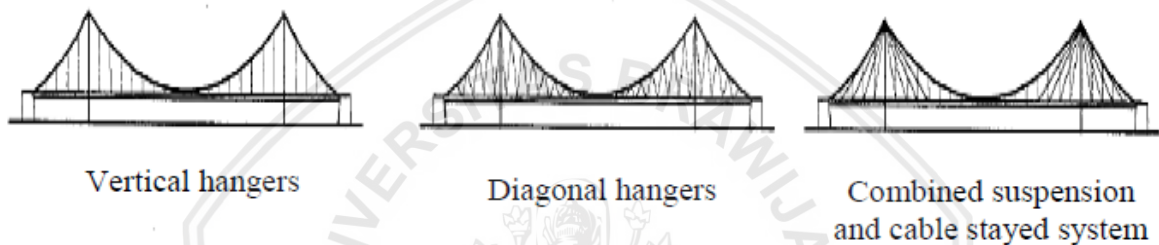
Gambar 2. 6 Pengangkuran *gravity* jembatan Akashi Kaikyo
Sumber : Harazaki, dkk (2000)



Gambar 2. 9 Klasifikasi berdasarkan kontinuitas *stiffening girder*
 Sumber : Harazaki,dkk (2000)

3. Tipe Kabel Penggantung

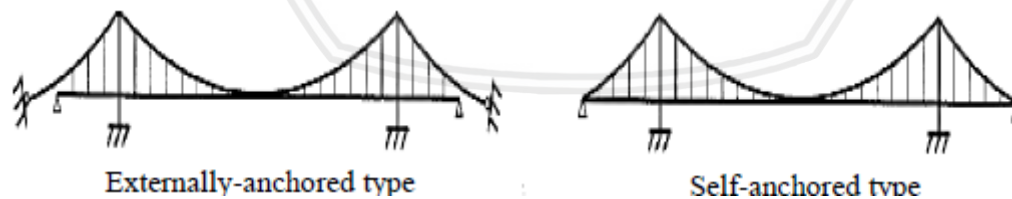
Kabel penggantung pada jembatan gantung bias berupa kabel vertikal atau diagonal. Umumnya, kebanyakan kabel penggantung pada jembatan gantung adalah kabel vertikal. Biasanya, kabel penggantung vertikal dan diagonal dikombinasikan untuk menambah kekauan.



Gambar 2. 10 Klasifikasi berdasarkan tipe kabel penggantung
 Sumber : Harazaki,dkk (2000)

4. Tipe Pengangkuran Kabel

Pengangkuran dilasifikasikan menjadi pengangkuran pada bagian luar dari jembatan, dan pengangkuran pada jembatannya sendiri. Pengangkuran pada jembatannya sendiri berarti kabel utama disatukan dengan *stiffening girder* sebagai sistem pengangkuran, sehingga tekanan axial diterima oleh *girder*.



Gambar 2. 11 Klasifikasi berdasarkan tipe pengangkuran kabel
 Sumber : Harazaki,dkk (2000)

2.2 Pembebanan Struktur Jembatan

Pembebanan untuk perencanaan suatu jembatan meliputi data – data beban primer, beban sekunder dan beban khusus. Selain itu juga persyaratan perencanaan untuk penyebaran beban, kombinasi pembebanan, syarat ruang bebas dan penggunaan beban hidup tidak penuh Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, maka pembebanan yang perlu dipertimbangkan adalah beban primer yang meliputi beban mati,

beban hidup, beban kejut, dan beban sekunder yang meliputi beban angin, gaya akibat perubahan suhu, gaya rem, dan traksi.

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

- Beban vertikal berupa beban mati (*dead load*) dari berat sendiri jembatan dan beban hidup (*live load*) dari pengguna jembatan. Beban vertikal rencana adalah kombinasi dari beban mati dan beban hidup terbesar yang diperkirakan dari pengguna jembatan.
- Beban samping yang disebabkan oleh tekanan angin (*wind load*), gempa (*earthquake*), pengguna yang bersandar atau membentur pagar keselamatan (*lateral load*), dan benturan ringan atau tumbukan (*impact load*) yang diakibatkan oleh batuan-batuan yang terbawa oleh sungai/arus.

Untuk beban hidup, ada dua aspek yang perlu dipertimbangkan yaitu :

- 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 ini akan terdistribusi pendek atau menerus sepanjang batang-batang longitudinal yang menahan lantai jembatan.

Beban hidup yang paling kritis yang dipikul karena pengguna jembatan pejalan kaki ditunjukkan pada tabel 2.1. Dipertimbangkan bahwa beban terpusat 2000 kgf (20 kN) untuk kendaraan ringan/ternak dan beban merata 5 kPa memberikan batas yang cukup untuk keselamatan untuk semua pengguna biasa dari jembatan pejalan kaki.

Tabel 2. 1 Beban yang Dipikul dan Lendutan Izin Jembatan Gantung Pejalan Kaki

Kelas pengguna	Lebar	Beban terpusat	Beban terdistribusi merata	Lendutan izin $\frac{1}{\Delta}$
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				

Sumber: SE Mentri PU (2010)

2.3 Desain Struktur Jembatan

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai perancangan struktur atas jembatan bumiayu tanpa menggunakan pilar. Berikut ini merupakan struktur jembatan gantung yang terdiri dari.

2.3.1 Lantai kendaraan

Lantai kendaraan jembatan merupakan pelat komposit yang terdiri dari pelat *compodeck*.

1. Desain pelat beton

Pelat beton direncanakan sebagai pelat lentur satu arah. Struktur pelat satu arah didefinisikan sebagai pelat yang didukung pada tepi yang berhadapan sedemikian rupa sehingga lentur timbul hanya dalam satu arah saja, yaitu pada arah tegak lurus terhadap arah dukungan tepi. Semua beban hidup diterima oleh pelat kemudian disalurkan ke gelagar. Beban bekerja pada pelat satu arah diperlakukan sebagaimana layaknya sebuah balok persegi dengan tingginya (t) setebal pelat (b) adalah satu satuan panjang. Apabila diberikan beban merata, pelat melendut membentuk kelengkungan satu arah, dan oleh karenanya timbul momen lentur pada arah tersebut.

Langkah – langkah untuk menganalisis tulangan pelat lentur satu arah (SNI 03-2847-2013):

- Menentukan nilai selimut beton, diameter tulangan, dan tinggi efektif balok (d).
- Menghitung pembebanan berdasarkan (SNI 1725:2016). Beban yang bekerja pada pelat beton berupa berat mati sendiri, beban mati tambahan, dan beban hidup lalu lintas berupa beban truk.

1) Menghitung ρ_b , ρ_{min} , dan ρ_{maks} :

$$\rho_b = \beta \cdot \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} > \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2-2)$$

$$\rho_{maks} = \frac{0,003 + f_y / E_s}{0,003 + \epsilon_t} \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan:

$$\beta = 0,85 \text{ (jika } f'c \leq 28 \text{ MPa)}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \cdot \left(\frac{f'c - 28}{7} \right) \text{ (jika } 28 \text{ MPa} \leq f'c \leq 56 \text{ MPa)}$$

$$\beta = 0,65 \text{ (jika } f'c > 56 \text{ Mpa)}$$

- 2) Menghitung momen nominal (M_n), (R_n) dan rasio penulangan beton :

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} \text{ dengan } \phi = 0,8 \dots \dots \dots (2-4)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} \dots \dots \dots (2-5)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \dots \dots \dots (2-6)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c}$$

- 3) Menghitung tulangan beton:

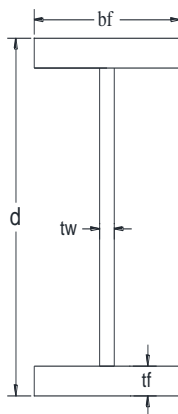
$$\text{Luas tulangan utama (A}_s) = \rho.b.d. \dots \dots \dots (2-7)$$

$$\text{Jarak tulangan utama (s)} = \frac{\frac{1}{4}.\pi.D^2.b}{A_s} \dots \dots \dots (2-8)$$

$$\text{Luas tulangan susut suhu (A}_{ss}) = 0,0018.b.h \dots \dots \dots (2-9)$$

2.3.2 Gelagar memanjang

Gelagar memanjang (*longitudinal girder*) berfungsi sebagai pemikul lantai jembatan dan diperhitungkan sebagai balok menerus yang menumpu diatas tumpuan-tumpuan berupa gelagar melintang.

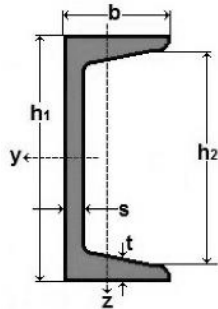


Gambar 2. 12 Profil WF untuk gelagar memanjang

2.3.3 Gelagar melintang

Gelagar melintang mempunyai batang sepanjang *box girder*. Sedangkan jarak antara gelagar melintang sama dengan jarak antar kabel. Gelagar melintang menahan semua gaya yang berada di atasnya yang berasal dari beban aspal, pelat beton, pelat *compodeck*, dan beban gelagar *ribs* kemudian menyalurkan ke struktur *box girder*. Untuk pembebanan pada gelagar melintang dihitung berdasarkan SNI 1725:2016. Beban yang bekerja terdiri dari

beban pelat, beban gelagar *ribs*, berat sendiri, beban mati tambahan, dan beban hidup lalu lintas berupa beban lajur.



Gambar 2. 13 Profil C untuk Gelagar melintang

Langkah – langkah mencari dimensi gelagar melintang :

1. Mencoba tinggi gelagar (d), tebal *flens* (t_f), lebar *flens* (b_f)
2. Menentukan tebal *web* gelagar melintang :

$$h = d - 2 t_f \dots \dots \dots (2-10)$$

$$\frac{h}{t_w} \geq \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \dots \dots \dots (2-11)$$

Keterangan :

h = tinggi *web* gelagar melintang

t_w = tebal *web* gelagar melintang

f_y = tegangan leleh profil baja

3. Menentukan berat sendiri gelagar melintang (Q) :

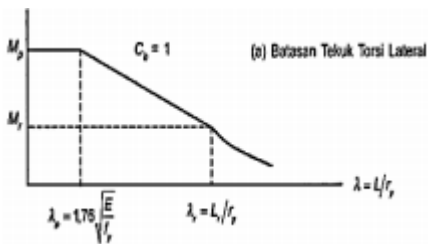
$$Q = (A_f + A_w) \gamma_{girder} \dots \dots \dots (2-12)$$

Keterangan :

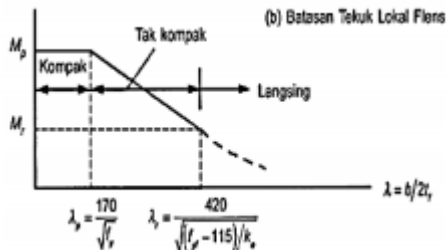
A_w = luas *web* gelagar melintang

$$\gamma_{girder} = 7,85 \text{ t/m}^3$$

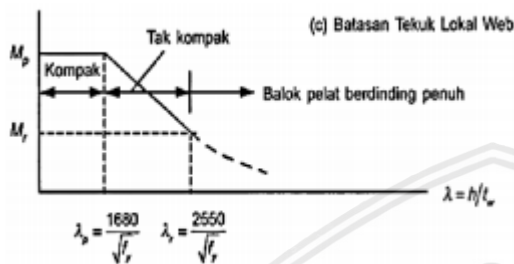
4. Menghitung ulang momen ultimit (M_u) dengan ditambah Q
5. Menentukan nilai M_n untuk komponen struktur lentur berdasarkan tiga macam kondisi batas, yaitu tekuk torsi lateral, tekuk lokal flens, dan tekuk lokal web. Nilai M_n yang terkecil dari ketiganya adalah nilai yang menentukan besarnya kuat momen nominal:



Gambar 2. 14 Batasan tekuk torsi lateral



Gambar 2. 15 Batasan tekuk lokal flens

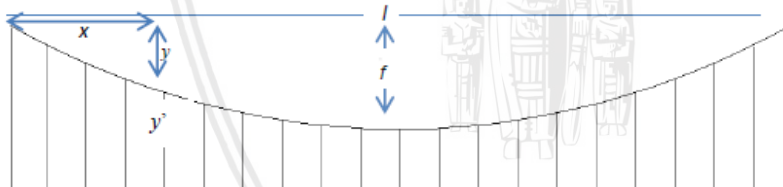


Gambar 2. 16 Batasan tekuk lokal web

2.3.4 Struktur kabel

Struktur kabel yang digunakan pada desain utana jembatan gantung ini terdiri dari kabel utama (*suspension cable*) dan kabel penggantung (*hanger*).

1. Kabel utama (*suspension cable*)



Gambar 2. 17 Struktur kabel pada bentang utama

Kabel utama jembatan gantung yang direncanakan berbentuk parabola dengan tipe *side span free*. Jembatan gantung dengan tipe ini tidak menggunakan kabel penggantung pada bentang luarnya (*backstays*). Langkah – langkah dalam merencanakan kabel utama (*main cable*) menurut Supriyadi dan Muntohar (2007):

- a. Rasio fokus kabel utama :

$$n = \frac{f}{l} \dots \dots \dots (2-13)$$

Keterangan :

n = rasio focus $(\frac{1}{8} - \frac{1}{12})$

f = kedalaman lengkungan/simpangan kabel (*sag*) di tengah



l = panjang bentang utama

2. Panjang kabel utama :

a. Panjang kabel utama di bentang utama

$$L = l \left(1 + \frac{8}{3} n^2 \right) \dots\dots\dots(2-14)$$

b. Panjang kabel utama di bentang samping

$$2L_1 = 2l_1 \sec \alpha \dots\dots\dots(2-15)$$

Keterangan :

L_1 = panjang bentang samping

α = sudut kemiringan kabel backstays terhadap lantai jembatan

3. Kabel penggantung (*hanger*)

Kabel penggantung (*hanger*) dalam desain jembatan gantung ini menggunakan tipe vertikal. Langkah-langkah dalam merencanakan kabel penggantung (*hanger*):

$$y = 4f \frac{x}{l^2} (l - x) \dots\dots\dots(2-16)$$

Menghitung panjang kabel penggantung :

$$y' = h_{pylon} - y$$

Keterangan :

y = jarak vertikal koordinat dari tumpuan

x = jarak horizontal koordinat dari tumpuan

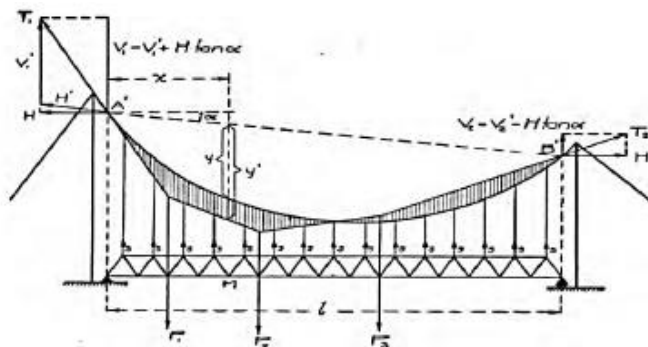
l = panjang bentang utama

f = sag pada tengah bentang

y' = panjang kabel penggantung

h_{pylon} = tinggi menara dari lantai jembatan

4. Gaya yang bekerja pada kabel



Gambar 2. 18 Gaya gaya yang bekerja pada dek jembatan

- a. Tegangan horizontal pada kabel :

$$H = M/y \dots\dots\dots(2-17)$$

Keterangan :

M = momen pada tiap titik kabel

y = sag pada tiap titik kabel

- b. Tegangan T pada kabel :

- 1) Pada kabel di bentang utama adalah :

$$T_1 = H \cdot \sec \alpha \dots\dots\dots(2-18)$$

Keterangan :

α = sudut antara T_1 terhadap H

- 2) Pada kabel di bentang samping adalah :

$$T_2 = H \cdot \sec \emptyset \dots\dots\dots(2-19)$$

Keterangan :

\emptyset = sudut antara T_2 terhadap H

- c. Menghitung kebutuhan kabel :

$$\sigma' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2-20)$$

Keterangan :

σ' = tegangan ijin Tarik maksimum kabel

A = diameter penampang kabel

- d. Lendutan ada *deck*

Lendutan pada *deck* dikurangi faktor N akibat kabel:

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3l}{Af^2} \cdot \frac{l'}{l} \cdot (1 + 8n^2) \dots\dots\dots(2-21)$$

Keterangan :

A = luas penampang kabel utama

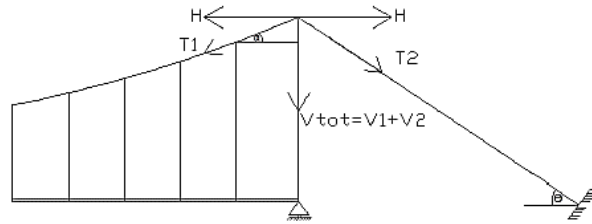
α = sudut kabel di menara antara horizontal dan kabel

Nilai dari lendutan yang terjadi pada dek jembatan gantung adalah :

$$d = \frac{5}{384} \left(1 - \frac{8}{5N}\right) \frac{Ql^4}{EI} \dots\dots\dots(2-22)$$

- e. Gaya yang berkerja pada *tower*

Gaya yang bekerja pada *tower* dapat dilihat pada gambar :



Gambar 2. 19 Gaya yang bekerja pada tower jembatan

Gaya – gaya tersebut disalurkan kabel pada tower. Pada bentang utama terjadi gaya T_1 dan pada bentang samping terjadi gaya T_2 . Jika diperhitungkan terhadap sudut kabel maka gaya horizontal pada bentang utama sama dengan bentang samping agar terjadi keseimbangan, sehingga tidak terjadi gaya horizontal dan hanya terjadi gaya aksial ke tekan vertikal ke bawah pada tower, yaitu :

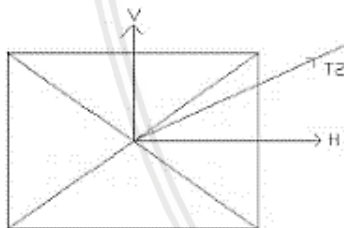
$$V = T_1 \cdot \sin \alpha + T_2 \cdot \sin \emptyset \dots\dots\dots(2-23)$$

Keterangan :

α = sudut antara T_1 terhadap H

\emptyset = sudut antara T_2 terhadap H

f. Gaya yang bekerja pada *angkur*



Gambar 2. 20 Gaya yang bekerja pada *angkur* jembatan

Angkur memikul beban vertikal dan beban horizontal yang berdasar dari tegangan T_2 pada kabel :

$$\text{Gaya Vertikal } V = T_2 \cdot \cos \emptyset \dots\dots\dots(2-24)$$

$$\text{Gaya Horizontal } H = T_2 \cdot \sin \emptyset \dots\dots\dots(2-25)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Langkah – langkah Perencanaan

Secara garis besar perencanaan bangunan atas jembatan gantung Oro-Oro Dowo Kecamatan Klojen, Kota Malang, Jawa Timur dengan menggunakan tipe sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Data – data tersebut antara lain:

- a. Bentang jembatan : 30 m
- b. Lebar jembatan : 3 m
- c. Tipe bangunan atas : Gantung

2. Pemilihan bentuk struktur jembatan gantung.

Berdasarkan uraian di muka dilakukan pemilihan bentuk struktur jembatan yang direncanakan adalah :

- a. Struktur jembatan dijadikan satu bentang dengan ukuran 30 m;
- b. Struktur jembatan tidak lagi menggunakan aspal;
- c. Stuktur jembatan menggunakan tipe *side span free*;
- d. Menara terbuat dari baja dengan perletakan jepit pada pilar-pilar jembatan.

