



**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN SUNGAI BENGAWAN SOLO
PADA JALAN DAENDLES SEMBAYAT – GRESIK DENGAN METODE
*CABLE STAYED***

SKRIPSI

Oleh

Agus Setiawan

NIM 121910301052

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN SUNGAI BENGAWAN SOLO
PADA JALAN DAENDLES SEMBAYAT - GRESIK DENGAN METODE
*CABLE STAYED***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Agus Setiawan

NIM 121910301052

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan kemudahan yang meringankan segala urusan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur mengucapkan Alhamdulillah, saya persembahkan skripsi ini kepada:

- 1) Kedua orang tua saya, Bapak Askuri dan Ibu Chusna yang senantiasa mencurahkan kasih sayang serta doanya;
- 2) Keluarga besar saya, Kakak Pertama saya Dwi Puspita Sari, dan Mas Syaiful Hasan, dan adek saya Riris yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya;
- 3) Teman bermain dari Tk sampai sekarang M. Fiqih Syaputra, Hanif Rahmat, dan Yoga Aditya.
- 4) Guru-guru saya sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu serta bimbingan dengan penuh kesabaran;
- 5) Almamater yang saya banggakan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

"Warisan,cita-cita takdir waktu dan impian manusia merupakan hal yang tidak bisa dihentikan,selama manusia masih terus mencari makna kebebasan mereka tidak akan pernah berhenti."

(Gol D Roger)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Agus Setiawan

NIM : 121910301052

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Bengawan Solo pada Jalan Daendles Sembayat – Gresik dengan Metode *Cable Stayed*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Januari 2018

Yang menyatakan

Agus Setiawan

NIM 121910301052

SKRIPSI

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN SUNGAI BENGAWAN SOLO
PADA JALAN DAENDLES SEMBAYAT – GRESIK DENGAN METODE
*CABLE STAYED***

Oleh

Agus Setiawan

NIM 121910301052

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Hassanuddin, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Nurtanto, ST., MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Bengawan Solo Pada Jalan Daendles Sembayat – Gresik Dengan Metode *Cable Stayed*”** telah diuji dan disahkan oleh Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

hari : Senin
tanggal : 22 Januari 2018
tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Ahmad Hasanuddin, ST., MT.

NIP 19710327 199803 1 003

Dwi Nurtanto ST., MT.

NIP 19731015 199802 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT.

NIP 19701024 199803 2 001

Nanin Meyfa Utami, ST., MT.

NRP 760014641

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M

NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Bengawan Solo Pada Jalan Daendles Sembayat – Gresik Dengan Metode *Cable Stayed*; Agus Setiawan, 121910301052; 2018: 137 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Jembatan Sembayat yang melintasi hantaran sungai bengawan solo ini memiliki bentang sepanjang 350 m dengan tipe rangka baja. Jembatan sembayat ini dibangun dengan umur rencana bangunan selama 50 tahun. Namun dalam kenyataannya sebelum umur rencana, jembatan tersebut sudah banyak mengalami kerusakan. Pada tahun 2015 lalu, banyak sekali terjadi lubang pada pelat jalan di jembatan. Dan sampai puncaknya pada tahun 2016 kerusakan jalan pada jembatan sangatlah parah sehingga truk besar tidak boleh melintas, padahal jembatan tersebut adalah jembatan nasional. Berdasarkan uraian masalah yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah yang didapatkan yaitu: (1) Bagaimana merencanakan ulang struktur atas jembatan baru dengan tipe *cable stayed* ? (2) Bagaimana menggambarkan desain struktur jembatan dan bagian-bagiannya hasil dari perhitungan ?

Lokasi jembatan yang akan direncanakan terletak di desa Sembayat kecamatan Manyar kabupaten Gresik yang melewati aliran sungai Bengawan Solo. Dimana lokasi tersebut memiliki lebar sungai yang sangat panjang dan menjadi jalan utama pantai utara. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif, dimana hasil analisis perhitungan jembatan berupa angka atau bilangan.

Pada tahap awal perencanaan, *preliminary design* dilakukan guna mendapatkan gambaran dini mengenai desain dan spesifikasi bahan yang akan digunakan dalam perencanaan. Struktur jembatan didesain menggunakan *cable stayed* tipe *a Harp Cable* dengan bentang 350 m, lebar 10,6 m. Lebar lajur kendaraan didesain 2 x 3,75 m dan lebar trotoar 1,25 m. Seluruh pembebanan struktur dihitung sesuai dengan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Perencanaan railing didesain agar menahan gaya tumbukan kendaraan

dengan kriteria kinerja tertentu. Perencanaan pelat trotoar dan pelat lantai kendaraan serta struktur beton lainnya didesain berdasarkan RSNI T 04-2005 tentang Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan. Perencanaan struktur baja didesain berdasarkan RSNI T 03-2005 yang meliputi kontrol kapasitas kekuatan baja terhadap lentur, geser, tekan dan tarik. Perencanaan struktur baja meliputi perencanaan gelagar memanjang, melintang, ikatan angin, perencanaan pylon, kabel dan perencanaan sambungan. Perletakan jembatan didesain dengan menggunakan bantalan elastomer.

Hasil analisa berupa konstruksi *cable stayed* dengan bentang 350 m, lebar lantai kendaraan adalah 10,6 m untuk jalan 2 lajur 2 arah dengan lebar 3,75 m per lajur dan lebar trotoar 1,25 m pada kedua sisinya. Struktur baja menggunakan mutu baja BJ 55, dimana dimensi gelagar memanjang menggunakan baja WF 300.150.6,5.9, gelagar melintang menggunakan baja WF 600.200.11.17, ikatan angin menggunakan baja L 150.150.12. Dengan pendimensian pylon struktur utaman 200 x 300 cm dan menggunakan tipe kabel strand 61 pada type konstruksi kabel *Harp* . Perletakan jembatan menggunakan bantalan elastomer dengan dimensi bantalan 1000 x 1000 x 304 mm dan tebal lapisan baja 2 mm.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Bengawan Solo Pada Jalan Daendles Sembayat – Gresik Dengan Metode *Cable Stayed*”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Program Studi Strata 1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Strata 1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Ahmad Hassanudin, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik selama saya menjadi mahasiswa.
5. Ahmad Hassanudin, ST., MT. selaku dosen pembimbing utama dan Dwi Nurtanto, ST., MT. selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
6. Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT. dan Nanin Meyfa Utami, ST., MT. selaku tim penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
7. Kedua orang tua saya bapak Askuri dan Ibu Chusna yang senantiasa memberikan kasih sayang serta doanya.
8. Sahabat-sahabat sipil, Soni, Intan, Sugeng, Bahrul, Lili, Yohandri dan kepada seluruh teman seperjuangan teknik sipil angkatan 2012 yang telah menghibur dan memberikan dukungannya.

9. Sahabat-sahabat kosan, Fiqih, Adies, Bagus, Rahmat, Agung, Bayu, Prass, Nanda, Mas Adhi dan Imroatus iim yang selalu menghibur dan memberikan dukungannya.
10. Pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas doa dan dukungannya.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan doa yang telah mereka berikan, mendapat imbalan dari Allah SWT. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 22 Januari 2018

Yang menyatakan

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian	5
2.2 Kriteria Perencanaan	6
2.3 Bagian – bagian Jembatan	6
2.4 Pembebanan Jembatan	12
2.4.1 Faktor beban dan Kombinasi Pembebanan	12
2.5 Beban Permanen	14
2.6 Beban Lalu Lintas	16
2.7 Pembebanan Rencana Railing	21
2.8 Analisa Kekuatan Baja dengan metode LRFD	22
BAB 3 METODOLOGI	26
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.2 Data yang diperlukan	26
3.3 Metodologi	26
3.4 Diagram aliran perencanaan jembatan	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Data Perencanaan Jembatan	30
4.1.1 Pengambilan Data Jembatan	30
4.1.2 Data Jembatan Rencana :	31
4.1.3 Gambar Rencana Struktur	32
4.2 Perhitungan Struktur Jembatan	34
4.2.1 Perencanaan Sandaran	34
4.2.2 Perencanaan tiang sandaran	38
4.2.3 Perencanaan Lantai Trotoar	42

4.2.4 Perencanaan Plat Lantai Kendaraan	45
4.2.5 Perencanaan Gelagar Memanjang	54
4.2.6 Perencanaan Gelagar Melintang.....	64
4.2.7 Perencanaan Ikatan Angin.....	91
4.2.8 Analisa SAP2000	98
4.2.9 Perencanaan Kabel	102
4.2.10 PerencanaanPylon.....	110
4.2.11 Perencanaan Sambungan dan Blok Angkur.....	125
4.2.12 Perencanaan Elastomer	137
BAB 5. PENUTUP	140
5.1 Kesimpulan.....	140
5.2 Saran	141
DAFTAR PUSTAKA	142



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kombinasi Beban dan Faktor Beban	13
Tabel 2.2 Berat Isi untuk Beban Mati	15
Tabel 2.3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	15
Tabel 2.4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	16
Tabel 2.5 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”	17
Tabel 2.6 Faktor Beban untuk Beban “T”	18
Tabel 2.7 Kriteria Kinerja Railing dan Kinerja terhadap Tumbukan	22
Tabel 2.8 Faktor Reduksi Kekuatan	22
Tabel 4.1 Kriteria Kinerja Railing dan Kinerja terhadap Tumbukan	34
Tabel 4.2 Spesifikasi Pipa Sandaran	35
Tabel 4.3 Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan	45
Tabel 4.4 Parameter Garis Netral Komposit	83
Tabel 4.5 Gaya Aksial Tarik Kabel dari SAP 2000	103
Tabel 4.6 Perhitungan Penampang dan Jumlah Strand Kabel	104
Tabel 4.7 Gaya Masing-masing Kabel	110
Tabel 4.8 Gaya Aksial Kabel Pada 1 Pylon	111
Tabel 4.9 Gaya Aksial dan Tegangan Kabel pada Pylon	123
Tabel 4.10 Kontrol Aksial Aksial pada Pylon 1 & 2	134

