

SKRIPSI
REDESAIN JEMBATAN SAMOTA SUMBAWA MENGGUNAKAN
BOX GIRDER PRESTRESSED

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH :
YEYEN MEGA DIANA
2019D1B187

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
TAHUN 2023

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI**

**REDESAIN JEMBATAN SAMOTA SUMBAWA MENGGUNAKAN
BOX GIRDER PRESTRESSED**


Disusun Oleh:

YEYEN MEGA DIANA
2019D1B187


Mataram, 22 Juni 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I


Dr. Eng. Harivadi, ST., M.Sc (Eng)
NIDN. 0027107301

Pembimbing II


Nurul Hidayati, ST., M. Eng
NIDN. 0815049401

Mengetahui.

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dehan,


Dr. H. Aj Syallendra Ubaidillah, ST., M.Sc

NIDN. 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI
REDESAIN JEMBATAN SAMOTA SUMBAWA MENGGUNAKAN
BOX GIRDER PRESTRESSED

Disusun Oleh:

YEYEN MEGA DIANA
2019D1B187

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari Sabtu, 24 Juni 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)
2. Penguji II : Nurul Hidayati, ST., M.Eng
3. Penguji III : Hafiz Hamdani, ST., MT

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

Dr. H. Aji Syallendra Ubaidillah, ST., M. Sc
NIDN. 0806027101

HALAMAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir/skripsi dengan judul :

“REDESAIN JEMBATAN SAMOTA SUMBAWA MENGGUNAKAN BOX GIRDER PRESTRESSED”

Benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam tugas akhir/skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Bila terbukti di kemudian hari bahwa tugas akhir/skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Demikian pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dalam keadaan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, Juni 2023
Yang Membuat Pernyataan



Yeven Mega Diana
2019D1B187



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : YEYEN MEGA DIANA
 NIM : 2019018187
 Tempat/Tgl Lahir : Lamp. A. Agustus, 2002
 Program Studi : Teknik Sipil
 Fakultas : Teknik
 No. Hp : 082340035625
 Email : Hyndiana2@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

Pedekain Jembatan Samota Gumbawa menggunakan box girder prestressed

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 41%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, Rabu, 5 Juli 2023

Penulis



YEYEN MEGA DIANA
 NIM. 2019018187

Mengetahui,
 Kepala UPT Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos., M.A.
 NIDN. 0802048904

salah satu yang sesuai



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : YEYEN MEGA DIANA
 NIM : 2019016187
 Tempat/Tgl Lahir : Lape, A, Agustus 2002
 Program Studi : Teknik Sipil
 Fakultas : Teknik
 No. Hp/Email : 082340035625
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

Relevansi Jembatan Samota Sumbawa menggunakan box girder prestressed.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, Rabu, 5 Juli 2023

Penulis

YEYEN MEGA DIANA
 NIM. 2019016187

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos., M.A.
 NIDN. 0802048904

MOTO

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatiku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanku.”

(Umar bin Khattab)

Tidak ada sesuatu yang mustahil untuk dikerjakan,

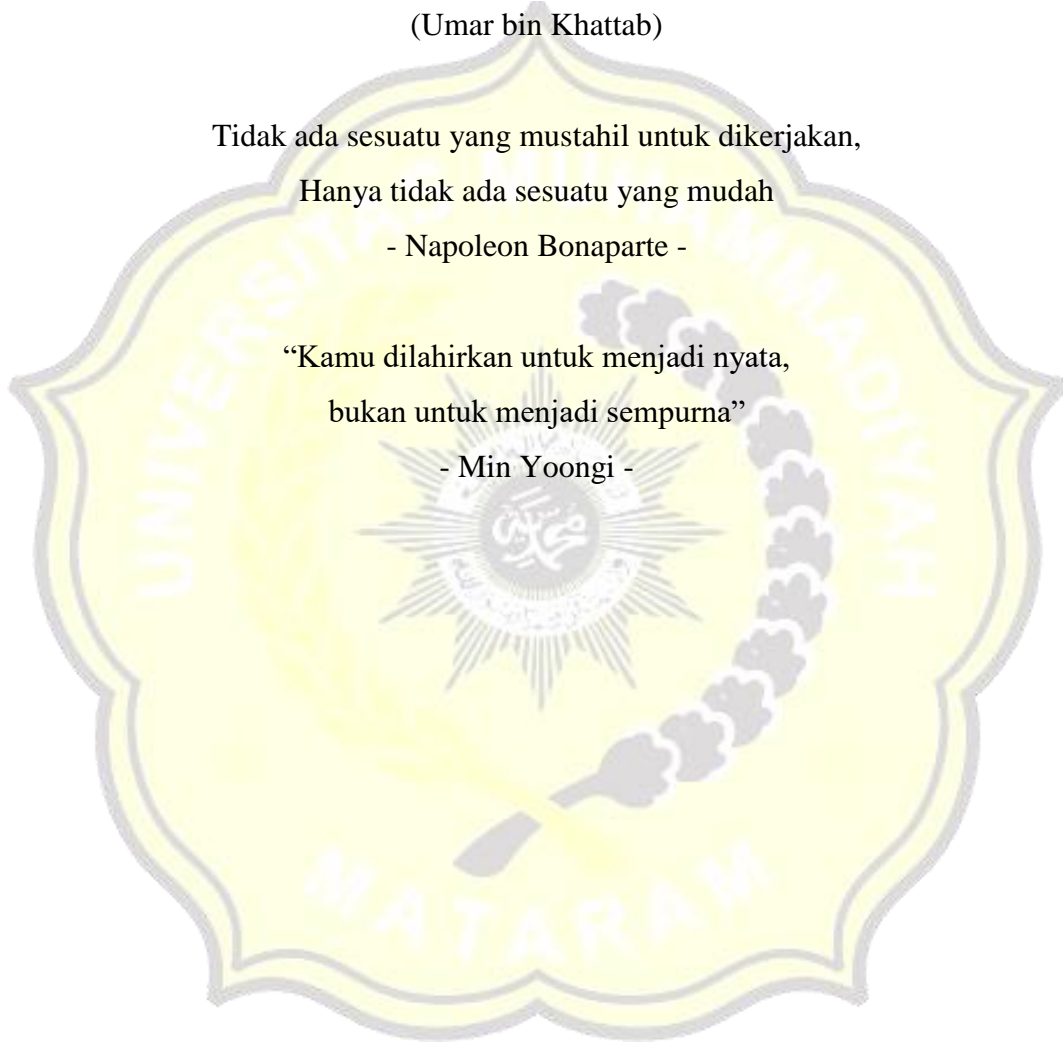
Hanya tidak ada sesuatu yang mudah

- Napoleon Bonaparte -

“Kamu dilahirkan untuk menjadi nyata,

bukan untuk menjadi sempurna”

- Min Yoongi -



UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan dukungan secara moril maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah Subhanhuwa Ta'ala yang telah memberi rahmat serta ridhonya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi.
2. Kedua orang tua penulis Ayahanda tercinta A.Kapi dan Ibunda tercinta Rapiawati telah menjadi orang tua yang sangat luar biasa untuk penulis yang telah mengorbankan waktu, tenaga, dan uang untuk membiayai pebulis dari awal Sekolah Dasar (SD) hingga ke Perguruan Tinggi, selalu mendukung, selalu mendoakan, memberikan kasih sayang yang luar biasa sehingga selalu ada motivasi untuk mengerjakan dan menyelesaikan skripsi ini.
3. Drs. Abdul Wahab, M.A. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Aji Syailendra Abdullah, M.Sc. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
5. Adryan Fitrayudha, ST., MT. sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram
6. Dr. Eng. Haryadi, ST., M. Sc (Eng). Sebagai Dosen Pembimbing Utama yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam penelitian ini.
7. Nurul Hidayati, ST., M.Eng. Sebagai Dosen Pembimbing Kedua yang selalu membimbing penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
8. Kakak penulis tercinta Martono, S.Pd. dan Sumaino, S.Pd. beserta istrinya tercinta Wiwit dan Mariyati S.Pd yang selalu memberikan dukungan baik secara moril maupun material dan juga cibirannya sehingga tugas akhir ini berjalan dengan lancar.
9. Terima kasi kepada Grup BTS mau HEALING Yayi Anggraini Safitri, Ranni Sahlinda, Nadaratunnur, dan Zulva Abdullah, yang sudah banyak membantu penulis dari masa perkuliahan hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Kepada angkatan tahun 2019 yang tidak bisa penulis sebut semuanya, penulis ucapkan terima kasih.
10. Terima kasih kepada Dedy Sutamrin atas bantuan, dukungan, kebaikan, perhatian, dan pengertiannya selama ini yang tiada habisnya.

Semoga Allah SWT memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan. Amin.

PRAKATA

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-nya sehingga penulis menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“REDESAIN JEMBATAN SAMOTA SUMBAWA MENGGUNAKAN BOX GIRDER PRESTRESSD”**. Skripsi ini merupakan bagian dari salah satu kurikulum yang wajib diikuti bagi setiap mahasiswa guna memenuhi kewajiban dan menyelesaikan tugas akhir untuk memperoleh derajat kesarjanaan S-1 pada program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Untuk ini perkenankanlah penulis menghaturkan ucapan dan rasa terima kasih kepala:

1. Dr. Abdul Wahab, M.A. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Adryan , Fitraydha, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Sc (Eng) selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Nurul Hidayati, ST., M. Eng selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Semua Dosen dan Pihak Sekertariat Fakultas Teknik UMMAT.

Skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran penulis di masa depan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat kedepannya.

Mataram, Juni 2023

Yeyen Mega Diana

ABSTRAK

Jembatan Samota dibangun dengan struktur pelengkung sebagai penopang utama dari struktur jembatan. Jembatan dibangun pada tahun 2015 dan mulai beroperasi pada awal 2018, jembatan Samota menjadi salah satu ikon kabupaten dan menjadi tempat baru wisata di Sumbawa. Jembatan ini memiliki panjang 80 m dan lebar jalan 7 m tidak termasuk trotoar dan dirancang tanpa pilar. Pada skripsi ini direncanakan ulang struktur jembatan dengan menggunakan penampang *box girder* prategang sebagai bentang utama jembatan. Desain rencana jembatan *box girder* akan dibagi menjadi 2 bentang yang masing-masing bentang terdiri dari 40 m dengan adanya pilar di tengah bentang, dengan total panjang jembatan yaitu 80 m dan lebar jembatan 8 m.

Perencanaan jembatan dimulai dengan penjelasan mengenai latar belakang, pemilihan tipe *box girder*, perumusan, tujuan perencanaan, dan pembahasan. Peraturan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pembebanan untuk jembatan SNI 1725:2016, perencanaan terhadap beban gempa SNI 2833-2016, dan SNI 7833:2012, untuk analisa struktur menggunakan program *Microsoft Excel* dan penggambaran permodelan jembatan menggunakan aplikasi *Autocad 2013*. Materi pembahasan meliputi kontrol kehilangan gaya prategang, kontrol tegangan yang terjadi, dan kontrol lendutan.

Hasil dari perencanaan jembatan dengan menggunakan *box girder* ialah, digunakan *box girder* dengan tinggi *box* 2,4 m dan lebar 10,3 m, terdiri slab atas dengan tebal slab atas bagian tengah 25 cm, slab atas bagian tepi 25 cm, tebal dinding tengah 30 cm dan slab bawah dengan tebal 25 cm. Digunakan 7 tendon dibagi 3 bagian atas penampang dan 4 bagian bawah penampang, setiap tendon terdiri dari 25 *strands*.

Kata kunci: Perencanaan jembatan, Box girder, Beton prategang, Samota

ABSTRACT

The Samota Bridge was built with an arch structure as the main support of the bridge structure. The Samota Bridge has become a district landmark and a new Sumbawa tourist attraction. This bridge has a length of 80 meters and a road width of seven meters, excluding footpaths; it also lacks piers. Using a prestressed box girder section as the bridge's primary span, the bridge structure is redesigned in this thesis. The plan for the box girder bridge will be divided into two spans, each of which will be 40 meters long and contain a pillar in the middle, with a total bridge length of 80 meters and a bridge width of 8 meters.

Bridge planning begins with explaining the historical context, selection of box girder types, formulation, and planning objectives. The regulations utilized for this planning are loading for bridges SNI 1725:2016, planning for earthquake loads SNI 2833-2016, and SNI 7833:2012, for structural analysis using Microsoft Excel and rendering of bridge modelling using Autocad 2013. Control loss of prestressing force, stress control that occurs, and deflection control are included in the discussion material.