3. Perencanaan sistem lantai kendaraan

Sistem lantai kendaraan terdiri dari lantai kendaraan , gelagar memanjang, gelagar melintang. Lantai kendaraan direncanakan dari beton bertulang sedangkan gelagar memanjang dan melintang dari baja profil.

4. Analisis struktur

Dari pemodelan struktur yang telah direesain dilakukan analisis struktur untuk menentukan momen, geser, tegangan aksial, dan lendutan yang terjadi pada dek dan struktur kabel jembatan gantung. Jika hasil analisis telah sesuai maka perancangan struktur kabel dinyatakan dapat memenuhi syarat pembebanan rencana dan penelitian selesai, namun jika tidak maka akan dilakukan modifikasi ulang.

5. Perencanaan ikatan angin

Dilakukan analisis struktur ikatan angin menggunakan software staadpro untuk menentukan reaksi akibat tekanan angin tekan dan hisap. Jika hasil analisis telah sesuai maka perancangan ikatan angin dinyatakan dapat memenuhi syarat pembebanan rencana dan penelitian selesai, namun jika tidak maka akan dilakukan modifikasi ulang.

6. Pemeriksaan kekuatan kabel

Dari analisis struktur akan diperoleh besarnya gaya – gaya yang bekerja. Kemudian kabel diperiksa kekuatannya terhadap gaya – gaya yang bekerja. Apabila kekuatannya tidak mencukupi, maka dicoba dengan memperbesar dimensi awal kabel dan di analisis ulang.

7. Perencanaan menara

Menara yang direncanakan pada skripsi ini berbentuk rangka sederhana. Perletakan menara terjepit pada abutment.

8. Perencanaan pertalian kabel

Pertalian yang direncanakan adalah antara kabel dengan gelagar (*hanger*) dan kabel dengan menara (kabel utama).

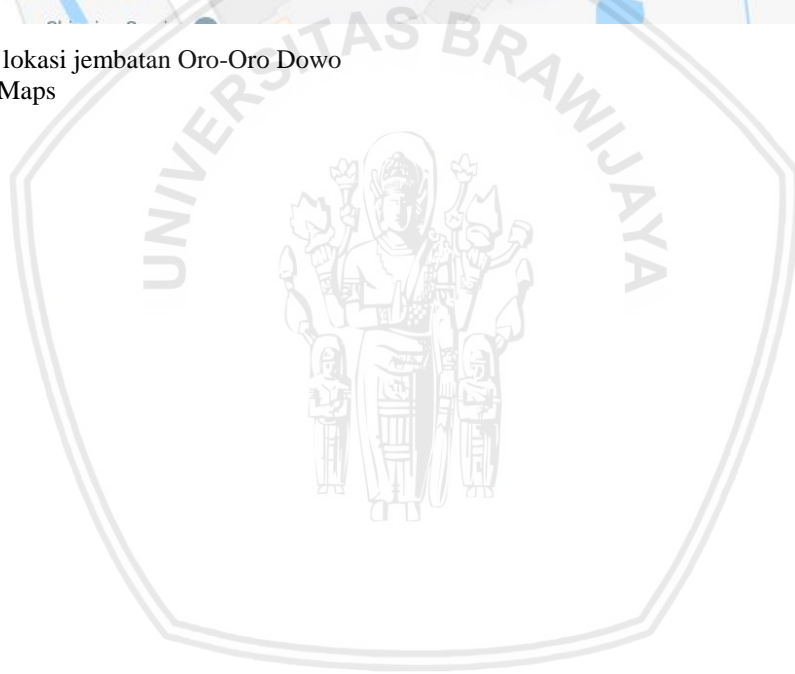
3.2 Lokasi Jembatan

Lokasi tersebut di Kecamatan Klojen terletak di pusat wilayah Kota Malang dengan luas wilayah 8,83 km² yang sebagian wilayahnya dilalui oleh sungai Brantas dan terletak pada koordinat geografis 7⁰57'52" LS dan 112⁰37'42" BT dengan batas administrasi :

- a. Sebelah Utara : Kecamatan Lowokwaru dan Blimbing
- b. Sebelah Timur : Kecamatan Kedungkandang
- c. Sebelah Selatan : Kecamatan Sukun
- d. Sebelah Barat : Kecamatan Sukun dan Lowokwaru

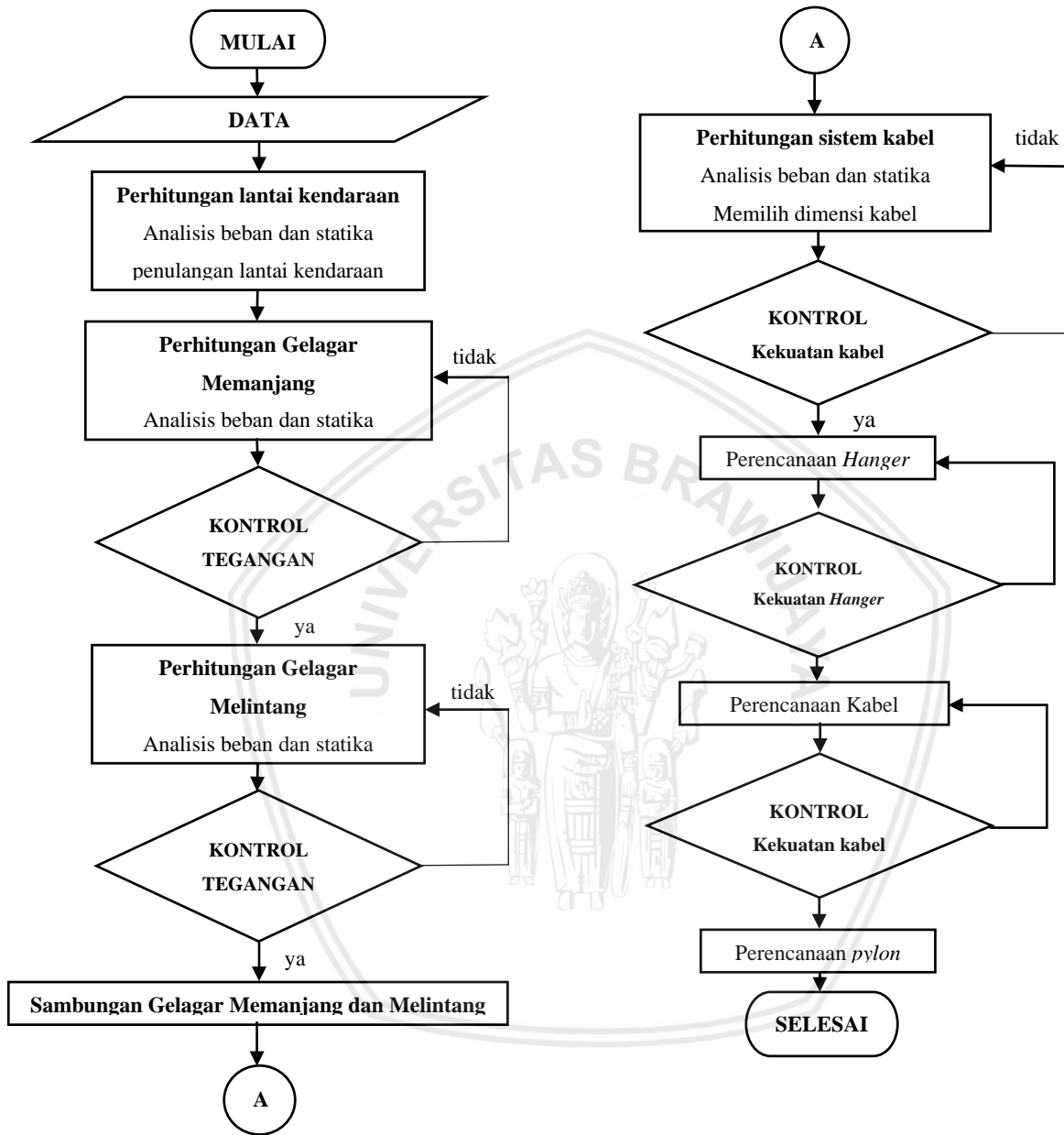


Gambar 3. 1 Peta lokasi jembatan Oro-Oro Dowo
Sumber : Google Maps



3.3 Diagram Alir Perencanaan

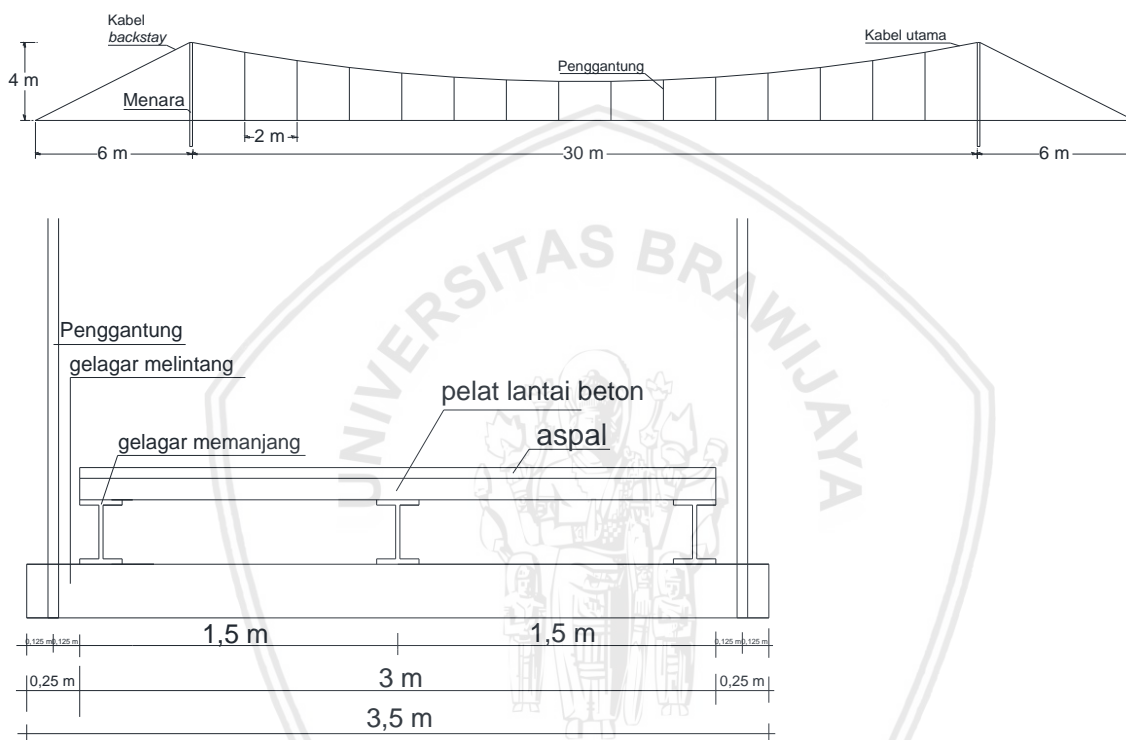
Dari langkah – langkah perencanaan diatas dapat disusun suatu diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Diagram alir perencanaan

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan



Gambar 4. 1 Layout jembatan gantung potongan memanjang dan melintang

4.1.1 Data yang diketahui

Tebal pelat lantai	= 15 cm = 0,15 m
Bentang jembatan	= 30 m
Lebar jembatan	= 3,5 m
Tebal aspal (taspal)	= 2 cm = 0,02 m
Jarak antar gelagar memanjang (L)	= 1,5 m
Tinggi jembatan	= 3 m
Tinggi air hujan	= 5 cm = 0,05 m
f_c	= 30 Mpa

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

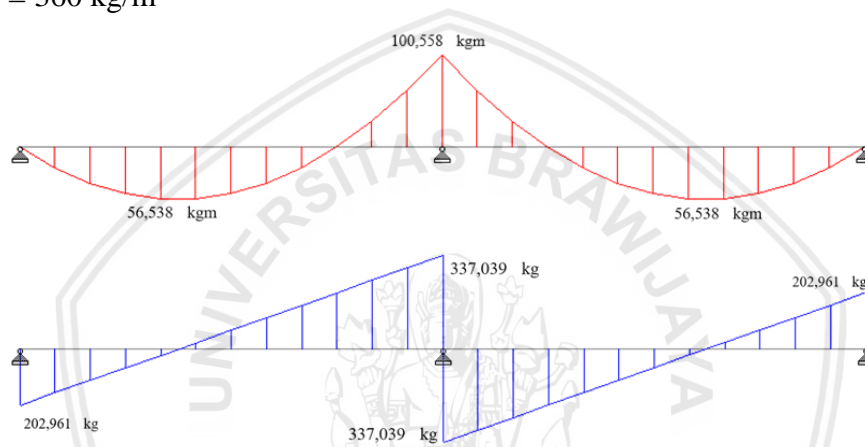
$$\gamma_{\text{aspal}} = 2200 \text{ kg/m}^3$$

4.1.2 Pembebanan

1. Beban sendiri (Ms)

Berat sendiri Pelat :

$$\begin{aligned} Q_{MS} &= b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= (1 \text{ m}) \times (0,15 \text{ m}) \times (2400 \text{ kg/m}^3) \\ &= 360 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4. 2 Reaksi bidang momen dan gaya lintang akibat beban sendiri

$$M_{MS} = 100,558 \text{ kgm}$$

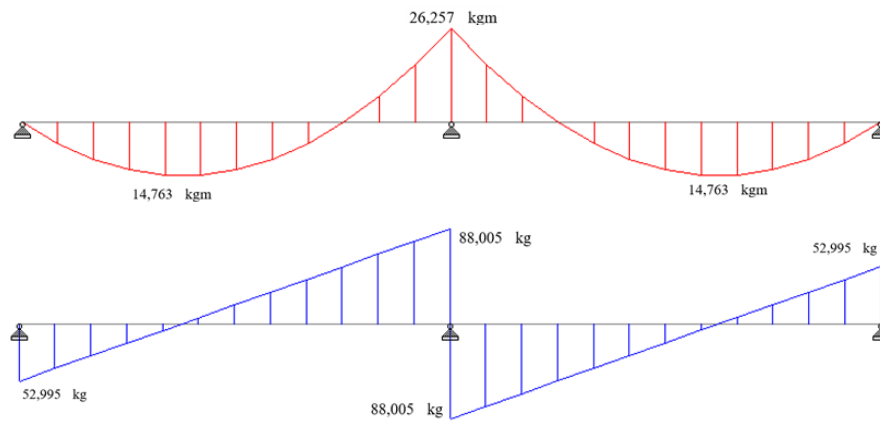
$$D_{MS} = 337,039 \text{ kgm}$$

2. Beban mati (Ma)

$$\begin{aligned} Q_{MA} &= b \times h \times \gamma_{\text{aspal}} \\ &= (1 \text{ m}) \times (0,02 \text{ m}) \times (2200 \text{ kg/m}^3) \\ &= 44 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{MA} &= b \times h \times \gamma_{\text{hujan}} \\ &= (1 \text{ m}) \times (0,05 \text{ m}) \times (1000 \text{ kg/m}^3) \\ &= 50 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{MA} \text{ (total)} &= Q_{MA} \text{ (aspal)} + Q_{MA} \text{ (hujan)} \\ &= 44 \text{ kg/m} + 50 \text{ kg/m} \\ &= 94 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4. 3 Reaksi bidang momen dan gaya lintang akibat beban mati

$$M_{MA} = 26,257 \text{ kgm}$$

$$D_{MA} = 88,005 \text{ kg}$$

3. Beban hidup

a. Beban hidup 'SM'

Beban hidup diperhitungkan terhadap kendaraan sepeda motor yaitu dengan motor Yamaha N-MAX dengan menyebar arah 45° sampai pada tengah tengah tebal pelat lantai beton.

Data sepeda motor Yamaha N-Max:

$$\text{Berat motor} = 127 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penumpang} = 180 \text{ kg}$$

$$\text{Full tank} = 6,6 \text{ liter}$$

$$\text{Oli mesin} = 1 \text{ liter}$$

$$\text{Masa jenis bensin} = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa jenis oli} = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ukuran ban belakang} = 130 / 70$$

$$1 \text{ liter} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$$

$$\frac{x}{0,001} = 900$$

$$\frac{x}{0,001} = 800$$

$$X_{\text{bensin}} = 0,9 \text{ kg}$$

$$X_{\text{oli}} = 0,8 \text{ kg}$$

$$\text{Berat motor} = 127 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penumpang} = 180 \text{ kg}$$

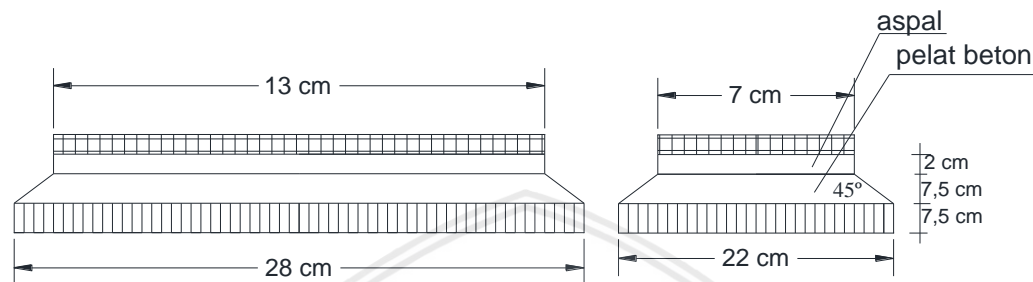
$$\text{Full tank} = 6,6 \cdot 0,9 \text{ kg} = 5,95 \text{ kg}$$

$$\text{Oli mesin} = 1 \cdot 0,8 \text{ kg} = \underline{0,8 \text{ kg}}$$

$$\text{Berat SM}_{\text{total}} = 313,74 \text{ kg}$$

Dalam menggunakan beban hidup 'SM' untuk perencanaan lantai kendaraan dengan memiliki lebar penyebaran roda arah melintang jembatan sebesar 13 cm dan lebar penyebaran roda arah memanjang sebesar 7 cm.