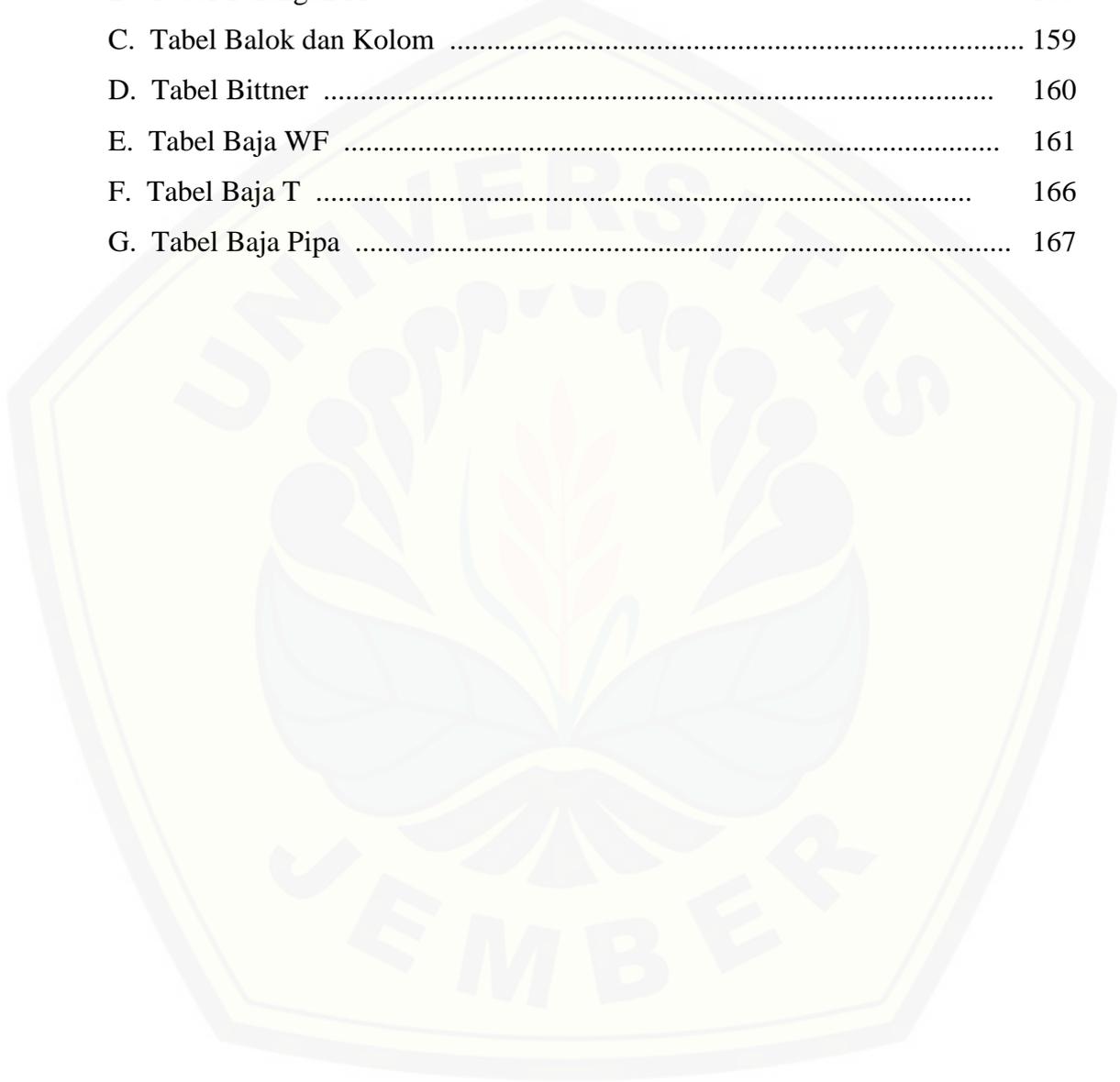
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Jembatan Sembayat (existing)	1
Gambar 1.2 Jembatan Sembayat Masa Kini	2
Gambar 2.1 Jembatan Dryburgh Abbey Footbridge	5
Gambar 2.2 Bagian – Bagian Jembatan	6
Gambar 2.3 Gelagar Stiffening Truss	7
Gambar 2.4 Gelagar Solid Web	8
Gambar 2.5 Kabel Sistem	10
Gambar 2.6 Kabel Sistem Fan	11
Gambar 2.7 Jenis – Jenis Pylon	11
Gambar 2.8 Beban Lajur “D”	17
Gambar 2.9 Pembebanan Truk	18
Gambar 2.10 FBD untuk Beban Lajur “D”	19
Gambar 3.1 Peta Lokasi Jembatan	26
Gambar 4.1 Potongan Memanjang Jembatan	32
Gambar 4.2 Bagian Struktur Atas Jembatan	32
Gambar 4.3 Potongan Melintang Jembatan	33
Gambar 4.4 Ikatan Angin Bawah	33
Gambar 4.5 Potongan Tiang Sandaran	34
Gambar 4.6 Pembebanan pada Tiang Sandaran	38
Gambar 4.7 Penulangan pada Tiang Sandaran	41
Gambar 4.8 Pembebanan Trotoar	42
Gambar 4.9 Plat Lantai Kendaraan	45
Gambar 4.10 Beban “T” Kondisi 1	47
Gambar 4.11 Penyebaran Beban “T” Kondisi 1	47
Gambar 4.12 Beban T dan Penyebarannya pada Kondisi 2	48
Gambar 4.13 Luas Bidang Kontak	49
Gambar 4.14 Potongan Gelagar Memanjang	54
Gambar 4.15 Pemodelan Beban Gelagar Memanjang	55

Gambar 4.16 Pembebanan Gelagar Tepi	55
Gambar 4.17 Pengaruh Beban D pada Gelagar Memanjang	58
Gambar 4.18 Profil Gelagar Memanjang	61
Gambar 4.19 Potongan Gelagar Melintang Jembatan	64
Gambar 4.20 Pembebanan Gelagar Melintang Sebelum Komposit	65
Gambar 4.21 Profil Gelagar Melintang	72
Gambar 4.22 Beban Mati Setelah Komposit	76
Gambar 4.23 Profil Gelagar Melintang dan Komposit	82
Gambar 4.24 Garis Netral Penampang Komposit	83
Gambar 4.25 Diagram Tegangan Gelagar Melintang	85
Gambar 4.26 Garis Netral Komposit	85
Gambar 4.27 Sisi Samping Jembatan yang Terkena Beban Angin	91
Gambar 4.28 Pembebanan Gelagar Memanjang	98
Gambar 4.29 Penyebaran Beban Angin Pada Gelagar	100
Gambar 4.30 Penyebaran Beban Angin Pada Pylon	100
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Spektral Percepatan dan Periode Wilayah Gresik	101
Gambar 4.32 Pembagian Kabel	102
Gambar 4.33 Struktur Pylon	112
Gambar 4.34 Angkur Mati dan Angkur Hidup	128
Gambar 4.35 Detail Elastomer	137

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Gambar Desain Jembatan <i>Cable Stayed</i>	143
B. Tabel Tulangan Plat	158
C. Tabel Balok dan Kolom	159
D. Tabel Bittner	160
E. Tabel Baja WF	161
F. Tabel Baja T	166
G. Tabel Baja Pipa	167



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gresik adalah salah satu kota di Indonesia yang memiliki keunggulan di bidang industrinya, letaknya yang bersebelahan dengan pusat kota di Jawa Timur yaitu Kota Surabaya menjadikan Kota Gresik ini mudah dikenal oleh masyarakat luas. Adanya dua wisata religi yakni Sunan Giri dan Sunan Malik Ibrahim menjadikannya lebih dikenal lagi, namun kita kembali ke Gresik sebagai Kota Industri, dimana ada dua perusahaan besar yang dimiliki Indonesia yang memiliki saham kurang lebih 50%. Yang pertama ada pabrik semen PT. Semen Gresik Tbk dan yang kedua ada pabrik pupuk PT. Petro Kimia Gresik, dua perusahaan inilah yang menyedot para pekerja dan investor masuk ke Kota Gresik. Ada beberapa jalur untuk masuk ke wilayah Kota Gresik, salah satunya lewat jalur Utara yang dimana mayoritas truk-truk dan kendaraan berat lain memilih jalur Utara sebagai jalur perjalanan mereka. Salah satu desa di jalur Utara tepatnya di Desa Sembayat terdapat jembatan penghubung yang dipisahkan oleh Sungai Bengawan Solo.

Dari kaidah ilmu sipil, jembatan merupakan suatu struktur konstruksi yang memungkinkan menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, lembah, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau yang terpisah cukup jauh. Perencanaan jembatan tidak hanya mempertimbangkan aspek struktural dan transportasi saja, tetapi juga perlu meninjau aspek ekonomi dan estetika (Supriyadi & Muntohar, 2007:27).

Jembatan yang terdapat di lokasi tersebut adalah jenis jembatan rangka baja dengan bentang 350 m. Jika ditinjau dari ukuran bentang dan panjangnya, jembatan tersebut merupakan jembatan bentang panjang. Jembatan bentang panjang biasanya didesain dengan beberapa metode diantaranya: a) pelengkung, b) box girder kantilever, c) suspension, d) *cabel stayed*. Dalam skripsi ini, alternatif desain jembatan yang dipilih adalah jembatan *cabel stayed*.