Planning a bridge with a box girder results in the use of a box girder with a box height of 2.4 m and a width of 10.3 m, comprised of a top slab with a middle upper slab thickness of 25 cm, an upper slab edge of 25 cm, a middle wall thickness of 30 cm and a bottom slab with a thickness of 25 cm. Each tendon comprised 25 filaments and consisted of three upper sections and four lower sections, for seven tendons.

Keywords: *Bridge planning, Box girder, Prestressed concrete, Samota*

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
BUSAT WILAYAH KEMERDEKAAN DESA DE JAYA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
P3B
Kepala
UPT P3B
Humaira, M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
HALAMAN KEASLIAN PENELITIAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH....	vi
MOTO	vii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	viii
PRAKATA	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL.....	xx
DAFTAR SINGKATAN.....	xxii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Landasan Teori	5
2.2.1. Pengertian jembatan	5

2.2.2.	Beton prategang	6
2.2.3.	Prinsip dasar prategang	6
2.2.4.	Gaya prategang	7
2.2.5.	Sistem prategang.....	7
2.2.6.	Kehilangan gaya prategang	8
2.2.7.	Tegangan	10
2.2.5.1.	Tegangan ijin beton.....	11
2.2.5.2.	tegangan ijin tendon prategang	12
2.2.8.	Lendutan	13
2.2.9.	<i>Box girder</i>	13
2.2.10.	<i>Precast segmental box girder</i>	15
2.2.11.	Perencanaan dimensi <i>box girder</i>	16
2.3.	Analisa Pembebanan Jembatan.....	17
2.3.1	Beban mati.....	17
2.3.2	Berat sendiri (<i>MS</i>).....	18
2.3.3	Beban mati tambahan / utilitas (<i>MA</i>).....	19
2.3.4	Beban hidup.....	19
2.3.5	Perencanaan sandaran.....	28
2.3.6	Perencanaan trotoar	29
2.3.7	Perencanaan kerb.....	29
2.3.8	Perencanaan gelagar memanjang dan melintang.....	29
2.3.9	Perencanaan blok ujung (<i>end block</i>).....	30
2.3.10	Pekerjaan <i>prestessing</i>	31
2.3.11	Perencanaan Elastomer.....	34
BAB III	METODE PENELITIAN	36
3.1.	Lokasi Penelitian	36
3.2.	Data Kontruksi Jembatan	36
3.3.	Studi Literatur	37
3.4.	Tahapan Penelitian	37

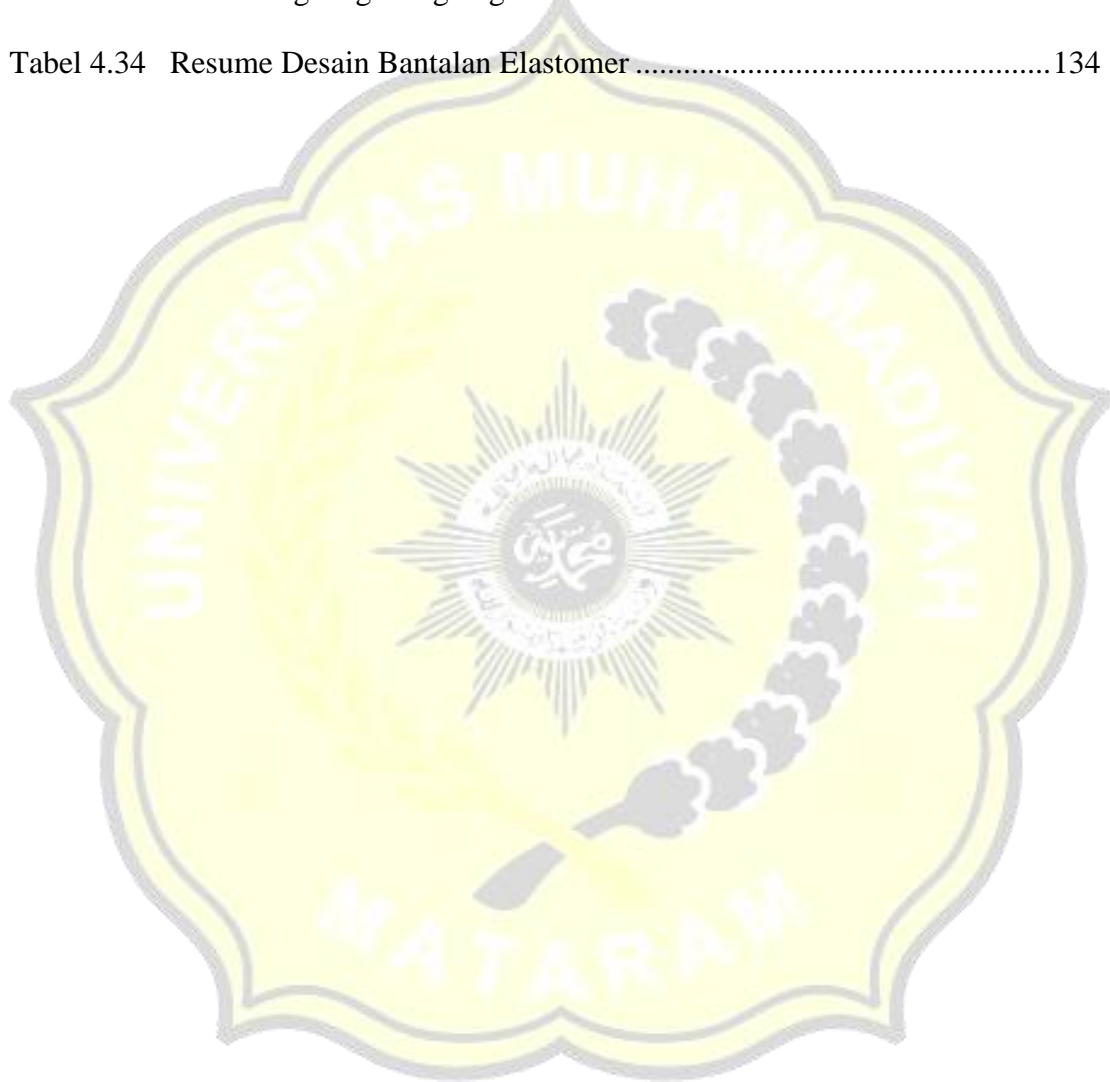
3.5.	Bagan Alir Penelitian	39
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	40
4.1.	Tinjauan Umum	40
4.2.	Perhitungan Struktur Atas Jembatan Bentang 80 m	40
4.2.1.	Perhitungan sandaran.....	41
4.2.2.	Perencanaan kerb.....	49
4.2.3.	Perencanaan trotoar	53
4.2.4.	Balok prategang bentang 40 m	60
4.2.4.1.	Pendimensian dan analisis penampang <i>box girder</i> bentang 40 m	60
4.2.4.2.	Analisis pembebanan gelagar bentang 40 m...62	
4.2.4.3.	Kombinasi Beban Bentang 40 m	77
4.2.4.4.	Gaya <i>prestress</i> , eksentrisitas dan jumlah tendon bentang 40 m	78
4.2.4.4.1.	Beban satu <i>strands</i>	81
4.2.4.4.2.	Posisi tendon	82
4.2.4.4.3.	Susut ankur.....	85
4.2.4.5.	Tata letak dan <i>trace</i> kabel tendon	87
4.2.4.6.	Kehilangan gaya prategang bentang	89
4.2.4.7.	Tegangan yang Terjadi Pada <i>box girder</i>	96
4.2.4.8.	Lendutan pada <i>box girder</i>	111
4.2.4.9.	Perhitungan penulangan <i>box girder</i>	119
4.2.7.10.	Penulangan <i>End Block</i>	120
4.2.5.	Perencanaan Bantalan Elastomer	130
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	135
5.1.	Kesimpulan	135
5.2.	Saran	136
	DAFTAR PUSTAKA	137
	LAMPIRAN.....	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketentuan Tebal Sayap Atas Minimum Profil <i>Box</i>	16
Tabel 2.2	Berat Isi Untuk Beban Mati	17
Tabel 2.3	Faktor Beban Berat Sendiri.....	18
Tabel 2.4	Faktor Untuk Beban Mati Tambahan.....	19
Tabel 2.5	Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D”.....	19
Tabel 2.6	Faktor Beban untuk Beban “T”	20
Tabel 2.7	Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah (<i>TA</i>).....	22
Tabel 2.8	Nilai V_u Dan Z_o Untuk Berbagai Varian Kondisi Permukaan hulu.....	23
Tabel 2.9	Faktor Beban Akibat Pengaruh Temperatur	24
Tabel 2.10	Faktor Beban Akibat Pengaruh Susut Dan Rangkak	25
Tabel 2.11	Faktor Beban Akibat Pengaruh Prategang.....	25
Tabel 2.12	Zona Gempa.....	27
Tabel 2.13	Faktor Modifikasi Respon (<i>R</i>)	28
Tabel 4.1	Berat Sendiri Dan Momen Pada Trotoar.....	54
Tabel 4.2	Gaya Dan Momen Trotoar Akibat Beban Hidup.....	55
Tabel 4.3	Hasil Analisis Pena,Pang Gelagar Prategang.....	61
Tabel 4.4	Perhitungan Momen Dan Gaya Akibat Berat Sendiri Balok	63
Tabel 4.5	Perhitungan Momen Dan Gaya geser Akibat Beban Mati Sendiri	65
Tabel 4.6	Perhitungan Beban Tambahan	66
Tabel 4.7	Perhitungan Momen Dan Gaya Geser Akibat Beban Mati Tambahan.....	67

Tabel 4.8	perhitungan momen dan gaya geser akibat beban lajur “D”	69
Tabel 4.9	Perhitungan Momen Dan Gaya Geser Akibat Gaya Rem.....	71
Tabel 4.10	Perhitungan Momen Dan Gaya Geser Akibat Beban Angin	73
Tabel 4.11	Perhitungan Momen Dan Gaya Akibat Beban Gempa	76
Tabel 4.12	Rekapitulasi Momen Dan Gaya Geser Maksimum	77
Tabel 4.13	Kombinasi Momen Maksimum	77
Tabel 4.14	Kombinasi Gaya Geser Maksimum	78
Tabel 4.15	Eksentrisitas Masing-Masing Tendon.....	83
Tabel 4.16	Lintasan Inti Tendon	84
Tabel 4.17	Susut Angkur.....	86
Tabel 4.18	Tata Letak Dan <i>Trace</i> Kabel Tendon.....	87
Tabel 4.19	Momen Akibat Temperatur.....	106
Tabel 4.20	Rekapitulasi Tegangan Yang Terjadi Akibat Beban	107
Tabel 4.21	Rekapitulasi Kombinasi Tegangan	111
Tabel 4.22	Rekapitulasi Lendutan Yang Terjadi Akibat Beban	116
Tabel 4.23	Rekapitulasi Kombinasi Lendutan	118
Tabel 4.24	Data Angkur	121
Tabel 4.25	Momen Statis Luasan Bagian Atas (<i>Sxa</i>).....	121
Tabel 4.26	Momen Statis Luasan Bagian Bawah (<i>Sxb</i>).....	121
Tabel 4.27	Perhitungan Sengkang Arah Vertikal	123
Tabel 4.28	Perhitungan Sengkang Arah Horizontal	123
Tabel 4.29	Jumlah Sengkang Yang Digunakan Untuk <i>Bursting Force</i>	123

Tabel 4.30	Momen Dan Gaya Geser Maksimum Kombinasi 6 (Ekstrem I)	126
Tabel 4.31	Tinjauan Geser Diatas Garis Netral	127
Tabel 4.32	Tinjauan Geser Dibawah Garis Netral	128
Tabel 4.33	Jarak Sengkang Yang Digunakan	129
Tabel 4.34	Resume Desain Bantalan Elastomer	134



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Penampang Melintang <i>Single-Cel Box Girder</i>	14
Gambar 2.2	Bentuk Penampang <i>Single-Cell Box Girder</i>	14
Gambar 2.3	Tipe Segmen <i>Box Girder</i>	16
Gambar 2.4	Beban Lajur “D”	20
Gambar 2.5	Pembebanan Truk “T”	21
Gambar 2.6	Zona Angkur Ujung Beton Terletak	31
Gambar 2.7	Angkur Tipe SA (<i>Annex 1</i>)	32
Gambar 2.8	Angkur Tipe FA (<i>Annex 1</i>)	32
Gambar 2.9	Kepala Angkur	33
Gambar 2.10	Pelat Angkur	33
Gambar 2.11	Trumpet Tipe A	34
Gambar 3.1	Lokasi Jembatan	36
Gambar 3.2	Potongan Exisiting Jembatan	37
Gambar 3.3	Bagan Air Penelitian	39
Gambar 4.1	Desain Tiang Sandaran	41
Gambar 4.2	Beban Merata Pada Pipa Sandaran	43
Gambar 4.3	Beban Hidu Ada Railing	44
Gambar 4.4	Detail Tulangan Tiang Sandaran	48
Gambar 4.5	Pembebanan Pada Kerb	49
Gambar 4.6	Detail Tulangan Kerb	52
Gambar 4.7	Pembebanan Berat Sendiri Trotoar	53