Beban hidup 'SM' ini harus dikombinasikan untuk menghasilkan momen maksimum pada lantai kendaraan. Untuk melihat susunan roda sepeda motor akibat beban hidup 'SM' dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

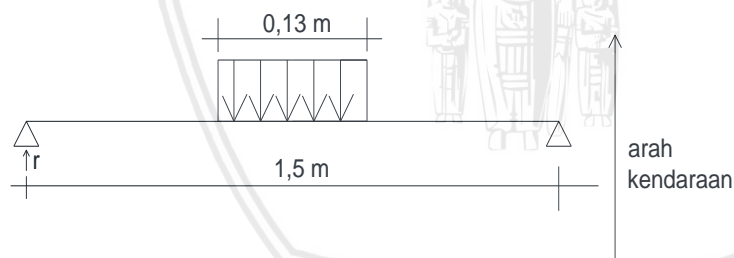


Gambar 4. 4 Penyebaran gaya roda 'SM' pada lantai jembatan

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak} &= 28 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \\ &= 616 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$SM = 313,74 \text{ kg}$$

$$Q_{SM} = \frac{SM}{A} = \frac{313,74 \text{ kg}}{616 \text{ cm}^2} = 0,5093182 \text{ kg/cm}^2 = 5093,182 \text{ kg/m}^2$$

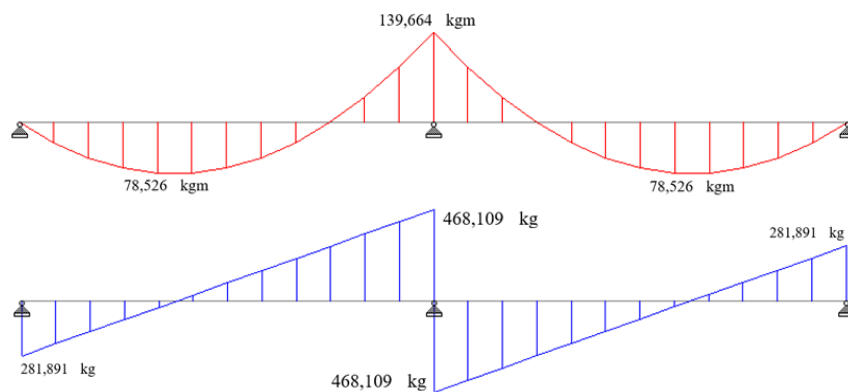


Gambar 4. 5 Pembebanan akibat beban 'SM' ditinjau dari kedudukan roda kendaraan

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{2} \times Q_{SM} \times \text{Luas bidang kontak roda} \\ &= \frac{1}{2} \times (5093,182 \text{ kg/m}^2) \times (0,0616 \text{ m}^2) \\ &= 156,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{SM} &= R \times \frac{1}{2} \times L - \frac{1}{2} \times (Q_{LT} \times 0,22) \times 0,065^2 \\ &= (156,87 \text{ kg}) \times \frac{1}{2} \times 1,5 \text{ m} - \frac{1}{2} \times ((5093,182 \text{ kg/m}^2) \times (0,22 \text{ m})) \times (0,065 \text{ m})^2 \\ &= 115,2854 \text{ kgm} \end{aligned}$$

4. Beban hidup manusia (Tp)



Gambar 4. 6 Reaksi bidang momen dan gaya lintang akibat beban manusia

$$Q_L = (1 \text{ m}) \times (500 \text{ kg/m}^2) \quad w = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$= 500 \text{ kg/m}$$

$$M_{TP} = 139,664 \text{ kgm}$$

$$D_{TP} = 468,109 \text{ kg}$$

4.1.3 Kombinasi pembebanan

$$M_u = 1,2.M_S + 2.M_{MA} + 1,8.M_{TP} \quad (\text{SNI1725:2016})$$

$$= (1,2 \times (100,558 \text{ kgm})) + (2 \times (26,257 \text{ kgm})) + (1,8 \times (139,664 \text{ kgm}))$$

$$= 424,5788 \text{ kgm}$$

$$D_u = 1,2.D_S + 2.D_{MA} + 1,8.D_{TP}$$

$$= (1,2 \times (337,039 \text{ kg})) + (2 \times (88,005 \text{ kg})) + (1,8 \times (468,109 \text{ kg}))$$

$$= 1423,053 \text{ kg}$$

4.1.4 Rencana penulangan

$$M_u = 424,5788 \text{ kgm}$$

$$f_c = 3 \text{ MPa} \quad (\text{SNI 03-2847-2013})$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

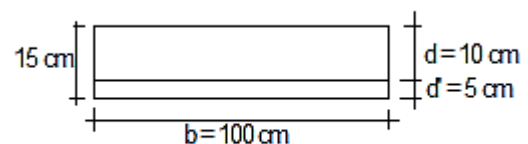
$$\beta = 0,85$$

$$\phi = 0,8$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{240}$$

$$= 0,005833$$



$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,85 \times \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \beta \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \times 30}{240} \times 0,85 \times \frac{600}{600+240} \\ &= 0,064508929\end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan $\phi = 0,8$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{Mu}{\phi b x d^2} \\ &= \frac{4,246 \times 10^6}{0,8 \times 100 \times 100^2} \\ &= 5,307235\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_y} \\ &= \frac{240}{0,85 \cdot 240} \\ &= 9,411764706\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,411764706} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,411764706 \cdot 5,307235}{240}} \right) \\ &= 0,002507150422\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,005833 \quad > \quad \rho = 0,002507150422 \quad < \quad \rho_{\max} = 0,064508929$$

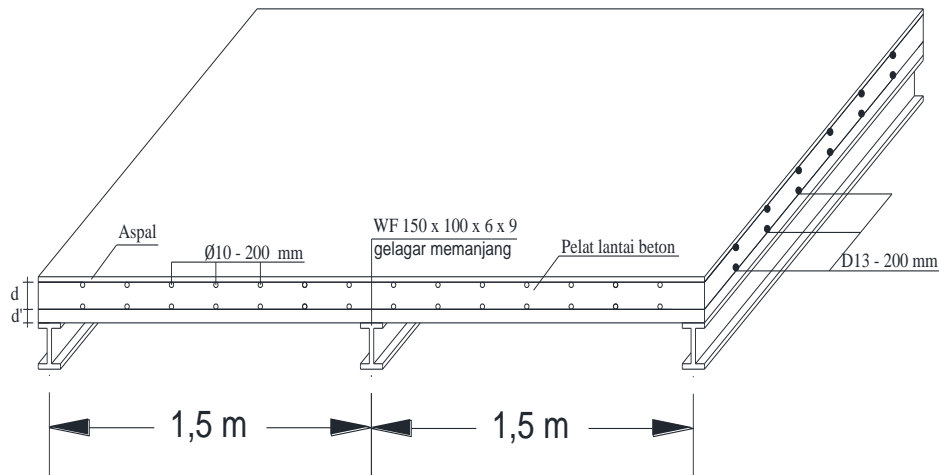
Jadi menggunakan $\rho_{\min} = 0,005833$

$$\begin{aligned}A_{st} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \times 1000 \times 100 \\ &= 583,333 \text{ mm}^2 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan ulir D13 - 200 mm = 6,340 cm²

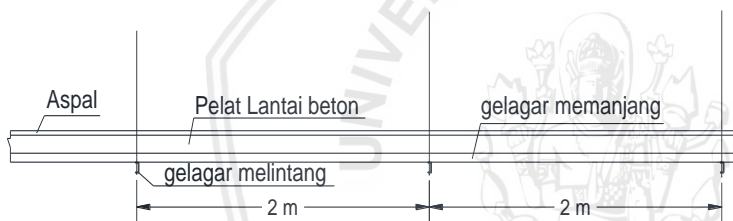
$$\begin{aligned}\text{Tulangan bagi} &= 50 \% \times A_{st} \\ &= 50 \% \times 583,333 \\ &= 291,667 \text{ mm}^2 = 2,91667 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan polos $\emptyset 10$ -200 mm = 3,93 cm²



Gambar 4. 7 Penulangan pelat lantai kendaraan

4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang



Gambar 4. 8 Potongan gelagar memanjang

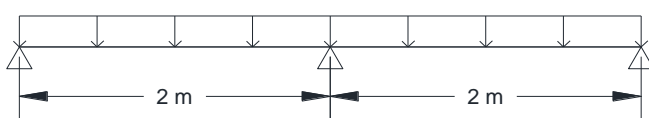
4.2.1 Data yang diketahui

Jarak antar gelagar memanjang	= 1,5 m
Jarak antar gelagar melintang	= 2 m
Tebal lapis perkerasan (t_{aspal})	= 0,02 m
Tebal pelat beton (t_{beton})	= 0,15 m
f_y	= 240 Mpa = 2400 kg/cm ²
f_u	= 370 Mpa = 3700 kg/cm ²

Profil gelagar memanjang rencana WF 150 x 75 x 5 x 7 (Sumber: PT Gunung Garuda)

Berat profil WF 150 x 75 x 5 x 7 = 14 kg/m

4.2.2 Pembebanan



Gambar 4. 9 Pembebanan gelagar memanjang

1. Analisis beban dan statika

Beban akibat beban sendiri pias 1 m.

a. Beban sendiri (M_s)

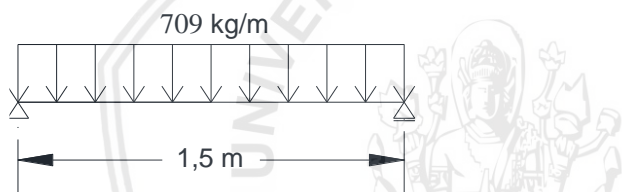
Berat sendiri Pelat lantai :

$$\begin{aligned} Q_{MS} &= b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \times (W_{\text{baja}} \times L) \\ &= (1,5 \text{ m}) \times (0,15 \text{ m}) \times (2500 \text{ kg/m}^3) \\ &= 681 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Berat sendiri profil :

$$\begin{aligned} Q_{MS} &= L \times w \\ &= (2 \text{ m}) \times (14 \text{ kg/m}^2) \\ &= 28 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{M\text{Stotal}} &= 681 \text{ kg/m} + 28 \text{ kg/m} \\ &= 709 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4. 10 Pembebanan akibat beban sendiri

$$\begin{aligned} M_{MS} &= \frac{1}{8} \times (709 \text{ kg/m}) \times (2 \text{ m})^2 \\ &= 354,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{MS} &= \frac{1}{2} \times (709 \text{ kg/m}) \times (2 \text{ m}) \\ &= 709 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Beban mati tambahan (M_a)

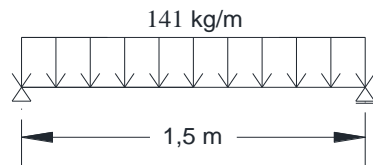
Berat perkerasan Aspal :

$$\begin{aligned} Q_{MA} &= b \times h \times \gamma_{\text{aspal}} \\ &= (1,5 \text{ m}) \times (0,02 \text{ m}) \times (2200 \text{ kg/m}^3) \\ &= 66 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Berat air hujan :

$$\begin{aligned} Q_{MA} &= b \times h \times \gamma_{\text{hujan}} \\ &= (1,5 \text{ m}) \times (0,05 \text{ m}) \times (1000 \text{ kg/m}^3) \\ &= 75 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{MA(\text{total})} &= Q_{MA(\text{aspal})} + Q_{MA(\text{hujan})} \\
 &= (66 \text{ kg/m}) + (75 \text{ kg/m}) \\
 &= 141 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



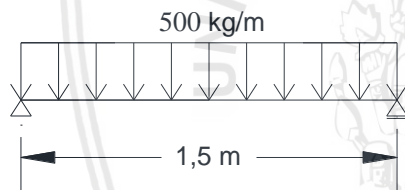
Gambar 4. 11 Pembebanan akibat beban tambahan

$$\begin{aligned}
 M_{MA} &= \frac{1}{8} \times (141 \text{ kg/m}) \times (2 \text{ m})^2 \\
 &= 70,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{MA} &= \frac{1}{2} \times (141 \text{ kg/m}) \times (2 \text{ m}) \\
 &= 141 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Beban hidup (M_D)

Beban akibat pejalan kaki = 500 kg/m



Gambar 4. 12 Pembebanan akibat beban tambahan

$$\begin{aligned}
 M_D &= \frac{1}{8} \times (500 \text{ kg/m}) \times (2 \text{ m})^2 \\
 &= 250 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

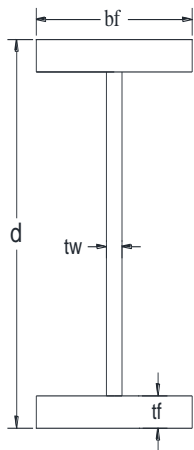
$$\begin{aligned}
 D_D &= \frac{1}{2} \times (500 \text{ kg/m}) \times (2 \text{ m}) \\
 &= 500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.3 Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1,1.M_{MS} + 2.M_{MA} + 1,8.M_D && (\text{SNI1725:2016}) \\
 &= (1,3 \times (354,5 \text{ kgm})) + (2 \times (70,5 \text{ kgm})) + (1,8 \times (250 \text{ kgm})) \\
 &= 980,95 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,1.D_{MS} + 2.D_{MA} + 1,8.D_D \\
 &= (1,3 \times (709 \text{ kg})) + (2 \times (141 \text{ kg})) + (1,8 \times (500 \text{ kg})) \\
 &= 1961,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

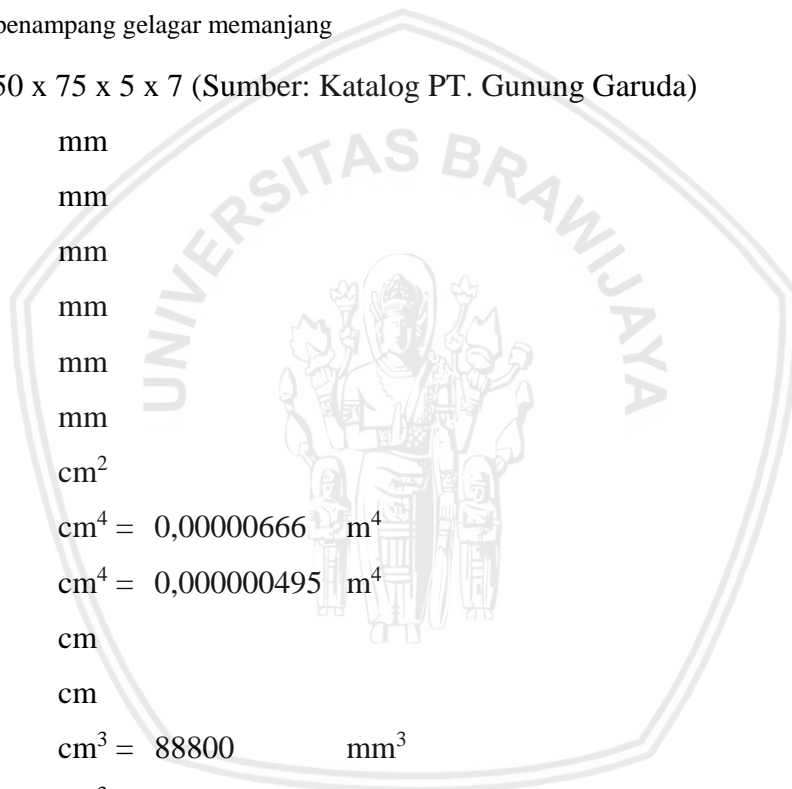
4.2.4 Kontrol terhadap penampang



Gambar 4. 13 Profil penampang gelagar memanjang

Data Profil WF 150 x 75 x 5 x 7 (Sumber: Katalog PT. Gunung Garuda)

h	$= 150$	mm	
hw	$= 120$	mm	
tw	$= 5$	mm	
$b = bf$	$= 75$	mm	
tf	$= 7$	mm	
r	$= 88$	mm	
A	$= 17,85$	cm^2	
I_x	$= 666$	$\text{cm}^4 = 0,00000666$	m^4
I_y	$= 495$	$\text{cm}^4 = 0,000000495$	m^4
r_x	$= 6,11$	cm	
r_y	$= 1,66$	cm	
S_x	$= 88,8$	$\text{cm}^3 = 88800$	mm^3
S_y	$= 13,2$	cm^3	
f_y	$= 240$	$\text{MPa} = 2400$	kg/cm^2
f'_u	$= 30$	MPa	
f_u	$= 370$	$\text{MPa} = 3700$	kg/cm^2
E	$= 200000$	$\text{Mpa} = 20000000000$	kg/m^2
w	$= 14$	kg/m	



1. Kontrol terhadap lendutan

$$\delta_{\max} < \delta_{\text{ijin}}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &= \frac{(5((Q_{ms}+Q_{ma})+Q_d) \times L^4)}{\frac{(384 \cdot E \cdot I_x)+(Q_d \cdot L^3)}{(48 \cdot E \cdot I_x)}} & \delta_{\text{ijin}} &= \frac{2}{100} \\ &= \frac{(5(709+141+500) \cdot 2^4)}{\frac{(384 \cdot 20000000000 \cdot 0,00000666)+(500 \cdot 2^3)}{(48 \cdot 20000000000 \cdot 0,00000666)}} & &= 0,002 \text{ m} \\ &= 0,004103685 \text{ m} & &= 20 \text{ mm} \\ &= 4,1 \text{ mm} & & \end{aligned}$$

2. Kontrol terhadap lentur

$$\begin{aligned} M_n &= \left(\frac{f_y \cdot S_x}{10000} \right) & \phi M_n &\geq M_u \\ &= \frac{2400 \cdot 88800}{100000} & 0,9 \times M_n &\geq M_u \\ &= 2131,2 \text{ kgm} & 0,9 \times 2131,2 &\geq M_u \\ & & 1918,08 \text{ kgm} &> 980,95 \text{ kgm} \end{aligned}$$

3. Kontrol terhadap geser

$$\begin{aligned} \frac{hw}{tw} &\geq \frac{250}{\sqrt{f_y}} & V_n &= \frac{0,6 \cdot f_y \cdot hw \cdot tw}{10} \\ \frac{110}{6} &\geq \frac{250}{\sqrt{240}} & &= \frac{0,6 \cdot 240 \cdot 120 \cdot 5}{10} \\ 24 &> 16,137 & &= 8640 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 8640 &\geq V_u \\ 7776 \text{ kg} &> 1961,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.3 Perencanaan Gelagar Melintang**4.3.1 Data yang diketahui**

Jarak antar gelagar melintang	= 2 m
Bentang gelagar melintang	= 3,5 m
Tebal lapis perkerasan (t_{aspal})	= 0,02 m
Tebal lantai	= 0,15 m
Jarak antar gelagar memanjang	= 1,5 m
Mutu baja	= BJ 37

$$f_y = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 370 \text{ Mpa} = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Profil gelagar melintang rencana profil C 300 x 90 x 10 x 15,5

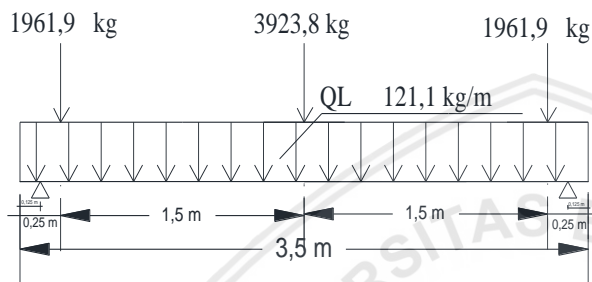
$$\text{Berat profil C 300 x 90 x 10 x 15,5} = 34,6 \text{ kg/m}$$

