

**PERENCANAAN JEMBATAN BETON PRATEGANG
WAY PENGUBUAN LAMPUNG TENGAH
(Ruas Gunung Sugih - Terbanggi Subing)**

(Skripsi)

Oleh :

YOGI ALEXANDER



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

DESIGN PRESTRESSED CONCRETE BRIDGE OF WAY PENGUBUAN LAMPUNG TENGAH (GUNUNG SUGIH – TERBANGGI SUBING SEGMENT)

By:

YOGI ALEXANDER

This thesis discusses the analysis of the Way Pengubuan bridge that connects the Gunung Sugih and Terbanggi Subing regions which are separated by rivers and have bridges that have not yet fulfilled the feasibility of being a bridge completely. So that the Government made the Way Pengubuan bridge construction project which aims to facilitate community mobilization so that the community's economy can increase.

The location of this study was carried out on Way Pengubuan bridge, Gunung Sugih - Terbanggi Subing, Lampung Tengah Regency, Lampung Province. The data needed during this research are planning standards issued by SNI, literature published bridge planning standards, and general bridge data obtained from P.T. YODYA KARYA (Persero) as a project contractor. The method carried out in this study is to use the data obtained then analyze the structure of the bridge, analyze the structure of the structure under the bridge.

From the results of the study it can be seen that the type of bridge used is prestressed concrete with a total span of 80 m, the span between abutments and 40m pillars, 7m bridge width, 2x3.5m track width, and 2m sidewalk width, Reinforcing bar on Pier and Abutment heads using Main Reinforcing bar D19, Reinforcing bar on Pier & Abutment Body using Main Reinforcing bar D25-250, Reinforcement on Abutment Feet using Reinforcing bar D22-50 meanwhile on Pier Foot uses Main Reinforcing bar D25-125.

Key words : Bridge, upper structure bridge planning, lower structure bridge planning, Way Pengubuan.

ABSTRAK

PERENCANAAN JEMBATAN BETON PRATEGANG WAY PENGUBUAN LAMPUNG TENGAH (RUAS GUNUNG SUGIH – TERBANGGI SUBING)

OLEH

YOGI ALEXANDER

Skripsi ini membahas analisis pembuatan jembatan Way Pengubuan yang menghubungkan daerah Gunung Sugih dan Terbanggi Subing yang terpisah oleh sungai dan memiliki jembatan yang belum memenuhi kelayakan sebagai sebuah jembatan secara sempurna. Sehingga Pemerintah membuat proyek pembangunan jembatan Way Pengubuan yang bertujuan untuk memperlancar mobilisasi masyarakat sehingga perekonomian masyarakat meningkat.

Lokasi penelitian ini dilakukan pada jembatan Way Pengubuan ruas Gunung Sugih – Terbanggi Subing, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Data yang diperlukan selama penelitian ini adalah standar perencanaan yang diterbitkan oleh SNI, literatur yang memuat standar perencanaan jembatan, dan data umum jembatan yang diperoleh dari P.T. YODYA KARYA (Persero) sebagai kontraktor pelaksana proyek. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggunakan data-data yang didapat kemudian melakukan analisis struktur atas jembatan, analisis struktur bawah jembatan.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa tipe jembatan yang digunakan adalah beton prategang dengan bentang total 80 m, bentang antara abutmen dan pilar 40m, lebar jembatan 7m, lebar jalur 2x3,5m, dan lebar trotoar 2m. Tulangan pada kepala Pier dan Abutmen menggunakan Tul. Utama D19, Tulangan pada Badan Pier & Abutmen menggunakan Tul. Utama D25-250, Tulangan pada Kaki Abutmen menggunakan Tul. Utama D22-50 sedangkan pada Kaki Pier menggunakan Tul. Utama D25-125.

Kata kunci : Jembatan, Perencanaan Struktur Atas, Perencanaan Struktur Bawah, Way Pengubuan.

**PERENCANAAN JEMBATAN BETON PRATEGANG
WAY PENGUBUAN LAMPUNG TENGAH
(Ruas Gunung Sugih - Terbanggi Subing)**

Oleh:

Yogi Alexander

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PERENCANAAN JEMBATAN BETON PRATEGANG WAY PENGUBUAN LAMPUNG TENGAH (Ruas Gunung Sugih - Terbanggi Subing)**

Nama Mahasiswa : **Yogi Alexander**

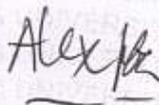
Nomor Pokok Mahasiswa : 1215011114

Program Studi : S1 Teknik Sipil

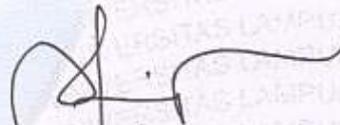
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Eng. Alexander Purba, S.T., M.T.
NIP 19681107 200012 1 001



Ir. Dwi Herianto, M.T.
NIP 19610102 198803 1 003

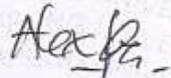
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

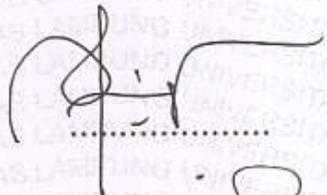


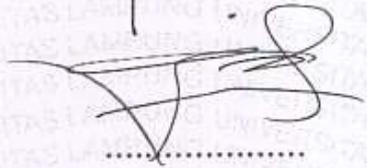
Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

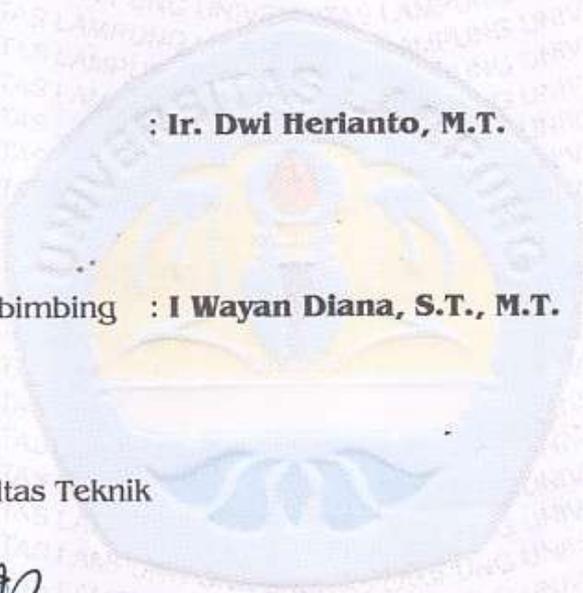
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Eng. Alexander Purba, S.T., M.T.**


Sekretaris : **Ir. Dwi Herianto, M.T.**


Penguji
Bukan Pembimbing : **I Wayan Diana, S.T., M.T.**




2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **01 Agustus 2019**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila terdapat pernyataan tidak sesuai, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar.Lampung, Agustus 2019

Pembuat Pernyataan



YOGI ALEXANDER
NPM. 1215011114

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Tanjung Bulan, Muara Dua OKUS, SUM-SEL pada tanggal 22 Juni 1993. Merupakan anak Kelima dari Enam bersaudara dari pasangan Bapak Supran dan Ibu Yunani.



Penulis memulai jenjang pendidikan dari Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Tanjung Bulan pada tahun 2000. Kemudian pada tahun 2006 melanjutkan ke jenjang pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 3 Pulau Beringin, dan SMA Negeri 1 Pulau Beringin pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2012.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung melalui jalur MANDIRI pada tahun 2012 dan selama menjadi mahasiswa penulis aktif di Lembaga Kemahasiswaan HIMATEKS FT Unila PERIODE 2013/2014 sebagai anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan, serta Forum Silaturahmi dan Study Islam (Fossi) sebagai Anggota MudaFossi (AMF) periode 2013/2014 dan Sekertaris Biro Bimbingan Baca Qur'an (BBQ) Unila Periode 2014/2015.

Pada bulan juli tahun 2015 penulis melaksanakan kerja praktik lapangan di pembangunan *Fly Over* Jl. Kimaja – Jl. Ratu Dibalau Way Halim selama 3 bulan. Pada bulan januari 2016 Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bumi Sari, Terbanggi SubingKec. GunugSugih, Kab. Lampung Tengah, Prov. Lampung selama 40 hari.

Pada tahun 2019 penulis menyelesaikan pendidikan S1 dengan judul skripsi
“Perencanaan Jembatan BetonPrategang Way Pengubuan Lampung Tengah (Ruas
Gunung Sugih – Terbanggi Subing)”.

Persembahan

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini saya persembahkan kepada

Ayah dan Ibu

Orang tua terbaik , pahlawan , yang telah mendidik membesarkan anak-anaknya

dengan kasih sayang begitu ikhlas

*Ayah, Ibu, kalian yg telah menghantarkan dan memberi jalan kesuksesan
untukku , kalian yang selalu memberikan cinta dan kasih sayangmu, di setiap
sujud dan rukukmu yang tak pernah lelah untuk mendo'akan dan memberikan
semangat kepadaku.*

*Ayah, Ibu, berkat do'a dan usahamu kini aku bisa melihat dunia, dan aku tidak
akan melupakan kalian, kalian adalah pintu keberkahan dan pintu surga.*

Mery Harlena, Kusmawati, Yupi Kurniawan, Masdalena, dan Yurika Nuryani

Kakak, Adik, keluarga tercinta yang selalu mendukung dan mendo'akanku.