Gambar 4.8	Pembebanan Berat Beban Hidup	55
Gambar 4.9	Detail Tulangan Slab Lantai Trotoar	59
Gambar 4.10	Bentuk Dan Dimensi <i>Box Girder</i>	60
Gambar 4.11	Pendimensian Pada <i>Box Girder</i>	61
Gambar 4.12	Beban Merata Akibat Beban Sendiri.....	62
Gambar 4.13	Beban Merata Akibat Beban Mati.....	64
Gambar 4.14	Beban Merata Akibat Beban Mati Tambahan	66
Gambar 4.15	Beban Merata Akibat Beban Gempa.....	75
Gambar 4.16	Rencana Layout Tendon.....	82
Gambar 4.17	Posisi Tendon Di Tengah Bentang	82
Gambar 4.18	Posisi Tendon Di Tumpuan	83
Gambar 4.19	Angkur Tipe SA (<i>Annex 1</i>).....	86
Gambar 4.20	Angkur Tipe FA (<i>Annex 1</i>).....	86
Gambar 4.21	Daerah Lintasan Tendon.....	89
Gambar 4.22	Posisi <i>End Balok</i>	120
Gambar 4.23	senggang <i>bursing force</i>	120
Gambar 4.24	Pelat Angkur	122
Gambar 4.25	senggang <i>bursing force</i> yang digunakan	124
Gambar 4.26	Gaya-Gaya Yang Terjadi Pada Tendon	124
Gambar 4.27	Bantalan Elastomer.....	130
Gambar 4.28	Desain Elastomer Rencana	134

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

A	= Luas penampang.
A_C	= Luas penampang.
C	= Kohesi tanah (kN/m^3).
C_{sm}	= Adalah koefisien respon gempa elastis.
E_Q	= Adalah gaya gempa horizontal statis (kN).
e_s	= Eksentrisitas.
h	= Tinggi total balok penampang
H_t	= Tinggi total balok penampang.
L	= Panjang total jembatan yang terbebani (m).
n	= Jumlah tendon atau jumlah pasangan tendon yang ditarik.
P	= Beban vertikal (kN).
P_t	= Prategang awal.
P_{eff}	= Prategang aktif sesudah kehilangan.
q	= Adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanang jembatan kPa.
Rd	= Adalah modifikasi respons.
T	= Beban horizontal (kN).
VB	= Kecepatan angin rencana yaitu 90 km/jam hingga 126 km/jam.
VDZ	= Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam).
$V0$	= Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi.
$V10$	= Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air rencana (km/jam).
Wa	= Tahanan momen sisi atas.
Wb	= Tahanan momen sisi bawah.
Wt	= Berat total struktur dari beban mati dan beban hidup (kN).
Y	= Titik berat penampang.
ya	= Jarak titik berat penampang terhadap sera tatas.

y_b = Jarak titik berat penampang terhadap serat bawah.

Z = Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm).

Δf_{pA} = Kehilangan prategang akibat slip ankur.

Δf_{pCR} = Kehilangan prategang akibat rangkai pada beton.

Δf_{pES} = Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton.

Δf_{pF} = Kehilangan prategang akibat friksi/gesekan.

Δf_{pT} = Kehilangan prategang total.

Δf_{pPR} = Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon.

Δf_{pSH} = Kehilangan prategang akibat susut pad beton.



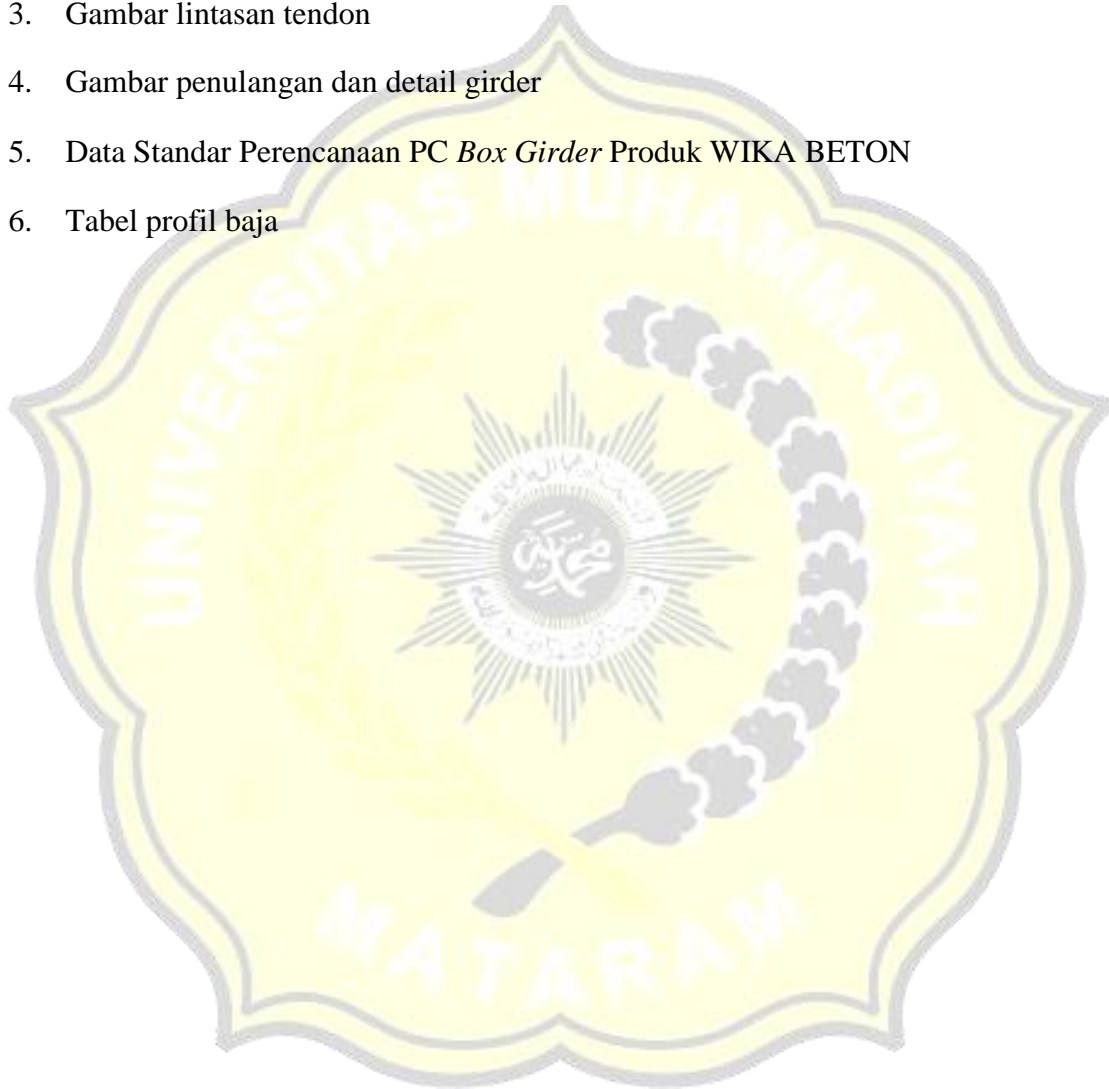
DAFTAR SINGKATAN

<i>A</i>	= Slip ankur
<i>BGT</i>	= Beban Garis Terpusat
<i>BTR</i>	= Beban Terbagi Rata
<i>CR</i>	= Rangkak Beton
<i>ES</i>	= Perpendekan Elastis Beton
<i>EW</i>	= Beban Angin
<i>F</i>	= Friksi
<i>MA</i>	= Beban Mati Tambahan
<i>MS</i>	= Berat Sendiri
<i>PR</i>	= Pengaruh Prategang
<i>R</i>	= Relaksasi Baja
<i>SH</i>	= Susut Beton
<i>TB</i>	= Gaya Rem
<i>TD</i>	= Beban Lajur
<i>TT</i>	= Beban Truck



DAFTAR LAMPIRAN

1. Tabel kombinasi momen akibat beban
2. Tabel kombinasi gaya geser akibat beban
3. Gambar lintasan tendon
4. Gambar penulangan dan detail girder
5. Data Standar Perencanaan *PC Box Girder* Produk WIKA BETON
6. Tabel profil baja



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan suatu penghubung sungai, lembah, laut, saluran irigasi, dan lainnya. Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus. Pembangunan jembatan di berbagai daerah di Indonesia, hampir sebanding dengan banyaknya jembatan yang dibangun namun tidak mampu mencapai umur rencananya, dikarenakan beberapa faktor seperti kondisi dari struktur jembatan yang cepat mengalami kerusakan yang diakibatkan pertumbuhan volume dan arus lalu lintas yang pesat dan tidak sesuai rencana. Menurut Pusat Data dan Teknologi Informasi (Pusdatin), 2017 Indonesia memiliki 18.014 unit jembatan di tahun 2016, namun sebanyak 61,59% jembatan di Indonesia berada dalam kondisi baik. Adapun material penyusun jembatan banyak menggunakan jenis beton prategang. Dasar pemilihan material beton ada keuntungannya karena ketersediaan dan proses produksi yang mudah, serta bisa dicetak menjadi banyak bentuk. Penggunaan beton prategang sebagai konstruksi dengan bentang panjang dikarenakan pada sifat yang dimiliki pada beton itu sendiri dan kekuatan untuk menahan beban yang didukungnya. Beton dibandingkan dengan bahan lain memiliki beberapa kelebihan yaitu kuat tekan tinggi, tahan api dan termasuk bahan yang awet. Sifat beton yang tidak kuat terhadap tegangan tarik yang tinggi, maka diperkuat dengan baja yang memiliki kuat tarik tinggi.

Jembatan Samota adalah jembatan yang dibangun di atas Sungai Brang Biji yang merupakan jembatan pertama dengan struktur pelengkung di Pulau Sumbawa yang berfungsi selain sebagai infrastruktur penghubung Simpang Jalan Negara (SJK) Garuda dengan Tanjung Menangis, jembatan ini juga menjadi salah satu ikon kabupaten dan menjadi tempat baru wisata di Sumbawa. Jembatan Samota adalah akronim untuk tiga kawasan di Sumbawa, yaitu Teluk Saleh, Pulau Moyo, dan Gunung Tambora. Dimana tiga kawasan tersebut menjadi daerah eksotis Sumbawa.

Jembatan Samota merupakan jembatan yang dibangun pada tahun 2015 dan mulai beroperasi pada awal tahun 2018 yang memiliki panjang 80 m dan lebar 14 m. Jembatan ini terbuat dari struktur pelengkung sebagai penopang utama dari struktur jembatan. Pada penelitian ini, bangunan atas jembatan samota akan direncanakan ulang menggunakan beton prategang tipe *box girder* dengan panjang 80 m dan lebar 8 m. Tipe prategang ini dipilih karena dapat memikul beban lentur yang lebih besar, dan tahan terhadap gaya geser.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan ditinjau berdasarkan latar belakang diatas adalah sebagai berikut.

1. Berapakah dimensi *box girder prestressed* yang optimum dapat digunakan pada jembatan Samota?
2. Berapa besar tegangan dan lendutan yang terjadi pada *box girder* prategang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan perencanaan ulang struktur jembatan prategang Samota dengan tipe *box girder* ini sebagai berikut.

1. Untuk merencanakan bangunan atas jembatan menggunakan *box girder* prategang.
2. Untuk mengetahui besar tegangan dan lendutan akibat beban dan gaya pada perencanaan *box girder*.