4.3.2 Pembebanan

1. Analisis beban dan statika

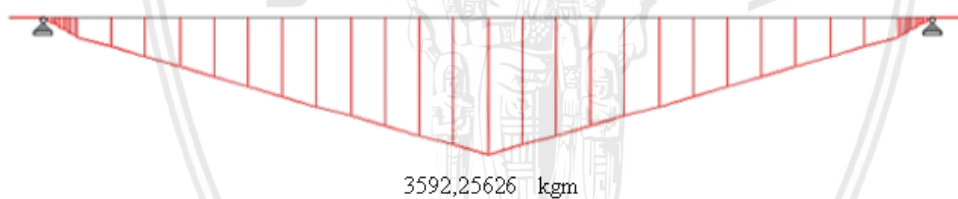
$$\text{Berat sendiri gel. Memanjang dan rantai kendaraan} = 1961,9 \times 2 = 3923,8 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri gelagar melintang} = 34,6 \times 3,5 = 121,1 \text{ kg/m}$$

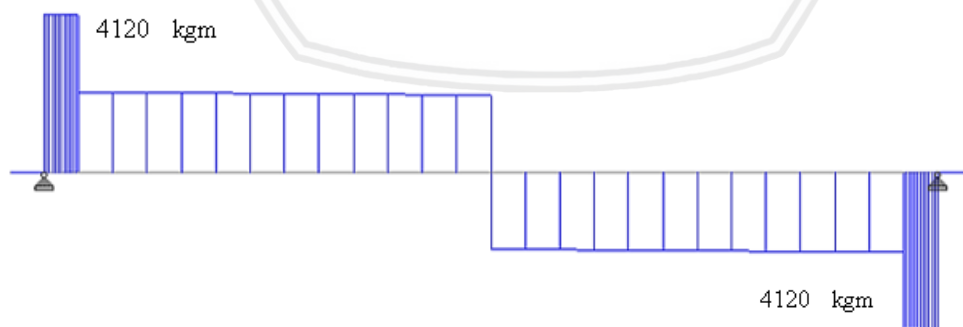


Gambar 4. 14 Pembebanan beban mati gelagar melintang

Reaksi perhitungan dengan menggunakan *StadPro* 2004 :



Gambar 4. 15 Bidang momen dari pembebanan gelagar melintang



Gambar 4. 16 Bidang lintang dari pembebanan gelagar melintang

$$M_{\max} = 3592, 25626 \text{ kgm}$$

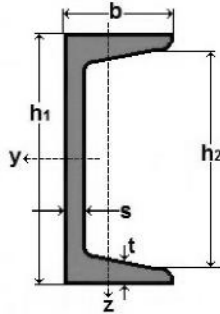
$$D_{\max} = 4120 \text{ kg}$$

4.3.3 Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,1 \times 3592,25626 = 3951,482 \text{ kgm} \quad (\text{SNI 1725:2016})$$

$$V_u = 1,1 \times 4120 = 4532 \text{ kg}$$

4.3.4 Kontrol terhadap penampang



Gambar 4. 17 Profil penampang gelagar melintang

Data Profil C 300 x 90 x 10 x 15,5 (Sumber: Katalog PT Gunung Garuda)

h	$= 250$	mm	
h_w	$= 223,514$	mm	
t_1	$= 9$	mm	
$b = b_f$	$= 90$	mm	
t_2	$= 13$	mm	
r	$= 0,243$	mm	
A	$= 44,07$	cm^2	
I_x	$= 4180$	$\text{cm}^4 = 0,0000418$	m^4
I_y	$= 306$	$\text{cm}^4 = 0,00000306$	m^4
r_x	$= 9,74$	cm	
r_y	$= 2,64$	cm	
S_x	$= 335$	$\text{cm}^3 = 3350000$	mm^3
S_y	$= 46,5$	cm^3	
f_y	$= 240$	$\text{MPa} = 2400$	kg/cm^2
f_u	$= 370$	$\text{MPa} = 3700$	kg/cm^2
E	$= 200000$	$\text{Mpa} = 20000000000$	kg/m^2
w	$= 34,6$	kg/m	

1. Kontrol terhadap lendutan

$$\delta_{\max} \leq \delta_{\text{ijin}}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &= \frac{5}{384} \cdot \frac{qL.L^4}{E.Ix} + \frac{1}{48} \cdot \frac{Pl.L^3}{E.Ix} \\ &= \frac{5}{384} \cdot \frac{121,1.1.5^4}{20000000000.0.000074} + \frac{1}{48} \cdot \frac{.3923,8.1,5^3}{20000000000.0,0000418} \\ &= 0,015850248 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ijin}} &= \frac{3,5}{100} \\ &= 0,035 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Kontrol terhadap lentur

$$\begin{aligned} M_n &= \left(\frac{f_y \cdot Z_x}{10000} \right) & \phi M_n &\geq M_u \\ &= \frac{240.335000}{10000} & 0,9 \times M_n &\geq M_u \\ &= 8040 \text{ kgm} & 0,9 \times 8040 &\geq M_u \\ & & 7236 \text{ kgm} &> 3951,482 \text{ kgm} \end{aligned}$$

3. Kontrol terhadap geser

$$\begin{aligned} \frac{hw}{tw} &\geq \frac{250}{\sqrt{f_y}} & V_n &= \frac{0,6 \cdot f_y \cdot hw \cdot tw}{10} \\ \frac{223,514}{9} &\geq \frac{250}{\sqrt{240}} & &= \frac{0,6 \cdot 240 \cdot 223,514 \cdot 9}{10} \\ 24,83488889 &> 16,13743061 & &= 28967,41 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \cdot 28967,41 &\geq V_u \\ 26070,76 \text{ kg} &> 4532 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.4 Perencanaan Ikatan Angin**4.4.1 Data yang diketahui**

Bentang Jembatan	= 30 m
Jarak Antar gelagar melintang	= 2 m
Lebar jembatan	= 3 m
Tebal pelat beton	= 15 cm
Tinggi	= 3,5 m
Tinggi penampang gelagar melintang	= 0,125 m

Mutu baja struktu	= BJ-37
f_y	= 240 Mpa
f_u	= 370 Mpa

4.4.2 Pembebanan

Faktor beban angin ultimate (K_{ew})	= 1,2
T_{ew}	= $0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$
Koefiseien seret (C_w)	= 1,2
Kec.Angin rencana (V_w)	= 25 m/det
Luas bidang samping (A_b)	= 90 m^2

1. Beban angin pada sisi jembatan langsung terkena angin (tekan)

$$T_{ew1} = 0,0006 \times 1,2 \times 25^2 \times (30\% \times 90)$$

$$= 12,15 \text{ kN} = 1215 \text{ kg}$$

2. Beban angin pada sisi kendaraan

$$T_{ew2} = 0,0012 \times 1,2 \times 25^2 \times (30\% \times 90)$$

$$= 24,3 \text{ kN} = 2430 \text{ kg}$$

3. Beban angin pada sisi jembatan tidak langsung terkena angin (hisap)

$$T_{ew3} = 0,0012 \times 1,2 \times 25^2 \times (15\% \times 90)$$

$$= 6,075 \text{ kN} = 607,5 \text{ kg}$$

4. Ikatan angin bawah, distribusi beban angin tekan

$$V_1 = \frac{T_{ew1} \times (\frac{3}{2}) + T_{ew2} \times (3 - (1 + 0,15 + (\frac{0,3}{2})))}{3} \quad P_1 = \frac{19845,5}{\frac{30}{2}}$$

$$= \frac{1215 \times (\frac{3}{2}) + 2430 \times (3 - (1 + 0,15 + (\frac{0,3}{2})))}{3} = 132,3 \text{ kg}$$

$$= 19845,5 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2}P_1 = 66,15 \text{ kg}$$

Distribusi beban angin hisap

$$V_2 = \frac{T_{ew3}}{2} \quad P_2 = \frac{303,75}{\frac{30}{2}}$$

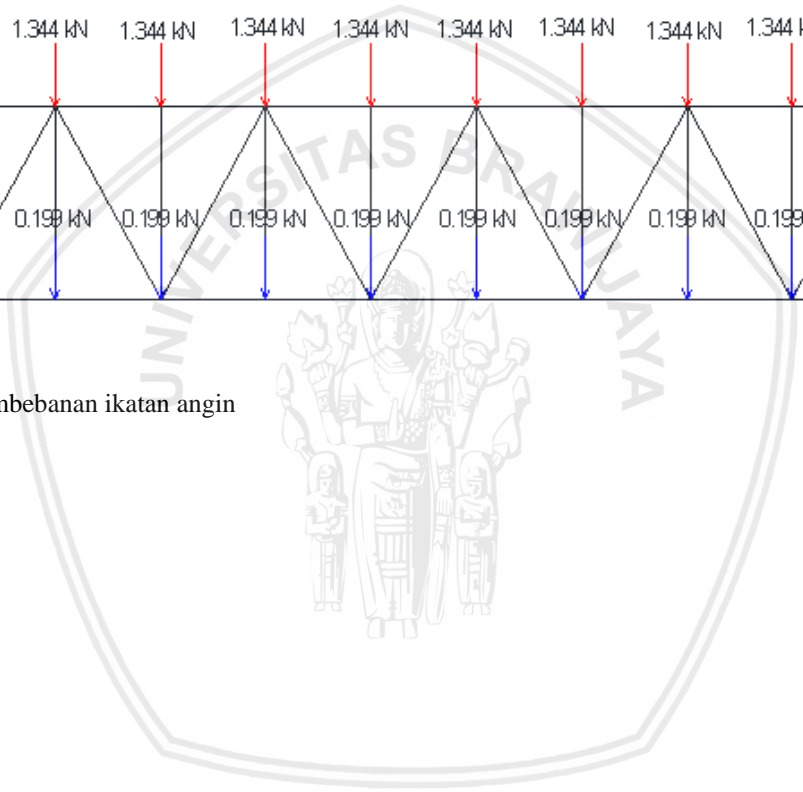
$$= \frac{607,5}{2} = 20,25 \text{ kg}$$

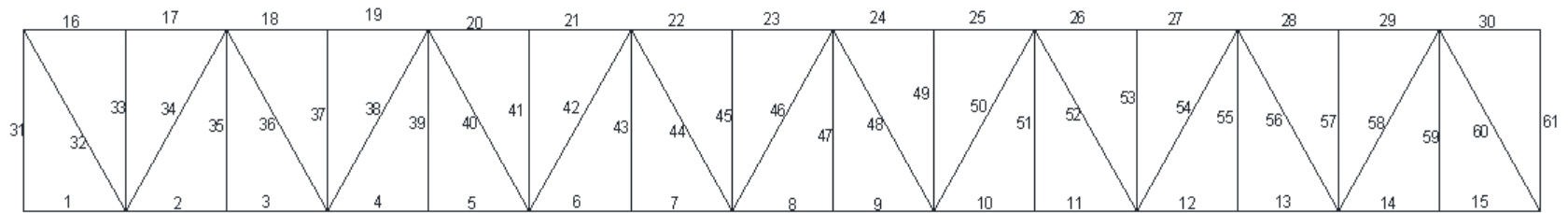
$$= 303,75 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2}P_2 = 10,125 \text{ kg}$$

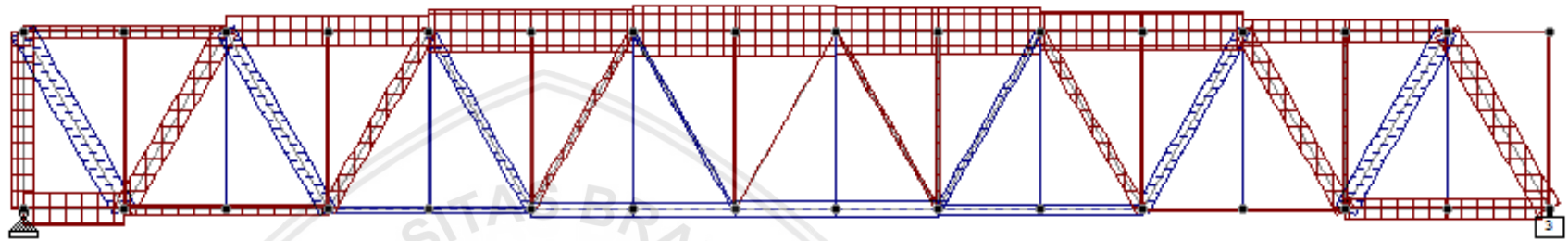


Gambar 4. 18 Pembebanan ikatan angin

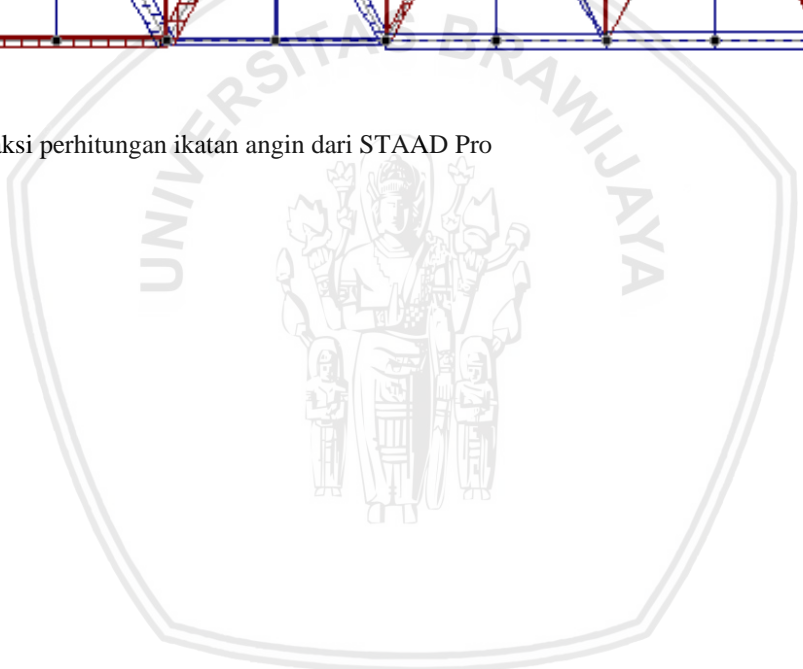




Gambar 4. 19 Penomeran batang untuk reaksi ikatan angin



Gambar 4. 20 Reaksi perhitungan ikatan angin dari STAAD Pro



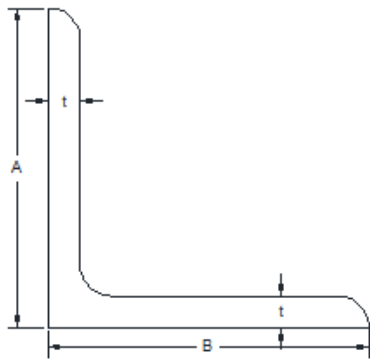
Tabel 4. 1 Reaksi pada Ikatan Angin dari Perhitungan Stadpro 2004

No Batang	Panjang (m)	Reaksi (kg)	No Batang	Panjang (m)	Reaksi (kg)
1	2	1620	31	3,5	1120
2	2	494,882	32	4,031	-1210
3	2	492,443	33	3,5	125,504
4	2	-289,459	34	4,031	1050
5	2	-291,078	35	3,5	-24,318
6	2	-725,492	36	4,031	-865,935
7	2	-726,187	37	3,5	125,193
8	2	-813,071	38	4,031	703,784
9	2	-812,839	39	3,5	-23,162
10	2	-552,188	40	4,031	-517,254
11	2	-551,028	41	3,5	125,242
12	2	57,167	42	4,031	354,881
13	2	59.263	43	3,5	-23,124
14	2	1020	44	4,031	-168,406
15	2	1020	45	3,5	125,244
16	2	605,661	46	4,031	6,022
17	2	609,115	47	3,5	-23,123
18	2	1570	48	4,031	180,451
19	2	1570	49	3,5	125,245
20	2	2180	50	4,031	-342,836
21	2	2180	51	3,5	-23,121
22	2	2440	52	4,031	529,303
23	2	2440	53	3,5	125,26
24	2	2350	54	4,031	-691,718
25	2	2350	55	3,5	-23,066
26	2	1920	56	4,031	878,014
27	2	1910	57	3,5	125,762
28	2	1130	58	4,031	-1040
29	2	1130	59	3,5	-21,684
30	2	2074	60	4,031	1220
			61	3,5	69,476

Batang tekan maksimal nomer 23 = 2440 kg

Batang tarik maksimal nomer 32 = 1210 kg

4.4.3 Kontrol terhadap penampang



Gambar 4. 21 Profil ikatan angin Profil Siku 90 x 90 x 10
Sumber: PT Gunung Garuda

Data profil Siku 90 x 90 x 10 :

$$w = 13,3 \text{ kg/m}$$

$$A = 90 \text{ mm}$$

$$hw = 64,84 \text{ mm}$$

$$t_1=t_2 = 10 \text{ mm}$$

$$B = 90 \text{ mm}$$

$$r = 2,58 \text{ mm}$$

$$A = 17 \text{ cm}^2 = 1700 \text{ mm}^2$$

$$I_x=I_y = 125 \text{ cm}^4 = 1250000 \text{ mm}^4$$

$$\max I_x = 199 \text{ cm}^4 = 1990000 \text{ mm}^4$$

$$\min I_y = 51,6 \text{ cm}^4 = 516000 \text{ mm}^4$$

$$r_x=r_y = 2,71 \text{ cm} = 27,1 \text{ mm}$$

$$\max r_i = 3,42 \text{ cm} = 34,2 \text{ mm}$$

$$\min r_y = 1,74 \text{ cm} = 17,4 \text{ mm}$$

$$S_x=S_y = 19,5 \text{ cm}^3 = 19500 \text{ mm}^3$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 370 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

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

$$G = 80000 \text{ Mpa}$$

1. Kontrol batang Tarik

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

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

$$L = 4031 \text{ mm}$$

Gaya batang tarik maksimal = 1210 kg

Cek kelangsingan $k = 1$

$$\lambda \leq 240$$

$$L.k/ry \leq 240$$

$$4031.1/17,4 \leq 240$$

$$231,7 < 240$$

2. Kondisi leleh

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$1210 \leq \phi \cdot A_g \cdot f_y$$

$$1210 \leq 0,9 \cdot 1700 \cdot 240$$

$$1210 \text{ kg} < 36720 \text{ kg}$$

3. Kondisi fraktur

Asumsi jumlah baut pada batang tarik 2 buah diameter baut 19 mm

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \cdot (2+d)) \\ &= 1055 - (2 \cdot (2+19)) \\ &= 1013 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$N_{tu} \leq \phi \cdot N_{tn}$$

$$1210 \leq \phi \cdot A_n \cdot U \cdot f_u$$

$$1210 \leq 0,75 \cdot 1658 \cdot 0,9 \cdot 370$$

$$1210 \text{ kg} < 41408,55 \text{ kg}$$

4. Kontrol batang tekan

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

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

$$L = 2000 \text{ mm}$$

$$k = 1 \text{ (sendi-sendu)}$$

Gaya batang maks = 2440 kg

Tekuk lokal sayap

$$\lambda = \frac{B}{2 \cdot t_2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{90}{2.10} \\
 &= 4,5 \\
 \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{fy}} \\
 &= \frac{170}{\sqrt{240}} \\
 &= 10,973 \\
 \lambda_r &= \frac{370}{\sqrt{fy-fr}} \\
 &= \frac{370}{\sqrt{240-70}} \\
 &= 28,378
 \end{aligned}$$

Kontrol

$\lambda \leq \lambda_p \leq \lambda_r$ Penampang Kompak

Tekuk lokal badan

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{A}{t_2} \\
 &= \frac{90}{10} = 9 \\
 \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{fy}} \\
 &= \frac{1680}{\sqrt{240}} \\
 &= 108,444 \\
 \lambda_r &= \frac{2550}{\sqrt{fy}} \\
 &= \frac{2550}{\sqrt{240}} \\
 &= 164,602
 \end{aligned}$$

Kontrol

$\Lambda \leq \lambda_p \leq \lambda_r$ Penampang Kompak

Arah sumbu x dan y :

$$\begin{aligned}
 \lambda_c &= \frac{L.K}{rx.3,14} \sqrt{\frac{fy}{E}} \\
 &= \frac{4030.1}{17,4.3,14} \sqrt{\frac{240}{200000}} \\
 &= 1,2618 < 1,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_n &= (0,66^{\lambda c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \\
 &= (0,66^{1,268^2}) \cdot 1055,240 \\
 &= 682929,4113 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u &\leq \phi \cdot N_n \\
 1210 &\leq 0,9 \cdot 682929,4113 \\
 1210 \text{ kg} &< 614636,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa profil Siku 90x90x10 dapat menahan tekuk. Jadi bisa digunakan untuk ikatan angin jembatan.