*Terima kasih telah memberikan keceriaan dan kebahagiaan kalian adalah
kekuatan untukku.*

*Teman-teman dan Sahabat
Yang selalu memberikan motivasi*

*Universitas Lampung
Almamater Cinta*

MOTTO

**" Dialah yg menjadikan bumi untuk kamu yg mudah djelajahi,
maka jelajahilah di segala penjurunya dan makanlah sebagian dari
rezeki-Nya" (Al-Mulk: 15)**

**"Kehidupan di dunia ini, hanyalah permainan dan senda gurau.
Sedangkan negeri akherat itu sungguh lebih baik"(Al-An'am 32)**

**"Mukmin yang paling utama ialah yang paling baik akhlaknya,
Mukmin yang paling cerdas ialah yang paling banyak mengingat
Mati dan paling baik persiapannya menghadapi kehidupan setelah
mati" (SR. Ibnu Majah)**

**"Ilmu itu ada tiga tahapan
Jika seseorang memasuki tahap Pertama, Dia akan Sombong.
Jika dia memasuki tahap kedua, ia akan Tawadu' dan
Jika dia memasuki tahapan ketiga, Dia akan merasa dirinya
tidak ada apa-apanya"**

~Umar bin Khattab~

SANWACANA

Segala Puji bagi Allah, Rabb semesta alam atas nikmat-Nya yang tak terhingga, kasih sayang-Nya yang tak terbilang serta Rahmat-Nya yang tak pernah terputus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada manusia teladan sepanjang masa, Rasulullah SAW, beserta sahabat, keluarga, dan para tabi'in yang menjadi jalan terbukanya ilmu pengetahuan. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dari segala pihak. Maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M. Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Alexander Purba, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I, atas pemberian judul serta kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Dwi Herianto., M.T., selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran-saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak I Wayan Diana, S.T., M.T., selaku dosen penguji atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing penulis dalam seminar skripsi
6. Bapak Iswan, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Akademis.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas dedikasi dan ilmunya selama penulis menempuh perkuliahan. Semoga Allah melimpahkan berkah kepada Bapak dan Ibu.
8. Ayah dan Ibu, jika ada ungkapan terimakasih yang paling indah, maka biarkan aku untai ia dalam berikat-ikat do'a kebaikan untuk Ayah dan Ibu. Semoga Allah membalas semua kebaikan dengan *jannah*-Nya. Aamiin.
9. Kakak, Adikku tersayang, terimakasih atas segala dukungannya, tetaplah menjadi teladan yang terbaik untuk keluargamu. Dan kebaikan-kebaikan yang tanpa kalian sadari membuat diri ini semakin bersemngat untuk memperbaiki diri menjadi baik.
10. Sahabat-sahabat angkatan 2012 yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya. Terimakasih atas kebersamaan dan dukungannya selama ini. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan mereka dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Februari 2019
Penulis

Yogi Alexander

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Lokasi Proyek	2
1.3	Rumusan masalah	2
1.4	Tujuan Penelitian	2
1.5	Metode Penyusunan	2
1.6	Manfaat Penelitian	3

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Definisi Jembatan	4
2.2	Jenis-jenis Jembatan	4
2.2.1	Jembatan Pasangan Batu dan Batu Bata.....	5
2.2.2	Jembatan Kayu	5
2.2.3	Jembatan Baja	5
2.2.4	Jembatan Komposit	5
2.2.5	Jembatan Beton	6
2.3	Bagian-bagian Struktur Jembatan	9
2.3.1	Struktur Atas.....	9
2.3.2	Struktur Bawah.....	9
2.4	Perencanaan Jembatan Beton Prategang PCI Girder	10
2.4.1	Pembebanan Pada Jembatan	10
2.5	Pembebanan Abutmen.....	24
2.6	Pondasi	28

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Tahapan Persiapan	30
3.2	Metode Pengumpulan Data	30
3.3	Tahap Pengolahan Data	31
3.4	Tahap Pemecahan Masalah	31
3.5	Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>)	32

IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Kriteria Desain.....	33
4.1.1	Data-data Perencanaan	33
4.1.2	Data-data Bahan	34
4.1.3	Tegangan Izin Bahan	34
4.2	Perencanaan Struktur Skunder	37
4.2.1	Pipa Sandaran	37
4.3	Perencanaan Struktur Primer	45
4.3.1	Perhitungan <i>Section Properties</i> PCI Girder Prategang	45
4.4	Perencanaan Pelat Jembatan	47
4.4.1	Analisis Pembebanan	47
4.4.2	Momen Pada Pelat Jembatan	50
4.4.3	Perhitungan Tulangan Lentur	54
4.4.4	Perhitungan Pembebanan Gelagar	56
4.4.5	Gelagar <i>PCI Girder</i>	65
4.4.6	Perhitungan Tulangan geser	92
4.4.7	Perhitungan Kontrol Tegangan	94
4.4.8	Perhitungan Kontrol Lendutan	96
4.5	Perencanaan Abutmen	99
4.5.1	Pembebanan Pada Abutmen	99
4.5.2	Menghitung Besarnya V,H,M0 dan MA	107
4.5.3	Kombinasi Pembebanan	111
4.5.4	Kontrol Abutmen Terhadap Guling	112
4.5.5	Penulangan Pada Abutmen	113
4.6	Perencanaan Pier	128
4.6.1	Pembebanan Pada Pier	128
4.6.2	Menghitung Besarnya V,H,M0 dan MA	128
4.6.3	Kombinasi Pembebanan	136
4.6.4	Kontrol Pier Terhadap Guling	137
4.6.5	Penulangan Pada Pier	138
4.6.6	Perhitungan Bore Pile Pier	151

V. TINJAUAN PUSTAKA

5.1	Simpulan	153
5.2	Saran	155

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jenis Jembatan Ditinjau Dari Bahan Bangunannya	5
Gambar 2.2 Jenis-jenis Jembatan Berdasarkan Fungsinya	6
Gambar 2.3 Jenis-jenis Jembatan Berdasarkan Sistem Struktur	7
Gambar 2.4 Beban Truk (T) 500.....	13
Gambar 2.5 Faktor Beban Dinamis Untuk Beban Truk dan Beban Lajur	14
Gambar 2.6 Beban Angin Pada Jembatan.....	15
Gambar 2.7 Peta Daerah Gempa Berdasarkan SNI	16
Gambar 2.8 Beton Prategang Dengan Tendon Yang Mempunyai Eksentrisitas	17
Gambar 2.9 Diagram Tegangan Pada Beton Prategang	17
Gambar 2.10 Ilustrasi Kehilangan Prategang	19
Gambar 2.11 Balok Beton Prategang Dengan Tendon Melengkung	20
Gambar 2.12 Gaya akibat berat tanah dan tekanan tanah	22
Gambar 3.1 Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>)	32
Gambar 4.1 Tampak Samping Jembatan Way Pengubuan	37
Gambar 4.2 Detail Pipa Sandaran	37
Gambar 4.3 Detail Tiang Railing	40
Gambar 4.4 Daerah Lentur dan Geser Pada Tiang Railing	45
Gambar 4.5 Potongan Melintang Section Properties <i>PCI Girder</i>	46
Gambar 4.6 Pembebanan Roda Pada Plat	48
Gambar 4.7 Bebanan Angin Pada Plat	49
Gambar 4.8 Pembebanan pada pelat	50
Gambar 4.9 Koefisien Momen Tumpuan Lapangan	51
Gambar 4.10 Pembebanan Truk.....	59
Gambar 4.11 Tangkapan Gaya Rem	60
Gambar 4.12 Nilai S_s dan S_2 Dari Website	62
Gambar 4.13 Diagram Garis Pengaruh Untuk Momen	66
Gambar 4.14 Diagram Garis Pengaruh Untuk Lintang	68

Gambar 4.15 Letak Posisi Tendon Ditengah Bentang	73
Gambar 4.16 Letak Posisi Tendon Ditengah Bentang	76
Gambar 4.17 Letak Posisi Tendon Ditengah Bentang	79
Gambar 4.18 Letak Posisi Tendon Ditengah Bentang	85
Gambar 4.19 Berat Sendiri Abutmen	102
Gambar 4.20 Titik Berat Tanah Diatas Abtumen	104
Gambar 4.21 Gaya Akibat Berat Tanah dan Tekanan Tanah	105
Gambar 4.22 Gaya Yang Bekerja Pada Kepala Abtumen	113
Gambar 4.23 Penulangan Pada Kepala Abtumen	116
Gambar 4.24 Konsol Abutmen	116
Gambar 4.25 Penulangan Pada Konsol Abutmen	119
Gambar 4.26 Bagian Badan Abutmen	119
Gambar 4.27 Penulangan Pada Badan Abutmen	121
Gambar 4.28 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Kaki Abutmen	122
Gambar 4.29 Tulangan Pada Abutmen	124
Gambar 4.30 Akibat Berat Sendiri Pier	130
Gambar 4.31 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Kepala Pier	138
Gambar 4.32 Penulangan Pada Kepala Pier	141
Gambar 4.33 Penulangan Konsol Pier	143
Gambar 4.34 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Kepala Pier	144
Gambar 4.35 Penulangan Pada Badan Pier	146
Gambar 4.36 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Kaki Pier	147
Gambar 4.37 Tulangan Pada pier	149

DAFTAR TABEL

Halaman	
Tabel 2.1 Variasi Jenis Jembatan dan Bentang	9
Tabel 2.2 Lebar Jembatan Berdasarkan Jumlah Lajur	12
Tabel 2.3 Kelas Jembatan Berdasarkan LHR.....	14
Tabel 2.4 Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1725,2016	16
Tabel 2.5 Koefisien Gesek Kelengkungan dan <i>Wobble</i>	22
Tabel 2.6 Koefisien Susut	23
Tabel 4.1 Perhitungan Titik Berat.....	45
Tabel 4.2 Perhitungan <i>Section Properties</i>	46
Tabel 4.3 Koefisien Momen.....	50
Tabel 4.4 Momen Plat dan Kombinasi	53
Tabel 4.5 Perhitungan Tulangan Lentur Plat	56
Tabel 4.6 Faktor Amplifikasi Untuk Periode 0,2 detik	56
Tabel 4.7 Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi	63
Tabel 4.8 Perhitungan Nilai Momen.....	63
Tabel 4.9 Perhitungan Gaya Momen Akibat Beban Lajur “D” Mx.....	67
Tabel 4.10 Perhitungan Gaya Lintang	67
Tabel 4.11 Perhitungan Gaya Momen Akibat Beban Truk.....	68
Tabel 4.12 Perhitungan Lintang Akibat Beban Truk	69
Tabel 4.13 Rekapitulasi Perhitungan Momen dan Geser Secara Manual	70
Tabel 4.14 Faktor Kombinasi Pembebanan	71
Tabel 4.15 Perhitungan Kombinasi Pembebanan	72
Tabel 4.16 Tabel Koordinat Kunci Masing-masing Tendon	72
Tabel 4.17 Perhitungan Kontrol Tegangan Secara Manual (saat service).....	83
Tabel 4.18 Luasan Masing-masing Segmen Abutmen	95