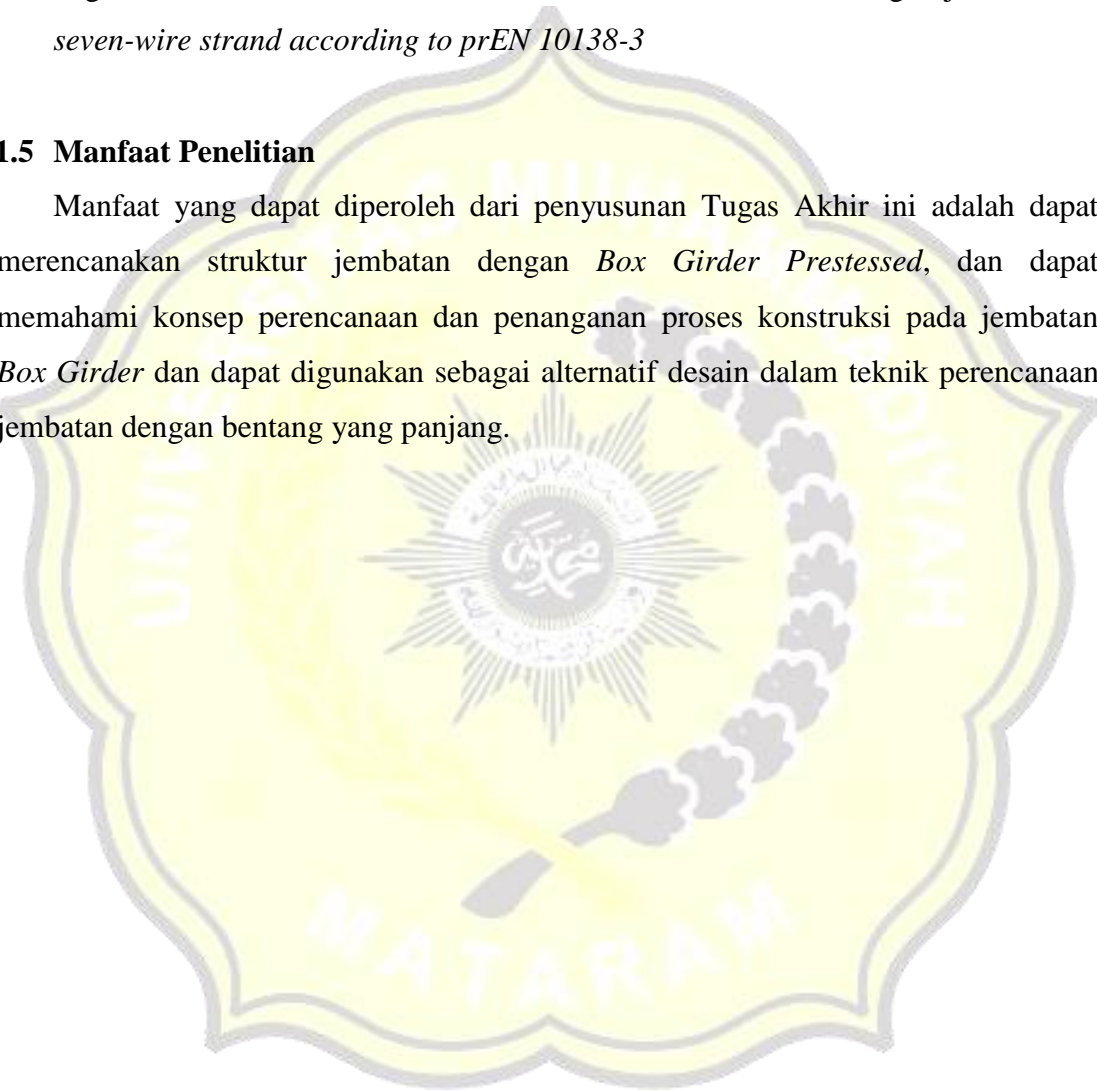
1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya membahas bangunan atas jembatan tipe *box girder*, tidak terhitung bangunan bawah, pekerjaan jalan, dan metode pelaksanaan.
2. Dalam perencanaan ini mengacu pada standar pembebanan untuk jembatan SNI 1725:2016, perancangan jembatan terhadap beban gempa SNI 2833:2016, dan SNI 7833-2012.

3. Pengerjaan perhitungan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Penggambaran permodelan jembatan menggunakan aplikasi *Autocad 2013*.
4. *Box girder* yang digunakan adalah *Bridge product by WIKA BETON* dengan type RM1921.
5. Digunakan *Strand cable* standar dari BBR VT CONA CMI dengan jenis *strand seven-wire strand according to prEN 10138-3*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah dapat merencanakan struktur jembatan dengan *Box Girder Prestressed*, dan dapat memahami konsep perencanaan dan penanganan proses konstruksi pada jembatan *Box Girder* dan dapat digunakan sebagai alternatif desain dalam teknik perencanaan jembatan dengan bentang yang panjang.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Nabila (2017) melakukan modifikasi perencanaan struktur jembatan di THP (Taman Hiburan Pantai) Kenjeran menggunakan struktur *concrete box girder* pratekan. Direncanakan desain struktur jembatan bentang panjang menggunakan struktur *box girder segmental* pratekan. Panjang rencana jembatan adalah 91,1 m dan memiliki lengkung arah horizontal dengan jari-jari 140 m. Tahap perencanaan adalah pengumpulan data dan studi literatur dilanjutkan dengan perencanaan struktur skunder. Selanjutnya yaitu *preliminary* desain untuk struktur primer dilakukan perhitungan gaya pratekan yang dibutuhkan serta kehilangan gaya pratekan yang mungkin terjadi. Hasil perencanaan jembatan yaitu tinggi penampang *box girder* adalah 4,5 m dengan lebar pelat atas 16 m dan pelat bawah 10 m. jumlah tendon yang dibutuhkan adalah 31 unit 6-55. Kolom bangunan bawah direncanakan berukuran 10 m x 3 m dengan tinggi kolom 5,175 m.

Karramal (2016) melakukan perencanaan *box girder* prategang struktur atas *fly over* simpang air hitam samarinda. Peraturan yang penulis gunakan dalam perhitungan adalah RSNI T-02-1725-2005-Pembebanan untuk jembatan SNI 7833-2012 Tata Cara Perancangan Beton Pratekan dan Beton Pratekan untuk Bangunan Gedung, untuk analisa struktur menggunakan program *excel*, SAP2000 dan *CSI Bridge* sebagai alat bantu perhitungan dan control. Hasil yang diperoleh dari perencanaan *box girder* prategang ialah, digunakan *box girder precast* segmental dengan panjang segmen 3 m, tinggi *box* 3 m dan lebar 9 m, terdiri dari *slab* atas dengan tebal 40 cm, *slab* bawah dengan tebal 40 cm, dan *web* setebal 50 cm, dengan adanya penebalan *web* pada balok ujung sebesar 90 cm sejauh 3,9 m. Digunakan tendon VSL sebanyak 8 buah tendon dengan masing-WQ masing *web*.

Yudo (2016) melakukan perencanaan alternatif struktur jembatan damas-trenggalek menggunakan *box girder prestressed segmental*. Perencanaan yang

mengacu pada peraturan perencanaan pembebanan jembatan RSNI T-02-2005. Desain rencana jembatan *box girder* dibagi menjadi tiga bentang yang terdiri dari 45 m, 90 m, dan 45 m. Pada tahap perencanaan dilakukan perhitungan terhadap struktur sekunder jembatan seperti pagar pembatas. Kemudian menganalisa beban yang terjadi seperti analisa berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas dan analisa pengaruh waktu seperti *creep* dan kehilangan gaya prategang. Hasil analisa tersebut dilakukan kontrol tegangan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan penulangan, setelah perhitungan jembatan atas, dilanjutkan dengan pembahasan metode pelaksanaan yang dalam hal ini menggunakan *Balanced Cantilever* dengan *Traveller*. Dilanjutkan dengan perencanaan bangunan bawah yaitu, pilar dan pondasi. Akhir dari perencanaan ini adalah didapat bentuk dan dimensi elastomer yang dipakai 750 mm x 750 mm x 248 mm dengan tebal plat 3 mm terdiri atas 12 lapis dan jumlah tendon *box girder* yang dipakai pada kondisi kantilever adalah tipikal pada semua segmen, yaitu 12 sc dengan F yang dihasilkan 6000 kN sedangkan saat *continuos beam* jumlah tendon bertambah hingga 56 sc dalam gambar perencanaan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian jembatan

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain berupa jalan air atau lalu lintas biasa. Jembatan yang berada diatas jalan lalu lintas biasanya disebut *viaduct*. (Struyk dan Veen, 1984). Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, dalam perencanaan jembatan harus memperhitungkan fungsi, kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika arsetektual (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Menurut Supriyadi dan Muntohar (2007) jembatan merupakan suatu sistem transportasi untuk tiga hal, yaitu:

1. Merupakan pengontrol kapasitas dari sistem,
2. Mempunyai biaya tertinggi per mil dari sistem,

3. Jika jembatan runtuh, sistem akan lumpuh,

Bila lebar jembatan kurang lebar untuk menampung jumlah jalur yang diperlukan untuk lalu lintas, jembatan akan menghambat laju lalu lintas. Dalam hal ini jembatan akan menjadi pengontrol volume dan berat lalu lintas yang dapat dilayani oleh sistem transportasi. Oleh karena itu, jembatan dapat dikatakan mempunyai fungsi keseimbangan (*balancing*) dari sistem transportasi (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

2.2.2 Beton Prategang

Beton adalah suatu bahan yang memiliki kuat tekan tinggi tetapi memiliki kuat tarik rendah, sedangkan baja adalah material yang memiliki kuat tarik tinggi. Dengan mengkombinasikan kedua bahan tersebut, diharapkan mendapatkan bahan yang kuat menerima tekan maupun tarik, yaitu tekan diterima oleh beton sedangkan tarik diterima oleh baja (Budiadi, 2008)

2.2.3 Prinsip Dasar Prategang

Beton adalah material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah dalam kondisi tarik. Kemampuan menahan tarik beton bervariasi antara 8-14% dari kemampuan menahan tekan beton, hal ini menyebabkan terjadinya retak akibat lentur (*flexural crack*) pada saat awal pembebanan. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya letak tersebut, gaya konsentris atau eksentris diberikan pada arah longitudinal elemen struktur. Gaya ini mencegah perkembangnya retak dengan cara mengeliminasi atau sangat mengurangi tegangan tarik dibagian tumpuan dan kondisi kritis pada kondisi beban kerja, sehingga dapat meningkatkan kapasitas lentur, geser dan torsional penampang tersebut. Gaya longitudinal yang diterapkan seperti diatas disebut dengan prategang, yaitu gaya tekan yang memberikan prategang pada penampang disepanjang bentang disuatu elemen struktur sebelum bekerjanya beban mati dan beban hidup transversal atau beban hidup horizontal transien (Nawy, 2001).

2.2.4 Gaya prategang

Gaya prategang dipengaruhi oleh momen total yang terjadi. Gaya prategang yang disalurkan harus memenuhi kontrol batas pada saat kritis. Persamaan berikut menjelaskan hubungan antara momen total dengan gaya prategang (Lin, 2000) disajikan dengan persamaan 2.1.

$$F = T = \frac{MT}{0,6 h} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

M_T = Momen total

h = Tinggi balok

2.2.5 Sistem Prategang

Pemberian gaya prategang pada beton akan memberikan tegangan tekan pada penampang. Tegangan ini akan menahan beban luar yang bekerja pada penampang, pemberian gaya prategang dapat dilakukan sebelum atau sesudah beton dicor. Pemberian gaya prategang yang dilakukan sebelum pengecoran disebut sistem pratarik (*pre-tension*), sedangkan pemberian gaya prategang yang dilakukan sesudah pengecoran disebut sistem pascatarik (*post-tension*).

1. Pra Tarik (*Pre-tension method*)

Pada sistem pratarik, tendon pertama-tama ditarik dan diangkur pada abutmen tetap. Beban dicor pada cetakan yang sudah disediakan dengan melingkupi tendon yang sudah ditarik. Jika kekuatan beton sudah mencapai yang disyaratkan maka tendon dipotong atau angkurnya dilepas. Pada saat baja yang ditarik berusaha untuk berkontribusi maka beton akan tertekan.

2. Pasca Tarik (*post-tension method*)

Pada sistem pascatarik dengan cetakan yang sudah disediakan beton dicor disekeliling *duct*. Baja tendon berada didalam selongkong selama pengecoran, jika beton sudah mencapai kekuatan tertentu tendon ditarik. Tendon bisa ditarik di dua

sisi dan diangkur secara bersamaan maka beton menjadi tertekan selama pengangkuran.