Gambar 1.1 Jembatan Sembayat (*existing*)

Jembatan *cabel stayed* adalah jembatan yang dibangun dengan menggunakan kabel vertikal dan miring dan biasanya menggunakan gelagar baja atau beton sebagai gelagar utama (Zarkashi dan Rosliansjah, 1955). Tipe jembatan *cabel stayed* memiliki volume dan tonase yang lebih kecil daripada jembatan *box girder*. Sehingga dalam proses pengerjaannya memberikan beberapa keuntungan, misalnya pondasi dan tiang pancang yang dibutuhkan tidak terlalu banyak sehingga menghemat anggaran proyek. Jembatan *cabel stayed* merupakan salah satu jenis yang sesuai untuk jembatan bentang panjang (Supriyadi dan Muntohar, 2007 :197). Selain itu, jembatan *cabel stayed* dapat memenuhi aspek estetika yang juga merupakan faktor pertimbangan penting dalam perencanaan jembatan (Supriyadi & Muntohar, 2007 : 27).

Jembatan *sembayat* ini dirasa sudah cukup kuno untuk desain dan masalah struktural yang lain. Dikarenakan sudah banyak mengalami kerusakan untuk aspal jalannya dan umur rencana jembatan yang sudah lebih dari 20 tahun dan faktor lain yang dimana akan dibangunnya pelabuhan internasional yang terletak tidak jauh dari lokasi jembatan, hal tersebut memungkinkan akan bertambahnya volume kendaraan yang akan melintasi jembatan tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut dapat dinyatakan bahwa jembatan *cabel stayed* dapat digunakan sebagai alternatif jembatan *box girder*. Oleh karena itu peneliti

bermaksud melakukan perencanaan ulang jembatan sungai bengawan solo pada jalan daendles di Desa Sembayat Kecamatan Manyar, Gresik menjadi jembatan *cabel stayed*.



Gambar 1.2 Jembatan Sembayat masa sekarang

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah yang telah dijabarkan, maka didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana peneliti dapat mendesain jembatan *cabel stayed* untuk jembatan Bengawan Solo di desa Sembayat Kecamatan Manyar Gresik menurut aturan SNI.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penelitian ini adalah untuk merancang desain jembatan *cable stayed* yang artistik dan aman berdasarkan SNI.

1.4 Manfaat

Manfaat dari perencanaan jembatan *cable stayed* ini adalah :

- 1) Memberikan pandangan tentang perencanaan jembatan *cable stayed* dengan sistem pola kabel tunggal atau single plane.
- 2) Untuk memberikan solusi nyata bila desain jembatan lama itu memang harus di redesain untuk memenuhi kebutuhan volume kendaraan yang setiap tahun akan terus bertambah.

1.5 Batasan Masalah

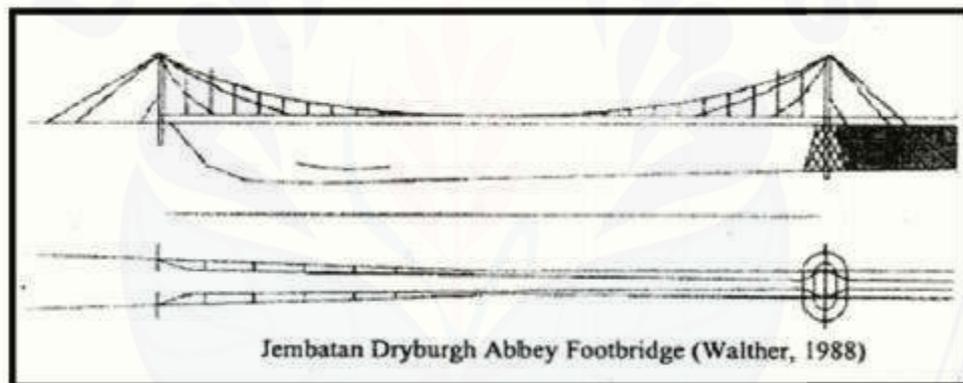
Batasan – batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

- 1) Perencanaan jembatan hanya merencanakan struktur bagian atas ditambah dengan pylon, tidak termasuk desain, ukuran, dan jumlah pondasi.
- 2) Perencanaan jembatan tidak memperhitungkan abutment dan gelagar pada sisi *sideway/approach*, sambungan, dan blok angkur serta gelagar dianggap sama dengan gelagar pada bentang utama.
- 3) Perencanaan hanya ditinjau dari segi teknis saja, tidak memperhitungkan analisa waktu dan analisa harga satuan atau rencana biaya keseluruhan.
- 4) Jembatan yang direncanakan adalah jembatan *cable stayed* dengan bentang 350 meter.
- 5) Peraturan yang diterapkan dalam perencanaan jembatan *cable stayed* adalah SNI.
- 6) Perencanaan tidak termasuk analisa akibat beban gempa.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian

Satu dari banyaknya tipe jembatan bentang panjang adalah jembatan *cable stayed*. Jembatan *cable stayed* sudah dikenal sejak lebih dari 200 tahun yang lalu (Walther, 1988) yang pada awal era tersebut umumnya dibangun dengan menggunakan kabel vertical dan miring seperti Dryburgh Abbey Footbridge di Skotlandia yang dibangun tahun 1817. Jembatan seperti ini masih merupakan kombinasi dari jembatan *cable stayed* modern. Sejak saat itu jembatan *cable stayed* mengalami banyak perkembangan dan mempunyai bentuk yang bervariasi baik dari segi material yang digunakan maupun segi estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007 : 197).



Gambar 2.1 Jembatan Dryburgh Abbey Footbridge

Pada umumnya jembatan *cable stayed* menggunakan gelagar baja, rangka, beton, atau beton pratekan sebagai gelagar utama (Zarkasi dan Rosliansjah, 1995). Pemilihan bahan gelagar tergantung pada ketersediaan bahan, metode pelaksanaan dan harga konstruksi. Penilaian parameter tersebut tidak hanya tergantung pada perhitungan semata melainkan masalah ekonomi dan estetika lebih dominan. Kecenderungan sekarang adalah menggunakan gelagar beton, cast in situ atau prefabricated (pre cast) (Supriyadi dan Muntohar, 2007 : 197).

2.2 Kriteria Perencanaan

Jembatan yang direncanakan harus memiliki standar dan kriteria agar benar – benar layak digunakan dan memberikan kenyamanan dan rasa aman bagi penggunanya, diantaranya adalah :

2.2.1 Kekuatan

Jembatan yang direncanakan harus mampu menopang beban yang bekerja, baik beban hidup maupun beban mati secara aman dan sesuai dengan peraturan.

2.2.2 Lendutan

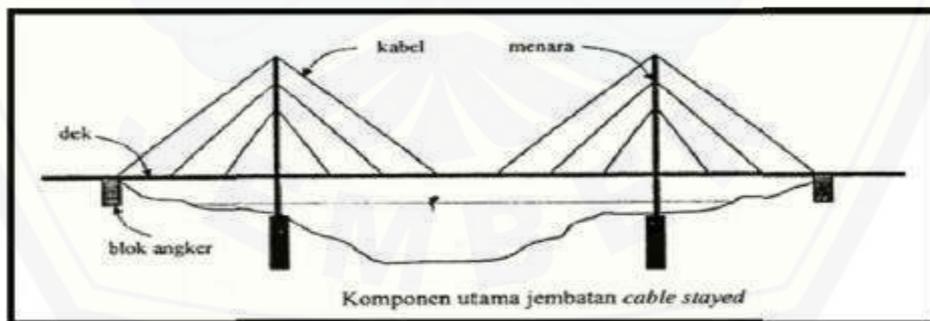
Jembatan yang telah direncanakan tidak boleh melendut, karena lendutan akan menyebabkan pengguna jalan merasa tidak nyaman dan konstruksi jembatan akan mudah mengalami keruntuhan.

2.2.3 Beban Angin

Jembatan yang memiliki dimensi cukup besar mengakibatkan pengaruh angin perlu diperhatikan, karena aliran udara bisa mempengaruhi osilasi torsional dan lentur struktur dan perubahan sudut datang terhadap gelagar akan mengubah besarnya gaya angkat, hal ini bisa mengakibatkan kegagalan konstruksi jembatan.