Tabel 4.19 Perhitungan Titik Berat Tanah Diatas Pier	98
Tabel 4.20 Tabel Kombinasi Pembebanan Abutmen.....	105
Tabel 4.21 Luasan Masing-masing Segmen Pier	131
Tabel 4.22 Kombinasi Pembebanan Pier	136

DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang girder (mm^2)
A_c	= luas penampang beton (mm^2)
ANC	= Kehilangan gaya prategang akibat slip angkur
A_s	= Luas penampang tulangan (mm^2)
btr	= Lebar tiang railing (mm)
CR	= Kehilangan gaya prategang akibat rangkai beton
C_{sm}	= Koefisien respon gempa elastis
D	= Gaya Lintang (kN)
do	= Diameter pipa sandaran (mm)
e	= Jarak garis normal box girder ketitikberat tendon/eksentrisitas (mm)
E	= Modulus elastisitas beton (MPa)
E_s	= Modulus elastisitasbaja (MPa)
ES	= Kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis
EQ	= Gaya gempa
EWS	= Beban angin pada struktur
EWL	= Beban angin pada kendaraan
f'_c	= Kuat tekan beton saat umur 28 hari (MPa)
f'_{ca}	= tegangan pada seratas (MPa)
f'_{cc}	= Tegangan izin beton kondisi tekan (MPa)

f'_{ci}	= Kuat tekan beton saat kondisi transfer (MPa)
f'_{ct}	= Tegangan izin beton kondisi tarik (MPa)
F_o	= Gaya prategang (kN)
f_{pu}	= kuattarik tendon prategang (MPa)
F_r	= Modulus of fracture atau modulus keruntuhan beton (MPa)
f_y	= Kuat tarik leleh baja tulangan (MPa)
H_{TP}	= Gaya horizontal pada tiang railing (kN)
I	= momen inersia penampang beton (mm ⁴)
K	= Koefisien Wooble, Tabel 14 pasal 20.6 (SNI 2847, 2002)
k_a	= Jarak antara titik berat penampang dengan posisi tendon atas (mm)
k_b	= Jarak antara titik berat penampang dengan posisi tendon bawah (mm)
K_{cr}	= Koefisien rangkai
L	= Panjang bentang jembatan (m)
L_p	= Panjang pipa sandaran (m)
L_x	= Panjang kabel yang ditinjau
M_v	= Momen vertikal (kN.m)
M_h	= Momen horizontal (kN.m)
M_n	= Momen nominal (kN.m)
M_r	= Momen resultan (kN.m)
M_{TP}	= Momen pada tiang railing (kN.m)
M_u	= Momen ultimit rencana (kN.m)
M	= Momen yang ditinjau (kN)
MA	= Beban mati akibat perkerasan dan utilitas
n	= Jumlah tulangan yang dibutuhkan

n_s	= Jumlah tendon yang dibutuhkan
P	= Beban garis (kN)
P_{bs}	= Beban putus satu kawat (kN)
P_{bs1}	= Beban putus satu kawat yang terjadi (kN)
P_{BTR}	= Beban terpus akibat beban garis terpusat (kN)
P_j	= Gaya prategang yang terjadi akibat <i>jecking</i> (kN)
P_o	= Presentase tegangan yang timbul pada baja
PR	= Gaya prategang
P_s	= Kehilangan gaya prategang akibat gesekan pada tendon
Q	= Beban merata (kN/m)
Q_{BTR}	= Beban merata akibat beban terbagi merata (kN/m)
Q_{EQ}	= Beban merata akibat beban gempa (kN/m)
q_{pipa}	= Berat pipa sandaran (kN/m)
$q_{sandaran}$	= Berat sandaran pada pipa (kN/m)
Q_h	= Beban merata horizontal (kN/m)
Q_{Ma}	= Beban merata akibat beban mati (kN/m)
Q_{MS}	= Beban merata akibat beban sendiri (kN/m)
Q_{TP}	= Beban merata akibat beban pejalan kaki (kN/m)
Q_v	= Beban merata vertikal (kN/m)
r	= Jari-jari inersia (mm)
RE	= Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja
R_n	= Besaran ketahanan atau kekuatan nominal dari penampang komponen struktur
$R\delta$	= Resultan lendutan yang terjadi (mm)

SH	= Kehilangan gaya prategang akibat susut beton
S _{max}	= Jarak tulangan geser maksimum (mm)
S _{tr}	= Jarak antar tiang railing (m)
t _{tr}	= Tebal tiang railing (mm)
T	= Periode alam iatau periode <i>fundamental</i> (s)
T _B	= Gaya akibat rem
T _D	=Beban lajur "D"
T _{EQ}	= Beban gempavertikal (kN)
T _{TB}	= Beban terpusat akibat beban rem (kN)
T _P	= Beban pejalan kaki
T _U	= Beban roda truk (kN)
T _T	= Beban truk "T"
V _{TP}	= Gaya vertikal pada tiang railing (kN)
V _u	= Gaya geser ultimit rencana (kN)
V _c	= Kuat geser nominal yang ditimbulkan oleh beton (kN)
V _s	= Kuatgeser nominal yang dipikul oleh tulangan geser (kN)
w	= Section modulus (mm ³)
w _c	= Berat beton prategang (kg/m ³)
x	= Jarak langsung terhadap titik tinjau (m)
y	= Nilai garis pengaruh pada titik tinjau (satuan)
\bar{y}	= Titik berat penampang arah vertikal (mm)
y _a	= Jarakgaris normal box girder ketepi atas (mm)
y _b	= Jarak garis normal box girder ketepi bawah (mm)
Δ _{ijin}	= Lendutan yang diizinkan (mm)

ϵ_{cs}	= Regangan susut sisa total
δx	= Lendutan yang terjadi arah x (mm)
δy	= Lendutan yang terjadi arah y (mm)
Φ	= Faktor reduksi disain lentur
ρ_{min}	= Rasio tulangan minimum
ρ_{max}	= Rasio tulangan maksimum
ρ_b	= Rasio tulangan yang diberikan saat kondisi regangan yang seimbang
ρ	= Ratio tulangan tarik non-prategang
μ	= Koefisienfraksi, Tabel 14 pasal 20.6 (SNI 2847,2002)

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi suatu daerah sangat dipengaruhi oleh sarana transportasinya. Sarana transportasi yang memadai memudahkan mobilisasi masyarakat dalam berbagai aktivitas kehidupan. Sarana transportasi berupa jalan yang baik, jembatan yang kuat, serta sarana-sarana lainnya hendaknya menjadi perhatian pemerintah guna untuk memenuhi kebutuhan masyarakatnya. Sarana transportasi yang baik sangat menunjang terciptanya iklim ekonomi yang baik pula bagi masyarakat setempat. Menyadari akan pentingnya hal ini, Pemerintah Kabupaten Lampung Tengah melakukan pembangunan jembatan Way Pengubuan ruas (Gunung Sugih – Terbanggi Subing).

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai saluran irigasi dan pembuang. Jembatan Way Pengubuan ini menghubungkan daerah yang terpisah oleh sungai. Selama ini untuk menyebrangi sungai tersebut masyarakat setempat menggunakan jembatan darurat milik warga setempat, dimana setiap kendaraan diwajibkan membayar uang Rp. 2000.00-, penggunaan jembatan sementara yang belum memenuhi kelayakan sebuah jembatan secara sempurna. Proyek pembangunan jembatan Way Pengubuan ini merupakan pekerjaan yang sangat penting dalam arus transportasi

masyarakat Kota Lampung- Tengah khususnya masyarakat Gunung Sugih – Terbanggi Subing. Selanjutnya hal ini tentu memengaruhi pada pertumbuhan ekonomi masyarakat setempat. Dengan pembangunan jembatan ini, proses mobilisasi masyarakat Kota Setempat menjadi lebih lancar dan aman.

1.2 Lokasi Proyek

Proyek pembangunan jembatan Way Pengubuan ini berlokasi di Kota (Gunung Sugih – Terbanggi Besar), Kabupaten Lampung Tengah, Lampung.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana perhitungan perencanaan bangunan atas jembatan ?
2. Bagaimana perhitungan perencanaan bangunan bawah jembatan ?

1.4 Tujuan Analisis

Maksud analisis perencanaan ini adalah untuk menghasilkan jembatan yang aman dan kuat.

1.5 Metode Penyusunan

Metode yang penulis gunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah antara lain:

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan antara lain data pengujian tanah, data penampang sungai dan sketsa citra satelit situasi jembatan. Data-data tersebut merupakan data yang telah diuji yang penulis peroleh dari pihak terkait.

2. Metode Kepustakaan

Digunakan untuk mendapatkan acuan dari buku-buku referensi dan sumber berita lain melalui media internet.

3. Metode Bimbingan

Dengan diperolehnya data, selanjutnya dilakukan analisis. Data diolah kemudian dilakukan perencanaan dengan berpedoman pada literatur yang didapat serta bimbingan dengan dosen pembimbing.