2.2.6 Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang dapat disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut.

a. Perpendekan elastis beton (*ES*)

Pada sistem ini penarikan *post-tension* dengan jumlah kabel banyak, pemendekan elastis pada beton terjadi pada tendon yang pertama kali *stressing*, dan nilai minimum pada tendon yang terakhir kali *stressing*. Besarnya pemendekan elastis pada tendon dapat dihitung dengan menggunakan persamaan persamaan 2.2 berikut.

$$\Delta f_{pES} = \sum_{j=1}^n (\Delta f_{pES}) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :

N = Jumlah tendon atau jumlah pasang tendon yang ditarik secara sekuensial

J = Menunjukkan nomor operasi pendongkrakan

b. Slip ankur (*A*)

Besar kehilangan gaya prategang akibat slip ankur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta A}{L} E_{ps} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan :

Δf_{pA} = Gaya prategang akibat slip

ΔA = Deformasi pengukuran

Eps = Modulus elastis

L = Panjang tendon

c. Rangkak pada baja (CR)

Kehilangan rangkak terjadi hanya pada struktur yang dibebani secara terus menerus. Besarnya nilai kehilangan gaya prategang yang terjadi akibat rangkak dapat dihitung melalui persamaan (2.4) berikut.

$$C_R = K_{cr} \times (E_s/E_c) \times (f_{cir} - f_{cds}) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan :

$$K_{cr} = 2.0 \text{ untuk komponen struktur praktik}$$

$$= 1.6 \text{ untuk komponen struktur pasca tarik}$$

$$f_{cir} = \text{Tegangan dibeton pada level pusat berat baja segera setelah transfer}$$

$$f_{cds} = \text{Tegangan dibeton pada level pusat berat baja akibat semua beban mati tambahan yang bekerja setelah prategang diberikan}$$

d. Susut pada beton (SH)

Nilai kehilangan gaya prategang yang hilang akibat susut pada beton dapat dihitung melalui persamaan 2.5 dan 2.6 berikut.

$$\Delta f_{Sh} = \epsilon_{SH,t} \times E_{ps} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

$$\epsilon_{SH,t} = \frac{t}{35+t} \epsilon_{SH,u} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\epsilon_{SH,u} = \text{Adalah regangan susut ultimate (820.10-6mm/mm)}$$

e. Relaksasi pada baja

Kehilangan gaya tendon akibat relaksasi dipengaruhi oleh tegangan izin baja strand. Seperti halnya dengan rangkak dan susut, tegangan pada baja menurun sejalan dengan waktu. Penurunannya menjadi semakin cepat jika ditambah lagi dengan pengaruh relaksi. Untuk mengetahui besarnya kehilangan gaya prategang akibat relaksi baja yang dipengaruhi oleh rangkak dan susut dapat digunakan persamaan 2.7 berikut.

$$\Delta f_{PR} = f'_{pi} \times \frac{\log t}{10} \times \left(\frac{f'_{pi}}{f'_{py}} - 0,55 \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

f. Friksi (*F*)

Kehilangan prategang akibat friksi antara tendon dan selongsong sekitarnya dapat dihitung dengan persamaan 2.8 berikut.

$$\Delta f_{PF} = f'_{pi} \times (\mu \alpha + KL) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan

Δf_{PF} = Kehilangan tegangan akibat kabel f'_{pi}

f'_{pi} = Tegangan awal tendon

μ = Koefisien kelengkungan

α = Perubahan sudut total dari profil layout kabel dalam radian dari titik jacking

K = Koefisien wobble

L = Panjang baja prategang diukur dari titik jacking

g. Prategang total

$$\Delta f_{PT} = \Delta f_{pA} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pPR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan:

Δf_{PT} = Kehilangan prategang total

Δf_{pA} = Kehilangan prategang akibat slip angkur

Δf_{pF} = Kehilangan prategang akibat friksi/gesekan

Δf_{pES} = Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton

Δf_{pPR} = Kehilangan prategang akibat relaks tendon

Δf_{pCR} = Kehilangan prategang akibat rangkai pada beton

Δf_{pSH} = Kehilangan prategang akibat susut pada beton

2.2.7 Tegangan

Menurut Schodeck (1998), tegangan lentur terjadi pada balok sebagai aksi terhadap momen lentur eksternal pada satu titik balok tersebut. Penampang melintang balok yang mendapatkan aksi dari beban sehingga menyebabkan terjadinya deformasi dengan adanya serat balok yang memanjang dan memendek. Serat balok bagian atas

mengalami perpendekan dan serat balok bagian bawah mengalami perpanjangan, serat yang mengalami perpanjangan maksimum dan perpendekan maksimum terjadi pada serat tepi penampang melintang. Dengan demikian serat yang tidak mengalami perpanjangan dan perpendekan yang sering disebut sebagai sumbu netral balok.

2.2.5.1 Tegangan Ijin Beton

Syarat kemampuan layan komponen struktur lentur menurut SNI-7833:2012, tegangan beton sesaat setelah penyaluran prategang (sebelum kehilangan prategang tergantung waktu) tidak boleh melebihi nilai berikut.

- a. Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan kecuali seperti diizinkan dalam $0,60 f'ci$
- b. Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan pada ujung-ujung komponen tumpuan sederhana $0,70 f'ci$
- c. Bila kekuatan tarik beton yang dihitung (f_t) melebihi $0,5 \sqrt{f'ci}$ pada ujung komponen struktur terdukung sederhana, atau $0,25 \sqrt{f'ci}$ pada lokasi lainnya, tulangan dengan lekatan tambahan harus disediakan dalam daerah tarik untuk menahan gaya tarik total yang dihitung dengan asumsi penampang tak retak.

Sedangkan syarat kemampuan layan komponen struktur lentur menurut SNI-7833:2012, tegangan beton saat beban layan berdasarkan pada sifat penampang tak retak, dan setelah pembolehan untuk semua kehilangan prategang tidak boleh melebihi nilai berikut.

- a. Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan akibat prategang ditambah beban tetap $0,45 f'ci$
- b. Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan akibat prategang ditambah beban total $0.60 f'ci$
 $f'ci =$ Kuat tekan beton yang disyaratkan pada waktu prategang awal (MPa)

2.2.5.2 Tegangan Ijin Tendon Prategang

Menurut SNI-7833:2012, tegangan tarik pada baja prategang tidak boleh melebihi berikut ini :

- Akibat gaya penerikan (*jacking*) baja prategang $0,94 f_{py}$ tetapi tidak lebih besar dari yang lebih kecil $0,8 f_{pu}$ dan nilai maksimum yang direkomendasikan oleh pembuat baja prategang.
- Segera setelah penyaluran prategang $0,82 f_{py}$ tetapi tidak lebih besar dari $0,74 f_{pu}$
- Tendon pasca tarik, pada perangkat angkut dan kopler (*couplers*), sesaat setelah transfer gaya $0,70 f_{pu}$

f_{pu} = Kuat tarik baja prategang yang disyaratkan (MPa)

f_{py} = Kuat leleh baja prategang yang disyaratkan (MPa)

Untuk rumus perhitungan tegangan pada beton prategang dapat dilihat pada persamaan 2.10 sampai 2.13 berikut.

1. Pada saat transfer

$$f_a = -\frac{P_t}{A_c} + \left(\frac{P_t \times e_s}{W_a}\right) - \frac{M_D}{W_a} \leq f_{ti} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$f_b = -\frac{P_t}{A_c} + \left(\frac{P_t \times e_s}{W_b}\right) - \frac{M_D}{W_b} \leq f_{ti} \dots\dots\dots(2.11)$$

2. Pada saat layan

$$f_a = -\frac{P_{eff}}{A_c} + \left(\frac{P_{eff} \times e_s}{W_a}\right) - \frac{M_D}{W_a} \leq f_{ti} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$f_b = -\frac{P_{eff}}{A_c} + \left(\frac{P_{eff} \times e_s}{W_b}\right) - \frac{M_D}{W_b} \leq f_{ti} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan

P_t = Prategang awal

P_{eff} = Prategang efektif sesudah kehilangan

A_c = Luas penampang

E_s = Eksentisitas

W_a = Tahanan momen sisi atas

- W_b = Tahanan momen sisi bawah
- M_D = Momen akibat berat sendiri
- M_T = Momen total akibat gravitasi

2.2.8 Lendutan

Menurut Nawy (2010) lendutan atau sering disebut defleksi, lendutan disebabkan karena bagian balok diberi beban. Lendutan bergantung pada beban (w) dan panjang bentang balok (L) dan berbanding terbalik dengan kekakuan balok. Kekakuan didasarkan pada jenis material yang digunakan yaitu modulus elastisitas (E) dan besaran penampang melintang yaitu momen inersia (I). Defleksi merupakan fungsi dari bentang panjang, perletakan, atau tumpuan, jenis pembebanan dan kekakuan lentur EL dari elemen. Persamaan umum defleksi maksimum menurut (Nawy, 2010) dapat dihitung dengan persamaan 2.14 berikut.

$$\Delta_{max} = K \frac{W L_n^3}{48 E I_c} \dots\dots\dots(2.14)$$

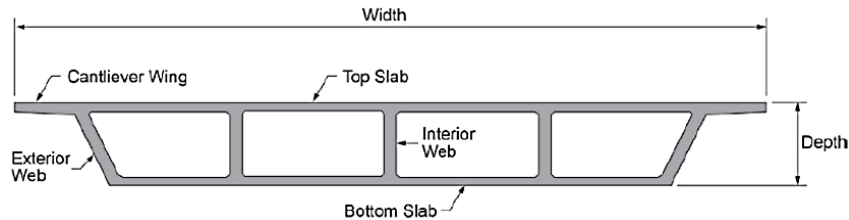
Dimana :

- W = Beban total pada bentang
- L_n = Panjang bentang bersih
- E = Modulus beton
- I_c = Momen inersia penampang
- K = Faktor derajat kekakuan tumpuan

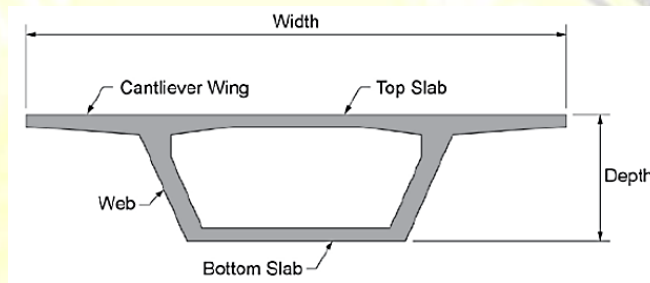
2.2.9 Box girder

Jembatan gelagar kotak (*box girder*) tersusun dari gelagar longitudinal dengan slab di atas dan di bawah yang berbentuk rongga (*hollow*) atau gelagar kotak. Tipe gelagar ini digunakan untuk jembatan bentang – bentang panjang. Bentang sederhana sepanjang 40 ft (± 12 m) menggunakan tipe ini, tetapi biasanya bentang gelagar kotak lebih ekonomis antara 60-100 ft ($\pm 18 - 30$ m) dan biasanya didesain sebagai struktur menerus di atas pilar. Gelagar kotak beton prategang dalam desain biasanya lebih

menguntungkan untuk bentang menerus dengan panjang bentang ± 300 ft (± 100 m). Keutamaan gelagar kotak adalah pada tahanan terhadap beban torsi (Supriyadi dan Muntohar, 2007).



Gambar 2.1 Bentuk Penampang melintang *single-cell box girder*
(sumber :Raju, 2015)



Gambar 2.2 Bentuk Penampang melintang *single-cell box girder*
(sumber :Raju, 2015)

Box girder bridge adalah jembatan dengan struktur berupa *box* / kotak yang berlubang. Dibandingkan dengan balok I, *box girder* memiliki keunggulan yaitu (Tadron dan Sun, 2004) :

1. Lebih kuat menahan torsi
2. Dimensi *box* yang lebih besar dibuat, karena dimensi sayap yang lebih lebar dapat menahan berat sendiri lebih besar
3. Semua permukaan dari penampang terlihat, sehingga memudahkan dalam pengecekan
4. Dapat digunakan untuk bentang yang panjang
5. Dimensi badan *box* dapat dikurangi sesuai dengan penampang yang biasa digunakan. Hal tersebut berdampak pada penghematan pada kebutuhan material beton dan struktur lebih efisien

6. Tidak memerlukan adanya balok melintang pada balok
7. Mengurangi berat struktur, akan menghasilkan penghemat pada biaya total.