4.5 Sambungan

Sambungan las sudut

Persyaratan ukuran las :

Maksimum = tebal pelat – 1,6 = 12 – 1,6 = 10,4 mm

Minimum = 5 mm (Buku LRFD, Tabel 7.1)

• Maka digunakan las ukuran 10 mm

$$t_e = 0,707 \cdot a = 0,707 \times 10 = 7,07 \text{ mm}$$

• Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot R_{nw} &= \phi \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{Mutu las } f_{uw} = 490 \text{ MPa} \\
 &= 0,75 \times 7,07 \times 0,60 \times 490 \\
 &= 1.558,935 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

• Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot R_{nw} &= \phi \cdot t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\
 &= 0,75 \times 12 \times 0,6 \times 550 \\
 &= 2.970 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

• Beban tarik terfaktor, T_u

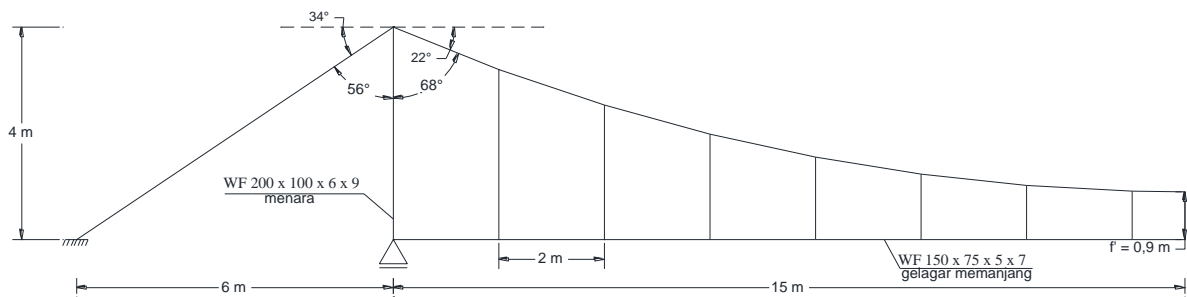
$$T_u = 106.544,99 \text{ kg}$$

(Frame 737) – (Kombinasi DL+UDLS+KELS+EQy)

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{T_u}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{107.145,07 \times 10}{2 \times 1.588,935} = 341,724 \text{ mm}$$

4.6 Perencanaan Kabel Utama



Gambar 4. 22 Struktur kabel setengah bentang potongan melintang

4.6.1 Data yang diketahui

Bentang jembatan	= 30 m
Tinggi	= 4 m
Tebal pelat beton	= 0,15 m
Profil gelagar memanjang	= WF 150 x 75 x 5 x 7
Profil gelagar melintang	= C 300 x 90 x 10 x 15,5
Mutu baja struktur	= BJ-37
f_y	= 240 Mpa
f_u	= 370 Mpa

Lengkung kabel utama direncanakan.

$$\frac{f}{L} = \frac{1}{10} \text{ (Steinman)}$$

$$f = \frac{1}{10} \times L$$

$$= \frac{1}{10} \times 30 = 3 \text{ m direncanakan } 3,1 \text{ m}$$

$f' = 0,9 \text{ m}$ (standar sandaran tangan)

$$\cos \alpha (22^\circ) = 0,927183855$$

$$\cos \beta (34^\circ) = 0,8290375726$$

4.6.2 Pembebanan

Gelagar memanjang	= 28 kg/m.(3 buah)	= 84 kg/m
Pelat beton	= 1,5 m.0,15m.2400 kg/m ³	= 540 kg/m
Gelagar melintang	= 34,6 kg/m. (7 buah)	= 242,2 kg/m
hanger (asumsi)		= 2,98 kg/m
Kabel($\phi 25$)		= <u>3,023 kg/m +</u>
Total		= 872,203 kg/m

$$H = \frac{Pl^2}{8f}$$

$$= \frac{872,203.30^2}{8.3,1}$$

$$= 31652,528 \text{ kg}$$

$$T = \frac{H}{\cos \alpha (23^\circ)}$$

$$= \frac{31652,528}{0,927183855}$$

$$= 34138,3512 \text{ kg}$$

$$T1 = \frac{T}{2}$$

$$= \frac{34138,3512}{2}$$

$$= 17069,17569 \text{ kg}$$

Kapasitas beban di 25 mm = 37000 kg

$$\text{Faktor aman (n)} = \frac{37000}{17069,17569} = 2,16765$$

Backstay di 25 mm

$$T = \frac{H}{\cos \beta (27^\circ)}$$

$$= \frac{31652,528}{0,8290375726}$$

$$= 38179,84766 \text{ kg}$$

$$T1 = \frac{38179,84766}{2}$$

$$= 19089,92383 \text{ kg}$$

$$\text{Faktor aman (n)} = \frac{86200}{19089,92383} = 1,938195$$

4.7 Perencanaan Hanger

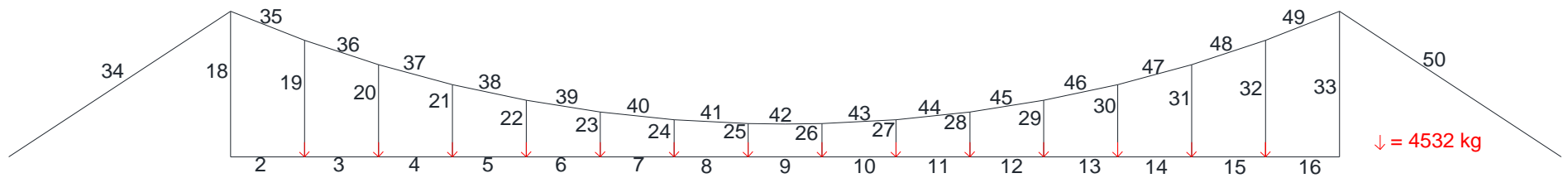
4.7.1 Data yang diketahui

Bentang Jembatan	= 30 m
Tinggi	= 4 m
f'	= 0,9 m
Kabel utama	= ϕ 25 mm
Mutu baja struktur	= BJ-37
f_y	= 240 Mpa
f_u	= 370 Mpa

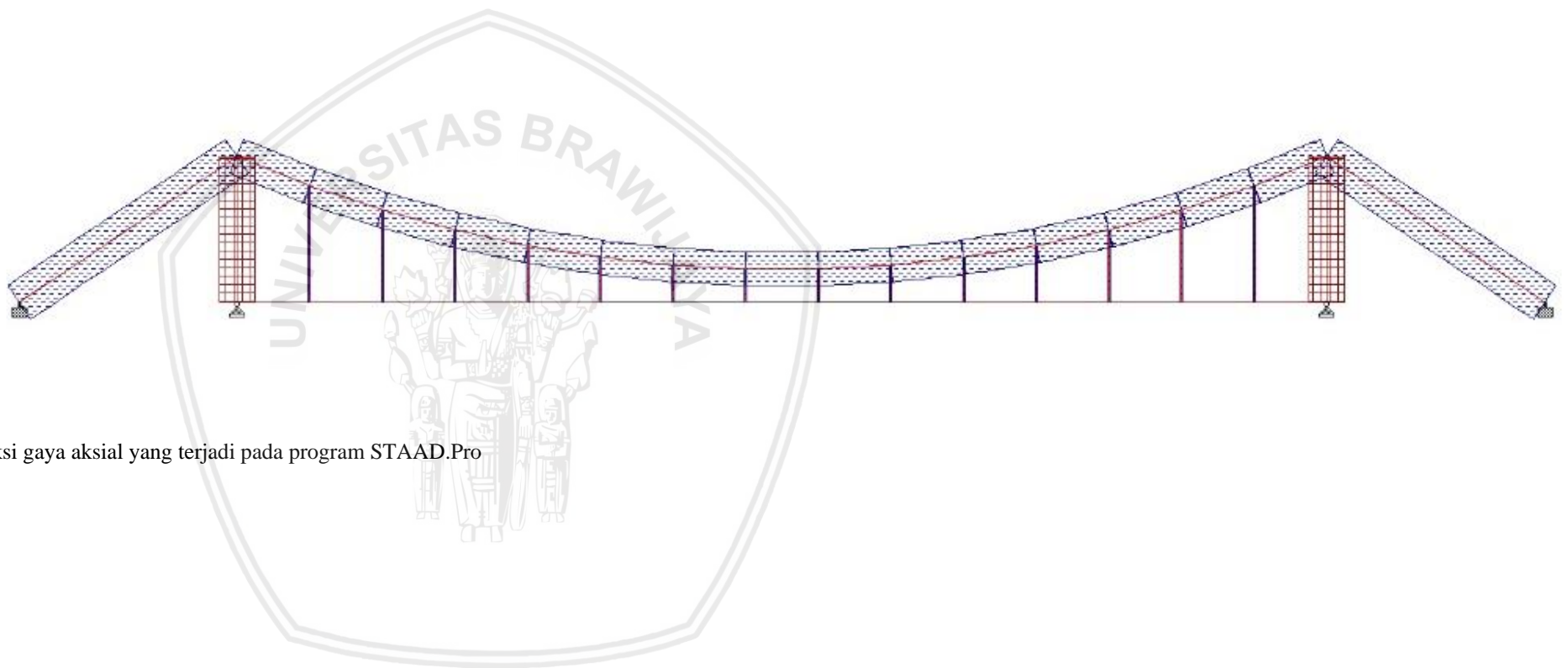
4.7.2 Pembebanan

V_u = 4532 kg (dari gelagar melintang)

Beban sendiri profil kabel utama dan hanger



Penomoran batang dan pembebanan untuk sistem kabel



Reaksi gaya aksial yang terjadi pada program STAAD.Pro

$R_{\max} = 5140 \text{ kg}$ (gaya aksial terbesar di no 19)

Teg. Ijin ($\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$)

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad A = \frac{R_{\max}}{\sigma_{\text{ijin}}} \quad D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}}$$

$$= \frac{5140}{1600} \quad = \sqrt{\frac{3,125.4}{\pi}}$$

$$= 3,125 \text{ cm}^2 \quad = 20,23 \text{ mm}$$

Menggunakan diameter 22 mm.

$A = 3,801 \text{ cm}^2$

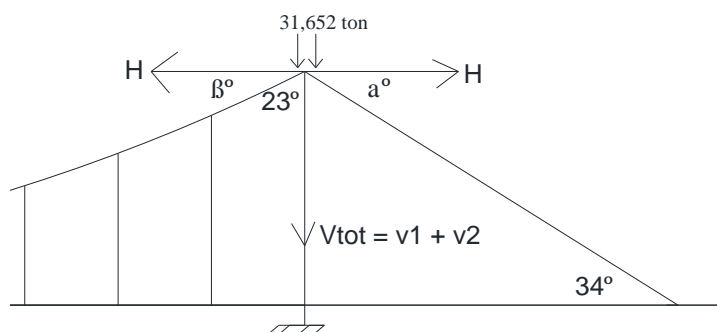
$W = 2,98 \text{ kg/m}$

Tabel 4. 2 Ukuran Baja Polos

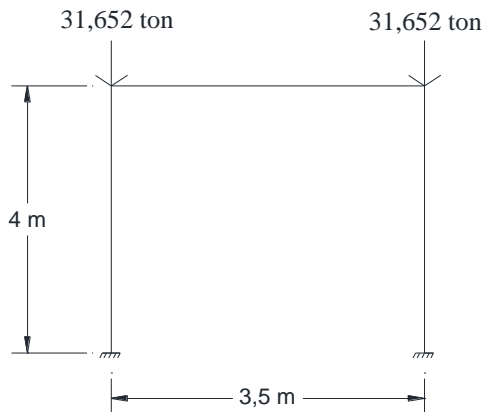
No.	Penamaan	Diameter nominal (d) (mm)	Luas penampang Nominal (L) (cm ²)	Berat nominal per meter (kg/m)
1.	P.6	6	0,2827	0,222
2.	P.8	8	0,5027	0,395
3.	P.10	10	0,7854	0,617
4.	P.12	12	1,131	0,888
5.	P.14	14	1,539	1,12
6.	P.16	16	2,011	1,58
7.	P.19	19	2,835	2,23
8.	P.22	22	3,801	2,98
9.	P.25	25	4,909	3,85
10.	P.28	28	6,158	4,83
11.	P.32	32	8,042	6,31

Sumber : SNI 07-2052-2002

4.8 Perencanaan Pylon



Gambar 4. 23 Pembebanan kabel jembatan ke pylon



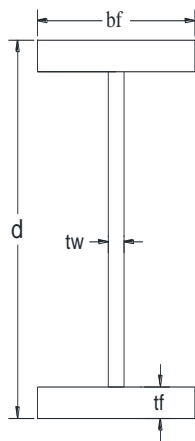
Gambar 4. 24 Pembebanan portal pylon

$$\sin \alpha (22^\circ) = 0,374606593$$

$$\sin \beta (34^\circ) = 0,559192904$$

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= (T \cdot \sin \alpha) + (T \cdot \sin \beta) \\ &= (32799,00393 \cdot \sin \alpha (22^\circ)) + (36417,70084 \cdot \sin \beta (34^\circ)) \\ &= 34138,35138 \text{ kg} \\ &= 34,382 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.8.1 Kontrol penampang



Gambar 4. 25 Profil WF untuk pylon

Data profil baja WF 200 x 100 x 6 x 9 (Sumber: PT Gunung Garuda)

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

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$t_w = 6 \text{ mm}$$

$$t_f = 9 \text{ mm}$$

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

$$h = 156 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 r_x &= 8,3 \text{ cm} = 83 \text{ mm} \\
 r_y &= 3,61 \text{ cm} = 36,1 \text{ mm} \\
 A_g &= 39,01 \text{ cm}^2 = 3901 \text{ mm}^2 \\
 \text{Panjang batang} &= 3,25 \text{ m} = 3250 \text{ mm} \\
 \text{Tumpuan Jepit-Sendi (k)} &= 0,8 \\
 \text{Mutu baja} &= \text{BJ 37} \\
 f_y &= 240 \\
 E &= 200000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Cek Kelangsingan

FLENS

$$\begin{aligned}
 \frac{bf}{2.tf} &= 5,556 & \frac{bf}{2.tf} &\leq \frac{250}{\sqrt{240}} \\
 \frac{250}{\sqrt{240}} &= 16,13743 & 5,556 &< 16,13743
 \end{aligned}$$

WEB

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{tw} &= 26 & \frac{h}{tw} &\leq \frac{665}{\sqrt{240}} \\
 \frac{665}{\sqrt{240}} &= 42,92557 & 26 &< 42,92556
 \end{aligned}$$

a. Arah sumbu kuat (Sumbu x)

$$\begin{aligned}
 \lambda_x &= \frac{k.L}{r_x} \\
 &= \frac{0,8.4000}{83} \\
 &= 38,55421687
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{cx} &= \frac{\lambda_x}{3.14} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\
 &= \frac{38,55421687}{3.14} \times \sqrt{\frac{240}{200000}} \\
 &= 0,425336704
 \end{aligned}$$

$$0,25 \leq \lambda_{cx} \leq 1,2$$

$$0,25 < 0,43 < 1,2$$

$$\begin{aligned}\omega_x &= \frac{1,43}{(1,6 - 0,67 \times \lambda_{cx})} \\ &= \frac{1,43}{(1,6 - (0,67 \cdot 0,425336704))} \\ &= 1,087432287\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_n &= Ag \times \frac{f_y}{\omega_x} \\ &= 3901 \times \frac{240}{1,087432287} \\ &= 860963,9527\text{kg} \\ &= 86,1 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{N_u}{\phi_i N_n} &= \frac{34,382}{0,85 \cdot 86,1} \\ &= 0,466486038 < 1\end{aligned}$$

b. Arah Sumbu Lemah (Sumbu y)

$$\begin{aligned}\lambda_y &= \frac{k \cdot L}{r_y} \\ &= \frac{0,8 \cdot 4000}{36,1} \\ &= 88,64265928\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{cy} &= \frac{\lambda_y}{3,14} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{88,64265928}{3,14} \times \sqrt{\frac{240}{200000}} \\ &= 0,977920953\end{aligned}$$

$$0,25 \leq \lambda_{cx} \leq 1,2$$

$$0,25 < 0,977920953 < 1,2$$

$$\begin{aligned}\omega_y &= \frac{1,43}{(1,6 - 0,67 \times \lambda_{cy})} \\ &= \frac{1,43}{(1,6 - (0,67 \cdot 0,977920953))}\end{aligned}$$

$$= 1,513559116$$

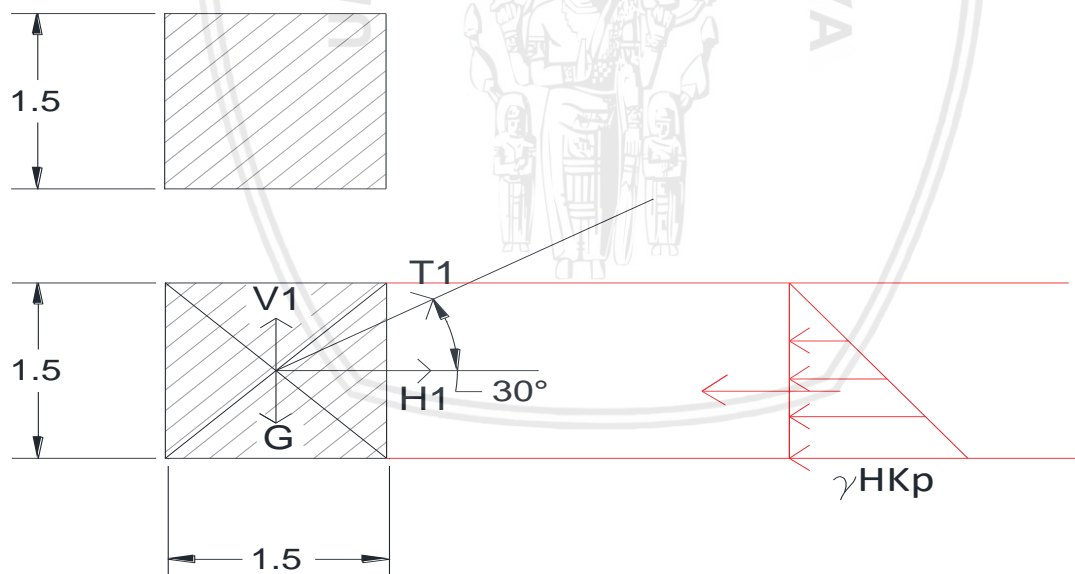
$$\begin{aligned} N_u &= A_g \times \frac{F_y}{\omega_y} \\ &= 3901 \times \frac{240}{1,513559116} \\ &= 618568,5052 \text{ kg} \\ &= 61,86 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_u}{\phi_i N_n} &= \frac{34,382}{0,85 \cdot 61,86} \\ &= 0,649285665 < 1 \end{aligned}$$

Jadi, profil WF 200 x 100 x 6 x 9 dapat untuk memikul beban tekan 34,138 ton.