2.3 Bagian – bagian Jembatan

Pada kaidahnya komponen utama jembatan *cable stayed* terdiri atas gelagar, system kabel dan menara atau pylon (Supriyadi dan Muntohar, 2007: 198)

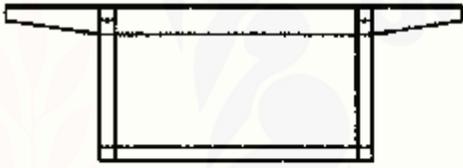


Gambar 2.2 Bagian – bagian jembatan

2.3.1 Gelagar

Bentuk gelagar jembatan *cable stayed* sangat bervariasi namun yang paling sering digunakan ada dua jenis yaitu stiffening truss dan solid web (Polny dan Scalzi, 1976 1976). Pada awal perkembangan jembatan *cable stayed* modern stiffening truss banyak digunakan tetapi sekarang sudah mulai banyak

ditinggalkan dan jarang digunakan dalam desain, karena mempunyai banyak kekurangan. Kekurangannya adalah membutuhkan fabrikasi yang besar, perawatan yang relatif sulit, dan kurang menarik dari segi estetika. Meskipun demikian dapat digunakan sebagai gelagar dengan alasan memiliki sifat aerodinamik yang baik. Dalam keadaan jembatan jalan raya disatukan dengan jembatan jalan rel dan biasanya menggunakan deck ganda yang bertingkat, truss dapat dipertimbangkan sebagai elemen utama deck (Supriyadi dan Muntohar, 2007 : 205). Di bawah ini adalah contoh gambar stiffening truss :

Tipe Jembatan	Tipikal potongan melintang
Jalan raya	
Jalan raya dan jalan rel	
Jalan raya dan jalan rel	

Gambar 2.3 Gelagar stiffening truss (Sumber: Troitsky, 1977)

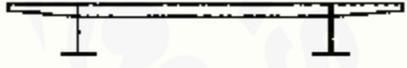
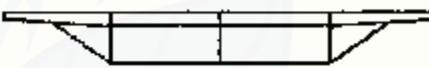
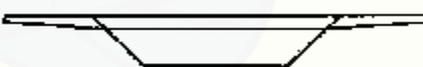
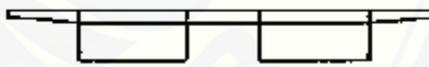
Gelagar yang tersusun dari solid web yang terbuat dari baja atau pun beton cenderung terbagi atas dua tipe yaitu :

- a) Gelagar box (*box girder*), dapat terdiri atas satu atau susunan box yang dapat terbentuk persegi panjang atau trapezium,
- b) Gelagar pelat (*plate girder*), dapat terdiri dari lebih dari satu gelagar atau banyak gelagar.

Susunan dek yang tersusun dari gelagar pelat tidak memiliki kekakuan torsi yang besar sehingga tidak dapat digunakan untuk jembatan yang panjang dan lebar bentangnya hanya menggunakan satu bidang kabel penggantung dek jembatan yang menggunakan satu atau susunan box akan memiliki kekakuan torsi yang sangat besar sehingga cocok untuk jembatan yang mengalami torsi sangat

besar. Susunan gelagar box digunakan pada jembatan yang lebar namun apabila jembatannya menggunakan satu bidang kabel penggantung biasanya menggunakan gelagar box tunggal saja. Permasalahan yang terdapat pada gelagar pelat atau box serta truss hanya pada berupa pada perawatan terhadap korosi yang relative mahal meskipun biaya konstruksinya lebih murah.

Perkembangan teknologi beton yang sangat pesat membuat baja mulai ditinggalkan dan beralih ke gelagar beton yang dapat berupa beton precast atau cetak setempat. Gelagar beton umumnya berupa gelagar box tunggal yang diberi pengaku lateral pada jarak tertentu (upriyadi dan Muntohar, 2007 : 206). Dibawah ini adalah gambar gelagar solid web :

	Susunan	Tipikal potongan melintang
Tipe gelagar utama	Gelagar I Kembar	
	Gelagar box persegi	
	Kombinasi gelagar box (tengah) - gelagar I individual (tepi)	
	Kombinasi gelagar box seluler kembar individual dan <i>stopping struts</i>	
	Gelagar box <i>trapezoidal</i> individual	
	Gelagar box persegi kembar	

Gambar 2.4 Gelagar solid web

Solid web yang terbuat dari beton precast mempunyai banyak keuntungan (Zarkasi dan Rosliansjah, 1995) antara lain :

- a) Struktur dek beton berbentuk aerodinamis yang cenderung tidak bergetar dan memiliki nilai keuntungan,
- b) Komponen gaya horizontal pada kabel akan mengaktifkan gaya tekan pada system dek dimana beton sangat cocok untuk menahan gaya desak,

- c) Beton mempunyai berat yang sangat besar sehingga perbandingan beban hidup dan beban mati menjadi kecil, sehingga perbandingan lendutan akibat beban hidup beban mati tidak terlalu besar,
- d) Pemasangan bangunan atas dan kabel yang relative mudah dengan teknik prestressing masa kini, prefabrikasi, segmental, dan mempunyai kandungan local yang tinggi,
- e) Pemeliharaan lebih mudah karena beton tidak berkarat seperti baja.

Pengalaman dalam perancangan jembatan *cable stayed* (Troitsky,1977) menunjukkan bahwa tinggi gelagar dapat digunakan antara $\frac{1}{15} - \frac{1}{18}$ panjang panel atau $\frac{1}{100} - \frac{1}{200}$ panjang bentang utama. Namun menurut Leonart (dalam Zarkasi dan Roliansjah,1995), perbandingan antara tinggi gelagar dengan bentang utama jembatan sangat bergantung pada rasio lendutan maksimum akibat beban hidup dan beban mati, dan memberikan nilai yang ekonomis jika nilainya berkisar antara $\frac{1}{10} - \frac{1}{90}$. Khusus untuk jembatan *cable stayed* beton dengan system kabel dua bidang, pada kedua ujung tidak menunjukkan gejala aerodinamis yang mengkhawatirkan bila memenuhi persyaratan : $B \geq 10H$ atau $B \geq \frac{L}{30}$.

Dimana : B = Lebar jembatan

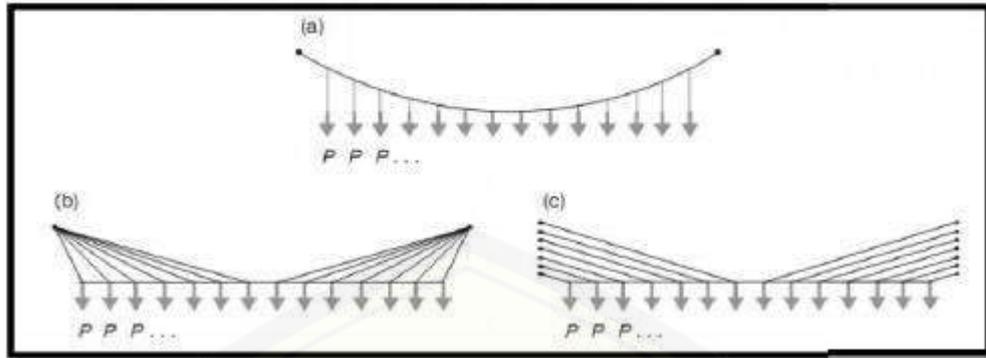
H = Tinggi getar

L = Panjang bentang

Untuk jembatan baja yang relatif ringan dan bentang di atas 400m sehingga cenderung mudah bergetar, persyaratan di atas masih berlaku namun sebaiknya digantung ke menara bentuk A dan harus mempunyai $B \geq \frac{L}{35}$.

2.3.2 Kabel

Sistem kabel merupakan salah satu hal mendasar dalam perencanaan jembatan *cable stayed*. Kabel digunakan untuk menopang gelagar diantara dua tumpuan dan memindahkan beban tersebut ke menara atau pylon. Sistem kabel terbagi menjadi 3 bentuk dasar, yaitu : a) *System Suspense* ; b) *System Fan* ; c) *System Harp*.



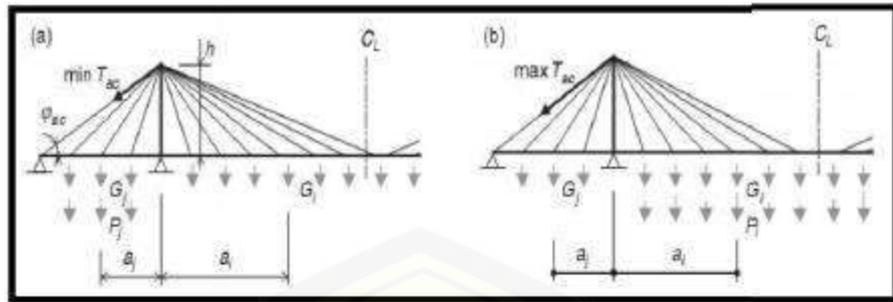
Gambar 2.5 Kabel sistem

a. Sistem kabel Fan

Sudut kemiringan optimal adalah 45° namun masih dapat divariasikan dalam batas – batas yang dapat diterima yaitu antara 25° - 65° . Perbandingan jarak antara kabel atau panjang panel yang diperbolehkan dari struktur yang sudah ada (troitsky,1977) memberikan nilai optimal sebagai berikut :

- 1) Untuk bentang tengah 450 ft – 490 ft (130 m – 150 m), direkomendasikan panjang panel 65 ft (20 m),
- 2) Untuk bentang tengah yang kecil, panjang panel antara 50 ft – 55ft (15 m – 17 m),
- 3) Untuk bentang tengah yang lebih dari 550 ft (170 m) panjang panel seharusnya 100 ft (30 m).

Panel tengah berbeda dengan panel lainnya karena tidak tertekan oleh komponen horizontal gaya kabel dan dimungkinkan menggunakan panjang kabel tengah yang sama atau lebih besar. Pengalaman memberikan bahwa panjang panel tengah 20% - 30% lebih panjang dari panel lainnya (Supriyadi dan Muntohar, 2007:204)



Gambar 2.6 Sistem Fan

Jarak kabel pada gelagar baja adalah 15 m – 25 m sedangkan pada gelagar beton adalah 5 m – 10 m. Dimensi kabel dapat dihitung dengan rumus :

$$A_{sc} = \frac{P \cos \theta}{(0,7 f_u)(\sin \theta \cdot \cos \theta) - \gamma \cdot a}$$

Dimana : A_{sc} = Luas penampang kabel

P = Beban yang bekerja

θ = Sudut kabel terhadap horizontal

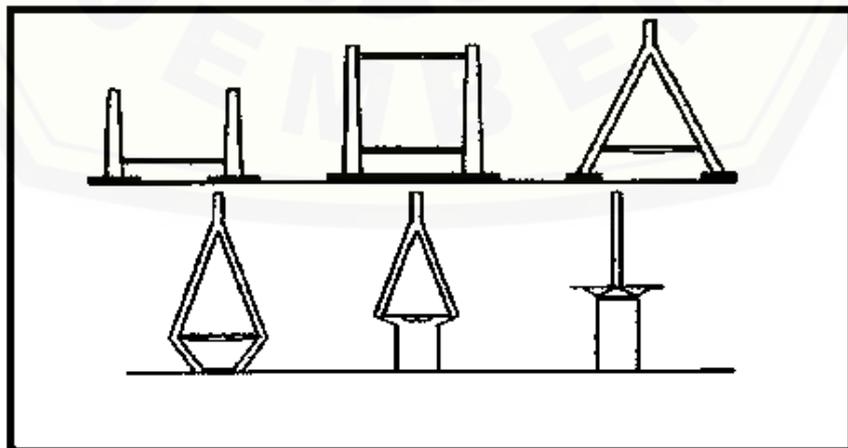
γ = Berat jenis kabel = 77 kN/m³

a = Jarak mendatar kabel = 1860 Mpa

f_u = Tegangan putus kabel = 1860 Mpa

2.3.3 Menara

Pemilihan menara sangat dipengaruhi oleh konfigurasi kabel, estetika, dan kebutuhan perencanaan serta pertimbangan biaya. Bentuk – bentuk menara dapat berupa rangka portal trapezoid, menara kembar, menara A, atau menara tunggal (Supriyadi dan Muntohar, 2007:204)



Gambar 2.7 Jenis – jenis pylon

Menurut Troitsky 1977 hal. 33 tinggi pylon adalah :

$$h \geq L/6$$

$$h = 0,465 \times n \times a$$

dimana : L = Bentang jembatan

n = Jumlah kabel

a = Jarak kabel antar gelagar

h = Tinggi pylon

Sedangkan menurut Gimsing 2012 hal. 353

$$h = 0,291 L$$

2.4 Pembebanan Jembatan

2.4.1 Faktor beban dan Kombinasi Pembebanan

Komponen dan sambungan harus dihitung dengan kombinasi beban-beban seperti yang ditentukan pada setiap keadaan batas sebagai berikut.

Kuat I : Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin

Kuat II : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.

Kuat III : Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Kuat IV : Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.

Kuat V : Kombinasi pembebanan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Ekstrem I : Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup γ_{EQ} yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.

Ekstrem II: Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, tumbukan banjir atau beban hidrolika lainnya.

Layan I : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin.

Layan II :Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.

Layan III : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan.

Layan IV : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan.

Fatik : Kombinasi beban fatik dan fraktur sehubungan dengan umur fatik akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas.

Tabel 2.1 Kombinasi Beban dan Faktor Beban

Keadaan Batas	MS	TT								Gunakan salah satu		
	MA	TD	EU	EWS	EWL	BF	EUn	TG	ES	EQ	TC	TV
	TA	TB										
	PR	TR										
	PL	TP										
	SH											
Kuat I	γ_P	1.80	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_P	1.40	1.00	-	-	1.00	0.50/1.21	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_P	-	1.00	1.40	-	1.00	0.50/1.22	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_P	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.23	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_P	-	1.00	0.40	1.00	1.00	0.50/1.24	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_P	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-
Ekstrem II	γ_P	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00
Daya Layan I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00	0.50/1.24	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Layan II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	0.50/1.25	-	-	-	-	-
Daya Layan III	1.00	1.80	1.00	-	-	1.00	0.50/1.26	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Layan IV	1.00	-	1.00	0.70	-	1.00	0.50/1.27	-	1.00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber: SNI 1725, 2016: 11

Keterangan :

Beban Permanen

MS = Beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan

MA = Beban mati perkerasan dan utilitas

TA = Gaya horizontal akibat tekanan tanah

PL = Gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan

PR = Prategang

Beban Transien

SH = Gaya akibat susut/rangkak

TB = Gaya akibat rem

TR = Gaya sentrifugal

TC = Gaya akibat tumbukan kendaraan

TV = Gaya akibat tumbukan kapal

EQ = Gaya gempa

BF = Gaya friksi

TD = Beban lajur "D"

TT = Beban truk "T"

TP = Beban pejalan kaki

SE = Beban akibat penurunan

ET = Gaya akibat temperatur gradien

EU_n = Gaya akibat temperatur seragam

EF = Gaya apung

EW_S = Beban angin pada struktur

EW_L = Beban angin pada kendaraan

EU = Beban arus dan hanyutan

2.5 Beban Permanen

2.5.1 Umum

Massa setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam tabel 2.2 dan berat jenis bahan yang digunakan (SNI 1725, 2016: 13).

Tabel 2.2 Berat Isi untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2245
2	Besi tuang	71.0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1755
4	Kerikil dipadatkan	18.8 - 22.7	1920 - 2315
5	Beton aspal	22.0	2245
6	Beton ringan	12.25 - 19.6	1250 - 2000
7	Beton $f'_c < 35$ MPa	22.0 - 25.0	2320
	$35 < f'_c < 105$ MPa	$22 + 0.022 f'_c$	$2240 + 2.29 f'_c$
8	Baja	78.5	7850
9	Kayu	7.8	800
10	Kayu keras	11.0	1125

Sumber: SNI 1725, 2016: 13

2.5.2 Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan bagian struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap (SNI 1725, 2016: 14). Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)		
		Bahan	Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1.00	1.10	0.90
	Aluminium	1.00	1.10	0.90
	Beton pracetak	1.00	1.20	0.85
	Beton dicor di tempat	1.00	1.30	0.75
	Kayu	1.00	1.40	0.70

Sumber: SNI 1725, 2016: 14

2.5.3 Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Dalam hal tertentu, nilai faktor beban untuk beban mati tambahan yang berbeda dengan ketentuan pada tabel 2.4 boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan

apabila instansi tersebut melakukan pengawasan terhadap beban mati tambahan pada jembatan, sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan (SNI 1725, 2016: 14).

Tabel 2.4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

Tipe Bahan	Faktor Beban (γ_{MS})		
	Keadaan	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)
		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1.00	2.00
	Khusus (terawasi)	1.00	1.40

Catatan: Faktor beban layan sebesar 1.3 digunakan untuk berat utilitas

Sumber: SNI 1725, 2016: 14

2.6 Beban Lalu Lintas

2.6.1 Umum

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban truk “T” adalah suatu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam jalur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri atas dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda keadaan berat. Hanya satu truk “T” ditempatkan per lajur lalu lintas rencana (SNI 1725, 2016).

Secara umum, beban “D” akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban “T” digunakan untuk bentang pendek dan rantai kendaraan (SNI 1725, 2016).

2.6.2 Beban Lajur “D” (TD)

Beban Lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti pada gambar 2.4. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “D” seperti pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U)
Transien	Beton	1.00	1.80
	Boks Girder	1.00	2.00
	Baja	1.00	2.00

(Sumber: SNI 1725, 2016: 39)

2.6.3 Intensitas beban “D”

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

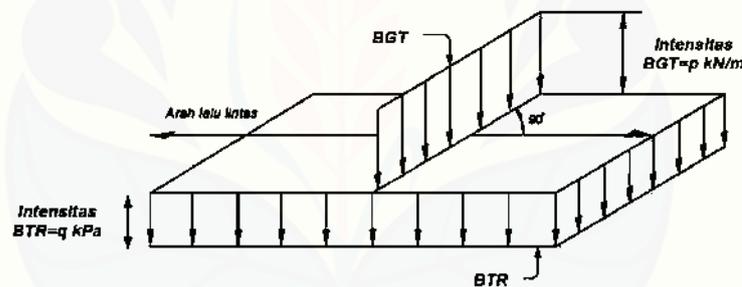
Jika $L \leq 30$ m : $q = 9,0$ kPa

Jika $L > 30$ m : $q = 9,0 (0,5 + 15/L)$ kPa

Keterangan:

q : intensitas beban terbagi rata dalam arah memanjang jembatan.

L : panjang total jembatan



Gambar 2.8 Beban Lajur “D” (Sumber: SNI 1725, 2016: 39)

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus (SNI 1725, 2016).

2.6.4 Distribusi beban “D”

Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen –komponen BTR dan BGT dari beban “D” secara umum dapat dilihat pada gambar 2.4.

2.6.5 Respons terhadap beban lajur “D”

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan. Hal itu dilakukan dengan mempertimbangkan beban lajur “D” tersebar pada seluruh lebar balok dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

2.6.6 Beban Truk “T”

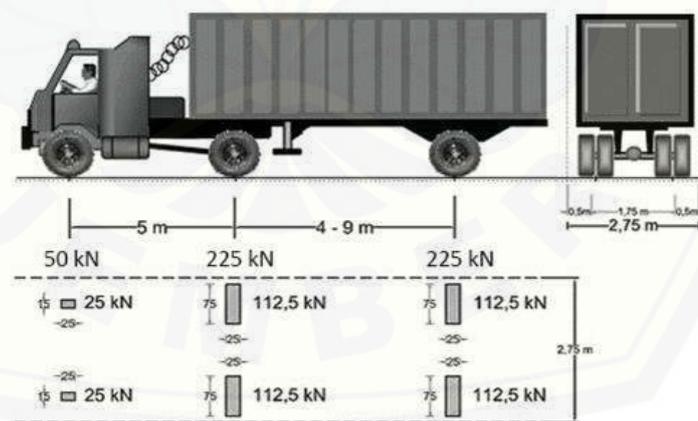
Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk “T”. Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Adapun faktor beban untuk beban “T” seperti pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Faktor Beban untuk Beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TT})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TT}^U)
	Beton	1.00	1.80
Transien	Boks Girder	1.00	2.00
	Baja	1.00	2.00

(Sumber: SNI 1725, 2016: 41)

2.6.7 Intensitas beban truk “T”



Gambar 2.9 Pembebanan truk “T” (500 kN) (Sumber: SNI 1725, 2016)

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan berat gandar seperti terlihat pada Gambar 2.5. Berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai (SNI 1725, 2016: 41).