1.6 Manfaat Analisis

Manfaat analisis perencanaan ini adalah untuk menerapkan ilmu perkuliahan terhadap dunia kerja dengan melakukan analisa perencanaan jembatan sehingga memaksimalkan pengembangan transportasi dan meminimalisir kecelakaan kendaraan akibat kegagalan struktur jembatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

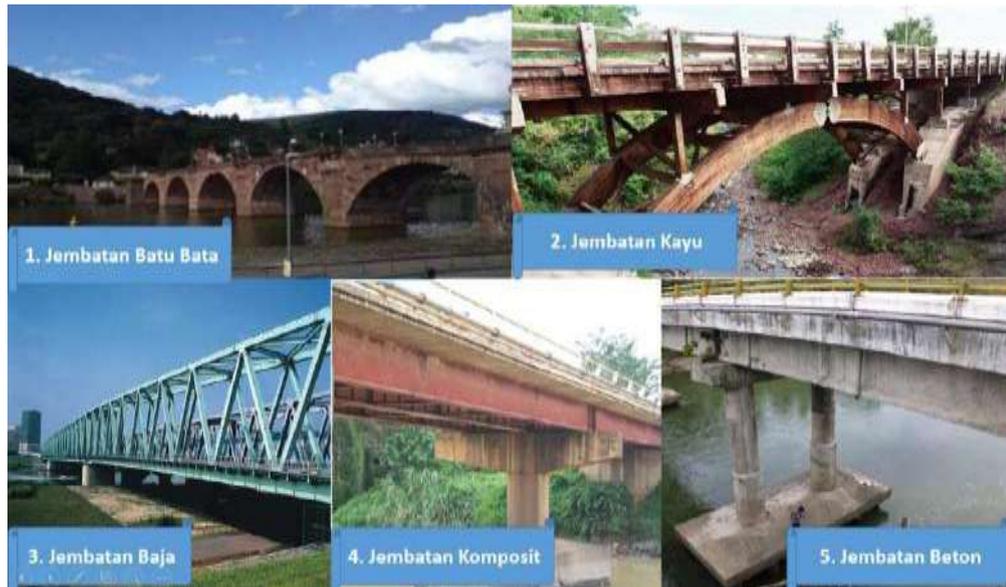
2.1 Definisi Jembatan

Jembatan didesain untuk melewati berbagai jumlah angkutan barang dan atau penumpang dalam suatu jangka waktu tertentu. Perencanaan konstruksi jembatan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara teknis dan ekonomis. Secara teknis diartikan jembatan tersebut harus dapat dilalui oleh kendaraan dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya. Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan biaya yang sekecil mungkin dimana masih memungkinkan terjaminnya keamanan dan tingkat kenyamanan.

2.2 Jenis-jenis Jembatan

Jembatan juga diartikan sebagai konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan antar jalan yang melalui suatu rintangan. Rintangan tersebut dapat berupa jalur lalu lintas pada persimpangan jalan, saluran irigasi, rawa, danau, sungai, laut, jurang, dan sebagainya.

Adapun jenis-jenis jembatan sebenarnya cukup banyak, bergantung pada sudut pandang yang diambil. Jika ditinjau dari bahan bangunannya, jenis-jenis jembatan antara lain dikelompokkan menjadi:



Gambar 2.1 Jenis jembatan ditinjau dari bahan bangunannya.

2.2.1. Jembatan pasangan batu dan batu bata

Jembatan seperti ini adalah jembatan yang terdiri dari konstruksi antara pasangan batu, serta bata, contoh jembatannya dapat dilihat pada Gambar 2.1. (1).

2.2.2. Jembatan kayu

Jembatan kayu adalah jembatan yang sederhana dengan konstruksi utamanya yaitu terbuat dari struktur kayu, contohnya dapat dilihat pada Gambar 2.1. (2).

2.2.3. Jembatan baja

Jembatan baja yaitu jembatan yang pada umumnya digunakan untuk jembatan bentang panjang, dengan konstruksi utamanya yaitu berbahan struktur baja, dapat dilihat pada Gambar 2.1. (3)

2.2.4. Jembatan komposit

Jembatan komposit yaitu jembatan yang konstruksi utamanya merupakan perpaduan antara dua bahan berbeda yang umumnya berupa perpaduan dari struktur baja sebagai gelagar, dan beton sebagai pelat dari lantai jembatan, dapat dilihat pada Gambar 2.1. (4)

2.2.5. Jembatan beton

Jembatan beton yaitu jembatan yang bahan konstruksi utamanya berupa beton bertulang, umumnya pada jembatan beton ini hanya digunakan untuk jembatan bentang pendek, dengan panjang maksimum 25 m, dan untuk jembatan dengan bentang yang panjang, dapat digunakan beton prategang. Dapat dilihat pada Gambar 2.1. (5)

Jika dilihat dari fungsinya, jembatan terdiri dari berbagai jenis, dan dapat dikelompokkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Jenis-jenis jembatan berdasarkan fungsinya.

a. Jembatan darurat

Jembatan darurat adalah jembatan yang didesain untuk kepentingan yang bersifat darurat, dan biasanya hanya sementara, dengan kata lain, tidak bersifat permanen dapat dilihat pada Gambar 2.2. (1).

b. Jembatan kereta api

Jembatan ini khusus untuk perjalanan kereta api, jembatan jenis ini dirancang sebagai perlintasan untuk jalur kereta api, dapat dilihat pada Gambar 2.2. (2).

c. Jembatan jalan raya

Jembatan jalan raya atau transportasi yaitu jembatan yang direncanakan dapat menerima beban lalu lintas, baik berupa kendaraan berat maupun kendaraan ringan, dapat dilihat pada Gambar 2.2. (3).

d. Jembatan penyeberangan orang (JPO)

Jembatan penyeberangan orang ini yaitu didesain khusus untuk pejalan kaki menyeberangi jalan, dapat dilihat pada Gambar 2.2. (4).

Berikut jenis-jenis jembatan jika ditinjau dari fungsinya, dapat dikelompokkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Jenis-jenis jembatan berdasarkan sistem struktur.

a. Jembatan *cable-stayed*

Jembatan *cable-stayed* yaitu jembatan yang menggunakan tendon sebagai struktur yang menerima beban dari lalu lintas kendaraan. Pada jembatan ini, tendon langsung menumpu pada tower, dapat dilihat pada Gambar 2.3. (1)

b. Jembatan pelengkung

Jembatan pelengkung yaitu jembatan yang bentuk strukturnya seperti kurva melengkung, dapat dilihat pada Gambar 2.3. (2)

c. Jembatan gantung

Jembatan gantung adalah jembatan dimana sistem struktur dasarnya adalah kabel tendon utama yang memikul tendon gantung yang menerima beban lalu lintas, dapat dilihat pada Gambar 2.3.(3)

d. Jembatan rangka

Jembatan rangka adalah jembatan yang struktur utamanya terbuat dari baja, bentuk dasarnya adalah segitiga, dapat dilihat pada Gambar 2.3. (5).

e. Jembatan *box girder*

Jembatan *box girder* adalah jembatan yang struktur utamanya terbuat dari baja ataupun beton prategang dapat dilihat pada Gambar 2.3. (6).

Tabel 2.1 Variasi jenis jembatan, dan bentang.

Jenis Jembatan berdasarkan sistem struktur	Bentang (meter)
Jembatan lengkung (<i>arch bridge</i>)	100 - 300
Jembatan gelagar (<i>beam bridge</i>)	5 - 40
Jembatan <i>cable-stayed</i>	100 - 600
Jembatan gantung (<i>suspension bridge</i>)	1000 - 1400
Jembatan beton prategang (<i>prestressed concrete bridge</i>)	20 - 40
Jembatan rangka (<i>truss bridge</i>)	50 - 100
Jembatan <i>box girder</i>	20 - 40

2.3 Bagian – Bagian Struktur Jembatan

Bagian struktur utama suatu bangunan jembatan pada umumnya dapat dibedakan menjadi 3 bagian, antara lain:

2.3.1. Struktur Atas

Struktur atas jembatan adalah struktur yang menerima beban langsung yang meliputi beban mati, hidup, angin, dan gempa. Struktur atas jembatan terdiri dari :

- a. Tiang sandaran
- b. Perkerasan lalu lintas
- c. Pelat lantai kendaraan
- d. Balok diafragma
- d. Balok girder
- e. Tumpuan

2.3.2. Struktur Bawah

Struktur bawah jembatan adalah struktur berfungsi untuk meneruskan seluruh beban yang diterima struktur atas menuju pondasi. Struktur bawah jembatan terdiri dari :

- a. Pangkal Jembatan/*Abutment*
- b. Pilar Jembatan/*Pier*

2.3.3. Pondasi

Pondasi pada jembatan adalah struktur yang berfungsi meneruskan seluruh beban yang diterima struktur bawah jembatan ke tanah keras pada bagian bawah jembatan. Jenis-jenis dari pondasi pada jembatan diantaranya sebagai berikut:

- a. Pondasi setempat
- b. Pondasi sumuran
- c. Pondai tiang pancang
- d. Pondasi bor/*bored pile*

Pada perencanaan yang digunakan dalam skripsi ini yaitu pondasi *bored pile*.

2.4 Perencanaan Jembatan Beton Prategang PCI-Girder

Prinsip perencanaan jembatan didasarkan pada batas-batas tertentu yang diterapkan terhadap kekuatan, dan kemampuan suatu bahan bangunan untuk digunakan sebagai struktur bangunan. Pada perhitungan pembebanan, beban akan dikalikan dengan faktor beban, sedangkan pada analisis dari kekuatan pada kapasitas bahan, struktur akan dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan.

2.4.1. Pembebanan Pada Jembatan

Pada perencanaan beton prategang terdapat dua tahap pembebanan yang diperhitungkan, yaitu tahap transfer dan tahap layan. Pada setiap tahap pembebanan tersebut harus dilakukan kontrol terhadap batas-batas tegangan dari penampang girder.

a. Tahap Transfer

Pada tahap transfer, beban yang bekerja adalah berat sendiri struktur, sedangkan beban hidup dianggap belum bekerja. Gaya prategang awal bekerja setelah dilakukan transfer beban/*stressing*. Tegangan awal kabel prategang sendiri dapat diambil sebesar 75 % dari tegangan tarik batas tendon prategang (f_{pu}).

b. Tahap Layan

Tahap layan dimulai ketika beton prategang digunakan sebagai komponen struktur utama jembatan. Pada tahap layan, beban luar yang berupa beban mati, hidup, angin, dan gempa harus diperhitungkan, pada tahap ini juga semua kehilangan gaya prategang sudah harus dipertimbangkan di dalam analisa strukturnya.

Macam-macam beban sendiri terbagi menjadi tiga yang diperhitungkan. Jenis-jenis beban tersebut diantaranya :

2.4.1.1. Beban Akibat Aksi Tetap

Beban aksi tetap terdiri dari berat sendiri struktur, berat mati tambahan, dan beban pengaruh prategang.

a. Berat Sendiri

Berat sendiri adalah beban mati dari elemen struktur suatu jembatan, yang dapat berupa berat girder, berat pelat, berat tiang sandaran, dan berat dari balok diafragma.

b. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan dapat berupa beban aspal perkerasan, dan air hujan yang merupakan elemen bukan struktural jembatan.

c. Beban Akibat Pengaruh Prategang

Beban tersebut memberikan perlawanan terhadap beban yang bekerja pada struktur gelagar. Kontrol tegangan akibat gaya prategang harus diperhitungkan pada tahap transfer, dan tahap layan dari pembebanan pada jembatan.