4.9 Perencanaan blok angker

4.9.1 Data yang diketahui



Gambar 4. 26 Perencanaan blok angker

$$\gamma_s \text{ (berat jenis tanah)} = 1,5 \text{ t/m}^3 = 1500 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma \text{ beton (berat jenis beton)} = 2,3 \text{ t/m}^3 = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

$$P = 34138,35138 \text{ kg}$$

$$\sin(34^\circ) = 0,559192904$$

$$\cos(34^\circ) = 0,829037573$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= 34138,35138 \cdot \sin(34^\circ) \\
 &= 19089,92383 \text{ kg} \\
 H_1 &= 34138,35138 \cdot \cos(34^\circ) \\
 &= 28301,97596 \text{ kg} \\
 FS &= 3 \\
 \rho &= 1850 \text{ kg/m}^3 \\
 c' &= 0,1265 \text{ kg/cm}^2 \\
 D &= 3,4 \text{ m} \\
 \phi &= 12,898 \text{ kg/cm}^2 = 12,65 \text{ kN/m}^2 \\
 \gamma &= \frac{\rho \times 9.81}{1000} \\
 &= \frac{1850 \times 9.81}{1000} \\
 &= 18,1485 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

Dari tabel :

$$N_c = 9,807 \quad ; \quad N_q = 3,264 \quad ; \quad N_\gamma = 1,969$$

$$B = 1,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u \text{ (daya dukung)} &= 1,3 \cdot c' \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 (\gamma) B(N_\gamma) \\
 &= (1,3 \cdot 0,1265 \cdot 9,807) + (18,1485 \cdot 3,4 \cdot 3,264) + (0,4 \cdot 18,1485 \cdot 1,2 \cdot 1,969) \\
 &= 379,833 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 37983,342 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{izin} &= \frac{1}{3} \cdot 37983,342 \\
 &= 1,266111 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi blok angker} &= P.L.T \\
 &= 3,5^3 \\
 &= 42,875 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat blok angker} &= \gamma \text{ beton} \cdot (P.L.T) \\
 &= 2300 \cdot 42,875 \\
 &= 98612,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.9.2 Stabilitas terhadap guling dan daya dukung

a. Stabilitas terhadap guling

$$SF_{ijjin} = 1,5$$

$$\text{Koefisien gesek beton terhadap tanah} = 0,30$$

$$\Sigma V = 98612,5 - 19089,924 = 79522,576 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2\left(45 + \frac{34}{2}\right) \\ &= 3,5371 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{tanah}} \cdot H^2 \cdot K_p \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1500 \cdot 3,5^2 \cdot 3,5371 \\ &= 32497,106 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HR &= P_p + (\Sigma V \cdot 0,3) \\ &= 32497,106 + (79522,576 \cdot 0,3) \\ &= 56353,8791 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SF &= \frac{HR}{H_1} \\ &= \frac{56353,8791}{28301,97596} \\ &= 1,991164121 > 1,5 \quad \text{OK!} \end{aligned}$$

b. Stabilitas terhadap daya dukung

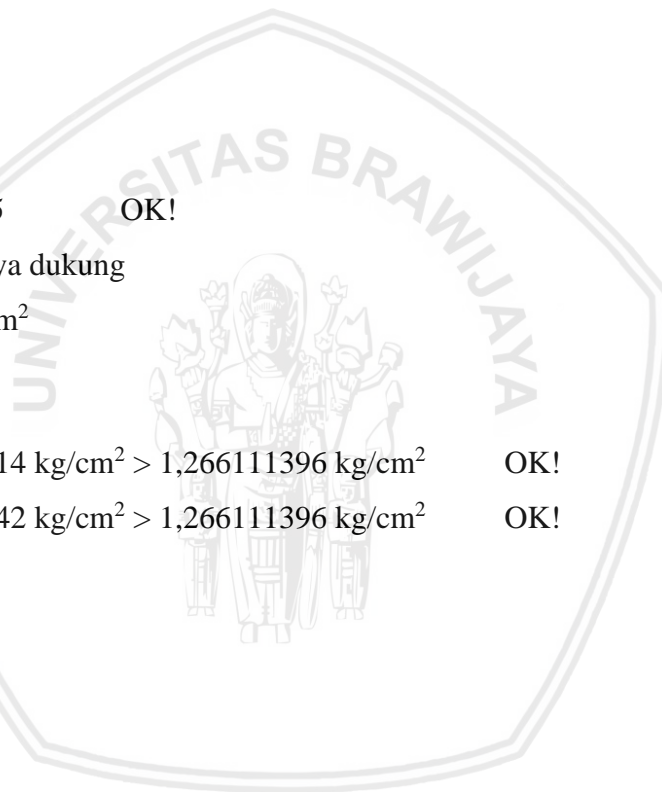
$$\sigma_{\text{ijin}} = 1,266111396 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{150} \pm \frac{H \cdot 150}{\frac{1}{6} \cdot 150 \cdot 150^2}$$

$$\sigma_{\text{maksimal}} = 537,6977014 \text{ kg/cm}^2 > 1,266111396 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK!}$$

$$\sigma_{\text{minimal}} = 522,6033142 \text{ kg/cm}^2 > 1,266111396 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK!}$$

Mengalami tarik.



BAB V

PENUTUP

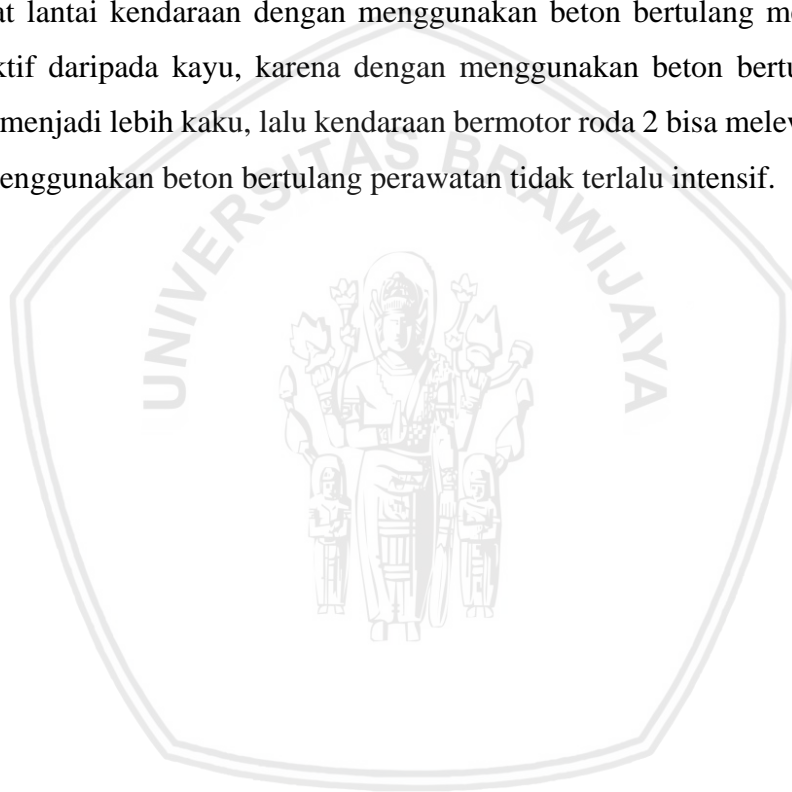
5.1 Kesimpulan

Penelitian dilakukan di jembatan Oro – Oro dowo Gg.13 Kecamatan Klojen, Kota Malang, Jawa Timur. Dari uraian perhitungan struktur atas jembatan Oro-Oro Dowo dengan alternatif pelat lantai jembatan beton bertulang pada bab-bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Lantai kendaraan jembatan Oro – Oro Dowo sebelumnya menggunakan struktur kayu ukuran 2/20, setelah direncanakan ulang menjadi beton bertulang dengan mutu beton 30 MPa dengan tulangan utama D13 – 200 mm dan untuk tulangan bagi \emptyset 10-200 mm.
2. Dari analisis perencanaan sistem gelagar didapatkan hasil:
 - a. Profil baja yang menggunakan mutu baja BJ 37, untuk gelagar memanjang sebelumnya menggunakan profil IWF dengan dimensi 200×100×5.5×8 setelah direncanakan ulang menjadi WF 150 x 75 x 5 x 7.
 - b. Untuk gelagar melintang sebelumnya menggunakan profil dobel siku dengan dimensi 150×75×6.5 setelah direncanakan ulang menjadi profil tipe C 300 x 90 x 10 x 15,5.
 - c. Rangka ikatan angin sebelumnya menggunakan profil siku dengan dimensi 70×70×9 setelah perencanaan menggunakan profil siku 90 x 90 x 10. Tinggi rangka ikatan angin mengikuti lebar jembatan.
3. Dari analisis perencanaan sistem kabel didapatkan hasil:
 - a. Diameter kabel utama sebelumnya menggunakan \emptyset 28 setelah perencanaan ulang \emptyset 25 dengan kuat putus 37000 kg dengan gaya tarik yang terjadi adalah 66754,56171 kg.
 - b. Untuk hanger sebelumnya menggunakan \emptyset 23 setelah perencanaan ulang menjadai \emptyset 22 mm.
4. Dimensi menara sebelumnya menggunakan profil UNP 200 x 90 x 6 dan L 70 x 70 x 9 setelah perencanaan ulang menggunakan WF 200 x 100 x 6 x 9 dengan tinggi 4 meter.

5.2 Saran

1. Dimensi batang rangka ikatan angin sebenarnya dapat diperkecil menyesuaikan gaya yang terjadi, karena tidak semua batang mempunyai gaya yang sama, tetapi hal itu akan menyulitkan pada waktu pelaksanaan.
2. Di dalam perencanaan ini perlu diadakan coba-coba perhitungan terus menerus agar mendapatkan dimensi yang optimum mulai dari struktur gelagar, baik pada kabel-kabel maupun rangka batang ikatan angin. Sehingga nantinya akan diperoleh dimensi struktur yang paling tepat, dalam arti struktur kabel dapat dimanfaatkan secara efisien dan maksimal sebagai penopang utama jembatan.
3. Untuk plat lantai kendaraan dengan menggunakan beton bertulang menurut saya lebih efektif daripada kayu, karena dengan menggunakan beton bertulang lantai jembatan menjadi lebih kaku, lalu kendaraan bermotor roda 2 bisa melewatinya dan dengan menggunakan beton bertulang perawatan tidak terlalu intensif.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni I., 2008. *Studi Parameter Desain Dimensi Elemen Struktur Gantung Pejalan Kaki dengan Bentang 120 m*. Jurnal Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung.
- Anonim. *SNI 1725:2016 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional BSN.
- BBC, Author. (11 Januari 2012). *Jembatan Kutai Runtuh Karena Bermasalah Sejak Awal*. https://www.bbc.com/indonesia/berita_indonesia/2012/01/120111_hasilinvestigasi_jembatan_kutai. (diakses pada hari Jum'at 3 Agustus 2018 pukul 07.49 WIB).
- Departemen Pekerjaan Umum, 1997. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*. Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2008. *Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki, "Pd X-XXXXXX-B"*. Departemen PU, Jakarta.
- Duanto. (26 November 2018). *Peristiwa November 2011, Jembatan Kukar Runtuh Dalam Waktu 20 Detik, Ternyata Ini Penyebabnya*. <http://jambi.tribunnews.com>. (diakses pada hari Jum'at 3 Agustus 2018 pukul 10.20 WIB).
- Harazaki, I., O. Atsushi, & S. Suzuki. 2000. *Bridge Engineering Handbook: Suspension Bridges*. CRC Press. Boca Raton.
- Irawan, R., L. Tristanto, dan T. Virlanda. 2008. *Perencanaan Teknis Jembatan Gantung*. Kementerian Pekerjaan Umum. Bandung.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2010. SE Men. PU No. 02/SE/M/2010 : *Pemberlakuan Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki*. Jakarta.
- Schodek, D.L., 1991. *Struktur*. Penerjemah : Bambang Suryoatmono, PT. Eresco, Bandung.
- Sidatra, Didit. (19 Juni 2017). *Jokowi Menghitung Pulau, Menggambar Peta Baru*. <https://koransulindo.com/jokowi-menghitung-pulau-menggambar-peta-baru/>. (diakses pada hari Jum'at 3 Agustus 2018 pukul 08.20 WIB).
- Steinman, D.B., 1992. *A Practical treatise on Suspension Bridges: Their Design Construction and Erection*. John Wiley & Sons, New York.
- Supriyadi, B. dan A.S. Muntohar. 2007. *Jembatan*. Beta Offset. Yogyakarta. 231 hlm.
- Troitsky, M. S., 1994. *Planning and Design of Bridge*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Yuskar, L. & Andi, I.,2005. *Kajian Sambungan antara Pilar dan Kabel pada Jembatan Cable Stayed*. Jurnal Teknologi, Departemen Teknik Sipil Universitas.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pembebanan Beban Sendiri dengan Aplikasi *Staad.Pro 2004*

Beam Maximum Moments

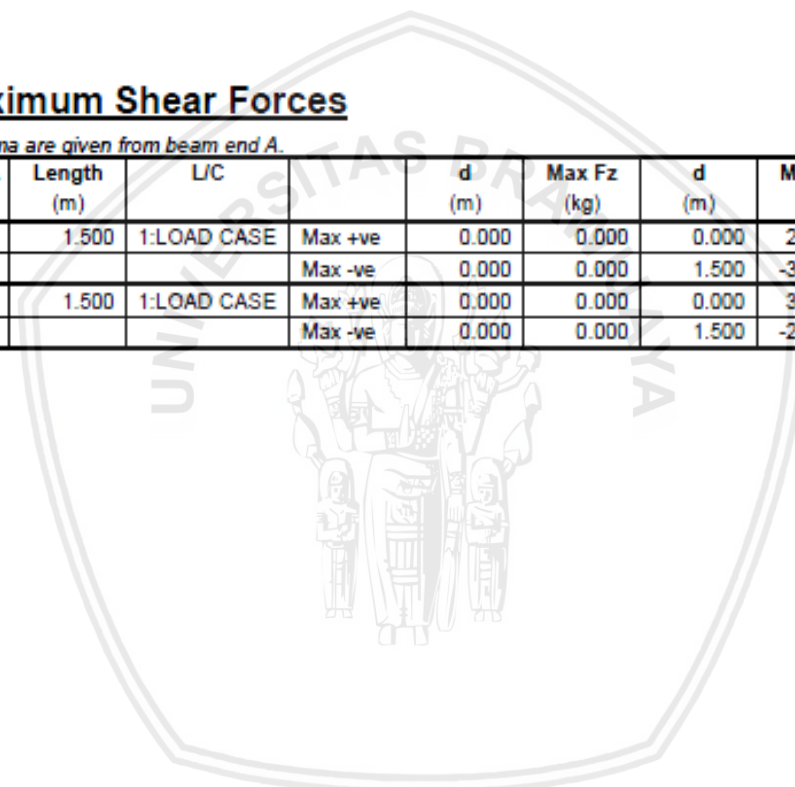
Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kg'm)	d (m)	Max Mz (kg'm)
1	1	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	1.500	100.558
				Max -ve	0.000	0.000	0.625	-56.538
2	2	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	100.558
				Max -ve	0.000	0.000	0.875	-56.538

Beam Maximum Shear Forces

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kg)	d (m)	Max Fy (kg)
1	1	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	202.961
				Max -ve	0.000	0.000	1.500	-337.039
2	2	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	337.039
				Max -ve	0.000	0.000	1.500	-202.961



Lampiran 2. Perhitungan Pembebanan Beban Mati dengan Aplikasi *Staad.Pro* 2004

Beam Maximum Moments

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kg'm)	d (m)	Max Mz (kg'm)
1	1	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	1.500	26.257
				Max -ve	0.000	0.000	0.625	-14.783
2	2	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	26.257
				Max -ve	0.000	0.000	0.875	-14.783

Beam Maximum Shear Forces

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kg)	d (m)	Max Fy (kg)
1	1	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	52.995
				Max -ve	0.000	0.000	1.500	-88.005
2	2	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	88.005
				Max -ve	0.000	0.000	1.500	-52.995



Lampiran 3. Perhitungan Pembebanan Beban Hidup dengan Aplikasi *Staad.Pro 2004*

Beam Maximum Moments

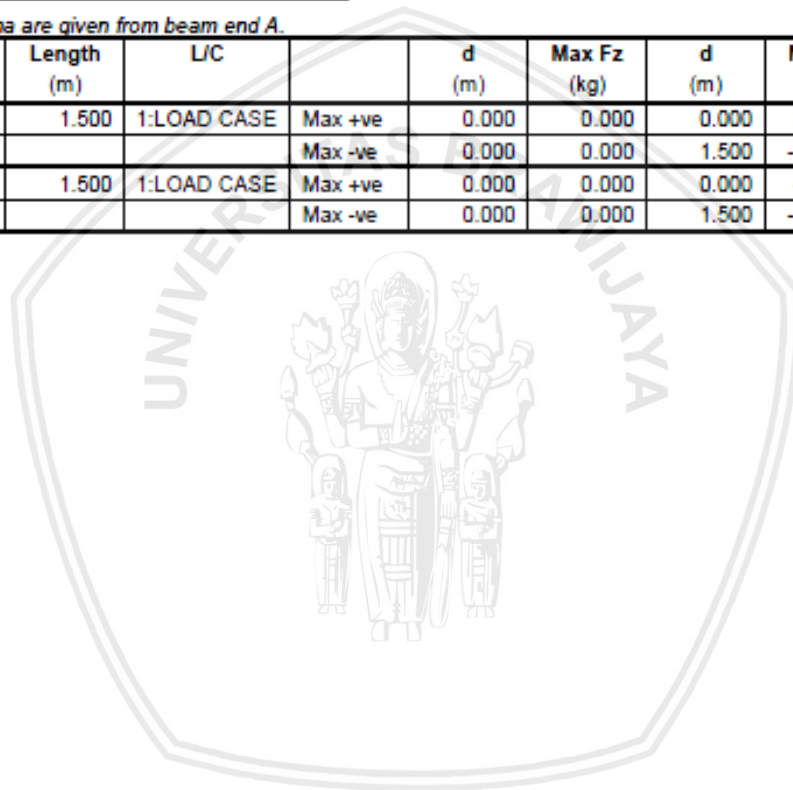
Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (kg·m)	d (m)	Max Mz (kg·m)
1	1	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	1.500	139.664
				Max -ve	0.000	0.000	0.625	-78.526
2	2	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	139.664
				Max -ve	0.000	0.000	0.875	-78.526