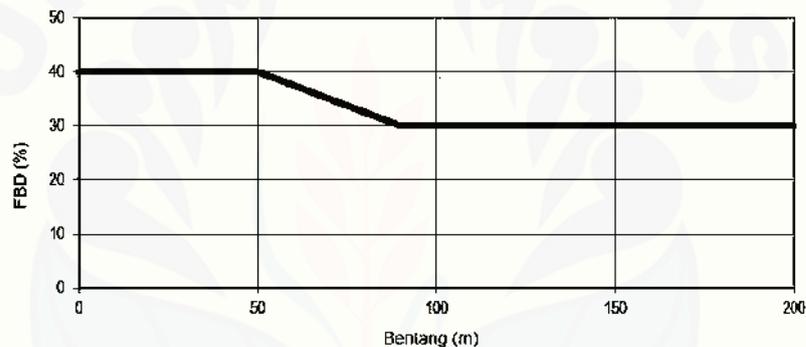
2.6.8 Bidang kontak roda kendaraan

Bidang kontak roda kendaraan yang terdiri atas satu atau dua roda diasumsikan mempunyai bentuk persegi panjang dengan panjang 750 mm dan lebar 250 mm. Tekanan ban harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan bidang kontak (SNI 1725, 2016: 42).

2.6.9 Faktor Beban Dinamis

Beban statis truk rencana harus diperbesar sesuai dengan FBD. Gaya sentrifugal dan gaya rem tidak perlu diperbesar. FBD tidak perlu diterapkan pada beban pejalan kaki atau beban terbagi rata BTR (SNI 1725, 2016: 45).

Untuk pembebanan truk "T", FBD diambil 30%. Sementara untuk beban lajur "D" dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 FBD untuk Beban Lajur "D" (Sumber: SNI 1725, 2016: 45)

2.6.10 Gaya Rem (TB)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

- 25% dari berat gandar truk desain atau,
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR).

Gaya rem tersebut harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan bekerja secara horizontal di atas permukaan jalan dan dipilih yang paling menentukan (SNI 1725, 2016: 46).

2.6.11 Beban Pejalan Kaki (TP)

Semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing jalur kendaraan.

Jika trotoar dapat dinaiki maka beban pejalan kaki tidak perlu dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan (SNI 1725, 2016: 46).



2.7 Pembebanan Rencana Railing

Fungsi utama railing yaitu untuk memberikan keamanan pada pengguna jalan. Seluruh sistem pengaman lalu lintas, railing dan railing kombinasi secara struktur dan geometrik harus tahan terhadap benturan kendaraan.

Dalam perencanaan railing, beban yang bekerja ditentukan oleh salah satu kriteria kinerja berikut:

Kinerja 1 : Digunakan pada jalan dengan kecepatan rencana rendah dan volume kendaraan yang sangat rendah, jalan lokal dengan kecepatan rencana rendah;

Kinerja 2 : Digunakan pada jalan lokal dan kolektor dengan kondisi baik seperti jumlah kendaraan berat yang sedikit dan rambu kecepatan sedikit;

Kinerja 3 : Digunakan pada jalan arteri dengan kecepatan rencana tinggi dengan campuran kendaraan berat yang sangat rendah dan kondisi jalan yang baik;

Kinerja 4 : Digunakan pada jalan arteri dengan kecepatan rencana tinggi, jalan bebas hambatan, jalan ekspres, dan jalan antar kota dengan campuran truk dan kendaraan berat;

Kinerja 5 : Digunakan sesuai dengan kriteria kinerja 4 dan jika kendaraan berat memiliki porsi besar terhadap lalu lintas harian atau saat kondisi jalan mengharuskan kriteria kinerja railing yang tinggi;

Kinerja 6 : Digunakan pada jalan yang dapat dilalui truk tipe tanker atau kendaraan dengan beban gravitasi yang cukup besar;

Pihak yang berwenang memiliki tanggung jawab untuk menentukan kriteria kinerja yang paling tepat untuk jembatan. Kriteria kinerja yang dipilih harus sesuai dengan berat kendaraan dan kecepatan serta sudut tumbuk sesuai tabel 2.7 (SNI 1725, 2016: 61)

Tabel 2.7 Kriteria Kinerja Railing dan Kinerja terhadap Tumbukan

Karakteristik Kendaraan	Mobil		Truk Pickup	Satu Unit Truk Van	Truk Trailer Van	Trailer Tipe Van	Truk Tipe Traktor-Tanker
W (N)	7000	8000	20000	80000	220000	355000	355000
B (mm)	1700	1700	2000	2300	2450	2450	2450
G (mm)	550	550	700	1250	1630	1850	2050
Sudut tumbuk (θ)	20°	20°	25°	15°	15°	15°	15°
Kriteria Kinerja	Kecepatan Kendaraan (km/jam)						
KK-1	50	50	50	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-2	70	70	70	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-3	100	100	100	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-4	100	100	100	80	N/A	N/A	N/A
KK-5	100	100	100	N/A	N/A	80	N/A
KK-6	100	100	100	N/A	N/A	N/A	80

Sumber: SNI 1725, 2016: 62

2.8 Analisa Kekuatan Baja dengan metode LRFD

Pada penelitian ini, perencanaan struktur baja menggunakan metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*). Metode ini didasarkan pada ilmu probabilitas, sehingga dapat mengantisipasi segala ketidakpastian dari material maupun beban. Oleh karena itu, metode LRFD ini dianggap cukup andal (Setiawan, 2008: 1). Kekuatan pada keadaan batas ultimit diperoleh dari perkalian kekuatan nominal dengan faktor reduksi kekuatan. Faktor reduksi kekuatan diambil dari nilai-nilai yang dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Faktor Reduksi Kekuatan

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan, ϕ
a. Lentur	0.90
b. Geser	0.90
c. Aksial tekan	0.85
d. Aksial tarik	
1 terhadap kuat tarik leleh	0.90
2 terhadap kuat tarik fraktur	0.75
e. Penghubung geser	0.75
f. Sambungan baut	0.75
g. Hubungan las	
1 Las tumpul penetrasi penuh	0.90
2 Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0.75

Sumber: RSNI T 03, 2005: 9

Berdasarkan RSNI T 03 tahun 2005 tentang Struktur Baja untuk Jembatan, dalam perencanaan suatu struktur baja perlu dilakukan kontrol kelangsingan

penampang, serta kontrol kapasitas kekuatan terhadap lentur, geser, tekan atau tarik sesuai dengan metode LRFD. Selanjutnya akan dijelaskan lebih detail mengenai kontrol kapasitas baja pada subbab ini.

2.8.1 Kelangsingan Penampang

Kelangsingan (λ) penampang adalah ukuran dari kecenderungan untuk menekuk pada lentur atau beban aksial atau kombinasi keduanya. Kelangsingan penampang ini sangat mempengaruhi kecenderungan tekuk suatu unsur. Kelangsingan penampang dapat dirumuskan:

$$\lambda = \left(\frac{b}{t}\right) \times \sqrt{\frac{f_y}{250}}$$

Keterangan:

b = lebar penampang pelat tekan kearah luar

t = tebal penampang

f_y = tegangan leleh

2.8.2 Kekuatan Lentur

Suatu komponen struktur yang memikul momen lentur terhadap sumbu kuat (sumbu-x), dan dianalisis dengan metode elastis, harus memenuhi:

$$M_u \leq \phi M_n$$

Momen nominal penampang dapat diperoleh dari:

$$M_n = Z \cdot f_y$$

Keterangan:

M_u = Momen lentur terfaktor

ϕ = Faktor reduksi

M_n = Momen nominal penampang

Z = Modulus penampang

f_y = Tegangan leleh

2.8.3 Kekuatan Geser

Kekuatan unsur terhadap gaya geser ultimit rencana (V_u) ditentukan oleh kekuatan geser badan, dengan perumusan:

$$V_u \leq \phi V_n$$

Keterangan:

V_u = Kekuatan geser ultimit unsur

V_n = Kekuatan geser nominal penampang

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

2.8.4 Kekuatan Tekan

Kemampuan suatu unsur untuk menahan gaya tekan dari beban sangat menentukan ketahanan struktur. Jika penampang suatu unsur dinyatakan kompak, maka digunakan rumus:

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$N_n = A_g \frac{f_y}{w_x}$$

Dengan besarnya w ditentukan oleh λ_s , yaitu:

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Untuk $\lambda_s < 0,25$ maka,

$$w_x = 1$$

Untuk $0,25 < \lambda_s < 1,2$ maka

$$w_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_s}$$

Untuk $\lambda_s > 1,2$ maka

$$w_x = 1,25 \lambda^2$$

Keterangan:

N_u = Gaya tekan aksial terfaktor

N_n = Gaya tekan aksial nominal penampang

ϕ = Faktor reduksi kekuatan bahan

A_g = Luas penampang bruto

2.8.5 Kekuatan Tarik

Kekuatan unsur terhadap gaya tarik ultimit rencana (N_u) ditentukan oleh persyaratan sebagai berikut:

$$N_u \leq \phi N_n$$

N_n adalah kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah di beberapa persamaan di bawah ini:

- a. Kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto:

$$N_n = A_g f_y$$

- b. Kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif:

$$N_n = A_e f_u$$

- c. Kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan *rupture* pada penampang:

- 1) Kuat geser *rupture* nominal:

$$N_n = 0,6 A_{nv} f_u$$

- 2) Kuat tarik *rupture* nominal:

$$N_n = A_{nt} f_u$$

- 3) Kuat tarik dan geser *rupture* nominal:

- a) Untuk $A_{et} f_u \geq 0,6 A_{ev} f_u$

$$N_n = 0,6 A_{gv} f_y + A_{nt} f_u$$

- b) Untuk $A_{et} f_u < 0,6 A_{ev} f_u$

$$N_n = 0,6 A_{nv} f_u + A_{gt} f_y$$

Keterangan:

N_u = Gaya tarik aksial terfaktor

N_n = Gaya tarik aksial nominal penampang

ϕ = Faktor reduksi kekuatan bahan

A_g = Luas penampang bruto

A_{gt} = Luas penampang bruto terhadap tarik

A_{gv} = Luas penampang bruto terhadap geser

A_{nt} = Luas penampang netto terhadap tarik

A_{nv} = Luas penampang netto terhadap geser

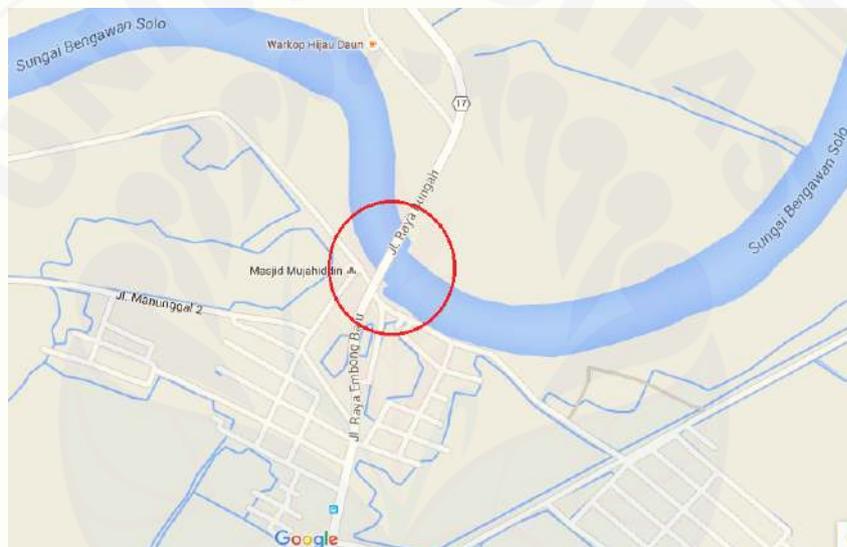
f_y = Tegangan leleh

f_u = Tegangan putus

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Jembatan yang direncanakan ulang terletak di Desa Sembayat Kecamatan Manyar, Gresik. Jembatan tersebut berada di aliran Sungai Bengawan Solo yang menghubungkan Desa Sembayat dengan Desa Bungah yang masih berada didalam satu kecamatan. Perencanaan ulang jembatan ini berlangsung selama enam bulan pada November 2015 – Mei 2016. Dibawah ini gambar yang menunjukkan lokasi jembatan Sembayat.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Jembatan

3.2 Data yang diperlukan

Untuk merencanakan ulang jembatan di Kecamatan Manyar, Gresik diperlukan data awal jembatan yang digunakan sebagai patokan desain. Data – data tersebut antara lain: a) gambar yang sudah ada ; b) panjang jembatan ; c) tinggi jembatan ; dan d) lebar jembatan.

3.3 Metodologi

Langkah awal perencanaan ulang jembatan ialah dimulai dengan pengambilan data awal jembatan. Pengambilan data ini ditujukan untuk mengkaji gambar awal jembatan yang sudah ada. Data yang diperoleh adalah lebar

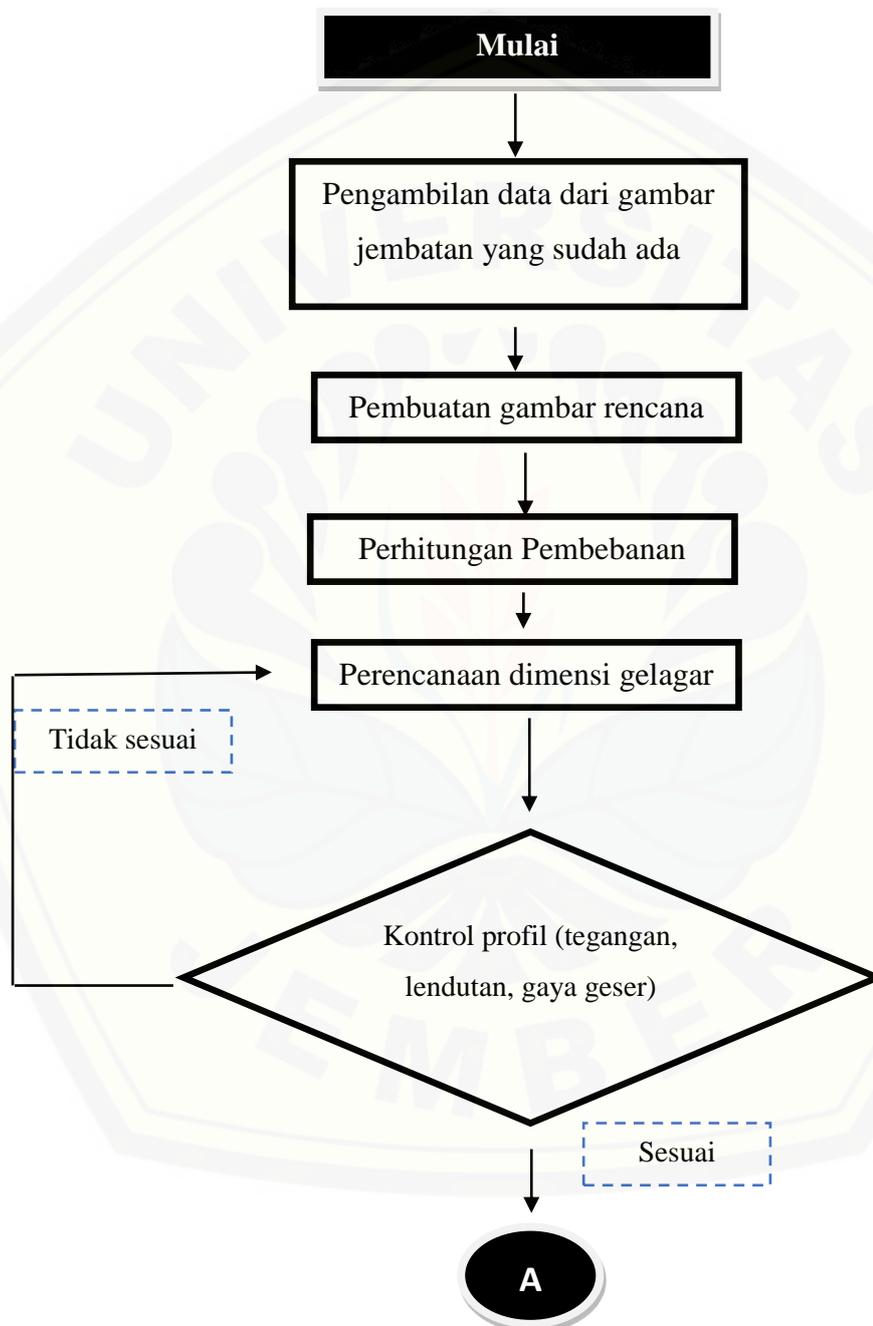
jembatan, panjang jembatan, dan tinggi jembatan. Langkah selanjutnya ialah dengan melakukan perhitungan dan perencanaan ulang jembatan dengan desain jembatan *cable stayed*. Perhitungan dan perencanaan dilakukan dengan tahap – tahap dibawah ini :

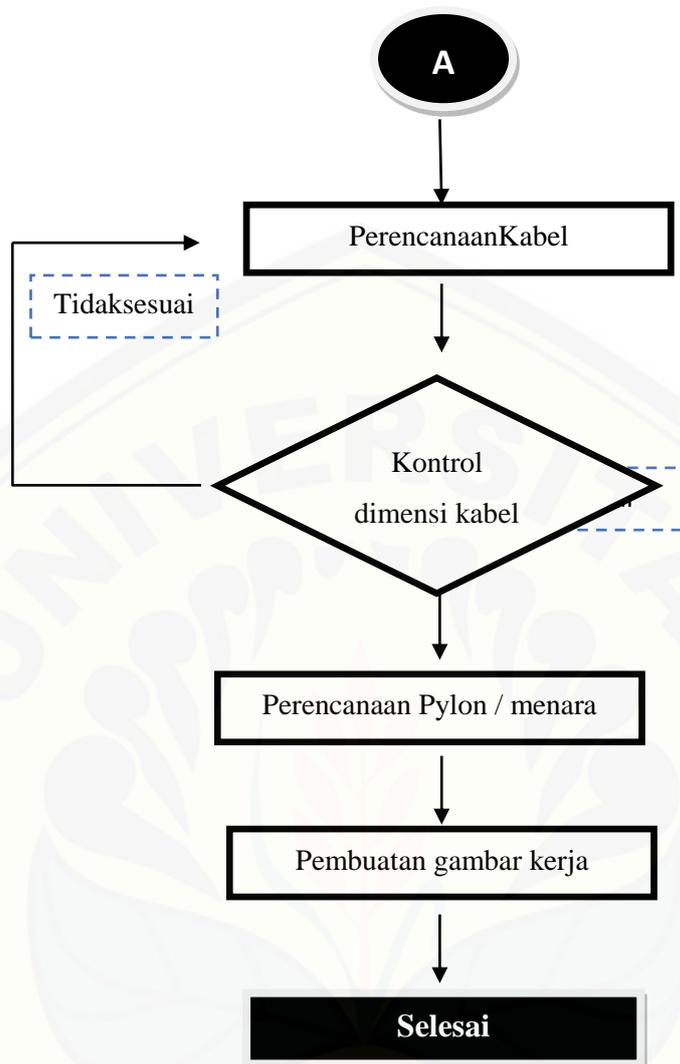
- a. Pembuatan gambar rencana, bertujuan untuk menghasilkan gambar rencana jembatan. Gambar pada tahap ini masih menggunakan ukuran sesungguhnya karena belum dilakukan perhitungan.
- b. Perhitungan pembebanan, bertujuan menghitung beban rencana yang akan bekerja pada jembatan dengan mengacu pada RSNI T –02-2005.
- c. Perencanaan tebal pelat, bertujuan untuk merencanakan perhitungan tebal pelat lantai beserta dimensi tulangan berdasarkan hasil dari perhitnguan pembebanan.
- d. Perencanaan gelagar, bertujuan untuk merencanakan gelagar memanjang dan melintang jembatan. Perancangan gelagar menggunakan profil baja dengan berpedoman pada RSNI T -02-2005.
- e. Perencanaan kabel, bertujuan untuk merancang kabel yang digunakan untuk menopang jembatan. Pada jembatan *cable stayed*, kabel yang digunakan untuk menopang gelagar diantara dua tumpuan dan memindahkan beban tersebut ke menara (Supriyadi dan Muntohar, 2007:198).
- f. Perencanaan pylon atau menara, bertujuan untuk merancang menara jembatan. Pemilihan menara sangat dipengaruhi oleh konfigurasi kabel, estetika, dan kebutuhan perencanaan serta pertimbangan biaya, bentuk – bentuk menara dapat berupa rangka portal trapezoid, menara kembar, menara A, atau menara tunggal (Supriyadi dan Muntohar, 2007:204).
- g. Pembuatan gambar kerja, bertujuan untuk menghasilkan gambar yang sesuai dengan ukuran yang telah diperhitungkan.

3.4 Diagram aliran perencanaan jembatan

Diagram alir perencanaan jembatan cable stayed diuraikan pada gambar dibawah ini :

judul





BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

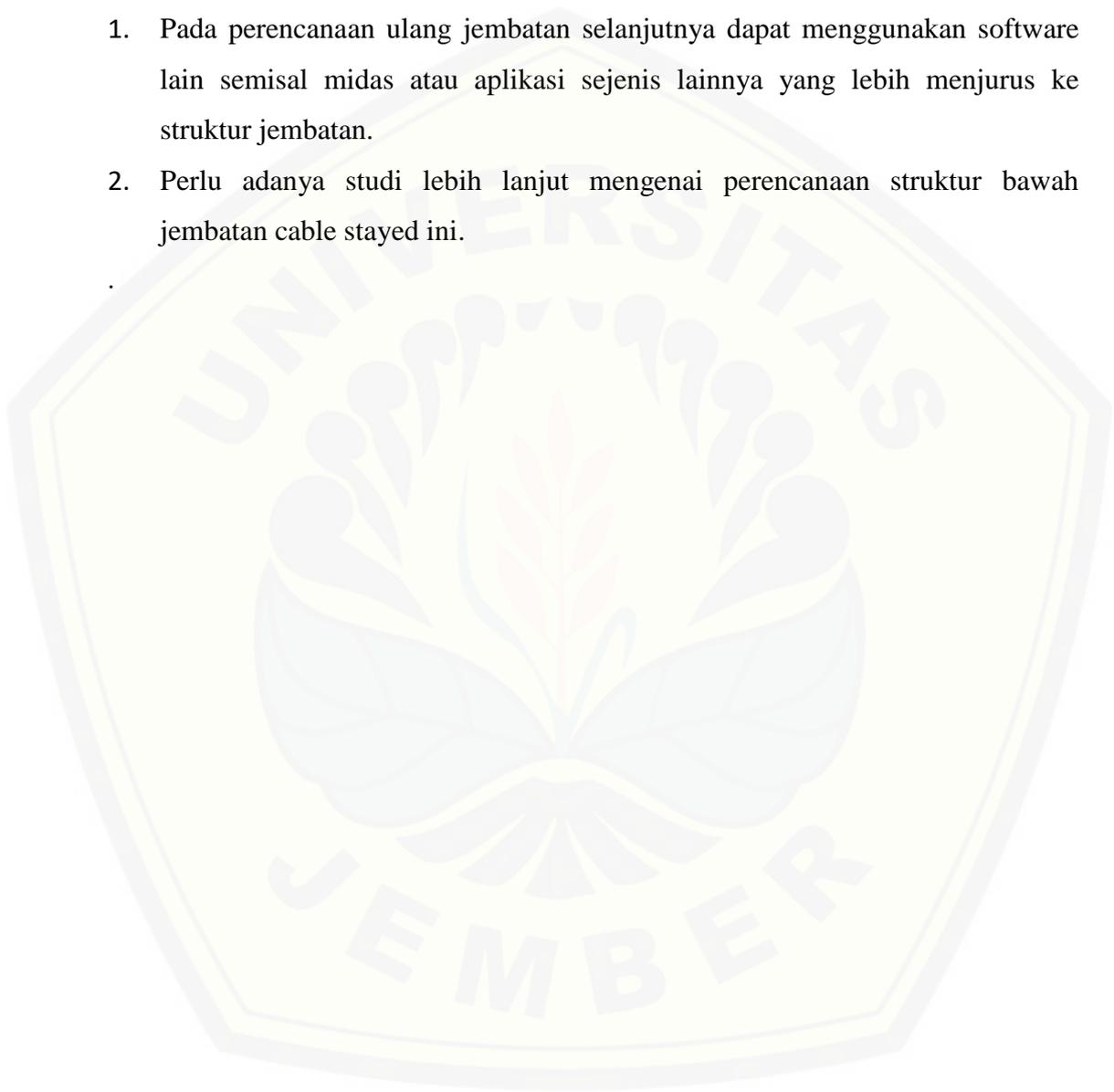
Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur jembatan baru merupakan jembatan *cable stayed* tipe *two pylon* dengan bentang 350 m, lebar 10,6 m
2. Semua struktur beton menggunakan mutu beton K361 ($f_c = 30$ MPa) dan mutu tulangan BJ 55 ($f_y = 410$ MPa).
3. Struktur baja pada jembatan ini menggunakan baja profil dengan mutu baja BJ 55 ($f_y = 410$ MPa; $f_u = 550$ MPa). Rincian dimensi baja profil yang digunakan sebagai berikut:
 - Gelagar memanjang menggunakan baja profil WF 300.150.6,5.9
 - Gelagar melintang menggunakan baja profil WF 600.200.11.17
 - Ikatan angin bawah menggunakan baja profil L 150.150.16
4. Perencanaan kabel menggunakan tipe kabel strand 61, dimana : tebal selubung HDPE 4 mm, Diameter kabel 15,2 mm, Diameter kabel HDPE stand 61 144,8 mm, Tegangan putus kabel (f_u) 1860 Mpa, dan luas penampang kabel (A) 146,907 cm².
5. Pendimensian pylon dibagi ada 3 jenis, A-A, B-B, C-C, dimana dimensi A-A 200x 300cm, dengan tulangan 22 D29 dan sengkang D 22, Dimensi B-B 100x100 cm tulangan 6D29 sengkang D22, dan C-C 150 x 150cm tulangan 12D29 dan sengkang D 22
6. Perencanaan sambungan menggunakan plat L 100.100.12 dengan D baut 19mm dengan f_u 825 Mpa
7. Perencanaan angkur dengan dimensi angkur 60x60 cm dengan tebal plat 50mm
8. Dari perencanaan diatas struktur dari jembatan *cable stayed* sendiri sudah aman dari beban angin, deformasi ataupun dari beban gempa.
9. Perletakan jembatan menggunakan bantalan elastomer dengan dimensi bantalan 1000 x 1000 x 304 mm dan tebal lapisan baja 2 mm.

5.2 Saran

Setelah mengevaluasi hasil perencanaan yang telah dilakukan didapatkan saran sebagai berikut:

1. Pada perencanaan ulang jembatan selanjutnya dapat menggunakan software lain semisal midas atau aplikasi sejenis lainnya yang lebih menjurus ke struktur jembatan.
2. Perlu adanya studi lebih lanjut mengenai perencanaan struktur bawah jembatan cable stayed ini.



DAFTAR PUSTAKA

- AISC. 2010. *Specification for Structural Steel Building*. Chicago: AISC.
- AISC. 2011. *Design Examples VI4.1*. Chicago: AISC.
- AISC. 2011. *Steel Construction Manual 14th*. Chicago: AISC.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. Manual Konstruksi dan Bangunan 017/BM/2011. *Manual Pemeliharaan Pelengkung Baja*.
- Gunawan, Rudy. 1988. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 10/SE/M/2015. *Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan*.
- RSNI T-03. 2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- RSNI T-04. 2005. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- SNI 1725. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2833. 2008. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2967. 2008. *Spesifikasi Bantalan Elastomer Tipe Polos dan Tipe Berlapis untuk Perletakan Jembatan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supriyadi, Bambang, dan Agus Setyo Muntohar. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Thornton, William and Carlo Lini. 2011. *The Whitmore Section*. Chicago: AISC.
http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/