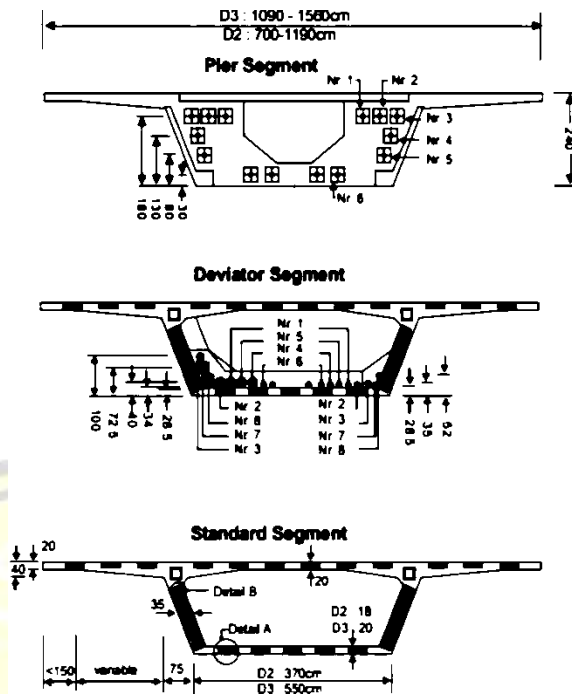
2.2.10 Precast segmental box girder

Precast segmental box girder adalah salah satu perkembangan penting dalam teknik jembatan yang tergolong baru dalam beberapa tahun terakhir. Berbeda dengan sistem konstruksi monolit, sebuah jembatan *segmental box girder* terdiri dari elemen-elemen pracetak yang diprtekan bersama-sama oleh tendon eksternal (Rombach, 2002).

a. Elemen struktur jembatan segmental *box girder*

Jembatan segmental seharusnya dibangun seperti struktual bentang tulangan untuk menghindari adanya sambungan kabel *post-tension*. Sehubungan dengan adanya eksternal *post-tension* maka diperlukan tiga macam segmen yang berbeda diantaranya (Rombach, 2002)

- *Pier segment* : Bagian ini terletak tepat diatas abutmen
- *Deviator segment*: Bagian ini dibutuhkan untuk pengaturan deviasi tendon
- *Standard segment*: Dimensi standard box girder yang digunakan.



Gambar 2.3 Tipe segmen box girder
(Sumber: Rombach, 2002)

2.2.9 Perencanaan dimensi box girder

1. Tebal sayap atas

Tebal minimum untuk sayap atas yang didasarkan pada panjang antar *web* dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 ketentuan tebal sayap atas minimum profil *box*

Bentang antar <i>web</i>	Tebal minimum sayap atas
Kurang dari 3 m	175 mm
Antara 3-4,5 m	200 mm
Antara 4,5-7,5 m	250 mm
Lebih dari 7,5 m	Digunakan sistem rib atau <i>hollow slab</i>

2. Tebal *web*

Tebal *web* minimum adalah sebagai berikut.

- a. 200 mm, jika tidak terdapat tendon pada *web*

- b. 250 mm, jika terdapat *duct* kecil baik vertical maupun longitudinal
- c. 300 mm, jika digunakan tendon dengan strand 12,5 mm
- d. 350 mm jika tendon diangkurkan pada *web*
- 3. Tebal sayap bawah
 - a. 175 mm, jika *duct* tidak diletakkan pada sayap
 - b. 200-250 mm, jika *duct* diletakkan pada sayap

2.3 Analisa Pembebanan Jembatan

Pada perencanaan jembatan faktor pembebanan merupakan hal penting yang harus diperhitungkan, dalam perencanaan ini diperlukan standar khusus untuk menjadi dasar analisis pembebanan. Di Indonesia standar perencanaan pembebanan untuk jembatan mengacu pada SNI-1725:2016 tentang pembebanan jembatan, beban yang bekerja pada jembatan antara lain sebagai berikut.

2.3.1 Beban mati

Beban mati merupakan berat setiap komponen struktural dan non-struktural setiap komponen ini harus dianggap sebagai suatu kesatuan aksi yang tidak terpisah pada saat menerapkan faktor beban normal dan faktor beban terkurangi. Berat setiap bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam berat jenis bahan dan gambar yang digunakan. Besarnya kerapatan dan berat isi untuk berbagai bahan dapat dilihat dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Berat isi untuk beban mati

No	Bahan	Berat isi (kN/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surface</i>)	22,0
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0
3	Timbunan tanah di padatkan (<i>compacted sand, silt, or clay</i>)	17,2

No	Bahan	Berat isi (kN/m ³)
4	Krikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7
5	Aspal beton (<i>asphalt concrete</i>)	22,0
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-25,0
7	Beton $f'c < 35$ Mpa	22,0-25,0
	$35 > f'c > 105$ Mpa	$22 + 0,022 f'c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5
9	Kayu (<i>ringan</i>)	7,8
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0

(sumber SNI-1725-2016)

2.3.2 Berat sendiri (MS)

Berat sendiri (MS) merupakan berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktur yang lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktual, di tambah dengan elemen non-struktual yang dianggap tetap. Adapun faktor beban untuk berat sendiri dan beban mati tambahan dapat dilihat di tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Faktor beban berat sendiri

Tipe Bahan	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ^s_{MS})		Keadaan Batas Ultimit (γ^u_{MS})	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Alumunium	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)

2.3.3 Beban mati tambahan / utilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membantu suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Faktor untuk beban mati tambahan dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Faktor untuk beban mati tambahan (utilitas)

Tipe Bahan	Faktor Beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^s)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^u)	
Tetap	Keadaan		Biasa	Terkurangi
	Umum	1,00 ⁽¹⁾	1,10	0,90
	Khusus (terawasi)	1,00	1,10	0,90
Catatan ⁽¹⁾ Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk utilitas				

(Sumber : SNI-1725-2016)

2.3.4 Beban hidup

Beban hidup merupakan semua beban terjadi akibat penggunaan jembatan berupa beban lalu lintas kendaraan yang sesuai dengan peraturan pembebanan untuk jembatan jalan raya yang berlaku.

1. Beban lajur "D" (TD)

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbesar merata (BTR) yang digabung beban garis (BGT). Faktor beban untuk beban lajur "D" dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

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 Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI-1725-2016)

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang terbebani L yaitu seperti pada persamaan 2.15 dan persamaan 2.16 berikut.

Jika $L < 30 \text{ m} : 9,0 \text{ kPa}$ (2.15)

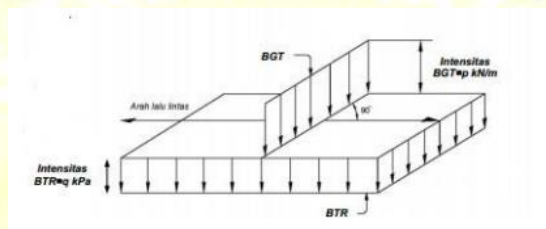
Jika $L > 30 \text{ m} : 9,0 (0,5+15/L) \text{ kPa}$ (2.16)

Dengan :

q = Adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan kPa

L = Adalah panjang total jembatan yang terbebani (m)

Berikut ilustrasi pembebanan Lajur “D” dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Beban lajur “D”
(sumber : SNI-1725-2016)

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas q kN/m harus ditempatkan tegak lurus arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas q 49.0 kN/m.

2. Beban trus “T” (TT)

Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D” beban truk dapat digunakan untuk struktur lantai. Adapun faktor untuk beban “T”. Faktor beban untuk beban “T” dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut.

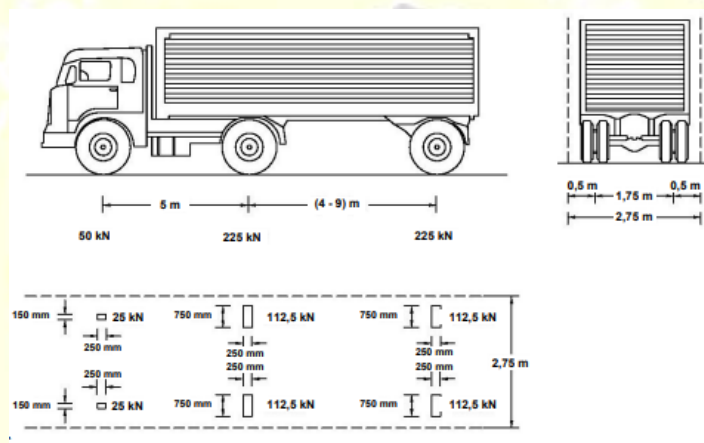
Tabel 2.6 Faktor beban untuk beban “T”

Tipe Beton	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TT})	
		Keadaan batas layan (γ^s_{TT})	Keadaan batas ultimit (γ^u_{TT})
Transien	Beton	1,00	1,80

Tipe Beton	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TT})	
		Keadaan batas layan (γ^s_{TT})	Keadaan batas ultimit (γ^u_{TT})
	Boks		
	Girder	1,00	2,00
	Baja		

(Sumber : SNI-1725-2016)

Pembebanan truk T terdiri atas kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat ganda seperti terlihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 pembebanan truk “T” (500 kN)
(sumber :SNI-1725-2016)

3. Tekanan tanah (TA)

Koefisien tekanan tanah nominal berdasarkan sifat-sifat tanah, sifat-sifat tanah (kepadatan kohesi sudut geser dalam, kadar kelembapan dan sebagainya) harus di peroleh berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian tanah baik dilapangan ataupun di laboratorium. Tekanan tanah lateral pada keadaan batas daya layan dihitung berdasarkan nilai nominal dari γ , s , c dan ϕ . tekanan tanah lateral pada keadaan batas kekuatan dihitung dengan nilai nominal dari γ , s , dan nilai rencana dari c serta ϕ . nilai-nilai rencana dari c serta ϕ diperoleh dari nominal dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan kemudian tekanan tanah lateral yang diperoleh masih berupa nilai

nominal yang selanjutnya harus di kalikan dengan faktor beban yang sesuai. Beban akibat tekanan tanah (AT) dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Faktor beban akibat tekanan tanah (TA)

Tipe Bahan	Faktor beban (γ_{TA})			
	Keadaan Batas Layan (γ^{sTA})		Keadaan Batas Ultimit (γ^{uTA})	
	Tekanan tanah			
	Tekanan tanah vertical	1,00	Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah lateral		1,25	0,80
	Aktif	1,00		
	- Pasif	1,00	1,25	0,80
	- Diam	1,00	1,40	0,70
	- Diam	1,00	(1)	

Catatan⁽¹⁾ Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada keadaan ultimit.

(Sumber : SNI-1725-2016)

4. Gaya rem (TB)

Gaya rem harus diambil terbesar dari 25% dari berat gandar truk desain atau 5% dari berat truk rencana di tambah beban lajur terbagi rata BTR Gaya rem tersebut harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati dan berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menunjukkan.

5. Beban angin (EW)

a. Tekanan horizontal

Tekanan angin yang di asumsikan yang disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VB) sebesar 90 km/jam hingga 126 km/jam. Beban angin harus

diasumsikan terdistribusikan secara merata pada permukaan terekspos oleh angin. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih dari 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angina rencana VD_Z dapat dihitung dengan persamaan 2.17 berikut :

$$V_{DZ} = 2,5 V_O \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan :

- VD_Z = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)
- V_{10} = Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air rencana (km/jam)
- V_B = Kecepatan angina rencana yaitu 90 km/jam hingga 126 km/jam
- Z = Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm)
- V_O = Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteologi
- Z_0 = Panjang gesekan di hulu jembatan
- V_{10} = Dapat diasumsikan $V_{10} = BV$

Untuk nilai V_O dan Z_0 dapat dilihat pada tabel 2.8. Nilai V_O dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu berikut.

Tabel 2.8 . Nilai V_O dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

Kondisi	Lahan terbuka	Sub urban	Kota
V_O (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

(Sumber : SNI-1725-2016)

b. Gaya angin pada kendaraan (E_{wl})

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus

diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan.

6. Pengaruh temperatur (EUn)

Besarnya rentang simpangan akibat beban temperatur (ΔT) harus didasarkan pada 21 temperatur maksimum dan minimum. Faktor beban akibat pengaruh temperatur dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut.