Beam Maximum Shear Forces

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (kg)	d (m)	Max Fy (kg)
1	1	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	281.891
				Max -ve	0.000	0.000	1.500	-468.109
2	2	1.500	1:LOAD CASE	Max +ve	0.000	0.000	0.000	468.109
				Max -ve	0.000	0.000	1.500	-281.891



Lampiran 4. Perhitungan Pembebanan Gelagar Melintang dengan Aplikasi *Staad.Pro 2004*

Beam Maximum Shear Forces

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	LC		d (m)	Max Fz (kg)	d (m)	Max Fy (kg)
1	1	0.125	1:	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.125	-15.138
2	2	0.125	1:	Max -ve	0.000	0.000	0.000	4.12E 3
				Max +ve	0.000	0.000		
3	3	1.500	1:	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.14E 3
				Max +ve	0.000	0.000		
4	4	1.500	1:	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	1.500	-2.14E 3
5	5	0.125	1:	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.125	-4.12E 3
6	6	0.125	1:	Max -ve	0.000	0.000	0.000	15.138
				Max +ve	0.000	0.000	0.125	-0.000

Beam Maximum Moments

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	LC		d (m)	Max My (kNm)	d (m)	Max Mz (kNm)
1	1	0.125	1:	Max -ve	0.000	0.000	0.125	0.009
				Max +ve	0.000	0.000		
2	2	0.125	1:	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.009
				Max +ve	0.000	0.000	0.125	-5.033
3	3	1.500	1:	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	1.500	-35.228
4	4	1.500	1:	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-35.228
5	5	0.125	1:	Max -ve	0.000	0.000	0.125	0.009
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-5.033
6	6	0.125	1:	Max -ve	0.000	0.000	0.000	0.009
				Max +ve	0.000	0.000		

Lampiran 5. Perhitungan Pembebanan Gelagar Melintang dengan Aplikasi *Staad.Pro* 2004

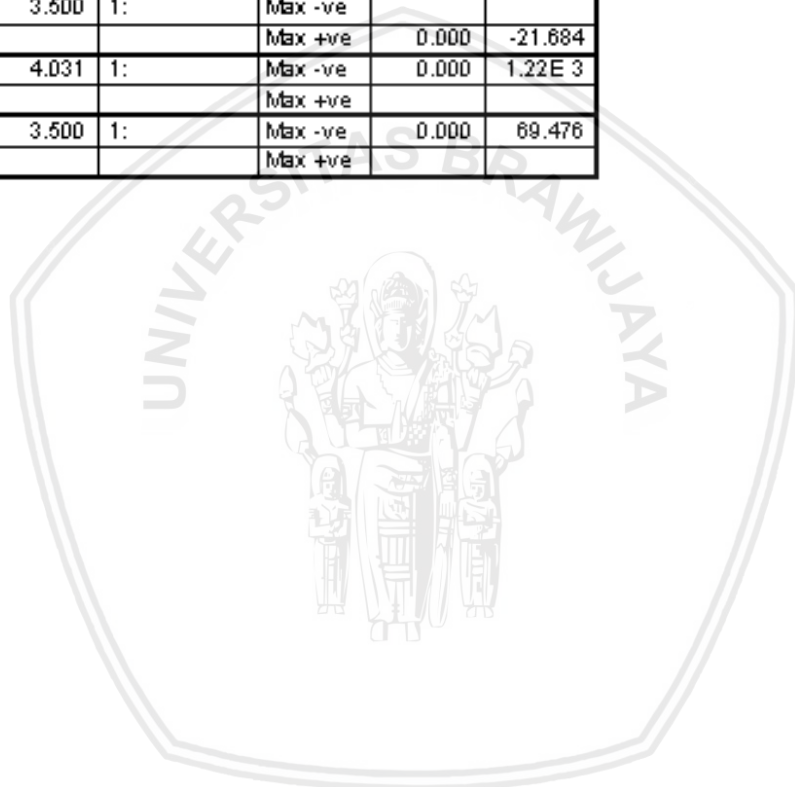
Beam Maximum Axial Forces

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kg)
1	1	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.62E 3
				Max +ve		
2	2	2.000	1:	Max -ve	0.000	494.882
				Max +ve		
3	3	2.000	1:	Max -ve	0.000	492.443
				Max +ve		
4	4	2.000	1:	Max -ve	0.000	-289.459
				Max +ve		
5	5	2.000	1:	Max -ve	0.000	-291.078
				Max +ve		
6	6	2.000	1:	Max -ve	0.000	-725.492
				Max +ve		
7	7	2.000	1:	Max -ve	0.000	-726.187
				Max +ve		
8	8	2.000	1:	Max -ve	0.000	-813.071
				Max +ve		
9	9	2.000	1:	Max -ve	0.000	-812.839
				Max +ve		
10	10	2.000	1:	Max -ve	0.000	-552.188
				Max +ve		
11	11	2.000	1:	Max -ve	0.000	-551.028
				Max +ve		
12	12	2.000	1:	Max -ve	0.000	57.167
				Max +ve		
13	13	2.000	1:	Max -ve	0.000	59.283
				Max +ve		
14	14	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.02E 3
				Max +ve		
15	15	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.02E 3
				Max +ve		
16	17	2.000	1:	Max -ve	0.000	605.661
				Max +ve		
17	18	2.000	1:	Max -ve	0.000	609.115
				Max +ve		
18	19	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.57E 3
				Max +ve		
19	20	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.57E 3
				Max +ve		
20	21	2.000	1:	Max -ve	0.000	2.18E 3
				Max +ve		
21	22	2.000	1:	Max -ve	0.000	2.18E 3
				Max +ve		
22	23	2.000	1:	Max -ve	0.000	2.44E 3
				Max +ve		
23	24	2.000	1:	Max -ve	0.000	2.44E 3
				Max +ve		
24	25	2.000	1:	Max -ve	0.000	2.35E 3
				Max +ve		
25	26	2.000	1:	Max -ve	0.000	2.35E 3
				Max +ve		
26	27	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.92E 3
				Max +ve		

Beam	Nbde A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kg)
27	28	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.91E 3
				Max +ve		
28	29	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.13E 3
				Max +ve		
29	30	2.000	1:	Max -ve	0.000	1.13E 3
				Max +ve		
30	31	2.000	1:	Max -ve	0.000	2.074
				Max +ve		
31	1	3.500	1:	Max -ve	0.000	1.12E 3
				Max +ve		
32	17	4.031	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-1.21E 3
33	2	3.500	1:	Max -ve	0.000	125.504
				Max +ve		
34	2	4.031	1:	Max -ve	0.000	1.05E 3
				Max +ve		
35	19	3.500	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-24.318
36	19	4.031	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-865.935
37	4	3.500	1:	Max -ve	0.000	125.193
				Max +ve		
38	4	4.031	1:	Max -ve	0.000	703.784
				Max +ve		
39	21	3.500	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-23.162
40	21	4.031	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-517.254
41	6	3.500	1:	Max -ve	0.000	125.242
				Max +ve		
42	6	4.031	1:	Max -ve	0.000	354.881
				Max +ve		
43	23	3.500	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-23.124
44	23	4.031	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-168.406
45	8	3.500	1:	Max -ve	0.000	125.244
				Max +ve		
46	8	4.031	1:	Max -ve	0.000	6.022
				Max +ve		
47	25	3.500	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-23.123
48	25	4.031	1:	Max -ve	0.000	180.451
				Max +ve		
49	10	3.500	1:	Max -ve	0.000	125.245
				Max +ve		
50	10	4.031	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-342.836
51	27	3.500	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-23.121

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (kg)
52	27	4.031	1:	Max -ve	0.000	529.303
				Max +ve		
53	12	3.500	1:	Max -ve	0.000	125.260
				Max +ve		
54	12	4.031	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-691.718
55	29	3.500	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-23.066
56	29	4.031	1:	Max -ve	0.000	878.014
				Max +ve		
57	14	3.500	1:	Max -ve	0.000	125.762
				Max +ve		
58	14	4.031	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-1.04E 3
59	31	3.500	1:	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-21.684
60	31	4.031	1:	Max -ve	0.000	1.22E 3
				Max +ve		
61	16	3.500	1:	Max -ve	0.000	69.476
				Max +ve		



Lampiran 6. Perhitungan Gaya Aksial dari Prgram STAAD.Pro untuk Struktur Kabel

19	3	3.203	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-5.14E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	3.203	-36.131
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	3.203	-5.18E 3
20	4	2.534	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.88E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	2.534	-33.913
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	2.534	-4.91E 3
21	5	1.986	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.66E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	1.986	-32.155
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	1.986	-4.69E 3
22	6	1.553	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.5E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	1.553	-30.912
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	1.553	-4.53E 3
23	7	1.232	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.39E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	1.232	-29.979
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	1.232	-4.42E 3
24	8	1.019	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.32E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	1.019	-29.379
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	1.019	-4.35E 3
25	9	0.913	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.28E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	0.913	-29.057
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	0.913	-4.31E 3
26	10	0.913	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.28E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	0.913	-29.057
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	0.913	-4.31E 3

27	11	1.019	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.32E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	1.019	-29.379
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	1.019	-4.35E 3
28	12	1.232	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.39E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	1.232	-29.979
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	1.232	-4.42E 3
29	13	1.553	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.5E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	1.553	-30.912
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	1.553	-4.53E 3
30	14	1.986	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.66E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	1.986	-32.155
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	1.986	-4.69E 3
31	15	2.534	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-4.88E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	2.534	-33.912
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	2.534	-4.91E 3
32	16	3.203	1:LOADTYPE N	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-5.14E 3
			2:LOADTYPE C	Max -ve		
				Max +ve	3.203	-36.131
			3:KOMBINASI 1	Max -ve		
				Max +ve	3.203	-5.18E 3

Lampiran 7. Faktor daya dukung Terzaghi

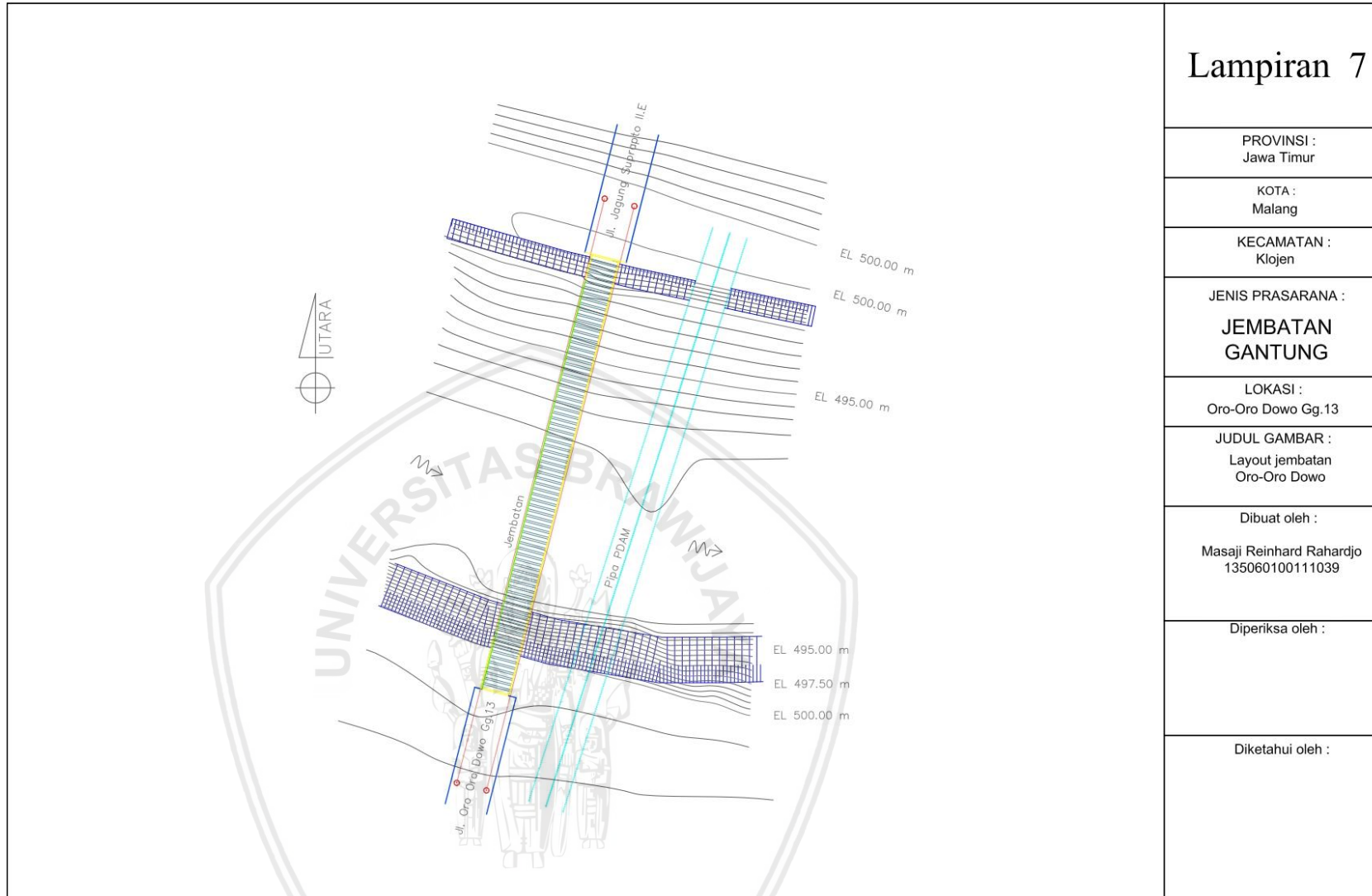
Tabel 3.1 Faktor Daya Dukung Terzaghi

METODE TERZAGHI BARU

Φ	N_c	N_q	N_γ	Φ	N_c	N_q	N_γ	Φ	N_c	N_q	N_γ
0	5,700	1,000	0,000	17	12,338	4,772	3,529	34	42,164	29,440	41,064
1	5,379	1,094	0,073	18	13,104	5,258	4,066	35	46,124	33,296	48,029
2	5,632	1,197	0,153	19	13,934	5,798	4,681	36	50,585	37,752	56,311
3	5,900	1,309	0,242	20	14,835	6,399	5,386	37	55,630	42,920	66,192
4	6,185	1,433	0,340	21	15,815	7,071	6,196	38	61,352	48,933	78,024
5	6,489	1,568	0,449	22	16,883	7,821	7,128	39	67,867	55,957	92,246
6	6,813	1,716	0,571	23	18,049	8,661	8,202	40	75,313	64,195	109,411
7	7,158	1,879	0,707	24	19,324	9,603	9,442	41	83,858	73,897	130,214
8	7,527	2,058	0,860	25	20,721	10,662	10,876	42	93,706	85,374	155,542
9	7,922	2,255	1,031	26	22,254	11,854	12,539	43	105,107	99,014	186,530
10	8,345	2,471	1,224	27	23,942	13,199	14,470	44	118,369	115,308	224,634
11	8,798	2,710	1,442	28	25,803	14,720	16,717	45	133,874	134,874	271,748
12	9,285	2,974	1,689	29	27,860	16,443	19,338	46	152,098	158,502	330,338
13	9,807	3,264	1,969	30	30,140	18,401	22,402	47	173,640	187,206	403,652
14	10,370	3,586	2,287	31	32,671	20,631	25,994	48	199,259	222,300	495,999
15	10,977	3,941	2,648	32	35,490	23,177	30,215	49	229,924	265,497	613,140
16	11,631	4,335	3,060	33	38,638	26,092	35,188	50	266,882	319,057	762,859



Lampiran 8. *Layout Jembatan Oro-oro Dowo*



Lampiran 7

PROVINSI :
Jawa Timur

KOTA :
Malang

KECAMATAN :
Klojen

JENIS PRASARANA :
**JEMBATAN
GANTUNG**

LOKASI :
Oro-Oro Dowo Gg.13

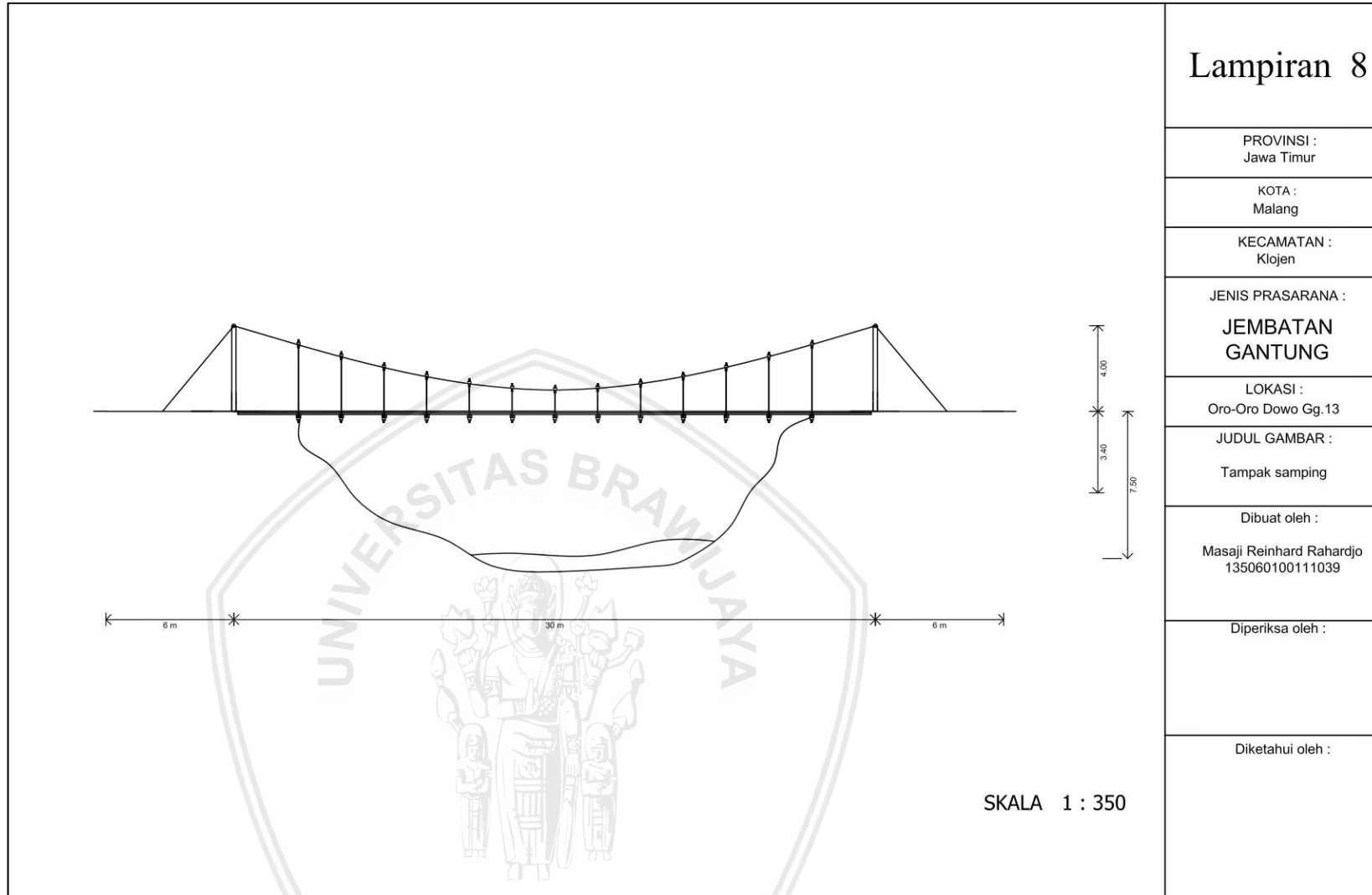
JUDUL GAMBAR :
Layout jembatan
Oro-Oro Dowo