Beban garis dengan muatan p kN/m diletakkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan.

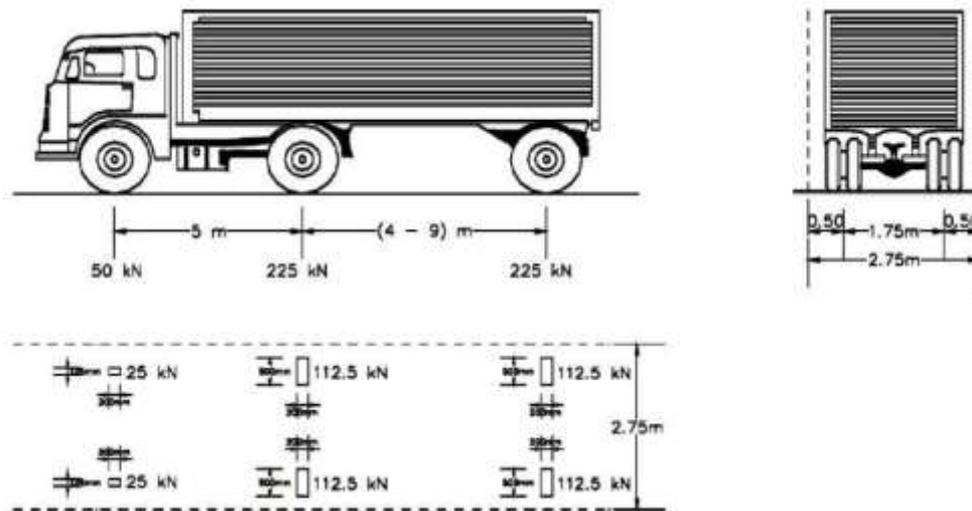
Besarnya beban garis adalah 49,0 kN/m. Jumlah lajur lalu lintas maksimum yang digunakan pada variasi lebar jembatan dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 2.2 Lebar jembatan berdasarkan jumlah lajur.

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lahu lintas Rencana (n)
Satu lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
Dua arah, tanpa Median	$5250 \leq w < 7500$	2
	$7500 \leq w < 10000$	3
	$10000 \leq w < 12500$	4
	$12500 \leq w < 15250$	5
	$w \geq 15250$	6
Dua arah, dengan median	$5500 \leq w < 8000$	2
	$8250 \leq w < 10750$	3
	$11000 \leq w < 13500$	4
	$13750 \leq w < 16250$	5
	$w \geq 16250$	6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		

d. Beban Truk (T)

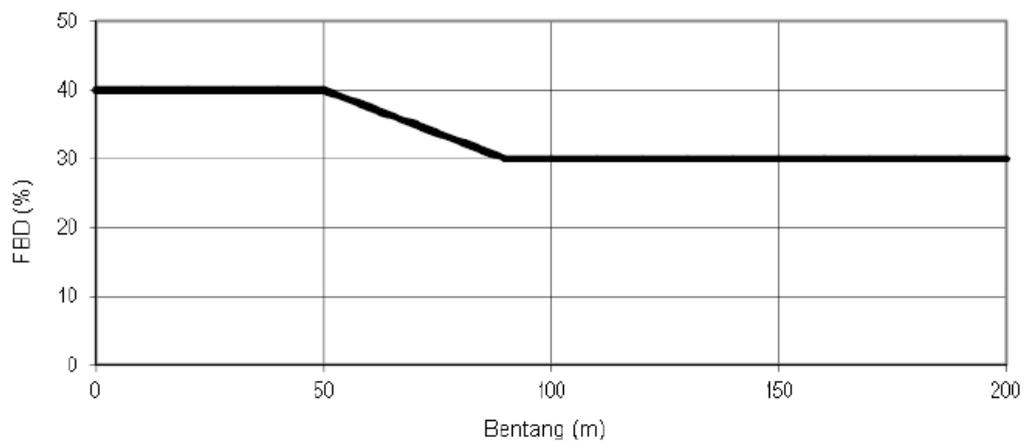
Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai detail lebar susunan dan berat as seperti yang terlihat dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.4 Beban truk (T) 500 kN

Beban truk (T) adalah satu kendaraan truk semi trailer dengan berat 500 kN dan disebarakan kedalam tiga as yang ditempatkan pada posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Jarak antar 2 as pada belakang truk dapat diubah-ubah antara 4 m hingga 9 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. satu beban truk harus ditempatkan per lajur lalu lintas rencana kendaraan.

Faktor beban dinamis ditentukan berdasarkan panjang bentang jembatan tersebut, seperti terlihat pada grafik berikut ini.



Gambar 2.5 Faktor beban dinamis untuk beban truk (T) dan beban

lajur (D).

Kelas jembatan dapat dibedakan berdasarkan lalu lintas harian rata-rata nya, seperti tercantum pada tabel dibawah :

Tabel 2.3 Kelas Jembatan berdasarkan LHR.

Kelas fungsional		Kelas rencana		
		Tipe I : kelas	Tipe II	
			LHR	kelas
Primer	Arteri	I	Semua lalu lintas	I
	Kolektor	II	≥ 10.000	I
< 10.000			II	
Sekunder	Arteri	II	≥ 20.000	I
			< 20.000	II
	Kolektor	NA	≥ 6.000	II
			< 6.000	III
	Lokal	NA	≥ 500	III
< 500			IV	

e. Gaya Rem

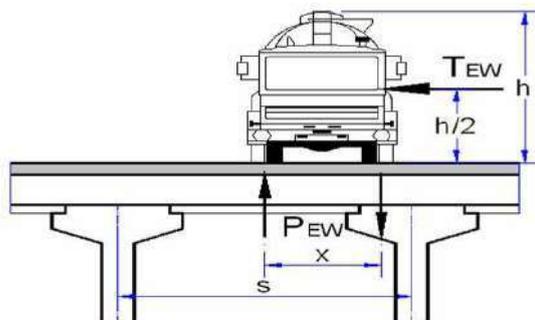
Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata, atau
- 25% dari berat truk semi trailer.

Gaya rem tersebut harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati, serta berisi lalu lintas kendaraan dengan arah yang sama.

2.4.1.2. Beban Akibat Aksi Lingkungan

a. Beban Angin



Gambar 2.6 Beban angin pada jembatan.

Beban angin diasumsikan sebagai beban yang terdistribusi secara merata pada bidang samping kendaraan yang terekspos oleh angin. Dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1,8 m di atas permukaan jalan.

b. Beban Akibat Gempa

Beban ini diasumsikan sebagai gaya vertikal yang dihitung berdasarkan koefisien respons elastis (C_{sm}) pada tanah jembatan dikali dengan berat struktur ekuivalen (W) yang kemudian dibagi dengan panjang bentang jembatan (L) seperti yang tercantum pada rumus berikut ini:

Besarnya beban dinamis akibat gempa dihitung dengan rumus :

$$E_Q = C_{sm}/L \times W \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

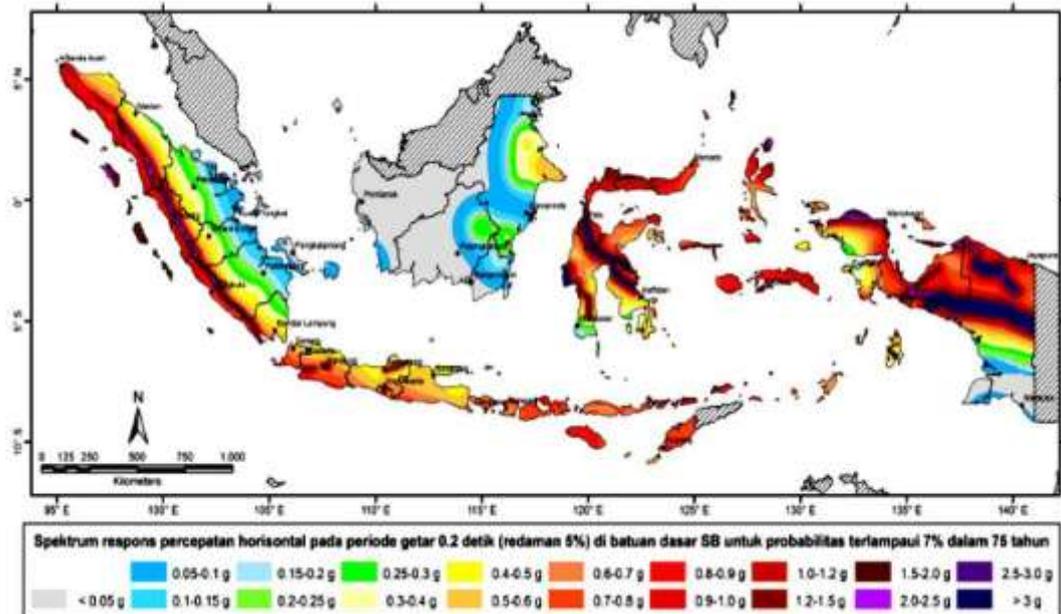
E_Q = Gaya gempa vertikal (kN/m)

C_{sm} = Koefisien respons gempa elastis

L = panjang bentang jembatan (m)

W = berat struktur ekuivalen (kN)

Koefisien respons elastik (C_{sm}) diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan yang sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang gempa rencana pada tanah jembatan yang bersumber pada SNI perencanaan gempa untuk jembatan yang dikeluarkan oleh Badan standardisasi nasional tahun 2013 berikut ini :



Gambar 2.7 Peta daerah gempa berdasarkan SNI gempa untuk Jembatan.

Selanjutnya, untuk melihat penggunaan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1725, 2016 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1725, 2016.

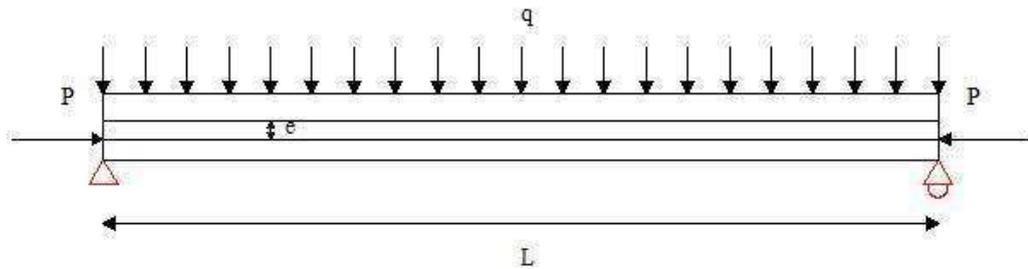
No.	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
1	Berat sendiri (MA)	γ_p	γ_p	γ_p	γ_p	γ_p	γ_p	γ_p	1	1	1	1
2	Beban mati tambahan (MS)	γ_p	γ_p	γ_p	γ_p	γ_p	γ_p	γ_p	1	1	1	1
3	Beban hidup (TD, TT, TB)	1,8	1,4				γ_{HD}	0,5	1	1,3	0,8	
4	Beban Angin (EW)					1			1			
5	Beban Gempa (EQ)						1					

2.4.1.3. Perhitungan Struktur Beton Prategang

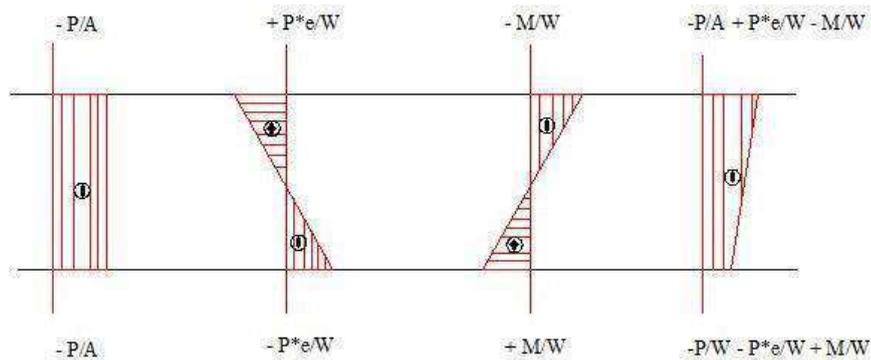
a. Gaya Prategang.

Pemberian gaya prategang pada beton akan menyebabkan penampang beton mengalami tegangan tekan. Tegangan tekan tersebut akan memberikan tegangan lawan terhadap beban luar yang bekerja. Jika gaya prategang bekerja dengan eksentrisitas, hal tersebut memberikan tegangan tambahan akibat dari eksentrisitas

tersebut. Sehingga, dengan adanya pengaturan posisi tendon saat pada penampang, akan memberikan tegangan lawan tambahan. Berikut ini ilustrasi dari tegangan yang terjadi akibat adanya pengaruh dari eksentrisitas gaya prategang pada tendon yang mempengaruhi penampang pada balok prategang.



Gambar 2.8 Beton prategang dengan tendon yang mempunyai eksentrisitas.



Gambar 2.9. Diagram tegangan pada beton prategang.

Berdasarkan asumsi dan gambar diatas diperoleh persamaan tegangan pada balok beton prategang sebagai berikut :

Tegangan serat bawah balok (f_b):

$$f_b = -\frac{Pe}{A} + \frac{Me \cdot Y_b}{I} - \frac{Mn \cdot Y_b}{I} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

Tegangan serat atas balok (f_a):

$$f_a = -\frac{Pe}{A} + \frac{Me \cdot Y_a}{I} - \frac{Mn \cdot Y_a}{I} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

b. Tegangan Izin Beton

Pada (SNI T-12, 2004) Pasal 4.4.1.2. Peraturan Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Tegangan izin pada beton adalah sebagai berikut :

➤ Tegangan izin prategang pada kondisi transfer gaya prategang dibatasi pada nilai berikut ini :

- 1) Tegangan serat tekan terluar, sebesar $0,60.f_{ci}$
- 2) Tegangan serat tarik terluar, sebesar $0,25. \sqrt{f_{ci}'}$

➤ Tegangan beton pada kondisi beban layan dibatasi pada nilai berikut ini:

- 1) Tegangan serat tekan terluar sebesar $0,45.f_c'$
- 2) Tegangan tarik terluar sebesar $0,5 \sqrt{f_{ci}'}$

c. Lintasan Inti Tendon

Untuk menentukan lintasan pada masing-masing tendon yang bekerja pada balok prategang, dapat digunakan rumus berikut ini:

$$Y = \frac{4 \times f_i \times X}{L^2} \times (L - X) \dots\dots\dots(4)$$

Y = Persamaan lintasan tendon

X = Jarak yang ditinjau (m)

L = Panjang bentang jembatan (m)

$f_i = e_s =$ Eksentrisitas tendon (m)

d. Sudut Angkur

$$\alpha = \text{Atan} \frac{dy}{dx} \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{4 \times f_i \times [L - (2 \times X)]}{L^2}$$

Untuk $\alpha = 0$ (Posisi angkur ditumpuan), didapat $\frac{dy}{dx} = \frac{4 \times f_i}{L}$

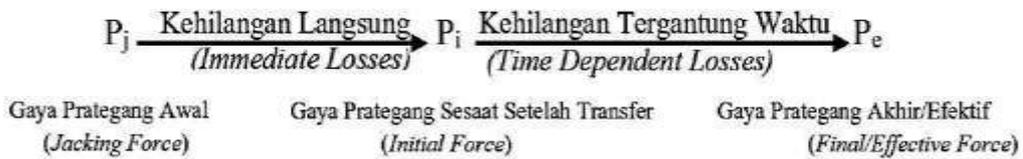
e. Tata Letak dan *Trace* tendon

Untuk menentukan tata letak dan *trace* tendon dapat digunakan rumus berikut ini :

$$z_i = z_i' - \frac{4 \times f_i \times X}{L^2} \times (L - X) \dots\dots\dots(6)$$

f. Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan prategang yaitu berkurangnya gaya yang bekerja dalam tendon pada tahap-tahap pembebanan. Kehilangan prategang pada struktur beton prategang dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2.10 Ilustrasi kehilangan prategang.

Kehilangan prategang langsung atau kehilangan sesaat setelah transfer adalah

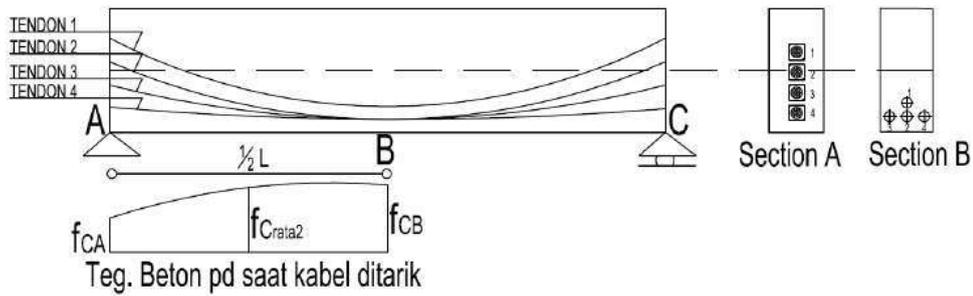
$$P_i = P_j - (\Delta f_{s(long term)} \times P_j) \dots\dots\dots(7)$$

$$P_e = P_j - (\Delta f_{s(long term)} \times P_j) \dots\dots\dots(8)$$

Berikut ini adalah jenis-jenis kehilangan gaya prategang yang perlu diperhitungkan pada struktur beton pascatarik :

➤ Perpendekan Elastis Beton (Tendon dengan Lintasan Melengkung)

Pada sebagian besar jembatan dengan balok beton prategang, masing-masing tendon dibuat melengkung dengan eksentrisitas terbesar di tengah bentang. Pada kondisi ini kehilangan prategang akibat deformasi elastis pada beton dapat dihitung dengan memperkirakann tegangan rata-rata beton pada level baja. Ilustrasi balok girder beton prategang dengan tendon melengkung dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.11 Balok beton prategang dengan tendon melengkung.

Untuk mencari kehilangan gaya prategang untuk masing-masing tendon dapat digunakan rumus berikut ini :

$$\text{Ditengah bentang (B) : } f_{CB(a,b)} = - \frac{Pj}{A} - \frac{Pj \times ea \times eb}{I} \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{Ditumpuan (A) : } f_{CB(a,b)} = - \frac{Pj}{A} - \frac{Pj \times ea \times eb}{I} \dots\dots\dots(10)$$

Tegangan rata-rata beton akibat gaya prategang yaitu :

$$f_{C(a,b)} = \left[f_{CA(a,b)} + \frac{2}{3} \cdot (f_{cb(a,b)} - f_{CA(a,b)}) \right] \dots\dots\dots(11)$$

sehingga kehilangan prategang pada masing-masing tendon yaitu:

$$\Delta f_{ES(a,b)} = n \times f_{c(a,b)} \dots\dots\dots(12)$$

Dengan :

- a = Tendon yang mengalami kehilangan prategang
- b = Tendon yang mengalami penarikan saat *stressing*
- Pj = Gaya prategang saat penarikan tendon (N)
- e_a = Eksentrisitas tendon saat mengalami kehilangan prategang (mm)
- e_b = Eksentrisitas tendon yang mengalami penarikan tendon (mm)
- f_{CB(a,b)} = Tegangan beton pada tengah bentang (Mpa)
- f_{CA(a,b)} = Tegangan beton pada tumpuan (Mpa)
- f_{C(a,b)} = Tegangan rata-rata beton akibat gaya prategang (Mpa)

➤ Kehilangan Prategang akibat Gesekan Tendon

Kehilangan prategang ini terjadi saat tendon dengan selubung tendon bergesekan. Untuk memperkirakan kehilangan prategang tersebut, pada beton pascatarik dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_x = P_j \times e^{-\mu \cdot (a + k \cdot Lx)} \dots\dots\dots(13)$$

Dengan :

P_j = Gaya prategang awal (N)

μ = Koefisien gesek kelengkungan

a = Sudut kelengkungan pada tendon

K = Koefisien *wobble*

E = 2,7183

Untuk menentukan koefisien gesek kelengkungan, dan koefisien *wobble* dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 2.5 Koefisien gesek kelengkungan dan *wobble*.

Jenis baja prategang	Koefisien <i>wobble</i> (K)	Koefisien <i>Friksi</i> (μ)
tendon diselubung metal fleksibel		
tendon kawat	0,001-0,0015	0,15-0,25
batang mutu tinggi	0,001-0,0006	0,08-0,30
strand 7 kawat	0,0005-0,002	0,15-0,25
tendon yang dilapisi mistici		
tendon kawat dan strand 7	0,001-0,002	0,05-0,15
tendon yang dilumasi dahulu		
tendon kawat dan strand 7	0,0003-0,002	0,05-0,15

➤ Kehilangan Prategang Akibat Slip Angkur

Kehilangan prategang akibat slip angkur terjadi saat kawat dilepaskan dari *jacking machine*, lalu ditahan baji pada angkur. Besaran nilai rata-rata

panjang slip ankur yaitu 2,5 mm. Untuk memperkirakan kehilangan prategang tersebut dapat digunakan rumus berikut ini :

$$\epsilon_s = \frac{\Delta l}{L} \dots\dots\dots(14)$$

$$\Delta f_s = \epsilon_s \times E_s \dots\dots\dots(15)$$

Dengan :

Δl = Slip rata-rata (mm)

L = Panjang bentang jembatan (mm)

E = Modulus elastisitas strand (MPa)

➤ Kehilangan Prategang akibat Rangkak pada Beton

Kehilangan gaya prategang yang diakibatkan oleh rangkak pada beton merupakan gaya prategang yang tergantung pada waktu yang diakibatkan oleh proses penuaan dari beton selama pemakaian, rangkak pada beton menyebabkan berkurangnya tegangan pada penampang. Kehilangan gaya prategang akibat rangkak pada beton prategang dapat diperkirakan dengan rumus berikut ini :

$$\Delta f_{CR} = C_t \times n \times f_c \dots\dots\dots(16)$$

Dengan :

C_t = Koefisien rangkak, 2 (pratarik) dan 1,6 (pascatarik)

f_c = Tegangan pada beton yang melekat pada titik berat tendon akibat gaya prategang awal (MPa)

➤ Kehilangan Prategang akibat Susut pada Beton

Penyusutan pada beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu rasio antara volume beton dan luas permukaan beton, serta kelembaban udara relatif saat akhir pengecoran dan pemberian gaya prategang.

Kehilangan prategang akibat susut pada beton dapat beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$(\epsilon_{sh}) = 8,2 \times 10^{-6} \times \left[1 - 0,06 \times \left(\frac{V}{S} \right) \right] \times (100 - RH) \dots\dots\dots(17)$$

$$\Delta f_{sh} = \epsilon_{sh} \times K_{sh} \times E_s \dots\dots\dots(18)$$

Dengan :

ϵ_{sh} = Regangan susut dalam beton

V = Volume beton (inch)

S = Luas permukaan beton (inch)

RH = Kelembaban relatif udara

K_{sh} = Koefisien susut yang tergantung waktu

E_s = Modulus elastisitas strand (MPa)

Nilai koefisien susut dapat ditentukan pada tabel berikut ini :

Tabel 2.6 Koefisien susut.

Selisih antara pengecoran dan pengecoran (hari)	1	3	5	7	10	20	30	60
K_{sh}	0,9 2	0,8 5	0,8 0	0,7 7	0,7 3	0,6 4	0,5 8	0,4 5

2.5 Pembebanan Abutmen

Struktur bawah pada jembatan ini adalah abutmen yang menahan seluruh beban yang bekerja di atasnya, serta komponen struktur lain yang dapat mendukung keamanan konstruksi, seperti *backwall*.

Backwall adalah bangunan yang direncanakan sebagai dinding penahan agar ballast yang berada sebelum atau sesudah jembatan tetap berada pada posisinya, tidak mengalami longsor ke arah abutmen. Abutmen harus direncanakan

berdasarkan kombinasi pembebanan maksimum dari seluruh beban yang bekerja. Adapun beban-beban yang bekerja pada abutmen yaitu :

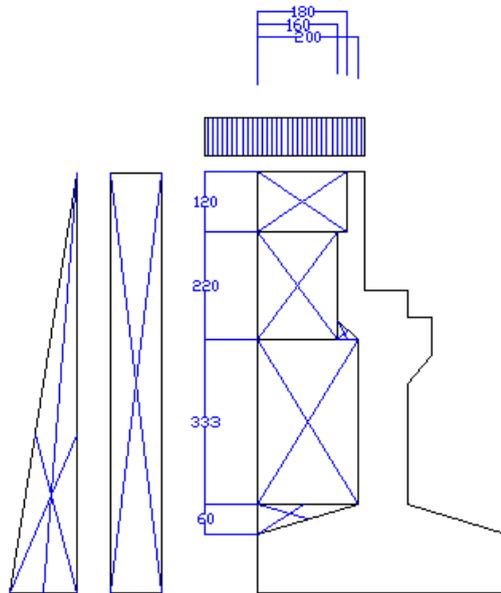
a. Beban mati

Beban mati terdiri atas semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan dan bagian jembatan yang menjadi satu kesatuan tetap, antara lain: struktur utama, tiang sandaran, trotoar, tebal plat, dll.

b. Tekanan tanah

Bagian bangunan jembatan yang menahan tanah harus direncanakan dapat menahan tekanan tanah. Beban kendaraan di belakang bangunan penahan tanah diperhitungkan senilai dengan muatan tanah setinggi 60 cm.

Dengan menggunakan teori Rankine, didapat diagram tekanan tanah seperti Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Gaya akibat berat tanah dan tekanan tanah

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \frac{\phi'}{2}) \dots \dots \dots (19)$$

dengan :

$K_a =$ koefisien tekanan tanah aktif

$\phi' =$ sudut gesek internal yang telah tereduksi

$$P_1 = q \cdot K_a \cdot H \dots\dots\dots (20)$$

dengan ;

$P =$ tekanan tanah (kN/m)

$q =$ beban terbagi rata (kN/m²)

$K_a =$ koefisien tekanan tanah aktif

$H =$ tinggi abutmen penahan (m)

c. Beban kejut

Untuk memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran-getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban hidup harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum.

Koefisien kejut untuk jembatan tanpa ballast yang menerus diambil dengan rumus :

$$k = 1 + \frac{20}{(50+L)} \dots\dots\dots (21)$$

dengan:

$k =$ koefisien kejut

$L =$ bentang jembatan (m)

d. Beban angin

Beban angin yang harus diperhitungkan adalah beban angin yang mengenai bidang samping jembatan dan beban angin yang mengenai kendaraan. Beban angin yang mengenai bidang samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan

rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian luar. Besarnya gaya angin yang mengenai bidang samping jembatan dapat dihitung dengan rumus :

$$P = 0,0006.C_w.(V_w)^2.A_b \dots\dots\dots (22)$$

dengan :

C_w = koefisien seret.

V_w = kecepatan angin rencana (m/s)

A_b = 30% dari luas bidang samping jembatan (m^2)

Sedangkan besarnya beban angin yang mengenai kendaraan dapat dihitung dengan rumus :

$$P = 0,0012.C_w.(V_w)^2.A_b \dots\dots\dots (23)$$

dengan :

A_b = luas bidang samping kendaraan (m^2) yang merupakan hasil kali dari bentang jembatan dan tinggi lokomotif.

e. Beban gempa

Beban rencana gempa minimum dapat dihitung dengan rumus :

$$P = K_h.I.W_t \dots\dots\dots (24)$$

dimana :

$$K_h = C.S \dots\dots\dots (25)$$

dengan :

P = gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)

K_h = koefisien beban gempa horisontal

C = koefisien geser

I = faktor kepentingan

S = faktor tipe bangunan

Wt= berat beban mati dan beban tambahan (kN)

f. Tekanan tanah dinamis akibat gempa

Tekanan tanah yang dihasilkan oleh gaya gempa dapat dihitung dengan

rumus :

$$P1 = q \cdot \Delta K_{aG} \cdot H \quad \dots\dots\dots (26)$$

dan

$$P2 = 0,5 \cdot H^2 \cdot w \cdot \Delta K_{aG} \dots\dots\dots (37)$$

dimana :

$$\Delta K_{aG} = K_{aG} - K_a \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$K_{aG} = \frac{\cos^2 (\phi' - \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{\sin \phi' \cdot \sin (\phi' - \theta)}}{\cos \theta}\right)} \text{ dan } \dots\dots\dots (29)$$

$$\theta = \tan^{-1} (Kh) \quad \dots\dots\dots (30)$$

dengan :

P = tekanan tanah dinamis akibat gempa (kN)

H = tinggi abutmen (m)

w = berat volume tanah (kN/m³)

ΔK_{aG} = koefisien tekanan tanah total

K_{aG} = koefisien tekanan tanah dinamis

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

By = panjang abutmen (m)

2.6 Pondasi

Fondasi merupakan elemen bangunan yang berfungsi memindahkan beban struktur ke dalam tanah. Salah satu jenis fondasi yang sering digunakan pada struktur jembatan adalah fondasi tiang.

Fondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Fondasi ini juga biasa digunakan untuk bangunan yang dipengaruhi oleh gaya – gaya penggulingan akibat beban angin.

Dalam perencanaan fondasi perlu diperhitungkan daya dukung. Daya dukung Fondasi dihitung untuk mengetahui berapa jumlah tiang yang dibutuhkan sehingga pondasi mampu menahan beban yang bekerja.

Apabila jumlah tiang yang dipakai lebih dari satu, maka perlu diperhitungkan beban maksimum yang bekerja pada tiap – tiap tiangnya, yang dapat dihitung dengan rumus :

$$P_u = \frac{P}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\Sigma x^2} \dots\dots\dots (31)$$

Namun jika pada fondasi momen bekerja dua arah, arah x dan arah y, maka distribusi tegangan harus dijumlahkan dengan rumus :

$$P_u = \frac{P}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\Sigma y^2} \dots\dots\dots (32)$$

dengan :

P_u = tegangan yang bekerja pada satu tiang (kN)

P = jumlah gaya – gaya vertikal (kN)

n = jumlah tiang dalam kelompok

M_x = momen yang bekerja arah x pada fondasi (kNm)

M_y = momen yang bekerja arah y pada fondasi (kNm)

x = jarak x dari pusat berat kelompok tiang ke tiang yang ditinjau (m)

y = jarak y dari pusat berat kelompok tiang ke tiang yang ditinjau (m)

Σx^2 = jumlah kuadrat dari jarak x tiap – tiap tiang ke pusat kelompok tiang (m^2)

Σy^2 = jumlah kuadrat dari jarak y tiap – tiap tiang ke pusat kelompok tiang (m^2)

Dari semua aspek di atas harus diperhitungkan dengan baik sehingga dalam pelaksanaannya mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Adapun jembatan ini direncanakan untuk dapat dilalui oleh kendaraan dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

III. METODE PENELITIAN

3.1. TAHAPAN PERSIAPAN

Agar diperoleh hasil dengan kesalahan yang minim, maka diperlukan langkah-langkah yang sistematis dalam penyelesaian tugas akhir ini. Tahap awal adalah dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan, diantaranya :

- a. Data dan objek yang akan dibahas
- b. Data pendukung yang diperlukan
- c. Studi pustaka dari beberapa referensi terkait untuk mendukung penyelesaian tugas akhir
- d. Mencari sumber lain dengan media internet

3.2. METODE PENGUMPULAN DATA

Data-data yang akan dikumpulkan pada tugas akhir ini diperoleh dari berbagai literatur yang memuat standar perencanaan yang diterbitkan oleh, SNI, laporan-laporan dan tulisan-tulisan dari penelitian terdahulu, buku-buku serta *website-website* yang memuat standar perencanaan jembatan, data asumsi, serta literatur-literatur lain yang terkait dengan perencanaan jembatan. Sedangkan, data umum jembatan diperoleh dari P.T. YODYA KARYA (Persero)

Tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan data-data dari suatu proyek pembangunan jembatan Way Pengubuan, ruas (Gunung Sugih – Terbanggi Besar). Metode pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode, antara lain:

a. Data sekunder

Data sekunder yang digunakan antara lain data pengujian tanah, data penampang sungai dan sketsa citra satelit situasi jembatan. Data-data tersebut merupakan data yang telah diuji yang penulis peroleh dari pihak terkait.

b. Analisis

Dengan diperolehnya data, selanjutnya dilakukan analisis. Data diolah kemudian dilakukan perencanaan dengan berpedoman pada literatur yang didapat serta bimbingan dengan dosen pembimbing.

3.3 TAHAP PENGOLAHAN DATA

Pada tahap ini dilakukan beberapa analisis dari data yang telah diperoleh, diantaranya :

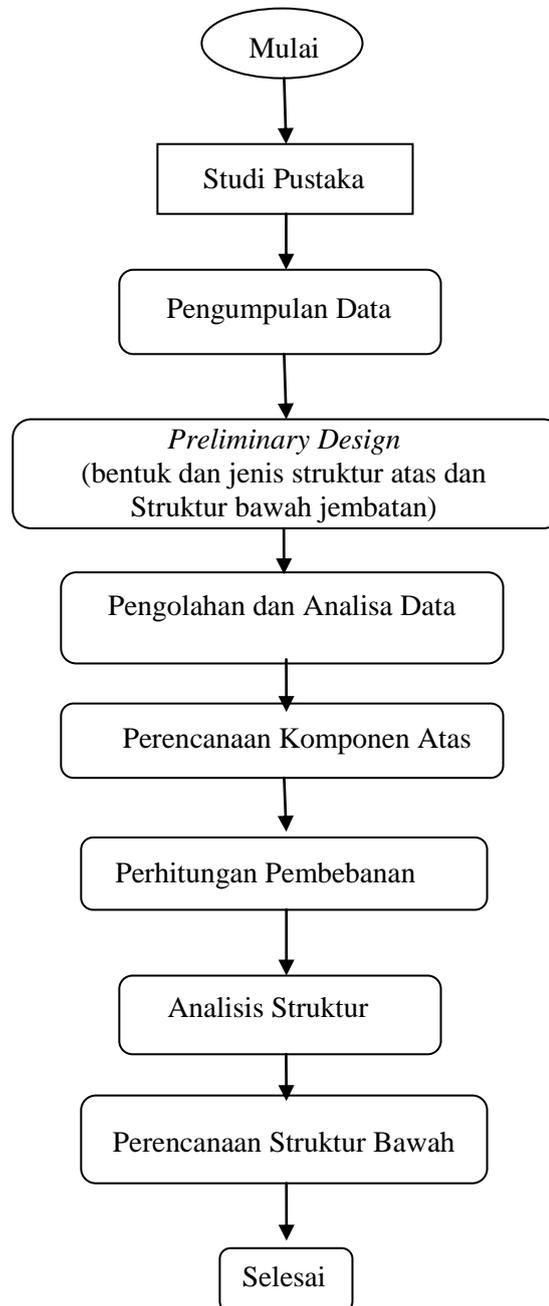
a. Analisis struktur atas jembatan

b. Analisis abutmen/struktur bawah jembatan

3.4 TAHAP PEMECAHAN MASALAH

Data yang sudah terkumpul diklasifikasikan dan diurutkan berdasarkan kajian permasalahannya kemudian dilakukan analisis satu per satu dengan mengacu pada literatur yang ada.

3.5 Diagram Alir (*Flow Chart*)



Gambar 3.1. Diagram Alir (*Flow Chart*) Metode Penelitian

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil perhitungan struktur atas

1. Tendon yang dibutuhkan pada beton prategang pada jembatan ini yaitu, tendon 1 sebanyak 19 kawat, tendon 2 sebanyak 19 kawat, tendon 3 sebanyak 17 kawat, dan tendon 4 sebanyak 17 kawat.
2. Pada keadaan transfer, balok mengalami lendutan sebesar 162.6090mm (0,1627 m), lendutan saat balok menjadi komposit yaitu 33,8311mm (0,3383m).
3. Penarikan pada saat kondisi transfer tendon ditarik sebesar **67.3615%**, saat kondisi *service 1* tendon ditarik sebesar **73.7649%** dan saat *service 2* tendon bisa ditarik sebesar **80.6550%** .

Berdasarkan hasil perhitungan struktur bawah

1. Tulangan yang digunakan pada Kepala Pier & Abutmen yaitu, Tulangan Utama D19-150 Φ 10-100. Tulangan yang digunakan pada Badan Pier & Abutmen yaitu, D25-250 Φ 13-200. Tulangan yang digunakan pada Kaki Abutmen, yaitu tul. utama D25-50 dan Tul. Bagi 25-150 Φ 13-250. Tulangan

yang digunakan pada Kaki Pier yaitu Tul. utama D25-125 dan Tul. Bagi 25-300 Φ 13-500.

2. Kontrol Abutmen terhadap guling $11,0489 \geq 2$, dan Kontrol Pier terhadap guling $5,7025 \geq 1,6$ OK..!!! Aman menahan guling.
3. Jumlah bore pile pada abutmen 10 buah tiang, dimana susunan tiang untuk arah x adalah sebanyak 2 buah, dengan jarak antar tiang 200mm, dan untuk arah y sebanyak 5 buah dengan jarak 200mm. Jumlah bore pile pada Pier yaitu 18 buah tiang, arah x sebanyak 3 buah dengan jarak 200mm, arah y sebanyak 6 buah tiang, dengan jarak 200mm. Dimana Gaya yang bekerja pada Abutmen sebesar **1590,1325 Ton**, daya dukung abutmen **1842,184 Ton**, dan Gaya yang bekerja pada Pier yaitu sebesar **1925,29 ton**, daya dukung tiang **2691,58 Ton**. Aman menahan beban atas.

5.2. Saran

Berdasarkan analisa dan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Dalam melakukan perhitungan sebaiknya data-data yang diperlukan disiapkan terlebih dahulu, agar supaya perhitungan sesuai dengan data-data yang ada dilapangan atau data yang telah diuji di laboratorium.
2. Dalam proses perhitungan sebaiknya mengacu pada peraturan-peraturan yang sudah ditetapkan agar dimensi dan volume struktur dapat ditetapkan sebaik mungkin.
3. Untuk mencapai perencanaan yang baik dan benar-benar matang maka diperkukan studi kelayakan yang teliti dan referensi yang lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- All About Safety. 2013. *Jenis-Jenis Jembatan*, March 26, 2018, 10:42:59 AM. <http://dhanieliezty.blogspot.co.id/2013/10/jenis-jenis-jembatan.html>
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. *RSNI T-12-2004, "Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan"*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *"SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan"*. Badan Standar Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI 2847-2002 "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung"*. Jakarta. Standar Nasional Indonesia
- Dendi A. Nosya, (2018). *"Review Jembatan Sutami Di Bandar Lampung"*. Tugas Akhir. Teknik Sipil. Universitas Lampung.
- Herman Waris, *"Perencanaan Perhitungan Struktur Jembatan Beton Bertulang Jalan Rapak Mahang Di Desa Sungai Kapih Kecamatan Sambutan Kota Samarinda"*.
- Karyatama C. Coco, (2018). *"Study Kasus / Kajian Desain Struktur Atas Jembatan Box Girder Di Kupang Nusa Tenggara Timur (NTT)"*. Tugas Akhir. Teknik Sipil. Universitas Lampung.
- Karolina Yessi Amran (2015). *"Perencanaan Jembatan Kereta Api"*. Tugas Akhir. Teknik Sipil. Universitas Lampung.
- Longa Nikolaus, (2015). *"Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T Sei Nyahing Kota Sendawar Kutai Barat Kallimantan Timur"*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik. Universitas Narotama. Surabaya.
- Lin, T. Y. & Burns, Ned. H. (2000). *"Desain Struktur Beton Prategang"*. Jakarta. Binarupa Aksara
- Manu, Agus Iqbal. (1995). *"Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang"*. PT Mediatama Saptakarya, DPU.
- Masnul, CutRetno. (2009). *"Analisa Prestress (Post-Tension) Pada Precast Concrete U Girder "Studi Kasus Pada Jembatan Flyover Amplas"*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Sumatra Utara, USU

Pebriyanto Paizal, Adina Permatasari, Bambang Riyanto. (2016). "*Perancangan ulang Jembatan Bengawan Solo Lama Cepu – blora*" Jurnal. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Raju, N. Krishna. (1993). "*Beton Prategang Edisi Kedua*". Penerbit: Erlangga. Jakarta.

Universitas Lampung. (2016). "*Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*". Unila Offset. Bandar Lampung.