Tabel 2.9 Faktor beban akibat pengaruh temperatur

Tipe bangunan atas	Temperature jembatan Rata-rata minimum (1)	Temperature jembatan Rata-rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau <i>boks</i> beton	15°C	40°C
Lantai beton diatas gelagar <i>boks</i> atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai plat baja diatas gelagar, <i>boks</i> atau rangka	15°C	40°C
Catatan (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum biasa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

(Sumber :SNI-1725-2016)

7. Pengaruh susut dan rangkak (SH)

Pengaruh rangkak dan penyusutan harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan. Pengaruh ini dihitung menggunakan beban mati jembatan. Apabila rangkak dan penyusutan bisa mengurangi pengaruh muatan lainnya, maka nilai dari rangkak dan penyusutan tersebut harus diambil. Faktor beban akibat pengaruh susut dan rangkak dapat dilihat pada tabel 2.10

Tabel 2.10 Faktor beban akibat pengaruh susut dan rangkai

Tipe Bahan	Faktor Beban (γ_{SH})	
	Keadaan batas layan (γ^S_{SH})	Keadaan batas ultimit (γ^u_{SH})
Tetap	1,00	1,00

(Sumber : SNI-1725-2016)

8. Pengaruh prategang (PR)

Prategang akan menyebabkan pengaruh sekunder pada komponen-komponen yang terkekang pada bangunan statis tak tentu. Pengaruh sekunder tersebut harus diperhitungkan baik pada batas layan ataupun batas ultimit, pengaruh utama prategang adalah sebagai berikut.

Pada keadaan batas layan, gaya prategang dapat dianggap bekerja sebagai suatu sistem beban pada unsur. Nilai rencana dari beban prategang tersebut harus dihitung menggunakan faktor beban daya layan sebesar 1.0. Berikut faktor beban akibat pengaruh prategang dapat dilihat pada tabel 2.11 berikut.

Tabel 2.11 Faktor beban akibat pengaruh prategang

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{PR})	
	Keadaan batas layan (γ^S_{PR})	Keadaan batas ultimit (γ^u_{PR})
Tetap	1,00	1,00

(Sumber : SNI-1725-2016)

9. Beban gempa (EQ)

Perencanaan jembatan terhadap beban gempa merupakan bagian yang penting dalam perencanaan konstruksi jembatan. Dalam perencanaan beban gempa mengacu pada SNI 2833-2016.

1. Pengaruh gempa

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien elastis (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R_d) dengan persamaan 2.18 sebagai berikut.

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan :

E_Q = Adalah gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = Adalah koefisien respon gempa elastis

R_d = Adalah modifikasi respons

W_t = Adalah berat total struktur dari beban mati dan beban hidup (kN)

2. Prosedur spesifikasi situs

Profil responsif dirancang dan dapat dilakukan di mana saja dengan persetujuan dengan pemilik pekerjaan. Tujuan dari analisis probalistik gerakan tanah spesifik lokasi adalah untuk menghasilkan spectrum percepatan respons, dengan mempertimbangkan kemungkinan bahwa nilai spektrum selama rentang priode tertentu melebihi 7% dlam 75 tahun.

3. Koefisien respon gempa statik

- Untuk periode lebih kecil dari T_0 koefisien respons gempa static (C_{sm}) didapatkan dari persaman 2.19 berikut.

$$C_{sm} = (S_{SD} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \dots\dots\dots (2.19)$$

- Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spktral, C_{sm} adalah sama dengan S_{os} .

- Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respon gempa elastic (C_{sm}) didapatkan dari persamaan (2.20) berikut.

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan :

S_{DS} = Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek ($t = 0,2$ detik)

T_O = $0,2 T_S$

T_S = $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

4. Kategori kinerja seismik

Setiap jembatan harus ditetapkan ke salah satu dari empat zona seismik berdasarkan pemenuhan spektum percepatan periodic (S_{D1}) 1 detik. Tabel 2.12 Kategori ini menjelaskan perubahan resiko seismik dan digunakan untuk menentukan metode analisis, panjang bresing minimum, detail desain kolom, dan prosedur desain pondasi dan jembatan.

Tabel 2.12 Zona Gempa

Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

(Sumber :SNI 2833:2016)

5. Faktor modifikasi respon

Hubungan antara gaya gempa rencana pada struktur bawah dan elemen struktur ditentukan dengan membagi gaya gempa elastis dengan faktor koreksi respon (R). sebagai alternatif untuk menggunakan faktor R pada tabel 2.13 untuk hubungan struktural yang terhubung secara integral antara struktur atau elemen struktural (misalnya hubungan kolom ke kaki), kolom komposit karena plastisitas kolom atau asosiasi dapat direncanakan.

Tabel 2.13 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Hubungan Antara Elemen Struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan uai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan pondasi	1,0

(Sumber : SNI 2833:2016)

2.3.5 Perencanaan Sandaran

Sandaran pada jembatan bangunan sebagai pembatas atau pengaman pejalan kaki yang melintas diatas jembatan agar tidak jatuh ke sisi luar jembatan. Perencanaan sandaran disesuaikan dengan peraturan. Adapun tahapan untuk perencanaan sandaran sebagai berikut.

1. Pembebanan

Berdasarkan SNI 1725:2016 beban yang bekerja pada sandaran adalah beban beripa gaya horizontal dan vertikal sebesar $w = 0,75 \text{ kN/m}$ dan bekerja pada ketinggian 100 cm dari lantai trotoar.

2. Kekompakan profil dapat dilihat pada persamaan 2.21 Sampai 2.23 berikut.

$$\frac{D}{t} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$\lambda_p = 0.07 \frac{E}{f_y} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\lambda_r = 0.31 \frac{E}{f_y} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan:

D = Diameter pipa (inch)

T = Tebal pipa (mm)

λ_p = Kompak

λ_r = Tak Kompak

3. Menentukan momen nominal pada persamaan 2.24 (SNI 2033-2016) berikut.

$$M_f = Z_x x f_y \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan:

M_f = Momen nominal (Nmm)

F_y = Tegangan leleh baja (f_y)

2.3.6 Perencanaan Trotoar

Trotoar merupakan bagian dari pembangunan jembatan eksisting di kedua sisi jalur lalu lintas. Jalan setapak ini berfungsi sebagai jalan setapak dan terbuat dari beton hancur yang menyatu dan homogen dengan lantai kendaraan sekaligus berfungsi sebagai balok yang diperkeras untuk lantai kendaraan. Perencanaan perkerasan berdasarkan SNI 1729:2015 menetapkan bahwa semua komponen perkerasan di atas 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan kekuatan 5 kPa.

2.3.7 Perencanaan kerb

Kerb didesain mampu menahan beban hidup horizontal terbagi rata sebesar 500 kg/m pada tepid an ketinggian 25 cm diatas permukaan lantai kendaraan.

2.3.8 Perencanaan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

Dalam perencanaan gelagar memanjang atau melintang, komponen struktur gelagar dianggap sebagai batang lentur yang kemudian dianalisa berdasarkan SNI 03-1729-2002 berikut.

1. Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu kuat (sumbu x) dan dianalisa dengan metode elastis harus memenuhi dapat dihitung melalui persamaan 2.25 berikut.

$$M_{ux} \leq \Phi M_n \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan:

M_{ux} = Momen terfaktor terhadap sumbu x yang dihitung berdasarkan analisa elastis

Φ = Faktor reduksi = 0,9

M_n = Kuat nominal dari momen lentur penampang

2. Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk local

a. Momen lentur leleh pada persamaan 2.26 berikut

$$M_y = f_y \times S \dots \dots \dots (2.26)$$

Dengan:

f_y = Tegangan leleh baja (MPa)

S = Modulus penampang elastis

b. Momen lentur plastis pada persamaan 2.27 berikut.

$$M_p = f_y \times Z \dots \dots \dots (2.27)$$

Dengan:

F_y = Tegangan leleh baja (MPa)

Z = Modulus penampang plastis

3. Batas kelangsingan

Untuk batang-batang yang direncanakan terhadap struktur yang memikul beban lentur, ditentukan berdasarkan perbandingan maksimum lebar terhadap tebal menurut SNI 03-1729-2002.

a. Perbandingan lebar terhadap (λ) b/t

b. Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal λ_p (kompak) $1,680/\sqrt{f_y}$

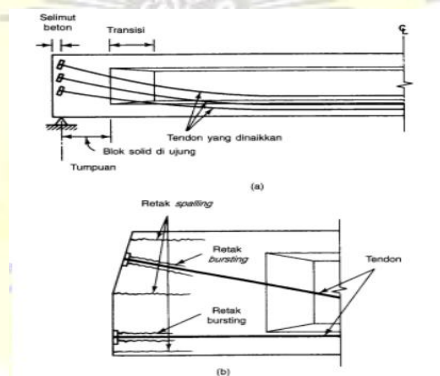
2.3.9 Perencanaan Blok Ujung (*End Block*)

Daerah *end block* (zona angkur) merupakan bagian komponen struktur prategang pascatarik dengan gaya prategang di salurkan ke beton di sebarakan secara merata ke seluruh bagian penampang (Nawi, 2021). Tegangan-tegangan transfersal yang timbul di daerah angkur bersifat tarik, apabila tegangan tersebut melebihi

modulus raptur beton, maka belok ujung akan terbelah (retak) secara longitudinal, kecuali apabila tulangan pertikal di gunakan. Lokasi tegangan beton dan retaknya serta retak sepalling dan bursting bergantung pada lokasi dan distribusi gaya terpusat horizontal yang diberikan oleh tendon prategang ke pelat tumpu ujung.

Pada balok pasca tarik, transfer distribusi beban secara gradual tidak mungkin terjadi karena gayanya bekerja secara langsung dimuka ujung balok melalu pelat tumpu dan anker. Juga sebagian atau seluruh tendon di balok pasca tarik di tinggikan atau dibentuk draped kearah searat atas melalui bagian badan dari penampang beton.

Kadang-kadang luas penampang perlu di perbesar secara graduan di lokasi yang semakin mendekati tumpuan dengan cara membuat lebar badan di tumpuan yang sama dengan lebar sayap untuk mengakomodasi tendon yang tinggikan namun, peningkatakan luas penampang tersebut tidak kontribusi dalam pencegahan retak sepalling dan bursting, dan tidak mempunyai pengaruh terhadap pengurangan tarik transversal tendon. Zona angkur ujung tendon terlekat dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.6 Zona angkur ujung beton terletak
(Sumber: Nawy,2001)

2.3.10 Pekerjaan *prestessing*

Merupakan pekerjaan pemasangan kabel tendon pada beton prategang (girder), dalam pemasangan kabel baja ini harus tepat pada titik yang sudah ditentukan dan menggunakan alat khusus untuk pemasangan tendon.

1. Material pekerjaan prestressing

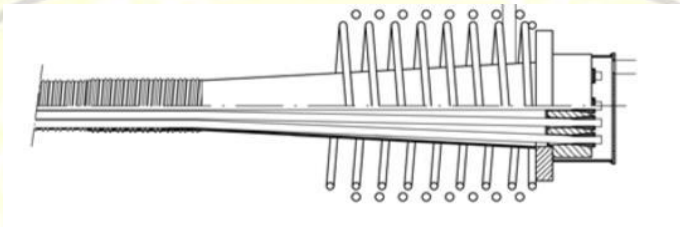
a. Strand

Beberapa steel wire yang disatukan secara spiral menjadi satuan kabel

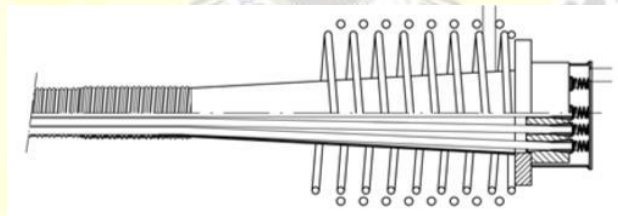
b. Duct

Pembungkus strand dengan bahan dasar galvanized zinc yang dibentuk berupa pipa berulir.

c. Angkur-ankur Terdiri dari dua macam yaitu ankur hidup dan ankur mati, berikut adalah bentuk ankur hidup dan ankur mati dapat dilihat pada gambar 2.7 dan 2.8



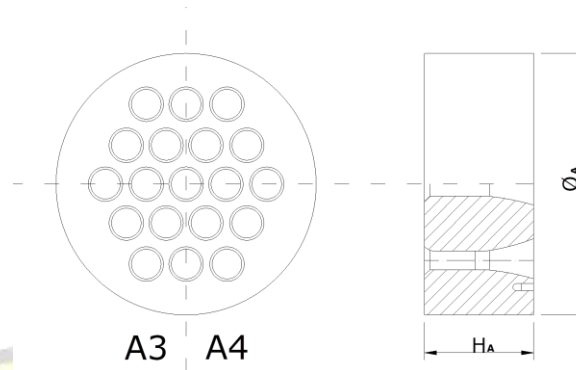
Gambar 2.7 Angkur tipe SA (Annex 1)
(Sumber: BBR VT CONA CMI, 2015)



Gambar 2.8 Angkur tipe FA (Annex 1)
(Sumber: BBR VT CONA CMI, 2015)

➤ Kepala angkur

Bentuk kepala angkur dapat dilihat pada gambar 2.9 kepala angkur berikut.