Dibuat oleh :
Masaji Reinhard Rahardjo
135060100111039

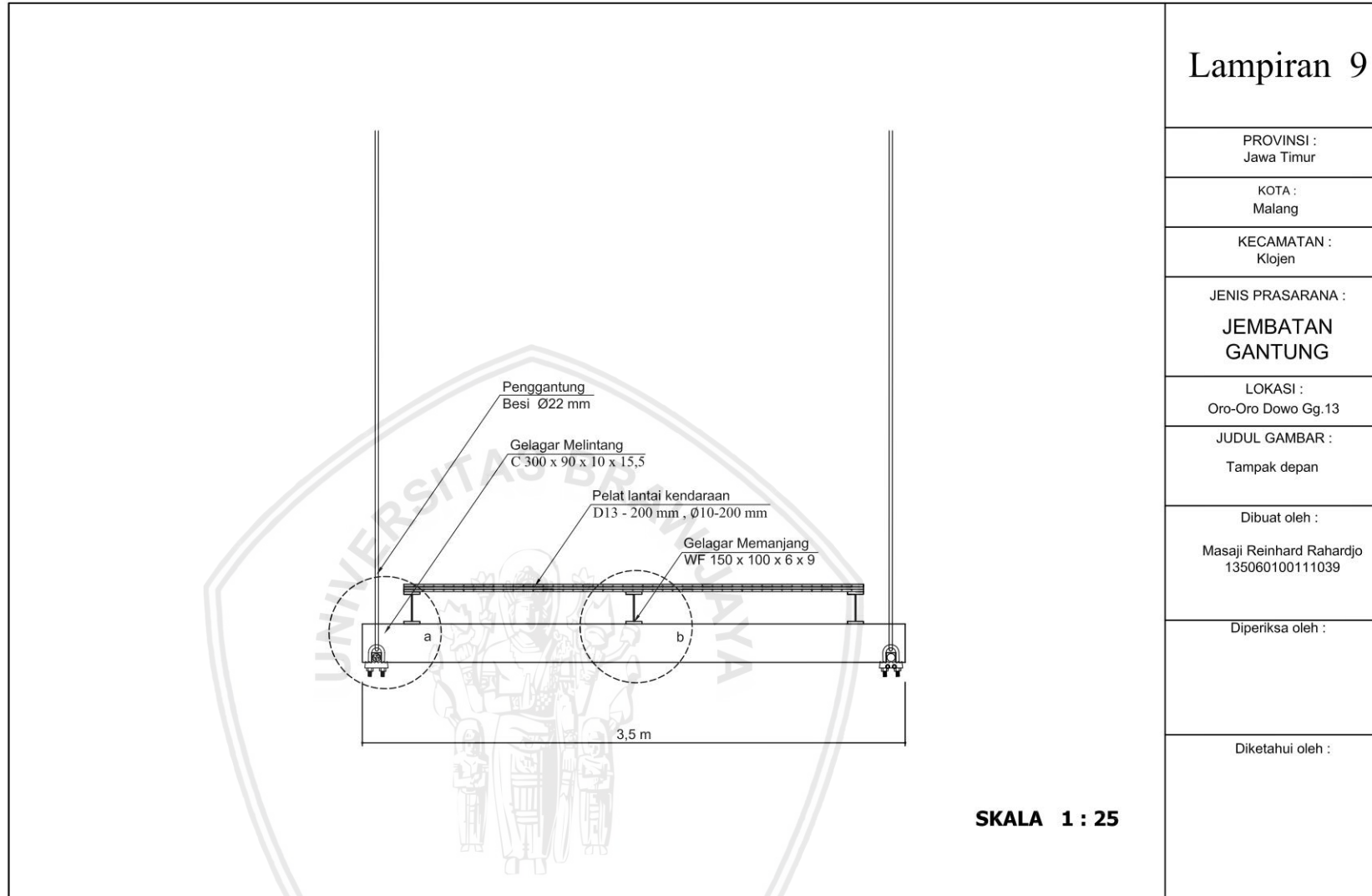
Diperiksa oleh :

Diketahui oleh :

Lampiran 9. Tampak Samping Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo



Lampiran 10. Tampak Depan Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo



Lampiran 9

PROVINSI :
Jawa Timur

KOTA :
Malang

KECAMATAN :
Klojen

JENIS PRASARANA :

**JEMBATAN
GANTUNG**

LOKASI :
Oro-Oro Dowo Gg.13

JUDUL GAMBAR :
Tampak depan

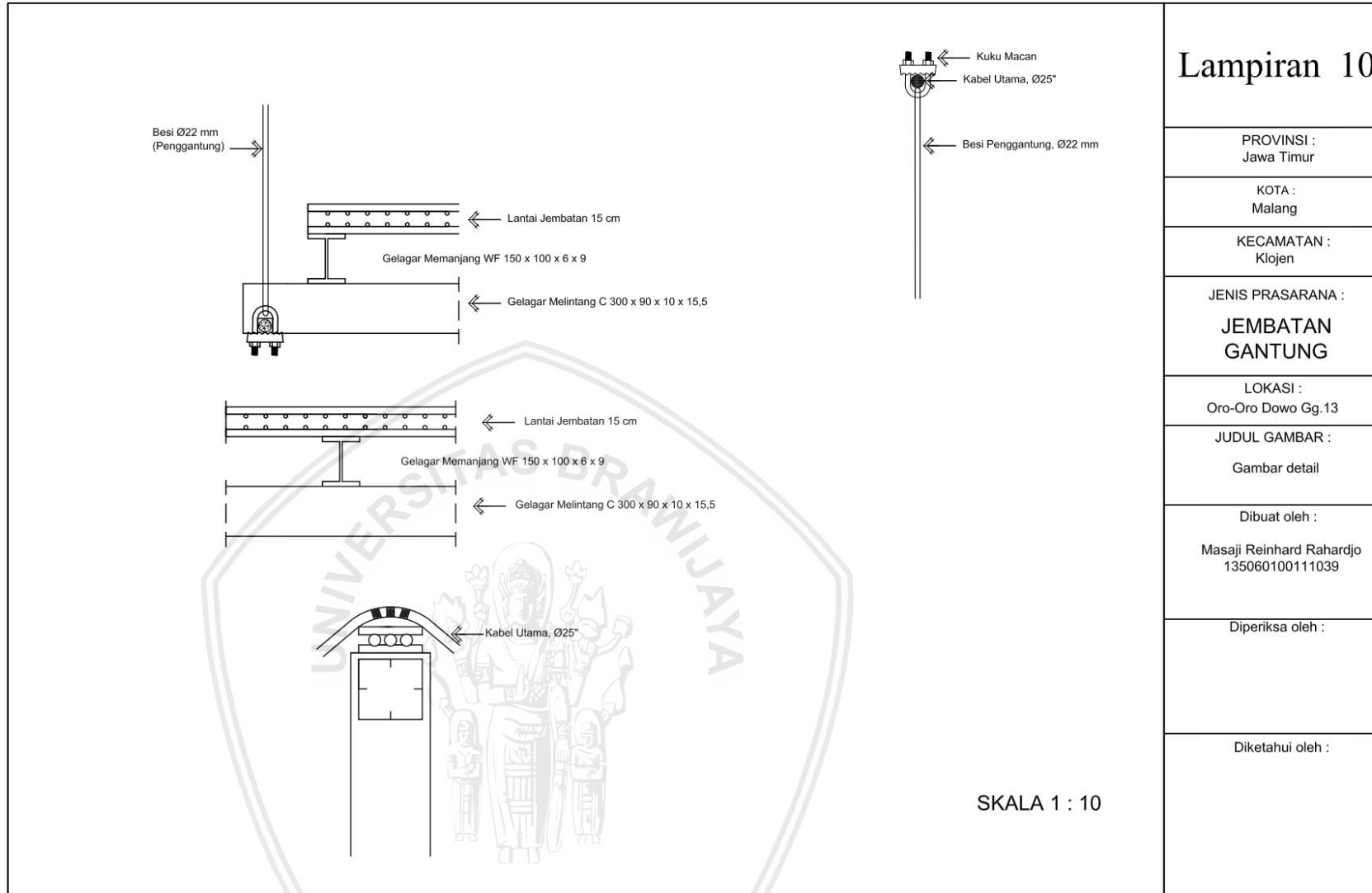
Dibuat oleh :
Masaji Reinhard Rahardjo
135060100111039

Diperiksa oleh :

Diketahui oleh :

SKALA 1 : 25

Lampiran 11. Detail Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo



Lampiran 10

PROVINSI :
Jawa Timur

KOTA :
Malang

KECAMATAN :
Klojen

JENIS PRASARANA :
**JEMBATAN
GANTUNG**

LOKASI :
Oro-Oro Dowo Gg.13

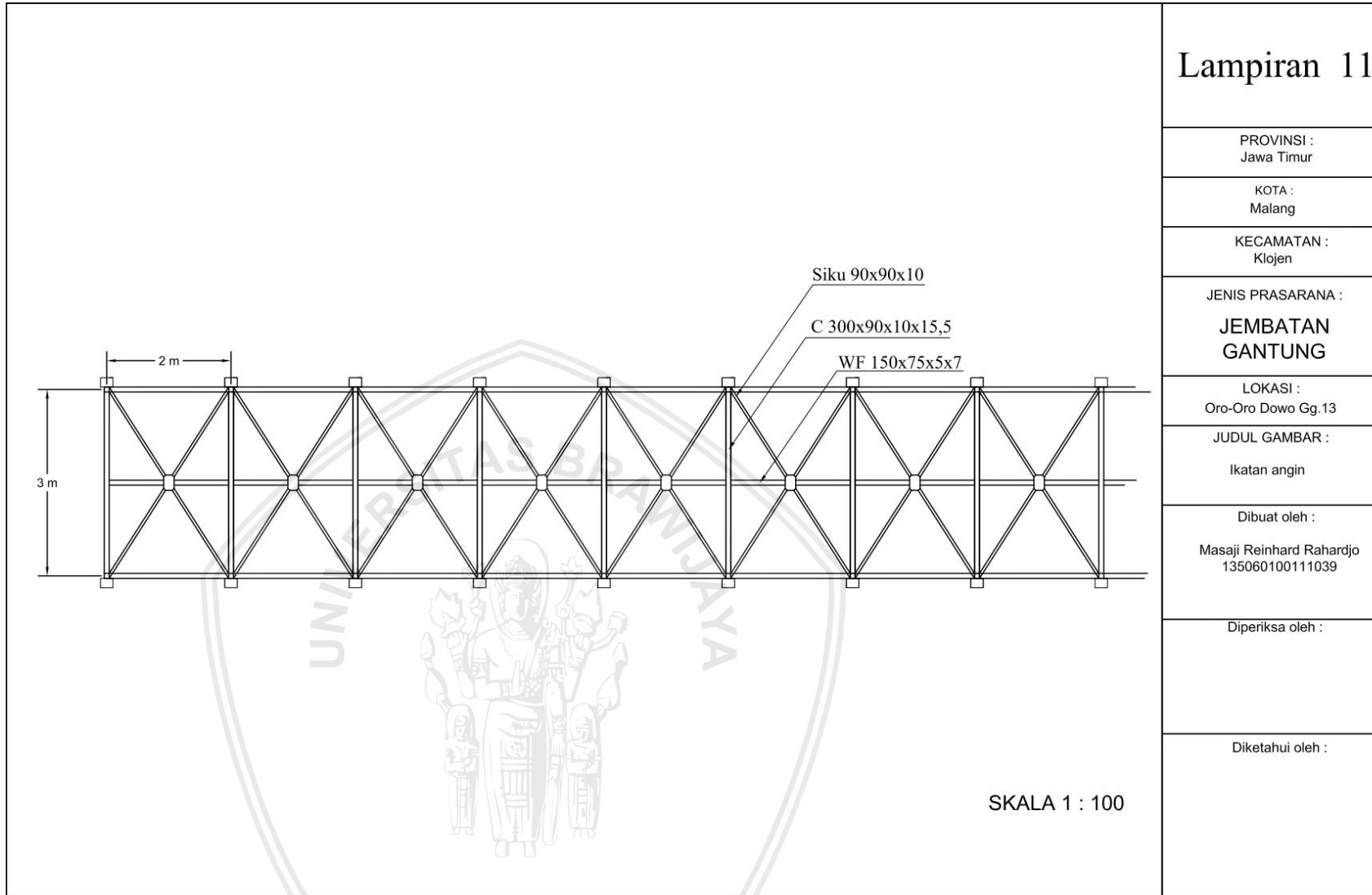
JUDUL GAMBAR :
Gambar detail

Dibuat oleh :
Masaji Reinhard Rahardjo
135060100111039

Diperiksa oleh :

Diketahui oleh :

Lampiran 12. Ikatan Angin Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo



Lampiran 11

PROVINSI :
Jawa Timur

KOTA :
Malang

KECAMATAN :
Klojen

JENIS PRASARANA :
**JEMBATAN
GANTUNG**

LOKASI :
Oro-Oro Dowo Gg.13

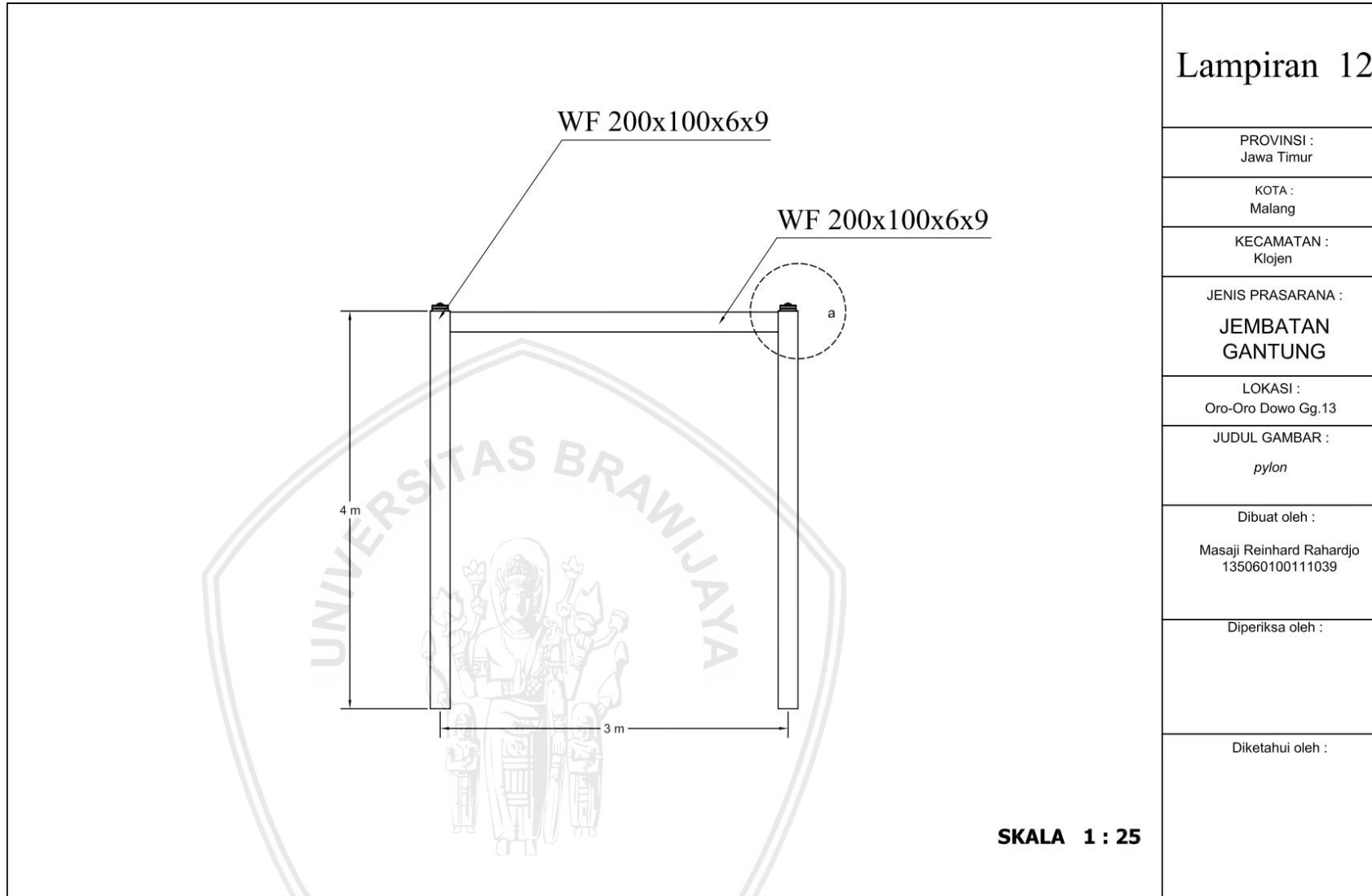
JUDUL GAMBAR :
Ikatan angin

Dibuat oleh :
Masaji Reinhard Rahardjo
135060100111039

Diperiksa oleh :

Diketahui oleh :

Lampiran 13. *Pylon* Rekomendasi Jembatan Oro-oro Dowo



Lampiran 12

PROVINSI : Jawa Timur
KOTA : Malang
KECAMATAN : Klojen
JENIS PRASARANA : JEMBATAN GANTUNG
LOKASI : Oro-Oro Dowo Gg.13
JUDUL GAMBAR : <i>pylon</i>
Dibuat oleh : Masaji Reinhard Rahardjo 135060100111039
Diperiksa oleh :
Diketahui oleh :