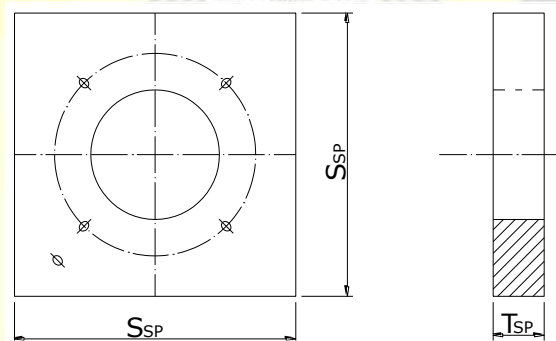
Gambar 2.9 Kepala angkur
(Sumber: BBR VT CONA CMI, 2015)

$$H_A \text{ untuk } 25 \text{ strands} = 75 \text{ mm}$$

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

➤ Plat angkur

Bentuk pelat angkur dapat dilihat pada tabel 2.10 Pelat angkur berikut.



Gambar 2.10 Pelat angkur
(Sumber: BBR VT CONA CMI, 2015)

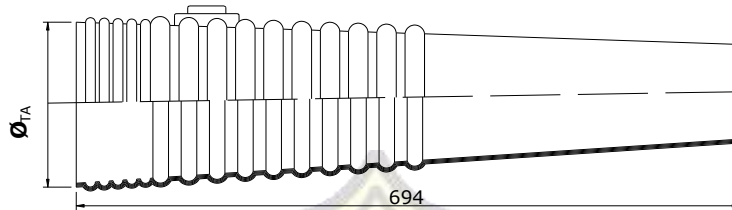
Plat angkur untuk angkur dengan 25 strands :

$$T_{SP} = 45 \text{ mm}$$

$$S_{SP} = 300 \text{ mm}$$

➤ Panjang trumpet

Berikut bentuk untuk trumpet dapat dilihat pada gambar 2.11 Trumpet tipe A berikut.



Gambar 2.11 Trumpet tipe A
(Sumber: BBR VT CONA CMI, 2015)

d. Non shrink additive untuk grouting Mixing beton yang digunakan untuk mengisi selongsong/ duct setelah stressing dengan campuran semen, air dan additive.

2. Peralatan pekerjaan *prestressing*

Untuk persiapan pekerjaan stressing kabel strand diperlukan perlengkapan alat, seperti Hydraulic Pump dan Hydraulic Jack.

2.3.11 Perencanaan Elastomer

Desain bantalan elastomer tipe laminasi yang diperkuat pelat baja perlu menyeimbangkan kekakuan untuk mendukung beban tekan yang besar dan mengakomodasi translasi dan rotasi. Lapisan elastomer tidak boleh dimiringkan. Seluruh lapisan internal didalam elastomer harus memiliki ketebalan yang sama, dan lapisan karet penutup tidak boleh lebih dari 70% ketebalan lapisan internal layer. Perencana harus memutuskan beban apa saja yang harus diterima oleh bantalan elastomer, salah satunya adalah beban lateral. Jika beban lateral pada bentangan elastomer terlalu besar, terutama dibandingkan dengan beban vertical, sebuah system terpisah dapat digunakan untuk menahan beban lateral, yaitu dengan memasang baut.

Kekakuan bantalan karet saat permukaan anti slip dimuat. Ini tergantung pada faktor bentuk (S). Faktor bentuk (S) adalah perbandingan luas daerah terkompresi dengan luas pembengkakan bebas (*free swelling area*). Faktor bentuk lapisan elastomer tanpa lubang dihitung pada persamaan 2.28 sampai persamaan 2.30 berikut.

$$S = \frac{A}{I_p h_{ri}} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$I_p = 2(L + W) \dots\dots\dots(2.29)$$

$$A = L \cdot W \dots\dots\dots(2.30)$$

Dengan

S = Bentuk faktor

A = Luas keseluruhan (*bonded surface area*), (mm²)

L_p = Keliling elastomer, termasuk lubang (*bonded survanance primeter*) (mm)

h_{ri} = Ketebalan efektif karet pada lapisan antara (iinternal layer) (mm)

I = Panjang efektif keseluruhan elastomer (mm)

b = Lebar efektif keseluruhan elastomer (mm)

Faktor bentuk (S) harus berada dalam batas pada persamaan 2.31 dan persamaan 2.32 berikut.

$$\text{Untuk bantalan polos } 1 < S \leq 4 \dots\dots\dots(2.31)$$

$$\text{Untuk bantalan tipe berlapis } 4, S \leq 12 \dots\dots\dots(2.32)$$

Hal penting untuk dipertimbangkan juga ialah, ketika elastomer terlepas dari pelat penguatnya. Untuk bantalan yang mengalami deformasi geser, hal ini dapat dikontrol dengan membatasi tegangan tekan maksimum akibat beban gabungan pada elastomer menjadi 7,0 MPa. Jika elastomer lepas dari pelat penguatnya dpat dicegah denga menggabungkan bataasan yang dipenuhi berdasarkan persamaan 2.33 dan 2.34 berikut.

$$\sigma_s \leq 7.0 \text{ MPa} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\sigma_s \leq 1.0 GS \dots\dots\dots(2.34)$$

Dengan

G = Modulus geser elastomer (MPa)

S = Faktor bentuk

σ_s = Tegangan rata-rata akibat beban total (MPa)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian

Jembatan Samota ini merupakan jembatan yang berada di jalan bypass samota, Labuan Sumbawa, Labuan Badas, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, Lokasi study kasus dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Lokasi Jembatan
(Sumber : Google maps, 2023)

3.2 Data Konstruksi Jembatan

Data umum jembatan adalah sebagai berikut.

1. Bagian atas

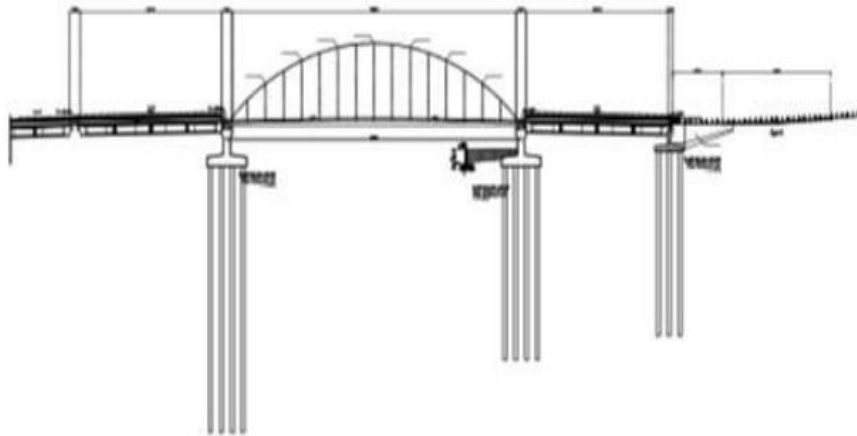
- Nama Jembatan : Jembatan Samota
- Panjang Bentang : 80 m
- Lebar Jembatan : 8 m
- Tinggi Jembatan : 16 m
- Material Struktur : Beton
- Tipe Struktur : Jembatan Busur

- Tipe Lintasan : Sungai
- Kelas Jembatan : Kelas A
- Jumlah Jalur/Lajur : 2 Jalur / 4 Lajur
- Lebar trotoar : 1,15 m
- Tebal plat lantai : 25 cm

2. Bagian Bawah

- Pondasi : Pondasi Dalam
- Jenis : *Bored Pile*

Adapun gambar existing dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Potongan *Existing* Jembatan
(Sumber : Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Provinsi NTB,2017)

3.3 Studi literatur

Studi literatur merupakan tahapan pertama yang dilakukan dalam perencanaan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil penelitian dengan dasar yang tepat dan dapat di pertanggung jawabkan.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan perencanaan ulang struktur atas jembatan samota sebagai berikut.

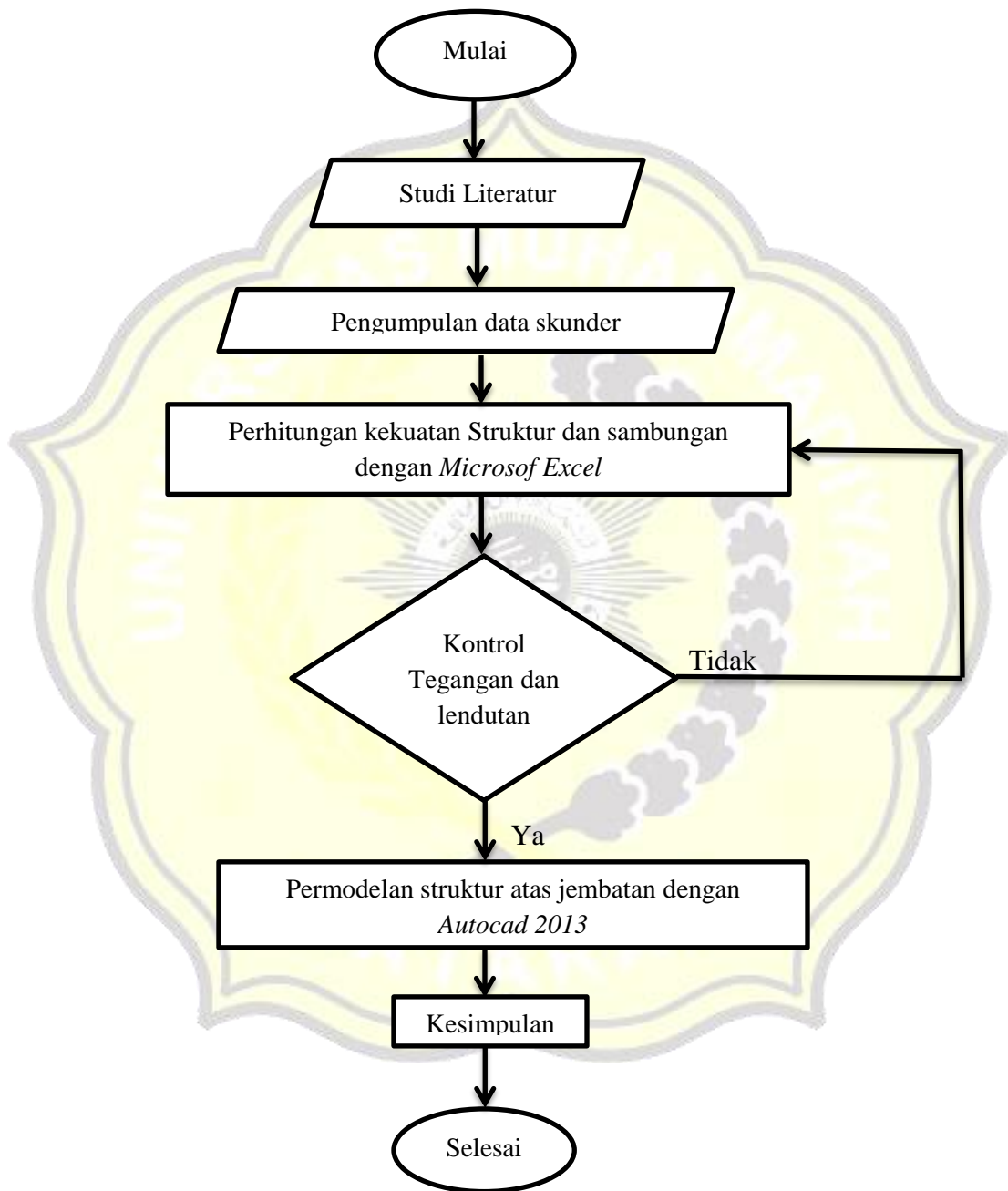
1. Mengumpulkan data-data terkait perencanaan berupa data umum jembatan.

2. Menentukan jenis, mutu, material, dan dimensi struktur atas jembatan.
3. Menentukan desain layout jembatan
4. Perencanaan struktur atas jembatan yang meliputi perhitungan pembebanan yang bekerja pada jembatan berdasarkan SNI 1725-2016
5. Membuat gambar detail struktur menggunakan program *AutoCad 2013*.
6. Perencanaan struktur atas jembatan yang meliputi perhitungan perencanaan terhadap beban gempa SNI 2833-2016



3.5 Bagan Alir Penelitian

Perencanaan ini mulai dari penentuan dimensi struktur atas sampai tahap akhir perencanaan dapat dilihat pada gambar 3.3 Bagan air penelitian di bawah ini.



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian