

SKRIPSI

**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS
JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI
GIRDER BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1725-
2016**

(Studi Kasus : Di Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupal)

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi D-IV
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis*



Oleh :

ILHAM MAYANDRA
4204171161

**PROGRAM STUDI D-IV
TEKNIK PERANCANGAN JALAN DAN JEMBATAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi Dengan Judul :

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1725-2016

(Studi Kasus Di Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupal)

ILHAM MAYANDRA
4204171161

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan di depan dosen pembimbing dan dosen penguji Program Studi DIV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan Politeknik Negeri
Bengkalis

Bengkalis, 09 Agustus 2021

Pembimbing Skripsi



Indriyani Puluhulawa, M.Eng
NIP. 198610252015042005

HALAMAN PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari skripsi ini, dan kami berpendapat bahwa Skripsi ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Terapan

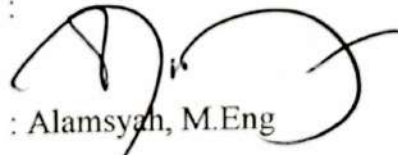
Tanda Tangan :



Nama Penguji I : Dedi Enda, MT

Tanggal Pengujian : 09 Agustus 2021

Tanda Tangan :



Nama Penguji II : Alamsyah, M.Eng

Tanggal Pengujian : 09 Agustus 2021

Tanda Tangan :



Nama Penguji III : Zev Al Jauhari, MT

Tanggal Pengujian : 09 Agustus 2021

LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS
JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI
GIRDER BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1725-
2016

(Studi Kasus Di Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupert)

Sebagian persyaratan menyelesaikan
Program Studi Sarjana Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

Oleh:

ILHAM MAYANDRA
4204171161

Disetujui oleh tim penguji skripsi:

Tanggal Ujian : 09 Agustus 2021

Periode Wisuda : XVIII


(.....)


1. **Indriyani Puluhulawa, M.Eng**
NIP. 198610252015042005

(Pembimbing)


(.....)

2. **Dedi Enda, MT**
NIP. 198507092019031007

(Penguji I)


(.....)

3. **Alamsyah, M.Eng**
NIP. 198401122014041001

(Penguji II)


(.....)

4. **Zev Al Jauhari, MT**
NIP. 199401282018031001

(Penguji III)

Bengkalis, 09 Agustus 2021

Ketua Program Studi Diploma IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar keserjanaan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di publikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Bengkalis, 09 Agustus 2021




Ilham Mayandra

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'amin.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu meskipun memiliki banyak kekurangan didalamnya. Shalawat beriring salam selalu terlimpahkan kepada Nabi Junjungan Alam Nabi Muhammad SAW.



Untuk yang pertama Skripsi ini saya persembahkan kepada Ayah, Ibu dan Adik-adik. Mereka adalah orang yang menjadi tujuan utama dalam menyelesaikan Skripsi ini yang selalu memberikan dukungan dan semangat. Terimakasih atas segala bantuan yang diberikan Ayah dan Mamak berupa materi maupun moril. Untuk Adik-adik, terimakasih karena sudah mengingatkan selalu untuk mengerjakan skripsi agar cepat selesai dan juga memberikan dukungan berupa materi, maafkan abang kalian ini yang terlalu malas. Terimakasih telah mendoakan saya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Saya berharap kepada Allah SWT, supaya nanti saya bisa membahagiakan dan membanggakan Ibu dan Ayah hingga akhir hayat. Setelah sarjana, saya ingin cepat bekerja agar dapat mengangkat derajat orang tua saya dan juga membalas budi atas apa yang telah diberikan oleh Ibu dan Ayah serta Adik-

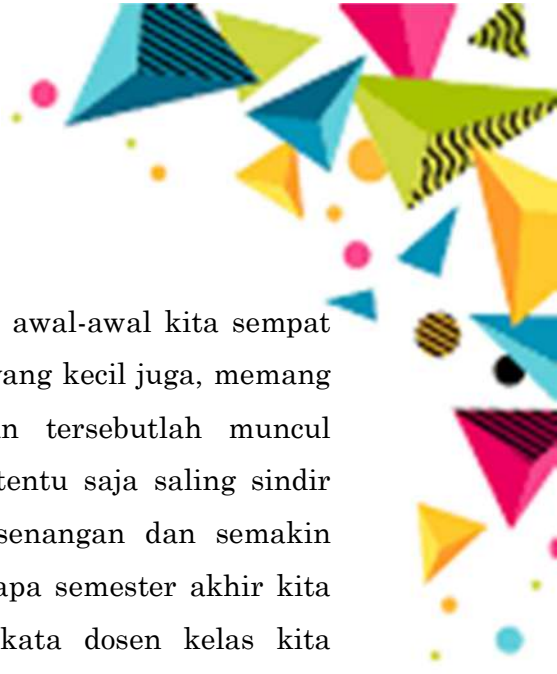
adik walaupun tidak akan bisa terbalaskan sepenuhnya. Semoga orangtua saya panjang umur dan sehat selalu, agar saya dapat mewujudkan impian saya untuk orangtua saya.



Yang kedua, saya persembahkan Skripsi ini untuk teman-teman sepebimbingan yaitu Mutiara Pertiwi, Fany Razita Harahap, Dede Ariyanti, Layla Kumala Rizki, Seri Surya Melisa dan Putri Nurliyana. Saya sangat berterimakasih, karena selalu membantu dalam segala hal yang berurusan dengan skripsi. Terimakasih sudah mau mengajarkan hal yang saya tidak tau, terimakasih karena sudah mendukung saya agar tidak menyerah dalam mengerjakan skripsi ini. Terimakasih juga sudah mau mendengarkan keluh kesah dalam mengerjakan skripsi dan mau memberikan saran. Maaf jika saya mempunyai banyak kesalahan kepada kalian, sekali lagi terimakasih. Semoga Allah SWT membalas atas segala kebaikan yang kalian berikan. Semoga kita menjadi orang-orang sukses dan mencapai impian masing-masing. See you guys, semoga sehat selalu dan jangan lupa kebersamaan ini guys.



Yang ketiga, skripsi ini saya persembahkan untuk teman-teman sekelas yang sangat saya cintai. Terimakasih atas waktunya selama 4 tahun ini. Sangat banyak pelajaran dan pengalaman yang saya dapatkan selama



berada dibangku perkuliahan. Walaupun pada saat awal-awal kita sempat mengalami perkelahian kecil yang diakibatkan hal yang kecil juga, memang lucu kalau diingat kembali. Karena perkelahian tersebutlah muncul kelompok-kelompok kecil, memiliki grup lain dan tentu saja saling sindir menyindir antar kelompok. Tetapi itu adalah kesenangan dan semakin mempererat kekompakan dan persahabatan. Beberapa semester akhir kita jadi kompak karena perkelahian tersebut. Dan kata dosen kelas kita merupakan kelas yang dibanggakan, dan merupakan kelas terkompak dalam segala hal. Padahal didalam kelas tersebut sama sekali tidak kompak. Semoga kalian sukses dan bisa mencapai impian masing-masing ya, jangan lupakan teman-teman yang ada dikelas. Maaf jika saya mempunyai banyak kesalahan pada kalian. Jika dapat pekerjaan duluan, tolong jadi orang dalam untuk kami. See you guys.

BIODATA PENULIS



Data Pribadi

Nama : Ilham Mayandra
TTL : Pekanbaru, 17 Mei 1998
Agama : Islam
Alamat : Jl. Pramuka Gg. Megat
Email : ilhammayandra1998@gmail.com
IG : ilhammayandra
FB : Ilham Mayandra

Riwayat Pendidikan

- 2005-2011 : MI Miftahuddin Pekanbaru
- 2011-2014 : SMP Negeri 29 Pekanbaru
- 2014-2017 : SMK Negeri 03 Bengkalis
- 2017-2021 : Politeknik Negeri Bengkalis
- Judul Skripsi : Perancangan Ulang Struktur Atas Sungai Mesim Menggunakan PCI Girder Berdasarkan Pembebanan SNI 1725-2016

Pengalaman Organisasi

- Wakil Ketua HMJ Teknik Sipil 2018
- Kadiv Riset dan Teknologi HMJ Teknik Sipil 2019 dan 2020

Kegiatan Kampus

- Panitia kegiatan Kompetisi Jembatan Polbeng I Tahun 2017
- Panitia LDKK (Latihan Dasar Kepemimpinan) Politeknik Negeri Bengkalis Tahun 2018
- Ketua Pelaksana kegiatan *Flexible of Civil* II Tahun 2019
- Panitia Kegiatan Malam Keakraban (MAKRAB) Keluarga Besar Teknik Sipil Tahun 2019
- Panitia kegiatan *Flexible of Civil* III Tahun 2020

Kegiatan Luar Kampus

- Lomba Gambar Teknik (*Student Day of Civil Engineering 13th & 14th*) di Politeknik Negeri Malang 2018 dan 2019
- Temu Keluarga (TK) FKMTSI Wilayah II di UNRI Tahun 2019
- Lomba *Eco-Green* di STT Dumai Tahun 2019
- Temu Wicara Regoinal (TWReg) FKMTSI Wilayah II di STT Dumai Tahun 2019
- Dies Natalis FKMTSI yang ke-32 di UNILAK Tahun 2019
- Temu Keluarga (TK) FKMTSI Wilayah II di UNIVRAB Tahun 2021
- Lomba Estimasi Biaya Proyek (EBIPRO) *Civil National Expo* 2021 di Universitas Tarumanegara Tahun 2021

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1725- 2016

(Studi Kasus: Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupert)

Nama Mahasiswa : Ilham Mayandra
NIM : 4204171161
Dosen Pembimbing : Indriyani Puluhulawa, M.Eng

ABSTRAK

Jembatan Sungai Mesim terletak di Desa Sukarjo Mesim Kecamatan Rupert. Jembatan tersebut menggunakan struktur beton bertulang dengan 2 bentang dan panjang setiap bentang yaitu 26 meter. Jembatan tersebut mengalami kerusakan pada jembatan yang sudah retak dan keropos dikhawatirkan akan mengancam keselamatan bagi masyarakat sekitar yang melalui jembatan tersebut karena jembatan tersebut tidak dilalui oleh kendaraan roda dua saja. Untuk itu direncanakanlah struktur atas jembatan baru dengan struktur PCI-Girder menggunakan pembebanan SNI 1725-2016.

Perencanaan jembatan ini mengacu kepada RSNI T-12-2004 tentang perencanaan struktur jembatan beton, SNI 1725-2016 tentang pembebanan jembatan.

Berdasarkan hasil perencanaan, jembatan direncanakan dengan panjang 52 m, lebar 7,5 m dengan dua bentang menerus. *Slab* jembatan dengan tebal 200 mm menggunakan dimensi tulangan lentur negatif dan positif yaitu tulangan utama D16-250 mm dan tulangan bagi yaitu D13-300 mm. Trotoar dengan lebar 0,75 m diperoleh tulangan utama dan bagi yaitu D16-300 mm dan D13-350 mm. Tiang sandaran diperoleh tulangan lentur dan geser yaitu 2D-13 mm dan 2Ø8 mm. Profil *PCI Girder* menggunakan profil H-210 cm, *beam spacing* 200 cm dan mutu beton *prestress* K-602,41. Diafragma jembatan dengan tebal 200 mm menggunakan dimensi tulangan lentur dan geser yaitu 24D-10 mm dan ø8-200 mm. Jumlah tendon 5 buah dengan jumlah *strands* 49.

Kata kunci: *PCI Girder*, Prategang, SNI 1725-2016, *Bar Bending Schedule*, Perancangan Struktur Atas Jembatan

“REDESIGN OF THE STRUCTURE OF THE MESIM RIVER BRIDGE USING PCI GIRDER BASED ON LOADING SNI 1725-2016”

(Case Study: Sukarjo Mesim Village, Rupert District)

Student Name : Ilham Mayandra
NIM : 4204171161
Advisor Lecturer : Indriyani Puluhulawa, M.Eng

ABSTRACT

Mesim River Bridge is located in Sukarjo Mesim Village, Rupert District. The bridge uses a reinforced concrete structure with 2 spans and the length of each span is 26 meters. The bridge suffered damage to the cracked and porous bridge, it is feared that it will threaten the safety of the surrounding community who pass through the bridge because the bridge is not only traversed by two-wheeled vehicles. For this reason, a new bridge superstructure with a PCI-Girder structure is planned using the loading of SNI 1725-2016.

The design of this bridge refers to RSNI T-12-2004 regarding the planning of concrete bridge structures, SNI 1725-2016 regarding bridge loading.

Based on the planning results, the bridge is planned with a length of 52 m, a width of 7.5 m with two continuous spans. The bridge slab with a thickness of 200 mm uses negative and positive flexural reinforcement dimensions, namely the main reinforcement D16-250 mm and the reinforcement for the section, namely D13-300 mm. Pavement with a width of 0.75 m obtained the main reinforcement and for the D16-300 mm and D13-350 mm. The back pillars obtained flexural and shear reinforcement, namely 2D-13 mm and 2Ø8 mm. The PCI Girder profile uses an H-210 cm profile, 200 cm beam spacing and K-602.41 prestressed comprehensive strength of concrete. The bridge diaphragm with a thickness of 200 mm uses flexural and shear reinforcement dimensions, namely 24D-10 mm and 8-200 mm. The number of tendons is 5 with the number of strands 49.

Keywords: *PCI Girder, Prestressing, SNI 1725-2016, Bar Bending Schedule, Bridge Upper Structure Design*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun Skripsi dengan judul **“Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Sungai Mesim Menggunakan PCI Girder Berdasarkan Pembebanan SNI 1725-2016”** dan menyusun proposal ini hingga selesai. Shalawat serta salam tak lupa pula kita ucapkan kepada junjungan alam yakni nabi besar kita Muhammad SAW.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan jenjang pendidikan Diploma IV Jurusan Teknik Sipil. Adapun skripsi ini disusun berdasarkan hasil survey langsung di lapangan.

Dengan selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendukung serta memberikan do'a selama penyusunan Skripsi ini.
2. Bapak Johny Custer, M.T selaku Direktur Politeknik Negeri Bengkalis.
3. Bapak Juli Ardita Pribadi R, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis.
4. Bapak Muhammad Idham, M.Sc selaku Kaprodi D-IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan.
5. Bapak Hendra M.Sc selaku koordinator skripsi D-IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan.
6. Ibuk Indriyani Puluhulawa, M.Eng selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah membimbing saya serta memberikan masukan-masukan yang bermanfaat bagi saya.

7. Teman-teman seperjuangan TPJJ angkatan 2017 dan sepembimbingan yang telah membantu dan saling peduli satu sama lain.
8. Teman baik saya Mutiara Pertiwi, Fany Razita Harahap, Dede Ariyanti, Layla Kumala Rizki, Seri Surya Melisa dan Putri Nurliyana yang telah banyak membantu saya dalam membuat Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dengan segala kekurangannya. Untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan dari Skripsi ini. Akhir kata penulis berharap, semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa/i dan pembaca sekaligus demi menambah pengetahuan tentang Skripsi.

Bengkalis, 09 Agustus 2021

Ilham Mayandra
4204171161

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
BIODATA PENULIS	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xxii
DAFTAR SIMBOL SERTA SINGKATAN	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5

2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Jembatan Beton Prategang	6
2.2.1 Beton	6
2.2.2 Beton Prategang	7
2.2.3 Baja Prategang (Tendon)	7
2.2.4 Grouting	9
2.2.5 Temporary Tendon	9
2.2.6 Baja Non-Prategang	9
2.2.7 Selongsong Tendon (Duct)	13
2.2.8 Angkur	14
2.2.9 Penyambung (Coupler)	15
2.3 Siar Muai (Expansion Joint)	15
2.3.1 Expansion Joint Terbuka	16
2.3.2 Expansion Joint Tertutup	17
2.4 Perencanaan Perletakan (Elastomer Bearing)	20
2.5 Perencanaan Girder Prategang Berdasarkan SNI T-12-2004	21
2.6 Pembebanan Jembatan Berdasarkan SNI 1725-2016	21
2.6.1 Beban Mati	22
2.6.2 Beban Hidup (Beban Lalu Lintas)	24
2.6.3 Gaya Rem (TB)	28
2.6.4 Pembebanan Untuk Pejalan Kaki (TP)	28
2.6.5 Beban Fatik	29
2.6.6 Beban Trotoar dan Sandaran	30
2.6.7 Beban Akibat Aksi Lingkungan	31
2.7 Ruang Bebas (Clearance) Horizontal dan Vertikal	41

2.8 Syarat Umum Perencanaan Struktur Beton Jembatan	42
2.8.1 Beton	42
2.8.2 Tulangan Baja Non Prategang	44
2.9 Perhitungan Bangunan Struktur Atas	45
2.9.2 Perhitungan Slab Lantai Jembatan	45
2.9.3 Kontrol Tegangan Geser Pons	51
2.9.4 Perhitungan Trotoar dan Tiang Sandaran	52
2.9.5 Perencanaan Tiang Railing	54
2.9.6 Deck Slab	56
2.9.7 Diafragma	57
2.9.8 Perencanaan Balok Girder Menggunakan PCI Girder	59
2.10 Klasifikasi Jalan Raya	75
BAB III METODE PENELITIAN	77
3.1 Peta Lokasi	77
3.2 Alat dan Bahan	78
3.3 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	79
3.4 Tahapan Penelitian	79
3.4.1 Pengumpulan Data	79
3.4.2 Metode Perancangan	80
3.4.3 Tata Cara Perencanaan	81
3.4.4 Merencanakan PCI Girder	82
3.4.5 Mendesain Gambar	82
3.4.6 Bar Bending Schedule (BBS)	82
3.4.7 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	83
3.5 Diagram Alir	83

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	85
4.1 Data Teknis Umum Jembatan	85
4.2 Perhitungan Struktur Atas	88
4.2.1 Perencanaan Slab Jembatan	88
4.3 Perencanaan Trotoar dan Tiang Sandaran	104
4.3.2 Beban Hidup Trotoar	106
4.3.3 Momen Ultimit Rencana Slab Trotoar	106
4.3.4 Pembesian Slab Trotoar	107
4.3.5 Beban Tiang Sandaran	110
4.3.6 Pembesian Tiang Sandaran	111
4.4 Analisis Beban dan Perhitungan Deck Slab	114
4.4.1 Pembebanan Deck Slab	114
4.4.2 Pembesian Tulangan Deck Slab	115
4.5 Analisis Beban dan Perhitungan Diafragma	118
4.5.1 Pembebanan Diafragma	118
4.5.2 Pembesian Tulangan Diafragma	119
4.6 Perhitungan Balok Prategang (PCI Girder)	122
4.6.1 Penentuan Lebar Efektif Plat Lantai	122
4.6.2 Section Properties Balok Prategang dan Balok Setelah Komposit	123
4.6.3 Pembebanan Balok Prategang	125
4.6.4 Perhitungan Gaya Prategang, Eksentritas dan Tedon	132
4.6.5 Kehilangan Tegangan (Loss of Prestress) pada Kabel	146
4.6.6 Tegangan Yang Terjadi Pada Penampang Balok	155
4.6.7 Tegangan yang terjadi pada balok komposit	159
4.6.8 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan	168

4.6.9 Pembesian End Block	174
4.6.10 Perhitungan Penghubung Geser (Shear Connector)	183
4.6.11 Lendutan balok	184
4.6.12 Tinjauan Ultimit Balok Prestress Setelah Grouting	188
4.6.13 Perencanaan Perletakan (Elastomer Bearing)	191
4.6.14 Perhitungan Bar Bending Schedule	196
4.6.15 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	201
BAB V PENUTUP	205
5.1 Kesimpulan	205
5.2 Saran	206
DAFTAR PUSTAKA	207
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Jembatan Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim	2
Gambar 2.1 Kawat tunggal/ <i>wire</i> (b) Kawat untaian/ <i>strand</i> (c) Kawat batangan/ <i>bar</i>	8
Gambar 2.2 Penampang Tulangan Non Pratekan	10
Gambar 2.3 Tulangan untuk memperkuat balok pracetak selama penanganan dan pengangkutan	10
Gambar 2.4 Tulangan non prategang untuk memeperkuat balok akibat beban kerja dan beban batas	11
Gambar 2.5 Kabel prategang dengan gaya tarik “T” yang diterima oleh baja dan gaya tekan C diterima oleh beton yang bekerja dengan momen q	12
Gambar 2.6 Kabel Prategang dengan lintasan parabola	13
Gambar 2.7 (a) Selongsong Tendon Karet (b) Selongsong Tendon Baja	13
Gambar 2.8 Angkur Hidup	14
Gambar 2.9 Angkur Mati	14
Gambar 2.10 <i>Coupler Multistrand</i>	15
Gambar 2.11 Butt Joint	16
Gambar 2.12 Finger Joint	17
Gambar 2.13 New Cutt Off Joint (NCOJ)	17
Gambar 2.14 Asphaltic Plug Joint	18
Gambar 2.15 Strip Seal Joint	19
Gambar 2.16 Modular Joint	19
Gambar 2.17 Elastomeric Bearing Pad	21

Gambar 2.18 Beban Lajur “D”	25
Gambar 2.19 Faktor Beban Dinamis	26
Gambar 2.20 Pembebanan Truk “T” (500 kN)	27
Gambar 2.21 Beban Sandaran dan Trotoar	30
Gambar 2.22 Bagian Struktur Atas Jembatan	45
Gambar 2.23 Penampang Melintang Jembatan	46
Gambar 2.24 Plat Lantai Jembatan	47
Gambar 2.25 Beban Angin	48
Gambar 2.26 Koefisien Momen Tumpuan dan Momen Lapangan	49
Gambar 2.27 Penyebaran Beban Roda	51
Gambar 2.28 Potongan Plat Trotoar	52
Gambar 2.29 Deck Slab Jembatan	56
Gambar 2.30 Diafragma Jembatan	57
Gambar 2.31 Dimensi PCI Girder PT. Wijaya Karya (Wika) Beton	59
Gambar 2.32 Ilustrasi Kehilangan Prategang	68
Gambar 3.1 Lokasi Jembatan di Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim	77
Gambar 3.2 Lokasi Jembatan di Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim	77
Gambar 3.3 (a) Potongan Badan PCI Girder, (b) Potongan Kepala	82
Gambar 3.4 Diagram Alir	84
Gambar 4.1 Data Awal Perencanaan	85
Gambar 4.2 Dimensi PCI-Girder Bentang ke-1 dan ke-2	88
Gambar 4.3 Faktor Pembebanan Truk “T” (500 kN)	89
Gambar 4.4 Gambar Tekanan Gandar Roda	90
Gambar 4.5 Beban Truk (T_T) pada <i>Slab</i> Jembatan	91
Gambar 4.6 Koefisien Momen Lapangan	93

Gambar 4.7 Sketsa Penulangan <i>Slab</i> Jembatan	100
Gambar 4.8 Beban Truk pada Kontrol Geser Pons	104
Gambar 4.9 Potongan Trotoar Rencana	104
Gambar 4.10 Beban yang Bekerja Pada Trotoar dan Tiiang Sandaran	106
Gambar 4.11 Penulangan Trotoar	110
Gambar 4.12 Penulangan Tiang Railing	113
Gambar 4.13 Penulangan <i>Deck Slab</i>	117
Gambar 4.14 Sketsa diafragma jembatan	118
Gambar 4.15 <i>Section Properties</i> PCI – Girder Bentang ke-1 dan ke-2	123
Gambar 4.16 Sketsa Transfer Awal Gaya Prategang	132
Gambar 4.17 Sketsa Pembagian Balok Prategang	135
Gambar 4.18 Sketsa Hasil Penulangan pada Dimensi Girder	136
Gambar 4.19 Notasi Tendon pada Tumpuan Girder	137
Gambar 4.20 Sketsa Hasil Notasi Tendon pada Tumpuan Girder ke – 2	138
Gambar 4.21 Notasi Tendon pada Tengah Girder	139
Gambar 4.22 Sketsa Hasil Notasi Tendon pada Tengah	140
Gambar 4.23 Tata Letak Tendon (Tampak Samping)	145
Gambar 4.24 Tata Letak Tendon (Tampak Atas)	145
Gambar 4.25 Angkur Hidup	146
Gambar 4.26 Angkur Mati	146
Gambar 4.27 Koefisien Semen	150
Gambar 4.28 Koefisien Yang Tergantung Pada Tebal Teoritis	151
Gambar 4.29 Tegangan Yang Terjadi Pada Serat Beton	155
Gambar 4.30 Tegangan yang terjadi pada serat dan plat	158
Gambar 4.31 Diagram Tegangan akibat Berat Sendiri	159

Gambar 4.32 Diagram Tegangan akibat Susut	161
Gambar 4.33 Diagram Tegangan akibat Rangkak	163
Gambar 4.34 Diagram Tegangan akibat Pengaruh Temperatur	167
Gambar 4.35 Gambar Posisi Tendon untuk Pembesian <i>End Block</i>	174
Gambar 4.36 Bursting Steel pada End Block	175
Gambar 4.37 Notasi Pada Tinjauan Geser	178
Gambar 4.38 Gambar Diagram Tekan Tarik Pada Balok	189
Gambar 4.39 Geser Akibat Beban Truk Kondisi 1	192
Gambar 4.40 Geser Akibat Beban Truk Kondisi 2	193
Gambar 4.41 Elastomer Bearing Rencana	195
Gambar 4.42 Penulangan Slab Jembatan	199

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tipikal Baja Prategang	8
Tabel 2.2 Tipe dan Movement NCOJ	18
Tabel 2.3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	22
Tabel 2.4 Berat Isi untuk Beban Mati	23
Tabel 2.5 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	24
Tabel 2.6 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”	25
Tabel 2.7 Faktor Beban untuk Beban “T”	27
Tabel 2.8 Fraksi lalu lintas truk dalam satu lajur (p)	29
Tabel 2.9 LHR Berdasarkan Klasifikasi Jalan	30
Tabel 2.10 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal	31
Tabel 2.11 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur	32
Tabel 2.12 Parameter T1, T2, dan T3	32
Tabel 2.13 Faktor beban akibat susut dan rangkai	32
Tabel 2.14 Faktor Beban Akibat Pengaruh Prategang	33
Tabel 2.15 Faktor Beban Akibat Pengaruh Prategang	34
Tabel 2.16 Komponen Beban Angin Yang Bekerja Pada Kendaraan	35
Tabel 2.17 Faktor beban akibat gesekan pada perletakan	36
Tabel 2.18 Kombinasi Beban dan Faktor Beban	40

Tabel 2.19 Penjelasan Simbol Beban	41
Tabel 2.20 Penjelasan Kombinasi Pembebanan	41
Tabel 2.21 Beban dan Satuan	46
Tabel 2.22 Dimensi PCI Girder PT. Wijaya Karya (Wika) Beton	60
Tabel 2.23 Koefisien Gesek Kelengkungan dan <i>wobble</i>	69
Tabel 2.24 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan	76
Tabel 4.1 Koefisien Seret C_w	91
Tabel 4.2 Hasil Momen pada <i>Slab</i> Jembatan	95
Tabel 4.3 Faktor Beban	95
Tabel 4.4 Hasil Kombinasi Momen Ultimit pada Daerah Tumpuan	95
Tabel 4.5 Hasil Kombinasi Momen Ultimit pada Daerah Lapangan	96
Tabel 4.6 Rekapitulasi Tulangan Lentur	99
Tabel 4.7 Momen Akibat Beban Sendiri Trotoar dan Tiang Sandaran	105
Tabel 4.8 Momen Akibat Beban Hidup Pada Pedestrian	106
Tabel 4.9 Perhitungan <i>Section Properties</i> Gelagar Prategang Bentang ke-1 dan ke-2	123
Tabel 4.10 Perhitungan <i>Section Properties</i> Gelagar Komposit Bentang ke-1 dan ke-2	124
Tabel 4.11 Rekapitulasi Beban Mati Sendiri (Beton <i>Precast</i>)	126
Tabel 4.12 Rekapitulasi Beban Mati Sendiri (Beton Cor Di Tempat)	126
Tabel 4.13 Rekapitulasi Beban Mati Tambahan	127
Tabel 4.14 Faktor Kombinaasi Gelagar	130

Tabel 4.15 Rekapitulasi Momen	130
Tabel 4.16 Rekapitulasi Gaya Geser	130
Tabel 4.17 Momen Balok dan Plat	131
Tabel 4.18 Kombinasi Pembebanan Momen Yang Ditinjau	131
Tabel 4.19 Kombinasi Pembebanan Geser Yang Ditinjau	131
Tabel 4.20 Data Tendon	134
Tabel 4.21 Rekapulasi Jarak Antar Tendon Ke Alas Beton	137
Tabel 4.22 Eksentrisitas Tendon Girder	140
Tabel 4.23 Jarak Lintasan Inti Tendon	141
Tabel 4.24 Sudut Angkur Girder	142
Tabel 4.25 Rekapitulasi Eksentrisitas Tendon	143
Tabel 4.26 Tata Letak dan <i>Trace</i> Kabel	143
Tabel 4.27 Uraian Kehilangan Gaya Prategang	154
Tabel 4.28 Tegangan Akibat Susut dan Rangkak	164
Tabel 4.29 Tegangan Akibat Pengaruh Temperatur	168
Tabel 4.30 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan	170
Tabel 4.31 Hasil Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan	171
Tabel 4.32 Gaya Prategang Akibat <i>Jacking</i> Pada Masing-Masing Kabel	174
Tabel 4.33 Jarak Sengkang di Atas Garis Netral	181
Tabel 4.34 Hasil Kombinasi Lendutan Prestress Girder dan Plat	187
Tabel 4.35 Gaya Tekan Beton dan Momen Nominal	189

Tabel 4.36 Faktor Kombinasi Pembebanan	190
Tabel 4.37 Kontrol Kombinasi Nomial Terhadap Momen Ultimit	190
Tabel 4.38 Geser Akibat Beban Truk Kondisi 1	192
Tabel 4.39 Geser Akibat Beban Truk Kondisi 2	193
Tabel 4.40 Kombinasi Geser pada Gelagar Melintang	193
Tabel 4.41 Tabel Perencanaan Perletakan	194
Tabel 4.42 Rekapitulasi Penulangan (Baja Ulir)	201
Tabel 4.43 Rekapitulasi Penulangan (Baja Polos)	201
Tabel 4.44 Analisa Harga Satuan Pekerjaan	201
Tabel 4.45 Engineer Estimate	202
Tabel 4.46 Rekapitulasi EE	203

DAFTAR SIMBOL SERTA SINGKATAN

b	= Lebar total jembatan, lebar muka tekan komponen struktur
b_1	= Lebar jalur lalu-lintas
b_2	= Lebar trotoar
T	= Waktu (hari)
α	= Faktor yang bergantung pada tipe semen dan kondisi perawatan
β	= Faktor yang bergantung pada parameter yang sama dengan " α "
F_{td}	= Kekuatan tarik langsung
F_{tf}	= Modulus keruntuhan (kekuatan tarik <i>flexural</i>)
f_c	= Kuat tekan beton dalam Mpa
N	= Angka poisson
I_x	= Inersia
W	= Modulus section
Q	= Beban merata pada balok
Q_{td}	= Beban garis
V_{TD}	= Gaya Geser dari momen maksimum pada balok balok akibat beban lajur D
M_{TD}	= Momen maksimum pada balok balok akibat beban lajur D
S	= Jarak antara balok prategang
C_w	= Koefisien seret
V_w	= Kecepatan angin rencana
M_{EW}	= Gaya Geser akibat beban angin
Kh	= Koefisien beban gempa horisontal
C	= Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah setempat
W_t	= Berat total yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan
F	= Faktor perangkaan
d'	= Jarak tulangan tekan (mm)

h	= Lebar tiang sandaran (mm)
d'	= Selimut beton (mm)
ρ	= Rasio penulangan
M_u	= Momen ultimate (KNm)
b	= Lebar per meter tiang (mm)
d	= Jarak tulangan (mm)
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan (0,8)
φ	= Faktor reduksi (0,8)
Y_t	= Jarak dari serat teratas ke garis netral
Y_b	= Jarak dari garis netral ke serat paling bawah
A	= Luas Penampang
S	= Jarak dari titik berat ke garis netral
b	= Lebar penampang balok
p	= Beban terpusat
q	= Beban Merata
n_s	= jumlah <i>strands</i> cable yang dipakai
P_t	= Gaya prategang awal (kN)
P_{bs}	= Beban putus minimal satu <i>strand</i> (kN)
P_1	= <i>Initial prestress force</i>
W_a	= Modulus section bagian atas balok precast
M_{bs}	= Momen akibat berat sendiri
E	= Eksentrisitas
W_b	= <i>Modulus section</i> bagian bawah balok precast
P_e	= Gaya prategang efektif
W_{ac}	= Modulus section bagian bawah balok komposit
W_{bp}	= Momen akibat berat beton (<i>Precast beam + slab + diaphragm</i>)
W_{bc}	= Modulus section bagian bawah balok komposit
W_{ap}	= Modulus section bagian atas balok precast
M_{bh}	= Momen akibat beban tambahan (aspal + <i>Live load</i>)
P_x	= Kehilangan tegangan akibat gesekan cable
P_j	= Gaya prategang pada ujung dongkrak

μ	= Koefisien gesekan antara kabel dan saluran (tendon)
e	= Bilangan natural (2,7183)
β	= Koefisien <i>wobble</i>
α	= Perubahan sudut total lintasan tendon
L	= Panjang balok beton prategang
E_s	= Modulus elastis dari baja prategang
A_{st}	= Luas penampang satu <i>strand</i>
N_s	= Jumlah total <i>strand</i>
K_{es}	= Rasio kehilangan pasca tarik dengan pratarik
W_c	= Berat jenis balok beton prategang dalam N/mm^3
P_t	= Gaya Prategang awal dalam N
V_i	= Gaya lintang pada penampang yang ditinjau
S_x	= Momen statis luasan plat terhadap titik berat penampang komposit
B_v	= Lebar bidang gesek (= lebar bidang kontak antara plat dengan balok)
B_{eff}	= Lebar efektif plat
h_o	= Tebal plat
I_{xc}	= Inersia penampang balok komposit
n_s	= Jumlah <i>shear connector</i>
A_s	= Luas satu <i>shear connector</i>
K_f	= koefisien gesek pada bidang kontak (= 1 – 1,4)
F_s	= Tegangan ijin baja <i>shear connector</i> $f_s = 0,578 \times f_y$
F_{c1}	= Tegangan ijin beton balok komposit
C_c	= Gaya internal tekan beton
A_1	= Luas penampang tekan beton
Y_i	= jarak pusat berat penampang tekan beton terhadap pusat berat baja prestress
M_n	= Momen nominal
E_p	= Eksentrisitas gaya susut terhadap pusat penampang
P_{eff}	= Gaya prategang efektif
$e's$	= Eksentrisitas tendon

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan disebut juga sebagai suatu konstruksi yang digunakan untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah, Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau lalu lintas biasa). Jembatan yang merupakan bagian dari jalan sangat diperlukan dalam sistem jaringan transportasi darat yang akan menunjang pembangunan pada daerah tersebut. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan seefektif dan seefisien mungkin, sehingga pembangunan jembatan dapat memenuhi keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jembatan (Struyk, 1984).

Jembatan Sungai Mesim terletak di Desa Sukarjo Mesim Kecamatan Rupal. Jembatan Sungai Mesim tersebut menggunakan struktur beton betulang dengan 2 bentang dan panjang setiap bentang yaitu 26 meter. Kondisi jembatan tersebut mengalami kerusakan pada lantai jembatan yang sudah retak dan keropos dikhawatirkan akan mengancam keselamatan bagi masyarakat sekitar yang melalui jembatan tersebut karena jembatan tersebut tidak dilalui oleh kendaraan roda dua saja. Oleh karena itu penulis ingin merencanakan ulang jembatan Sungai Mesim khususnya struktur atas untuk jembatan di Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim menggunakan PCI girder berdasarkan pembebanan SNI 1725-2016 dengan harapan akan mendapatkan desain struktur yang aman dan sesuai dengan standar yang berlaku. Dengan penggunaan beton prategang yang diberikan gaya pada arah longitudinal elemen struktural, gaya prategang dapat mencegah berkembangnya retak dengan cara sangat mengurangi tegangan tarik di bagian tumpuan dan daerah kritis pada kondisi beban kerja, sehingga dapat meningkatkan kapasitas lentur, geser, dan torsional penampang tersebut.

Oleh karena itu penulis mengambil ide untuk merancang jembatan sungai Mesim dengan tipe struktur jembatan beron prategang. Beton prategang merupakan beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban. Adapun Standar Bina Marga panjang jembatan beton prategang 15-35 m.



Gambar 1.1 Jembatan Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim
(Sumber : Dokumentasi Lapangan)

1.2 Perumusan Masalah

Beberapa perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana perencanaan pembebanan dan analisa struktur atas pada jembatan Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim menggunakan PCI Girder berdasarkan SNI 1725-2016?
- b. Bagaimana dimensi hasil perencanaan struktur atas jembatan Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim sesuai perhitungan?
- c. Bagaimana hasil perhitungan BBS (*Bar Bending Schedule*) pada perencanaan struktur atas jembatan?
- d. Berapa biaya yang dihabiskan didalam perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada struktur jembatan yang direncanakan?
- e. Bagaimana hasil penggambaran dari perencanaan struktur atas jembatan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk memperoleh perencanaan pembebanan dan analisa struktur atas pada jembatan Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim menggunakan PCI Girder berdasarkan SNI 1725-2016.
- b. Memperoleh dimensi dari hasil perencanaan struktur atas jembatan Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim sesuai dengan perhitungan.
- c. Mendapatkan hasil perhitungan BBS (*Bar Bending Schedule*) pada struktur atas jembatan yang direncanakan.
- d. Mendapatkan hasil perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) pada struktur atas jembatan yang direncanakan.
- e. Mendapatkan gambar hasil desain struktur atas jembatan tersebut sesuai kaidah penggambaran.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini agar tidak terjadi penyimpangan maka penulis membatasi masalah yang akan direncanakan. Batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

- a. Struktur jembatan Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim direncanakan menggunakan struktur jembatan beton prategang
- b. Perencanaan struktur atas jembatan mengacu pada peraturan antara lain:
 1. SNI 1725-2016 (Perencanaan Pembebanan Jembatan)
 2. SNI T-03-2005 (Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan)
 3. SNI T-12-2004 (Perencanaan Struktur Beton)
- c. Pada perencanaan jembatan ini menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- d. Membuat perencanaan *Bar Bending Schedule* (BBS)
- e. Penulis hanya merencanakan struktur atas jembatan.
- f. Perhitungan struktur atas jembatan dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel* versi 2010.

- g. Pembuatan desain gambar hasil perencanaan menggunakan *software* AutoCAD versi 2007.
- h. Perhitungan RAB menggunakan Permen PUPR Nomor: 28/PRT/M/2016 dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2016.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat perencanaan dalam penelitian yang dimaksudkan sebagai berikut:

- a. Diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan wawasan untuk mengetahui tentang pembebanan jembatan khususnya perencanaan struktur atas jembatan beton prategang dengan berdasarkan SNI 1725-2016.
- b. Untuk memberikan alternatif desain ulang jembatan yang ada dengan jembatan beton prategang sesuai dengan SNI 1725-2016 yang aman, nyaman dan ekonomis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Dalam perencanaan jembatan dengan menggunakan beton prategang, berikut ada beberapa penelitian yang dijadikan sebagai referensi dalam penulisan skripsi :

- a. Muammar Nazri. Dhery, (2019) dengan judul skripsi “Perancangan Jembatan *Overpass* STA 1+041 Jalan Tol Pekanbaru-Dumai Seksi I”. Dari hasil penelitian, diperoleh total panjang *overpass* sepanjang 74 meter dengan lebar 9,20 meter, terbagi atas 3 bentang, dengan bentang pendekat sepanjang 33,20 meter, dan bentang utama sepanjang 40,80 meter. Penggunaan PCI – Girder bentang pendekat menggunakan dimensi girder dengan tinggi 1,25 meter dengan jumlah 4 buah girder, sedangkan pada bentang ke-2 menggunakan girder tinggi 1,70 meter jumlah 4 girder. Jumlah tendon PCI H – 125 sebanyak 2 buah, dan tendon PCI H – 170 sebanyak 5 buah, masing – masing tendon terdapat 19 *strand untaian* kawat, tipe *Uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270*. Gaya prategang awal PCI H-125 sebesar 3133,021 kN, dan PCI H-170 sebesar 9760,11 kN. Kehilangan gaya prategang pada bentang pendekat sebesar 29,47% dan bentang utama 26,67%. Digunakan 2 buah *abutment* dan 2 buah pilar pada *overpass*. Pondasi *abutment* menggunakan pondasi *bored pile* dengan kedalaman tiang 25 meter, sebanyak 10 titik, berdiameter 0,6 meter. Pondasi pilar menggunakan pondasi *bored pile* sebanyak 24 titik dengan kedalaman tiang 25 meter, masing-masing diameter tiang bor adalah 0,6 meter.
- b. Al Ikhsan (2019) dengan judul skripsi “Perencanaan Ulang Struktur Jembatan Meskom dengan Beton Prategang” jembatan sungai Meskom yang berada di Kecamatan Bengkalis, Desa Meskom. Dari hasil penelitian,

diperoleh dengan dimensi *slab*: lebar 8 m, tebal 200 mm, dan panjang 16 m. Pembebanan untuk *slab* jembatan berdasarkan kombinasi I, yaitu momen ultimit *slab* tumpuan = 62,09 kNm. Dan momen ultimit *slab* lapangan = 54,71 kNm. Perhitungan struktur atas, gelagar prategang menggunakan profil PCI girder *hand book* Wika Beton, dengan spesifikasi tinggi 0,9 m, *beam spacing* 2 m, mutu beton *prestrees* K-800, diperoleh Momen Maks sebesar 180,19 kNm, gaya geser 456,56 kN. Dari hasil perhitungan diperoleh gaya prategang awal 5442,998 kN, gaya akibat *jacking* 3810,09 kN. Pada keadaan transfer balok mengalami lendutan sebesar 0,0327 m, dan setelah *loss of prestress* sebesar 0,0148 m. Setelah plat dan balok menjadi komposit, balok akan mengalami lendutan terbesar akibat kombinasi 5 yaitu 0,0088 m.

- c. Utama A.L, Sandy (2009) dengan judul “Perancangan Struktur Atas Jembatan Condet Dengan Konstruksi Beton Prategang” Dari hasil penelitian, diperoleh pipa sandaran (mutu BJ 37) Ø76,3 mm, tiang sandaran (*cast in place*) ukuran 40 x 12 cm, memakai tulangan Ø10 mm dan tulangan sengkang Ø6-150 mm, plat lantai (*cast in place*) tebal 20 cm memakai tulangan utama Ø10-200 mm dan Ø13-200 mm, *Deck Slab Precast (Precast)* tebal 7 cm memakai tulangan utama Ø8-50 mm dan Ø8-250 mm, balok diafragma (*Precast*) ukuran 20 x 165 cm memakai tulangan utama Ø12-13 mm dan Ø8-100 mm, balok girder prategang (*Precast*) dengan metode *posstensioning* H = 210 cm dan lebar 80 cm terdiri dari 5 buah tendon VSL Ø½ inch tipe E-17 dan E5-18 dengan sistem parabola (lengkung) serta memakai tulangan utama Ø16 mm dan geser Ø16 mm.

2.2 Jembatan Beton Prategang

2.2.1 Beton

Beton yang dipakai pada beton prategang umumnya mempunyai kuat tekan 28-55 MPa pada umur 28 hari (benda uji silinder). Nilai *slump* berkisar 50-100 mm dengan faktor air semen $\leq 0,45$.

2.2.2 Beton Prategang

Beton prategang merupakan beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam akibat beban kerja (SNI 03-2847-2002). Beton prategang juga dapat didefinisikan sebagai beton dimana tegangan tariknya pada kondisi pembebanan tertentu dihilangkan atau dikurangi sampai batas aman dengan pemberian gaya tekan permanen, dan baja prategang yang digunakan untuk keperluan ini ditarik sebelum beton mengeras (pratarik) atau setelah beton mengeras (pascatarik).

2.2.3 Baja Prategang (Tendon)

Untuk penggunaan pada beban layan yang tinggi, penggunaan baja tulangan (tendon) dan beton mutu tinggi akan lebih efisien. Hanya baja pada tegangan elastis tinggi yang cocok digunakan pada beton prategang. Penggunaan baja tulangan mutu tinggi bukan saja merupakan suatu keuntungan, tetapi merupakan suatu kewajiban. Prategang akan menghasilkan elemen yang lebih ringan, bentang yang lebih besar dan lebih ekonomis jika ditinjau dari segi pemasangannya dibandingkan dari beton bertulang biasa.

Baja bermutu tinggi dapat mengimbangi kehilangan dibeton sekitarnya dan mempunyai taraf tegangan sisa yang dapat menahan gaya prategang yang dibutuhkan. Besarnya kehilangan prategang normal dapat diperkirakan di dalam selang 35.000 sampai 60.000 Psi (241 sampai 414 MPa).

Baja tendon yang dipakai untuk beton prategang dalam prateknya ada tiga macam, yaitu:

- a. Kawat tunggal (*wire*), biasanya digunakan untuk baja pra-tegang pada beton pra-tegang dengan sistem pra-tarik (*pra-tension*).
- b. Kawat untaian (*strand*), biasanya digunakan untuk baja pra-tegang pada beton pra-tegang dengan sistem pasca-tarik (*post-tension*).
- c. Kawat batangan (*bar*), biasanya digunakan untuk baja pra-tegang pada beton pra-tegang dengan sistem pra-tarik (*pra-tension*).



Gambar 2.1 Kawat tunggal/wire (b) Kawat untaian/strand (c) Kawat batangan/bar
(Sumber : <http://www.laiwusteel.en.made-in-china.com>)

Jenis-jenis lain tendon yang sering digunakan untuk beton prategang pada sistem *pre-tension* adalah *seven-wire strand* dan *single-wire*. Untuk *seven-wire* ini, satu bendel kawat terdiri dari 7 buah kawat, sedangkan *single wire* terdiri dari kawat tunggal. Sedangkan untuk beton prategang dengan sistem *post-tension* sering digunakan tendon *mono-strand*, batang tunggal, *multi-wire* dan *multi-strand*. Untuk jenis *post-tension method* ini tendon dapat bersifat bonded dimana saluran kabel diisi dengan material *grouting* dan *unbonded* saluran kabel diisi dengan minyak gemuk atau *grease*. Tujuan utama dari *grouting* ini adalah untuk melindungi tendon dari korosi dan mengembangkan lekatan antara baja prategang dan beton sekitarnya.

Tabel 2.1 Tipikal Baja Prategang

Jenis Material	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban Putus	Tegangan Tarik
	mm	mm ²	kN	Mpa
Kawat Tunggal (Wire)	3	7,1	13,5	1900
	4	12,6	22,1	1750
	5	19,6	31,4	1600
	7	38,5	57,8	1500
	8	50,3	70,4	1400
Uraian Kawat (Strand)	9,3	54,7	102	1860
	12,7	100	184	1840
	15,2	143	250	1750
Kawat Batangan (Bar)	23	415	450	1080
	26	530	570	1080
	29	660	710	1080
	32	804	870	1080
	38	1140	1230	1080

(Sumber : Ir. Soetoyo, 2002. *Konstruksi Beton Pratekan*)

2.2.4 Grouting

Grouting dibutuhkan sebagai bahan pengisi selubung baja prategang (tendon) untuk metode pasca tarik. Untuk metode pratarik tidak dibutuhkan selubung sehingga tidak dibutuhkan *grouting*. Selubung terbuat dari logam yang digalvanisir.

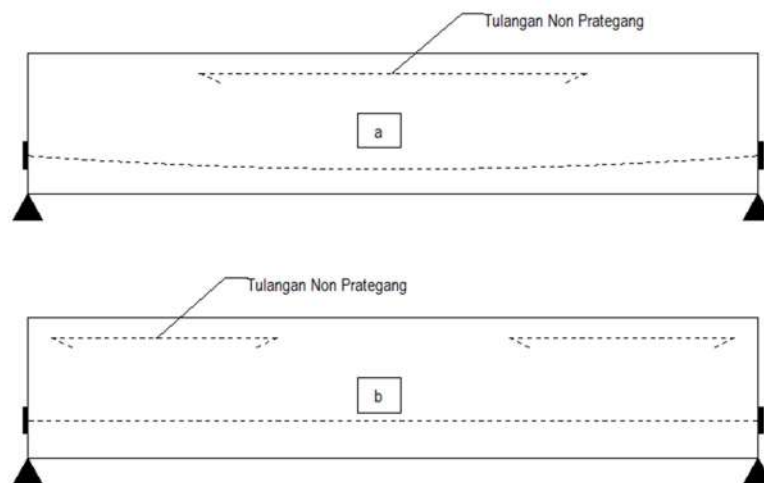
2.2.5 Temporary Tendon

Temporary tendon atau tendon sementara hanya digunakan pada girder jembatan dengan sistem pelaksanaan pemasangan *balanced cantilever*. *Temporary* tendon berfungsi sebagai penghubung antar segmen girder yang bersifat sementara sampai seluruh segmen girder terpasang. Kemudian baru dimasukkannya tendon permanen untuk pelaksanaan *stressing*.

2.2.6 Baja Non-Prategang

Tulangan ini dapat terbuat dari kawat tegangan tarik tinggi, *strand* kawat, batang atau sekedar batang baja lunak biasa. Jika tulangan prategang dan non-prategang dikombinasikan dalam suatu struktur, baja non-prategang hampir selalu tidak efektif, sampai terjadinya retak. Pengaruhnya terhadap permukaan retak rambut dan terhadap lendutan elastis dari balok cukup kecil. Tetapi setelah merata dan mencegah pembentukan retak besar dan keruntuhan akibat tekan. Selain itu dapat meningkatkan kekuatan batas, memperkuat bagian yang tidak terjangkau oleh baja prategang dan memberikan keamanan tambahan untuk kondisi pembebanan yang tak terduga. Tulangan non-prategang dapat ditempatkan pada posisi berbeda dalam balok prategang untuk tujuan atau fungsi yang berbeda dan untuk membantu memikul beban pada tahap yang berbeda. Penempatan tulangan non prategang dapat dilihat pada gambar dan penjelasan berikut :

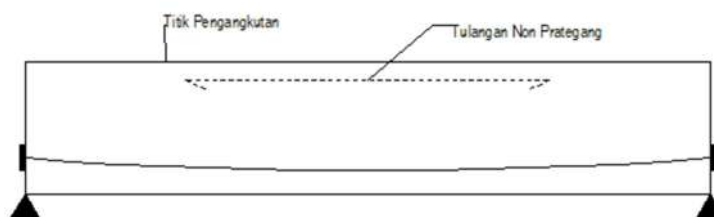
- a. Penempatan tulangan untuk memberikan kekuatan segera setelah peralihan prategang seperti dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2.2 Penampang Tulangan Non Prategang
(Sumber : Budiadi, 2008)

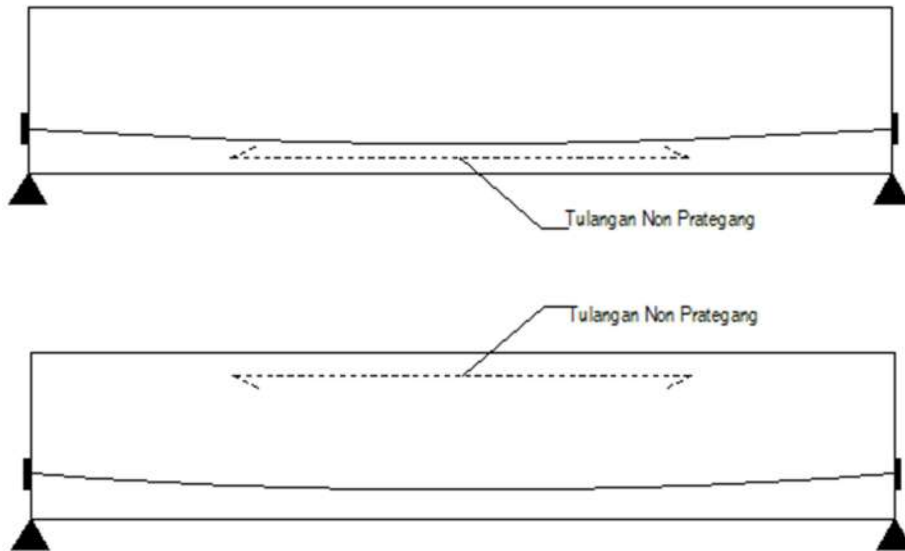
Keterangan :

1. Untuk memikul tarikan akibat prategang pada tengah-tengah bentang
 2. Untuk memikul tarikan akibat prategang pada ujung-ujung bentang.
- b. Untuk memperkuat beberapa bagian tertentu dari balok pracetak agar mampumemikul beban khusus atau beban tak terduga selama pengangkatan dan pemasangan. Hal ini dijelaskan pada Gambar 2.3 sebagai berikut :



Gambar 2.3 Tulangan untuk memperkuat balok pracetak selama penanganan dan pengangkutan
(Sumber : Budiadi, 2008)

- c. Untuk memperkuat balok pada tahap beban kerja, dijelaskan seperti pada gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Tulangan non prategang untuk memeperkuat balok akibat beban kerja dan beban batas
(Sumber : Budiadi, 2008)

Keterangan :

1. Untuk mendistribusikan retak dan meningkatkan kekuatan batas
2. Untuk tulangan tekan pada beton

Adapun konsep yang berbeda-beda yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang (*Lin and Burm, 1993*).

- a. Konsep pertama yaitu memandang beton prategang sebagai suatu bahan yang elastis sehingga dapat didesain dan dianalisis menurut tegangan – regangan elastis. Ini merupakan sebuah pemikiran *Eugene Freyssinet* yang memvisualisasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan berlebihan dahulu pada bahan tersebut. Dari konsep ini lahirlah kriteria “tidak ada tegangan tarik” pada beton.

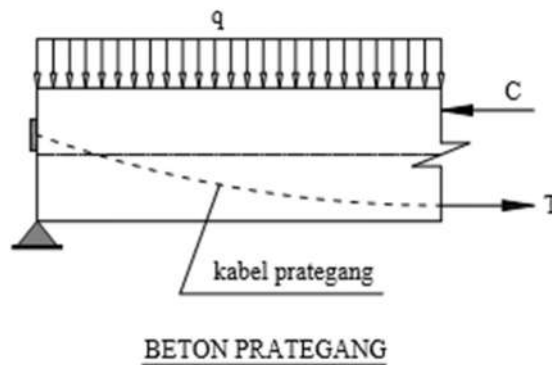
$$\sigma = \frac{F}{A} \pm \frac{F.e}{I} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- σ = Tegangan akibat prategang
- I = Momen Inersia Penampang
- A = Luas penampang
- F = Gaya prategang

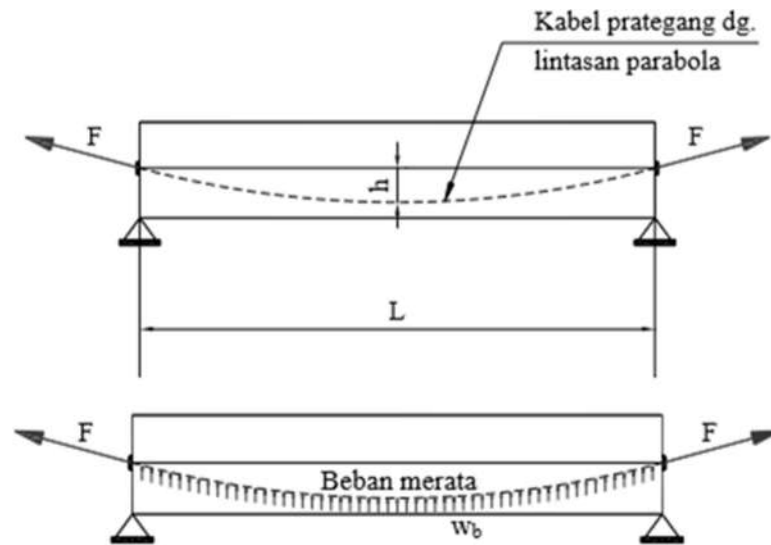
e = Eksentrisitas penampang

- b. Konsep kedua yaitu memandang beton prategang serupa dengan beton bertulang dan meninjau kekuatan batasnya. Untuk konsep teori ultimate, analisis dengan kekuatan batas beton prategang hampir sama dengan beton bertulang biasa, yaitu didasarkan pada prinsip kopel yang terdiri dari dua gaya yaitu gaya tarik T yang diterima oleh baja dan gaya tekan C diterima oleh beton yang bekerja dengan lengan momen q .



Gambar 2.5 Kabel prategang dengan gaya tarik “ T ” yang diterima oleh baja dan gaya tekan C diterima oleh beton yang bekerja dengan momen q
(Sumber: Ir. Soetoyo.,2002. *Konstruksi Beton Pratekan*)

- c. Konsep ketiga memandang beton prategang digunakan untuk mengimbangi gaya-gaya pada struktur. Konsep ini dikenal dengan metode Penyeimbang Beban (*Load Balancing Methode*). Pada desain struktur beton prategang, pengaruh dari prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri, sehingga batang yang mengalami lendutan seperti plat, balok dan gelagar tidak akan mengalami tegangan lendutan pada kondisi pembebanan yang terjadi. Suatu balok beton diatas dua perletakan (*simple beam*) yang diberikan gaya prategang F memulai suatu kabel prategang dengan lintasan parabola.



Gambar 2.6 Kabel Prategang dengan lintasan parabola
(Sumber: Ir. Soetoyo, 2002, *Konstruksi Beton Pratekan*)

2.2.7 Selongsong Tendon (Duct)

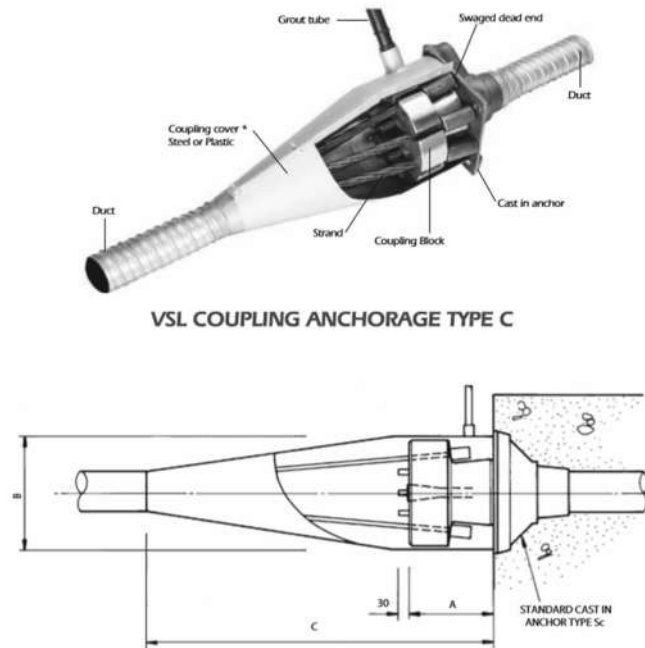
Selongsong merupakan saluran untuk penempatan kabel prategang yang terbuat dari lapisan tipis dan tetap ditempat. Material saluran tersebut harus memungkinkan tembusnya pasta semen dan juga mentransfer tegangan lekatan yang dibutuhkan serta dapat mempertahankan bentuknya. Berdasarkan SNI T-12-2004, selongsong untuk sistem pasca tarik harus kedap dengan mortar dan tidak reaktif terhadap baja prategang, beton atau bahan *grouting*. Diameter selongsong yang akan dilakukan *grouting* setidaknya harus lebih besar 6 mm dari diameter tendon dan memiliki luas penampang dalam minimum 2 kali luas tendon.



Gambar 2.7 (a) Selongsong Tendon Karet (b) Selongsong Tendon Baja
(Sumber : Brosur VSL Multistrand Post – Tensioning)

2.2.9 Penyambung (Coupler)

Alat penyambung *strand* harus ditempatkan pada daerah yang disetujui oleh pihak yang berwenang sehingga dapat menyalurkan gaya yang lebih besar dari kuat tarik elemen yang disambung.



Gambar 2.10 Coupler Multistrand
(Sumber : Brosur VSL Multistrand Post – Tensioning)

2.3 Siar Muai (Expansion Joint)

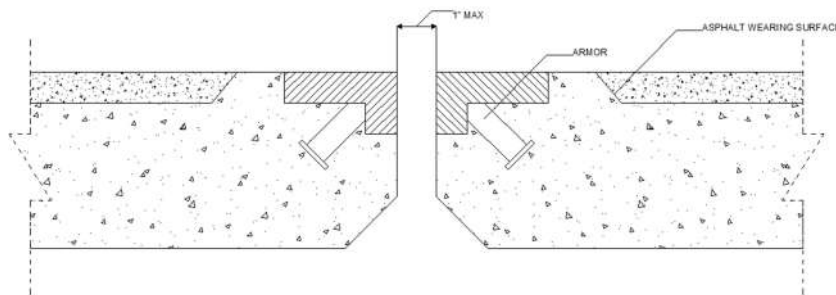
Siar muai (*expansion joint*) adalah bahan yang dipasang di antara dua bidang lantai beton untuk kendaraan atau pada perkerasan kaku dan dapat juga pertemuan antara konstruksi jalan pendekat sebagai media lalu lintas yang akan melewati jembatan, supaya pengguna lalu lintas merasa aman dan nyaman. Fungsi dari *expansion joint* adalah untuk mengakomodasi gerakan yang terjadi pada bagian superstruktur jembatan. Gerakan ini berasal dari beban hidup, perubahan suhu, dan sifat fisik dari pembentuk jembatan. Siar muai (*expansion joint*) terdiri dari 2 jenis, yaitu *expansion joint* terbuka dan *expansion joint* tertutup.

2.3.1 Expansion Joint Terbuka

Expansion joint terbuka biasanya terdapat pada sistem drainase yang diletakkan di bawah *joint* untuk mengumpulkan dan membawa air ke pembuangan. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan pada struktur beton. Sistem drainase sendiri berbentuk palung dan dibuat dari bahan anti karat. Untuk *expansion joint* terbuka yang sering digunakan di Indonesia adalah *Butt joint* dan *Finger joint*.

a. Butt Joint

Butt joint adalah *joint* yang menggunakan besi yang berbentuk siku untuk melindungi tepi beton dari kerusakan akibat kendaraan yang melintas. *Joint* ini digunakan untuk jembatan dengan *small movement*, dengan gap maksimum sebesar 25 mm. *Butt joint* dibuat dari besi siku yang disebut *armor* untuk melindungi bagian tepi beton dan dipasangkan pada beton menggunakan stud atau baut.

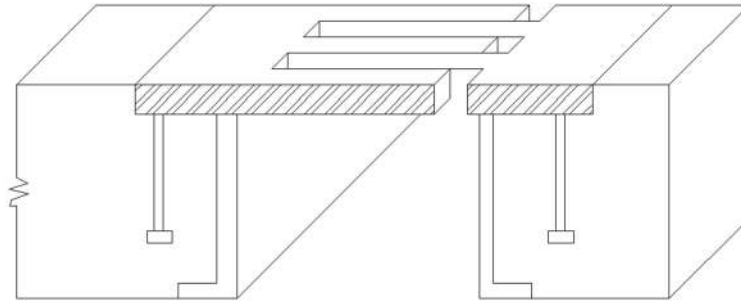


Gambar 2.11 Butt Joint

(Sumber : <https://karetmalang.wordpress.com/2019/05/09/mengenal-sambungan-siar-muai-expansion-joint/>)

b. Finger Joint

Jenis sambungan ini dapat mengakomodasi *movement* sebesar 75 mm. *Finger joint* terbuat dari baja dan berbentuk seperti 2 sisir yang saling mengikat.



Gambar 2.12 Finger Joint

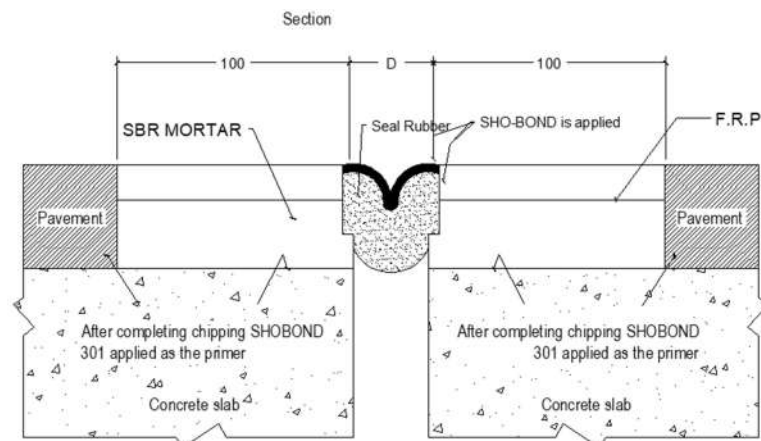
(Sumber : <https://karetmalang.wordpress.com/2019/05/09/mengenal-sambungan-siar-muai-expansion-joint/>)

2.3.2 Expansion Joint Tertutup

Expansion joint tertutup merupakan kebalikan dari *expansion joint* terbuka dimana menggunakan sistem kedap air sehingga tidak terjadi kebocoran pada struktur beton. Air yang berada di atas *expansion joint* biasanya dialirkan ke drainase yang ada di bagian samping

a. New Cut Off Joint (NCOJ)

New cut off joint adalah *expansion joint* yang menggunakan *seal* berbahan dasar karet. *Seal* diletakkan diantara gap untuk menahan *movement* yang terjadi pada jembatan.



Gambar 2.13 New Cutt Off Joint (NCOJ)

(Sumber : <https://karetmalang.wordpress.com/2019/05/09/mengenal-sambungan-siar-muai-expansion-joint/>)

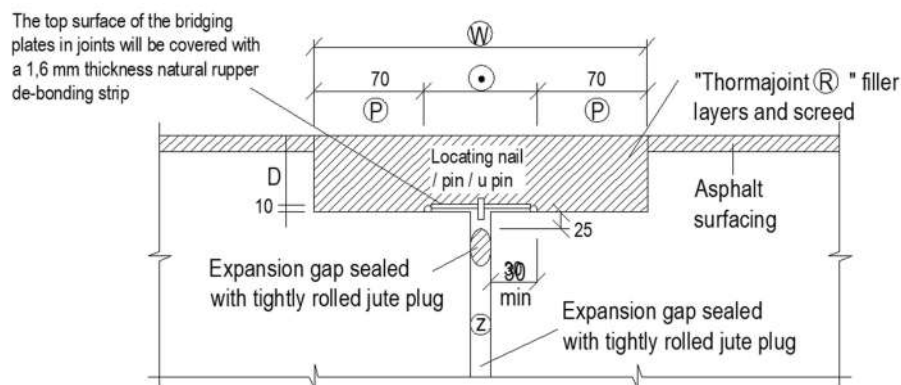
Tabel 2.2 Tipe dan Movement NCOJ

Type And Applicable Expansion Amounts (Bridge Movements)					
Type	Dimensions of Seat Rubber (mm)		Joint Width (mm)		Expansion Amount(mm)
	Width	Height	Maximum	Minimum	
A.1	41	40	41	21	20
A.2	62	40	62	32	30
A.3	82	40	82	32	50

(Sumber : <https://karetmalang.wordpress.com/2019/05/09/mengenal-sambungan-siar-muai-expansion-joint/>)

b. Asphaltic Plug Joint

Asphaltic plug joint ini terbuat dari karet *elastomer* khusus, aspal anti oksidasi, anti *streeeping* dan bahan kimia aditif lainnya. Didesain sedemikian rupa sehingga produk siar muai tersebut dikombinasikan dengan komposisi dan sifat masing-masing komponen untuk mendapatkan material yang memiliki sifat ulet, tangguh, elastis, *flexible*, daya lekat tinggi, tahan air dan tahan oksidasi.

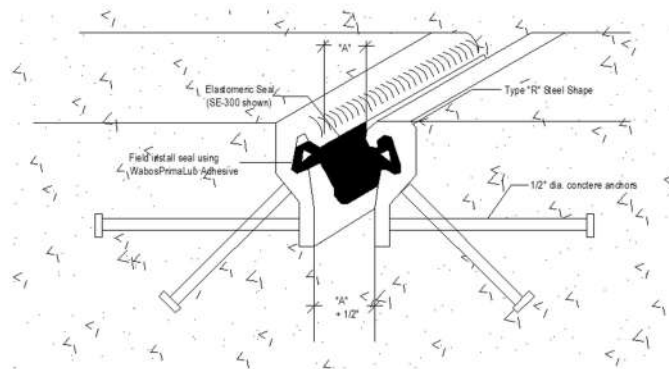


Gambar 2.14 Asphaltic Plug Joint

(Sumber : <https://karetmalang.wordpress.com/2019/05/09/mengenal-sambungan-siar-muai-expansion-joint/>)

c. Strip Seal Joint

Strip seal joint berbentuk strip yang terbuat dari elastomer yang dimasukkan ke dalam besi yang ditanam ke pelat beton. *Strip seal joint* mempunyai beberapa tipe untuk beragam *movement*. Ukuran *strip seal joint* terbesar dapat menangani *movement* hingga 125 mm, tetapi untuk keamanan kebanyakan orang hanya membatasi hingga 100 mm saja.

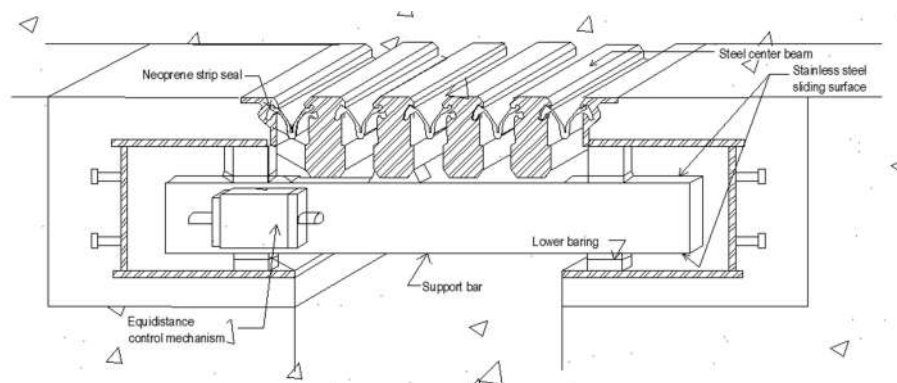


Gambar 2.15 Strip Seal Joint

(Sumber : <https://karetmalang.wordpress.com/2019/05/09/mengenal-sambungan-siar-muai-expansion-joint/>)

d. Modular Joint

Modular joint berbentuk seperti gabungan dari dua atau lebih *strip seal joint* untuk mengakomodasi *movement* yang sangat besar. *Modular joint* dibuat untuk mengakomodasi *movement* lebih dari 100 mm. Besarnya *modular joint* tergantung pada besarnya *movement*. *Modular joint* dirancang untuk jembatan dengan bentang yang panjang dengan kemampuan *movement* sampai 2 m. Biasanya *modular joint* digunakan untuk *movement* antara 150 mm sampai 600 mm. Ada 3 bagian utama dari *joint* ini, antara lain: *sealer*, *separator beam*, dan *support bar*.



Gambar 2.16 Modular Joint

(Sumber : <https://karetmalang.wordpress.com/2019/05/09/mengenal-sambungan-siar-muai-expansion-joint/>)

Dari penjabaran jenis-jenis *expansion joint*, untuk perencanaan slab jembatan sungai pengalir menggunakan *expansion joint* jenis *asphaltic plug joint*. Dikarenakan materialnya yang murah dan mudah ditemukan, memiliki waktu

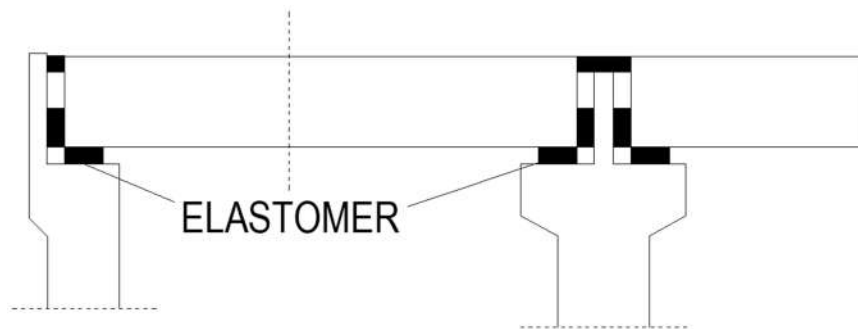
pelaksanaan pekerjaan yang lebih cepat dibandingkan jenis *expansion joint* yang lain. Selain itu, proses pemasangan dan juga pemeliharannya jauh lebih mudah.

2.4 Perencanaan Perletakan (Elastomer Bearing)

Perletakan jembatan merupakan salah satu komponen dalam struktur jembatan yang berfungsi sebagai media penyalur beban antara bangunan atas dan bangunan bawah. Oleh karena itu perletakan, harus dirancang untuk mengakomodasikan perputaran dan dapat memberikan perpindahan tertentu. Perletakan yang digunakan harus kuat secara mekanis dan daya tahan yang sesuai sehingga dapat mendukung usaha mempertahankan umur jembatan. Dalam perencanaan ini menggunakan perletakan jenis *elastomer* yang terbuat dari karet alam dan *neoprene*. Tebal bantalan tergantung pada besarnya pergerakan yang disyaratkan.

Bantalan jembatan berperan dalam menjamin keamanan pada struktur jembatan dan dapat melindungi jembatan dari pemuaian yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti perubahan suhu, angin, kepadatan lalu lintas dan faktor lainnya. Salah satu kelebihan menggunakan bantalan jembatan dari bahan karet atau elastomeric bearing pad ini adalah mampu meminimalkan rusaknya jembatan yang disebabkan karena gempa bumi maupun getaran seismik.

Selain itu, jika dibandingkan dengan jenis bahan bantalan jembatan penggunaan karet bantalan jembatan membutuhkan biaya yang lebih sedikit. *elastomeric bearing pad* tidak akan terpengaruh dengan adanya korosi yang menjamin tingkat umur pada jembatan. Bantalan jembatan ini juga bisa menyeimbangkan beban statis maupun dinamis berkat sifat karet yang mampu mengembang dan menyusut.



Gambar 2.17 Elastomeric Bearing Pad
(Sumber : <https://sites.google.com/site/karetelastomerjembatan/>)

2.5 Perencanaan Girder Prategang Berdasarkan SNI T-12-2004

Dalam perencanaan struktur jembatan dengan tipe gelagar I (I Girder), analisis elastis dan teori gelagar boleh digunakan.

Bila dianggap perlu, analisis gaya dalam perlu mempertimbangkan interaksi antara gaya-gaya dalam yang ada, yaitu lentur, aksial, geser dan puntir, sesuai dengan kepentingan pengaruh masing-masing gaya dalam tersebut terhadap gaya dalam yang lain.

Perencanaan arah *transversal* dari gelagar (girder) untuk lentur harus mempertimbangkan penampang tersebut sebagai rangka kaku. Pelat atas harus dianalisis sebagai potongan dengan tinggi yang variabel, dengan mempertimbangkan sudut-sudut antara pelat atas dan badan. Beban roda harus diletakkan pada posisi untuk mendapatkan momen maksimum, dan analisis elastis harus digunakan untuk menentukan penyebaran arah longitudinal yang efektif dari beban roda untuk setiap posisi pembebanan. Dalam hal ini, bila diperlukan, bisa diberikan prategang arah transversal pada pelat atas.

Dalam perencanaan penampang I girder, pertimbangan harus diberikan juga untuk meningkatkan geser badan sebagai akibat dari pembebanan atau geometri struktur yang eksentris dan/atau yang menimbulkan puntir.

2.6 Pembebanan Jembatan Berdasarkan SNI 1725-2016

Pembebanan merupakan suatu faktor yang penting dalam menentukan tegangan dan lendutan pada perencanaan jembatan yang akan dibangun.

Perhitungan pembebanan ini merupakan dasar menentukan gaya dan beban yang terjadi pada beton prategang. Standar yang digunakan adalah SNI 1725-2016 Standar Pembebanan Untuk Jembatan.

2.6.1 Beban Mati

a. Berat sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat dari bagian-bagian struktur itu sendiri, dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk diantaranya berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan bagian struktural, ditambah elemen nonstruktural yang tetap. Adapun faktor beban untuk berat sendiri (MS) dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (γMS)			
	Keadaan Batas Layan ($\gamma^s MS$)		Keadaan Batas Ultimit ($\gamma^U MS$)	
	Bahan		Biasa	terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

1) Berat Diafragma

Berat diafragma dapat digunakan rumus dengan Persamaan 2.2 dan Persamaan 2.3 berikut :

$$\text{Berat 1 buah diafragma (W)} = A_d \times \gamma_d \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\text{Berat diafragma (W}_{dt}) = n \times W \dots \dots \dots (2.3)$$

Momen maksimum yang terjadi di tengah bentang sepanjang L dapat dihitung dengan persamaan 2.4 berikut :

$$M_{maks} = \left(\frac{1}{2} \times n \times X_i - X_{ii} - X_0\right) \times W_{dt} \dots \dots \dots (2.4)$$

Sehingga ekivalen dari diafragma tersebut adalah :

$$Q_{diafragma} = \frac{8 \times M_{maks}}{L^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

2) Berat Balok Prategang

Berat balok prategang dapat digunakan Persamaan 2.6 dan Persamaan 2.7 berikut :

$$W_{\text{balok}} = 10\% \times A \times L \times W_C \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Q_{\text{balok}} = \frac{W_{\text{balok}}}{L} \dots\dots\dots(2.7)$$

3) Gaya Geser dan Momen Akibat Berat Sendiri (MS)

Gaya geser dan momen berat sendiri (MS) dapat dihitung dengan Persamaan 2.8 Sampai dengan 2.10 berikut :

$$\text{Beban} = Q_{MS} = A \times W \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Gaya Geser} = V_{MS} = \frac{1}{2} \times Q_{MS} \times L \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Momen} = V_{MS} = \frac{1}{8} \times Q_{MS} \times L^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dalam setiap bahan yang digunakan dalam elemen struktural maupun nonstruktural memiliki berat isinya masing-masing. Besarnya berat isi dan kerapatan massa pada berbagai bahan tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Berat Isi untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat Isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (Kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>Bituminous Wearing Surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi Tuang (<i>Cast Iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>Rolled Gravel, Macadam or Ballast</i>)	18,8-22,7	1930-2315
5	Beton Aspal (<i>Asphalt Concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>Low Density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton f'c < 35 Mpa	22,0-25,0	2320
	Beton 35 < f'c < 105 Mpa	22 + 0,22 f'c	2240 + 2,20 f'c
8	Baja (<i>Steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>Hard Wood</i>)	11,0	1125

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

b. Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Tabel 2.5 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

Tipe Beban	Faktor Beban (γMS)			
	Keadaan Batas Layan ($\gamma^s MS$)		Keadaan Batas Ultimit ($\gamma^U MS$)	
	Keadaan		Biasa	terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan ⁽¹⁾: Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas
(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

1) Berat Lapisan Aspal dan *Overlay*

$$\text{Berat jenis aspal } (W_{as}) = 22 \text{ kN/m}^3$$

Beban aspal dapat dihitung dengan Persamaan 2.11 berikut :

$$Q_{as} = A_{as} \times W_{as} \dots\dots\dots(2.11)$$

2) Berat Air Hujan

$$\text{Berat jenis air } (W_{ah}) = 9,80 \text{ kN/m}^3$$

Beban air hujan dapat dihitung dengan Persamaan 2.12 berikut :

$$Q_{ah} = A_{ah} \times W_{ah} \dots\dots\dots(2.12)$$

3) Gaya Geser dan Momen Akibat Beban Mati Tambahan (MA)

Gaya geser dan momen dapat dihitung dengan Persamaan 2.13 sampai 2.15 berikut :

$$\text{Beban} : Q_{MA} = Q_{as} + Q_{ah} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{Gaya Geser} : V_{MA} = \frac{1}{2} \times Q_{MA} \times L \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\text{Momen} : V_{MA} = \frac{1}{2} \times Q_{MA} \times L^2 \dots\dots\dots(2.15)$$

2.6.2 Beban Hidup (Beban Lalu Lintas)

Beban lalu lintas merupakan beban lajur yang terdiri dari beban terbagi merata (BTR), *uniformly distributed load* (UDL), dan beban garis terpusat (BGT).

Beban hidup (beban lalu lintas) terdiri dari beban truk “TT” dan beban lajur “TD” sebagai berikut :

c. Beban Lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabungkan dengan beban garis terpusat (BGT). Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur “D” seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban (γ TD)	
		Keadaan Batas Layan (γ^s TD)	Keadaan Batas Ultimit (γ^U TD)
Terefisien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Bebaan terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas sebesar q (kPa), dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani (L) sesuai dengan Persamaan 2.16 dan Persamaan 2.17, dan dapat dilihat pada Gambar 2.18 berikut:

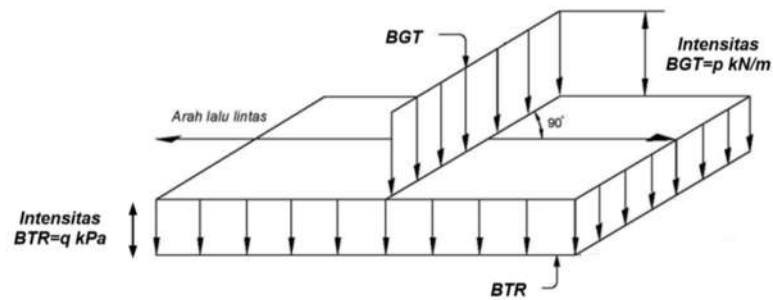
Jika $L \leq 30$ m : $q = 9.0$ kPa(2.16)

Jika $L > 30$ m : $q = 9.0 (0.5 + 15/L)$ kPa.....(2.17)

Keterangan :

q = Intensitas BTR dalam arah memanjang jembatan (kPa)

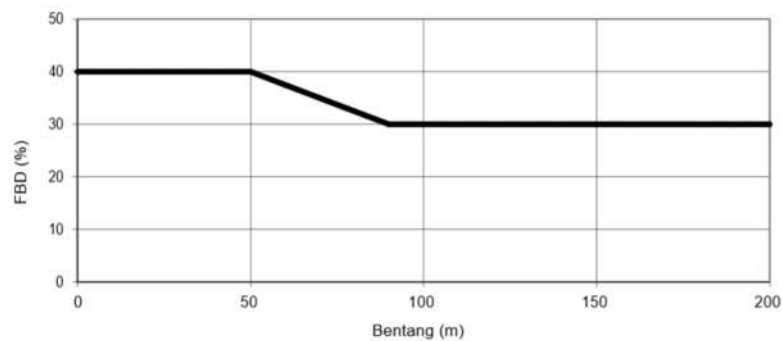
L = Panjang total jembatan yang dibebani (m)



Gambar 2.18 Beban Lajur “D”

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p (kN/m) harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya. Faktor beban dinamis (*Dinamic Load Allowance*) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya FBD tergantung kepada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 Hz sampai dengan 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen. Faktor beban dinamis (FBD) untuk beban garis (KEL) dapat disajikan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Faktor Beban Dinamis
(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

- 1) Beban merata pada balok dapat dicari dengan Persamaan 2.18 sampai dengan Persamaan 2.21 ini :

$$QTD = q \times s \dots\dots\dots(2.18)$$

- 2) Beban terpusat pada balok dapat dicari dengan Persamaan 2.19 berikut :

$$PTD = (1 + FBD) \times p (B + 5,5) / 2 \dots\dots\dots(2.19)$$

- 3) Gaya Geser akibat beban lajur D dihitung dengan Persamaan 2.20 berikut :

$$VTD = 1/2 \times QTD \times L \dots\dots\dots(2.20)$$

- 4) Momen maksimum akibat beban lajur D dihitung dengan Persamaan 2.21 berikut :

$$MTD = 1/8 \times QTD \times L^2 \dots\dots\dots(2.21)$$

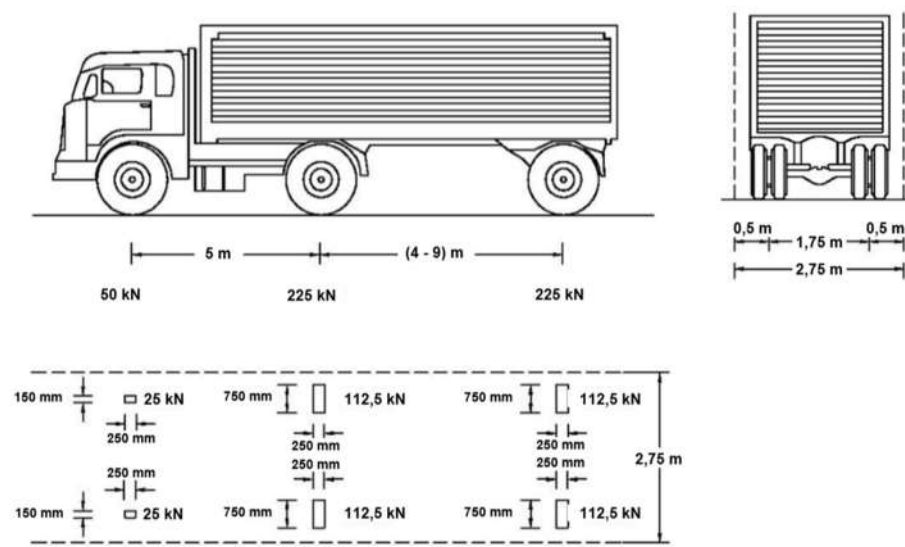
d. Beban Truck “T” (TT)

Beban lajur “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”.
 beban truk digunakan untuk perhitungan struktur lantai jembatan.

Tabel 2.7 Faktor Beban untuk Beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TT})	
		Keadaan Batas Layan (γ^s_{TT})	Keadaan Batas Ultimit (γ^U_{TT})
Terefisien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)



Gambar 2.20 Pembebanan Truk “T” (500 kN)

Sumber : (SNI 1725-2016)

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat pada Gambar 2.20. Dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa berubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

2.6.3 Gaya Rem (TB)

Berdasarkan peraturan pembebanan jembatan pada SNI 1725-2016, gaya rem diambil yang terbesar dari 25% dari berat gandar truk desain atau, 5% dari berat truk rencana di tambah beban lajur terbagi merata BTR. Pengaruh pengereman diasumsikan bekerja pada jarak 1.80 m di atas permukaan lantai jembatan. Dalam menghitung gaya rem yang terjadi dapat digunakan Persamaan 2.22 sampai dengan Persamaan 2.26 berikut ini :

- a. Gaya rem (TB)

$$T_{TB} = 5\% \times T \times Q_{TB} \dots\dots\dots(2.22)$$

- b. Lengan terhadap titik berat balok

$$Y = 1,80 + h_a + y_{ac} \dots\dots\dots(2.23)$$

- c. Beban momen akibat gaya rem

$$M = T_{TB} \times Y \dots\dots\dots(2.24)$$

- d. Gaya geser beban rem

$$V_{TB} = \frac{M_{TB}}{L} \dots\dots\dots(2.25)$$

- e. Momen maksimum pada balok akibat beban rem

$$M_{TB} = \frac{1}{2} \times M \dots\dots\dots(2.26)$$

2.6.4 Pembebanan Untuk Pejalan Kaki (TP)

Semua komponen trotoar yang lebih besar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan. Jika ada kemungkinan trotoar berubah fungsi di masa depan menjadi lajur kendaraan, maka beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam parapet untuk perencanaan komponen jembatan lainnya. Perhitungan pembebanan untuk pejalan kaki dapat menggunakan Persamaan 2.27 sampai dengan Persamaan 2.30 berikut ini :

- a. Luas bidang trotoar

$$A = b_t \times \dots\dots\dots(2.27)$$

- b. Beban jembatan untuk trotoar

$$Q_{TP} = q \times b_t \dots\dots\dots(2.28)$$

c. Gaya geser beban pejalan kaki

$$V_{TB} = \frac{1}{2} \times Q_{TP} \times L \dots\dots\dots(2.29)$$

d. Momen maksimum untuk pejalan kaki

$$M_{TP} = \frac{1}{8} \times Q_{TP} \times L^2 \dots\dots\dots(2.30)$$

2.6.5 Beban Fatik

Beban fatik merupakan satu beban truk dengan tiga gandar, dimanajarak gandar dan gandar belakang merupakan jarak yang konstan sebesar 5000 mm. Frekuensi beban fatik harus diambil sebesar Lalu Lintas Harian (LHR) untuk satu jalur lalu lintas rencana. Frekuensi ini harus digunakan untuk semua komponen jembatan, juga komponen jembatan yang memikul jumlah truk yang lebih sedikit. Jika tidak ada informasi yang lebih lengkap dan akurat, maka perencana dapat menentukan jumlah truk harian rata-rata satu jalur sebesar:

$$LHR_{SL} = P_t \times LHR \dots\dots\dots (2.31)$$

keterangan:

LHR = Jumlah truk rata-rata per hari dalam satu arah selama umur rencana

LHR_{SL} = Jumlah truk rata-rata per hari dalam satu lajur selama umur rencana

P_t = Fraksi truk dalam satu lajur (Tabel 2.8)

Tabel 2.8 Fraksi lalu lintas truk dalam satu lajur (p)

Jumlah lajur truk	P_t
1	1,00
2	0,85
3 atau lebih	0,80

(Sumber: SNI 1725-2016)

Bila tidak terdapat informasi yang akurat mengenai lalu lintas harian rata-rata, maka dapat digunakan LHR berdasarkan klasifikasi jalan sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 2.9 LHR Berdasarkan Klasifikasi Jalan

Kelas fungsional		Kelas rencana		
		Tipe I : kelas	Tipe II	
			LHR	Kelas
Primer	Arteri	I	Semua lalu lintas	I
	Kolektor	II	≥ 10.000 < 10.000	I II
Sekunder	Arteri	II	≥ 20.000 < 20.000	I II
			Kolektor	N/A
	Lokal	N/A		

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

2.6.6 Beban Trotoar dan Sandaran

Intensitas pejalan kaki untuk jembatan jalan raya tergantung pada luas beban yang dipikul oleh unsur yang direncanakan. Besarnya intensitas beban untuk trotoar ditentukan dengan persamaan berikut:

$$At \leq 10 \text{ m}^2 \quad : \text{Beban trotoar} = 5 \text{ kPa} \dots\dots\dots(2.32)$$

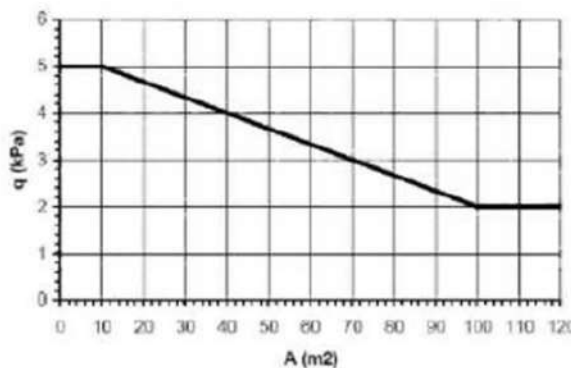
$$10 \text{ m}^2 \leq At \leq 100 \text{ m}^2 : \text{Beban trotoar} = 5.33 - \frac{At}{30} \text{ kPa} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$At \geq 100 \text{ m}^2 \quad : \text{Beban trotoar} = 2 \text{ kPa} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

At : Luas Trotoar (m^2)

Sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dapat memikul beban sebesar 0,75 kN/m setinggi 0,9 di atas lantai trotoar.



Gambar 2.21 Beban Sandaran dan Trotoar
(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

2.6.7 Beban Akibat Aksi Lingkungan

Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standar ini dihitung berdasarkan analisis statistik dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat. Adapun aksi lingkungan memasukkan pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya.

a. Gaya Akibat Deformasi

Deformasi akibat perubahan temperatur yang merata dapat dihitung dengan menggunakan prosedur. Prosedur ini digunakan untuk perencanaan jembatan yang menggunakan gelagar yang terbuat dari beton dan baja. Rentang temperatur harus seperti yang ditentukan dalam Tabel. Besaran rentang simpangan akibat beban temperatur (ΔT) harus berdasarkan temperatur maksimum dan minimum yang didefinisikan dalam desain sebagai berikut:

$$\Delta T = \alpha L (T_{max\ design} - T_{min\ design}) \dots \dots \dots (2.35)$$

keterangan:

L = Panjang komponen jembatan (mm)

α = Koefisien muai temperatur (mm/mm/°C)

Tabel 2.10 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton diatas gelagar, boks atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja diatas gelagar, boks atau rangka baja	15°C	45°C

Catatan⁽¹⁾ temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut
(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Besarnya nilai koefisien perpanjangan dan modulus elastisitas yang digunakan untuk menghitung besarnya pergerakan dan gaya yang terjadi diberikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.11 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu (α)	Modulus elastisitas (Mpa)
Baja	10×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	200.000
Beton :		
Kuat tekan < 30 Mpa	10×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	$4700 \sqrt{f'c}$
Kuat tekan > 30 Mpa	11×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	$4700 \sqrt{f'c}$

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Variasi temperatur (EG) di dalam bangunan atas jembatan atau perbedaan temperatur disebabkan oleh pemanasan langsung dari sinar matahari di waktu siang pada bagian atas permukaan lantai dan pelapisan kembali radiasi dari seluruh permukaan jembatan di waktu malam. Gradien temperatur nominal arah vertical untuk bangunan atas beton dan baja dapat dilihat pada Gambar. Parameter yang digunakan untuk mencakup T_1 , T_2 dan T_3 dengan nilai sesuai pada tabel berikut.

Tabel 2.12 Parameter T_1 , T_2 , dan T_3

Lokasi jembatan	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	T_3 ($^{\circ}\text{C}$)
< 500 Mm diatas permukaan laut	12	8	$0 \leq T_3 < 5$
> 500 Mm diatas permukaan laut	17	11	

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Nilai T_3 dapat diambil sebesar 0 kecuali bila dilakukan kajian spesifik situs, tetapi nilai T_3 diambil tidak melebihi 5°C .

Pengaruh susutan dan rangkakan (SH) harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan beton. Pengaruh ini dihitung menggunakan beban mati jembatan. Apabila rangkakan dan penyusutan bisa mengurangi pengaruh muatan lainnya, maka nilai dari rangkakan dan penyusutan tersebut harus diambil minimum (misalnya pada waktu transfer dari beton prategang).

Tabel 2.13 Faktor beban akibat susut dan rangkakan

Tipe beban	Faktor Beban (γ_{SH})	
	Keadaan Batas Layan (γ_{SH}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{SH}^U)
Tetap	1,0	0,5

Catatan : walaupun susut dan rangkakan bertambah menurut waktu, tetapi pas akhirnya akan mencapai nilai yang konstan

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Pengaruh prategang (PR) akan menyebabkan pengaruh sekunder pada komponen-komponen yang terkekang pada bangunan statis tidak tentu. Pengaruh sekunder tersebut harus diperhitungkan baik pada batas daya layan ataupun batas ultimit (Tabel 2.14).

Prategang harus diperhitungkan sebelum (selama pelaksanaan) dan sesudah kehilangan tegangan dalam kombinasinya dengan beban-beban lainnya.

Tabel 2.14 Faktor Beban Akibat Pengaruh Prategang

Tipe beban	Faktor Beban (γ_{PR})	
	Keadaan Batas Layan (γ_{PR}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{PR}^U)
Tetap	1,0	1,0

((Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan))

Pengaruh utama prategang adalah sebagai berikut:

- 1) Pada keadaan batas daya 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.
- 2) pada keadaan batas ultimit, pengaruh sekunder akibat gaya prategang harus dianggap sebagai beban yang bekerja.

b. Beban Angin

1. Tekanan angin horizontal

Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Luas area yang diperhitungkan adalah luas area dari semua komponen, termasuk sistem lantai dan *railing* yang diambil tegak lurus terhadap arah angin. Untuk jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10.000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana (V_{DZ}) harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{DZ} = 2,5 \times V_o \times \left(\frac{v10}{v_b}\right) \times \ln \times \left(\frac{z}{z_o}\right) \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan :

V_{DZ} = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

- V_{10} = Kecepatan angin pada elevasi 10.000 mm diatas permukaan tanah atau diatas permukaan angin rencana (kn/jam)
- V_B = Kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 10.000 mm
- Z = Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10.000$ mm)
- V_o = Kecepatan gesekan angin (km/jam)
- Z_o = Panjang gesekan di hulu jembatan

V_{10} dapat diperoleh dari:

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
- Survei angin pada lokasi jembatan, dan.
- Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90$ s/d 126 km/jam.

2. Beban angin pada struktur (EW_s)

Perencana dapat menggunakan kecepatan angin rencana dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_D = P_B \times \left(\frac{v_{10}}{v_b}\right)^2 \dots\dots\dots(2.37)$$

Keterangan :

P_B = Tekanan angin dasar (MPa)

Tabel 2.15 Faktor Beban Akibat Pengaruh Prategang

Komponen bangunan atas	Angin tekan (Mpa)	Angin thisap (Mpa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

((Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan))

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan dan 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 kN/mm pada balok atau gelagar.

1. Gaya angin pada kendaraan (*EWi*)

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 diatas permukaan jalan.

Tabel 2.16 Komponen Beban Angin Yang Bekerja Pada Kendaraan

Sudut derajat	Komponen tegak lurus N/mm	Komponen sejajar N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

(Sumber: SNI 1725-2016)

2. Tekanan angin vertikal

Jembatan harus mampu memikul beban garis memanjang jembatan yang mempersentasikan gaya angin vertikal ke atas sebesar $9,6 \times 10^{-4}$ Mpa dikalikan lebar jembatan, termasuk parapet dan trotoar. Gaya ini harus ditinjau hanya untuk Keadaan Batas Kuat III dan Layan IV yang tidak melibatkan angin pada kendaraan dan hanya ditinjau untuk kasus pembebanan dimana arah angin dianggap bekerja tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan.

2.3.8 Beban Aksi-aksi Lain

a. Gesekan pada perletakan (BF)

Gesekan pada perletakan termasuk pengaruh kekakuan geser dari perletakan elastomer. Gaya akibat gesekan pada perletakan dihitung dengan menggunakan beban tatap, dan harga rata-rata dari koefisien gesekan (kekakuan geser apabila menggunakan perletakan *elastomer*).

Tabel 2.17 Faktor beban akibat gesekan pada perletakan

Jangka waktu	Faktor beban		
	γ_{BF}^S	γ_{BF}^U	
		Biasa	terkurangi
Transien	1,0	1,3	0,8

CATATAN (1) Gaya akibat gesekan pada perletakan terjadi seama adanya pergerakan pada bangunan atas, tetapi gaya sisa mungkin terjadi setelah pergerakan berhenti. Dalam hal ini gesekan pada perletakan harus memperhitungkan adanya pengaruh tetap yang cukup besar.

((Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan))

b. Pengaruh getaran

Getaran yang diakibatkan oleh adanya kendaraan yang lewat diatas jembatan merupakan keadaan batas daya layan apabila tingkat getaran menimbulkan bahaya dan ketidaknyamanan seperti halnya keamanan bangunan. Getaran pada jembatan harus diselidiki untuk keadaan batas daya layan terhadap getaran. Satu lajur lalu lintas rencana dengan pembebanan beban lajur “D” dengan faktor beban 1,0 harus ditempatkan sepanjang bentang agar diperoleh lendutan statis maksimum pada jembatan.

2.3.9 Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Gaya total terfaktor yang digunakan dalam perencanaan harus dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \sum \eta_i i \dots\dots\dots(2.38)$$

Untuk beban-beban dengan nilai maksimum γ_i lebih sesuai maka:

$$\eta_i = \eta D \eta R \eta I \geq 0,95 \dots\dots\dots(2.39)$$

Untuk beban-beban dengan nilai minimum γ_i lebih sesuai maka:

$$\eta_i = \frac{1}{\eta D \eta R \eta I} \leq 1 \dots\dots\dots(2.40)$$

keterangan:

Q = Gaya total terfaktor

η_i = Faktor pengubah respon berkaitan dengan daktilitas, redundansi, dan klasifikasi

γ_i = Faktor beban

Q_i = Gaya atau beban yang bekerja pada jembatan

- η_D = Faktor pengubah respon berkaitan dengan daktilitas
- η_R = Faktor pengubah respon berkaitan dengan redundansi
- H_i = Faktor pengubah respon berkaitan dengan klasifikasi operasional

Kombinasi pembebanan sebagai berikut harus diselidiki pada keadaan batas daya layan yaitu kombinasi antara beban mati (*MS*), beban mati tambahan (*MA*), tekanan tanah (*TA*), beban arus dan hanyutan (*EU*), susut (*SH*), gaya akibat pelaksanaan (*PL*) dan prategang (*PR*). Berikut merupakan kelompok pembebanan dan simbol untuk pembebanan dalam perencanaan jembatan:

1. Beban permanen

- MS* = Beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan
- MA* = Beban mati perkerasan dan utilitas
- TA* = Gaya horizontal akibat tekanan tanah
- PL* = Gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat perubahan statika yang terjadi pada konstruksi segmental

2. Beban transien

- PR* = Prategang
- SH* = Gaya akibat susut/rangkak
- TB* = Gaya akibat rem
- TR* = Gaya sentrifugal
- TC* = Gaya akibat tumbukan kendaraan
- TV* = Gaya akibat tumbukan kapal
- EQ* = Gaya gempa
- BF* = Gaya friksi
- TD* = Beban lajur "D"
- TT* = Beban truk "T"
- TP* = Beban pejalan kaki
- SE* = Beban akibat penurunan

ET	= Gaya akibat temperatur gradient
EUn	= Gaya akibat temperatur seragam
EF	= Gaya apung
EWs	= Beban angin pada struktur
EWL	= Beban angin pada kendaraan
EU	= Beban arus dan hanyutan

Beberapa kombinasi beban mempunyai kemungkinan kejadian yang rendah dan jangka waktu yang pendek. Penjelasan kombinasi yang digunakan pada SNI 1725-2016 adalah sebagai berikut :

- a. Kuat I : Kombinasi yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal dan beban angin diabaikan.
- b. Kuat II : Kombinasi yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang di tentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.
- c. Kuat III : Kombinasi jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- d. Kuat IV : Kombinasi untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.
- e. Kuat V : Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- f. Ekstrem I: Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.
- g. Ekstrem II: Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan.
- h. Layan I : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta

memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol mengontrol lebar retak struktur beton bertulang.

- i. Layan II : Kombinasi yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip sambungan akibat beban kendaraan.
- j. Layan III : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.
- k. Layan IV : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.
- l. Fatik : Kombinasi beban fatik dan fraktur sehubungan dengan umur fatik akibat induksi beban yang waktunya terbatas.

Tabel 2.18 Kombinasi Beban dan Faktor Beban

<i>Keadaan Batas</i>	<i>MA MS TA PR PL SH</i>	<i>TT TD TB TR TP</i>	<i>EU</i>	<i>EW_S</i>	<i>EW_L</i>	<i>BF</i>	<i>EU_n</i>	<i>TG</i>	<i>ES</i>	<i>Gunakan Salah Satu</i>		
										<i>EQ</i>	<i>TC</i>	<i>TV</i>
Kuat I	γ_P	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_P	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_P	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_P	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_P	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstren I	γ_P	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstren II	γ_P	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya Layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya Layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatig (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : γ_P dapat berupa γ_{MS} , γ_{MA} , γ_{TA} , γ_{PR} , γ_{PL} , γ_{SH} tergantung beban yang ditinjau γ_{BQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa
(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Untuk penjelasan aksi beban yang terdapat pada Tabel 2.18 akan dijelaskan pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Penjelasan Simbol Beban

No	Simbol Beban	Keterangan
1	MA	Beban mati tambahan
2	MS	Beban mati koomponen struktural dan non struktural
3	TA	Gaya horizontal akibat tanah
4	PR	Prategang
5	PL	Beban Pelaksana
6	SH	Gaya akibat susut/rangkak
7	TT	Beban Truk "T"
8	TD	Beban Lajur "D"
9	TB	Gaya Rem
10	TR	Gaya Sentrifugal
11	TP	Beban Pejalan Kaki
12	EU	Beban Arus dan Hanyutan
13	EW _s	Beban Angin pada Struktural
14	EW _L	Beban Angin pada Kendaraan
15	BF	Gaya Friksi
16	EU _n	Gaya Akibat Temperatur Seragam
17	ES	Beban Akibat Penurunan
18	EQ	Beban Gempa
19	TC	Beban Akibat Tumbukan Kendaraan
20	TV	Beban Aibat Tumbukan Kapal

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Tabel 2.20 Penjelasan Kombinasi Pembebanan

No	Notasi	Keterangan
1	γ_{EQ}	$\gamma_{EQ} = 0,5$ (Jembatan sangat penting)
		$\gamma_{EQ} = 0,3$ (Jembatan penting)
		$\gamma_{EQ} = 0$ (Jembatan biasa)
2	γ_{ES}	Ditentukan berdasarkan kondisi proyek. Dapat diambil nilai sebesar 1
3	γ_P	Dapat berupa γ_{MS} , γ_{MA} , γ_{TA} , γ_{PR} , γ_{PL} , γ_{SH} ,

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

2.7 Ruang Bebas (Clearance) Horizontal dan Vertikal

Ruang bebas horizontal dan vertikal di bawah jembatan disesuaikan dengan kebutuhan lalu lintas kapal dengan mengambil *free-board* minimal 1,0 meter dari muka air banjir. Ruang bebas vertikal di atas jalan minimal 5,1 meter.

a. Horizontal Clearance

1. Ditentukan berdasarkan kemudahan navigasi kapal

2. *US Guide Specification*, horizontal *clearance* minimum adalah
 - a) 2-3 kali panjang kapal rencana, atau
 - b) 2 kali lebih besar dari lebar *channel*.

- b. Vertikal *Clearance*
 1. Ditentukan berdasarkan tinggi kapal yang lewat dalam kondisi *ballast* dan permukaan air tinggi.
 2. Tinggi kapal memperhitungkan kondisi kapal yang ada dan proyeksi ke depan.
Nilai *clearance* ditentukan sebagai berikut :
 - a) $C = 0,5$ m ; Untuk jembatan diatas sungai pengairan
 - b) $C = 1,0$ m ; Untuk sungai alam yang tidak membawa hanyutan
 - c) $C = 1,5$ m ; Untuk sungai alam yang membawa hanyutan ketika banjir
 - d) $C = 2,5$ m ; Untuk sungai alam yang tidak diketahui kondisinya
 - e) $C = 5,0$ m ; Untuk jembatan jalan layang
 - f) $C = 15,0$ m ; Untuk jembatan diatas laut

2.8 Syarat Umum Perencanaan Struktur Beton Jembatan

Umur rencana jembatan pada umumnya disyaratkan 50 tahun. Namun untuk jembatan penting dan/atau berbentuk panjang, atau yang bersifat khusus, diisyaratkan umur rencana 100 tahun. Perhitungan tersebut mengacu pada Peraturan SNI T – 12- 2004 mengenai perencanaan struktur beton untuk jembatan.

2.8.1 Beton

- a. Kekuatan Nominal

Bila tidak disebutkan didalam spesifikasi teknik, kuat tekan harus diartikan sebagai kuat tekan beton pada umur 28 hari. Dalam segala hal, beton dengan kuat tekan (benda uji silinder) yang kurang dari 20 MPa tidak dibenarkan untuk digunakan dalam pekerjaan struktur beton untuk jembatan, kecuali untuk pembetonan yang tidak dituntut persyaratan kekuatan. Dalam hal

komponen struktur beton prategang, sehubungan dengan pengaruh gaya prategang pada tegangan dan regangan beton, baik dalam jangka waktu pendek maupun jangka panjang, maka kuat tekan beton disyaratkan untuk tidak lebih rendah dari 30 Mpa.

1. Kuat Tekan

Tegangan tekan dalam penampang beton, akibat semua kombinasi beban tetap pada kondisi batas layan lentur dan/atau aksial tekan, tidak boleh melampaui nilai $0,45 f_c'$, dimana f_c' adalah kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari, dinyatakan dalam satuan MPa.

2. Kuat Tarik Kuat tarik dari beton (f_{ct}), bisa diambil dari ketentuan :

- a. $0,33 \sqrt{f_c'}$ MPa pada umur 28 hari, dengan perawatan standar; atau
- b. Dihitung dengan probabilitas statistic dari hasil pengujian.

3. Kuat Tarik Lentur Kuat tarik lentur dari beton (f_{ctf}), bisa diambil sebesar :

- a. $0,6 \sqrt{f_c'}$ MPa pada umur 28 hari, dengan perawatan standar; atau
- b. Dihitung dengan probabilitas statistic dari hasil pengujian.

b. Tegangan Ijin

Tegangan tekan dalam penampang beton, akibat semua kombinasi beban tetap pada kondisi batas layan lentur dan/atau aksial tekan, tidak boleh melampaui nilai $0,45 f_c'$, di mana f_c' adalah kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari, dinyatakan dalam satuan MPa. Untuk kondisi beban sementara, atau untuk komponen beton prategang pada saat transfer gaya prategang, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melampaui nilai $0,60 f_{ci}'$, di mana f_{ci}' adalah kuat tekan beton yang direncanakan pada umur saat dibebani atau dilakukan transfer gaya prategang, dinyatakan dalam satuan MPa.

c. Modulus Elastisitas (E_C)

Modulus elastisitas beton, E_c , nilainya tergantung pada mutu beton, yang dipengaruhi oleh material dan proporsi campuran beton. Namun untuk analisis

perencanaan struktur beton yang menggunakan beton normal dengan kuat tekan yang tidak melampaui 60 MPa.

d. Angka *Poisson*

Angka *poisson* untuk beton, ν , bias diambil sebesar 0,2 atau ditentukan dari hasil pengujian.

2.8.2 Tulangan Baja Non Prategang

a. Kekuatan Normal

1. Kuat Tarik Putus (f_u)

Kuat tarik putus baja non-prategang ditentukan dari hasil pengujian.

2. Kuat Tarik Leleh (f_y)

3. Kuat tarik leleh, f_y , ditentukan dari hasil pengujian, tetapi perencanaan tulangan tidak boleh didasarkan pada kuat leleh f_y yang melebihi 550 MPa, kecuali untuk tendon prategang.

b. Tegangan Ijin

Tegangan tarik baja prategang pada kondisi batas layan tidak boleh melampaui nilai berikut :

1. Tendon pasca tarik, pada daerah jangkar dan sambungan, sesaat setelah penjangkaran tendon, sebesar 0,70 fpu.

2. Untuk kondisi layan, sebesar 0,60 fpu.

3. Tegangan tarik baja prategang pada kondisi transfer tidak boleh melampaui nilai berikut :

a) Akibat gaya penjangkaran tendon, sebesar 0,94 fpy tetapi tidak lebih besar dari 0,85 fpu atau nilai maksimum yang direkomendasikan oleh fabrikator pembuat tendon prategang atau jangkar.

b) Sesaat setelah transfer gaya prategang, boleh diambil sebesar 0,82 fpy, tetapi tidak lebih besar dari 0,74 fpu.

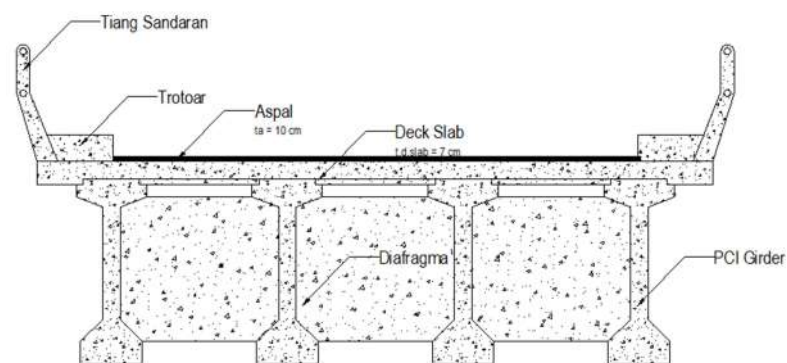
c. Modulus Elastisitas (E_p)

Modulus elastisitas (E_p), dapat diambil nilai sebagai berikut :

1. Untuk kawat tegang – lepas : 200×10^3 MPa;
2. Untuk strand tegang – lepas : 195×10^3 MPa;
3. Untuk baja ditarik dingin dengan kuat tarik tinggi : 170×10^3 MPa;

2.9 Perhitungan Bangunan Struktur Atas

Struktur atas jembatan merupakan bagian bangunan dari jembatan yang menerima beban langsung. Diantaranya meliputi berat sendiri, berat mati tambahan, beban lalu lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki, dan lainnya sesuai dengan subbab sebelumnya. Bagian-bagian dari bangunan struktur atas jembatan meliputi, parapet, pelat lantai, deck slab, gelagar induk atau girder, trotoar, dan diafragma. Pembagian struktur atas dapat dilihat pada Gambar 2.22 berikut :



Gambar 2.22 Bagian Struktur Atas Jembatan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

2.9.2 Perhitungan Slab Lantai Jembatan

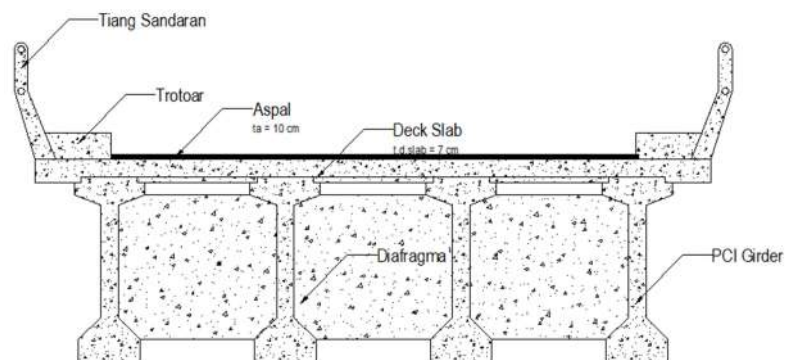
a. Preliminary Data

Slab lantai kendaraan jembatan merupakan suatu komponen struktur atas jembatan yang menerima langsung beban lalu lintas kendaraan. Lebar jalur untuk kendaraan dibuat cukup untuk perlintasan dua arah kendaraan sehingga kendaraan dapat melewati tanpa bersinggungan. Dalam perhitungan lantai kendaraan bebanbeban yang terjadi adalah beban dari berat sendiri pelat

tersebut, berat aspal, berat air hujan, beban roda, beban hidup dan beban angin.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam merencanakan slab jembatan adalah sebagai berikut :

- a) Tebal lantai jembatan (t_s), m
- b) Tebal lapisan aspal + overlay (t_a), m
- c) Tebal genangan air hujan (t_h), m
- d) Jarak antar girder baja (S), m
- e) Lebar jalur lalu lintas (b_1), m
- f) Lebar trotoar (b_2), m
- g) Lebar total jembatan (b), m
- h) Panjang bentang jembatan (L), m



Gambar 2.23 Penampang Melintang Jembatan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

b. Momen pada Slab Jembatan

Formasi pembebanan *slab* untuk mendapatkan momen maksimum pada bentang menerus dilakukan seperti pada gambar. Momen maksimum pada *slab* dihitung berdasarkan metode one way slab dengan beban sebagai berikut.

Tabel 2.21 Beban dan Satuan

Beban	Satuan
Berat Sendiri (Q_{MS})	kN/m
Berat Mati Tambahan (Q_{MA})	kN/m
Beban Tuk T (P_{TT})	kN
Beban Angin (P_{EW})	kN

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

c. Pembebanan dan Perhitungan Momen

Menghitung berat sendiri (QMS) dengan menggunakan Persamaan 2.41.

$$Q_{MS} = b \times h \times W_C \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana :

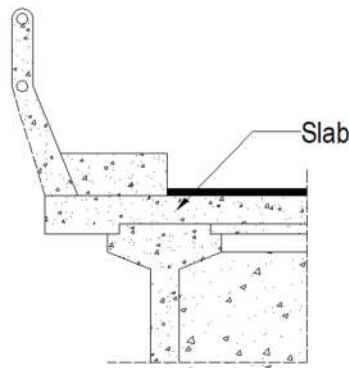
b = Lebar *slab* lantai kendaraan (m)

h = ts = Tebal *slab* lantai jembatan (m)

W_C = Berat beton bertulang (kN/m³)

Menghitung beban mati tambahan (QMA) dengan Persamaan 2.42.

$$Q_{MA} = \text{Beban lapisan aspal dan } \textit{overlay} + \text{beban air hujan} \dots\dots(2.42)$$

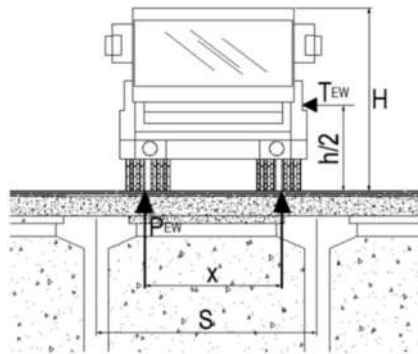


Gambar 2.24 Plat Lantai Jembatan
(Sumber : *Olahan Data Skripsi, 2021*)

Beban hidup pada lantai kendaraan jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban T) yang besarnya 112,5 kN dan Faktor Beban Dinamis (FBD) diambil sebesar 0,4 dan dihitung menggunakan Persamaan 2.43.

$$P_{TT} = (1+FBD) \times T \dots\dots\dots(2.43)$$

Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin meniup kendaraan diatas jembatan dihitung dengan Persamaan 2.44.



Gambar 2.25 Beban Angin
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m diatas lantai jembatan, jarak antara roda kendaraan (x) adalah 1,75 m sehingga didapat Persamaan 2.44.

$$PEW = \left[\frac{1}{2} x \frac{h}{x} x T_{ew} \right] \dots\dots\dots(2.44)$$

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai jembatan. Dengan $T_{max} = 40^{\circ}C$ dan $T_{min} = 15^{\circ}C$.

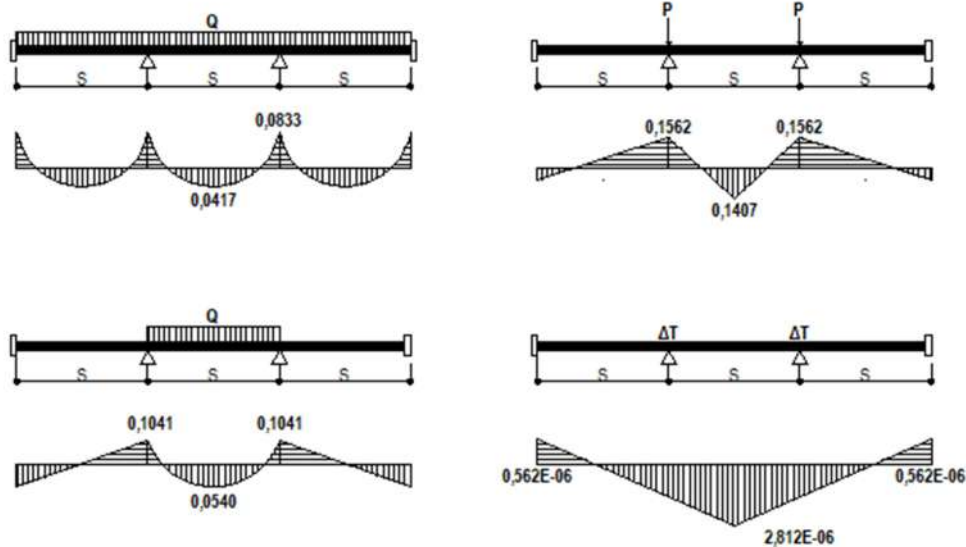
$$\Delta T = (T_{Max} - T_{Min}) / 2 \dots\dots\dots(2.45)$$

Dengan :

Koefisien muai panjang beton (α) = $1 \times 10^{-6}^{\circ}$

Modulus elastis beton (E_c) = 25332084 kPa

Menghitung momen pada *slab* lantai jembatan momen maksimum *slab* lantai jembatan dihitung dengan menggunakan metode *one way slab*. Koefisien momen lapangan dan momen tumpuan untuk bentang menerus dengan beban merata, terpusat, dan perbedaan temperatur adalah sebagai berikut :



Gambar 2.26 Koefisien Momen Tumpuan dan Momen Lapangan

Sumber : (Kurniawan, 2010)

Dalam menghitung momen lapangan dan tumpuan didalam setiap beban-beban yang terjadi menggunakan Persamaan 2.46 sampai dengan Persamaan 2.48.

Beban Merata (Q) $M = k \times Q \times s^2$ (2.46)

Beban Terpusat (P) $M = k \times P \times s$ (2.47)

Beban Temperatur $M = k \times \alpha \times \Delta T \times Ec \times s^3$ (2.48)

Dengan:

K = koefisien momen (dapat dilihat pada gambar diatas)

s = Jarak antar gelagar

Menghitung momen ultimit tumpuan dan lapangan dengan menggunakan kombinasi pembebanan.

d. Penulangan pada Slab Kendaraan

Tahapan dalam mencari tulangan lentur negatif adalah dengan mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d') dan tebal efektif slab beton (d).

$d = h - d'$

$d' = 0,1 \times h$

$\rho_b = \beta \times 0,85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y)$

Dimana,

$\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30$ Mpa

$\beta = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$ untuk $f_c' > 30$ Mpa

$$R_{max} = 0.75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - \frac{1}{2} \times 0.75 \times \rho_b \times f_y / (0.85 \times f'_c)]$$

Dimana :

Mu = Momen rencana ultimit (kNm)

f'c = Mutu beton (Mpa)

fy = Mutu baja (Mpa)

h = Tebal slab beton, (m)

d' = Jarak tulangan terhadap sisi luar beton (m)

β = Faktor bentuk distribusi tegangan beton (m)

φ = Faktor reduksi kekuatan lentur

Momen nominal rencana,

$$M_n = M_u / \phi$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n \times 10^{-6} / (b \times d^2)$$

Rn < Rmax (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 \times f'_c / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f'_c)}]$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y$$

ρ = Rasio tulangan yang digunakan,

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \times b \times d$$

Maka selanjutnya digunakan diameter dengan rumus,

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s$$

Maka didapatkan jarak tulangan ;

$$A_s = \pi / 4 \times D^2 \times b / s \text{ (mm}^2\text{)}$$

Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 20% tulangan pokok ;

$$A_s' = 20\% \times A_s$$

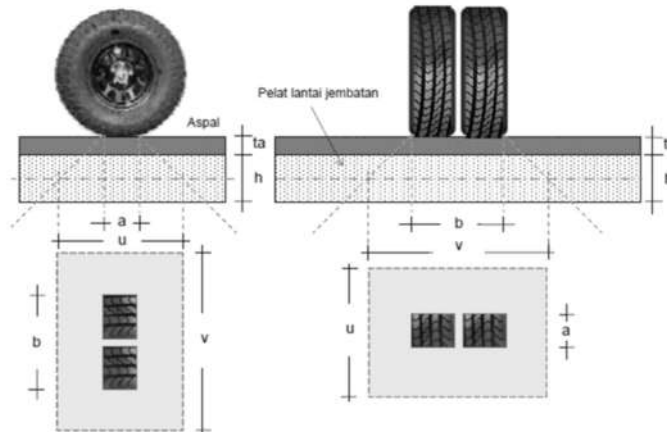
Selanjutnya mencari jarak tulangan yang digunakan dengan rumus:

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s'$$

Dan selanjutnya dihitung kedalam tahap perancangan berikutnya, diantaranya perhitungan terhadap kontrol lendutan slab kendaraan yang terjadi dan kontrol terhadap tegangan geser pons.

2.9.3 Kontrol Tegangan Geser Pons



Gambar 2.27 Penyebaran Beban Roda
Sumber : (Kurniawan, 2010)

- a) Kuat geser pons yang disyaratkan (f_v), MPa

$$f_v = 0,3 \times \sqrt{f'c} \dots \dots \dots (2.49)$$
- b) Lebar bidang kontak beban roda (u dan v), mm

$$u = a + 2 \times ta + ts \dots \dots \dots (2.50)$$

$$v = b + 2 \times ta + ts \dots \dots \dots (2.51)$$
- c) Luas bidang geser (A_v), mm

$$A_v = 2 \times (u+v) \times d \dots \dots \dots (2.52)$$
- d) Gaya geser nominal pons (P_n), N

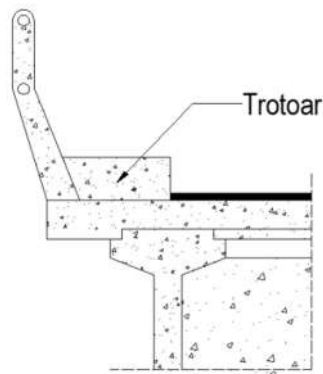
$$P_n = A_v \times f_v \dots \dots \dots (2.53)$$

$$P = \phi \times P_n \dots \dots \dots (2.54)$$
- e) Beban ultimit roda truk pada slab (P_u), N

$$P_u = K_{TT} \times P_{TT} < \phi \times P_n \dots \dots \dots (2.55)$$

2.9.4 Perhitungan Trotoar dan Tiang Sandaran

Lantai trotoar adalah lantai tepi dari plat jembatan yang berfungsi menahan beban-beban yang terjadi akibat tiang sandaran, pipa sandaran, beban sendiri trotoar dan beban pejalan kaki yang terjadi. Lebar trotoar minimal cukup untuk dua orang berpapasan dan biasanya berkisar antara 1 m – 1,5 m dan dipasang pada bagian kanan dan kiri jembatan.



Gambar 2.28 Potongan Plat Trotoar
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

1) Perhitungan Momen

Momen ultimit rencana *slab* totoar

$$M_u = (KMS \times MMS) + (KTP \times MTP) \dots \dots \dots (2.56)$$

2) Pembesian *slab* trotoar

Pembesian pada *slab* trotoar dilakukan dengan meninjau tulangan lentur negatif dan tulangan lentur positif. Adapun tahapan perencanaan pembesian *slab* trotoar adalah sebagai berikut:

- a. Redistribusi momen negatif hanya boleh dilakukan bila penampang yang momennya direduksi sedemikian sehingga $\rho - \rho'$ tidak melebihi $0,5 \rho_b$ dimana:

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots (2.57)$$

dengan

$$f_c = 0,83 \times \frac{K}{10} \dots \dots \dots (2.58)$$

$$R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f_c} \right) \dots \dots \dots (2.59)$$

Keterangan:

ρb : Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang

f_c' : Kuat tekan beton yang diisyaratkan pada umur 28 hari, (MPa)

R_{max} : Kuat tarik leleh baja tulangan non-prategang, (MPa)

β_1 : Faktor tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen beban.

b. Tebal efektif beton

$$d = h - d' \dots\dots\dots(2.60)$$

Keterangan:

d' : Tebal selimut beton, (mm)

h : Tebal *slab* beton, (mm)

d : Tinggi efektif *slab* beton, (mm)

c. Momen nominal rencana

Keterangan:

M_n : Kekuatan nominal penampang, (Nmm)

M_u : Momen terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar terbesar pada penampang, (Nmm)

Φ : Faktor reduksi kekuatan.

d. Faktor tahanan momen (R_n)

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right] \dots\dots\dots(2.61)$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{min})

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.62)$$

Nilai ρ yang diambil adalah nilai yang terbesar.

e. Rasio tulangan yang diperlukan (ρ)

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} \dots\dots\dots(2.63)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \dots\dots\dots(2.64)$$

Syarat $R_n < R_{max}$ (SNI T-12-2004)

f. Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s)

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots(2.65)$$

g. Jarak tulangan yang diperlukan (s)

$$S = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s} \dots\dots\dots(2.66)$$

h. Luas tulangan yang dipakai (A)

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s} \dots\dots\dots(2.67)$$

i. Tulangan bagi/susut arah memanjang

$$A_s = 50\% \times A_s \dots\dots\dots(2.68)$$

2.9.5 Perencanaan Tiang Railing

Tiang *railing* merupakan kelengkapan jembatan yang berfungsi untuk keselamatan. Tiang sandaran biasanya dibuat setinggi 90-100 cm dari muka trotoar. Adapun tahapan perencanaan dari tiang *railing* adalah, sebagai berikut:

a. Beban tiang *railing*

Perhitungan beban yang terdapat pada tiang *railing*, dihitung sebagai berikut :

Gaya horizontal pada tiang *railing*, $H_{TP} = H_1 \times Lts \dots\dots\dots(2.69)$

Momen pada tiang *railing*, $M_{TP} = H_{TP} \times y \dots\dots\dots(2.70)$

Momen ultimit rencana, $M_u = K_{TP} \times M_{TP} \dots\dots\dots(2.71)$

Gaya geser ultimit rencana, $V_u = K_{TP} \times H_{TP} \dots\dots\dots(2.72)$

b. Pembesian *slab* trotoar

Pembesian pada *slab* trotoar dilakukan dengan meninjau tulangan lentur negatif dan tulangan lentur positif. Adapun tahapan perencanaan pembesian *slab* trotoar adalah sebagai berikut:

1) Redistribusi momen negatif hanya boleh dilakukan bila penampang yang momennya direduksi sedemikian sehingga $\rho - \rho'$ tidak melebihi $0,5 \rho b$ dimana:

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 +} \right) \dots\dots\dots(2.73)$$

dengan :

$$f_c = 0,83 \times \frac{K}{10} \dots\dots\dots(2.74)$$

$$R_{max} = 0,75 \times \rho b \times f_y \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho b \times f_y}{0,85 \times f_c}\right) \dots\dots\dots(2.75)$$

Keterangan:

ρb : Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang

f_c' : Kuat tekan beton yang diisyaratkan pada umur 28 hari, (MPa)

R_{max} : Kuat tarik leleh baja tulangan non-prategang, (MPa)

β_1 : Faktor tinggi blok tegangan tekan persegi ekivalen beban.

2) Tebal efektif beton

$$d = h - tsc - \frac{1}{2} D \dots\dots\dots(2.76)$$

Keterangan:

tsc : Tebal selimut beton, (mm)

h : Tebal *slab* beton, (mm)

d : Tinggi efektif *slab* beton, (mm)

3) Momen nominal rencana

Keterangan:

M_n : Kekuatan nominal penampang, (Nmm)

M_u : Momen terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar terbesar pada penampang, (Nmm)

Φ : Faktor reduksi kekuatan.

4) Faktor tahanan momen (R_n)

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}}\right] \dots\dots\dots(2.77)$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{min})

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.78)$$

Nilai ρ yang diambil adalah nilai yang terbesar

5) Rasio tulangan yang diperlukan (ρ)

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} \dots\dots\dots(2.79)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \dots\dots\dots(2.80)$$

Syarat $R_n < R_{max}$ (SNI T-12-2004)

6) Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s)

$$A_s = \rho \times b \times d \dots \dots \dots (2.81)$$

7) Jarak tulangan yang diperlukan (s)

$$S = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s} \dots \dots \dots (2.82)$$

8) Luas tulangan yang dipakai (A)

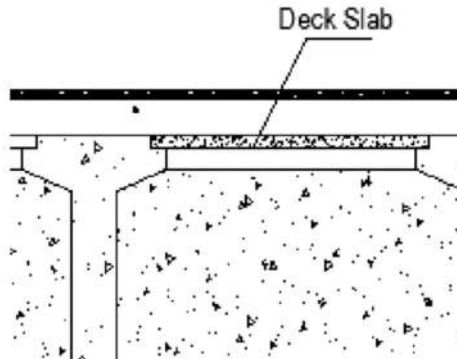
$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s} \dots \dots \dots (2.83)$$

9) Tulangan bagi/susut arah memanjang

$$A_s = 50\% \times A_s \dots \dots \dots (2.84)$$

2.9.6 Deck Slab

Deck slab jembatan merupakan suatu komponen sttruktur atas pada jembatan yang berguna sebagai lantai kerja untuk pekerjaan *slab* lantai jembatan. Adapun spesifikasi yang digunakan sesuai dengan perencanaan *deck slab* itu sendiri, dan dapat pula berupa *precast*.

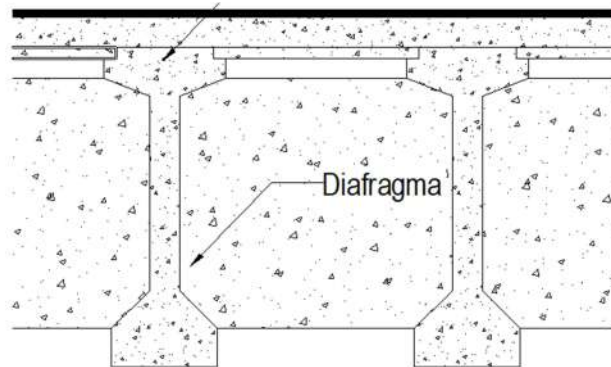


Gambar 2.29 Deck Slab Jembatan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Pada perancangannya, beban yang bekerja pada *deck slab* adalah beban mati sendiri (MS) dan beban pekerja + alat (WRK). Kemudian untuk spesifikasi beton yang digunakan adalah Mutu beton K-300, dengan penentuan penulangannya akan menggunakan teori penulangan tunggal dan teori penulangan bagi sesuai dengan standar yang berlaku.

2.9.7 Diafragma

Diafragma jembatan merupakan suatu komponen struktur atas pada jembatan yang berguna sebagai pengaku atau pengunci antar gelagar induk dengan tujuan agar tidak terjadi guling.



Gambar 2.30 Diafragma Jembatan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

a. Perhitungan Pembebanan dan Momen

Balok diafragma hanya menahan berat sendiri balok :

$$\text{Berat Sendiri Balok} = L \cdot \text{Balok} \times \text{BJ beton} \dots\dots\dots(2.85)$$

$$Q_u = 1,3 \times \text{berat sendiri balok} \dots\dots\dots(2.86)$$

Momen Ultimit (M_u) :

$$M_{\max} = 1/8 \times Q_u \times L^2 \dots\dots\dots(2.87)$$

b. Perhitungan Penulangan

Tahapan dalam mencari tulangan adalah dengan mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d') dan tebal efektif (d).

$$d = h - d'$$

$$d' = 0,1 \times h$$

$$\rho_b = \beta \times 0.85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y)$$

dimana,

$$\beta = 0,85 \quad \text{untuk } f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$$

$$\beta = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \quad \text{untuk } f_c' > 30 \text{ Mpa}$$

$$R_{\max} = 0.75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - \frac{1}{2} \times 0.75 \times \rho_b \times f_y / (0.85 \times f_c')]]$$

Dimana :

M_u = Momen rencana ultimit (kNm)

f_c' = Mutu beton (Mpa)

f_y = Mutu baja (Mpa)

h = Tebal slab beton, (m)

d' = Jarak tulangan terhadap sisi luar beton (m)

β = Faktor bentuk distribusi tegangan beton

ϕ = Faktor reduksi kekuatan lentur

Momen nominal rencana,

$$M_n = M_u / \phi$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n \times 10^{-6} / (b \times d^2)$$

$R_n < R_{max}$ (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f_c')}]$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y$$

ρ = Rasio tulangan yang digunakan,

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \times b \times d$$

Maka selanjutnya digunakan diameter dengan rumus,

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s$$

Maka didapatkan jarak tulangan ;

$$A_s = \pi / 4 \times D^2 \times b / s \text{ (mm}^2\text{)}$$

Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 20% tulangan pokok ;

$$A_s' = 20\% \times A_s$$

Selanjutnya mencari jarak tulangan yang digunakan dengan rumus:

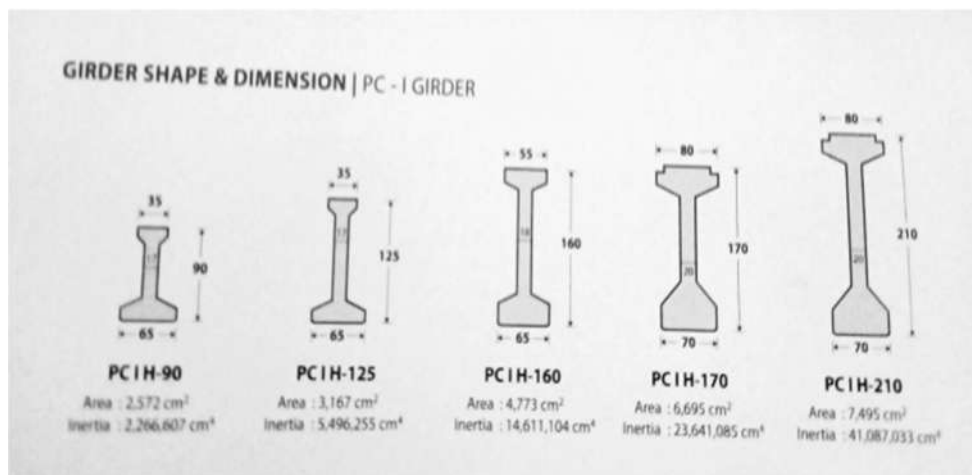
Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s'$$

2.9.8 Perencanaan Balok Girder Menggunakan PCI Girder

a. Preliminary Data

PCI Girder jembatan merupakan komponen utama dari struktur atas dalam menerima beban yang bekerja. Pemberian gaya prategang dapat dilakukan sesudah pengecoran (post-tension). Penampang dari PCI Girder merupakan beton dengan konsentrasi prategang diletakkan dekat dengan serat terluar dimana lebih efektif memberikan gaya tekan, baik pada saat peralihan maupun pada saat beban bekerja dan beban batas. Sesuai balok Standar PT. Wijaya (Wika) Beton. Pada Gambar 2.31, brosur produksi lebih detail Lampiran Brosur Produksi PCI Girder Wika Beton.



Gambar 2.31 Dimensi PCI Girder PT. Wijaya Karya (Wika) Beton
(Sumber : PT. Wika Beton, 2018)

Tabel 2.22 Dimensi PCI Girder PT. Wijaya Karya (Wika) Beton

Span (m)	PCI H-90cm			PCI H-125cm			PCI H-160cm			PCI H-170cm			PCI H-210cm							
	Beam Spacing /fc'	Beam Support Reaction (kN)			Beam Spacing /fc'	Beam Support Reaction (kN)			Beam Spacing /fc'	Beam Support Reaction (kN)			Beam Spacing /fc'	Beam Support Reaction (kN)						
	(cm/MPa)	V _D _L	V _L _L	V _U _{LT}	(cm/MPa)	V _D _L	V _L _L	V _U _{LT}	(cm/MPa)	V _D _L	V _L _L	V _U _{LT}	(cm/MPa)	V _D _L	V _L _L	V _U _{LT}	(cm/MPa)	V _D _L	V _L _L	V _U _{LT}
10	185 / 40	11 7	17 9	476																
11	185 / 40	12 8	18 7	505																
12	185 / 40	13 8	19 6	533																
13	185 / 40	15 1	20 4	565																
14	185 / 40	16 1	21 2	594																
15	185 / 40	17 1	22 1	622																
16	140 / 40	15 0	17 3	508	185 / 40	20 0	22 9	673												
17					185 / 40	21 1	23 7	702												
18					185 / 40	22 2	24 5	731												
19					185 / 40	23 3	25 4	761												
20					185 / 40	24 4	26 2	790												
21					185 /	25	27	820												

					40	5	0														
22					140 / 50	22 / 5	21 / 1	672	185 / 40	31 / 8	27 / 9	913									
23					140 / 60	23 / 4	21 / 7	695	185 / 40	33 / 1	28 / 7	945									
24									185 / 40	34 / 4	29 / 5	976									
25									185 / 40	35 / 7	30 / 4	1008									
26									185 / 40	37 / 0	31 / 2	1040									
27									185 / 40	38 / 3	32 / 0	1072									
28									185 / 40	39 / 6	32 / 9	1104									
29									185 / 40	41 / 9	33 / 7	1148									
30									140 / 50	36 / 9	26 / 1	944	185 / 40	43 / 2	34 / 5	1180					
31									140 / 50	38 / 1	26 / 4	964	185 / 40	44 / 5	44 / 5	1204					
32													185 / 40	51 / 7	35 / 4	1297					
33													185 / 40	53 / 2	35 / 8	1324					
34													185 / 40	54 / 6	36 / 2	1350					
35													185 / 50	56 / 1	36 / 6	1377	185 / 40	607	366	1432	
36													185 / 60	57 / 6	37 / 0	1403	185 / 40	623	370	1460	
37													185 / 60	59 / 1	37 / 4	1429	185 / 40	639	374	1487	

38													185 / 60	60 6	37 8	145 6	185 / 40	655	378	1515
39													140 / 60	58 9	28 9	126 5	185 / 40	671	382	1542
40													140 / 60	60 3	29 2	128 9	185 / 50	686	386	1570
41													140 / 60	62 0	29 7	131 8	185 / 50	705	392	1604
42																	185 / 50	721	396	1632
43																	185 / 50	750	400	1675
44																	185 / 60	766	404	1703
45																	185 / 60	782	408	1730
46																	140 / 60	700	312	1446
47																	140 / 60	714	315	1469
48																	140 / 60	728	318	1493
49																	140 / 60	742	322	1516
50																	140 / 70	756	325	1540

(Sumber : PT. Wika Beton, 2018)

Data Jembatan

Tebal lantai jembatan	h_o	= 0,20 m
Tebal lapisan aspal + <i>overlay</i>	h_a	= 0,10 m
Tebal genangan air hujan	h_h	= 0,05 m
Jarak antar balok prategang	s	= 2,00 m
Lebar jalur lalu lintas	b_1	= 6,00 m
Lebar trotoar	b_2	= 0,75 m
Lebar total jembatan	b	= 7,50 m

1) Spesifikasi Bahan

Specific gravity (wc)

Beton prategang	= 25,5 kN/m ³
Beton bertulang	= 25,0 kN/m ³
Aspal	= 22,0 kN/m ³
Air hujan	= 9,81 kN/m ³

Beton

Mutu beton bertulang, K-300

Kuat tekan beton bertulang,	f_c'	= 0,83 x K/10
		= 24,90 MPa

Modulus elastis beton,	E_c	= 23452,953 MPa
------------------------	-------	-----------------

Mutu beton prategang, K-602,41

Kuat tekan beton prategang,	f_c'	= 50 MPa
-----------------------------	--------	----------

Modulus elastis beton,	E_c	= 4700 x $\sqrt{f_c'}$
		= 33234,03 MPa

2) Baja Prategang

Strand type uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270

Tegangan leleh <i>strand</i>	f_{py}	= 1580 MPa
Kuat tarik <i>strand</i>	f_{pu}	= 1860 MPa
Diameter nominal <i>strand</i>	D_g	= 12,70 mm
Luas tampang nominal satu <i>strand</i>	A_{gt}	= 98,00 mm

Beban putus minimal satu <i>strand</i>	P_{ba}	= 187 kN
Jumlah kawat untai		= 19 /Tendon
Diameter selubung <i>ideal</i>		= 84
Luas tampang <i>strand</i>		= 1875,30 mm ²
Beban putus satu tendon	P_{b1}	= 3559,10 kN
Modulus elastis <i>strand</i>	E_g	= 193000 MPa

Dan untuk baja tulangan non-prategang digunakan mutu sebagai berikut :

Mutu baja tulangan $D > 10$ mm, U-39

Tegangan leleh, $f_y = 390$ MPa

Mutu baja tulangan $D \leq 10$ mm, U-24

Tegangan leleh, $f_y = 240$ Mpa

c. Struktur Beton Prategang

Menurut Nawy (2001), untuk menentukan lebar sayap atas efektif penampang komposit, maka lebar B_{eff} dimodifikasi untuk memperhitungkan perbedaan di dalam modulus kedua jenis beton agar regangan di keduanya di bidang antarmuka serasi.

1. $\frac{1}{4} \times L$
2. S
3. $b_w + 12 h_0$

Perhitungan *Section Properties* balok, bertujuan untuk mendapatkan momen inersia balok prategang dan balok komposit sebagai berikut:

$$\text{Letak titik berat : } Y_b = \frac{\sum A x Y}{\sum A} \dots\dots\dots(2.88)$$

Sehingga,

$$Y_a = h - Y_b \dots\dots\dots(2.89)$$

Momen inersia terhadap titik berat balok :

$$I_x = \sum(A x (Y - Y_b)^2) + \sum I_0 \dots\dots\dots(2.90)$$

Tahanan momen sisi atas :

$$W_a = \frac{I_x}{Y_a} \dots\dots\dots(2.91)$$

Tahanan momen sisi bawah :

$$W_b = \frac{Ix}{Y_b} \dots \dots \dots (2.92)$$

d. pembebanan Balok

Pembebanan balok prategang mengikuti perhitungan pada Subbab 2.6 Pembebanan Jembatan Berdasarkan SNI 1725-2016.

e. Perhitungan Gaya Prategang, Eksentrisitas dan Tendon

1. Kondisi Awal (Saat *Transfer*)

Tegangan pada saat pelimpahan gaya prategang (penarikan tendon pada sistem pasca tarik atau pemotongan tendon pada sistem pratarik). Gaya dan beban yang bekerja adalah gaya prategang P_i dengan eksentrisitas e_s , dan beban mati (DL) berupa berat sendiri balok yang aktif masih bekerja akibat ke atas akibat gaya prategang yang eksentris. Untuk mencari besaran gaya prategang awal P_i , dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$\text{Tegangan di serat atas} = -\frac{P_t}{A} + \frac{P_t \times e_s}{W_a} - \frac{M_{balok}}{W_a} \dots \dots \dots (2.93)$$

$$\text{Tegangan di serat bawah} = -\frac{P_t}{A} + \frac{P_t \times e_s}{W_a} - \frac{M_{balok}}{W_a} = 0,6 f_{ci} \dots \dots \dots (2.94)$$

2. Kondisi Akhir (Saat *Service*)

Pemeriksaan tegangan saat keadaan akhir (layan) / pada saat seluruh beban transversal sudah bekerja. Persentase tegangan leleh yang timbul pada baja (% *Jacking Force*) :

$$P_o = \left(\frac{P_t}{0,85 \times n_s \times P_{bs}} \right) \dots \dots \dots (2.95)$$

Dan gaya yang ditimbulkan akibat terjadi Jacking dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$P_j = P_o \times n_s \times P_{bs} \dots \dots \dots (2.96)$$

Dimana :

P_o = Persentase tegangan leleh yang timbul pada baja

P_t = Gaya prategang (kN)

n_s = Jumlah *strand*

P_{bs} = Beban putus satu *strand* (kN)

P_j = Gaya prategang yang terjadi akibat *jacking* (kN)

Sehingga Gaya prategang akhir setelah kehilangan tegangan (*loss of prestress*) adalah sebesar :

$$P_{eff} = \text{kehilangan tegangan} \times P_j \dots\dots\dots(2.97)$$

3. Pembesian Balok Induk Prategang

Pembesian pada balok induk prategang menggunakan prinsip perhitungan tulangan. Luasan tulangan yang dicari adalah luasan tulangan bagian atas, luas tulangan bagian tengah/badan, dan luasan tulangan bagian bawah.

4. Penentuan Posisi Tendon

Tendon di Tumpuan

$$Z_o = Yb - es \dots\dots\dots(2.98)$$

Dimana :

Z_o = Jarak tepi bawah beton ke titik tengah barisan tendon (m)

Momen statis tendon terhadap alas :

$$ns \times Z_o = ns_1 \times a + ns_2 \times (a + yd) \dots\dots\dots(2.99)$$

$$P_o = ns \times \frac{(Z_o - a)}{ns_2} \dots\dots\dots(2.100)$$

Jarak bersih vertikal antara selubung tendon = $y_d - dt$

Dimana :

dt = Diameter selubung tendon

Tendon di Tumpuan

Momen statis tendon terhadap pusat tendon terbawah :

$$\sum n_i x y d' y d' = ns \times Y_e \dots\dots\dots(2.101)$$

$$Y_e = Yb - a' \dots\dots\dots(2.102)$$

$$\frac{Y_e}{y d'} = \frac{(\sum n_i x \frac{Y_e}{y d'})}{ns} \dots\dots\dots(2.103)$$

$$Y d' = y_e (y_e y d') \dots\dots\dots(2.104)$$

Dimana :

- Ye = Letak titik berat tendon terhadap pusat tendon terbawah (m)
- Yd' = Jarak dari as ke as tendon ns = Jumlah *strand*
- a' = Jarak dari alas balok ke as baris tendon terbawah (m)

5. Penentuan Posisi Tendon

$$f_i = Z_i' - Z_i \dots\dots\dots(2.105)$$

Dimana :

- f_i = Selisih posisi tendon di tumpuan dan di tengah bentang (m)
- Z_i' = Posisi tendon di tumpuan (m)
- Z_i = Posisi tendon di tengah bentang (m)

6. Lintasan Inti Tendon

Dalam menentukan lintasan inti tendon pada balok induk prategang dapat digunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$Y = 4 x f x (X L2)x (L -X) \dots\dots\dots(2.106)$$

Dimana :

- Y = Persamaan lintasan tendon (m)
- f = es = Eksentrisitas (m)
- X = Jarak yang di tinjau (m)
- L = Bentang Jembatan (m)

7. Penentuan Sudut Angkur

Dalam menentukan sudut angkur tendon pada balok induk prategang dapat digunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$\alpha = ATAN \left(\frac{dy}{dx} \right) \dots\dots\dots(2.107)$$

$$\left(\frac{dy}{dx} \right) = 4 x f i x \left(\frac{L-2X}{L^2} \right) \dots\dots\dots(2.108)$$

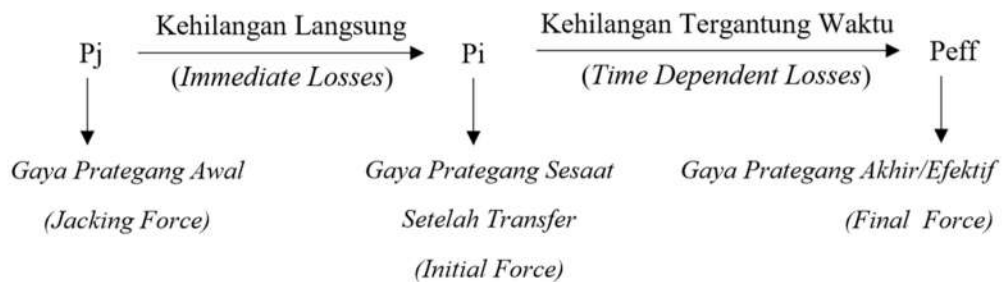
8. Penentuan Letak dan *Trace* Kabel

Dalam menentukan letak dan *trace* kabel tendon pada balok induk prategang dapat digunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$Z_i = Z_i' - 4 \times f_i \times \left(\frac{x}{L^2}\right) \times (L - x) \dots \dots \dots (2.109)$$

9. Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang pada struktur beton prategang dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.32



Gambar 2.32 Ilustrasi Kehilangan Prategang
(Sumber : Nosya, 2018)

a. Kehilangan Langsung (*Immediate Losses*)

Ini adalah kehilangan gaya prategang langsung atau segera setelah beton diberi gaya prategang. Kehilangan gaya prategang secara langsung ini disebabkan oleh :

1) Kehilangan Prategang Akibat Gesekan Angkur

Kehilangan gaya akibat angkur diperhitungkan sebesar 3% dari gaya prategang akibat jacking (P_j), sehingga :

$$P_o = 97\% \times P_j \dots \dots \dots (2.110)$$

2) Kehilangan Prategang Akibat Gesekan Kabel (*Jack Friction*)

$$P_x = P_o \times e^{-\mu \times (\alpha + \beta \times Lx)} \dots \dots \dots (2.111)$$

Dimana :

P_x = Kehilangan tegangan akibat gesekan kabel (*Jack Friction*) (kN)

P_o = Kehilangan tegangan akibat gesekan angkur (kN)

e = 2,7183 (Bilangan natural)

μ = Koefisien gesek

α = Sudut lintasan tendon dari ujung ke tengah

β = Koefisien *Wobble*

L_x = Jarak dari ujung sampai ke tengah bentang balok (m)

Tabel 2.23 Koefisien Gesek Kelengkungan dan *wobble*

Jenis Baja Prategang	Koefisien <i>Wobble</i> (K)	Koefisien Friksi (μ)
Tendon di selubung metal fleksibel		
Tendon Kawat	0,001 - 0,0015	0,15 - 0,25
Batang mutu tinggi	0,0001 - 0,0006	0,08 - 0,30
<i>Strand</i> 7 kawat	0,0005 - 0,002	0,15 - 0,25
Tendon yang dilapisi mastici		
Tendon kawat dan <i>strand</i> 7	0,001 - 0,002	0,05 - 0,15
Tendon yang dilumasi dahulu		
Tendon kawat dan <i>strand</i> 7	0,0003 - 0,002	0,05 - 0,15

(Sumber : Soedarmo dan Purnomo, 1993)

3) Kehilangan Tegangan Akibat Pemendekan Elastis

$$\Delta P_e = \Delta \sigma P_e \times A_t \dots\dots\dots(2.112)$$

Dimana :

ΔP_e = Kehilangan tegangan akibat pemendekan elastis (kN)

$\Delta \sigma P_e$ = Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastis tanpa pengaruh berat sendiri (kPa)

A_t = Luas tampang tendon baja (m²)

4) Kehilangan Tegangan Akibat Pengangkuran

$$\Delta P = 2 \times L_{max} \times \tan \omega \dots\dots\dots(2.113)$$

Dimana :

ΔP = Kehilangan tegangan akibat pengangkuran (kN)

L_{max} = Jarak pengaruh kritis slip angkur dari ujung (m)

$\tan \omega$ = Kemiringan diagram gaya (kN/m)

b. Kehilangan Tergantung Waktu (*Time Dependent Losses*)

Ini adalah kehilangan gaya prategang akibat dari pengaruh waktu, yang mana hal ini disebabkan oleh :

1) Kehilangan Tegangan Akibat Susut dan Rangkak

Pengaruh Susut

$$\sigma_{SH} = (\epsilon_{SH})t \times E_s \dots\dots\dots(2.114)$$

Dimana :

σ_{SH} = Kehilangan tegangan akibat susut (kN)

$(\epsilon_{SH})t$ = Nilai rata-rata regangan susut ultimit pada beton

E_s = Modulus elastis baja prategang (kPa)

Pengaruh Rangkak

$$\sigma_{cr} = n \times K_{cr} \times (f_{cs} - f_{csd}) \dots\dots\dots(2.115)$$

Dimana :

σ_{cr} = Kehilangan tegangan akibat rangkak (kN)

n = Modulus ratio antara baja prategang dengan balok prategang

K_{cr} = Untuk komponen pratarik (2,0)

f_{cs} = Tegangan di beton pada level pusat berat baja segera setelah *transfer*

f_{csd} = Tegangan di beton pada level pusat berat baja akibat semua beban mati tambahan setelah prategang diberikan (kPa)

2) Tegangan Yang Terjadi Pada Penampang Balok

Didalam perhitungan tegangan yang terjadi pada penampang balok ada 4 kondisi yang dipakai dalam menentukan tegangan pada penampang balok, dan nilainya tidak boleh melebihi ketentuan tegangan beton yang telah diisyaratkan

1. Keadaan Awal (*Transfer*)
2. Keadaan setelah *Loss of Prestress*
3. Keadaan setelah plat lantai selesai dicor (beton segar)
4. Keadaan plat dan balok menjadi komposit

3) Tegangan Yang Terjadi Akibat Balok Komposit

Adapun berikut ini adalah beberapa tegangan yang terjadi pada saat balok telah menjadi balok komposit :

1. Tegangan akibat berat sendiri (MS)
2. Tegangan akibat beban mati tambahan (MA)
3. Tegangan akibat susut dan rangkai beton (SR)
4. Tegangan akibat prategang (Pr)
5. Tegangan akibat beban lajur D (TD)
6. Tegangan akibat gaya rem (TB)
7. Tegangan akibat beban angin (Ew)
8. Tegangan akibat beban gempa (EQ)
9. Tegangan akibat pengaruh temperatur (ET)

10. Pembesian *End Block*

Adapun pembesian *end block* dilakukan mulai dari perhitungan sengkang untuk *bursting force*, dan menentukan jumlah sengkang. Kemudian menentukan geser pada atas garis netral dan geser pada bawah garis netral, dan ditentukan jarak sengkang yang digunakan.

11. Perhitungan Sengkang untuk *Bursting Force*

Rasio perbandingan lebar plat angkur untuk sengkang arah vertikal :

$$ra = \frac{a1}{a} \dots\dots\dots(2.116)$$

Rasio perbandingan lebar plat angkur untuk sengkang arah horizontal :

$$rb = \frac{b1}{b} \dots\dots\dots(2.117)$$

$$Bursting\ force\ arah\ vertikal\ (Pbta) = 0,30 \times (1-ra) \times Pj \dots\dots(2.118)$$

$$Bursting\ force\ arah\ horizontal\ (Pbtb) = 0,30 \times (1-rb) \times Pj \dots\dots(2.119)$$

Luas tulangan sengkang arah vertikal yang diperlukan :

$$Ara = \frac{Pbta}{0,85 \times fs} \dots\dots\dots(2.120)$$

Luas tulangan sengkang arah horizontal yang diperlukan :

$$Arb = \frac{Pbtb}{0,85 \times fs} \dots\dots\dots(2.121)$$

12. Jumlah Sengkang yang Digunakan untuk *Bursting Force*

Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan (n)

$$n = \frac{Ara}{As} \dots\dots\dots(2.122)$$

Jumlah sengkang arah horizontal yang diperlukan (n)

$$n = \frac{Arb}{As} \dots\dots\dots(2.123)$$

13. Tulangan Geser

$$\text{Sudut kemiringan tendon, } (\alpha) = ATAN \left(4 \times f \times \frac{(L-2 \times X)}{L^2} \right) \dots\dots(2.124)$$

$$\text{Komponen gaya arah X, } Px = Peff \times \cos\alpha \dots\dots\dots(2.125)$$

$$\text{Komponen gaya arah Y, } Py = Peff \times \sin\alpha \dots\dots\dots(2.126)$$

$$\text{Resultan Gaya geser, } Vr = V - Py \dots\dots\dots(2.127)$$

$$\text{Tegangan geser yang terjadi, } fv = \frac{(Vr \times Sx)}{(b \times lx)} \dots\dots\dots(2.128)$$

14. Penghubung Geser (*Share Connector*)

Tegangan geser horizontal akibat gaya lintang/geser pada penampang yang ditinjau dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$fv = \frac{(Vi \times Sx)}{(bv \times lxc)} \dots\dots\dots(2.129)$$

$$Sx = beff \times ho \times (Yac - ho/2) \dots\dots\dots(2.130)$$

Dimana :

Vi = Gaya lintang pada penampang yang ditinjau (kN)

bv = Lebar bidang gesek (m)

Sx = Momen statis luasan plat terhadap titik berat penampang komposit (m³)

B_{eff} = Lebar efektif plat (m)

ho = Tebal plat (m)

Ixc = Inersia penampang balok komposit (m⁴)

Luas total *shear connector* :

$$Ast = ns \times As \dots\dots\dots(2.131)$$

Jarak antar *shear connector*, dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$as = fs \times Ast \times \frac{kf}{(fv \times bv)} \dots\dots\dots(2.132)$$

Dimana :

kf = Koefisien gesek pada bidang kontak (1-1,4)

fs = Tegangan ijin baja *shear connector* = 0,578 x fy

fci = Tegangan ijin beton balok komposit

15. Lendutan Balok

Lendutan Balok Prestressed (Sebelum Komposit)

a. Lendutan pada keadaan awal (*Transfer*)

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x (-Q_{pt1} + Q_{balok}) x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_x)}\right) < \frac{L}{240} (OK) \dots \dots \dots (2.133)$$

b. Lendutan setelah *loss of prestress*

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x (-Q_{peff} + Q_{balok}) x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_x)}\right) < \frac{L}{240} (OK) \dots \dots \dots (2.134)$$

c. Lendutan setelah plat selesai dicor

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x (-Q_{peff} + Q_{balok} + plat) x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_x)}\right) < \frac{L}{240} (OK) \dots \dots \dots (2.135)$$

d. Lendutan setelah balok dan plat menjadi komposit

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x (-Q_{peff} + Q_{balok} + plat) x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_{xc})}\right) < \frac{L}{240} (OK) \dots \dots \dots (2.136)$$

Lendutan Balok Prestressed Komposit

a. Lendutan akibat berat sendiri (MS)

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x Q_{MS} x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_{xc})}\right) \dots \dots \dots (2.137)$$

b. Lendutan akibat beban mati tambahan (MA)

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x Q_{MA} x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_{xc})}\right) \dots \dots \dots (2.138)$$

c. Lendutan akibat berat sendiri (Pr)

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x Q_{Peff} x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_{xc})}\right) \dots \dots \dots (2.139)$$

d. Lendutan akibat susut dan rangkai (SR dan CR)

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x Q_{ps} x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_{xc})}\right) \dots \dots \dots (2.140)$$

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) x Q_{pr} x \left(\frac{L^4}{(E_{balok} x I_{xc})}\right) \dots \dots \dots (2.141)$$

e. Lendutan akibat beban lajur “D” (TD)

$$\delta = \left(\frac{1}{48}\right) \times P_{TD} \times \frac{L^3}{(E_{balok} \times I_{xc})} + \left(\frac{5}{384}\right) \times Q_{TD} \times \left(\frac{L^4}{(E_{balok} \times I_{xc})}\right) \dots\dots(2.142)$$

f. Lendutan akibat beban rem (TB)

$$\delta = 0,0642 \times M_{TB} \times \left(\frac{L^2}{(E_{balok} \times I_{xc})}\right) \dots\dots\dots(2.143)$$

g. Lendutan akibat Pengaruh Temperatur (ET)

$$\delta = 0,0642 \times \Sigma P_t \times e_p \times \left(\frac{L^2}{(E_{balok} \times I_{xc})}\right) \dots\dots\dots(2.144)$$

h. Lendutan akibat beban angin (EW)

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) \times Q_{EW} \times \left(\frac{L^4}{(E_{balok} \times I_{xc})}\right) \dots\dots\dots(2.145)$$

i. Lendutan akibat beban gempa (EQ)

$$\delta = \left(\frac{5}{384}\right) \times Q_{EW} \times \left(\frac{L^4}{(E_{balok} \times I_{xc})}\right) \dots\dots\dots(2.146)$$

Tinjauan Ultimit Balok Prestress

Tinggi efektif balok,

$$d = h + h_o - Z_o \dots\dots\dots(2.147)$$

Gaya tekan beton

$$C_c = [B_{eff} \times h_o + b_1 \times (a - h_o)] \times 0,85 \times f_c', C_c = T_s \dots\dots\dots(2.148)$$

$$a = \frac{\left[\frac{T_s}{(0,85 \times f_c')} - B_{eff} \times h_o\right]}{b_1 + h_o} \dots\dots\dots(2.149)$$

$$\text{Gaya internal tekan beton } C_c = \Sigma[A_1 \times 0,85 \times f_c'] \dots\dots\dots(2.150)$$

$$\text{Momen nominal } M_n = \Sigma[A_1 \times 0,85 \times f_c' \times y] \dots\dots\dots(2.151)$$

$$A_1 = c \times B_{eff} \dots\dots\dots(2.152)$$

$$C_c = T_s = A_1 \times 0,85 \times f_c' \dots\dots\dots(2.153)$$

$$\text{Jarak momen (y), } y = d - \frac{a}{2} \dots\dots\dots(2.154)$$

$$\text{Momen nominal (Mn), } M_n = C_c \times y \dots\dots\dots(2.155)$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan lentur } (\phi), \phi = 0,80 \dots\dots\dots(2.156)$$

$$\text{Kapasitas momen ultimate balok } prestress, = \phi \times M_n \dots\dots\dots(2.157)$$

2.10 Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Klasifikasi jalan dibagi dalam beberapa kelompok yaitu :

1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

a. Jalan Arteri

Adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

b. Jalan Kolektor

Adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

Adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

d. Jalan Lingkungan

Adalah jalan yang melayani lingkungan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.24.

Tabel 2.24 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	MST (Ton)
Kelas I	Arteri	10
	Kolektor	
Kelas II	Arteri	8
	Kolektor	
	Lokal	
	Lingkungan	
Kelas III	Arteri	8
	Kolektor	
	Lokal	
	Lingkungan	
Kelas Khusus	Arteri	>10

Sumber : (PermenPU No. 19, 2011)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Peta Lokasi

Adapun lokasi penelitian dilakukan di Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupert, Kabupaten Bengkalis.



Gambar 3.1 Lokasi Jembatan di Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim
(Sumber : Google Maps)



Gambar 3.2 Lokasi Jembatan di Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim
(Sumber : Google Maps)

3.2 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam mendukung penelitian ini yaitu sebagai berikut:

a. Meteran

Meteran merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran dilapangan baik pengukuran jalan maupun pengukuran lainnya.

b. Alat tulis

Alat tulis digunakan untuk mencatat semua data yang diperoleh dilapangan berdasarkan kondisi existing.

c. *Waterpass*

Pada perencanaan ini *waterpass* digunakan untuk mengukur elevasi sungai yang nanti didapatkan potongan melintang dari sungai pada studi kasus perencanaan.

d. Rambu ukur

Digunakan sebagai alat bantu untuk pengukuran penampang sungai, salah satu alat pendukung untuk *waterpass*.

e. *Tripod*

Digunakan sebagai dudukan *waterpass* pada pengukuran elevasi sungai.

f. Laptop

Dalam pengerjaan Skripsi ini laptop adalah sebagai alat bantu utama yang digunakan untuk perhitungan dalam perencanaan dan juga sebagai alat bantu untuk penggambaran hasil desain. Perangkat lunak yang digunakan adalah seperti Microsoft Word 2010, Microsoft Excel 2010, AutoCAD 2007.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Kertas HVS A4

Digunakan untuk menyelesaikan Skripsi.

3.3 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Lokasi penelitian yang direncanakan berada di Sungai Sukarjo Mesim Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupert, Kabupaten Bengkalis. Perencanaan jembatan ini dilakukan mulai dari bulan Februari 2021 s/d selesai.

3.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian dalam penyusunan proposal skripsi ini sebagai berikut:

3.4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan guna menghimpun informasi yang sejalan dengan topik atau masalah yang sedang diteliti. Pengumpulan data ini merupakan salah satu langkah yang penting dalam metode ilmiah, karena untuk mencari sumber data sekunder yang akan mendukung penelitian dan untuk mengetahui sampai kemana ilmu yang berhubungan dengan penelitian telah berkembang.

1. Data Primer

Data primer menurut Sugiyono (2015) adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. *Data primer* diperoleh dari kegiatan wawancara dengan subjek penelitian dan dengan observasi atau pengamatan langsung di lapangan. Adapaun data-data primer yang harus dikumpulkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Survei profil sungai
- Survei profil muka air

Metode pengumpulan data yang dibutuhkan adalah data *primer* dari data profil melintang sungai, tinggi muka air banjir. Tata cara survei profil melintang sebagai berikut:

- 1) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan
- 2) Tegakkan *tripod* pada lokasi yang ditentukan, lalu pasang *waterpass* dan atur kedatarannya.
- 3) Pegang rambu ukur pada pinggir sungai, lalu baca benang atas, benang tengah dan benang bawah serta sudutnya dicatat.
- 4) Setelah selesai, pindahkan rambu ukur pada sisi selanjutnya. Jarak antar rambu diukur setiap 1 meter.
- 5) Lakukan pengukuran yang sama sampai sisi sebelah sungai.
- 6) Setelah selesai pengukuran, untuk dapat membersihkan dan merapikan kembali alat-alat kedalam tempatnya. Lalu dikembalikan ke Lab. Ilmu Ukur Tanah.
- 7) Data yang diperoleh siap diolah untuk memperoleh profil melintang sungai.

2. Data Sekunder

Data *sekunder* menurut Hasan (2002 : 58) data *sekunder* adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada. Data ini digunakan untuk mendukung informasi *primer* yang telah diperoleh yaitu dari bahan pustaka, literatur, penelitian terdahulu, buku dan sebagainya. Adapun data-data sekunder yang harus dikumpulkan adalah sebagai berikut :

- Kelas jalan
- Tipe struktur atas jembatan

3.4.2 Metode Perancangan

Adapun metode desain yang direncanakan adalah merencanakan struktur atas menggunakan struktur beton prategang.

1. Analisa pembebanan pada struktur atas jembatan di Sungai Mesim menggunakan PCI Girder berdasarkan SNI 1725-2016
2. Analisa struktur meliputi perencanaan struktur atas berdasarkan SNI T-12-2004.

3. Perencanaan perlengkapan seperti trotoar dan tiang sandaran.

3.4.3 Tata Cara Perencanaan

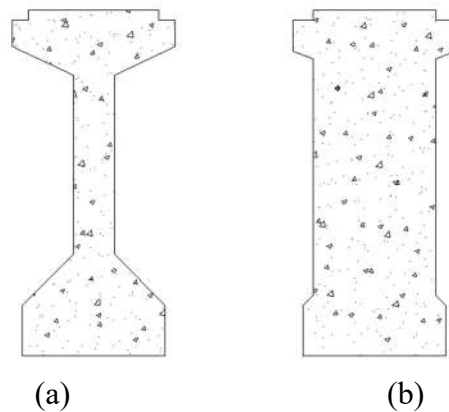
Adapun tata cara perencanaan yang akan dilaksanakan penulis adalah sebagai berikut:

1. Menghitung pembebanan pada jembatan meliputi beban tetap, beban lalu lintas (beban lajur D, beban truk T, gaya rem), beban akibat pengaruh lingkungan (beban angin, beban temperatur), beban akibat susut dan rangkai dan beban akibat gesekan perletakan serta kombinasi pembebanan pada jembatan.
2. Menghitung pembebanan untuk pejalan kaki.
3. Menghitung beban fatik.
4. Menghitung beban trotoar dan sandaran.
5. Menghitung beban akibat aksi lingkungan diantaranya gaya akibat deformasi.
6. Menghitung beban aksi lainnya diantaranya Gesekan pada perletakan dan pengaruh getaran.
7. Menghitung faktor beban dan kombinasi pembebanan meliputi beban permanen, beban transien.
8. Menghitung slab lantai jembatan meliputi perhitungan momen pada slab lantai jembatan, pembesian slab, kontrol lendutan, kontrol tegangan geser pons.
9. Menghitung kehilangan tegangan Meliputi perhitungan kehilangan akibat gesekan ankur, perhitungan kehilangan tegangan akibat gesekan cable (*jack friction*), perhitungan kehilangan akibat pemendekan elastis, perhitungan kehilangan tegangan akibat pengangkuran, perhitungan tegangan akibat susut dan rangkai, perhitungan tegangan yang terjadi pada penampang balok, perhitungan tegangan yang terjadi pada balok komposit penghubung Geser (*Shear Connector*).
10. Merencanakan *Elastomer Bearing* jembatan.

11. Perhitungan *Bar Bending Schedule* (BBS) Tujuannya untuk menghitung jumlah kebutuhan besi yang digunakan.
12. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

3.4.4 Merencanakan PCI Girder

Struktur girder yang direncanakan untuk jembatan sungai Mesim menggunakan balok I (PCI Girder) merupakan balok yang dibuat secara fabrikasi ditempat lain oleh PT. Wika Beton. Balok PCI Girder ini direncanakan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3 Karena dimensinya yang tinggi, pekerjaan tertentu harus dibantu dengan alat *scaffolding*.



Gambar 3.3 (a) Potongan Badan PCI Girder, (b) Potongan Kepala
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

3.4.5 Mendesain Gambar

Gambar desain ini dibuat setelah di dapatnya perhitungan dimensi dan ukuran elemen struktur yang diperlukan seperti jumlah tulangan, jarak antar girder, dimensi penampang, dan lain-lain.

3.4.6 Bar Bending Schedule (BBS)

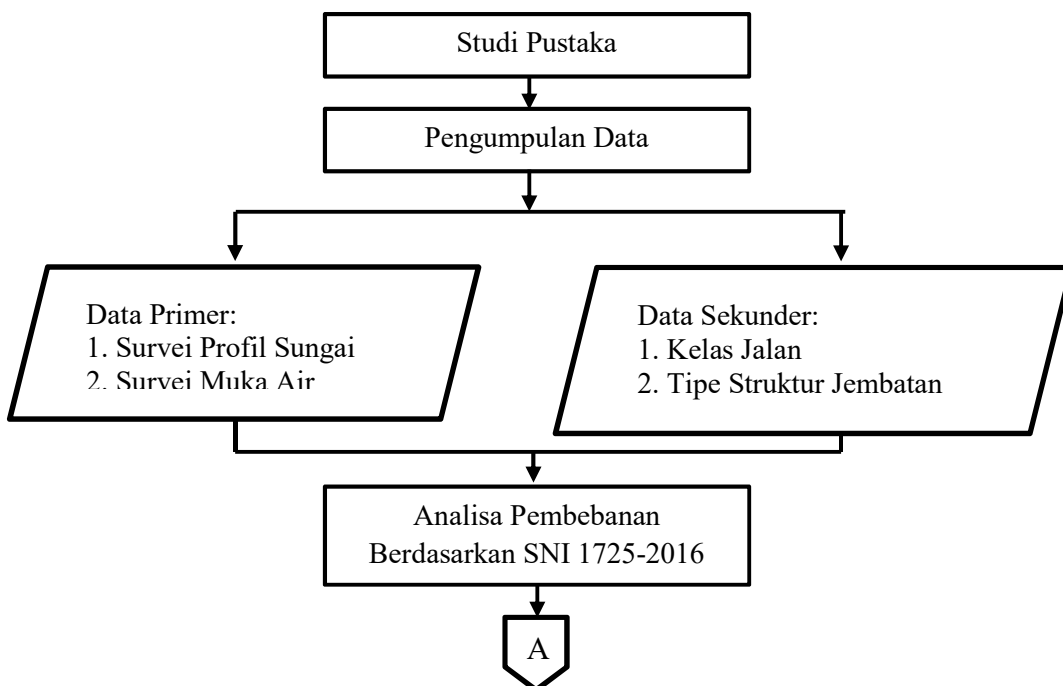
Bar bending schedule (BBS) merupakan daftar pola pembengkokan tulangan yang meliputi data diameter, bentuk, panjang dan jumlah tulangan (ACI 116R-00). Untuk membuat *bar bending schedule* diperlukan data-data gambar, data mengenai jumlah dan ukuran baja tulangan yang digunakan, data mengenai jumlah dimensi bagian yang dikerjakan serta tabel-tabel yang dibutuhkan.

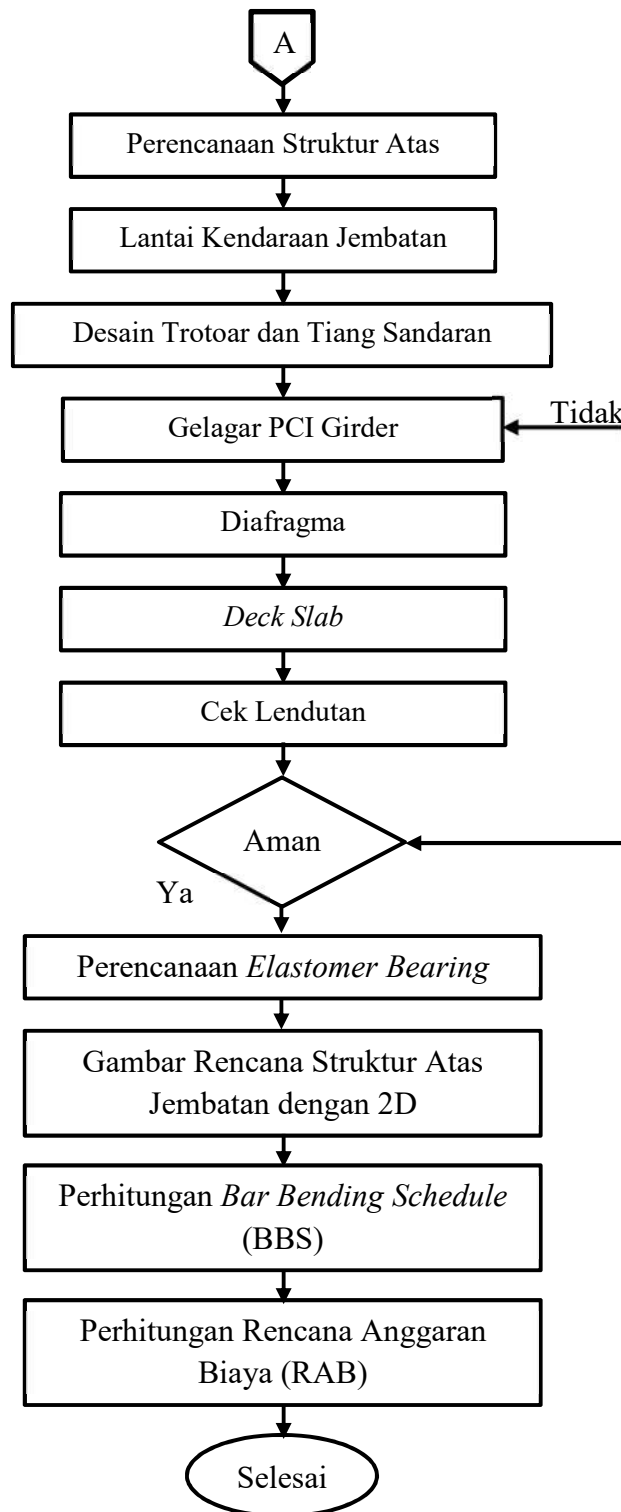
3.4.7 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam perhitungan rencana anggaran biaya, mobilisasi pengangkutan bahan dari *quarry* ke lokasi proyek menggunakan *dump truck*. Dan mobilisasi pengangkutan alat dari Dumai ke pulau Rupal menggunakan ponton. Pengangkutan bahan seperti PCI Girder dilakukan secara bertahap dengan pembagian beberapa segmen. Segmen-segmen tersebut dibagi sesuai dengan berat yang di izinkan MST (Massa Sumbu Terberat) untuk kelas jalan III yaitu 8 Ton. Berat MST tersebut dihitung berdasarkan berat PCI Girder persegmen dan berat sumbu kendaraan yang membawa material PCI Girder tersebut. Penentuan jarak lokasi *quarry* ke tempat lokasi proyek berkisar 1-3 km karena medan yang dilalui ke lokasi proyek cukup sulit untuk dilalui. Semakin jauh pengangkutan alat dan bahan maka semakin mahal anggaran biayanya.

3.5 Diagram Alir

Diagram alir perencanaan jembatan di Sungai Mesim Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupal diuraikan pada gambar berikut ini :





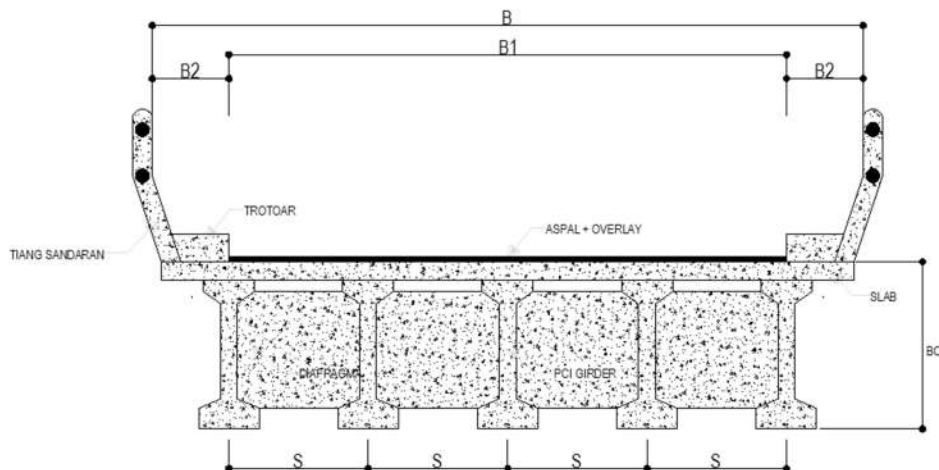
Gambar 3.4 Diagram Alir
 (Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Teknis Umum Jembatan

Dalam perencanaan jembatan terlebih dahulu ditetapkan data-data yang akan digunakan dalam perhitungan awal. Data awal yang digunakan dalam perencanaan jembatan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Data Awal Perencanaan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

- | | | |
|-----|-------------------------|------------------|
| 1. | Jumlah bentang | = 2,00 bentang |
| 2. | Panjang bentang 1 | = 26,00 meter |
| 3. | Panjang bentang 2 | = 26,00 meter |
| 4. | Total panjang jembatan | = 52,00 meter |
| 5. | Lebar trotoar jembatan | = 2 x 0,75 meter |
| 6. | Lebar jalur lalu lintas | = 6,00 meter |
| 7. | Total lebar jembatan | = 7,50 meter |
| 8. | Kelas jalan | = III (Tiga) |
| 9. | Lajur kendaraan | = 3,00 meter |
| 10. | Tinggi balok prategang | = 2,10 meter |
| 11. | Tinggi diafragma | = 1,65 meter |

12.	Tinggi <i>slab</i>	= 0,20 meter
13.	Tebal lapisan aspal + <i>overlay</i>	= 0,10 meter
14.	Tebal genangan air hujan	= 0,05 meter
15.	Tebal trotoar diatas <i>slab</i>	= 0,30 meter
16.	Tinggi <i>railing</i>	= 1,32 meter
17.	Mutu beton trotoar	= K-300
18.	Mutu beton balok prategang	= K-602,41
19.	Mutu beton diafragma	= K-300
20.	Berat jenis aspal	= 22,00 kN/m ²
21.	Berat jenis air	= 9,80 kN/m ²

Mutu beton bertulang yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur atas jembatan sebagai berikut :

- Mutu beton bertulang, K-300
- Kuat tekan beton bertulang, $f_c' = 0,83 \times K/10$
= 24,90 Mpa
- Modulus elastis beton, $E_c = 23452,953$ Mpa
- Angka poisson beton, $\nu = 0,15$
- Koefisien muai panjang beton, $\alpha = 1 \times 10^{-5}$

Sedangkan untuk mutu beton prategang yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur atas jembatan sebagai berikut :

- Mutu beton prategang, K-602,41
- Kuat tekan beton prategang, $f_c' = 50$ MPa
- Modulus elastis beton, $E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'}$
= 33234,03 MPa
- Angka poisson beton, $\nu = 0,15$ MPa
- Modulus geser, $G = 14449,58$ MPa
- Koefisien muai panjang beton, $\alpha = 10 \times 10^{-6}$

Didalam perencanaan digunakan spesifikasi baja *strand* yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur atas jembatan sebagai berikut

- a. *Strand type uncoated 7 wire super strands* ASTM A-416 grade 270
- b. Tegangan leleh *strand* f_{py} = 1580 MPa
- c. Kuat tarik *strand* f_{pu} = 1860 MPa
- d. Diameter nominal *strand* D_g = 12,70 mm
- e. Luas tampang nominal satu *strand* A_{gt} = 98,70 mm²
- f. Beban putus minimal satu *strand* P_{ba} = 187,32 kN
- g. Jumlah kawat untaiian = 19 / Tendon
- h. Diameter selubung *ideal* = 84
- i. Luas tampang *strand* = 1875,30 mm²
- j. Beban putus satu tendon P_{b1} = 3559,10 kN
- k. Modulus elastis *strand* E_g = 193000 MPa

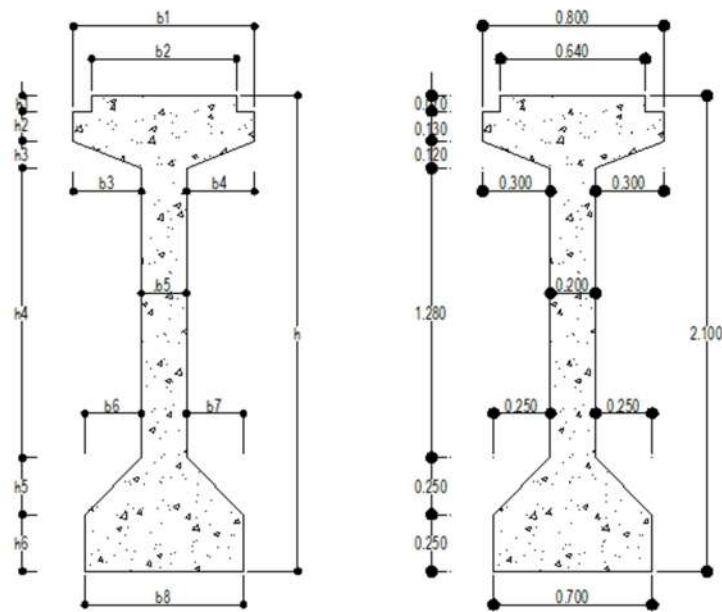
Dan untuk baja tulangan non-prategang digunakan mutu sebagai berikut :

- a. Mutu baja tulangan $D > 10$ mm, U-39
Tegangan leleh, f_y = 390 MPa
- b. Mutu baja tulangan $D \leq 10$ mm, U-24
Tegangan leleh, f_y = 240 MPa

Pada perancangan ulang struktur atas jembatan Sungai Mesim, Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupa. Penampang balok prategang yang digunakan diambil dari produksi PT. Wijaya Karya (Wika) Beton yang tertera pada subbab 2.9.6 tentang Perencanaan Balok Girder Menggunakan PCI-Girder dan juga terdapat pada Brosur *The Precast Concrete Manufacture* halaman 18 yang diterbitkan oleh PT. Wijaya Karya (Wika) Beton.

Metode pemilihan dimensi girder yang digunakan mengacu pada panjang bentang yang digunakan yaitu 26 meter yang kemudian disesuaikan dengan tabel yang dimensi yang ada pada brosur *The Precast Concrete Manufacture* halaman 18 yang diterbitkan oleh PT. Wijaya Karya (Wika) Beton. Pada perencanaan girder untuk bentang 1 dan bentang 2 dengan menggunakan PCI H-210, Sehingga

perencanaan struktur jembatan pada Sungai Mesim, Desa Sukarjo Mesim, Kecamatan Rupert, digunakan dimensi girder yang masing-masing dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Dimensi PCI-Girder Bentang ke-1 dan ke-2
(Sumber : PT. Wika Beton, 2018)

4.2 Perhitungan Struktur Atas

Struktur atas jembatan merupakan bagian bangunan dari jembatan yang menerima beban langsung. Diantaranya meliputi beban sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki, dan lainnya sesuai dengan beban yang terjadi. Berikut adalah perhitungan dari struktur atas :

4.2.1 Perencanaan Slab Jembatan

a. Beban Mati

1) Beban Sendiri (M_s)

Ditinjau *slab* jembatan selebar,

$$b = 1,00 \text{ meter}$$

Tebal *slab* jembatan selebar,

$$h = t_s = 0,20 \text{ meter}$$

Berat volume beton bertulang,

$$W_c = 25,00 \text{ meter}$$

Berat sendiri *slab* jembatan,

$$Q_{MS} = W_c \times b \times t_s$$

$$= 25 \times 1 \times 0,20$$

$$= 5,00 \text{ kN/m}$$

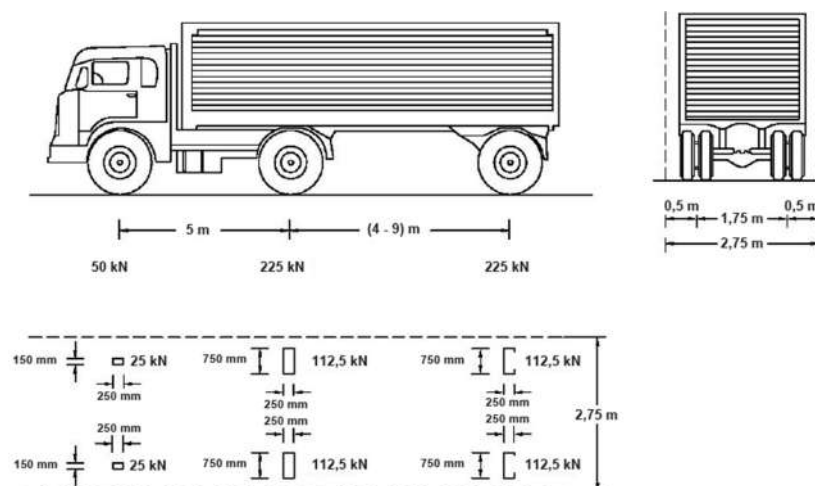
2) Beban Mati Tambahan (M_A)

Beban mati tambahan ditinjau selebar,	b	$= 1,00$ meter
Tebal aspal + <i>Overlay</i> ,	t_a	$= 0,10$ meter
Tebal air hujan,	h_w	$= 0,05$ meter
Berat volume aspal + <i>Overlay</i> ,	W_a	$= 22,00 \text{ kN/m}^2$
Berat volume air hujan	W_w	$= 9,80 \text{ kN/m}^2$
Sehingga perhitungan berat beban mati tambahan per 1 meter adalah :		
Berat aspal + <i>Overlay</i> ,	Q_{aspal}	$= W_a \times b \times t_a$
		$= 2,2 \text{ kN/m}$
Berat air hujan	Q_{hujan}	$= W_w \times b \times h_w$
		$= 0,49 \text{ kN/m}$
Beban mati tambahan,	Q_{MA}	$= Q_{aspal} + Q_{hujan}$
		$= 2,690 \text{ kN/m}$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh beban mati tambahan *slab* lantai jembatan yang ditinjau selebar 1 meter sebesar 2,690 kN/m.

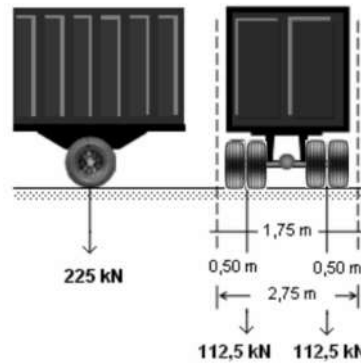
b. Beban Hidup (Beban Lalu Lintas)

1) Beban Truk (T_T)



Gambar 4.3 Faktor Pembebanan Truk "T" (500 kN)
(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk yang besarnya seperti Gambar 4.4



Gambar 4.4 Gambar Tekanan Gandar Roda
(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Untuk jenis Truk yang dipakai untuk menghitung beban pada *slab* jembatan yaitu menggunakan jenis Truk *Trailer*. Pada lokasi perencanaan struktur atas Sungai Mesim, yang diizinkan melintasi jalan tersebut sebesar 8 Ton dikarenakan jalan tersebut adalah jalan kelas III. Jadi total beban yang berada di daerah tersebut yaitu beban Truk *Trailer* dengan berat kosong 10 Ton ditambah berat *excavator* yang biasanya berada diatas Truk *Trailer* sebesar 21 Ton, jadi total beban yang dilewati adalah sebesar 31 Ton.

Pembagian beban Roda,

$$\text{Roda depan } 18\% = \frac{18\% \times 310 \text{ kN}}{2}$$

$$= 27,90 \text{ kN}$$

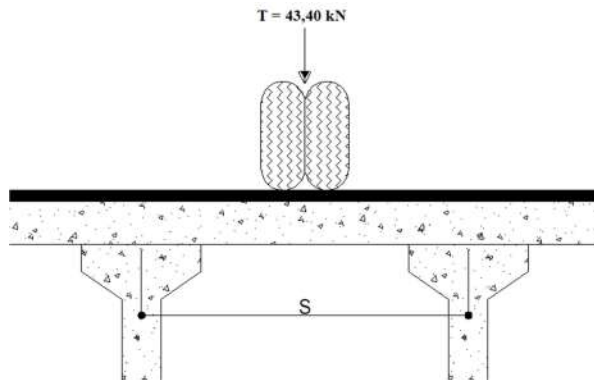
$$\text{Roda tengah } 28\% = \frac{28\% \times 310 \text{ kN}}{2}$$

$$= 43,40 \text{ kN}$$

$$\text{Roda belakang } 54\% = \frac{54\% \times 310 \text{ kN}}{4}$$

$$= 41,85 \text{ kN}$$

Diambil nilai yang terbesar di bagian roda tengah sebesar 43,40 kN



Gambar 4.5 Beban Truk (T_T) pada *Slab* Jembatan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Beban roda ganda	T	$= 43,40 \text{ kN}$
Faktor beban dinamis	FBD	$= 0,3$
Beban Truk “T”	$PTT = (1+FBD) \times T$	$= 56,42 \text{ kN}$

Dari hasil perhitungan diperoleh beban Truk *slab* lantai jembatan sebesar 60,76 kN.

2) Beban Angin (E_W)

Beban garis merata horizontal (T_{EW}) akibat beban angin, dapat dihitung dengan nilai $C_W = 1,45$ dan nilai $V_W = 35 \text{ m/s}$.

Diketahui :

$$b = 7,5 \text{ m}, d = 2,7 \text{ m}$$

$$\frac{b}{d} = \frac{7,5}{2,7} = 2,78 \text{ m}$$

Didapatkan nilai b/d sebesar 2,89 m, terletak diantara nilai $b/d = 2$ dan 6.

Maka diinterpolasikan untuk mendapatkan nilai C_W .

Tabel 4.1 Koefisien Seret C_W

Tipe Jembatan	C_W
Bangunan atas masif:	
$b/d = 1,0$	2,1
$b/d = 2,0$	1,5
$b/d = 6,0$	1,25

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

$$\begin{aligned} \frac{2-2,89}{2-6} &= \frac{1,5-x}{1,5-1,2} \\ \frac{-0,89}{-4} &= \frac{1,5-x}{0,25} \\ -0,2225 &= -6 + 4x \\ -0,2225 + 6 &= 4x \\ x &= \frac{5,81}{4} \\ x &= 1,45 \\ T_{EW} &= 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \\ &= 0,0012 \times 1,45 \times (35)^2 \\ &= 2,123 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bidang samping dari kendaraan	h	= 2,00 meter
Jarak antar roda kendaraan	x	= 1,75 meter
Transfer beban angin ke lantai kendaraan,	P_{EW}	$= \left[\frac{1}{2} x \frac{h}{x} x T_{EW} \right]$ = 1,219 kN/m

Dari hasil perhitungan diperoleh beban akibat angin pada *slab* lantai jembatan sebesar 1,219 kN/m.

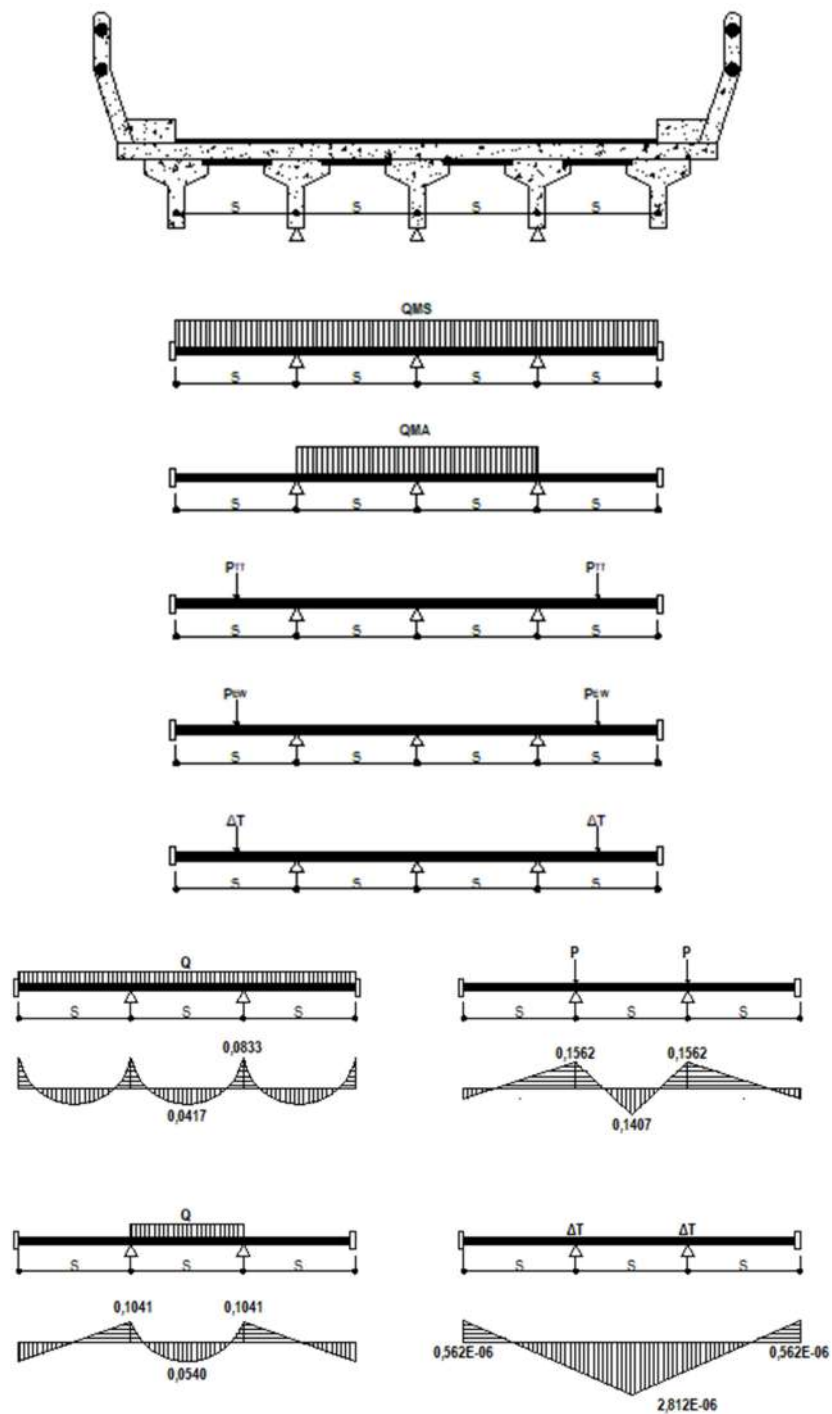
3) Pengaruh Temperatur (ET)

Faktor beban ultimit	$K_{E\gamma}$	= 1,2
Temperatur maksimum	T_{max}	= 40 °C
Temperatur minimum	T_{min}	= 15 °C
Sehingga,	ΔT	$= \frac{T_{max}-T_{min}}{2} = 12,5 \text{ °C}$
Koefisien muai panjang untuk beton, α		= $1 \times 10^{-5} / \text{°C}$
Modulus elastis beton,	E_c	= $4700 \times \sqrt{f_c'} \times 1000 \text{ MPa}$ = 23452952,91 kPa

Dari hasil perhitungan pembebanan pada *slab* jembatan nilai berat sendiri (Q_{MS}), berat mati tambahan (Q_{MA}), beban Truk (T_T), beban angin (E_W),

pengaruh temperatur (E_T) tersebut digunakan untuk menghitung momen pada tumpuan dan lapangan serta perhitungan kombinasi beban pada *slab*.

4) Momen Pada *Slab* Jembatan



Gambar 4.6 Koefisien Momen Lapangan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

1. Momen akibat beban sendiri (MS) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan, } M_{MS} &= 0,833 \times Q_{MS} \times S^2 \\ &= 1,666 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan, } M_{MS} &= 0,0417 \times Q_{MS} \times S^2 \\ &= 0,834 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2. Momen akibat beban mati tambahan (MA) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan, } M_{MA} &= 1,041 \times Q_{MA} \times S^2 \\ &= 1,120 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan, } M_{MA} &= 0,054 \times Q_{MA} \times S^2 \\ &= 0,581 \text{ kNm} \end{aligned}$$

3. Momen akibat beban Truk (TT) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan, } M_{TT} &= 0,1562 \times P_{TT} \times S^2 \\ &= 17,626 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan, } M_{TT} &= 0,1407 \times P_{TT} \times S^2 \\ &= 15,877 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4. Momen akibat beban angin (EW) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan, } M_{EW} &= 0,1562 \times P_{EW} \times S^2 \\ &= 0,381 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan, } M_{EW} &= 0,1407 \times P_{EW} \times S^2 \\ &= 0,343 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5. Momen akibat temperatur ($E\gamma$) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan,} \\ M_{E\gamma} &= 5,62 \times 10^{-7} \times \alpha \times \Delta T \times E_c \times S^3 \\ &= 0,012 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan,} \\ M_{E\gamma} &= 2,81 \times 10^{-4} \times \alpha \times \Delta T \times E_c \times S^3 \\ &= 0,060 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sehingga rangkuman momen yang terjadi pada *slab* jembatan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Momen pada *Slab* Jembatan

No	Jenis Beban	Faktor Beban	Momen Tumpuan (kNm)	Momen Lapangan (kNm)
1	Berat sendiri	K_{MS}	1,6660	0,8340
2	Beban mati tambahan	K_{MA}	1,1201	0,5810
3	Beban Truk "T"	K_{TT}	17,626	15,877
4	Beban angin	K_{EW}	0,381	0,343
5	Pengaruh Temperatur	K_{EY}	0,0132	0,0659

(Sumber : *Olahan Data Skripsi, 2021*)

5) Kombinasi Beban pada *Slab*

Perhitungan momen ultimit dilakukan pada daerah tumpuan dan daerah lapangan, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.3 Faktor Beban

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
1	Berat sendiri	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
2	Beban mati tambahan	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
3	Beban Truk "T"	1,8	1,4			
4	Beban angin			1,4		0,4
5	Pengaruh temperatur	0	0	0		0

Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0
2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,3	0,5	1,0	1,3	0,8	
		0,3			0,7
		0,5		0,5	

(Sumber : *SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan*)

1. Mu pada Tumpuan

Perhitungan momen ultimit pada daerah lapangan adalah dari nilai momen Tabel 4.2 dikalikan dengan nilai faktor beban Tabel 4.3, kemudian hasil kombinasi momen ultimit pada lapangan dibagikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Kombinasi Momen Ultimit pada Daerah Tumpuan

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
1	Berat sendiri	2,166	2,166	2,166	2,166	2,166
2	Beban mati tambahan	2,240	2,240	2,240	2,240	2,240
3	Beban Truk "T"	31,726	26,676			
4	Beban angin			0,533		0,154
5	Pengaruh temperatur	0,000	0,000	0,000		0,000
Mu (kNm)		36,132	29,082	4,939	4,406	4,558

Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
2,166	2,166	1,67	1,67	1,67	1,67
2,240	2,240	1,12	1,12	1,12	1,12
5,288	8,813	17,63	22,91	14,10	
		0,11			0,27
		0,0		0,0	
9,694	13,219	20,533	25,7	16,90	3,05

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

2. Mu pada Lapangan

Perhitungan momen ultimit pada daerah lapangan adalah dari nilai momen Tabel 4.2 dikalikan dengan nilai faktor beban Tabel 4.3, kemudian hasil kombinasi momen ultimit pada lapangan disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Kombinasi Momen Ultimit pada Daerah Lapangan

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
1	Berat sendiri	1,084	1,084	1,084	1,084	1,084
2	Beban mati tambahan	1,162	1,162	1,162	1,162	1,162
3	Beban Truk "T"	28,578	22,227			
4	Beban angin			0,480		0,137
5	Pengaruh temperatur	0,000	0,000	0,000		0,000
Mu (kNm)		30,824	24,474	2,727	2,246	2,384

Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
1,084	1,084	0,83	0,83	0,83	0,83
1,162	1,162	0,58	0,58	0,58	0,58
4,763	7,938	15,88	20,64	12,70	
		0,10			0,24
		0,03		0,03	
7,009	10,185	13,58	23,64	15,12	1,66

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Dari hasil kombinasi pembebanan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 diambil momen ultimit maksimum pada tumpuan dan pada lapangan. Dimana untuk nilai Mu maksimum pada tumpuan terdapat pada kombinasi "Kuat I" yaitu sebesar 36,132 kNm dan untuk Mu maksimum pada lapangan juga terdapat pada kombinasi "Kuat I" yaitu sebesar 30,824 kNm.

6) Pembesian *Slab* Jembatan

Sesuai dengan Persamaan pembesian *slab* jembatan yang terdapat pada BAB II tentang perhitungan struktur beton pada SNI T-12-2004, maka dihitung penulangan sebagai berikut :

Tulangan Lentur Negatif (Tumpuan)

Momen rencana tumpuan (Kuat I),	M_u	= 36,132 kNm
Mutu beton K-300, kuat tekan beton,	f_c'	= 24,9 MPa
Mutu baja U 39, tegangan leleh baja,	f_y	= 390 MPa
Tebal <i>slab</i> lantai kendaraan,	h_s	= 200 mm
Tebal selimut beton,	t_{sc}	= 35 mm
Diameter tulangan utama yang digunakan,	D	= 16 mm
Faktor reduksi kekuatan lentur,	ϕ	= 0,80
Modulus elastisitas baja	E_s	= 200000 MPa

1. Redistribusi momen negatif hanya oleh dilakukan penampang yang momennya reduksi sedemikian sehingga $\rho - \rho'$ tidak melebihi 0,5 ρ dimana :

$$\beta_1 = 0,80$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} + \frac{600}{(600)}$$
$$= 0,028$$

$$R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left(1 - \frac{0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f_c}\right)$$
$$= 6,598$$

2. Tebal efektif *slab* beton

$$d' = h_s - t_{sc}$$
$$= 165 \text{ mm}$$

3. Momen nominal rencana

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$
$$= 44,165 \text{ kNm}$$

4. Faktor tahanan momen

Ditinjau *slab* jembatan selebar $b = 1000 \text{ mm}$

$$R_n = \frac{Mn}{(bxd^2)}$$

$$= 1,659 < R_{\max} \quad \text{OK!!!}$$

Dikatakan aman apabila dalam perhitungan yang dicari pada faktor tahanan momen nominal (R_n) harus lebih kecil dari faktor tahanan momen maksimal (R_{\max}), sehingga hasil untuk *slab* jembatan didapatkan R_n lebih kecil dari R_{\max} .

5. Rasio tulangan yang diperlukan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right]$$

$$= 0,00443$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{\min})

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

$$= 0,00359$$

Nilai ρ yang diambil adalah nilai $\rho_{\min} < \rho$

$$\rho_{\min} = 0,00443$$

6. Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s)

$$A_s = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 731,768 \text{ mm}^2$$

7. Jarak tulangan yang dibutuhkan (S)

Diameter tulangan yang digunakan, D-16 mm.

$$S = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$= 274,762 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D16 – 250, dikarenakan menggunakan jarak 250 mm maka,

Luas tulangan pakai (A_s)

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{S}$$

$$= 804,248 \text{ mm}^2$$

$$= A_s > A_{s \text{ perlu}} \quad \text{OK!!!}$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai luas tulangan terpasang (A_s) sebesar 804,248 mm^2 . Nilai tersebut lebih besar dari nilai luas tulangan yang

diperlukan (A_s perlu) yaitu sebesar $731,768 \text{ mm}^2$, sehingga dengan jarak tulangan 250 mm aman digunakan.

8. Tulangan bagi atau tulangan susut memanjang (A_s) diambil 50% dari tulangan utama.

$$\begin{aligned} A_s &= 50\% \times A_s \\ &= 402,124 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan $D-13 \text{ mm}$.

Jarak tulangan diperlukan,

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s} \\ &= 330,078 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $D 13 - 300$, dikarenakan menggunakan jarak 300 mm maka,

Luas tulangan pakai (A_s)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{S} \\ &= 442,441 \text{ mm}^2 \\ &= A_s < A_{s \text{ min}} \quad \text{OK!!!} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai luas tulangan terpasang (A_s) sebesar $442,441 \text{ mm}^2$. Nilai tersebut lebih besar dari nilai luas tulangan yang diperlukan ($A_{s \text{ min}}$) yaitu $330,078 \text{ mm}^2$, sehingga dengan jarak tulangan 300 mm aman digunakan.

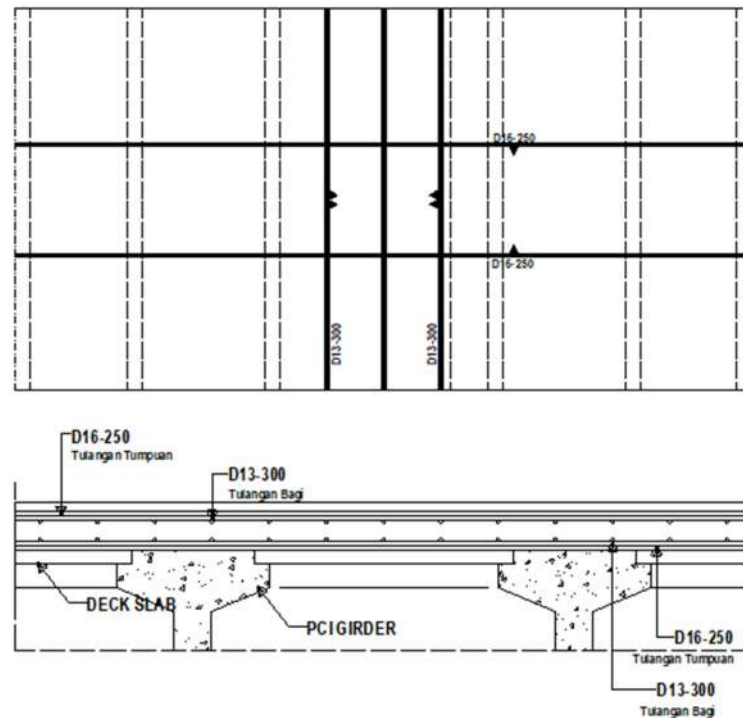
Tabel 4.6 Rekapitulasi Tulangan Lentur

No	Tulangan lentur	Diameter Tulangan (mm)	Jarak (S) (mm)
1	Negatif utama (Tumpuan)	D 16	250
	Negatif bagi/susut (Tumpuan)	D 13	300
2	Positif utama (Lapangan)	D 16	250
	Positif bagi/susut (Lapangan)	D 13	300

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Dengan demikian dapat disampaikan bahwa untuk *slab* jembatan dengan nilai momen tumpuan yaitu pada Kuat I sebesar $36,132 \text{ kNm}$ dengan tebal 200 mm dan mutu beton $K - 300$, diperoleh tulangan lentur positif dan

negatif yang sama yaitu tulangan utama D16 – 250 mm dan tulangan bagi/susut D13 – 250 mm seperti terlihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Sketsa Penulangan Slab Jembatan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

7) Kontrol Lendutan Slab

Lendutan pada *slab* jembatan terjadi dengan menjumlahkan lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup dan lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut.

Mutu beton K-300, kuat tekan beton,	f'_c	= 24,90	MPa
Mutu baja U 39, tegangan leleh baja,	f_y	= 390	MPa
Modulus elastisitas beton,	E_c	= 23452,95	MPa
Modulus elastisitas baja,	E_s	= 200000	MPa
Tebal <i>slab</i> jembatan,	h_s	= 200	mm
Tebal selimut beton,	t_{sc}	= 35	mm
Tebal efektif <i>slab</i> ,	$d = h_s - t_{sc}$	= 165	mm

1. Modulus elastisitas beton (E_c)

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 23452,95 \text{ MPa}$$

2. Lendutan total yang terjadi (δ_{total})

$$\begin{aligned} \delta_{\text{total}} &\leq \frac{Lx}{240} \\ &= 8,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Inersia bruto penampang plat (I_g)

Tinjauan *slab* sebesar $b = 1000 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^2 \\ &= 6666666,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4. Modulus keruntuhan lentur beton

$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 3,493 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Nilai perbandingan modulus elastisitas (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{E_s}{E_c} \\ &= 8,528 \end{aligned}$$

6. Jarak garis netral ke sisi atas beton c

Luas tulangan *slab* $A_s = 670,206 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} c &= n \times \frac{A_s}{b} \\ &= 5,715 \text{ mm} \end{aligned}$$

7. Inersia penampang jarak yang ditransformasikan ke beton dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{cr} &= \frac{1}{3} \times b \times c^2 \times n \times A_s \times (d - c)^2 \\ &= 145069252,7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

8. Jarak dari sumbu pusat penampang utuh ke serta tarik terluar (y_t)

$$\begin{aligned} y_t &= \frac{h}{2} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

9. Momen retak (M_{cr})

$$\begin{aligned} M_{cr} &= f_c \times \frac{I_g}{y_t} \\ &= 23286619,91 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

10. Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban) :

Beban terpusat

$$P = P_{TT} = 56,42 \text{ Kn}$$

Beban berat merata

$$\begin{aligned} Q &= Q_{MS} + Q_{MA} \\ &= 7,69 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_A &= \frac{1}{8} \times Q \times L_x^2 + \frac{1}{4} \times P \times L_x \\ &= 32,055 \text{ kNm} \\ &= 32055000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

11. Inersia efektif untuk perhitungan lendutan :

$$\begin{aligned} I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_n}\right)^2 \times I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_n}\right)^2\right] \times I_{cr} \\ &= 345040451,14 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

12. Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup :

$$\begin{aligned} \delta_e &= \frac{\frac{5}{384} \times Q \times L^4}{(E_c \times I_e)} + \frac{\frac{1}{48} \times P \times L^4}{(E_c \times I_e)} \\ &= 1,36 \text{ mm} \end{aligned}$$

13. Rasio tulangan *slab* lantai jembatan (ρ)

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_n}{(b \times d)} \\ &= 0,00406 \end{aligned}$$

14. Faktor ketergantungan waktu beban mati (jangka waktu > 5 tahun), nilai :

$$\begin{aligned} \zeta &= 2,0 \\ I &= \frac{\zeta}{(1+50 \times \rho)} = 1,662 \end{aligned}$$

15. Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut beton δ_g

$$\begin{aligned} \delta_g &= I \times \frac{\frac{5}{384} \times Q \times L_x^2}{(E_c \times I_e)} \\ &= 0,329 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lendutan total pada *slab* jembatan yang diijinkan :

$$\begin{aligned} \delta_{total} &= \delta_c + \delta_g \\ &= 1,689 \text{ mm} \\ &= \delta_{total} < \delta_{ijin} \end{aligned}$$

$$= 1,689 \text{ mm} < 8,3 \text{ mm} \quad \text{OK!!!}$$

Dengan demikian, lendutan total (δ_{total}) yang terjadi lebih kecil dari lendutan yang diijinkan (δ_{ijin}) pada *slab* jembatan, $\delta_{\text{total}} < \delta_{\text{ijin}}$ sehingga aman terhadap lendutan.

8) Kontrol Tegangan Geser Pons

Mutu beton K-300, kuat tekan beton,

$$f_c = 24,90 \text{ MPa}$$

1. Kuat geser pons yang diisyaratkan, f_v

$$F_v = 0,3 \times \sqrt{f_c}$$

$$= 1,50 \text{ MPa}$$

2. Lebar bidang kontak beban roda (u dan v)

$$\text{Tebal } slab \text{ jembatan, } t_s = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal aspal, } t_a = 100 \text{ mm}$$

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

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$u = a + (2 \times t_s \times t_a)$$

$$= 600 \text{ mm}$$

$$v = b + (2 \times t_s \times t_a)$$

$$= 1100 \text{ mm}$$

3. Luas bidang geser (A_v)

Tebal efektif *slab* kendaraan, $d = 165 \text{ mm}$

$$A_v = 2 \times (u + v) \times d$$

$$= 561000 \text{ mm}^2$$

4. Gaya geser pons nominal

Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0,60$

$$P_n = A_v \times f_v$$

$$= 839815,31 \text{ N}$$

$$P = \phi \times P_n$$

$$= 503889,19 \text{ N}$$

5. Beban ultimit roda Truk pada *slab*,

Beban truk pada *slab*,

$$P_{TT} = 56,420 \text{ kN}$$

$$= 56420 \text{ N}$$

Faktor beban ultimit, $K_{TT} = 1,8$

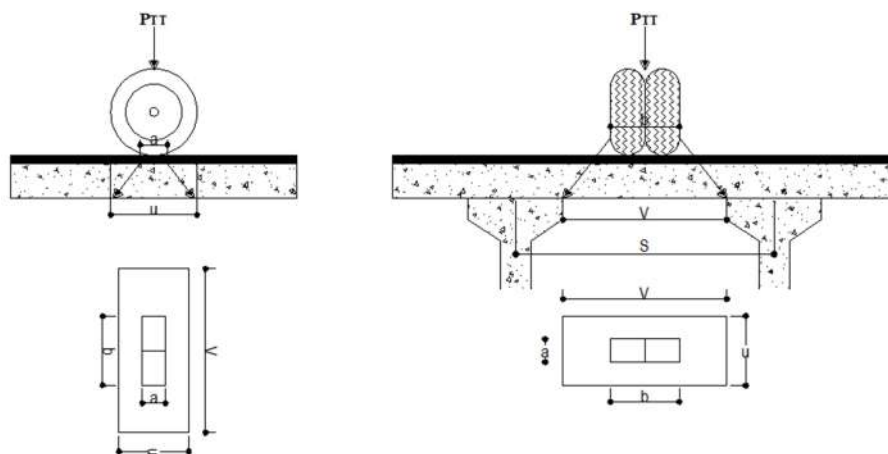
$$P_u = K_{TT} \times P_{TT}$$

$$= 101556 \text{ N}$$

$$= 10,1556 \text{ Ton}$$

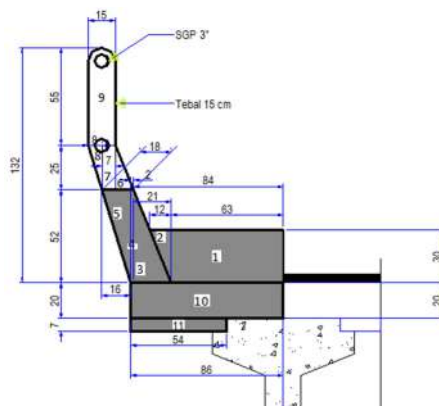
$$= P_u < \phi \times P_n \text{ OK!!!}$$

Maka, tegangan geser pons pada *slab* jembatan dinyatakan aman karena karena kapasitas geser pons nominal (P_n) lebih besar dari beban roda Truk pada *slab* jembatan (P_u).



Gambar 4.8 Beban Truk pada Kontrol Geser Pons
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.3 Perencanaan Trotoar dan Tiang Sandaran



Gambar 4.9 Potongan Trotoar Rencana
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Direncanakan jarak antar taiang sandaran, $L = 2 \text{ m}$

Berat beton bertulang, $W_c = 25 \text{ kNm}$

Sehingga momen yang terjadi akibat berat sendiri trotoar dan tiang sandaran disajikan dalam Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Momen Akibat Beban Sendiri Trotoar dan Tiang Sandaran

NO	b (m)	h (m)	Shape	L (m)	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
1	0,630	0,300	1,000	2,000	9,450	0,315	2,977
2	0,120	0,300	0,500	2,000	0,900	0,710	0,639
3	0,214	0,522	0,500	2,000	2,792	0,853	2,380
4	0,016	0,522	1,000	2,000	0,418	0,863	0,361
5	0,161	0,522	0,500	2,000	2,107	0,971	2,045
6	0,102	0,250	0,500	2,000	0,639	1,039	0,664
7	0,074	0,250	1,000	2,000	0,919	1,088	1,000
8	0,077	0,250	0,500	2,000	0,478	1,139	0,545
9	0,150	0,550	1,000	2,000	4,125	0,963	3,973
10	0,860	0,200	1,000	2,000	8,600	0,430	3,698
11	0,070	0,537	1,000	2,000	1,880	0,035	0,066
12	SGP 3" dengan berat/m		0,637	4,000	2,546	0,935	2,381
Total					34,854		20,728

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Total berat sendiri *slab* trotoar dan tiang sandaran,

$$W_{\text{total}} = 34,854 \text{ kN}$$

Sehingga berat per meter panjangnya,

$$P_{\text{MS}} = \frac{W_{\text{total}}}{2} = \frac{34,854}{2} = 17,427 \text{ kNm}$$

Momen akibat berat sendiri trotoar dan tiang sandaran,

$$M_{\text{total}} = 20,728 \text{ Kn}$$

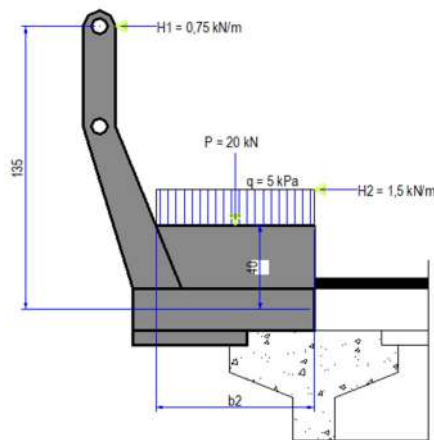
Sehingga berat per panjang bentngnya,

$$M_{\text{MS}} = \frac{M_{\text{total}}}{2} = \frac{20,728}{2} = 10,364 \text{ kNm}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh berat sendiri trotoar per meter (P_{MS}) sebesar 17,427 kNm dan momen terhadap titik gelagar tepi (M_{MS}) sebesar 10,364 kNm.

4.3.2 Beban Hidup Trotoar

Beban hidup yang bekerja diatas trotoar dan tiang sandaran ditunjukkan seperti berikut:



Gambar 4.10 Beban yang Bekerja Pada Trotoar dan Tiiang Sandaran
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Beban hidup pedestrian per meter tegak lurus bidang gambar disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.8 Momen Akibat Beban Hidup Pada Pedestrian

No	Jenis Beban	Gaya (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
1	Beban horizontal pada railing (H1)	0,75	1,350	1,013
2	Beban horizontal pada kerb (H2)	1,50	0,400	0,600
3	Beban vertikal terpusat (P)	20,00	0,375	7,500
4	Beban vertikal merata = $q \cdot b_2$	3,75	0,375	1,406
Momen akibat beban hidup pada pedestrian :			MTP =	10,519

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.3.3 Momen Ultimit Rencana Slab Trotoar

Faktor beban ultimit untuk berat sendiri pedestrian, $K_{MS} = 1,3$

Faktor beban ultimit untuk beban hidup pedestrian, $K_{TP} = 2,0$

Momen akibat berat sendiri pedestrian, $M_{MS} = 10,364 \text{ kNm}$

Momen akibat beban hidup pedestrian, $M_{TP} = 10,519 \text{ kNm}$

Momen ultimit rencana *slab* trotoar, $M_u = K_{MS} \times M_{MS} + K_{TP} \times M_{TP}$

$$M_u = 34,511 \text{ kNm}$$

Jadi, momen ultimit rencana (M_u) pada *slab* trotoar adalah 34,511 kNm.

4.3.4 Pemesian Slab Trotoar

Langkah-langkah perhitungan tulangan lentur negatif pada *slab* dijabarkan sebagai berikut:

1) Mutu rencana lapangan (M_u) = 34,511 kNm

2) Mutu beton tulangan digunakan, = K-300

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton, } f_c' &= \frac{0,83 \times K}{10} \\ &= 24,90 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Mutu baja tulangan digunakan U-39, $f_y = 390 \text{ MPa}$

Tebal slab beton, $h = 200 \text{ mm}$

Tebal selimut beton, $t_{sc} = 30 \text{ mm}$

Diameter tulangan utama yang digunakan $D = 16 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, } d' &= t_{sc} + \frac{1}{2} \times D \\ &= 30 + \frac{1}{2} \times 16 \\ &= 38 \text{ mm} \end{aligned}$$

Modulus elastisitas baja, $E_s = 200000$

3) Oleh karena kuat tekan beton kurang dari 30 MPa, maka faktor bentuk distribusi tegangan beton (β_1) = 0,85

4) Perhitungan kekuatan struktur

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{max} &= 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f_c'} \right) \\ &= 6,598 \end{aligned}$$

- 5) Faktor reduksi kekuatan lentur, $(\phi) = 0,80$
- 6) Tebal efektif *slab* beton, $(d) = h - d'$
 $= 162 \text{ mm}$
- 7) Lebar *slab* beton ditinjau selebar 2 m, $b = 2000 \text{ mm}$
- 8) Momen nominal rencana, $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
 $= 43,138 \text{ kNm}$
- 9) Faktor tahanan momen, $R_n = \frac{M_n \times 10^6}{b \times d^2}$
 $= 0,822$
 $R_n < R_{max} = 0,822 < 5,089 \text{ OK!!!}$

10) Rasio tulangan yang diperlukan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right]$$

$$= 0,00215$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{min})

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,00359$$

Rasio tulangan yang digunakan, ρ pakai = 0,00438

11) Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho \times b \times d$
 $= 1163,077 \text{ mm}^2$

12) Diameter tulangan yang digunakan, D 16 mm

13) Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$= 345,741$$

Diambil jarak tulangan 300 mm, sehingga digunakan tulangan D16 – 300 mm

dengan luas tulangan yang dipakai:

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s}$$

$$= 1340,413 \text{ mm}^2$$

$A_s > A_s \text{ Perlu}$

$1163,077 \text{ mm}^2 > 1340,413 \text{ mm}^2 \quad \text{OK!!!}$

Hasil perhitungan diperoleh nilai luas tulangan terpasang (A_s) sebesar 1340,413 mm². Nilai tersebut lebih besar dari nilai tulangan yang diperlukan ($A_{s_{perlu}}$) yaitu sebesar 1163,077 mm², sehingga dengan jarak tulangan 150 mm aman digunakan.

14) Tulangan longitudinal diambil 50% tulangan pokok:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 50\% \times A_s \\ &= 670,206 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter 13 mm, sehingga jarak tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s} \\ &= 396,094 \text{ mm} \end{aligned}$$

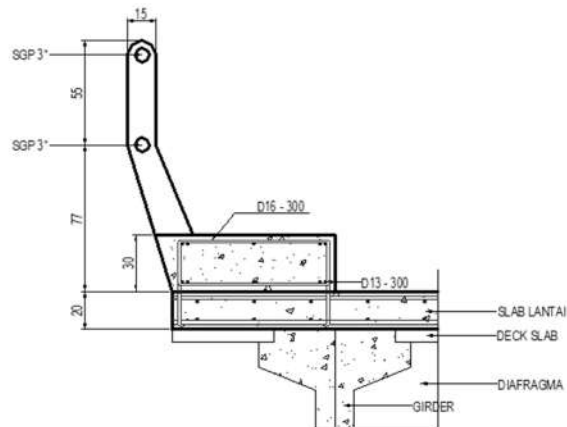
Diambil jarak tulangan 350 mm, sehingga digunakan tulangan D13 – 350 mm dengan luas tulangan yang dipakai:

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s} \\ &= 758,470 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &> A_s \text{ Perlu} \\ 670,206 \text{ mm}^2 &> 758,470 \text{ mm}^2 \quad \text{OK!!!} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai luas tulangan terpasang (A_s) sebesar 758,470 mm². Nilai tersebut lebih besar dari tulangan yang diperlukan ($A_{s_{min}}$) yaitu sebesar 670,206 mm², sehingga dengan jarak tulangan 350 mm aman digunakan.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk *slab* trotoar menggunakan tebal 200 mm dengan mutu beton K-300, dimensi tulangan utama yaitu D16 – 300 mm dan tulangan bagi/susut D13 – 350 mm seperti terlihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Penulangan Trotoar
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.3.5 Beban Tiang Sandaran

- 1) Jarak antar tiang sandaran

$$L_{ts} = 2 \text{ m}$$

- 2) Beban horizontal tiang sandaran

$$H_1 = 0,75 \text{ kNm}$$

- 3) Gaya horizontal tiang sandaran

$$\begin{aligned} H_{TP} &= H_1 \times L \\ &= 2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap sisi bawah tiang railing,

$$y = 0,86$$

Momen pada tiang railing,

$$\begin{aligned} M_{TP} &= H_{TP} \times y \\ &= 1,29 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Faktor beban ultimit,

$$K_{TP} = 2$$

Momen Ultimit rencana,

$$\begin{aligned} M_u &= K_{TP} \times M_{TP} \\ &= 2,590 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Gaya geser ultimit rencana,

$$V_u = K_{TP} \times H_{TP}$$

$$= 3,00 \text{ kN}$$

4.3.6 Pembesian Tiang Sandaran

a. Tulangan lentur

Mutu beton K-300	f_c	= 24,90 Mpa
Mutu baja U-24	f_y	= 240 Mpa
Tebal slab beton	h	= 150 mm
Tebal selimut beton	t_{sc}	= 30 mm
Diameter tulangan yang digunakan,		= 13 mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton d''		= 30 mm
Modulus elastisitas baja	E_s	= 200000
Faktor bentuk distribusi tegangan beton β		= 0,85

Perhitungan kekuatan struktur dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$= 0,054$$

$$R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left(1 - \frac{0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f_c}\right)$$

$$= 7,443$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,80$$

Momen rencana ultimit,

$$M_u = 3,453 \text{ kNm}$$

Tebal efektif slab beton,

$$d = b - d'$$

$$= 112 \text{ mm}$$

Momen nominal rencana,

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= 3,237 \text{ kNm}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_n}{(b \times d^2)}$$

$$= 4,046$$

$$= R_n < R_{\max} \quad \text{OK!!!}$$

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left[\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right]$$
$$= 0,019$$

Rasio tulangan minimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$
$$= 0,006$$

Rasio tulangan yang digunakan

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,019$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$
$$= 317,192 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan yang diperlukan, $D = 13 \text{ mm}$

Jumlah tulangan yang diperlukan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right)}$$
$$= 2,39 \approx 2 \text{ batang}$$

Diambil jumlah tulangan 2 batang, sehingga dapat digunakan tulangan 2 D 13 mm.

b. Tulangan geser

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser, } \phi = 0,6$$

Gaya geser ultimit rencana,

$$V_u = 3,00 \text{ kN}$$
$$= 3000 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} \times b \times d$$
$$= 13971,97 \text{ N}$$

$$\Phi \times V_c = 8383,183 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{2} \times (\Phi \times V_c)$$

$$= 4191,591583 \text{ N}$$

$$= V_s > V_u \quad \text{OK!!!}$$

Oleh karena $V_s > V_u$ maka secara teoritis tidak perlu sengkang, namun untuk kestabilan struktur dipasang tulangan minimum dengan spasi maksimum.

$$S_{\max} = \frac{d}{2}$$

$$= \frac{135}{2} = 56 \text{ mm atau } S_{\max} = 600 \text{ mm (ambil terkecil)}$$

Digunakan $S_{\max} = 56 \text{ mm}$ dengan luas tulangan minimum:

$$A_{V_{\min}} = \frac{\frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times b \times s}{f_y}$$

$$= 58,22 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan geser sengkang

$$A_v = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 \times 2$$

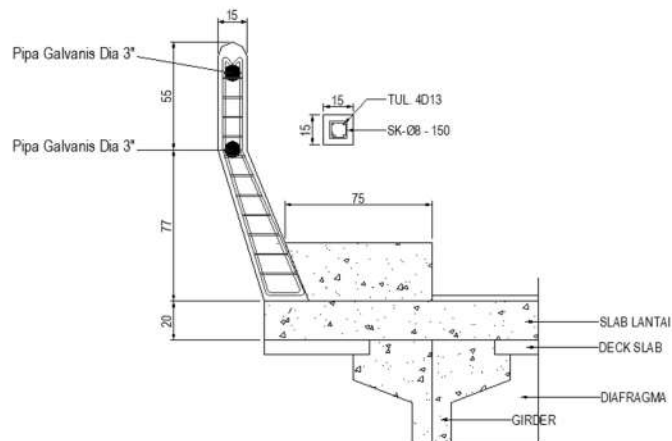
$$= 100,53 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser sengkang yang diperlukan

$$s = \frac{A_v \times f_y}{\frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times b}$$

$$= 645 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan sengkang 2 $\phi 8 - 150 \text{ mm}$.



Gambar 4.12 Penulangan Tiang Railing
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.4 Analisis Beban dan Perhitungan Deck Slab

4.4.1 Pembebanan Deck Slab

Ukuran *deck slab* Jembatan

Tebal <i>deck slab</i> ,	hds	= 0,07 m
Panjang <i>deck slab</i> jembatan,	Lds	= 1,30 m
Lebar <i>deck slab</i> yang ditinjau,	s	= 1,00 m
Berat beton bertulang,	Wc	= 25 kN/m ³
Berat sendiri <i>deck slab</i> ,	Q _{ds}	= hds × s × Wc = 1,75 kN/m

Ukuran Plat Lantai Jembatan :

Lebar plat lantai sepanjang <i>deck slab</i> ,bs	= 1,30 m
Lebar <i>deck slab</i> yang ditinjau,	s = 1 m
Tebal palt lantai,	hs = 0,20 m
Berat beton bertulang,	Wc = 25 kN/m ³
Berat sendiri pelat lantai,	Q _{slab} = hs × s × Wc = 5 kN/m
Berat pekerja + peralatan pekerjaan, Q	= 100 Kg/m ² = 1 kN/m ²

Berat sendiri pekerja + peralatan per jarak ditinjau

$$Q_{\text{pekerja + peralatan}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ kN/m}^2 \\ = 1 \text{ kN/m}$$

Sehingga pembebanan :

$$Q_{\text{MS}} = Q_{\text{ds}} + Q_{\text{slab}} + Q_{\text{pekerja + peralatan}} \\ = 7,75 \text{ kN/m}$$

Geser akibat berat sendiri,

$$V_{\text{MS}} = \frac{1}{2} \times Q_{\text{MS}} \times I_{\text{ds}} \\ = 5,038 \text{ kN}$$

Momen akibat berat sendiri,

$$M_{\text{MS}} = \frac{1}{8} \times Q_{\text{MS}} \times I_{\text{ds}}^2 \\ = 1,637 \text{ kN}$$

Faktor beban ultimit *deck slab*, K_{MS} = 1,2

Geser Ultimit *deck slab*,

$$\begin{aligned} V_u &= K_{MS} \times V_{MS} \\ &= 6,045 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen Ultimit *deck slab*,

$$\begin{aligned} M_u &= K_{MS} \times M_{MS} \\ &= 1,965 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4.4.2 Pembesian Tulangan Deck Slab

Momen ultimit rencana,

$$M_u = 1,965 \text{ kNm}$$

Mutu beton K – 300, kuat tekan beton,

$$f_c' = 24,90 \text{ Mpa}$$

Mutu baja U 39, tegangan leleh baja,

$$f_y = 390$$

Tebal *deck slab* jembatan,

$$h_{ds} = 70 \text{ mm}$$

Tebal selimut beton,

$$t_{sc} = 25 \text{ mm}$$

Diameter tulangan utama,

$$D_1 = 10 \text{ mm}$$

Jarak selimut ke sisi terluar beton,

$$\begin{aligned} d' &= t_{sc} + \frac{1}{2} \times D_1 \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal efektif *deck slab* beton,

$$\begin{aligned} d &= h_{ds} - d' \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas baja,

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

Faktor benton distribusi tegangan beton,

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f} \right) \\ &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{max} &= 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f_c} \right) \\ &= 6,970 \end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,80$$

Momen rencana ultimit,

$$M_u = 1,965 \text{ kNm}$$

Ditinjau *deck slab* jembatan selebar,

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen niminal rencana,

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 2,456 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen,

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= 1,535 \\ &= R_n < R_{max} \quad \text{OK!!!} \end{aligned}$$

Dikatakan aman apabila dalam perhitungan faktor tahanan momen nominal (R_n) harus lebih kecil dari faktor tahanan momen maksimal (R_{max}), sehingga untuk *deck slab* jembatan didapatkan R_n lebih kecil dari R_{max} .

Rasio Tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right] \\ &= 0,0050 \end{aligned}$$

Rasio tulangan minimum,

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 2,5\% \times (1,4 / f_y) \\ &= 0,0011 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho_{pakai} = 0,0050$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{pakai} \times b \times d \\ &= 199,370 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan D-8 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s} \\ &= 252,122 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D8 – 250 mm, dikarenakan menggunakan jarak 250 mm maka, luas tualangan pakai,

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s} \\ &= 201,062 \text{ mm}^2 \text{ OK!!!} \end{aligned}$$

Tulangan susut sekaligus tulangan susut arah memanjang diambil 60% dari tulangan utama.

Luas tulangan susut/bagi,

$$A_{S_{\min}} = 66\% \times A_s$$

$$= 132,701 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan, $D = 8 \text{ mm}$

Jarak tulangan diperlukan,

$$S = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s}$$

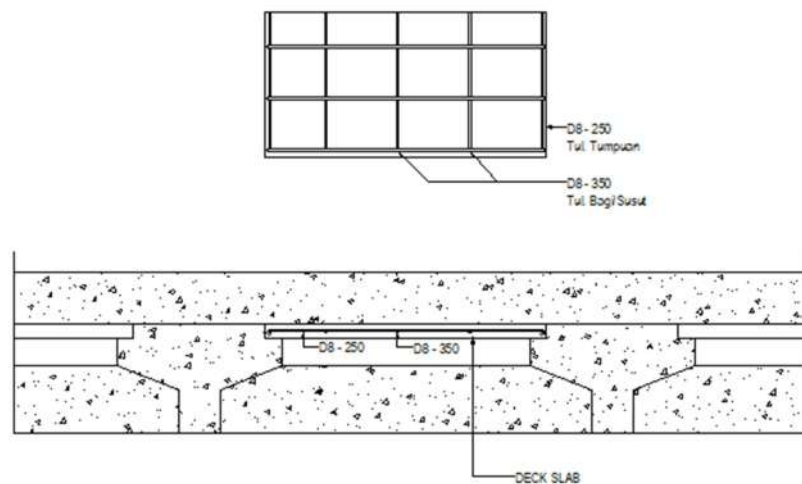
$$= 378,788 \text{ mm}^2$$

Digunakan tualangan D8 - 350 mm, dikarenakan menggunakan jarak 350 mm maka,

luas tualangan pakai,

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s}$$

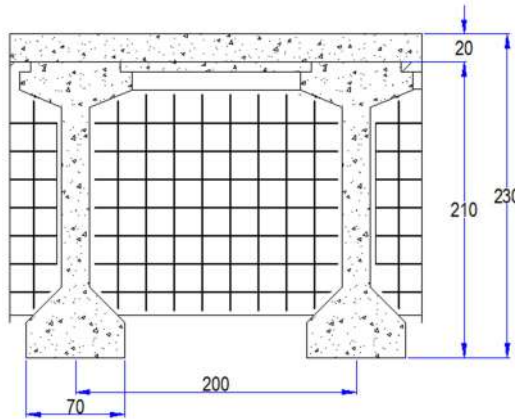
$$= 143,616 \text{ mm}^2 \text{ OK!!!}$$



Gambar 4.13 Penulangan *Deck Slab*
(Sumber : *Olahan Data Skripsi, 2021*)

4.5 Analisis Beban dan Perhitungan Diafragma

4.5.1 Pembebanan Diafragma



Gambar 4.14 Sketsa diafragma jembatan
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Ukuran balok diafragma:

Faktor beban berat sendiri ultimit diafragma, $K_{MS} = 1,2$

Tebal diafragma, $b_d = 0,20 \text{ m}$

Tinggi diafragma, $h_d = 1,650 \text{ m}$

Panjang bentang balok diafragma, $s = 1,80 \text{ m}$

Berat beton bertulang, $W_c = 25,00 \text{ kN/m}^3$

jumlah baris untuk diafragma sepanjang jembatan = 12 baris

jumlah diafragma = 3 buah

Berat sendiri diafragma,

$$\begin{aligned} Q_{MS} &= b_d \times h_d \times W_c \\ &= 8,250 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Geser akibat berat sendiri,

$$\begin{aligned} V_{MS} &= \frac{1}{2} \times Q_{MS} \times s \\ &= 7,425 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen akibat berat sendiri,

$$\begin{aligned} M_{MS} &= \frac{1}{8} \times Q_{MS} \times s^2 \\ &= 3,341 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Geser ultimit diafragma,

$$V_u = K_{MS} \times V_{MS}$$

$$= 8,910 \text{ kN}$$

Momen ultimit diafragma,

$$M_u = K_{MS} \times M_{MS}$$

$$= 4,010 \text{ kNm}$$

4.5.2 Pembesian Tulangan Diafragma

Momen ultimit rencana diafragma, $M_u = 4,010 \text{ kNm}$

Mutu beton K – 300, kuat tekan beton, $f'_c = 24,90 \text{ Mpa}$

Mutu baja U 24, tegangan leleh baja, $f_y = 240 \text{ Mpa}$

Lebar balok diafragma, $b_d = 200 \text{ mm}$

Tinggi balok diafragma, $h_d = 1650 \text{ mm}$

Tebal selimut beton, $t_{sc} = 35 \text{ mm}$

Diameter tulangan utama, $D = 10 \text{ mm}$

Jarak Tulangan ke Sisi Terluar Beton, $d' = 40 \text{ mm}$

Modulus Elastisitas Baja, $E_s = 200000 \text{ mm}$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0,85$

Perhitungan kekuatan struktur dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$= 0,054$$

$$R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left(1 - \frac{0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f'_c}\right)$$

$$= 7,443$$

Faktor reduksi kekuatan lentur $\phi = 0,8$

Tebal efektif slab beton $d = h - d'$

$$= 1610 \text{ mm}$$

Ditinjau selebar, $b = 200 \text{ mm}$

momen nominal rencana

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= 5,012 \text{ kNm}$$

Faktor tahanan momen

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{(b \times d^2)} \\
 &= 0,005 \\
 &= R_n < R_{\max} \quad \text{OKE!!!}
 \end{aligned}$$

Menghitung rasio tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left[\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right] \\
 &= 0,00004
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan minimum

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= 0,00583
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang digunakan

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00583$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 1878,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan D-10 mm

Sehingga digunakan tulangan D-10

Luas 1 Tulangan,

$$\begin{aligned}
 A_{s1} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\
 &= 78,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang diperlukan $n = 24$ buah

Digunakan tulangan 24 D-10 mm

Gaya geser

Faktor reduksi kekuatan geser $\phi = 0,6$

Gaya geser ultimit rencana $V_u = 8,91 \text{ kNm}$

Kuat geser nominal

$$\begin{aligned}
 V_c &= (\sqrt{f_c'}) / 6 \times b d \times d \times 10^{-3} \\
 &= 267,796 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi \times V_c = 160,678 \text{ kN}$$

Dikarenakan kuat geser nominal beton lebih besar dari kuat geser ultimit diafragma maka tidak perlu tulangan geser pada balok diafragma, tetapi digunakannya tulangan geser sebagai penahan tulangan pokok agar tetap pada posisinya.

Kuat geser nominal baja,

$$\begin{aligned}\phi \times V_s &= V_u - \phi \times V_c \\ &= -151,768 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_s &= \phi \times V_s / \phi \\ &= -252,946 \text{ kN}\end{aligned}$$

Gaya geser yang dipikul tulangan geser tidak ada.

Kontrol dimensi balok diafragma terhadap kuat geser maksimum, digunakan untuk menilai terpenuhinya balok terhadap persyaratan kuat geser, dengan V_s untuk lebih kecil dari $V_s \text{ max}$.

$$\begin{aligned}V_{s \text{ max}} &= 2/3 \times \sqrt{f'c'} \times (bd \times d) \times 10^{-3} \\ &= 1071,185 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_s < V_{s \text{ max}} = -252,946 \text{ kN} < 1071,185 \text{ kN} \quad \text{OK!!!}$$

Maka, dimensi balok diafragma aman dan memenuhi persyaratan kuat geser.

Digunakan tulangan geser berpenampang, 1 \emptyset 8

Luas tulangan geser,

$$\begin{aligned}A_v &= \pi / 4 \times D^2 \times n \\ &= 50,27 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan.

$$\begin{aligned}S &= A_v \times f_y \times d / V_s \\ &= -76785,45 \text{ mm}\end{aligned}$$

Digunakan sengkang \emptyset 8 – 200 mm

4.6 Perhitungan Balok Prategang (PCI Girder)

4.6.1 Penentuan Lebar Efektif Plat Lantai

Dalam menentukan lebar efektif plat lantai (B_e) diambil nilai terkecuali diantara, $L/4$, jarak antar gelagar (s), dan 12 kali tinggi slab lantai. Perhitungan dari nilai tersebut adalah :

$$\text{Bentang ke-1 dan ke-2} \quad L/4 = 13 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar gelagar utama,} \quad s = 2 \text{ m}$$

$$\text{12 kali tebal slab jembatan} \quad 12 \times h_o = 2,4 \text{ m}$$

Maka diambil lebar efektif plat lantai jembatan terkecil,

$$B_e = 2 \text{ m}$$

Mutu beton slab K – 300, kuat tekan beton

$$f_c' \text{ slab} = 24,90 \text{ Mpa}$$

Mutu beton balok K – 602,41, kuat tekan beton,

$$f_c' \text{ girder} = 50 \text{ Mpa}$$

Modulus elastic slab beton jembatan,

$$\begin{aligned} E_{slab} &= 4700 \times \sqrt{f_c' \text{ slab}} \\ &= 23452,95291 \text{ MPa} \\ &= 23452952,91 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Modulus elastisitas girder,

$$\begin{aligned} E_{girder} &= 0.043 \times \sqrt{f_c' \text{ slab}} \\ &= 39152,89 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Nilai perbandingan modulus slab dan girder

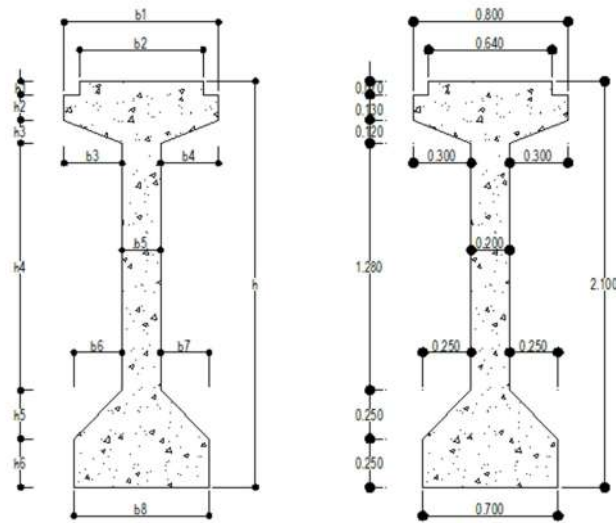
$$\begin{aligned} n &= \frac{E_{slab}}{E_{girder}} \\ &= 0,599 \end{aligned}$$

Maka nilai pengganti beton slab lantai jembatan

$$\begin{aligned} B_{eff} &= n \times B_e \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk menghindari hambatan dan kesulitan pada saat pengangkutan, maka balok prategang dibuat dalam bentuk segmental, dengan berat per-segmen maksimum 80 kN, kemudian segmen-segmen balok tersebut disambung di lokasi jembatan.

4.6.2 Section Properties Balok Prategang dan Balok Setelah Komposit



Gambar 4.15 Section Properties PCI – Girder Bentang ke-1 dan ke-2
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Dalam penentuan *section properties*, dimensi gelagar dibagi menjadi beberapa bagian dan ditentukan luasan, serta titik beratnya. Dalam hal ini penulis menggunakan tabel dalam menentukan setiap perhitungan hingga mencari inersia momen pada penampang gelagar prategang tersebut. Berikut adalah Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan *Section Properties* Gelagar Prategang Bentang ke-1 dan ke-2

No	Dimensi		Luas Tampang A (m ²)	Jarak Terhadap Alas y (m)	Statis Momen A*y (m ³)	Inersia Momen A*y ² (m ³)	Inersia Momen I _o (m ⁴)
	Lebar b (m)	Tinggi h (m)					
1	0,64	0,070	0,0448	2,070	0,093	0,192	1,82933E-05
2	0,8	0,130	0,1040	1,970	0,205	0,404	0,000146467
3	0,3	0,120	0,0360	1,860	0,067	0,125	0,0000432
4	0,2	1,650	0,3300	1,080	0,356	0,385	0,07486875
5	0,25	0,250	0,0625	0,330	0,021	0,007	0,000325521
6	0,7	0,250	0,1750	0,130	0,023	0,003	0,000911458
Σ A			0,8184		0,797	1,145	0,07664353

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Inersia momen $I_o = 0,077 \text{ m}^4$
 Tinggi total balok prategang $H = 2,1 \text{ m}$
 Luas penampang total balok prategang $A = 0,8184 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}
\text{Letak titik berat gelagar bagian alas bawah } y_b &= \Sigma A \times y / \Sigma A \\
&= 0,97 \text{ m} \\
\text{Letak titik berat gelagar bagian alas atas } y_a &= H - y_b \\
&= 1,13 \text{ m} \\
\text{Momen inersia terhadap alas balok } I_b &= \Sigma A \times y^2 + \Sigma i_o \\
&= 0,873 \text{ m}^4 \\
\text{Momen inersia terhadap titik berat balok } I_x &= I_b - A \times y_b^2 \\
&= 0,098 \text{ m}^4 \\
\text{Tahanan momen sisi atas } W_a &= I_x / y_a \\
&= 0,087 \text{ m}^3 \\
\text{Tahanan momen sisi bawah } W_b &= I_x / y_b \\
&= 0,100 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Setelah perhitungan *section properties* terhadap balok prategang sebelum dicor dengan *slab* jembatan, maka selanjutnya perhitungan *section properties* setelah dicor dengan *slab* jembatan, atau dalam penamaannya adalah balok komposit.

Tabel 4.10 Perhitungan Section Properties Gelagar Komposit Bentang ke-1 dan ke-2

Bagian No			Luas A (m ²)	Jarak terhadap alas y (m)	Statis Momen A x y (m ³)	Inersia Momen A x y ² (m ⁴)	Inersia Momen I _o (m ⁴)
	Lebar (b) (m)	Tinggi (h) (m)					
1	1,20	0,20	0,240	2,170	0,520	1,128	0,001
2	0,64	0,075	0,048	2,033	0,098	0,198	0,000
3	0,80	0,125	0,100	1,933	0,193	0,373	0,000
4	0,30	0,12	0,036	1,810	0,065	0,118	0,000
5	0,20	0,88	0,176	1,190	0,209	0,249	0,011
6	0,25	0,25	0,063	0,625	0,039	0,024	0,000
7	0,70	0,25	0,175	0,125	0,022	0,003	0,001
Total =			0,903		1,176	2,113	0,014

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi total balok komposit } H_c &= 2,30 \text{ m} \\
\text{Luas penampang total balok prategang komposit } A_c &= 0,90 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Letak titik berat gelagar bagian alas bawah	y_{bc}	$= \Sigma A_c \times y / \Sigma A_c$ $= 1,30 \text{ m}$
Letak titik berat gelagar bagian alas atas	y_{ac}	$= H_c - y_{bc}$ $= 1,00 \text{ m}$
Momen inersia terhadap alas balok	I_{bc}	$= \Sigma A_c \times y^2 + \Sigma I_{oc}$ $= 2,13 \text{ m}^4$
Momen inersia terhadap titik berat balok	I_{xc}	$= I_{bc} - A_c \times y_{bc}^2$ $= 0,60 \text{ m}^4$
Tahanan momen sisi atas plat,	W_{ac}	$= x_c / y_{ac}$ $= 0,60 \text{ m}^3$
Tahanan momen sisi atas balok komposit	W'_{ac}	$= I_{xc} / (y_{ac} - h_o)$ $= 0,75 \text{ m}^3$
Tahanan momen sisi bawah balok komposit	W_{bc}	$= W_{bc} = I_{xc} / y_{bc}$ $= 0,46 \text{ m}^3$

4.6.3 Pembebanan Balok Prategang

a. Berat Sendiri (MS)

1. Berat Diafragma

Dalam perhitungan ini digunakan untuk mencari nilai momen maksimum di tengah bentang dan berat diafragma ekuivalen.

Tebal diafragma,	b_d	$= 0,20 \text{ m}$
Lebar diafragma,	l_d	$= 1,68 \text{ m}$
Tinggi diafragma,	h_d	$= 1,65 \text{ m}$
Berat 1 diafragma jembatan,	W_d	$= b_d \times l_d \times h_d \times W_c$ $= 13,86 \text{ kN/m}$
Jumlah diafragma	n_d	$= 4 \text{ buah}$
Jarak antar diafragma	X_5	$= 26,00 \text{ m}$
	X_4	$= 17,33 \text{ m}$
	X_3	$= 13 \text{ m}$
	X_2	$= 10,40 \text{ m}$
	X_1	$= 0 \text{ m}$

Momen maksimum di tengah bentang

$$M_{\max} = (1/2 \times n \times (X5 - X4 - X3 - X2 - X1) \times Wd$$

$$= 408,408 \text{ kNm}$$

Berat diafragma ekuivalen total,

$$Q_{\text{diaf}} = 8 \times M_{\max} / L^2$$

$$= 1,208 \text{ kN/m}$$

2. Berat Balok Prategang

Panjang balok prategang, $L = 52 \text{ m}$

Berat balok prategang, $W_{c2} = 25,50 \text{ kN/m}^3$

Berat balok prategang+10 %, $W_{\text{balok}} = 1,1 \times A \times L \times W_{c2}$

$$= 1193,72 \text{ kN}$$

Berat balok per 1 meternya, $Q_{\text{balok}} = W_{\text{balok}} / L$

$$= 22,96 \text{ kN/m}$$

3. Gaya Geser dan Momen Akibat Berat Sendiri

Gaya geser dan momen berat sendiri dihitung dengan Persamaan 2.8 sampai dengan 2.10

Beban mati sendiri, $QMS = A \times W$

Gaya geser beban mati sendiri, $VMS = \frac{1}{2} \times QMS \times L$

Tabel 4.11 Rekapitulasi Beban Mati Sendiri (Beton *Precast*)

Jenis beban berat sendiri	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Luas A (m ²)	berat satuan W (kN/m ³)	Beban QMS (kN/m)	Geser Vms (kN)	Momen Mms (kNm)
Balok Prategang					22,96	596,859	7759,169
Total					22,96	596,859	7759,169

(Sumber :Olahan Skripsi 2021)

Tabel 4.12 Rekapitulasi Beban Mati Sendiri (Beton Cor Di Tempat)

Jenis beban berat sendiri	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Luas A (m ²)	berat satuan W (kN/m ³)	Beban QMS (kN/m)	Geser Vms (kN)	Momen Mms (kNm)
Plat Lantai (slab)	1,00	0,20	0,2	25,00	5,00	130,000	1690,000
Diafragma	1,80	0,20	0,36	25,00	9,00	234,000	592,856
Total					14,00	364,000	2282,856

Sumber : (Olahan Skripsi 2021)

b. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada girder jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Sesuai dengan perhitungan pembebanan pada BAB II, maka didapat hasil seperti berikut.

Beban mati tambahan, $Q_{MA} = A \times W$

Gaya geser beban mati tambahan, $V_{MA} = \frac{1}{2} \times Q_{MA} \times L$

Momen beban mati tambahan, $M_{MA} = \frac{1}{8} \times Q_{MA} \times L^2$

Tabel 4.13 Rekapitulasi Beban Mati Tambahan

Jenis Beban	Lebar	Tebal	Luas	berat satuan W	Beban QMA	Geser VMA	Momen MMA
Berat Sendiri	b (m)	h (m)	A (m ²)	(kN/m ³)	(kN/m)	(kN)	(kNm)
Aspal Beton	1,000	0,10	0,1	22,00	2,2	28,600	743,000
Air Hujan	1,000	0,05	0,05	9,80	0,49	6,370	165,620
				Total	2,69	34,970	909,220

(Sumber : Olahan Skripsi 2021)

c. Beban Lajur "D" (TD)

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi merata (*Uniformly Distributed Load*), UDL dan beban garis (*Knife Edge Load*), KEL seperti pada Gambar 4.26. UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang di bebani dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

Beban merata : $q = 9 \text{ kPa}$ untuk $L \leq 30 \text{ m}$

: $q = 9.0 \times (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$ untuk $L > 30 \text{ m}$

Panjang balok prategang L = 52,00 m

Lebar jalan (jalur lalin) s = 6,00 m

Beban merata dipakai rumus $q = 9 \times (0,5 + (15/ L))$
= 7,10 kPa

Beban merata pada balok QTD = $q \times s$
= 42,58 kN/m

Beban garis Knife Edge Load (KEL)

P = 49 kN/m

Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen LE diberikan dengan rumus:

$$L_{max} = 26 \text{ m}$$

$$L_{av} = L/2$$

$$\begin{aligned} LE &= \sqrt{L_{av} + L_{max}} \\ &= 26 \text{ m} \end{aligned}$$

Faktor beban dinamis

$$\begin{aligned} \text{FBD} &= \frac{40}{100} \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

Beban terpusat pada balok

$$\begin{aligned} \text{PTD} &= (1 + \text{FBD}) \times p \times s \\ &= 411,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser dan momen maksimum pada Balok akibat beban lajur "D"

$$\begin{aligned} \text{VTD} &= (\text{QTD}/2) \times \text{FBD} + (1/2) \times \text{PTD} \\ &= 1312,8 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTD} &= 1/8 \times \text{QTD} \times L^2 + 1/4 \times \text{PTD} \times L \\ &= 19741,8 \text{ kNm} \end{aligned}$$

d. Beban Gaya Rem (TB)

$$\begin{aligned} \text{Roda depan } 18\% &= 18\% \times 310 \text{ kN} \\ &= 55,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Roda tengah } 28\% &= 28\% \times 310 \text{ kN} \\ &= 86,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Roda belakang } 54\% &= 54\% \times 310 \text{ kN} \\ &= 167,40 \text{ kN} \end{aligned}$$

1. 25% dari berat ganda truk desain
2. 5% dari berat truk rencana ditambahkan beban lajur terbagi rata BTR
beban merata dipakai rumus:

$$\begin{aligned} \text{Roda depan } 18\% &= 25\% \times 55,80 \text{ kN} \\ &= 13,95 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Roda tengah 28\%} &= 25\% \times 86,80 \text{ kN} \\ &= 21,70 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Roda belakang 54\%} &= 25\% \times 167,40 \text{ kN} \\ &= 41,85 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{TTB} = 41,85 \text{ kN}$$

Jadi yang diambil nilai terbesar dari TTB 25% dan 5% adalah

$$\text{TTB} = 126,2 \text{ kN}$$

Gaya arah horizontal pada jarak = 1,8 m

Tinggi terhadap pusat tampang girder

$$\begin{aligned} y &= 1,8 + h_o + h_a + y_{ac} \\ &= 3,15 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban momen akibat gaya rem,

$$\begin{aligned} M &= \text{TTB} \times y \\ &= 397,53 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Beban geser dan momen maksimum pada balok adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{VTB} &= M / L \\ &= 7,644 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTB} &= \frac{1}{2} \times M \\ &= 198,765 \text{ kNm} \end{aligned}$$

e. Beban Angin (EW)

Beban angin menggunakan rumus,

$$T_{ew} = 0,0012 \times C_v \times (V_w)^2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Koefisien serat,} \quad C_w = 1,45$$

$$\text{Kecepatan angin rencana,} \quad V_w = 35 \text{ m/s}$$

$$\text{Beban angin,} \quad T_{ew} = 2,13 \text{ kN/m}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m dari lantai.

$$\text{Jarak antar roda kendaraan,} \quad X = 1,45 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Transfer angin ke lantai,} \quad Q_{EW} &= (1/2 \times h / X \times T_{ew}) \\ &= 1,47 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$V_{EW} = \frac{1}{2} \times Q_{ew} \times L$$

$$= 38,22 \text{ kN}$$

$$M_{EW} = \frac{1}{8} \times Q_{ew} \times L^2$$

$$= 496,86 \text{ kNm}$$

Tabel 4.14 Faktor Kombinaasi Gelagar

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Berat Sendiri (MS) (Precast)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Berat Sendiri (MS) (Cor Di Tempat)	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Mati Tambahan (MA)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Lajur "D"	1,80	1,4			
Rem (TB)	1,80	1,4			
Angin (EW)			1,4		0,4

Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
1,20	1,20	1,0	1,0	1,0	1,0
1,30	1,30	1,0	1,0	1,0	1,0
1,00	1,00	1,0	1,0	1,0	1,0
0,3	0,5	1,0	1,3	0,8	
0,3	0,5	1,0	1,3	0,8	
		0,3			0,7

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Tabel 4.15 Rekapitulasi Momen

Jenis Beban	Kode Beban	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)	Keterangan
Berat Sendiri (Precast)	MS	22,96	-	-	Beban merata, QMS
Berat Sendiri (Cor Di Tempat)	MS	14,00	-	-	Beban merata, QMS
Mati Tambahan	MA	2,69	-	-	Beban merata, QMA
Lajur "D"	TD	42,58	411,6	-	Beban merata, QMA & terpusat, PTD
Gaya Rem	TB	-	-	397,53	Beban Momen, MTB
Angin	EW	4,599	-	-	Beban merata, QEW

(Sumber : Olahan Skripsi 2021)

Tabel 4.16 Rekapitulasi Gaya Geser

Jenis Beban	Kode Beban	V (Kn/m)
Berat Sendiri (Precast)	MS	596,859
Berat Sendiri (Cor Di Tempat)	MS	364,000
Mati Tambahan	MA	34,970

Lajur "D"	TD	1312,80
Gaya Rem	TB	7,645
Angin	EW	38,22

(Sumber : Olahan Data Skripsi 2021)

Tabel 4.17 Momen Balok dan Plat

No	Uraian	Bentang (kNm)
1	M balok = $1/8 \times Q \text{ balok} \times L^2$	7759,169
2	M plat = $1/8 \times Q \text{ plat} \times L^2$	4732,000

(Sumber : Olahan Data Skripsi 2021)

1) Momen Pada Balok Prategang

Tabel 4.18 Kombinasi Pembebanan Momen Yang Ditinjau

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I
Berat Sendiri (Precast)	27,55	27,55	27,55	27,55	27,55	27,55
Berat Sendiri (Cor Di Tempat)	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20
Mati Tambahan (MA)	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
Lajur "D"	76,64	59,61				12,77
Rem (TB)	715,55	556,54				119,26
Angin (EW)			6,44		1,8396	
Mu (kNm)	840,63	664,59	54,88	48,44	50,28	180,47

Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
27,55	22,96	22,96	22,96	22,96
18,20	14,00	14,00	14,00	14,00
2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
21,29	42,58	55,35	34,06	
198,77	397,53	516,79	318,02	
	1,38			3,2193
268,49	481,13	611,79	391,73	42,87

(Sumber : Olahan Data Skripsi 2021)

2) Gaya Geser Pada Balok Prategang

Tabel 4.19 Kombinasi Pembebanan Geser Yang Ditinjau

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I
Berat Sendiri (MS) Precast	716,23	716,23	716,23	716,23	716,23	716,23
Berat Sendiri (MS) cor ditempat	473,20	473,20	473,20	473,20	473,20	473,20
Mati Tambahan (MA)	34,97	34,97	34,97	34,97	34,97	34,97

Lajur "D"	2363,04	1837,92				393,84
Rem (TB)	13,76	10,70				2,29
Angin (EW)			53,51		15,288	
Mu (kNm)	3601,20	3073,02	1277,91	1224,40	1239,69	1620,53

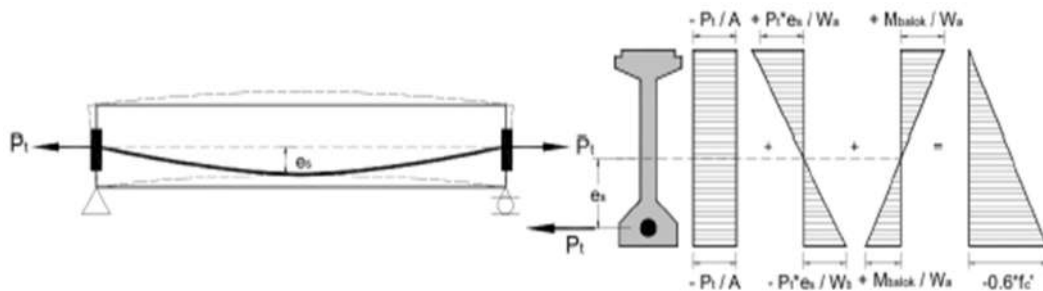
Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
716,23	596,86	596,86	596,86	596,86
473,20	364,00	364,00	364,00	364,00
34,97	34,97	34,97	34,97	34,97
393,84	1312,80	1706,64	1050,24	
2,29	7,64	9,94	6,12	
	11,47			26,754
1884,62	2327,74	2712,41	2052,18	1022,58

(Sumber : Olahan Data Skripsi 2021)

Dari hasil kombinasi pembebanan pada Tabel 4.18 dan Tabe 4.19 diambil nilai momen ultimit maksimum pada momen dan pada geser. Dimana untuk nilai Mu maksimum pada tumpuan terdapat pada kombinasi “Kuat I” yaitu sebesar 840,63 kNm dan untuk Mu maksimum pada lapangan juga terdapat pada kombinasi “Kuat I” yaitu sebesar 3601,20 kNm.

4.6.4 Perhitungan Gaya Prategang, Eksentritas dan Tedon

a. Kondisi Awal Pt (Saat Transfer)



Gambar 4.16 Sketsa Transfer Awal Gaya Prategang

(Sumber : Noer, 2008)

Mutu beton K – 602,41 ; kuat tekan beton, $f_c' = 50000$ kPa
 Kuat tekan kondisi awal (*transfer*), $f_{ci}' = 0,80 \times f_c' = 40000$ kPa

<i>Section properties</i> balok prategang,	W_a	$= 0,087 \text{ m}^3$
	W_b	$= 0,100 \text{ m}^3$
Luasan bidang dimensi balok,	A	$= 0,818 \text{ m}^2$
Jarak titik berat tendon ke alas balok,	Z_0	$= 0,15 \text{ m}$
Eksentrisitas tendon,	e_s	$= y_b - Z_0$ $= 0,82 \text{ m}$
Momen akibat berat sendiri balok,	M_{balok}	$= 7759,169 \text{ kNm}$

Teg. Di serat atas

$$= - Pt / A + Pt \times e_s / W_a - M_{\text{balok}} / W_a \text{ (Pers. 1)}$$

Teg. Di serat bawah

$$= 0.6 \times f_{ci}' = - Pt / A - Pt \times e_s / W_b + M_{\text{balok}} / W_b \text{ (pers. 2)}$$

Sehingga perhitungan dimasukkan ke dalam Persamaan diatas :

$$\begin{aligned} \text{Pers. 1 } Pt &= M_{\text{balok}} / (e_s - W_a / A) \\ &= 10816,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pers. 2 } Pt &= [0.6 \times f_{ci}' \times W_b + M_{\text{balok}}] / (W_b / A + e_s) \\ &= 10749,20 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terkecil, maka $Pt = 10749,20 \text{ kN}$

b. Kondisi Akhir

Data pada tendon prategang adalah sebagai berikut ini :

Strand Type Uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270

Tegangan Leleh <i>Strand</i>	f_{pt}	$= 1580 \text{ Mpa}$
Kuat Tarik <i>Strand</i>	f_{pu}	$= 1860 \text{ Mpa}$
Diameter Nominal <i>Strand</i>	D_s	$= 12,70 \text{ m}$
Luas Tampang Nominal Satu <i>Strand</i>	A_{st}	$= 98,70 \text{ mm}^2$
Beban Putus Minimal Satu <i>Strand</i>	P_{bs}	$= 187,32 \text{ kN}$
Jumlah Kawat Untaian,		$= 19 / \text{tendon}$
Diameter Selubung Ideal,		$= 84 \text{ mm}$
Luas Tampang <i>Strand</i>		$= 1875,30 \text{ mm}^2$
Beban Putus Satu Tendon	P_{b1}	$= 3559,10 \text{ kN}$
Modulus Elastis <i>Strand</i>	E_s	$= 193000 \text{ Mpa}$

Perhitungan gaya prategang awal telah didapatkan pada perhitungan Subbab 4.6.4. Kondisi Awal Pt (Saat *Transfer*) yang menghasilkan gaya prategang awal sebesar (Pt) yaitu, $P_t = 2704,22 \text{ kN}$.

$$\begin{aligned} \text{Gaya prategang } jacking \quad P_j &= P_t / 0,85 \text{ (Pers. 1)} \\ P_j &= 0,80 \times P_b \times n_t \text{ (Pers. 2)} \end{aligned}$$

Dari persamaan 1 dan 2, jumlah tendon yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} n_t &= P_t / (0,8 \times 0,85 \times P_{b1}) \\ &= 4,441 \text{ tendon} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diambil tendon sebanyak 5 tendon.

Jumlah kawat untaian(*stand cable*) yang diperlukan

$$\begin{aligned} N_s &= P_t / (0,85 \times 0,8 \times P_{bs}) \\ &= 84,388 \text{ strand} \end{aligned}$$

Diambil jumlah *strand* sebanyak 85 *strand*

Tabel 4.20 Data Tendon

Nt1	4	tendon	19	strands/ tendon	76	strands dengan selubung tendon	84	mm
Nt2	1	tendon	12	strands/ tendon	12	strands dengan selubung tendon	84	mm
nt	5			ns	88			

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Persen tegangan leleh pada baja (% *jacking force*)

$$\begin{aligned} P_o &= P_t / (0,85 \times n_s \times P_{bs}) \\ &= 0,7942 \\ &= 79,42 \% \end{aligned}$$

P_o lebih kecil dari yang diisyaratkan yaitu sebesar 80%, sehingga aman untuk dilanjutkan ke perhitungan selanjutnya.

Gaya prategang yang terjadi akibat jacking :

$$\begin{aligned} P_j &= P_o \times n_s \times P_{bs} \\ &= 12646,120 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diperkirakan kehilangan tegangan (*loss of prestress*)

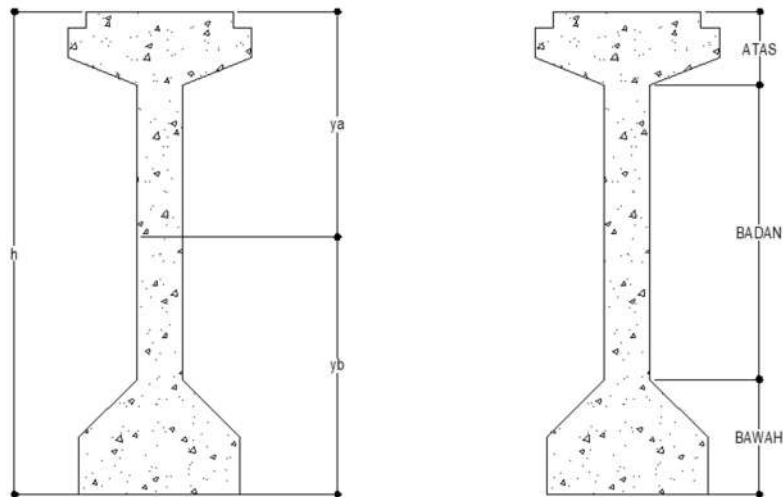
Kehilangan prategang diprediksi sebesar 20,58 %, sehingga

Gaya Prategang akhir + *loss*

$$P_{eff} = 79,42 \% \times P_j$$

$$= 100044,111 \text{ kN}$$

c. Pembesian Balok Prategang



Gambar 4.17 Sketsa Pembagian Balok Prategang
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Tulangan arah memanjang digunakan diameter, $D = 13 \text{ mm}$

Luas tulangan $D = 13 \text{ mm}$,

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$= 0,00013 \text{ m}^2$$

Luas tampang bagian bawah,

$$A_{bawah} = 0,1223 \text{ m}^2$$

Luas tul. bagian bawah,

$$A_{sbawah} = 0,5 \% \times A_{bawah}$$

$$= 0,00061 \text{ m}^2$$

Jumlah tul. bagian bawah,

$$n = \frac{A_{sbawah}}{\left(\frac{\pi}{4} \times D^2\right)}$$

$$= 4,609 \text{ batang}$$

Digunakan tulangan 8 D-13 mm

Luas tampang bagian atas,

$$A_{atas} = 0,043 \text{ m}^2$$

Luas tul. bagian atas,

$$\begin{aligned} AS_{atas} &= 0,5 \% \times A_{atas} \\ &= 0,00022 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jmlh tul. bagian atas,

$$\begin{aligned} n &= \frac{AS_{atas}}{\left(\frac{\pi}{4} \times D^2\right)} \\ &= 1,632 \text{ batang} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 8 D-13 mm

Luas tampang bagian badan,

$$A_{badan} = 0,1488 \text{ m}^2$$

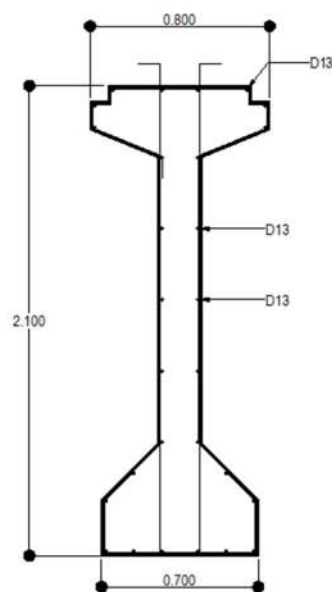
Luas tul. bagian badan,

$$\begin{aligned} AS_{badan} &= 0,5 \% \times A_{badan} \\ &= 0,00074 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jmlh tul. bagian badan,

$$\begin{aligned} n &= \frac{AS_{badan}}{\left(\frac{\pi}{4} \times D^2\right)} \\ &= 5,608 \text{ batang} \end{aligned}$$

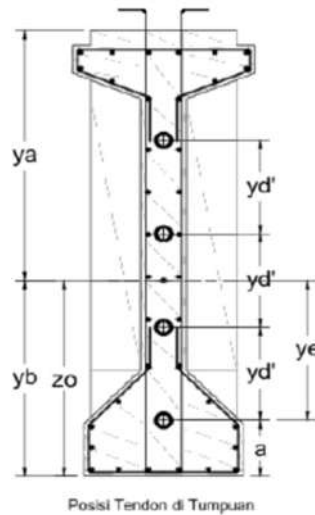
Digunakan tulangan 10 D-13 mm



Gambar 4.18 Sketsa Hasil Penulangan pada Dimensi Girder
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

d. Posisi Tendon

1. Tendon di tumpuan



Gambar 4.19 Notasi Tendon pada Tumpuan Girder
(Sumber : Noer, 2008)

- Jarak dari alas ke as tendon paling bawah, $a = 0,30$ m
- Letak titik berat beton terhadap alas, $y_b = 1,127$ m
- Untuk mencari momen statis tendon terhadap pusat tendon terbawah (Z_o) maka dilakukan langkah seperti berikut :
- Jumlah seluruh strand tendon, $n_s = 88$ strand
- Jumlah strand satu tendon, $n_i = 19$ strand
- Jumlah jarak antara as tendon 4 ke alas beton, $y_{d'} = 1$
- Jumlah jarak antara as tendon 3 ke alas beton, $y_{d'} = 2$
- Jumlah jarak antara as tendon 2 ke alas beton, $y_{d'} = 3$
- Jumlah jarak antara as tendon 1 ke alas beton, $y_{d'} = 4$
- Jumlah total perkalian antara strand dan jarak as,

Tabel 4.21 Rekapulasi Jarak Antar Tendon Ke Alas Beton

ni	yd'	ni x yd'
12	0	0
19	1	19
19	2	38
19	3	57
19	4	76
$\Sigma ni \times yd' / yd'$		190

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

$$N_s = 88 \text{ strand}$$

$$y_e / y_d' = [\sum n_i \times y_d'] / n_s$$

$$= 2,159 \text{ m}$$

$$y_e = y_b - a$$

$$= 0,827 \text{ m}$$

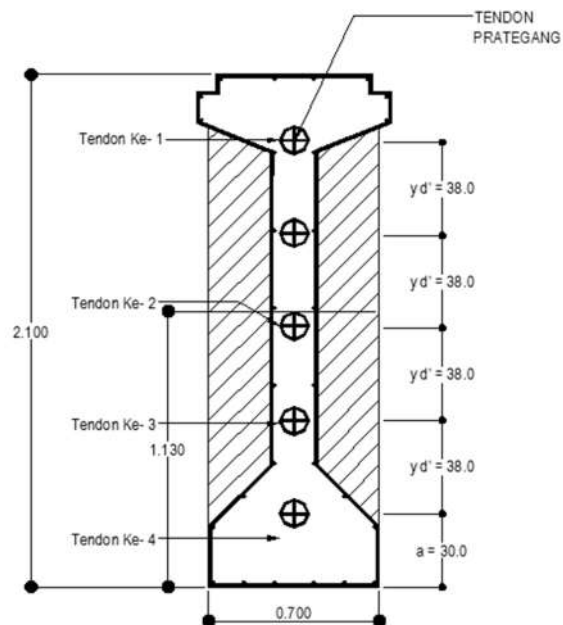
Jarak antar tendon,

$$y_d' = y_e / [y_e / y_d']$$

$$= 0,38 \text{ m}$$

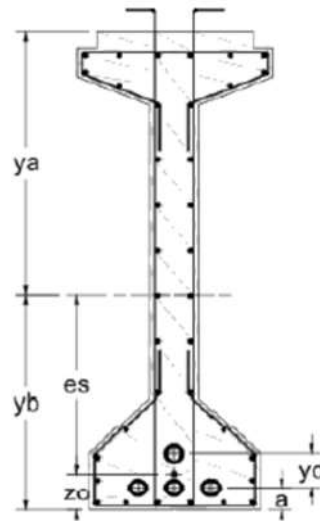
$$Z_o = a + y_e = y_b$$

$$= 1,13 \text{ m}$$



Gambar 4.20 Sketsa Hasil Notasi Tendon pada Tumpuan Girder ke – 2
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

2. Posisi Tendon di Tengah Bentang



Posisi Tendon di Tengah Bentang

Gambar 4.21 Notasi Tendon pada Tengah Girder
(Sumber : Noer, 2008)

Jarak dari alas ke as tendon paling bawah, $a = 0,25 \text{ m}$

Eksentrisitas tendon, $es = 0,8 \text{ m}$

$$\begin{aligned} Z_o &= y_b - es \\ &= 0,303 \text{ m} \end{aligned}$$

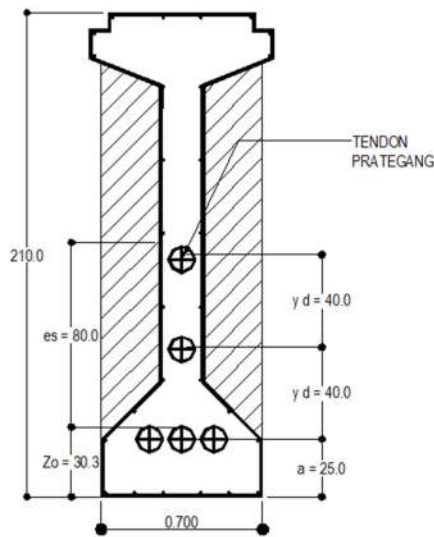
Momen statis tendon ke alas balok,

$$\begin{aligned} n_s \times Z_o &= n_1 \times a + n_2 \times (a + y_d) \\ y_d &= n_s \times (Z_o - a) / n_2 \\ &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Diameter selubung tendon, $D_t = 0,084 \text{ m}$

Jarak bersih vertikal antara selubung tendon (y_d) diambil nilai

$$\begin{aligned} D_{t2} &= 0,084 \text{ m} \\ D &= \frac{1}{2} (D_t + D_{t2}) \\ &= 0,084 \text{ m} \\ y_d &= y_d - D_t \\ &= 0,306 \text{ m} \\ &= 305,884 > 25 \text{ mm} \quad \text{OK!!!} \end{aligned}$$



Gambar 4.22 Sketsa Hasil Notasi Tendon pada Tengah
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

3. Eksentrisitas pada masing-masing tendon disajikan pada Tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22 Eksentrisitas Tendon Girder

No. Tendon	Posisi Tendon di Tumpuan X = 0 m	Zi' (m)	No. Tendon	Posisi Tendon di Tengah	Zi (m)	fi = Zi' - Zi
				Bentang X = 26 m		(m)
1	Z1' = a + (3 x yd')	1,83	1	Z1 = a + 2 x yd	1,030	0,802
2	Z2' = a + (3 x yd')	1,45	2	Z2 = a + yd	0,640	0,809
3	Z3' = a + (2 x yd')	1,07	3	Z3 = a	0,250	0,816
4	Z4' = a + yd'	0,68	4	Z4 = a	0,250	0,433
5	Z5' = a	0,30	5	Z5 = a	0,250	0,050

(Sumber : Olahan Data Skripsi 2021)

4. Lintasan inti tendon

Dengan menghasilkan lintasan inti tendon yang diuraikan pada Tabel 4.19.

Persamaan lintasan tendon,

$$Y = 4 \times f \times X / L^2 \times (L - X), \text{ dimana}$$

$$f = es$$

$$\text{Panjang balok prategang, } L = 52,00 \text{ m}$$

$$\text{Eksentrisitas tendon, } es = 0,82 \text{ m}$$

Tabel 4.23 Jarak Lintasan Inti Tendon

X (m)	Yi (m)	X (m)	Yi (m)	X (m)	Yi (m)	X (m)	Yi (m)
0	0,00	15	0,68	30	0,80	45	0,38
1	0,06	16	0,70	31	0,79	46	0,34
2	0,12	17	0,72	32	0,78	47	0,29
3	0,18	18	0,75	33	0,76	48	0,23
4	0,23	19	0,76	34	0,75	49	0,18
5	0,29	20	0,78	35	0,72	50	0,12
6	0,34	21	0,79	36	0,70	51	0,06
7	0,38	22	0,80	37	0,68	52	0,00
8	0,43	23	0,81	38	0,65		
9	0,47	24	0,82	39	0,62		
10	0,51	25	0,82	40	0,58		
11	0,55	26	0,82	41	0,55		
12	0,58	27	0,82	42	0,51		
13	0,62	28	0,82	43	0,47		
14	0,65	29	0,81	44	0,43		

Sumber : (Olahan Skripsi 2021)

5. Sudut angkur

Sudut angkur tendon pada tiap tendon berbeda-beda, sudut angkur ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar sudut di bagian angkur tendon pada masing – masing girder. Persamaan lintasan tendon,

$$Y = 4 \times f \times X / L^2 \times (L - X)$$

$$dY / dX = 4 \times fi \times (L - 2 \times X) / L^2$$

Untuk $X = 0$ adalah posisi angkur di tumpuan, maka dari rumus diatas diturunkan menjadi,

$$dY / dX = 4 \times fi / L$$

Persamaan sudut angkur,

$$\alpha = \text{ATAN} (dY/dX)$$

a. Tendon nomor 1

$$Fi = 0,8016$$

$$Dy/dx = 0,0617$$

$$\alpha_1 = 0,0616$$

b. Tendon nomor 2

$$F_i = 0,8086$$

$$Dy/dx = 0,0622$$

$$\alpha_2 = 0,0621$$

c. Tendon nomor 3

$$F_i = 0,8160$$

$$Dy/dx = 0,0627$$

$$\alpha_3 = 0,0627$$

d. Tendon nomor 4

$$F_i = 0,4330$$

$$Dy/dx = 0,0333$$

$$\alpha_4 = 0,0333$$

e. Tendon nomor 5

$$F_i = 0,050$$

$$Dy/dx = 0,00385$$

$$\alpha_1 = 0,00385$$

Tabel 4.24 Sudut Angkur Girder

No. Tendon	Jumlah strands	Diameter selubung	fi (m)	Dy/dx	Sudut Angkur	
					α radian	°
1	12	84	0,802	0,0617	0,0616	3,528
2	19	84	0,809	0,0622	0,0621	3,559
3	19	84	0,816	0,0627	0,0627	3,590
4	19	84	0,433	0,0330	0,0333	1,907
5	19	84	0,050	0,00385	0,0385	0,220

(Sumber : Olahan Data Skripsi 2021)

6. Tata Letak dan *Trace* Kabel

Tata letak kabel tendon dimulai dari perhitungan posisi masing – masing tendon sebagai berikut ini :

Posisi masing – masing tendon pada girder (Z_i)

$$Z_i = Z_i' - 4 \times f_i \times X / L^2 \times (L - X)$$

Panjang bentang girder $L = 52 \text{ m}$

Eksentrisitas tendon, $f_o = e_s = 0,82 \text{ m}$

Letak titik berat girder terhadap alas, $y_b = 1,127 \text{ m}$

Tabel 4.25 Rekapitulasi Eksentrisitas Tendon

f_{i1}	0,802	$Z_{1'}$	1,831
f_{i2}	0,809	$Z_{2'}$	1,449
f_{i3}	0,816	$Z_{3'}$	1,066
f_{i4}	0,433	$Z_{4'}$	0,683
f_{i5}	0,050	$Z_{5'}$	0,300

Sumber : (Olahan Data Skripsi 2021)

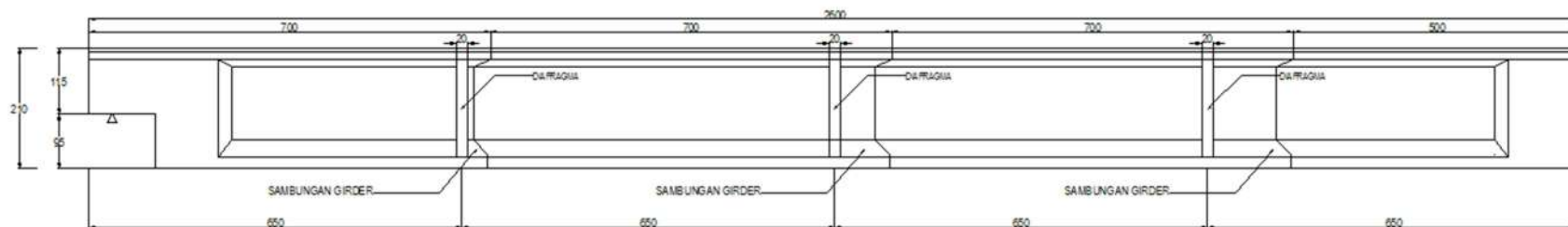
Nilai Y_i telah dicari pada Tabel 4.26 sebelumnya, sehingga hanya perlu dihitung saja perhitungan berikutnya.

Tabel 4.26 Tata Letak dan *Trace* Kabel

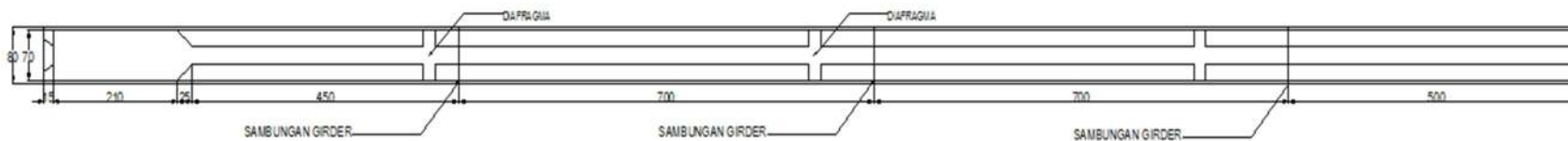
Jarak X (m)	Trace $Z_o = y_b - Y_i$ (m)	Posisi masing-masing				
		Z1 (m)	Z2 (m)	Z3 (m)	Z4 (m)	Z5 (m)
0	1,127	1,831	1,449	1,066	0,683	0,300
1	1,064	1,771	1,388	1,004	0,650	0,296
2	1,005	1,713	1,329	0,945	0,619	0,293
3	0,948	1,657	1,273	0,888	0,589	0,289
4	0,893	1,604	1,219	0,834	0,560	0,286
5	0,840	1,553	1,167	0,782	0,532	0,283
6	0,790	1,504	1,118	0,733	0,506	0,280
7	0,743	1,458	1,072	0,686	0,481	0,277
8	0,698	1,414	1,027	0,641	0,457	0,274
9	0,655	1,372	0,986	0,599	0,435	0,271
10	0,615	1,333	0,946	0,559	0,414	0,269
11	0,577	1,297	0,909	0,521	0,394	0,267
12	0,542	1,262	0,874	0,486	0,375	0,264
13	0,509	1,230	0,842	0,454	0,358	0,263
14	0,479	1,201	0,812	0,424	0,342	0,261
15	0,451	1,173	0,785	0,396	0,327	0,259
16	0,425	1,148	0,760	0,371	0,314	0,257
17	0,402	1,126	0,737	0,348	0,302	0,256
18	0,381	1,106	0,716	0,327	0,291	0,255
19	0,363	1,088	0,698	0,309	0,281	0,254
20	0,347	1,072	0,683	0,293	0,273	0,253
21	0,334	1,059	0,670	0,280	0,266	0,252

22	0,323	1,049	0,659	0,269	0,260	0,251
23	0,314	1,040	0,651	0,261	0,256	0,251
24	0,308	1,035	0,645	0,255	0,253	0,250
25	0,304	1,031	0,641	0,251	0,251	0,250
26	0,303	1,030	0,640	0,250	0,250	0,250

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)



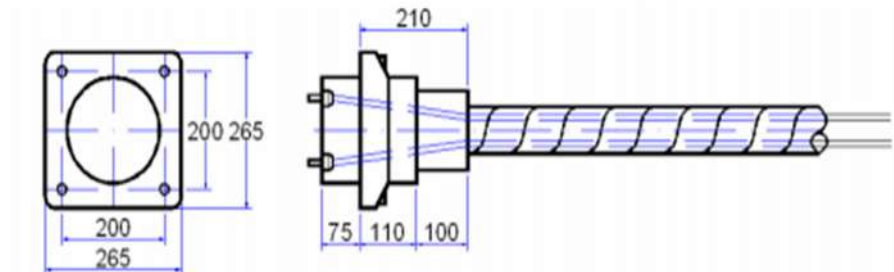
Gambar 4.23 Tata Letak Tendon (Tampak Samping)
 (Sumber: Olahan Data Skripsi, 2021)



Gambar 4.24 Tata Letak Tendon (Tampak Atas)
 (Sumber: Olahan Data Skripsi, 2021)

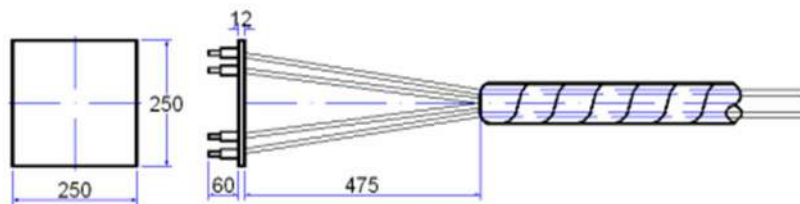
7. Pemakaian angkur

- a. Angkur hidup tipe VSL tipe 19 Sc, dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut:



Gambar 4.25 Angkur Hidup
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

- b. Angkur mati tipe VSL tipe 19 Sc, dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut:



Gambar 4.26 Angkur Mati
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.6.5 Kehilangan Tegangan (Loss of Prestress) pada Kabel

Kehilangan yang terjadi pada balok prategang terjadi karena beberapa kondisi, diantaranya sebagai berikut :

- a. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Angkur (*Anchorage Friction*)

Gaya prategang akibat jacking force,

$$P_j = 12646,119 \text{ kN}$$

Kehilangan gaya akibat gesekan angkur diperhitungkan sebesar 3% dari gaya prategang akibat jacking force yang diberikan,

$$P_o = 97\% \times P_j$$

$$= 12266,736 \text{ kN}$$

- b. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Kabel (*Jack Friction*)

Sudut lintasan tendon dari ujung ke tengah,

$$\alpha_{AB} = 2 \times (e_s + e_o) / (L / 2 + X_o) = 0,099 \text{ rad}$$

$$\alpha_{BC} = 2 \times (e_s + e_o) / (L / 2 + X_o) = 0,099 \text{ rad}$$

$$\begin{aligned} \text{Perubahan sudut lintasan tendon, } \alpha &= \alpha_{AB} + \alpha_{BC} \\ &= 0,197 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien gesek pada } \mu = 0,2$$

$$\text{Koefisien wobble pada } K = 0,0016$$

$$\text{Bilangan natural } e = 2,718$$

Kehilangan gaya akibat gesekan angkur dihitung, 3% dari gaya prategang

Loss of prestress akibat gesekan kabel untuk $LX = 26 \text{ m}$

$$\begin{aligned} P_x &= P_o \times e^{-\mu \times (\alpha + \beta \times Lx)} \\ &= 11890,664 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_x &= P_o \times e^{-\mu \times (\alpha + \beta \times Lx)} \\ &= 11989,996 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Kehilangan Tegangan Akibat Pemendekan Elastisitas (*Elastic Shortening*)

Jarak titik berat tendon baja terhadap titik berat tampang balok

$$e_s = 0,82 \text{ m}$$

Momen Inersia tampang balok tendon,

$$I_x = 0,0978 \text{ m}^4$$

Luas tampang balok beton,

$$A = 0,8184 \text{ m}^2$$

Modulus elastis balok beton,

$$E_{\text{balok}} = 39152893,11 \text{ kPa}$$

Modulus elastis baja prategang (strand),

$$E_s = 193000000 \text{ kPa}$$

Jumlah total strands

$$n_s = 88$$

Luas tampang nominal satu strands

$$A_{st} = 0,0001 \text{ m}^2$$

Beban putus satu strands,

$$P_{bs} = 187,32 \text{ kN}$$

Momen akibat berat sendiri balok,

$$M_{\text{balok}} = 7759,169 \text{ m}^4$$

Luas tampang tendon baja prategang,

$$\begin{aligned} A_t &= n_s \times A_{st} \\ &= 0,0088 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Modulus ratio antara baja prategang dengan balok beton,

$$\begin{aligned} n &= E_s / E_{\text{balok}} \\ &= 4,9294 \end{aligned}$$

Jari-jari inersia penampang balok beton,

$$\begin{aligned} i &= \sqrt{(I_x / A)} \\ &= 0,346 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_e &= A_t / A \times (1 + e_s^2 / i^2) \\ &= 0,0717 \end{aligned}$$

Tegangan baja prategang sebelum *loss off prestress* (di tengah bentang),

$$\begin{aligned} \sigma_{pi} &= n_s \times P_{bs} / A_t \\ &= 1873200 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastik dengan memperhitungkan pengaruh berat sendiri,

$$\begin{aligned} \Delta \sigma_{pe}' &= \sigma_{pi} \times n \times K_e / (1 + n \times K_e) \\ &= 489407,0477 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan Beton pada level bajanya oleh pengaruh gaya prategang P_t ,

$$\begin{aligned} \Sigma_{bt} &= \frac{\Delta \sigma_{pe}'}{n - M_{ba}} \times \frac{e_s}{I_x} \\ &= 33969,735 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastik tanpa pengaruh berat sendiri,

$$\begin{aligned} \Delta \sigma_{pe} &= 1/2 \times n \times \sigma_{bt} \\ &= 83725,088 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Loss of prestress akibat pemendekatan elastis,

$$\begin{aligned} \Delta P_e &= \Delta \sigma_{pe} \times A_t \\ &= 736,781 \text{ kPa} \end{aligned}$$

d. Kehilangan tegangan akibat pengangkut (*Anchoring*)

Panjang tarik masuk (berkisar antara 2 - 7 mm) diambil 2 mm,

$$\Delta L = 0,002 \text{ m}$$

Modulus elastis baja prategang,

$$E_s = 193000000 \text{ kPa}$$

Luas tampang tendon baja prategang,

$$A_t = 0,0088 \text{ m}^2$$

Loss of Prestress akibat gesekan ankur,

$$P_o = 12266,736 \text{ kN}$$

Loss of Prestress akibat gesekan kabel,

$$P_x = 11890,644 \text{ kN}$$

Jarak dari ujung sampai tengah bentang balok,

$$L_x = 26 \text{ m}$$

Kemiringan diagram gaya,

$$\begin{aligned} m &= \tan \omega \\ &= (P_o - P_x) / L_x \\ &= 14,464 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Jarak pengaruh kritis slip ankur dari ujung,

$$\begin{aligned} L_{\max} &= \sqrt{(\Delta L \times E_s \times A_t / m)} \\ &= 15,324 \text{ m} \end{aligned}$$

Loss of Prestress akibat ankur,

$$\begin{aligned} \Delta P &= 2 \times L_{\max} \times \tan \omega \\ &= 443,317 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P'_{\max} &= P_o - \Delta P / 2 \\ &= 12045,078 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P'_{\max} - \Delta p_e \\ &= 11601,761 \text{ kN} \end{aligned}$$

e. Kehilangan tegangan akibat relaksasi (*Relaxation of Tendon*)

1. Pengaruh Susut (*Shrinkage*)

Dalam menentukan besarnya pengaruh susut menggunakan rumus :

$$\Delta \varepsilon_{su} = \varepsilon_b \times k_b \times k_e \times k_p$$

Regangan dasar susut (basic shrinkage strain). Untuk kondisi kering udara dengan kelembaban < 50 % diperoleh,

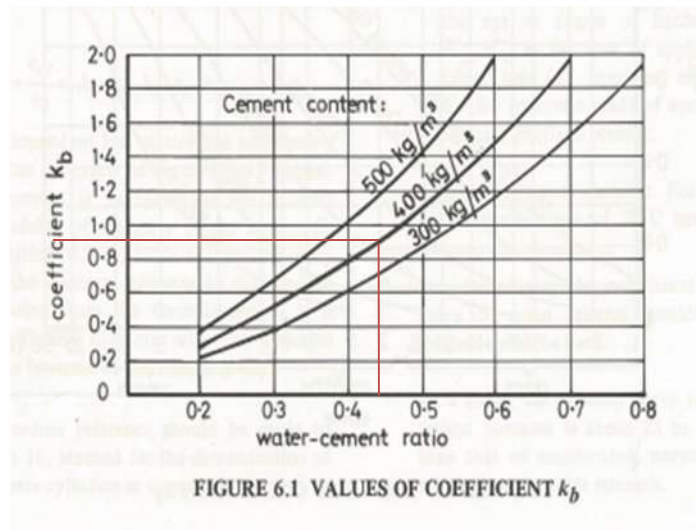
$$\varepsilon_b = 0,0006$$

Koefisien yang tergantung pada pemakaian air semen (*water cement ratio*) untuk beton mutu tinggi dengan faktor air semen,

$$w = 0.40$$

$$\text{Cement content} = 4.5 \text{ kN/m}^3$$

Dari Kurva 6.1 (*NAASRA Bridge Design Specification*) diperoleh,



Gambar 4.27 Koefisien Semen

(Sumber : *NAASRA Bridge Design Specification*)

$$k_b = 0.905$$

k_e = Koefisien yang tergantung pada tebal teoritis (e_m), didapat dari, Luas tampang balok,

$$A_c = 0.903 \text{ m}^2$$

Keliling penampang balok berhubungan dengan keliling luar,

$$K = 3.4 \text{ m}$$

$$e_m = 2 \times A/K$$

$$= 0.5313 \text{ m}$$

Dari Kurva 6.2 (*NAASRA Bridge Design Specification*) diperoleh,

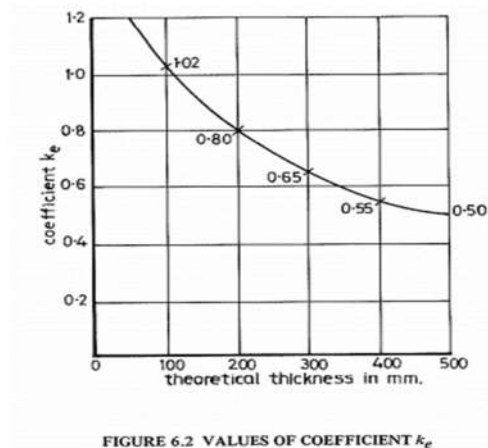


FIGURE 6.2 VALUES OF COEFFICIENT k_e
 Gambar 4.28 Koefisien Yang Tergantung Pada Tebal Teoritis
 (Sumber : NAASRA Bridge Design Specification)

$$K_e = 0,734$$

k_p = koefisien yang tergantung pada luas tulangan baja memanjang non prategang. Presentase luas tulangan memanjang terhadap luas tampang balok,

$$p = 0,5 \%$$

$$k_p = 100 / (100 + 20 \times p) = 0,999$$

maka,

$$\Delta \epsilon_{su} = \epsilon_b \times k_b \times k_e \times k_p = 0,000398$$

modulus baja prategang (*strands*)

$$E_s = 193000000 \text{ kPa}$$

Tegangan susut,

$$\sigma_{sh} = \Delta \epsilon_{su} \times E_s = 76845,62 \text{ kPa}$$

2. Pengaruh Rangkak (*Creep*)

P_i (saat transfer) di tengah bentang,

$$P_i = P_x - \Delta p_e = 11153,883 \text{ kN}$$

$$\frac{P_i}{(n_s \times P_{bs})} = 43,21\% \text{ UTS}$$

$$M_{\text{balok}} = 7759,169 \text{ kNm}$$

$$E_{\text{balok}} = 39152893,11 \text{ kPa}$$

$$W_a = 0,0868 \text{ m}^3$$

$$W_b = 0,1005 \text{ m}^3$$

$$e_s = 0,82 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{balok}} = 0,8184 \text{ m}^2$$

Tengah pada Beton di serat atas,

$$f_a = -P_i / A + P_i \times e_s / W_a - M_{\text{balok}} / W_a$$

$$= 2784,053 \text{ kPa}$$

Tegangan pada Beton di serat bawah,

$$f_b = -P_i / A - P_i \times e_s / W_b + M_{\text{balok}} / W_b$$

$$= -27810,390 \text{ kPa}$$

Regangan akibat *creep* menggunakan rumus :

$$e_{cr} = (f_c / E_{\text{balok}}) \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_{tn}$$

k_c = Koefisien yang tergantung pada kelembaban udara, untuk perhitungan diambil

kondisi kering dengan kelembaban udara < 50%,

Dari Tabel 6.5 (*NAASRA Bridge Design Specification*) diperoleh nilai,

$$k_c = 3$$

k_d = koefisien yang tergantung pada derajat pengerasan beton saat dibebani dan pada suhu rata-rata di sekelilingnya selama pengerasan beton.

Temperatur rata-rata di Indonesia umumnya lebih dari 20 ° C, maka perlu ada koreksi waktu pengerasan beton sebagai berikut :

Jumlah hari dimana pengerasan terjadi pada suhu rata-rata T-28 hari.

Temperatur udara rata-rata 27,5° C, maka :

Umur pengerasan beton terkoreksi saat dibebani,

$$t' = t \times (T + 10) / 30$$

$$= 35 \text{ hari}$$

Dari Kurva 6.4 (*NAASRA Bridge Design Specification*) untuk semen normal tipe I diperoleh (em),

$$k_d = 0,938$$

K_{tn} = koefisien yang tergantung pada waktu (t) dimana pengerasan semen normal

tipe I diperoleh (em),

$$e_m = 0,1821 \text{ m}$$

Dari Kurva 6.4 (*NAASRA Bridge Design Specification*) untuk semen normal tipe I diperoleh,

$$k_{tn} = 0,2$$

Tegangan,

$$f_c = f_b = 27810,3904 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{cr} &= (f_c / E_{\text{balok}}) \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_{tn} \\ &= 0,0002655 \end{aligned}$$

Tegangan akibat creep,

$$\begin{aligned} \sigma_{cr} &= \epsilon_{cr} \times E_s \\ &= 51250,63652 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sc} &= \epsilon_{cr} + \epsilon_{sh} \\ &= 76845,6206 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{pi} &= P_i / A_t \\ &= 1267486,69 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Besarnya tegangan terhadap UTS = 55 % UTS dalam ketentuan relaksasi setelah 1000 jam,

$$X = 0, \text{ jika } \sigma_{pi} < 50\% \text{ UTS}$$

$$X = 1, \text{ jika } \sigma_{pi} = 50\% \text{ UTS}$$

$$X = 2, \text{ jika } \sigma_{pi} = 70\% \text{ UTS}$$

Maka didapat nilai, $X = 1,906$

Relaksasi setelah 1000 jam pada 70% beban putus (UTS)

$$c = 2,50\%$$

$$\begin{aligned} \sigma_r &= X \times c \times (\sigma_{pi} - \Delta\sigma_{sc}) \\ &= 56734,047 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Loss of Prestress jangka panjang, $\Delta\sigma_{sc} + \sigma_r = 133580 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned}\Delta P &= (\Delta\sigma_{sc} + \sigma_r) \times A_t \\ &= 1175,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

Gaya efektif di tengah bentang,

$$\begin{aligned}P_{eff} &= P_i - \Delta P \\ &= 10710,566 \text{ kN}\end{aligned}$$

Persentase kehilangan gaya prategang total,

$$(1 - P_{eff} / P_j) \times 100\% = 15,306 \%$$

Dapat disimpulkan bahwa kehilangan gaya prategang (*loss of prestress*) pada girder sebesar 15,306 % dari gaya prategang yang diberikan.

f. Kontrol tegangan pada tendon baja pasca tarik

Kontrol tegangan pada tendon baja pasca tarik segera setelah penyaluran gaya prategang dilakukan.

Tegangan ijin tendon baja pasca tarik,

$$0,70 \times f_{pu} = 1302000 \text{ kPa}$$

Tegangan yang terjadi pada tendon baja pasca tarik,

$$\begin{aligned}f_p &= P_{eff} / A_t \\ &= 1217109,804 \text{ kPa} \\ &= P_{eff} / A_t < 0,70 \times f_{pu} \\ &= 1217109,804 \text{ kPa} < 1302000 \text{ kPa (Aman)}\end{aligned}$$

Kontrol tegangan pada tendon baja prestress dinyatakan aman karena nilai tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan yang diijinkan.

Tabel 4.27 Uraian Kehilangan Gaya Prategang

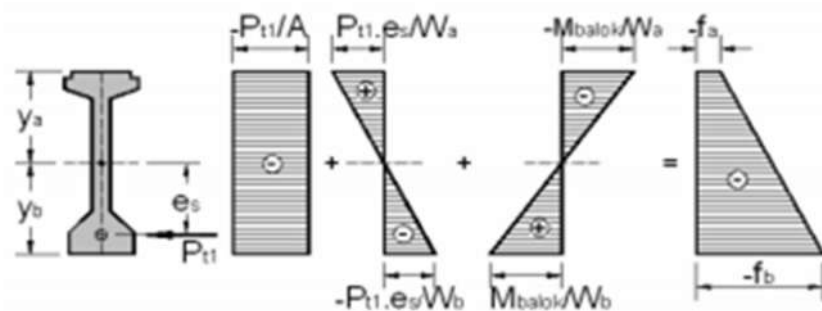
No	Uraian	Bentang	Satuan
1	P _j (Anchorage friction)	12646,120	kN
2	P _o (Jack friction)	12266,73597	kN
3	P _x (Elastic shortening)	11989,99632	kN
4	P _i (Relaxation of tendon)	11153,88287	kN
5	P _{eff} (Gaya efektif)	10710,566	kN
6	Loss of Prestress	15,306	%

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.6.6 Tegangan Yang Terjadi Pada Penampang Balok

Tegangan yang terjadi pada penampang balok diperhitungkan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Ada dua ketentuan, yaitu tegangan beton sesaat setelah penyaluran gaya prategang, dan tegangan beton pada kondisi beban layan, kedua faktor tersebut tidak boleh melebihi ketentuan yang ada.

a. Keadaan Awal (*Transfer*)



Gambar 4.29 Tegangan Yang Terjadi Pada Serat Beton
(Sumber : Ilham Noer, 2008)

Mutu beton K – 602,41, kuat tekan beton, f_c' = 50000 kPa

Tegangan ijin serat tekan terluar, $-0,60 \times (0,8 \times f_c')$ = -24000 kPa

Inisial minus (-) pada tegangan ijin menunjukkan keadaan tekan pada tegangan tersebut.

Luasan balok prategang, A = 0,8184 m²

Eksentrisitas tendon, e_s = 0,82 m

Gaya prategang awal, P_{t1} = 10749,20 kN

Momen balok prategang, M_{balok} = 7759,169 kNm

Tahanan momen pada sisi atas balok, W_a = 0,0868 m³

Tahanan momen pada sisi bawah balok, W_b = 0,1005 m³

sehingga mencari tegangan yang terjadi menggunakan rumus berikut :

Tegangan di serat atas beton prategang (f_{ca}),

$$F_{ca} = - P_{t1} / A + P_{t1} \times e_s / W_a - M_{balok} / W_a$$

$$= -13134,309 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah beton prategang (f_{cb}),

$$F_{cb} = - P_{t1} / A - P_{t1} \times e_s / W_b + M_{balok} / W_b$$

$$= -25709,703 \text{ kPa}$$

Serat tekan terluar pada balok terjadi di serat bawah, dalam perhitungan menghasilkan tegangan di serat bawah balok (f_{cb}) lebih kecil dari tegangan ijin serat tekan. Maka balok dinyatakan aman.

b. Keadaan Setelah *Loss Of Prestress*

Mutu beton K – 602,41 kuat tekan beton, $f_{c'} = 50000 \text{ kPa}$

Tegangan ijin serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati dan beban hidup adalah, $-0,45 \times f_{c'} = -22500 \text{ kPa}$

Inisial minus (-) pada tegangan ijin menunjukkan keadaan tekan pada tegangan tersebut.

Luasan balok prategang $A = 0,818 \text{ m}^2$

Eksentrisitas tendon, $e_s = 0,823 \text{ m}$

Gaya prategang efektif, $P_{eff} = 10710,566 \text{ kN}$

Momen balok prategang $M_{balok} = 7759,169 \text{ kN}$

Tahanan momen pada sisi atas balok,

$$W_a = 0,087 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi bawah balok,

$$W_b = 0,100 \text{ m}^3$$

sehingga mencari tegangan yang terjadi menggunakan rumus berikut :

Tegangan di serat atas beton prategang (f_a),

$$f_a = - P_{eff} / A + P_{eff} \times e_s / W_a - M_{balok} / W_a$$

$$= -878,294 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah beton prategang (f_b),

$$f_b = - P_{eff} / A - P_{eff} \times e_s / W_b + M_{balok} / W_b$$

$$= -23636,234 \text{ kPa}$$

Serat tekan terluar pada balok terjadi di serat bawah, dalam perhitungan menghasilkan tegangan di serat bawah balok (f_b) lebih kecil dari tegangan ijin serat tekan. Maka balok dinyatakan aman

c. Keadaan Setelah Plat Lantai Selesai Dicor (Beton Muda)

Mutu beton K – 602,41 kuat tekan beton, $f_{c'} = 50000 \text{ kPa}$

Tegangan ijin serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati dan beban hidup adalah,

$$-0,45 \times f_c' = -22500 \text{ kPa}$$

Inisial minus (-) pada tegangan ijin menunjukkan keadaan tekan pada tegangan tersebut.

Luasan balok prategang	A	= 0,818 m ²
Eksentrisitas tendon,	es	= 0,823 m
Gaya prategang efektif,	P _{eff}	= 10710,566 kN
Momen balok prategang	M _{balok}	= 7759,169 kNm
Momen plat kendaraan,	M _{plat}	= 2205 kNm
Momen balok + momen plat,	M _{balok} + M _{plat}	= 9964,169 kNm
Tahanan momen pada sisi atas balok,	W _a	= 0,087 m ³

Tahanan momen pada sisi bawah balok,

$$W_b = 0,100 \text{ m}^3$$

sehingga mencari tegangan yang terjadi menggunakan rumus berikut :

Tegangan di serat atas beton prategang (f_a),

$$f_a = - P_{eff} / A + P_{eff} \times es / W_a - M_{balok} / W_a$$

$$= -26272,871 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah beton prategang (f_b)

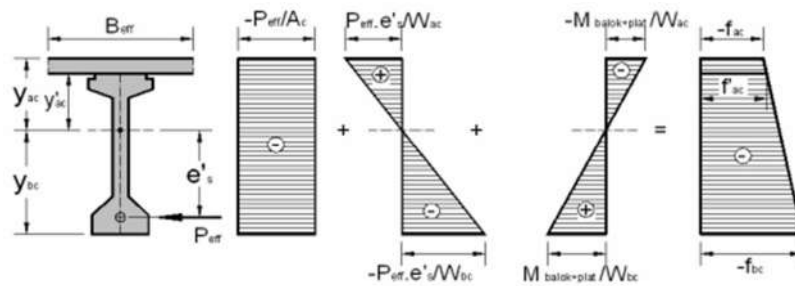
$$f_b = - P_{eff} / A - P_{eff} \times es / W_b + M_{balok} / W_b$$

$$= -1694,207 \text{ kPa}$$

Serat tekan terluar pada balok terjadi di serat bawah, dalam perhitungan menghasilkan tegangan di serat bawah balok (f_b) lebih kecil dari tegangan ijin serat tekan. Maka balok dinyatakan aman

d. Keadaan Setelah Plat Dan Balok Menjadi Komposit

Tegangan yang terjadi pada balok prategang yang telah komposit dengan plat lantai dapat digambarkan pada Gambar 4.30



Gambar 4.30 Tegangan yang terjadi pada serat dan plat

Sumber : (Ilham Noer, 2008)

Mutu beton K-481,93, kuat tekan beton, $f_c' = 50000 \text{ kPa}$

Tegangan ijin serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati dan beban hidup adalah, $-0,45 \times f_c' = -22500 \text{ kPa}$

Inisial minus (-) pada tegangan ijin menunjukkan keadaan tekan pada tegangan tersebut.

Luasan balok prategang $A_c = 0,903 \text{ m}^2$

Eksentrisitas tendon, $e's = e_s + (y_{bc} - y_b) = 1,152 \text{ m}$

Gaya prategang efektif, $P_{eff} = 10710,566 \text{ kN}$

Momen balok prategang $M_{balok} = 7759,169 \text{ kNm}$

Momen plat kendaraan, $M_{plat} = 2205 \text{ kNm}$

Momen balok + momen plat, $M_{balok} + M_{plat} = 9964,169 \text{ kNm}$

Tahanan momen pada sisi atas balok, $W_{ac} = 0,5977 \text{ m}^3$

Tahanan momen pada sisi bawah balok, $W'_{ac} = 0,7475 \text{ m}^3$

Tahanan momen pada sisi bawah balok telah komposit dengan pelat,

$W_{bc} = 0,4583 \text{ m}^3$

sehingga mencari tegangan yang terjadi menggunakan rumus berikut :

Tegangan di serat atas pelat (f_{ac}),

$$\begin{aligned} f_{ac} &= - P_{eff} / A_c + P_{eff} \times e's / W_a - M_{balok} / W_{ac} \\ &= -7889,225 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat atas balok (f'_{ac}),

$$\begin{aligned} f'_{ac} &= - P_{eff} / A_c + P_{eff} \times e's / W_a - M_{balok} / W'_{ac} \\ &= -8684,511 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat bawah beton prategang

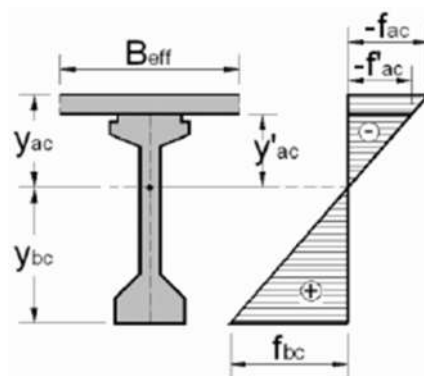
$$f_{bc} = - P_{eff} / A_c - P_{eff} \times e' / W_a + M_{balok} / W'_{bc}$$

$$= -17035,015 \text{ kPa}$$

Serat tekan terluar pada balok terjadi di serat bawah, dalam perhitungan menghasilkan tegangan di serat bawah balok (f_{bc}) lebih kecil dari tegangan ijin serat tekan. Maka balok dinyatakan aman

4.6.7 Tegangan yang terjadi pada balok komposit

a. Tegangan Akibat Berat Sendiri (MS)



Gambar 4.31 Diagram Tegangan akibat Berat Sendiri
Sumber : (Noer, 2019)

Momen akibat berat sendiri,

$$MMS = 11139,1686 \text{ kNm}$$

Luasan balok prategang komposit dengan pelat,

$$A_c = 0,903 \text{ m}^2$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok,

$$W_{ac} = 0,5698 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi atas balok telah komposit dengan pelat,

$$W'_{ac} = 0,7475 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi bawah balok telah komposit dengan pelat,

$$W_{bc} = 0,4583 \text{ m}^3$$

sehingga mencari tegangan yang terjadi menggunakan rumus berikut :

Tegangan di serat atas pelat (f_{ac})

$$f_{ac} = - MMS / W_{ac}$$

$$= -18635,9694 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat atas balok (f'_{ac}),

$$\begin{aligned} f'_{ac} &= -MMS / W'_{ac} \\ &= -14901,9978 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat bawah balok (f_{bc}),

$$\begin{aligned} f_{bc} &= MMS / W_{bc} \\ &= 24304,9344 \text{ kPa} \end{aligned}$$

b. Tegangan Akibat Beban Mati Tambahan (MA)

Momen akibat berat sendiri,

$$MMA = 1818,44 \text{ kNm}$$

Luasan balok prategang komposit dengan pelat,

$$A_c = 0,903 \text{ m}^2$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok,

$$W_{ac} = 0,598 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi atas balok telah komposit dengan pelat,

$$W'_{ac} = 0,748 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi bawah balok telah komposit dengan pelat,

$$W_{bc} = 0,458 \text{ m}^3$$

Sehingga mencari tegangan yang terjadi menggunakan rumus berikut :

Tegangan di serat atas pelat (f_{ac})

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -MMA/W_{ac} \\ &= -3042,273 \text{ kPa} \end{aligned}$$

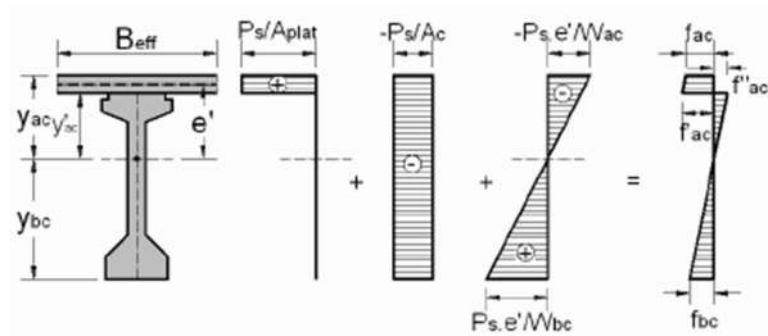
Tegangan di serat atas balok (f'_{ac}),

$$\begin{aligned} f'_{ac} &= -MMA / W'_{ac} \\ &= -2432,709 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat bawah balok (f_{bc}),

$$\begin{aligned} f_{bc} &= MMA / W_{bc} \\ &= 3967,717 \text{ kPa} \end{aligned}$$

c. Tegangan Akibat Susut Dan Rangkak



Gambar 4.32 Diagram Tegangan akibat Susut
 Sumber : (Noer, 2008)

Gaya internal yang timbul akibat susut (*menurut NAASRA Bridge Design Specification*) dinyatakan dengan :

$$P_s = A_{plat} \times E_{balok} \times \Delta \epsilon_{su} \times n \times [(1 - e - cf) / cf]$$

Luas penampang plat,

$$\begin{aligned} A_{plat} &= B_{eff} \times h_o \\ &= 0,2396 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Modulus balok

$$E_{balok} = 39152893,1053 \text{ kPa}$$

Bilangan natural ketetapan,

$$e = 2,718$$

n = rasio modulus plat dan balok

$$\begin{aligned} n &= E_{plat} / E_{balok} \\ &= 0,599 \end{aligned}$$

eksentrisitas tendon,

$$\begin{aligned} e' &= y_{ac} - h_o / 2 \\ &= 0,599 \end{aligned}$$

Luasan balok prategang komposit dengan pelat,

$$A_c = 0,903 \text{ m}^2$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok,

$$W_{ac} = 0,598 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi atas balok telah komposit dengan pelat,

$$W'_{ac} = 0,747 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi bawah balok telah komposit dengan pelat,

$$W_{bc} = 0,458 \text{ m}^3$$

Gaya internal yang timbul akibat susut :

$$\Delta \epsilon_{su} = \epsilon_b \times k_b \times k_e \times k_p,$$

Dimana nilai dari,

$$\epsilon_b = 0,0006$$

$$k_d = 0,905$$

$$k_c = 3$$

$$k_d = 0,938$$

$$k_e = 0,734$$

$$k_{tn} = 0,2$$

$$\begin{aligned} \Delta \epsilon_{su} &= \epsilon_b \times k_b \times k_e \times k_p \\ &= 0,000398 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_f &= k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times (1 - k_{tn}) \\ &= 1,495 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_s &= A_{plat} \times E_{balok} \times \Delta \epsilon_{su} \times n \times [(1 - e_{cf}) / c_f] \\ &= 1160,775 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga mencari tegangan yang terjadi menggunakan rumus berikut :

Tegangan di serat atas pelat (f_{ac})

$$\begin{aligned} f_{ac} &= P_s / A_{plat} - P_s / A_c - P_s \times e' / W_{ac} \\ &= 2396,115 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat bawah pelat (f'_{ac}),

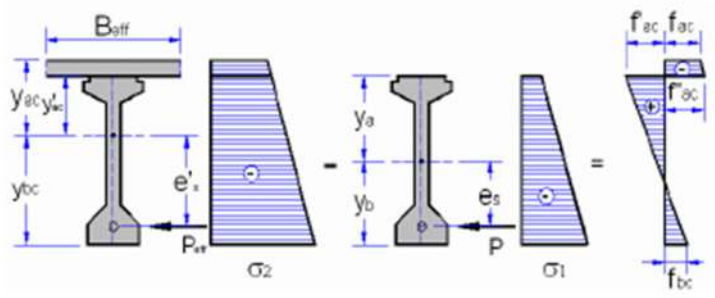
$$\begin{aligned} f'_{ac} &= P_s / A_{plat} - P_s / A_c - P_s \times e' / W'_{ac} \\ &= 2629,194 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat atas balok (f_{bc}),

$$\begin{aligned} f'_{bc} &= -P_s / A_c - P_s \times e' / W'_{ac} \\ &= -2215,368 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat bawah balok (f_{bc}),

$$\begin{aligned} f_{bc} &= -P_s / A_c + P_s \times e' / W_{bc} \\ &= 231,957 \text{ kPa} \end{aligned}$$



Gambar 4.33 Diagram Tegangan akibat Rangkak
 Sumber : (Noer, 2008)

Residual creep (menurut NAASRA Bridge Design Specification)

dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{dimana, } \sigma_{cr} = (1 - e^{-cf}) \times (\sigma_2 - \sigma_1)$$

σ_1 = Tegangan pada balok setelah plat lantai dicor (beton muda)

σ_2 = Tegangan pada balok setelah plat lantai dan balok komposit

e = bilangan natural, = 2,7183

cf = *the residual creep factor* = $k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times (1 - k_{tn})$
 = 1,4954

$(1 - e^{-cf})$ = Angka pengurangan 1 dengan bilangan natural berpangkat

1. Tegangan pada balok setelah plat lantai dan balok komposit (σ_2)

Tegangan di serat atas pelat dalam keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit (f_{ac}),

$$f_{ac} = -3042,273 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah pelat dalam keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit (f'_{ac}),

$$f'_{ac} = -8684,511 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat atas balok dalam keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit (f'_{ac}),

$$f'_{ac} = -8684,511 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah balok dalam keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit (f_{bc}),

$$f_{bc} = -17035,015 \text{ kPa}$$

2. Tegangan pada balok setelah plat lantai dicor (beton muda) (σ_1)

Tegangan di serat atas beton prategang (f_a),

$$f_a = -26272,871 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah beton prategang (f_b),

$$f_b = -1694,207 \text{ kPa}$$

Sehingga tegangan akibat rangkai :

$$f_{ac} = -3042,273 \text{ kPa}$$

$$f'_{ac} = -8684,511 \text{ kPa}$$

$$f''_{ac} = -8684,511 \text{ kPa}$$

$$f_{bc} = -17035,015 \text{ kPa}$$

Setelah dilakukan perhitungan tegangan akibat rangkai, maka superposisi tegangan akibat susut dan rangkai akan ditotalkan sehingga diperoleh satu tegangan yang terjadi. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Tegangan Akibat Susut dan Rangkai

Teg Pada Beton		Susut kPa	Rangkai kPa	Susut dan Rangkai Baja	
Teg di serat atas plat	F_{ac}	2396,115	-3042,273	-646,158	kPa
Teg di serat bawah plat	f'_{ac}	2629,194	-8684,511	-6055,317	kPa
Teg di serat atas balok	f'_{ac}	-2215,368	-8684,511	-10899,879	kPa
teg di serat bawah balok	F_{bc}	231,957	-17035,015	-16803,058	kPa

(Sumber : *Olahan Data Skripsi, 2021*)

2. Gaya Akibat Prategang (PR)

Luasan balok prategang komposit dengan pelat,

$$A_c = 0,903 \text{ m}^2$$

Eksentrisitas tendon terhadap titik berat balok komposit dengan pelat,

$$\begin{aligned} e'_s &= e_s + (y_{bc} - y_b) \\ &= 1,152 \text{ m} \end{aligned}$$

Gaya prategang efektif,

$$P_{eff} = 10710,566 \text{ kN}$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok

$$W_{ac} = 0,598 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi atas balok telah komposit dengan pelat,

$$W'_{ac} = 0,747 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi bawah balok telah komposit dengan pelat,

$$W_{bc} = 0,458 \text{ m}^3$$

Rumus yang digunakan dalam mencari tegangan yang terjadi, adalah sebagai berikut:

Tegangan diserat atas pelat (f_{ac})

$$\begin{aligned} f_{ac} &= - P_{eff} / A_c + P_{eff} \times e'_s / W_{ac} \\ &= 8780,955 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat atas balok (f_{ac})

$$\begin{aligned} f'_{ac} &= - P_{eff} / A_c + P_{eff} \times e'_s / W'_{ac} \\ &= 4645,552 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat bawah beton prategang (f_{bc}),

$$\begin{aligned} f_{bc} &= - P_{eff} / A_c - P_{eff} \times e'_s / W_{bc} \\ &= -38776,176 \text{ kPa} \end{aligned}$$

3. Tegangan Akibat Gaya Rem (TB)

Momen akibat beban lajur "D",

$$M_{TD} = 19741,8 \text{ kPa}$$

Luasan balok prategang komposit dengan pelat,

$$A_c = 0,903 \text{ m}^2$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok,

$$W_{ac} = 0,598 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi atas balok telah komposit dengan pelat,

$$W'_{ac} = 0,747 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi bawah balok telah komposit dengan pelat,

$$W_{bc} = 0,458 \text{ m}^3$$

Rumus yang digunakan dalam mencari tegangan yang terjadi, adalah sebagai berikut:

Tegangan diserat atas pelat (f_{ac})

$$\begin{aligned} f_{ac} &= - M_{TD} / W_{ac} \\ &= -33028,280 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat atas balok (f_{ac})

$$f'_{ac} = -M_{TD} / W_{ac}$$

$$= -26410,577 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah beton prategang

$$f_{bc} = M_{TD} / W_{ac}$$

$$= 43075,311 \text{ kPa}$$

4. Tegangan Akibat Beban Angin (EW)

Momen akibat beban angin "EW",

$$M_{EW} = 4,599$$

Luasan balok prategang komposit dengan pelat,

$$A_c = 0,903 \text{ m}^2$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok,

$$W_{ac} = 0,598 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi atas balok telah komposit dengan pelat,

$$W'_{ac} = 0,747 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi bawah balok telah komposit dengan pelat,

$$W_{bc} = 0,458 \text{ m}^3$$

Rumus yang digunakan dalam mencari tegangan yang terjadi, adalah sebagai berikut:

Tegangan diserat atas pelat (f_{ac})

$$f_{ac} = -M_{EW} / W_{ac}$$

$$= -7,694 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat atas balok (f_{ac})

$$f'_{ac} = -M_{EW} / W_{ac}$$

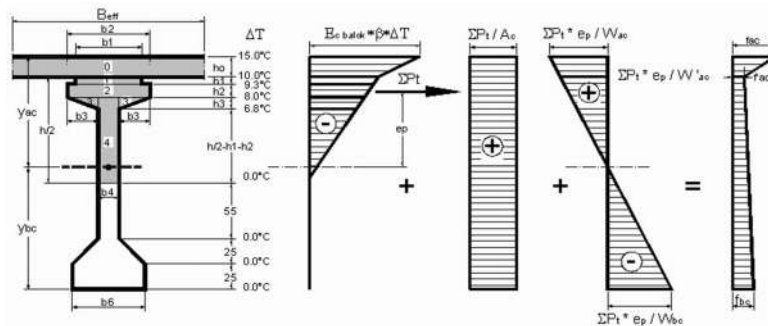
$$= -6,153 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah beton prategang

$$f_{bc} = M_{EW} / W_{ac}$$

$$= 10,035 \text{ kPa}$$

5. Tegangan Akibat Pengaruh Temperatur (ET)



Gambar 4.34 Diagram Tegangan akibat Pengaruh Temperatur
(Sumber : Noer, 2019)

Tegangan yang terjadi akibat beban temperatur juga perlu untuk diperhitungkan, tegangan yang terjadi seperti pada Tabel 4.23. dan pada Lampiran Perhitungan PCI – Girder.

Gaya internal akibat perbedaan temperatur

$$P_t = A_t \times E_{\text{balok}} \times \beta \times (T_a + T_b)/2$$

Modulus elastis balok

$$E_{\text{balok}} = 23452952,91 \text{ kPa}$$

Koefisien muai

$$\beta = 0,000011/^\circ\text{C}$$

$$Y_{ac} = 0,998 \text{ m}$$

$$\Delta T = 12,50 \text{ }^\circ\text{C}$$

Luasan balok prategang komposit dengan pelat

$$A_c = 0,90 \text{ m}^2$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok,

$$W_{ac} = 0,60 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok,

$$W'_{ac} = 0,75 \text{ m}^3$$

Tahanan momen pada sisi atas pelat telah komposit dengan balok,

$$W_{bc} = 0,458 \text{ m}^3$$

Tabel 4.29 Tegangan Akibat Pengaruh Temperatur

No	Lebar B (m)	Tebal H (m)	Luas At (m ²)	Temperatur		$(\Delta a + \Delta b)/2$	Gaya Pt (kN)	lengan terhadap titik berat penampang balok komposit	Zi
				Atas Δa (°C)	bawah Δb (°C)				
1	1,20	0,200	2,1700	15,0	10,0	12,5	6997,775	$Z_0 = Y_{ac} - h_0/2$	0,898
2	0,64	0,075	2,0325	10,0	9,3	9,65	5059,972	$Z_1 = Y_{ac} - h_0 - h_1/2$	0,761
3	0,80	0,125	1,9325	9,3	8,0	8,65	4312,467	$Z_2 = Y_{ac} - h_0 - h_1 - h_2/2$	0,661
4	0,30	0,120	1,8100	8,0	6,8	7,4	3455,417	$Z_3 = Y_{ac} - h_0 - h_1 - h_2 - h_3/2$	0,538
5	0,03	0,120	1,6900	8,0	0,0	4	1743,962	$Z_4 = Y_{ac} - h_0 - h_1 - h_2 - h_4/2$	0,418
$\Sigma Pt =$							21569,593		$\Sigma MPt =$

Momen Mpt (Kgm)	Gaya Pt (kN)	lengan terhadap titik berat penampang balok komposit	Zi
6285,258	6997,775	$Z_0 = Y_{ac} - h_0/2$	0,898
3849,017	5059,972	$Z_1 = Y_{ac} - h_0 - h_1/2$	0,761
2849,159	4312,467	$Z_2 = Y_{ac} - h_0 - h_1 - h_2/2$	0,661
1859,635	3455,417	$Z_3 = Y_{ac} - h_0 - h_1 - h_2 - h_3/2$	0,538
729,289	1743,962	$Z_4 = Y_{ac} - h_0 - h_1 - h_2 - h_4/2$	0,418
15572,357	21569,593		$\Sigma MPt =$

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.6.8 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan

Kontrol tegangan terhadap kombinasi pembebanan yang terjadi pada girder diperhitungkan berdasarkan tegangan-tegangan yang bekerja pada girder dikalikan dengan faktor beban yang telah ditentukan didalam peraturan pembebanan jembatan pada SNI 1725-2016. Adapun hasil kombinasi pembebanan disajikan dalam bentuk Tabel.

Tegangan yang diizinkan dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tekan, } f_c' &= 50 \text{ MPa} \\ &= 50000 \text{ kPa} \\ \text{Mutu Beton} &= K - 602,41 \\ \text{Teg, Ijin Tekan, } F_c' &= -0,45 f_c' \\ &= -22500 \text{ kPa} \\ \text{Teg, Ijin Tarik, } F_c' &= 0,5 \sqrt{f_c'} \\ &= 112 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Adapun kontrol tegangan terhadap kombinasi pembebanan disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada Tabel 4.25 berikut:

Tabel 4.30 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan

Aksi/Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekkstrim I	Ekkstrim II	Ekkstrim III	Layan I	Layan II	Layan III
MS (Precast)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1	1	1	1
MS (Cor Di Tempat)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1	1	1	1
MA	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
TA	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1	1
PR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SH	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1
TD/TT	1,8	1,4	-	-	-	0,3	0,5	1	1,3	0,8	-
TB	1,8	1,4	-	-	-	0,3	0,5	1	1,3	0,8	-
EWs	-	-	1,4	-	0,4	-	-	0,3	-	-	0,7
ET	0,5	0,5	0,5	-	0,5	-	-	0,5	-	0,5	-

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Adapun hasil dari kombinasi pembebanan disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut:

Tabel 4.31 Hasil Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Kuat I										
Tegangan	MS	MA	SR	PR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-25880,78	-6084,55	1198,06	8780,95	-59450,90	-1197,13	26579,37	-	-56054,99	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-47539,04	-957,27	23969,34	-	-44127,42	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-47539,04	-957,27	23969,34	-	-44127,42	< Fc' AMAN
fbc	33753,58	7935,43	-1107,68	-38776,18	77535,56	1561,29	-5048,33	-	75853,68	< Fc' AMAN
Kombinasi Kuat II										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-25880,78	-6084,55	1198,06	8780,95	-46239,59	-931,10	26579,37	-	-42577,65	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-36974,81	-744,54	23969,34	-	-33350,46	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-36974,81	-744,54	23969,34	-	-33350,46	< Fc' AMAN
fbc	33753,58	7935,43	-1107,68	-38776,18	60305,44	1214,34	-5048,33	-	58276,60	< Fc' AMAN
Kombinasi Kuat III										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-25880,78	-6084,55	1198,06	8780,95	-	-	26579,37	-10,77	4582,28	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-	-	23969,34	-8,61	4360,27	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-	-	23969,34	-8,61	4360,27	< Fc' AMAN
fbc	33753,58	7935,43	-1107,68	-38776,18	-	-	-5048,33	14,05	-3229,12	< Fc' AMAN
Kombinasi Kuat IV										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-25880,78	-6084,55	1198,06	8780,95	-	-	-	-	-21986,32	< Fc' AMAN

f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-	-	-	-	-19600,46	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-	-	-	-	-19600,46	< Fc' AMAN
fbc	33753,58	7935,43	-1107,68	-38776,18	-	-	-	-	1805,16	< Fc' AMAN
Kombinasi Kuat V										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-25880,78	-6084,55	1198,06	8780,95	-	-	26579,37	-7,69	4585,35	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-	-	23969,34	-6,15	4362,73	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-	-	23969,34	-6,15	4362,73	< Fc' AMAN
fbc	33753,58	7935,43	-1107,68	-38776,18	-	-	-5048,33	10,03	-3233,14	< Fc' AMAN
Kombinasi Ekstrim I										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-25880,78	-6084,55	1198,06	8780,95	-9908,48	-199,52	0,00	-7,69	-32102,02	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-7923,17	-159,54	11250,01	-6,15	-38939,33	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-7923,17	-159,54	11250,01	-6,15	-38939,33	< Fc' AMAN
fbc	33753,58	7935,43	-1107,68	-38776,18	12922,59	260,22	0,00	10,03	14998,00	< Fc' AMAN
Kombinasi Ekstrim II										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-25880,78	-6084,55	1198,06	8780,95	-16514,14	-332,54	0,00	-7,69	-38840,69	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-13205,29	-265,91	0,00	-6,15	-33077,80	< Fc' AMAN
f'ac	-20695,19	-4865,42	1314,60	4645,55	-13205,29	-265,91	0,00	-6,15	-33077,80	< Fc' AMAN
fbc	33753,58	7935,43	-1107,68	-38776,18	21537,66	433,69	0,50	10,03	23787,04	< Fc' AMAN
Kombinasi Ekstrim III										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan

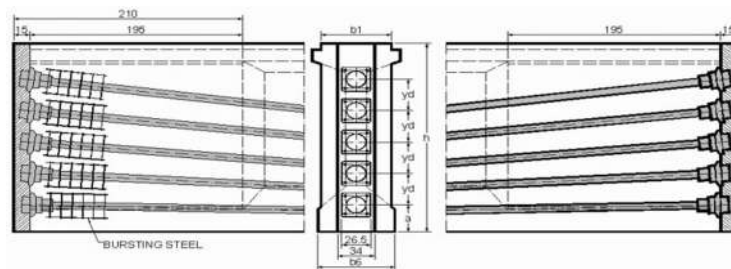
fac	-19908,30	-3042,27	8780,95	8780,95	-16514,14	-665,07	0,50	-2,31	-22569,68	< Fc' AMAN
f'ac	-15919,37	-2432,71	-8684,51	4645,55	-13205,29	-531,82	0,50	-1,85	-36129,49	< Fc' AMAN
f'ac	-15919,37	-2432,71	-8684,51	4645,55	-13205,29	-531,82	0,50	-1,85	-36129,49	< Fc' AMAN
fbc	25964,30	3967,72	-17035,01	-38776,18	21537,66	867,38	0,50	3,01	-3470,63	< Fc' AMAN
Kombinasi Layan I										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-19908,30	-3042,27	8780,95	8780,95	-42936,76	-864,59	-	-	-49190,02	< Fc' AMAN
f'ac	-15919,37	-2432,71	-8684,51	0,00	-34333,75	-691,36	-	-	-62061,70	< Fc' AMAN
f'ac	-15919,37	-2432,71	-8684,51	4645,55	-34333,75	-691,36	-	-	-57416,15	< Fc' AMAN
fbc	25964,30	3967,72	-17035,01	0,00	55997,90	1127,60	-	-	70022,50	< Fc' AMAN
Kombinasi Layan II										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-19908,30	-3042,27	8780,95	8780,95	-26422,62	-532,06	-	-3,85	-32347,19	< Fc' AMAN
f'ac	-15919,37	-2432,71	-8684,51	4645,55	-21128,46	-425,45	-	-3,08	-43948,03	< Fc' AMAN
f'ac	-15919,37	-2432,71	-8684,51	4645,55	-21128,46	-425,45	-	-3,08	-43948,03	< Fc' AMAN
fbc	25964,30	3967,72	-17035,01	-38776,18	34460,25	693,91	-	5,02	9280,00	< Fc' AMAN
Kombinasi Layan III										
Tegangan	MS	MA	SR	FR	TD	TB	ET	EW	Teg.kombinasi	Keterangan
fac	-19908,30	-3042,27	8780,95	8780,95	-	-	37211,11	-	31822,45	< Fc' AMAN
f'ac	-15919,37	-2432,71	-8684,51	4645,55	-	-	33557,08	-	11166,03	< Fc' AMAN
f'ac	-15919,37	-2432,71	-8684,51	4645,55	-	-	33557,08	-	11166,03	< Fc' AMAN
fbc	25964,30	3967,72	-17035,01	-38776,18	-	-	-7067,66	-	-32946,84	< Fc' AMAN

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Berdasarkan hasil dari tegangan yang terjadi terhadap kombinasi pembebanan diperoleh tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan izin. Sehingga sehinggalproses sambungan segmental terhadap balok prategang cukup menggunakan *resin epoxy* tanpa ankur tambahan.

4.6.9 Pembesian End Block

Pembesian *end block* berfungsi untuk menahan gaya geser yang terjadi pada ujung balok girder.



Gambar 4.35 Gambar Posisi Tendon untuk Pembesian *End Block*
(Sumber : Noer, 2008)

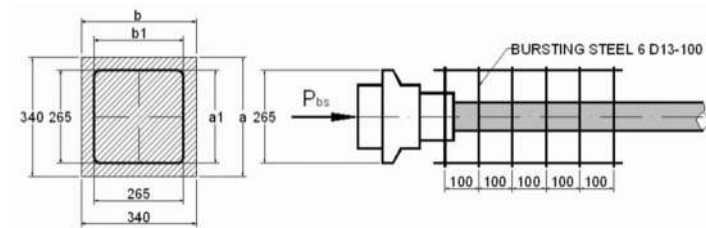
Jacking (P_j) pada masing-masing *cable* mengakibatkan gaya prategang, Perhitungan gaya prategang yang terjadi tercantum pada Tabel 4.27 berikut:

Tabel 4.32 Gaya Prategang Akibat *Jacking* Pada Masing-Masing Kabel

No.Cable	ankur hidup VSL		ankur mati VSL		ns (<i>Strand</i>)	Pbs (kN)	Po (%)	Pj = Po × ns × Pbs (kN)
	Sc (Ton)	Dim (mm)	P (Ton)	Dim (mm)				
1.0	19	265	19	250	12	187.3 2	75.44 2	1695.81
2.0	19	265	19	250	19	187.3 2	75.44 2	2685.03
3.0	19	265	19	250	19	187.3 2	75.44 2	2685.03
4.0	19	265	19	250	19	187.3 2	75.44 2	2685.03

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

a. Sengkang Untuk *Bursting Force*



Gambar 4.36 Bursting Steel pada End Block

Sumber : (Noer, 2019)

Gambar 4.26 merupakan ukuran pelat yang ditunjukkan dengan notasi sebagai berikut :

$$a_1 = b_1 = 250 \text{ mm}$$

$$a = b = 340 \text{ mm}$$

Rasio perbandingan lebar plat angkur untuk sengkang arah vertikal (r_a),

$$\begin{aligned} r_a &= a_1 / a \\ &= 0,7353 \end{aligned}$$

Rasio perbandingan lebar plat angkur untuk sengkang arah horizontal (r_b),

$$\begin{aligned} r_b &= b_1 / b \\ &= 0,7353 \end{aligned}$$

Tegangan leleh baja sengkang U –32,

$$f_y = 320000 \text{ kPa}$$

Tegangan ijin baja sengkang,

$$\begin{aligned} F_s &= 0,578 \times f_y \\ &= 184960 \end{aligned}$$

Diameter sengkang yang digunakan 2 D – 13 mm

Luasan tulangan 2 D – 13

$$\begin{aligned} A_s &= 2 \times \pi / 4 \times D^2 \\ &= 0,000265 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

1. Tendon ke 1

Bursting force untuk sengkang arah vertikal (P_{bta}),

$$\begin{aligned} P_{bta} &= 0,30 \times (1 - r_a) \times P_j \\ &= 134,667 \end{aligned}$$

Bursting force untuk sengkang arah horizontal (P_{btb}),

$$\begin{aligned} P_{btb} &= 0,30 \times (1 - r_b) \times P_j \\ &= 134,667 \end{aligned}$$

Luas tulangan sengkang arah vertikal yang diperlukan (A_{ra}),

$$\begin{aligned} A_{ra} &= P_{bta} / (0,85 \times f_s) \\ &= 0,0009 \end{aligned}$$

Luas tulangan sengkang arah horizontal yang diperlukan (A_{rb}),

$$\begin{aligned} A_{rb} &= P_{btb} / (0,85 \times f_s) \\ &= 0,0009 \end{aligned}$$

Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan (n),

$$\begin{aligned} n &= A_{ra} / A_s \\ &= 3,227 \end{aligned}$$

Dibulatkan menjadi = 4 buah

Jumlah sengkang arah horizontal yang diperlukan (n),

$$\begin{aligned} n &= A_{ra} / A_s \\ &= 3,227 \end{aligned}$$

Dibulatkan menjadi = 4 buah

2. Tendon ke 2

Bursting force untuk sengkang arah vertikal (P_{bta}),

$$\begin{aligned} P_{bta} &= 0,30 \times (1 - r_a) \times P_j \\ &= 213,223 \end{aligned}$$

Bursting force untuk sengkang arah horizontal (P_{btb}),

$$\begin{aligned} P_{btb} &= 0,30 \times (1 - r_b) \times P_j \\ &= 213,223 \end{aligned}$$

Luas tulangan sengkang arah vertikal yang diperlukan (A_{ra}),

$$\begin{aligned} A_{ra} &= P_{bta} / (0,85 \times f_s) \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

Luas tulangan sengkang arah horizontal yang diperlukan (A_{rb}),

$$\begin{aligned} A_{rb} &= P_{btb} / (0,85 \times f_s) \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan (n),

$$\begin{aligned}n &= A_{ra} / A_s \\ &= 5.109\end{aligned}$$

Dibulatkan menjadi = 6 buah

Jumlah sengkang arah horizontal yang diperlukan (n),

$$\begin{aligned}n &= A_{rb} / A_s \\ &= 5.109\end{aligned}$$

Dibulatkan menjadi = 6 buah

3. Tendon ke 3

Bursting force untuk sengkang arah vertikal (P_{bta}),

$$\begin{aligned}P_{bta} &= 0,30 \times (1 - r_a) \times P_j \\ &= 213,223\end{aligned}$$

Bursting force untuk sengkang arah horizontal (P_{btb}),

$$\begin{aligned}P_{btb} &= 0,30 \times (1 - r_b) \times P_j \\ &= 213,223\end{aligned}$$

Luas tulangan sengkang arah vertikal yang diperlukan (A_{ra}),

$$\begin{aligned}A_{ra} &= P_{bta} / (0,85 \times f_s) \\ &= 0,001\end{aligned}$$

Luas tulangan sengkang arah horizontal yang diperlukan (A_{rb}),

$$\begin{aligned}A_{rb} &= P_{btb} / (0,85 \times f_s) \\ &= 0,001\end{aligned}$$

Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan (n),

$$\begin{aligned}n &= A_{ra} / A_s \\ &= 5.109\end{aligned}$$

Dibulatkan menjadi = 6 buah

4. Tendon ke 4

Bursting force untuk sengkang arah vertikal (P_{bta}),

$$\begin{aligned}P_{bta} &= 0,30 \times (1 - r_a) \times P_j \\ &= 213,223\end{aligned}$$

Bursting force untuk sengkang arah horizontal (P_{btb}),

$$P_{btb} = 0,30 \times (1 - r_b) \times P_j$$

$$= 213,223$$

Luas tulangan sengkang arah vertikal yang diperlukan (A_{ra}),

$$A_{ra} = P_{bta} / (0,85 \times f_s)$$

$$= 0,001$$

Luas tulangan sengkang arah horizontal yang diperlukan (A_{rb}),

$$A_{rb} = P_{btb} / (0,85 \times f_s)$$

$$= 0,001$$

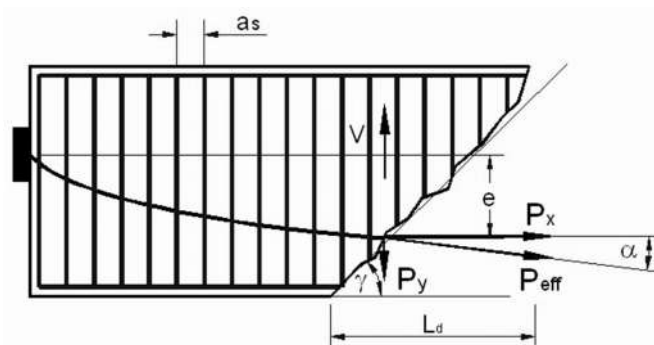
Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan (n),

$$n = A_{ra} / A_s$$

$$= 5,109$$

Dibulatkan menjadi = 6 buah

b. Tinjauan Terhadap Geser



Gambar 4.37 Notasi Pada Tinjauan Geser

(Sumber : Noer, 2008)

Perhitungan jarak sengkang yang digunakan terhadap geser yang terjadi menggunakan sengkang berdiameter 19 mm (Tulangan Ulir), dan diperoleh hasil perhitungan yang tercantum pada

Panjang bentang,

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$= 0,019 \text{ m}$$

$$L = 52 \text{ m}$$

$$P_{eff} = 10710,566 \text{ kN}$$

$$b = 1,25$$

$$\text{Luasan balok prategang, } A = 0,818 \text{ m}^2$$

$$\text{Momen Inersia terhadap titik berat balok, } I_x = 0,098 \text{ m}^4$$

$$\text{Momen statis luasan bagian atas, } S_{xa} = 0,050 \text{ m}^3$$

$$\text{Momen statis luasan bagian bawah, } S_{xb} = 0,060 \text{ m}^3$$

$$\text{Tahanan momen sisi atas, } W_a = 0,0868 \text{ m}^3$$

$$\text{Tahanan momen sisi bawah, } W_b = 0,1005 \text{ m}^3$$

V = kuat geser pada jarak X pada kombinasi pembebanan tertinggi

M = Momen pada jarak X pada kombinasi pembebanan tertinggi

Luas tulangan geser yang digunakan,

$$\begin{aligned} A_t &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 0,000284 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Eksentrisitas tendon,

$$f = 0,823$$

Eksentrisitas tendon,

$$\begin{aligned} e &= Y = 4 \times f \times X / L^2 \times (L - X) \\ &= Y = 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

Sudut kemiringan tendon,

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{ATAN} [4 \times f \times (L - 2 \times X) / L^2] \\ &= 0,06 \end{aligned}$$

Komponen gaya arah x,

$$\begin{aligned} P_x &= P_{eff} \times \text{Cos } \alpha \\ &= 10691,150 \text{ kN} \end{aligned}$$

Komponen gaya arah y,

$$\begin{aligned} P_y &= P_{eff} \times \text{sin } \alpha \\ &= 644,619 \text{ kN} \end{aligned}$$

Resultan gaya,

$$\begin{aligned} V_r &= V - P_y \\ &= 26237,843 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tegangan geser yang terjadi,

$$f_v = V_r \times S_x / (b \times I_x)$$

$$= 10728,953 \text{ kPa}$$

Tinjauan geser di atas garis netral,

$$f_a = - P_x / A + P_x \times e / W_a - M / W_a$$

$$= -92910,105 \text{ kPa}$$

Sudut bidang geser,

$$\gamma = 1/2 \times \text{ATAN} (2 \times f_v / f_a)$$

$$= - 0,113$$

jarak sengkang yang diperlukan (a_s),

$$a_s = f_a \times A_t / (f_v \times b \times \tan \gamma)$$

$$= 0,017 \text{ m}$$

Tinjauan geser di bawah garis netral,

$$f_b = - P_x / A + P_x \times e / W_b - M / W_b$$

$$= - 13230,944 \text{ kPa}$$

Sudut bidang geser,

$$\gamma = 1/2 \times \text{ATAN} (2 \times f_v / f_b)$$

$$= - 0,509$$

Jarak sengkang yang diperlukan (a_s),

$$a_s = f_b \times A_t / (f_v \times b \times \tan \gamma)$$

$$= 0,001 \text{ m}$$

Dalam perhitungan diatas digunakan satu contoh jarak, yaitu jarak (X) sebesar 1,25 meter pada bentang ke – 1 dan ke – 2, pada jarak berikutnya disajikan dalam Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Jarak Sengkang di Atas Garis Netral

X (m)	kombinasi-kuat III		Per.1 e (m)	Per.2 A (rad)	Per.3 P× (kN)	Per.4 Py (kN)	Per.5 Vr (kN)	Per.6 fv (kPa)	Per.7 fa (kPa)	Per.8 γ (rad)	Per.9 as (m)
	Momen (M) (kNm)	Geser (V) (kN)									
0,00	0,000	2355,404	0,000	0,060	10691,150	644,619	1710,785	699,560	-102424,388	-0,053	0,000
1,25	728,139	26882,462	0,077	0,060	10691,150	644,619	26237,843	10728,953	-92910,105	-0,509	0,004
2,50	1420,410	25986,142	0,151	0,057	10693,057	612,171	25373,971	10375,706	-83863,526	-0,502	0,002
3,75	2076,811	23982,822	0,220	0,054	10694,867	579,707	23403,115	9569,800	-75282,700	-0,483	0,001
5,00	2697,344	32506,802	0,286	0,051	10696,578	547,227	31959,575	13068,634	-67168,101	-0,551	0,001
6,25	3282,008	21288,982	0,348	0,048	10698,191	514,731	20774,250	8494,828	-59520,176	-0,455	0,001
7,50	3830,803	19942,062	0,407	0,045	10699,705	482,222	19459,840	7957,350	-52339,350	-0,439	0,001
8,75	4343,728	18595,142	0,461	0,042	10701,121	449,699	18145,443	7419,878	-45626,020	-0,421	0,000
10,00	4820,785	17276,121	0,512	0,039	10702,439	417,163	16858,958	6893,820	-39380,557	-0,403	0,000
11,25	5261,973	15944,701	0,558	0,036	10703,658	384,616	15560,085	6362,696	-33603,308	-0,383	0,000
12,50	5667,292	14638,081	0,601	0,033	10704,779	352,058	14286,023	5841,718	-28294,593	-0,362	0,000
13,75	6036,742	13207,461	0,641	0,030	10705,800	319,491	12887,971	5270,038	-23454,707	-0,336	0,000
15,00	6370,323	11860,541	0,676	0,027	10706,723	286,914	11573,627	4732,588	-19083,919	-0,310	0,000
16,25	6668,035	10520,596	0,708	0,024	10707,546	254,330	10266,266	4197,993	-15182,472	-0,283	0,000
17,50	6929,879	9177,551	0,735	0,021	10708,271	221,739	8955,813	3662,134	-11750,581	-0,253	0,000
18,75	7155,853	7840,706	0,759	0,018	10708,896	189,141	7651,565	3128,812	-8788,439	-0,221	0,000
20,00	7345,958	6493,786	0,780	0,015	10709,422	156,538	6337,248	2591,373	-6296,210	-0,187	0,000
21,25	7500,195	5125,941	0,796	0,012	10709,849	123,931	5002,010	2045,379	-4274,033	-0,150	0,000
22,50	7618,562	3779,021	0,808	0,009	10710,177	91,320	3687,701	1507,943	-2722,021	-0,112	0,000
23,75	7701,061	2587,101	0,817	0,005	10710,405	58,707	2528,394	1033,889	-1640,258	-0,078	0,000

25,00	7747,691	1088,729	0,822	0,002	10710,534	26,092	1062,637	434,524	-1028,807	-0,033	0,001
26,00	7759,169	163,645	0,823	0,000	10710,566	0,000	163,645	66,916	-878,294	-0,005	0,028

Sumber: (Olahan Data Skripsi, 2021)

4.6.10 Perhitungan Penghubung Geser (Shear Connector)

Shear connector merupakan penghubung antara bangunan atas dengan girder agar menjadi satu kesatuan yang berfungsi sebagai penahan geser horizontal yang terjadi.

Tegangan geser horizontal akibat gaya lintang (f_v) pada penampang yang ditinjau dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_v = V_i \times S_x / (b_v \times I_{xc})$$

dimana,

V_i = Gaya lintang pada penampang yang ditinjau

S_x = Momen statis, $S_x = b_{eff} \times h_o \times (y_{ac} - h_o / 2)$

b_v = Lebar bidang gesek antara plat dan balok

b_{eff} = Lebar efektif plat

h_o = Tebal Plat kendaraan

I_{xc} = Inersia penampang balok + Plat

A_{st} = Luas total *shear connector*, $A_{st} = n_s \times$

A_s = Jumlah *shear connector*

A_s = Luas satu *shear*

A_s = Jarak antar *shear connector*, $a_s = f_s \times A_{st} \times k_t / (f_v \times b_v)$

k_f = Koefisien gesek pada bidang kontak (1-1,4)

f_s = Tegangan ijin baja *shear connector*, ($f_s = 0,578 \times f_y$)

f_{ci} = Tegangan ijin beton balok komposit

f_{vi} = Tegangan ijin geser

Jika pada perhitungan $f_v > 0,2 f_{ci}$, maka penampang harus diperbesar.

Dengan menggunakan rumus-rumus tersebut diatas, maka hasil perhitungan disajikan pada Tabel

$$f_c' = 50000 \text{ kPa}$$

$$f_{ci} = 0,30 \times f_c' \\ = 15000 \text{ kPa}$$

$$f_{vi} = 0,20 \times f_c' \\ = 10000 \text{ kPa}$$

$$f_y = 320000 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned}
f_s &= 184960 \text{ kPa} \\
k_f &= 1 \\
D &= 13 \text{ mm} \\
n_s &= 5 \\
A_s &= 0,000265 \text{ m}^2 \\
A_{st} &= 0,00133 \text{ m}^2 \\
S_x &= 0,118731 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

4.6.11 Lendutan balok

1. Lendutan pada Balok Sebelum Komposit

Modulus balok,

$$E_{balok} = 39152893 \text{ kPa}$$

Momen inersia I terhadap titik berat balok,

$$\begin{aligned}
I_x &= (I_b - (A \times (y_b)^2)) \\
&= 0,0978 \text{ m}^4
\end{aligned}$$

Panjang Bentang Jembatan (L),

$$L = 52 \text{ m}$$

a. Lendutan pada Keadaan Awal (*Transfer*),

Gaya prategang awal,

$$P_{t1} = 10749,20 \text{ kN}$$

$$\text{Eksentrisitas tendon, } e_s = 0,823 \text{ m}$$

Momen balok prategang,

$$M_{balok} = 7759,169 \text{ kN.m}$$

$$Q_{pt1} = 8 \times p_{t1} \times \frac{e_s}{L^2} = 26,19 \text{ kN/m}$$

$$Q_{balok} = 8 \times \left(\frac{M_{balok}}{L^2} \right) = 22,96 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
\delta &= \frac{5}{384} \times (-Q_{pt1} + Q_{balok}) \times \frac{L^4}{E_{balok} \times I_x} \\
&= -0,0008 \text{ m}
\end{aligned}$$

b. Lendutan setelah *Loss of Prestress*

$$\text{Gaya prategang efektif, } P_{eff} = 10710,57 \text{ kN}$$

$$\text{Eksentrisitas tendon, } e_s = 0,823 \text{ m}$$

$$Q_{peff} = 8 \times p_{eef} \times \frac{es}{L^2} = 26,09 \text{ kN/m}$$

$$Q_{balok} = 8 \times \frac{M_{balok}}{L^2} = 22,96 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{5}{384} \times (-Q_{peff} + Q_{balok}) \times \frac{L^4}{E_{balok} \times I_x} \\ &= -0,0007 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Lendutan Setelah Plat Selesai dicor (Beton Muda)

$$E_{plat} = 23452952,91 \text{ kPa}$$

$$\text{Gaya prategang efektif, } P_{eff} = 10710,57 \text{ kN}$$

$$\text{Momen plat lantai kendaraan, } M_{plat} = 2205 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momen inersia terhadap titik berat balok, } I_{xc} = 0,001 \text{ m}^4$$

$$\text{Eksentrisitas Tendon, } e's = es + (y_{bc} - y_b) = 1,152 \text{ m}$$

$$Q_{peff} = 8 \times p_{eef} \times (es/L^2) = 36,499 \text{ kN/m}$$

$$Q_{balok} + M_{plat} = 8 \times (M_{balok}/L^2) = 6,524 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{5}{384} \times (-Q_{peff} + Q_{balok} + p_{plat}) \times \frac{L^4}{E_{balok} \times I_x} \\ &= -0,0001 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Lendutan Setelah Balok Menjadi Komposit

$$\text{Gaya prategang efektif, } P_{eff} = 10710,57 \text{ kN}$$

$$M_{balok} + M_{plat} = 9964 \text{ kN.m}$$

$$\text{Eksentrisitas Tendon, } e's = es + (y_{bc} - y_b) = 1,152 \text{ m}$$

$$\text{Momen inersia terhadap titik berat balok, } I_{xc} = 0,597 \text{ m}^4$$

$$Q_{peff} = 8 \times p_{eef} \times (e's/L^2) = 36,50 \text{ kN/m}$$

$$Q_{balok} + p_{plat} = 8 \times (M_{balok} + p_{plat}/L^2) = 29,48 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{5}{384} \times (-Q_{peff} + Q_{balok} + p_{plat}) \times \frac{L^4}{E_{balok} \times I_x} \\ &= -0,017 \text{ m} \end{aligned}$$

a. Lendutan pada Balok Komposit

$$\text{Modulus balok, } E_{balok} = 62605846 \text{ kPa}$$

$$\text{Momen inersia terhadap titik berat balok, } I_{xc} = 0,597 \text{ m}^4$$

$$\text{Gaya prategang efektif, } P_{eff} = 10710,57 \text{ kN}$$

$$\text{Eksentrisitas Tendon, } e's = es + (y_{bc} - y_b) = 1,152 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang total balok prategang komposit, } A_c = 0,903 \text{ m}^2$$

$$\text{Tahanan momen sisi atas plat, } W_{ac} = 0,748 \text{ m}^3$$

$$\text{Tahanan momen sisi bawah balok, } Wbc = 0,458 \text{ m}^3$$

b. Lendutan Akibat Beban Sendiri (MS)

$$QMS = 36,956 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \times (QMS) \times \frac{L^4}{E_{balok} \times I_{xc}} = 0,0335 \text{ m}$$

c. Lendutan Akibat Beban Mati Tambahan (MA)

$$QMA = 2,69 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \times (QMS) \times \frac{L^4}{E_{balok} \times I_{xc}} = 0,0024 \text{ m}$$

d. Lendutan Akibat *Prestress* (PR)

$$\text{Gaya prategang efektif, } Peff = 10710,57 \text{ kN}$$

$$\text{Eksentrisitas Tendon, } e's = es + (ybc - yb) = 1,152 \text{ m}$$

$$Qpeff = 8 \times peff \times (e's/L^2) = 36,50 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \times (-QPeff) \times \frac{L^4}{E_{balok} \times I_{xc}} = -0,0331 \text{ m}$$

e. Lendutan Akibat Lajur (TD)

$$L = 52 \text{ m}$$

$$Q_{TD} = 14,192 \text{ kN/m}$$

$$P_{td} = 137,2 \text{ kN}$$

$$\delta = \frac{1}{48} \times (PTD) \times \left(\frac{L^3}{E_{balok} \times I_{xc}} \right) + \frac{5}{384} \times (QTD) \times \left(\frac{L^4}{E_{balok} \times I_{xc}} \right) = 0,017 \text{ m}$$

f. Lendutan Akibat Beban Rem (TB)

$$MTB = 397,53 \text{ kN.m}$$

$$\delta = 0,0642 \times (MTB) \times \frac{L^2}{E_{balok} \times I_{xc}} = 0,0007 \text{ m}$$

g. Lendutan Akibat Pengaruh Temperatur (ET)

$$\Sigma PT = 21569,59 \text{ kN}$$

$$\text{Eksentrisitas, } ep = 0,722$$

$$\delta = 0,0642 \times (\Sigma PT \times ep) \times \left(\frac{L^2}{E_{balok} \times I_{xc}} \right) = 0,026 \text{ m}$$

h. Lendutan Akibat Beban Angin (EW)

$$QEW = 4,599 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \times (QEW) \times \frac{L^4}{E_{balok} \times I_{xc}} = 0,0009 \text{ m}$$

Tabel 4.34 Hasil Kombinasi Lendutan Prestress Girder dan Plat

Nama	Berat Sendiri	Tambahan	Prategang	Lajur D	Rem
	MS (m)	MA (m)	PR (m)	TD (m)	TB (m)
KUAT 1 lendutan (δ)	0,03353	0,0024	-0,0331	0,017	0,00066
KUAT 2 lendutan (δ)	0,03353	0,0024	-0,0331	0,017	0,00066
KUAT 3 lendutan (δ)	0,03353	0,0024	-0,0331	0,017	0,00066
KUAT 4 lendutan (δ)	0,03353	0,0024	-0,0331	0,017	0,00066
KUAT 5 lendutan (δ)	0,03353	0,0024	-0,0331		

Temperatur	Angin	Lendutan	Ket
ET (m)	EW (m)	KOMB	
		0,0202	<L/240(OK)
0,0009		0,0211	<L/240(OK)
	0,0009	0,0211	<L/240(OK)
0,026	0,0009	0,0469	<L/240(OK)
		0,0029	<L/240(OK)

Sumber: (Olahan Data Skripsi, 2021)

3. Kontrol Lendutan Balok Terhadap Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Lendutan dicek harus, $\delta = L/250 = 0,208$ m

Lendutan pada kombinasi 4

$$\delta < L/250$$

$$0,04689 < 0,208 \text{ OK!!!}$$

4.6.12 Tinjauan Ultimit Balok Prestress Setelah Grouting

a. Kapasitas Momen Balok

Modulus elastisitas baja prategang (*strand*),

$$E_s = 193000 \text{ MPa}$$

Jumlah Total *Strands*,

$$n_s = 88 \text{ buah}$$

Luas tampang nominal satu *strands*,

$$A_{st} = 0.000265 \text{ m}^2$$

Tegangan leleh tendon baja prategang,

$$f_{py} = 1580 \text{ MPa}$$

Luas tampang tendon baja prategang,

$$A_{ps} = n_s \times A_{st}$$

$$= 0,0234 \text{ m}^2$$

Kuat tekan beton,

$$f_c' = 50 \text{ MPa}$$

Kuat leleh baja *prestress* pada keadaan utimit,

$$f_{ps} = 1264 \text{ MPa}$$

Untuk nilai,

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times (f_c' - 30) / 7$$

$$= 0,707$$

Gaya tarik pada baja *prestress*,

$$T_s = 4171,29 \text{ kN}$$

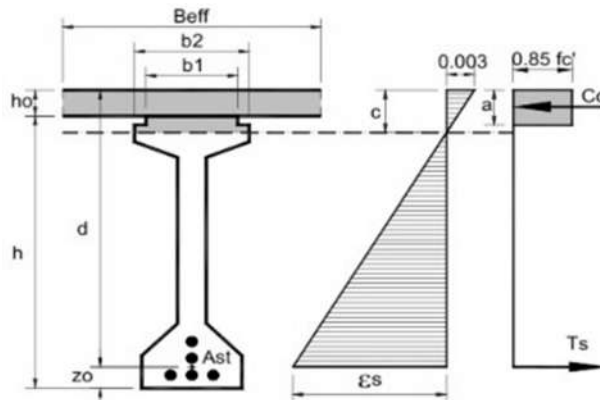
C_c = Gaya internal tekan beton

A_i = Luas penampang tekan beton

y_i = jarak pusat berat penampang tekan beton terhadap pusat berat baja *prestress*

$$C_c = \Sigma [A_i \times 0.85 \times f_c']$$

$$M_n = \Sigma [A_i \times 0.85 \times f_c' \times y_i]$$



Gambar 4.38 Gambar Diagram Tekan Tarik Pada Balok
 Sumber : (Noer, 2008)

Tabel 4.35 Gaya Tekan Beton dan Momen Nominal

No	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Gaya Cc (kN)	Lengan Thd. Pusat Baja <i>Prestress</i>	y (m)	Momen (kNm)
1	1,20	0,2	0,2396	10183,167	$y = d - h_o / 2$	2,05	20875,492
2	0,80	0,0401	0,0321	1363,401	$y = d - h_o - (a - h_o) / 2$	0,82	1123,600
				11546,568	Momen Nominal	Mn =	21999,092

Sumber: (Olahan Data Skripsi, 2021)

Dari Tabel 4.28 didapat $C_c = T_s$, yaitu 11546,568 kN, dengan Momen nominal 21999,092 kNm, dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan lentur sebesar 0,9 maka kapasitas momen ultimit balok *prestress* sebesar 19799,182 kNm.

b. Kontrol Kombinasi Momen Ultimit

Dari hasil perhitungan kapasitas momen diperoleh nilai kapasitas momen nominal. Untuk mendapatkan momen ultimit, faktor beban dikalikan dengan momen beban yang bekerja dan dikombinasikan pembebanan yang sesuai dengan SNI 1725-2016.

Dari hasil perhitungan, diperoleh kombinasi momen ultimit yang terjadi lebih kecil dari kapasitas momen nominal, maka aman terhadap momen ultimit.

Tabel 4.36 Faktor Kombinasi Pembebanan

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Berat Sendiri (MS)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Mati Tambahan (MA)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Lajur "D"	1,80	1,4			
Rem (TB)	1,80	1,4			
Angin (EW)			1,4		0,4
susut rangkak (SR)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
prategang (PR)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
1,20	1,20	1,0	1,0	1,0	1,0
1,20	1,20	1,0	1,0	1,0	1,0
0,3	0,5	1,0	1,3	0,8	
0,3	0,5	1,0	1,3	0,8	
		0,3			0,7
1,20	1,20	1,0	1,0	1,0	1,0
1,20	1,20	1,0	1,0	1,0	1,0

(Sumber : SNI 1725-2016, Pembebanan Jembatan)

Tabel 4.37 Kontrol Kombinasi Noominal Terhadap Momen Ultimit

Nama	MS	MA	SR	PR
Kuat I M××	50,35	6,46	-775,39	10537,15
Kuat II M××	50,35	6,46	-775,39	10537,15
Kuat III M××	50,35	6,46	-775,39	10537,15
Kuat IV M××	50,35	6,46	-775,39	10537,15
Kuat V M××	50,35	6,46	-775,39	10537,15
Ekstrim I M××	50,35	6,46	-775,39	10537,15
Ekstrim II M××	50,35	6,46	-775,39	10537,15
Layan I M××	41,96	5,38	-646,16	8780,95
Layan II M××	41,96	5,38	-646,16	8780,95
Layan III M××	41,96	5,38	-646,16	8780,95
Layan IV M××	41,96	5,38	-646,16	8780,95

TD	TB	EW	Mu KOMB	Ket
76,64	20,00		9915,20	< Mu (OKE)
59,61	7268,32		17146,49	< Mu (OKE)
		6,44	9825,00	< Mu (OKE)
			9818,56	< Mu (OKE)
		1,84	9820,40	< Mu (OKE)
12,77	0,00		9831,33	< Mu (OKE)
21,29	0,00		9839,85	< Mu (OKE)
42,58	0,00	1,38	8226,09	< Mu (OKE)

55,35	0,00		8237,48	< Mu (OKE)
34,06	0,00		8216,19	< Mu (OKE)
		3,22	8185,35	< Mu (OKE)

(Sumber : Olahan Data Skripsi,2021)

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa kombinasi momen ultimit yang terjadi lebih dikecil dari kapasitas momen nominal, maka tinjauan terhadap momen ultimit dinyatakan aman.

4.6.13 Perencanaan Perletakan (Elastomer Bearing)

Dalam perencanaan perletakan perlu dilakukan pemeriksaan geser akibat beban lajur dan beban truk. Nilai maksimum geser antara kedua beban tersebut kemudian dihitung dalam kombinasi geser rencana. Adapun pemeriksaan geser akibat beban lajur dan beban truk adalah sebagai berikut:

1. Geser Akibat Beban Lajur

Beban lajur terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabungkan dengan beban garis (BGT). Beban terbagi rata (BTR) dihitung dengan Persamaan 2.2 sehingga diperoleh sebesar 7,10 kPa. Sedangkan beban garis terpusat (BGT) dengan kapasitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah sebesar 49,0 kN/m. Nilai FBD yaitu 39,5 % diperoleh dari grafik pada Gambar 2.13. Adapun lebar lajur lalu lintas pada jembatan yang direncanakan adalah 6 m. Total beban lajur dihitung dengan Persamaan 2.135 dan 2.136

$$Q_{TD} = q \times l$$

$$= 14,19 \text{ kN/m}$$

$$P_{TD} = (1+FBD) \times P \times l$$

$$= 137,2 \text{ kN}$$

Momen dan geser akibat beban lajur (TD) dihitung sebagai berikut:

$$\text{Momen} = M_{TD} = (1/8 \times Q_{TD} \times B^2) + (1/4 \times P_{TD} \times B) = 6580,6 \text{ kNm}$$

$$\text{Geser} = V_{TD} = (1/2 \times Q_{TD} \times B) + (1/2 \times P_{TD}) = 437,6 \text{ kN}$$

2. Geser Akibat Beban Truk

Nilai beban terberat berada pada roda bagian belakang truk yang diperoleh dengan cara membagi berat berdasarkan persentase distribusi beban dengan jumlah roda sehingga diperoleh beban sebesar 43,40 kN.

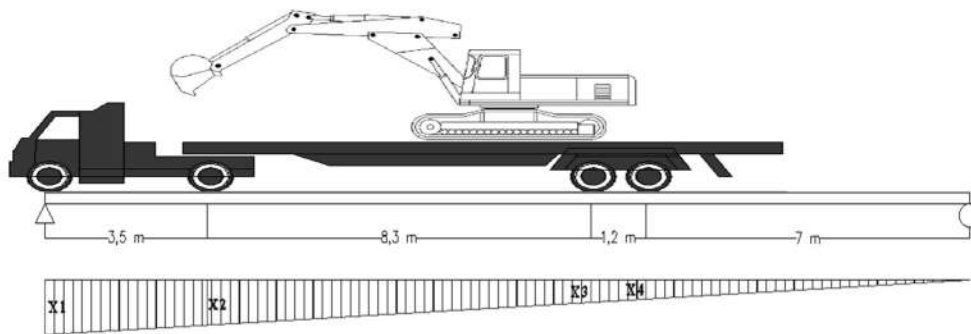
Faktor beban dinamis = 0,3

Jarak antar girder (s) = 2 m

Faktor distribusi beban = $s/3,6 = 0,6$

Panjang 1 bentang jembatan (L) = 26 m

1) Gaya geser kondisi 1



Gambar 4.39 Geser Akibat Beban Truk Kondisi 1
(Sumber: Olahan Data Skripsi, 2021)

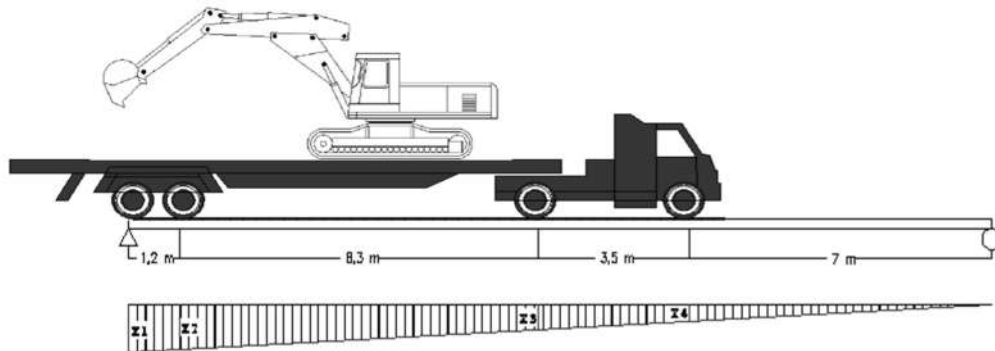
Tabel 4.38 Geser Akibat Beban Truk Kondisi 1

P		X/L	
P1	27,90	X1	1,00
P2	43,40	X2	0,63
P3	41,85	X3	0,32
P4	41,85	X4	0,27

(Sumber: Olahan Data Skripsi, 2021)

$$\begin{aligned}
 R_v &= P1 \times X1 + P2 \times X2 + P3 \times X3 + P4 \times X4 \\
 &= 79,908 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) Gaya geser kondisi 2



Gambar 4.40 Geser Akibat Beban Truk Kondisi 2
(Sumber: Olahan Data Skripsi, 2021)

Tabel 4.39 Geser Akibat Beban Truk Kondisi 2

P		X/L	
P1	41,85	X1	1,00
P2	41,85	X2	0,63
P3	43,4	X3	0,40
P4	27,9	X4	0,27

(Sumber: Olahan Data Skripsi, 2021)

$$R_v = P1 \times X1 + P2 \times X2 + P3 \times X3 + P4 \times X4$$

$$= 93,447 \text{ kN}$$

Geser akibat beban lalu lintas dengan nilai maksimum adalah geser yang terjadi akibat beban lajur yaitu 1312,8 kNm. Sehingga dalam menghitung kombinasi geser rencana berdasarkan geser akibat beban lajur.

Tabel 4.40 Kombinasi Geser pada Gelagar Melintang

Kode	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
MS (Precast)	Berat sendiri	716,23	716,23	716,23	716,23	716,23
MS (Cor ditempat)	Berat sendiri	473,20	473,20	473,20	473,20	473,20
MA	Beban mati tambahan	34,97	34,97	34,97	34,97	34,97
TD	Beban lajur	2363,04	1837,92			
EW	Beban Angin			53,51		15,288
TB	Gaya rem	13,76	10,70			
Total		3601,20	3073,02	1277,91	1224,40	1239,69

Kode	Exstrem I	Exstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
MS (Precast)	716,23	716,23	596,86	596,86	596,86	596,86
MS (Cor ditempat)	473,20	473,20	364,00	364,00	364,00	364,00
MA	34,97	34,97	34,97	34,97	34,97	34,97
TD	393,84	656,40	1312,80	1706,64	1050,24	
EW			11,47			26,754
TB	2,29	3,82	7,64	9,94	6,12	
Total	1620,53	1884,62	2327,74	2712,41	2052,18	1022,58

(Sumber : Olahan Data Skripsi,2021)

Kuat geser ultimit untuk merencanakan perletakan diambil berdasarkan geser dari kombinasi “Kuat I” $V_u = 360,12$ Ton.

Perencanaan Elastomer Bearing dipilih menggunakan Tabel Ukuran *elastomer bearing* dibawah ini :

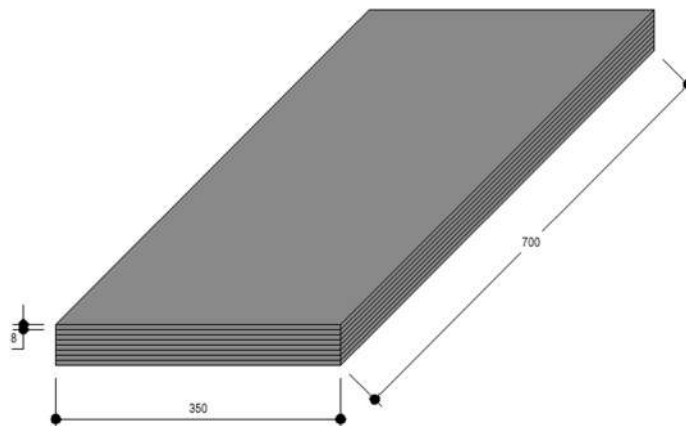
Tabel 4.41 Tabel Perencanaan Perletakan

Plan Area - Dim and Surface			N = Vertical Load (Tons) n = Maximum Number of Layer						Maximum Rotation 1/1000 rd		
A	B	a x d	t = 8	ts = 2	t = 10	ts = 3	t = 12	ts = 3	t = 8	t = 10	t = 12
mm	mm	cm ²	N	n	N	n	N	n			
100	150	150	9	2	7	2	6	1	19,2	30	43,2
125	150	157,5	12,6	3	10,2	2	8,5	2	12,3	19,2	27,6
100	200	200	14	2	11	2	9,3	1	19,2	30	43,2
100	230	230	16	2	12,8	2	10,7	1	19,2	30	43,2
125	200	250	19,2	3	15,4	2	12,8	2	12,3	19,2	27,6
125	225	281,2	22,6	3	18	2	15,1	2	12,3	19,2	27,6
150	200	300	25,7	3	21	3	17	2	8,5	13,3	19,2
125	250	312,5	26	3	20,8	2	17,4	2	12,3	19,2	27,6
175	200	350	32,6	4	26,1	3	21,7	2	6,3	9,8	14,1
125	300	375	33,1	3	26,5	2	22	2	12,3	19,2	27,6
150	250	375	36,5	3	29,2	3	24,3	2	8,5	13,3	19,2
200	225	450	47,7	5	38,1	4	31,8	3	4,8	7,5	10,8
225	250	562,5	66,6	5	53,3	4	44,4	3	3,8	5,9	8,5
200	300	600	70	5	60	4	50	3	4,8	7,5	10,8
175	350	612,5	71,4	4	57,1	3	47,6	2	6,3	9,8	14,1
200	350	700	89	5	71,2	4	59,3	3	4,8	7,5	10,8
250	300	750	100	6	85	5	70	4	3,1	4,8	6,5
230	350	805	111,7	5	89,4	4	74,5	3	3,8	5,7	8,1
200	450	900	124,6	5	99,7	4	83,1	3	4,8	7,5	10,8

Plan Area - Dim and Surface			N = Vertical Load (Tons) n = Maximum Number of Layer						Maximum Rotation 1/1000 rd		
300	330	900	148,5	7	124	6	104	5	2,1	3,3	4,8
250	450	1125	158,7	6	144,6	5	120,5	4	3,1	4,8	6,9
350	350	1225	183,7	8	171,5	7	143	5	1,5	2,4	3,5
330	450	1485	222,7	8	222,7	6	188,5	5	1,8	2,7	4
300	500	1500	225	7	225	6	180	5	2,1	3,3	4,8
350	500	1750	262,5	8	265,5	7	240,2	5	1,6	2,4	3,8
350	525	1837	275,6	8	275,6	7	257,2	5	1,6	2,4	3,9
280	700	1960	294	7	294	5	261,3	4	2,4	3,8	5,5
425	500	2125	313,7	10	313,7	8	318,7	7	1,1	1,7	2,4
450	500	2250	337,5	11	337,5	9	337,5	7	0,9	1,5	2,1
350	700	2450	367,5	8	367,5	7	367,5	5	1,5	2,4	3,5
465	650	3022	453	11	453	9	453	7	0,9	1,4	2
450	1000	4500	675	1	675	9	675	7	0,95	1,48	2,13
500	500	4500	675	12	675	10	675	8	0,8	1,2	1,7
700	700	4900	735	17	735	14	735	11	0,4	0,6	0,8
900	1000	9000	1350	22	1350	18	1350	15	0,2	0,4	0,5
700	1400	9800	1470	17	1470	14	1470	11	0,4	0,6	0,9

(Sumber : PT.Ralico Rubber Utama)

Maka, pada perencanaan ini digunakan *elastomer bearing* dengan dimensi $a = 350$ mm dan $b = 700$ mm. Maksimum lapisan (t_s) = 8 lapis serta ketebalan setiap lapisan (t) 8 mm. dimensi ini dianalisa mampu menahan beban vertikal hingga 367,5 ton sehingga aman digunakan pada jembatan Sungai Mesim karena beban vertikal yang terjadi lebih kecil yaitu sebesar 360,12 ton.



Gambar 4.41 Elastomer Bearing Rencana
(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.6.14 Perhitungan Bar Bending Schedule

Data-data jembatan:

Panjang bentang jembatan	L	= 52,00 m
lebar total jembatan	B	= 7,50 m
lebar lalu lintas	B1	= 6,00 m
Panjang trotoar	Lt	= 52,00 m
Lebar trotoar	bt	= 0,75 m
Tinggi tiang sandaran	Tts	= 1,32 m
Lebar tiang sandaran	Lts	= 0,15 m
Tebal selimut	tsc	= 0,035 m
Berat kg besi		= 7850 kg
Tebal <i>slab</i> jembatan	ts	= 0,20 m
Tebal trotoar	tt	= 0,30 m

1. Tulangan *Slab*

Tulangan utama D16-250 mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak tulangan} \quad s &= 0,25 \text{ m} \\ \text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n &= \frac{(L - (tsc \times 2))}{s} \\ &= 207,7 \text{ buah} \\ &= 208 \text{ buah}\end{aligned}$$

Tulangan susut/bagi D13-300 mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak tulangan} \quad s &= 0,30 \text{ m} \\ \text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n &= \frac{(L - (tsc \times 2))}{s} \\ &= 24,77 \text{ buah} \\ &= 25 \text{ buah}\end{aligned}$$

Panjang tulangan sambungan (*overlap*)

$$40 \times D = 0,52 \text{ m}$$

$$\text{Tebal selimut beton } slab \quad tsc = 0,035 \text{ m}$$

$$\text{panjang bengkokan D16} \quad 6 \times D = 0,096 \text{ m}$$

$$\text{panjang bengkokan D13} \quad 6 \times D = 0,078 \text{ m}$$

2. Tulangan Trotoar

Tulangan utama D16-300 mm

$$\text{Jarak tulangan} \quad s \quad = 0,30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n &= \frac{(L - (tsc \times 2))}{s} \\ &= 173,10 \text{ buah} \\ &= 174 \text{ buah} \end{aligned}$$

Tulangan susut/bagi D13-350 mm

$$\text{Jarak tulangan} \quad s \quad = 0,35 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n &= \frac{(L - (tsc \times 2))}{s} \\ &= 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Panjang tulangan sambungan (*overlap*)

$$40 \times D = 0,52 \text{ m}$$

$$\text{Tebal selimut beton} \quad tsc \quad = 0,030 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bengkokan D16} \quad 6 \times D = 0,096 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bengkokan D13} \quad 6 \times D = 0,078 \text{ m}$$

3. Tulangan Tiang Sandaran

Tulangan lentur D13-150 mm

$$\text{Jarak tulangan} \quad s \quad = 0,15 \text{ m}$$

Tulangan geser D8-150 mm

$$\text{Jarak tulangan} \quad s \quad = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n \quad = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Tebal selimut beton} \quad tsc \quad = 0,035 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tiang railing} \quad = 1,320 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tiang railing} \quad = 1,250 \text{ m}$$

$$\text{Tebal tiang railing} \quad = 0,150 \text{ m}$$

$$\text{Lebar besi tiang railing} \quad = 0,076 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bengkokan D13} \quad 6 \times D = 0,078 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bengkokan D8} \quad 6 \times D = 0,048 \text{ m}$$

4. Tulangan Diafragma

Tulangan lentur D10-200 mm

$$\text{Jarak tulangan} \quad s \quad = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n \quad = \frac{(L - (tsc \times 2))}{s}$$

$$= 8,65 \text{ buah}$$

$$= 8,00 \text{ buah}$$

Tulangan geser D8-200 mm

$$\text{Jarak tulangan} \quad s \quad = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n \quad = \frac{(L - (tsc \times 2))}{s}$$

$$= 7,9 \text{ buah}$$

$$= 7 \text{ buah}$$

$$\text{Tebal selimut beton} \quad tsc \quad = 0,035 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi diafragma} \quad h \text{ diaf} \quad = 1,65 \text{ m}$$

$$\text{Lebar diafragma} \quad b \text{ diaf} \quad = 1,80 \text{ m}$$

$$\text{Tebal diafragma} \quad t \text{ diaf} \quad = 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bengkokan D10} \quad 6 \times D \quad = 0,060 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bengkokan D8} \quad 6 \times D \quad = 0,048 \text{ m}$$

5. Tulangan Deck Slab

Tulangan utama D8-250 mm

$$\text{Jarak tulangan} \quad s \quad = 0,250 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n \quad = \frac{(L - (tsc \times 2))}{s}$$

$$= 8,53 \text{ buah}$$

$$= 9 \text{ buah}$$

Tulangan geser D8-200 mm

$$\text{Jarak tulangan} \quad s \quad = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tulangan diperlukan} \quad n \quad = \frac{(L - (tsc \times 2))}{s}$$

$$= 207,80 \text{ buah}$$

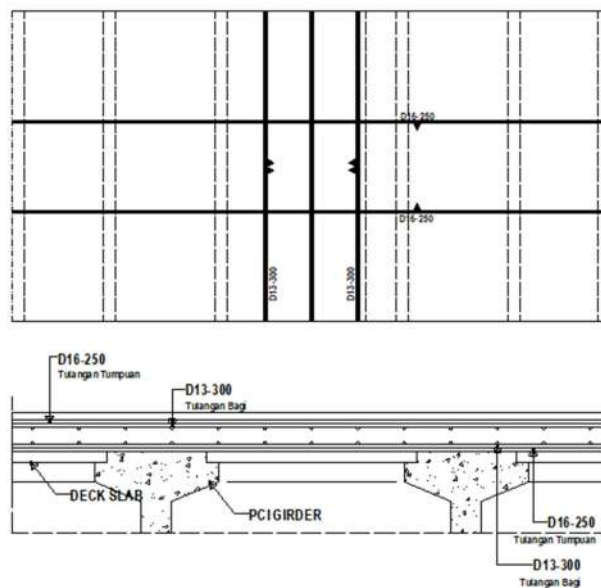
$$= 208 \text{ buah}$$

$$\text{Tebal selimut beton} \quad tsc \quad = 0,035 \text{ m}$$

Tinggi <i>deck slab</i>	hds	= 0,070 m
Lebar <i>deck slab</i>	lds	= 1,360 m
Panjang bengkokan D10	6 x D	= 0,048 m
panjang bengkokan D8	6 x D	= 0,048 m

Contoh perhitungan:

- a. Menghitung tulangan utama slab D16-250 mm



Gambar 4.42 Penulangan Slab Jembatan
(Sumber : *Olahan Data Skripsi, 2021*)

- b. Panjang tul = $(B - (tsc \times 2)) + (2 \times 6D) + (ts \times 2 \times tsc)$
 $= (7,50 - (0,035 \times 2)) + (2 \times 6 \times 0,016) + (0,2 \times 2 \times 0,035)$
 $= 7,752 \text{ m}$
- c. Jumlah tulangan diperlukan
- d. $n = \frac{(L - (tsc \times 2))}{s}$
 $= 207,7 \text{ batang}$
 $= 208 \text{ batang}$
- e. Berat besi = $\frac{1}{4} \pi \times D^2 \times 7850 \text{ kg}$
 $= 1,58 \text{ kg/m}$
- f. Unit = 2
- g. Jumlah batang (jumlah aktual):

1. Jumlah dalam 1 batang = 1 (dikarenakan dalam panjang besi 12 m dengan panjang besi yang digunakan hanya bisa digunakan 1 kali)
2. Jumlah aktual = (jumlah/jumlah 1 batang) x unit
 $= \left(\frac{208}{1}\right) \times 2$
 $= 416$ batang
- h. Panjang efektif = panjang tulangan
 $= 7,752$ m
- Berat besi yang digunakan = panjang x berat isi besi x jumlah batang
 $= 7,752 \text{ m} \times 1,578 \text{ kg/m} \times 416$
 $= 5095,23$ kg
- i. Sisa akhir:
 1. Jumlah sisa = 416 batang
 2. Panjang sisa = panjang besi – panjang efektif
 $= 12 \text{ m} - 7,752 \text{ m}$
 $= 4,248$ m
 3. Berat sisa = jumlah sisa x panjang sisa x berat isi
 $= 1,58 \text{ kg/m} \times 416 \times 4,248 \text{ m}$
 $= 2792,13$ kg

Didalam perhitungan *bar bending schedule* ini bertujuan untuk bisa mengefisiensi penggunaan kembali terhadap tulangan yang tersisa sesuai dengan ukuran diameter dan juga kondisi panjang tulangan sisa yang digunakan kembali. Perhitungan *bar bending schedule* yang disajikan pada lampiran.

Total yang dibeli pada penulangan baja ulir seberat 12780,56 kg, untuk penulangan baja polos seberat 483,62 kg. Dan untuk total keseluruhan yang akan dibeli seberat 13264,18 kg.

Sehingga didapat rekapitulasi penulangan baja ulir dan baja polos yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.42 dan Tabel 4.43.

Tabel 4.42 Rekapitulasi Penulangan (Baja Ulir)

Rekapitulasi Penulangan (Baja Ulir)			
Diameter	Jumlah batang	Berat (Kg)	
		Terpakai	Sisa
8	78	346,55	23,17
10	21	144,60	10,88
13	375	4092,00	276,00
16	764	6568,81	1318,55
Total		11151,96	1628,60
Total yang dibeli		12780,56	

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Tabel 4.43 Rekapitulasi Penulangan (Baja Polos)

Rekapitulasi Penulangan (Baja Polos)			
Diameter	Jumlah batang	Berat (Kg)	
		Terpakai	Sisa
8	108	169,45	314,17
Total		169,45	314,17
Total yang dibeli		483,62	

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

4.6.15 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Jembatan Sungai Mesim ini hanya bagian struktur atas jembatan. Dalam pembahasan ini hanya ditampilkan bagian *Engineer Estimate* (EE) dan hasil Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB). sedangkan untuk hasil Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) hanya ditampilkan salah satu perhitungan volumenya saja. Untuk hasil lebih lengkapnya terdapat pada Lampiran III. Perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), Perhitungan *Engineer Estimate* (EE) dan Rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 4.44 hingga Tabel 4.46 berikut:

Tabel 4.44 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN (AHSP)					
Kegiatan : Pembangunan Jembatan Kecamatan Rupal					
Pekerjaan : Pembangunan Jembatan Beton Prategang Bentang 52 m					
Lokasi : Riau/ Kabupaten Bengkalis					
Jenis Pekerjaan : Sandaran (Railing) (m')					
No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga (Rupiah)

A.	<u>TENAGA</u>					
1	Pekerja (L01)	Jam	1,40	20.855,71	28.400,00	
2	Tukang (L02)	Jam	0,28	21.428,57	6.000,00	
3	Mandor (L03)	Jam	0,28	26.142,86	7.320,00	
JUMLAH HARGA TENAGA					41.720,00	
B.	<u>BAHAN</u>					
1	Pipa Galvanis Dia 3" (M132)	m	1,03	24.700,00	25.441,00	
JUMLAH HARGA BAHAN					25.441,00	
C.	<u>PERALATAN</u>					
1	Alat Bantu	Ls	1,000	50,00	50,00	
2	Mesin Las (E58)	Jam	2,33	51.264,15	119.495,47	
JUMLAH HARGA PERALATAN					119.495,47	
D.	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)				186.656,47	
E.	Overhead & Profit 10% x D				18.665,65	
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				205.322,12	

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Untuk mendapatkan hasil dari Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), perlu terlebih dahulu dicari volume atau perkiraan kuantitas dari masing-masing item yang tertera pada Tabel 4.44 diatas. Baik itu yang sudah ditetapkan oleh peraturan pemerintah maupun dari volume pekerjaan yang telah dihitung terlebih dahulu sesuai keadaan di lapangan. Kemudian setelah perkiraan kuantitas tersebut diketahui, maka perkiraan kauntitas tersebut dikali dengan harga satuan masing-masing item yang tertera untuk memperoleh hasil dari jumlah harga dari masing-masing item dan dijumlahkan total keseluruhan item untuk memperoleh harga satuan pekerjaan dari suatu Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP).

Tabel 4.45 Engineer Estimate

<u>ENGINEER ESTIMATE</u>	
EE	
Kegiatan	: Pembangunan Jembatan Kecamatan Rupat
Pekerjaan	: Pembangunan Jembatan Beton Prategang Bentang 52 m
Lokasi	: Riau/ Kabupaten Bengkalis

Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga (Rupiah)	Satuan	Jumlah Harga-Harga (Rupiah)
DIVISI 7. STRUKTUR					
Beton struktur, fc'25 Mpa	M ³	328,64	Rp	2.501.402,34	Rp 823.707.788,81
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 25 meter	Buah	8,00	Rp	270.226.504,20	Rp 2.161.812.033,61
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 25 meter	Buah	8,00	Rp	12.845.840,63	Rp 102.766.725,06
Baja Prategang	Kg	274,12	Rp	377.380,75	Rp 103.445.876,10
Baja Tulangan (Polos) U24	Kg	6,99	Rp	17.385,50	Rp 8.407.975,51
Baja Tulangan (Ulir) D39	Kg	11446,22	Rp	18.128,00	Rp 231.685.991,68
Landasan Elastomerik Karet Sintetis Berlapis Baja Ukuran 450 Mm x 650 Mm x 8 Mm	Buah	60,00	Rp	1.221.069,67	Rp 73.264.180,00
Sandaran (Railing)	M ^l	208,00	Rp	205.322,12	Rp 42.707.000,58
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					Rp 3.547.797.571,35

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Tabel 4.46 Rekapitulasi EE

<u>REKAPITULASI</u> EE		
Kegiatan : Pembangunan Jembatan Kecamatan Rupert		
Pekerjaan : Pembangunan Jembatan Beton Prategang Bentang 52 m		
Lokasi : Riau/ Kabupaten Bengkalis		
No Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	Rp 45.800.250,00
6	Perkerasan Aspal	Rp 60.560.519,06
7	Struktur	Rp 3.547.797.571,35
(A) Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)		Rp 3.654.158.340,41
(B) Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)		Rp 365.415.834,04
(C) JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)		Rp 4.019.574.174,45
(D) DIBULATKAN		Rp 4.019.600.000,00
Terbilang : Empat Milyar Sembilan Belas Juta Enam Ratus Ribu Rupiah		

(Sumber : Olahan Data Skripsi, 2021)

Dapat disimpulkan bahwa total jumlah harga pekerjaan struktur atas jembatan yaitu Rp. 3.654.158.340,41 Kemudian untuk Pajak Pertambahan Nilai (PPN) yaitu 10% dari jumlah harga pekerjaan, $10\% \times \text{Rp. } 3.654.158.340,41 = \text{Rp.}$

365.415.834,04. Sehingga untuk jumlah total harga pekerjaan, Jumlah harga pekerjaan + Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = Rp. 3.654.158.340,41 + Rp. 365.415.834,04 = Rp. 4.019.574.174,45. Jadi jumlah total harga pekerjaan setelah dibulatkan yaitu Rp. 4.019.600.000,00 (Empat Milyar Sembilan Belas Juta Enam Ratus Ribu Rupiah).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perencanaan jembatan tersebut didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Nilai M_u maksimum *slab* lantai jembatan pada daerah tumpuan dan lapangan diperoleh dari kombinasi “Kuat I” yaitu sebesar berturut-turut 36,132 kNm dan 30,824 kNm. Untuk trotoar diperoleh dari M_u sebesar 34,511 kNm. Untuk tiang sandaran nilai M_u rencana sebesar 2,590 kNm. Untuk *deck slab* nilai M_u sebesar 1,965 kNm. Untuk diafragma diperoleh M_u sebesar 4,01 kNm. Untuk M_u pada balok prategang yang ditinjau dari bentang ke-1 dan ke-2 diperoleh dari kombinasi “Kuat I” yaitu sebesar 3601,20 kNm
- b. Berdasarkan hasil perencanaan didapat dimensi perencanaan *slab* adalah panjang 52 m, lebar 7,5 m, dan tebal 0,2 m. Untuk dimensi trotoar yang didapatkan adalah Panjang 52 m, lebar 0,75 m, dan tebal 0,25 m. Sedangkan dimensi tiang sandaran yang didapatkan lebar 0,15 m, tebal 0,15 m, dan tinggi 1,32 m, dengan besi sandaran 3”. Sedangkan dimensi diafragma yang digunakan ukuran 1,65 x 0,20 m. Perletakan jembatan menggunakan jenis perletakan *elastomer bearing* dengan ukuran 350 x 700 x 8 mm, dengan jumlah lapisan 8 lapis. Dimensi PCI-Girder yang digunakan yaitu dengan dimensi H-210 cm, jumlah girder dalam perencanaan ini sebanyak 4 unit yang terdiri dari 8 segmen. Dalam satu PCI-Girder terdiri dari 5 tendon.
- c. Berdasarkan perhitungan *bar bending schedule* didapat jumlah besi yang digunakan didalam pekerjaan besi U-39 ulir sebanyak 11151,96 kg dan besi U-24 Polos sebanyak 483,62 kg.

- d. Hasil rekapitulasi biaya pekerjaan struktur atas jembatan Sungai Mesim yaitu sebesar Rp. 4.019.600.000,00 (Empat Milyar Sembilan Belas Juta Enam Ratus Ribu Rupiah).
- e. Hasil desain gambar struktur atas jembatan yang direncanakan dapat dilihat dari Lampiran gambar hasil perencanaan.

5.2 Saran

Saran dari penulis agar penelitian ini lebih kompleks, diantaranya perlu :

- a. Ketelitian dalam melakukan perhitungan dan pemakaian kombinasi pembebanan sesuai dengan peraturan terbaru.
- b. Peraturan jembatan haruslah mengacu kepada peraturan-peraturan mengenai jembatan yang ada.
- c. Perlu ditinjau lebih lanjut mengenai metode konstruksi yang digunakan dalam pelaksanaan pembangunan jembatan tersebut.
- d. Perhitungan ini dapat dilanjutkan dengan menghitung struktur bawah jembatan dan membandingkan dengan perencanaan yang sudah ada.
- e. Perhitungan *Bar Bending Schedule* dapat menggunakan *Software* seperti Tekla.

DAFTAR PUSTAKA

Al Ikhsan, 2019. Perencanaan Jembatan Beton Prategang Menggunakan *PCI Girder* : Bengkalis

Burn & Lin, 1993, *Design Of Prestressed Concrete Structures*.

<http://eprints.itenas.ac.id/423/5/05%20Bab%202%20222014260.pdf> diakses pada 16 Januari 2021

<http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdoc/Bab2/2013-2-01199SP%20Bab2001.pdf> diakses pada 16 Januari 2021

<http://www.laiwusteel.en.made-in-china.com>. Diakses Tanggal 8 Februari 2021 Pukul 16:00 WIB.

<https://docplayer.info/51979618-Tugas-akhir-perancangan-struktur-atas-jembatan-condet-dengan-konstruksi-beton-prategang.html> diakses pada 19 Januari 2021

<https://karetmalang.wordpress.com/2019/05/09/mengenal-sambungan-siar-muai-expansion-joint/> Diakses Tanggal 30 April 2021.

<https://media.neliti.com/media/publications/282712-perencanaan-jembatan-beton-prategang-den-7204af3a.pdf> diakses pada 19 Januari 2021.

Hutama AL, Sandy (2009), *Perancangan Struktur Atas Jembatan Condet Dengan Konstruksi Beton Prategang*.






Ilham Noer, 2008, Jembatan prategang (PCI), serandakan kulon progo D.I.

Ir. Soetoyo, 2002, *Konstruksi Beton Pratekan*.

Nasri M, 2018. Perencanaan Jembatan Beton Prategang Dengan Menggunakan *PCI Girder* : Bengkalis

SNI 1725-2016, *Pembebanan Untuk Jembatan*, BSN, Jakarta, 2016.

SNI T-12-2004, *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*, BSN, Yogyakarta.

LEGENDA	
	Area Jembatan
	Pemukiman Warga
	Sungai/Rawa
	Jalan
	Tanaman




SITE EKSTISTING JEMBATAN LAMA
 SKALA : VARIASI








JUDUL SKRIPSI	PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMEBANAYAN SNI 1725-2016
LOKASI PERENCANAAN	DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT

DIGAMBAR OLEH	INDRIYANI PUJUHULAWA, M.Eng
ILHAM MAYANDRA	
DOSEN PEMBIMBING	
DOSEN PENGUJI	DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEVI AL JAUHARI, M. T

JUDUL GAMBAR	SITE EKSTISTING
NOMOR GAMBAR	01
JUMLAH GAMBAR	15

SKALA GAMBAR	VARIASI
NOMOR GAMBAR	01
JUMLAH GAMBAR	15

LEGENDA	
	Area Jembatan
	Pemukiman Warga
	Sungai/Rawa
	Jalan
	Tanaman



SITE EKSTING JEMBATAN RENCANA
 SKALA : VARIASI

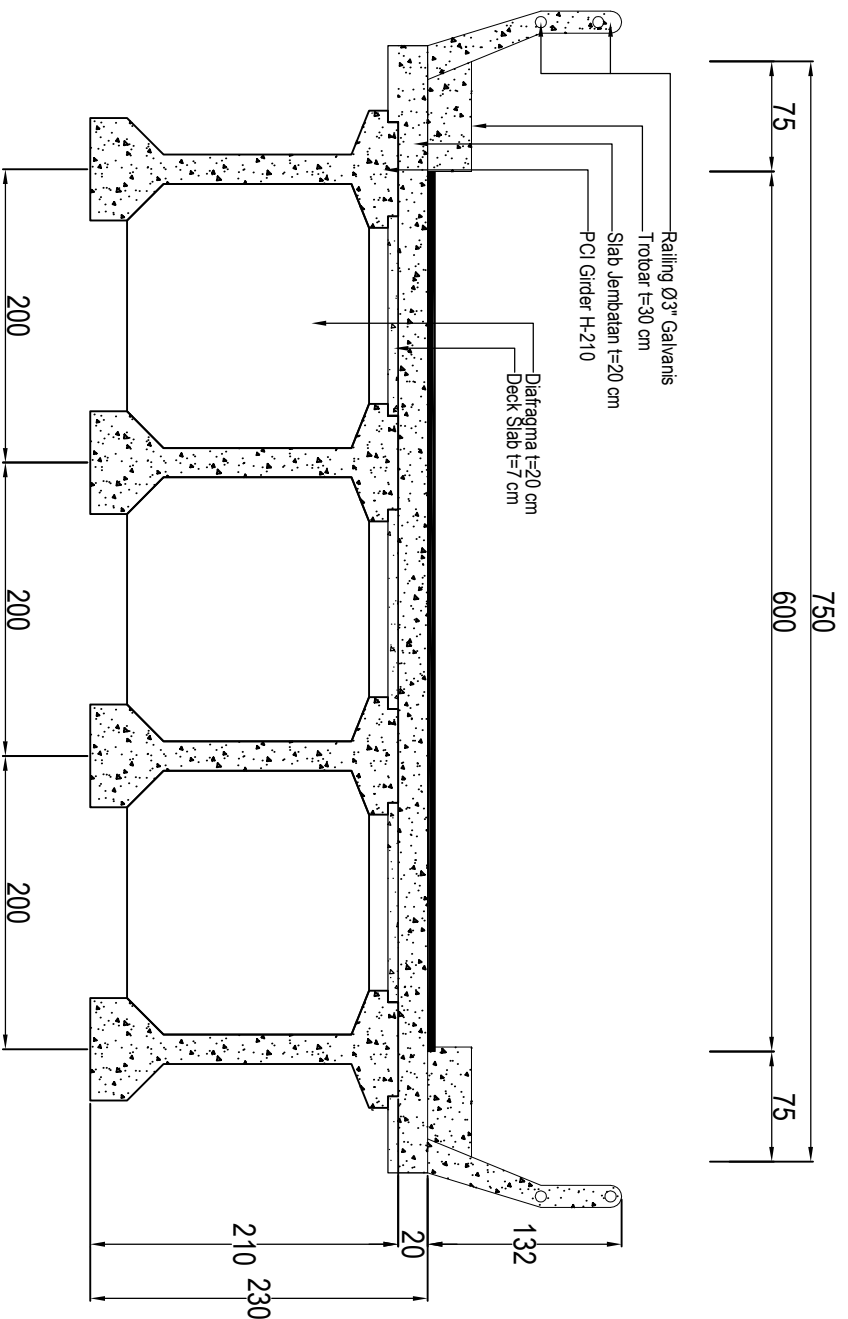


JUDUL SKRIPSI	PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1725-2016
LOKASI PERENCANAAN	DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT

DIGAMBAR OLEH	INDRIYANI PUJUHULAWA, M.Eng
ILHAM MAYANDRA	DOSEN PEMBIMBING

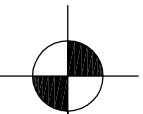
JUDUL GAMBAR	SITE EKSTING
DOSEN PENGUII	DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEVI AL JAUHARI, M. T


SKALA GAMBAR	
VARIASI	
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
02	15

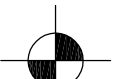
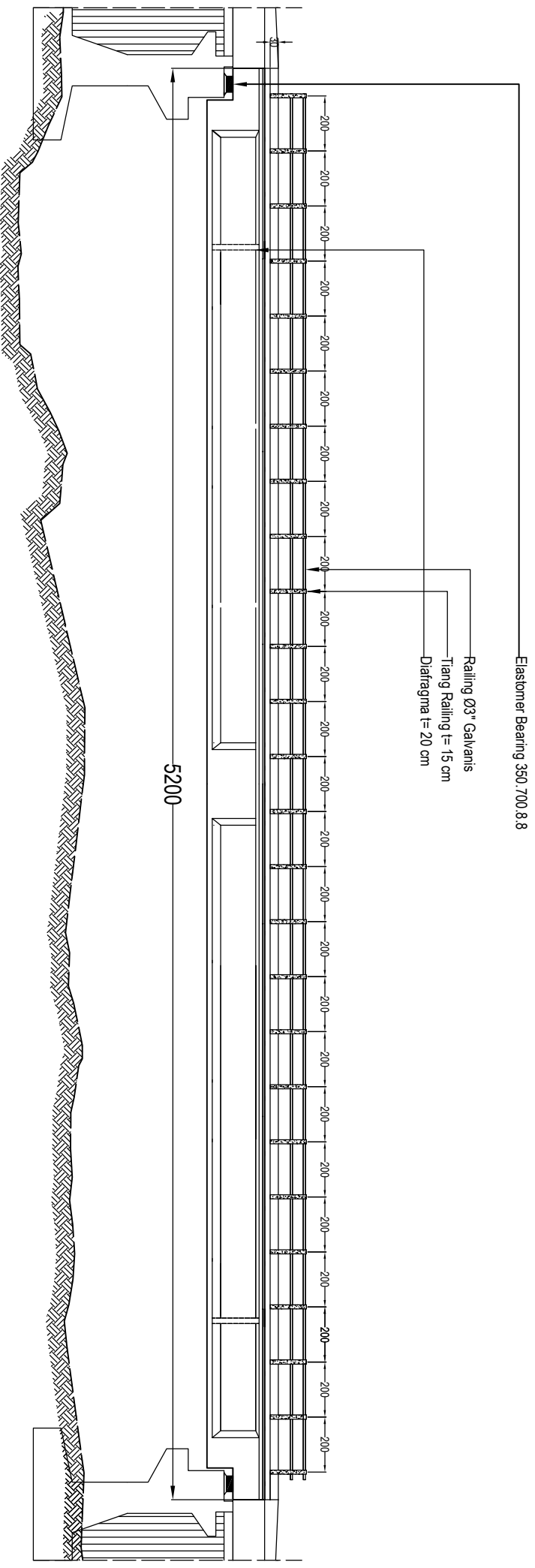


TAMPAK DEPAN JEMBATAN RENCANA

SKALA : 1:50




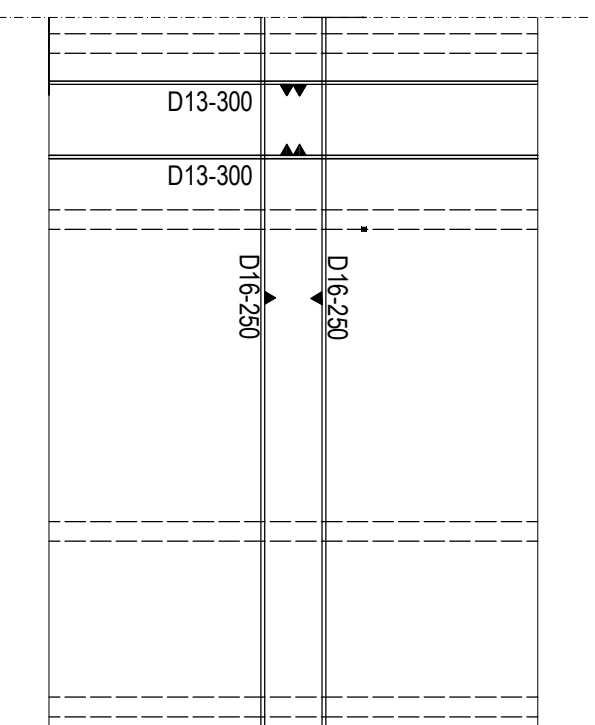
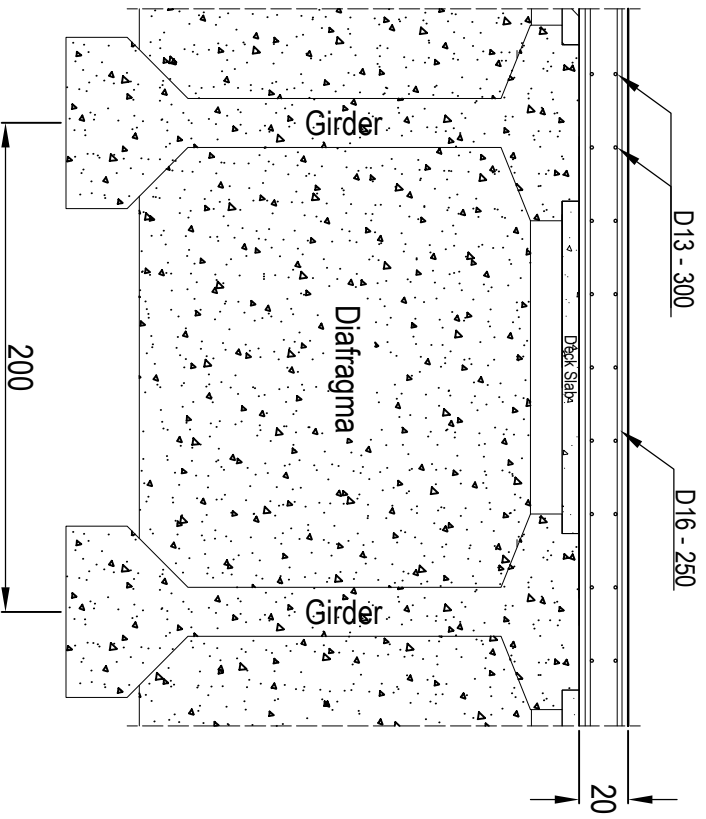
		JUDUL SKRIPSI		DIGAMBAR OLEH		JUDUL GAMBAR		SKALA GAMBAR	
		PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBAHAN SNI 1725-2016		ILMHAM MAYANDRA		TAMPAK		1:50	
DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT		LOKASI PERENCANAAN		DOSEN PEMBIMBING		DOSEN PENGUII		NOMOR GAMBAR	
				INDRITYANI PUJUHULAWA, M.Eng		DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEY AL JAUHARI, M. T		JUMLAH GAMBAR	
								03	
								15	



TAMPAK SAMPIING JEMBATAN RENCANA

SKALA : 1:200

		JUDUL SKRIPSI		DIGAMBAR OLEH		JUDUL GAMBAR		SKALA GAMBAR	
		PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBAHAN SNI 1725-2016		ILHAM MAYANDRA		TAMPAK		1:200	
LOKASI PERENCANAAN		DOSEN PEMBIMBING		DOSEN PENGUJI		NOMOR GAMBAR		JUMLAH GAMBAR	
DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT		INDRIYANI PUJUHULAWA, M.Eng		DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEY AL JAUHARI, M. T		04		15	



TAMPAK DEPAN PENULANGAN SLAB

SKALA : 1:30

TAMPAK ATAS PENULANGAN SLAB

SKALA : 1:30



JUDUL SKRIPSI

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN
SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER
BERDASARKAN PEMBEBAKAN SNI 1725-2016

LOKASI PERENCANAAN

DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT

DIGAMBAR OLEH

ILHAM MAYANDRA

DOSEN PEMBIMBING

INDRIYANI PUJUHULAWA, M.Eng

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN

DOSEN PENGUII

DEDI ENDA, M. T
ALAMSYAH M. Eng
ZEY AL JAUHARI, M. T

SKALA GAMBAR

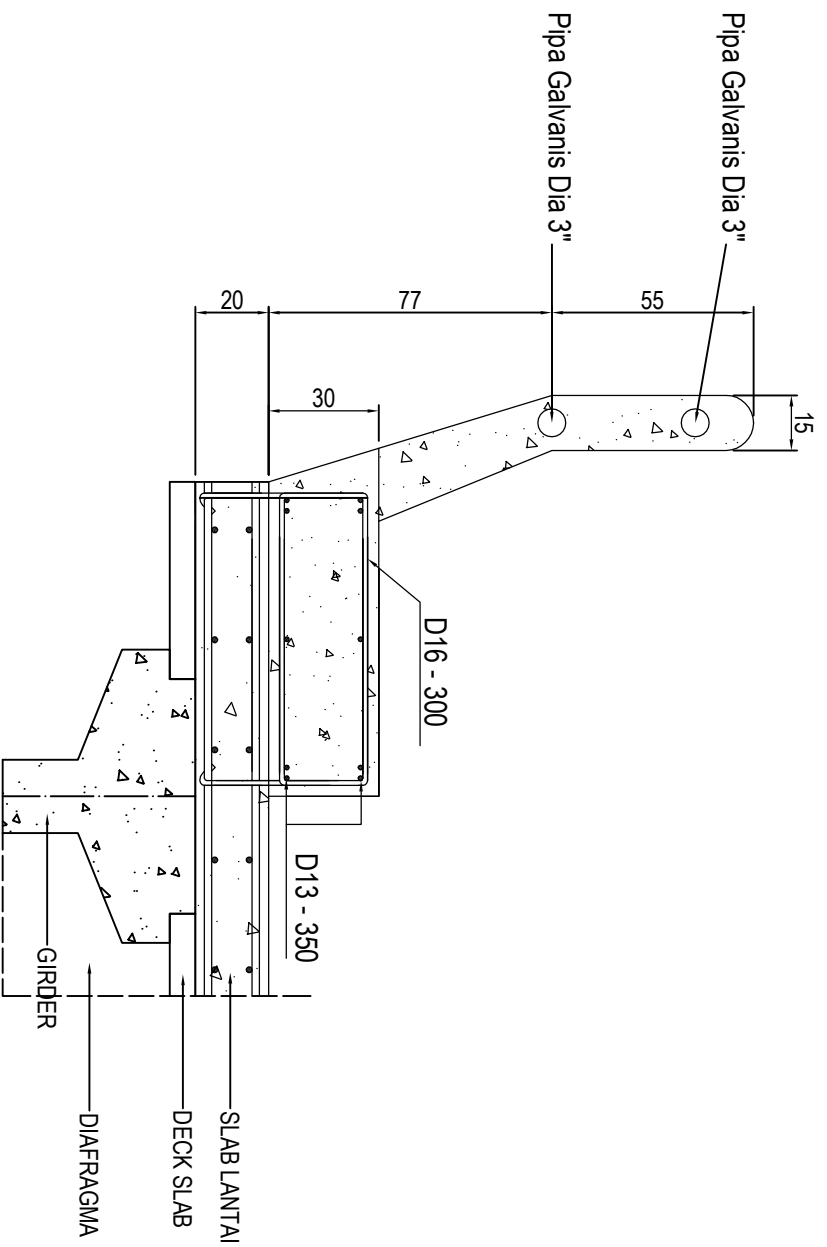
1:30

NOMOR GAMBAR

05

JUMLAH GAMBAR

15





PENULANGAN TROTOAR

 SKALA : 1:30

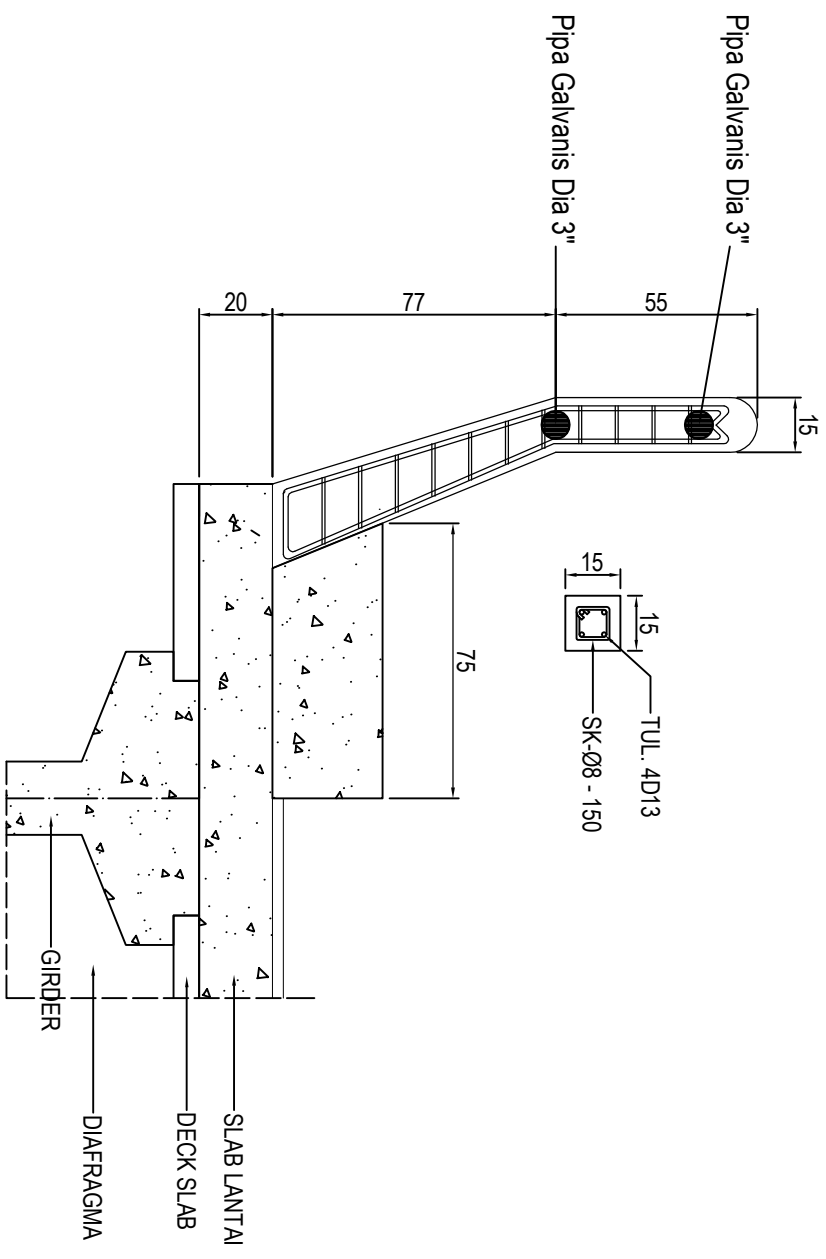


JUDUL SKRIPSI	PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBAKAN SNI 1725-2016
LOKASI PERENCANAAN	DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT


DIGAMBAR OLEH	ILHAM MAYANDRA
DOSEN PEMBIMBING	INDRIYANI PUJUHULAWA, M.Eng

JUDUL GAMBAR	PENULANGAN TROTOAR
DOSEN PENGUII	DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEY AL JAUHARI, M. T

SKALA GAMBAR	1:30
NOMOR GAMBAR	06
JUMLAH GAMBAR	15




PENULANGAN TIANG SANDARAN
 SKALA : 1:30

	JUDUL SKRIPSI PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBAKAN SNI 1725-2016		
	LOKASI PERENCANAAN DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT		
	DIGAMBAR OLEH IHAM MAYANDRA	JUDUL GAMBAR PENULANGAN TIANG SANDARAN	
	DOSEN PEMBIMBING INDRİYANI PUJUHULAWA, M.Eng	DOSEN PENGUII DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEY AL JAUHARI, M. T	
		SKALA GAMBAR 1:30	
	NOMOR GAMBAR 07	JUMLAH GAMBAR 15	



PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN
SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER
BERDASARKAN PEMBEBAKAN SNI 1725-2016

LOKASI PERENCANAAN

DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT

JUDUL SKRIPSI

DIGAMBAR OLEH

ILHAM MAYANDRA

DOSEN PEMBIMBING

INDRIYANI PUJUHULAWA, M.Eng

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN DECK SLAB

DOSEN PENGUII

DEDI ENDA, M. T
ALAMSYAH M. Eng
ZEY AL JAUHARI, M. T

SKALA GAMBAR

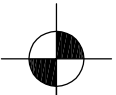
1:30

NOMOR GAMBAR

08

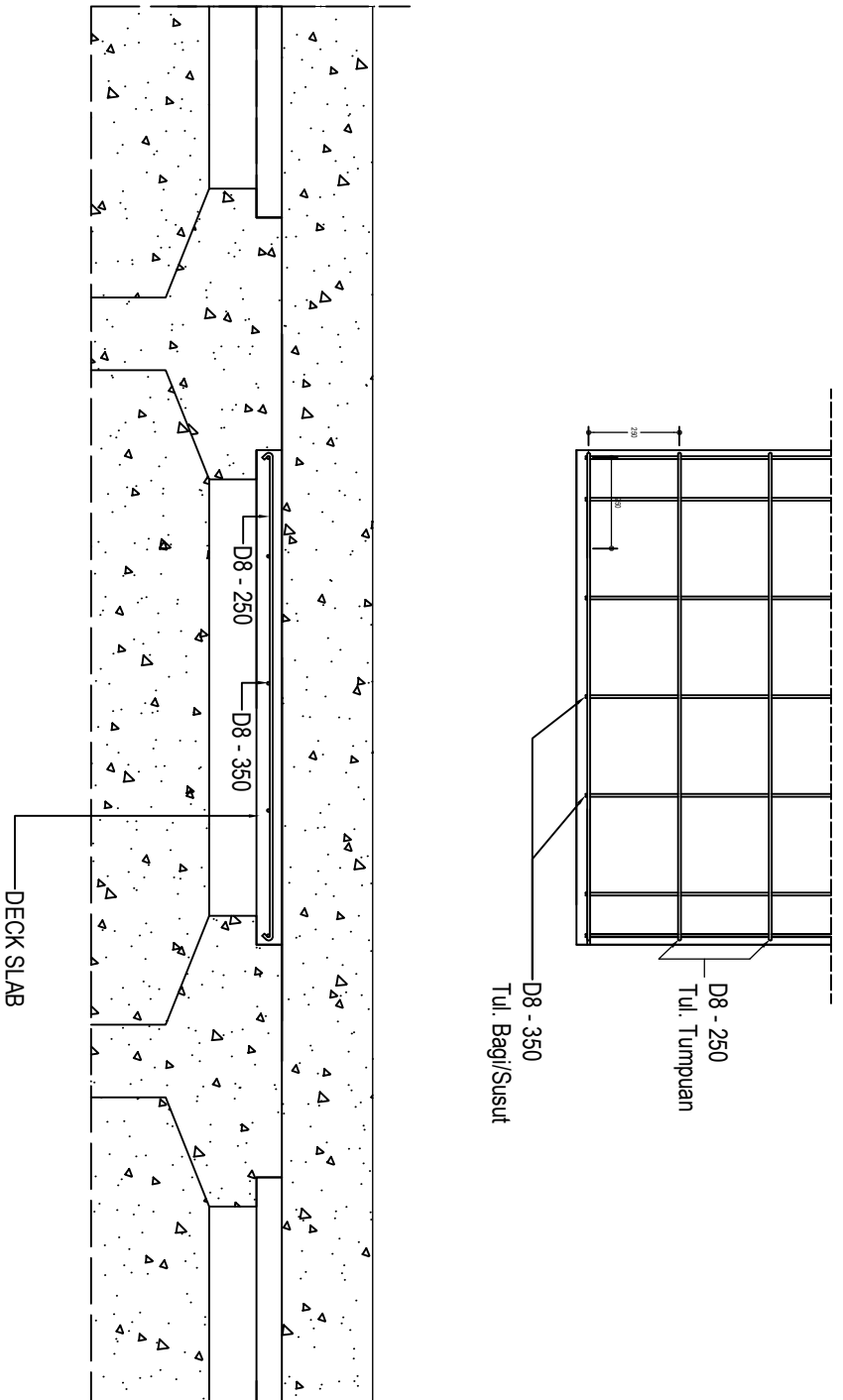
JUMLAH GAMBAR

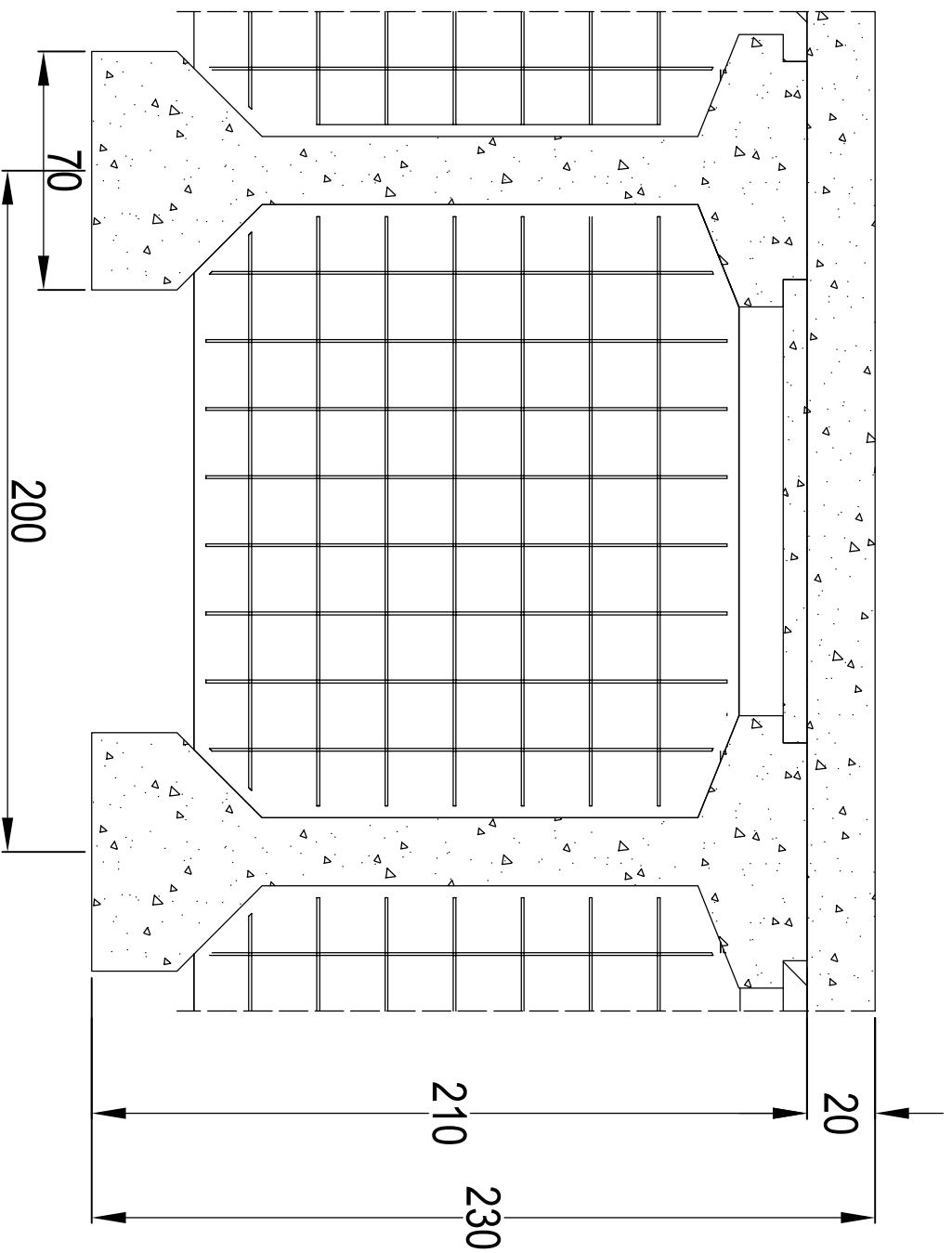
15



PENULANGAN DECK SLAB

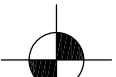
SKALA : 1:30






PENULANGAN DIAFRAGMA

SKALA : 1:30



		JUDUL SKRIPSI PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBAHAN SNI 1725-2016		DIGAMBAR OLEH IHAM MAYANDRA		JUDUL GAMBAR PENULANGAN DIAFRAGMA		SKALA GAMBAR 1:30	
		LOKASI PERENCANAAN DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT		DOSEN PEMBIMBING INDRYANI PUJUHULAWA, M.Eng		DOSEN PENGUII DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEY AL JAUHARI, M. T		NOMOR GAMBAR 09	



JUDUL SKRIPSI

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBAKAN SNI 1725-2016

LOKASI PERENCANAAN

DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT

DIGAMBAR OLEH

IHAM MAYANDRA

DOSEN PEMBIMBING

INDRIYANI PUJUHULAWA, M.Eng

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PCI GIRDER

DOSEN PENGUJI

DEDI ENDA, M. T
ALAMSYAH M. Eng
ZEY AL JAUHARI, M. T

SKALA GAMBAR

1:30

NOMOR GAMBAR

10

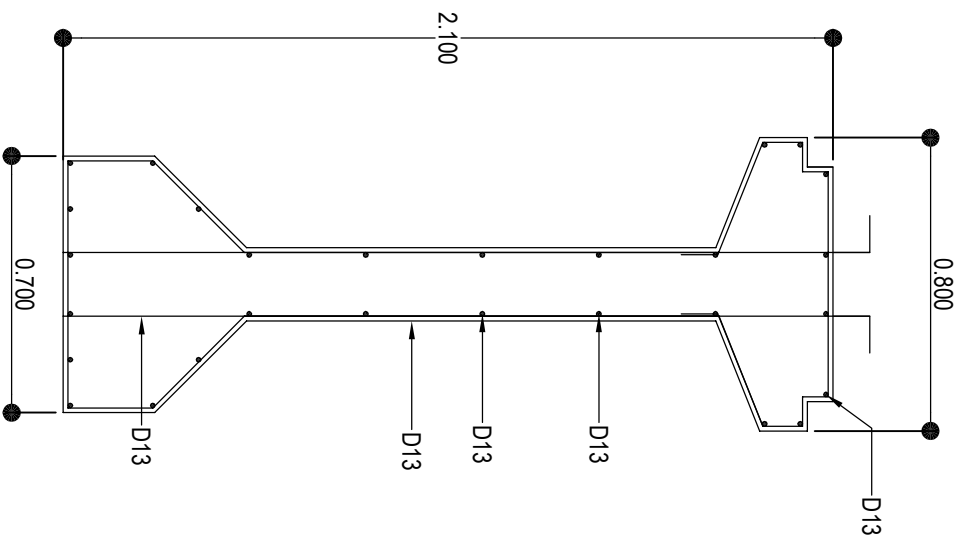
JUMLAH GAMBAR

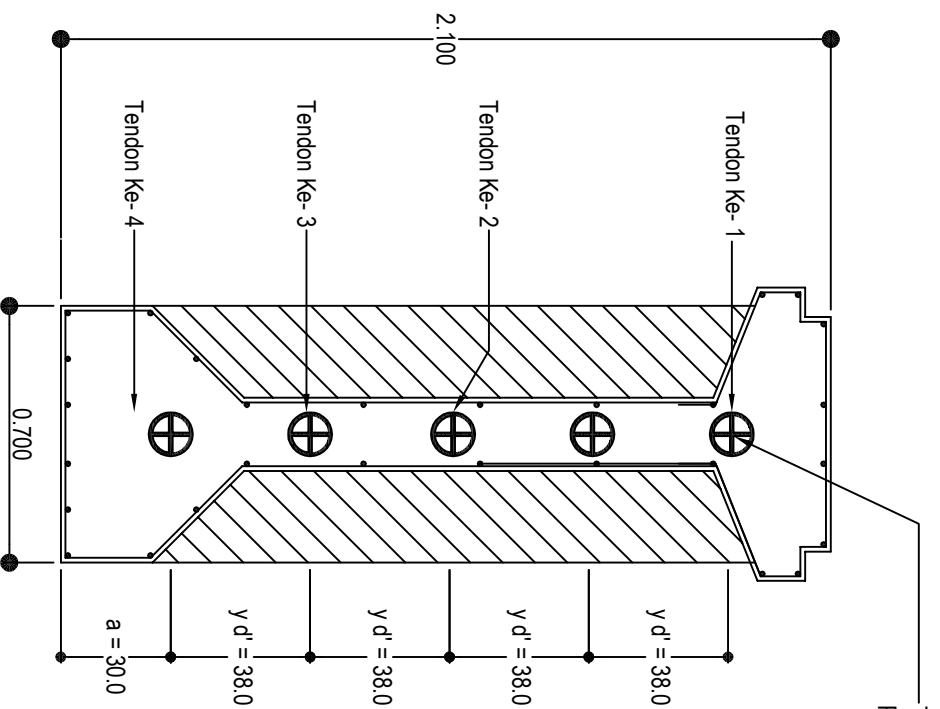
15

DIMENSI PENULANGAN PCI GIRDER H-210



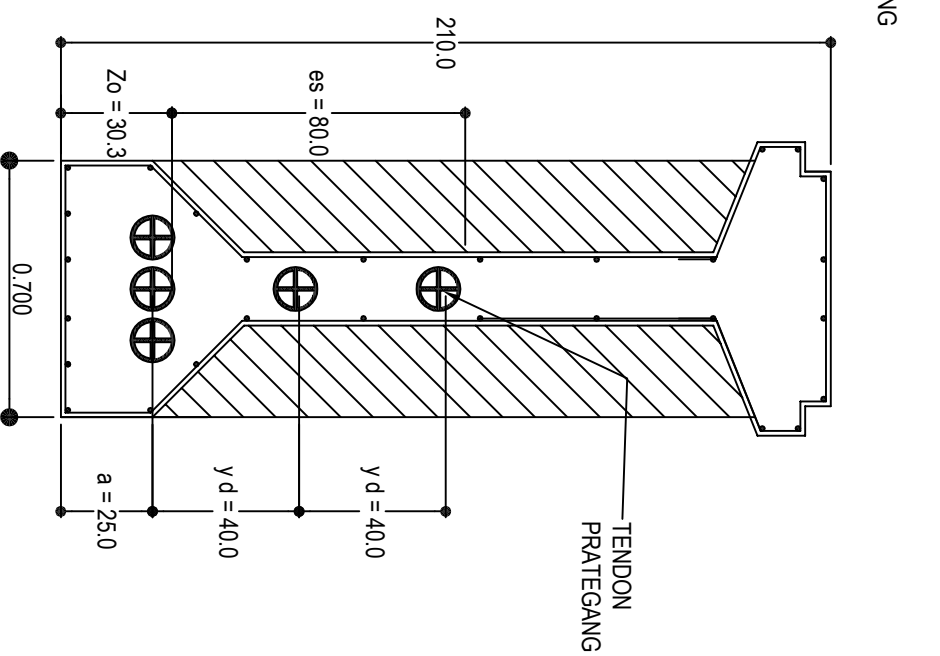
SKALA : 1:30





DIMENSI PCI GIRDER H-210
POSISI TENDON TEPI

SKALA : 1:30



DIMENSI PCI GIRDER H-210
POSISI TENDON TENGAH

SKALA : 1:30



JUDUL SKRIPSI

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN
SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER
BERDASARKAN PEMBEBAKAN SNI 1725-2016

LOKASI PERENCANAAN

DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT

DIGAMBAR OLEH

ILHAM MAYANDRA

DOSEN PEMBIMBING

INDRIYANI PUJUHULAWA, M.Eng

JUDUL GAMBAR

DIMENSI PCI GIRDER

DOSEN PENGUJI

DEDI ENDA, M. T
ALAMSYAH M. Eng
ZEVI AL JAUHARI, M. T

SKALA GAMBAR

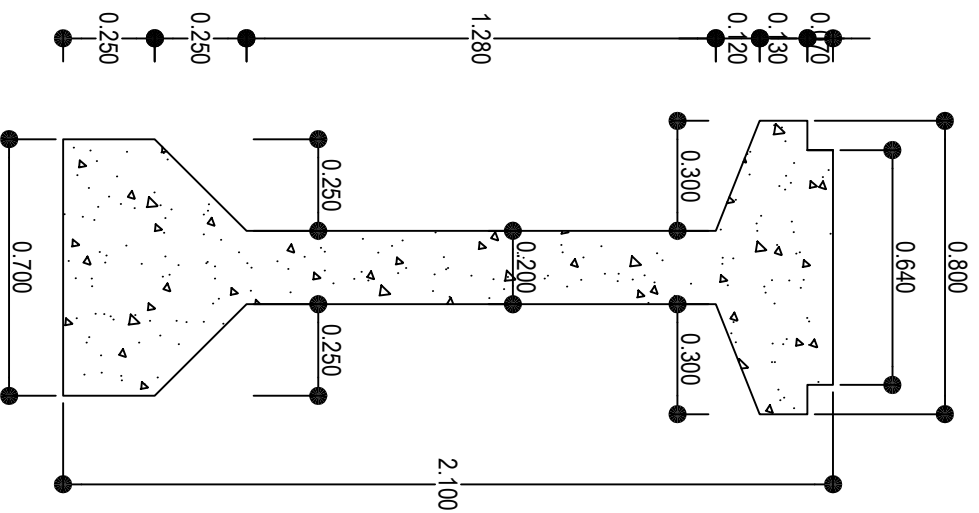
1:30

NOMOR GAMBAR

11

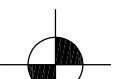
JUMLAH GAMBAR


15



DIMENSI PCI GIRDER H-210
POTONGAN 1-1

SKALA: 1:30



		JUDUL SKRIPSI PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBAKAN SNI 1725-2016	
		LOKASI PERENCANAAN DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT	
DIGAMBAR OLEH ILLHAM MAYANDRA		JUDUL GAMBAR DIMENSI PCI GIRDER	
DOSEN PEMBIMBING INDRITYANI PUJUHULAWA, M.Eng		DOSEN PENGUII DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEY AL JAUHARI, M. T	
SKALA GAMBAR 1:30		NOMOR GAMBAR 12	JUMLAH GAMBAR 15

TABEL PENULLANGAN

TYPE	SLAB LANTAI JEMBATAN		TROTOAR	
POSISI	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN
TUL ATAS	D16-250	D13-300	D16-300	D13-350
TUL BAWAH	D16-250	D13-300	D16-300	D13-350
SENGKANG	-	-	-	-

TABEL PENULLANGAN

TYPE	DIAPRAGMA		POL GIRDER
POSISI	TUMPUHAN	LAPANGAN	H-210
TUL ATAS	D8-200	D8-200	D13
TUL BAWAH	D8-200	D8-200	D13
SENGKANG	-	-	-

TABEL PENULLANGAN

TYPE	DECK SLAB		TIANG PAULING	
POSISI	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN
TUL ATAS	D8-250	D8-350	2 \times 13	-
TUL BAWAH	-	-	2 \times 13	-
SENGKANG	-	-	-	2 \times 8

TABEL PENULLANGAN

SKALA : 1:100



JUDUL SKRIPSI

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1725-2016

LOKASI PERENCANAAN

DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT

DIGAMBAR OLEH

ILHAM MAY ANDRA

DOSEN PEMBIMBING

INDRIYANI PUTUHULAWA, M.Eng

JUDUL GAMBAR

TABEL PENULLANGAN

DOSEN PENGUJI

DEDI ENDA, M. T
ALAMSYAH M. Eng
ZEV AL JAUHARI, M. T

SKALA GAMBAR

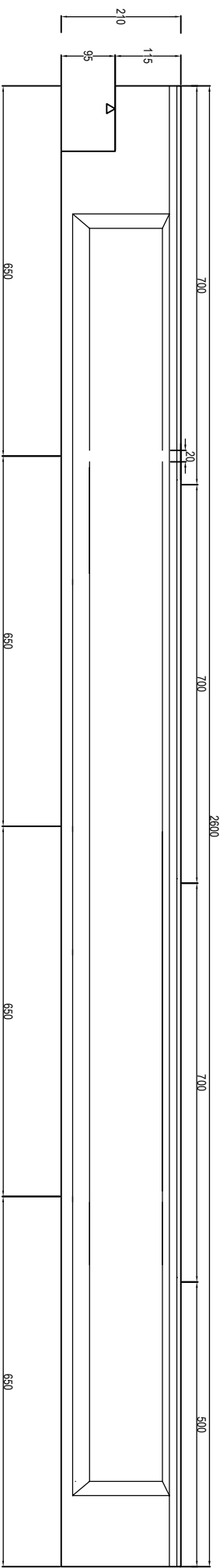
1:100

NOMOR GAMBAR

13

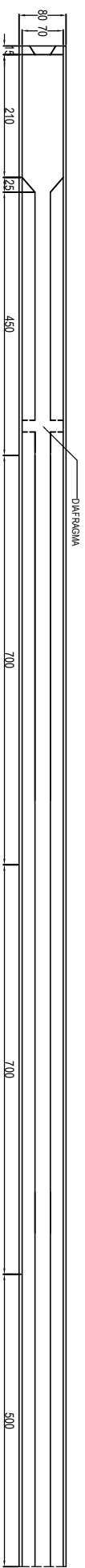
JUMLAH GAMBAR

15



TAMPAK SAMPIING DIMENSI PCI GIRDER L = 26 M

SKALA : 1:100



TAMPAK ATAS DIMENSI PCI GIRDER L = 26 M

SKALA : 1:100

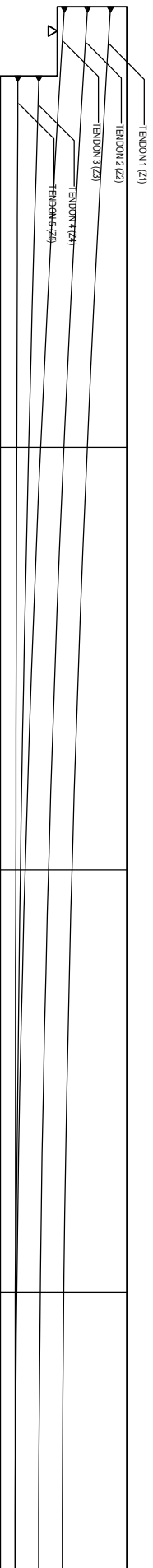


JUDUL SKRIPSI	PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1725-2016
LOKASI PERENCANAAN	DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT

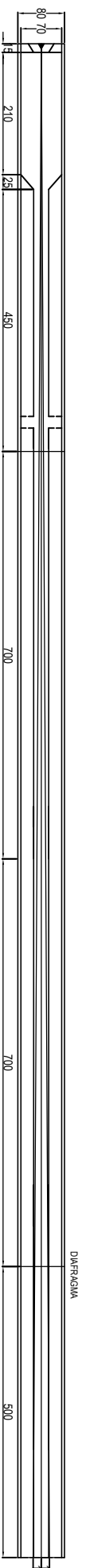
DIGAMBAR OLEH	ILHAM MAY ANDRA
DOSEN PEMBIMBING	INDRIYANI PUTUHULAWA, M.Eng

JUDUL GAMBAR	TAMPAK DIMENSI PCI GIRDER
DOSEN PENGUJI	DEDI ENDA, M. T ALAMSYAH M. Eng ZEV AL JAUHARI, M. T

SKALA GAMBAR	1:100
NOMOR GAMBAR	14
JUMLAH GAMBAR	15



TAMPAK SAMPIING LAYOUT KABEL PCI GIRDER L = 26 M
SKALA : 1:100



TAMPAK ATAS LAYOUT KABEL PCI GIRDER L = 26 M
SKALA : 1:100



JUDUL SKRIPSI		DIGAMBAR OLEH		JUDUL GAMBAR		SKALA GAMBAR	
PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI MESIM MENGGUNAKAN PCI GIRDER BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1725-2016		ILHAM MAY ANDRA		TAMPAK LAYOUT KABEL PCI GIRDER		1:100	
LOKASI PERENCANAAN		DOSEN PEMBIMBING		DOSEN PENGUII		NOMOR GAMBAR	
DESA SUKARJO MESIM KECAMATAN RUPAT		INDRIYANI PUTUHULAWA, M.Eng		DEDI ENDA, M.T ALAMSYAH M.Eng ZEV AL JAUHARI, M.T		15	
						JUMLAH GAMBAR	
						15	

Data-data jembatan

Panjang bentang jembatan	L	=	52000	mm	=	52,00	m
lebar total jembatan	B	=	7500	mm	=	7,50	m
lebar lalu lintas	B1	=	6000	mm	=	6,00	m
Panjang trotoar	h = L	=	52000	mm	=	52,00	m
Lebar trotoar	b	=	750	mm	=	0,75	m
Tinggi railing	t	=	1320	mm	=	1,32	m
Lebar railing	l	=	150	mm	=	0,15	m
tebal selimut		=	35	mm	=	0,035	m
berat kg besi		=	7850	kg	=		
Tebal slab jembatan	ts	=	200	mm	=	0,20	m
Tebal slab trotoar	tr	=	300	mm	=	0,30	m

Tulangan Slab

Panjang tulangan		=	52000	mm	=	52,00	m	
Tulangan utama	D	16	-	250	mm	=	0,25	m
		0,016	m					
Jumlah tulangan diperlukan	n = L / Jarak tulangan diperlukan	=	207,7	Buah	=	208,0		
Tulangan susut/bagi	D	13	-	300	mm	=	0,3	m
		0,013	m					
	n = B / Jarak tulangan diperlukan	=	24,77	Buah	=	25,0		
Panjang tulangan sambungan (overlap)	40 x D	=	520	mm	=	0,52	m	
tebal selimut beton slab	tsc	=	35	mm	=	0,035	m	
panjang bengkokan D16	6 x D	=	96	mm	=	0,096	m	
panjang bengkokan D13	6 x D	=	78	mm	=	0,078	m	

Tulangan Trotoar

Tulangan utama	D	16	-	300	mm	=	0,30	m
		0,016	m					
Jumlah tulangan diperlukan	n = b / Jarak tulangan diperlukan	=	173,10	Buah	=	174		
Tulangan susut/bagi	n = h / Jarak tulangan diperlukan	=	100	Buah	=	100		
	D	13	-	350	mm	=	0,35	m
		0,013	m					
	n = b / Jarak tulangan diperlukan	=	5,00	Buah	=	5,00		
tebal selimut beton trotoar	tsc	=	30	mm	=	0,03	m	
Panjang tulangan sambungan (overlap)	40 x D	=	520	mm	=	0,52	m	
panjang bengkokan D16	6 x D	=	96	mm	=	0,096	m	
panjang bengkokan D13	6 x D	=	78	mm	=	0,078	m	

Tulangan railing

Tulangan lentur	D	13	-	150	mm	=	0,15	m
		0,013	m					
Tulangan geser	D	8	-	150	mm	=	0,15	m
		0,008	m					
	n = t / Jarak tulangan diperlukan	=	2	Buah	=	2		
tebal selimut beton railing	tsc	=	35	mm	=	0,035	m	
tinggi tiang railing		=	1320	mm	=	1,320	m	
lebar tiang railing		=	1250	mm	=	1,250	m	
tebal tiang railing	b	=	150	mm	=	0,150	m	
lebar besi tiang railing		=	76,2	mm	=	0,076	m	
panjang bengkokan D13	6 x D	=	78	mm	=	0,078	m	
panjang bengkokan D8	6 x D	=	48	mm	=	0,048	m	

Tulangan diafragma

Tulangan lentur	D	10	-	200	mm	=	0,2	m
		0,01	m					
	n = t / Jarak tulangan diperlukan	=	8,65	buah	=	8,00		
Tulangan geser	D	8	-	200	mm	=	0,2	m
		0,008	m					
	n = t / Jarak tulangan diperlukan	=	7,90	buah	=	7,00		
	tsc	=	35	mm	=	0,035	m	
panjang bengkokan D10	6 x D	=	60	mm	=	0,06	m	
panjang bengkokan D8	6 x D	=	48	mm	=	0,048	m	
tinggi diafragma	h diaf	=	1650	mm	=	1,65	m	
tebal diafragma	t diaf	=	200	mm	=	0,20	m	
lebar diafragma	b diaf	=	1800	mm	=	1,80	m	

Tulangan deck slab

Tulangan utama

$$D \quad 8 \quad - \quad 250 \text{ mm} \quad = \quad 0,25 \text{ m}$$

0,008

$$n = t / \text{Jarak tulangan diperlukan} = 207,80 \text{ buah}$$

$$= 208,00 \text{ buah}$$

Tulangan susut/bagi

$$D \quad 8 \quad - \quad 350 \text{ mm} \quad = \quad 0,35 \text{ m}$$

0,008

$$n = t / \text{Jarak tulangan diperlukan} = 5,00 \text{ buah}$$

$$tsc = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$$

$$hds = 70000 \text{ mm} = 70 \text{ m}$$

Tinggi Deck Slab,

Lebar Plat Lantai sepanjang deck slab,

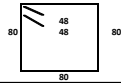
panjang bengkokan D8

$$lds = 1360 \text{ mm} = 1,36 \text{ m}$$

panjang bengkokan D8

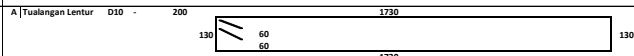
$$6 \times D = 48 \text{ mm} = 0,048 \text{ m}$$

$$6 \times D = 48 \text{ mm} = 0,048 \text{ m}$$

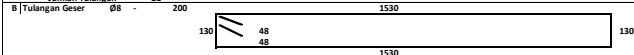


Jumlah Tulangan = 220 Pcs

DIAFRAGMA

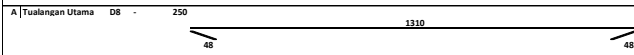


Jumlah Tulangan = 21 Pcs



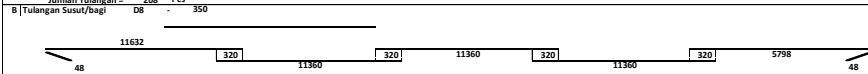
Jumlah Tulangan = 24 Pcs

DECK SLAB



Panjang Jembatan = 52,000 M

Jumlah Tulangan = 308 Pcs



Panjang Jembatan = 52,000 M

Jumlah Tulangan = 5 Pcs

2	8	0,40	0,416	440	72,30	12	28	0,352	15,7	16	Waste 14	2,18	0,352	5,53	2,22	16	0,352	5,63
3	10	0,62	3,720	63	144,60	12	3	0,840	21,0	21	Waste 15	10,88	0,840	17,64	10,88	21	0,840	17,64
3	8	0,40	3,416	72	97,15	12	1	8,584	92,0	92	Waste 16	311,94	8,584	789,73	311,94	92	8,584	789,73
3	8	0,40	1,406	624	346,55	12	8	0,752	78,0	78	Waste 17	23,17	0,752	58,66	23,17	78	0,752	58,66
3	8	0,40	12,000	15	71,10	12	1	-	15,0	15	Waste 18	-	-	-	-	-	-	-
3	8	0,40	12,000	15	71,10	12	1	-	15,0	15	Waste 19	-	-	-	-	-	-	-
3	8	0,40	12,000	15	71,10	12	1	-	15,0	15	Waste 20	-	-	-	-	-	-	-
3	8	0,40	12,000	15	71,10	12	1	-	15,0	15	Waste 21	-	-	-	-	-	-	-
3	8	0,40	6,166	15	36,53	12	1	5,834	15,0	15	Waste 22	-	-	-	-	-	-	-

Prepared By

(.....)
ILHAM MAYANDRA

Checked By

(.....)
INDRIYANI PULUHULAWA, M.Eng

Rekapitulasi Penulangan (Baja Ulir)			
Diameter	Jumlah batang	Berat (Kg)	
		Terpakai	Sisa
8	78	346,55	23,17
10	21	144,60	10,88
13	375	4092,00	276,00
16	764	6568,81	1318,55
Total		11151,96	1628,60
Total yang dibeli		12780,56	

Rekapitulasi Penulangan (Baja Polos)			
Diameter	Jumlah batang	Berat (Kg)	
		Terpakai	Sisa
8	108	169,45	314,17
Total		169,45	314,17
Total yang dibeli		483,62	

**REKAPITULASI
PERKIRAAN HARGA PEKERJAAN**

Proyek / Bagpro : Pembangunan Jembatan
No. Paket Kontrak :
Nama Paket : Pembangunan Jembatan
Prop / Kab / Kodya : Riau/Bengkalis

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	Rp 45.800.250,00
2	Perkerasan Aspal	Rp 60.560.519,06
3	Struktur	Rp 3.547.797.571,35
(A) Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)		Rp 3.654.158.340,41
(B) Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)		Rp 365.415.834,04
(C) JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)		Rp 4.019.574.174,45
(D) DIBULATKAN		Rp 4.019.600.000,00

Terbilang : *Empat Milyar Sembilan Belas Juta Enam Ratus Ribu Rupiah*

Bengkalis, 09 Agustus 2021

Disusun oleh
Pejabat Pembuat Komitmen

(Ilham Mayandra)

ENGINEER ESTIMET

(EE)

Kegiatan : Pembangunan Jembatan Kecamatan Rupat
Pekerjaan : Pembangunan Jembatan Beton Prategang Bentang 52 m
Lokasi : Riau/ Kabupaten Bengkalis

Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga-Harga (Rupiah)
b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 7. STRUKTUR				
Beton struktur, fc'25 Mpa	M3	329,30	Rp 2.501.402,34	Rp 823.707.788,81
Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 25 meter	Buah	8,00	Rp 270.226.504,20	Rp 2.161.812.033,61
Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 25 meter	Buah	8,00	Rp 12.845.840,63	Rp 102.766.725,06
Baja Prategang	Kg	274,12	Rp 377.380,75	Rp 103.445.876,10
Baja Tulangan (Polos) U24	Kg	483,62	Rp 17.385,50	Rp 8.407.975,51
Baja Tulangan (Ulir) D39	Kg	12780,56	Rp 18.128,00	Rp 231.685.991,68
Landasan Elastomerik Karet Sintetis Berlapis Baja Ukuran 350 mm	Buah	60,00	Rp 1.221.069,67	Rp 73.264.180,00
Sandaran (Railing)	M1	208,00	Rp 205.322,12	Rp 42.707.000,58
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)				Rp 3.547.797.571,35

ITEM PEMBAYARAN NO. : 1.2
 JENIS PEKERJAAN : MOBILISASI

% TERHADAP TOTAL BIAYA PROYEK = 0,8018 %

Lembar 1.2-1

No.	URAIAN	SATUAN	VOL.	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
B.	PERALATAN Periksa lembar 1.2-2				15.400.000,00
D.	MOBILISASI FASILITAS LABORATORIUM				
4	Concrete Testing Slump Cone	Ls	5	150.000	750.000,00
E.	MOBILISASI PERSONIL				
E.I.	Personil Sesuai Struktur Organisasi			
5					
E.II.	Personi Lainnya				
1	Koordinator Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas		1	200.000,00	200.000,00
Total Biaya Mobilisasi					29.300.000,00

Catatan : Jumlah yang tercantum pada masing-masing item mobilisasi di atas sudah termasuk over-head dan laba serta seluruh pajak dan bea (kecuali PPh), dan pengeluaran lainnya.

ITEM PEMBAYARAN NO. : 1.2
 JENIS PEKERJAAN : MOBILISASI

Lembar 1.2-2

No.	JENIS ALAT	KODE ALAT	SATUAN	VOL.	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
B.	PERALATAN					
1	ASPHALT MIXING PLANT	E01	Unit	1	4.605.878,66	4.605.878,66
2	ASPHALT FINISHER	E02	Unit	1	816.425,59	816.425,59
3	DUMP TRUCK 6-8 M3	E09	Unit	3	480.473,19	1.441.419,57
4	GENERATOR SET	E12	Unit	1	766.658,57	766.658,57
5	WHEEL LOADER 1.0-1.6 M3	E15	Unit	1	565.913,20	565.913,20
6	TIRE ROLLER 8-10 T.	E18	Unit	1	343.455,22	343.455,22
7	WATER TANKER 3000-4500 L.	E23	Unit	1	275.712,46	275.712,46
8	CONCRETE PUMP	E28	Unit	2	269.931,43	539.862,86
9	TRONTON 15 TON	E35	Unit	2	632.175,75	1.264.351,50
10	ASPHALT DISTRIBUTOR	E41	Unit	1	425.547,03	425.547,03
11	CONCRETE PAN MIXER	E43	Unit	1	842.256,40	842.256,40
12	CRANE ON TRACK 75-100 TON	E51	Unit	2	3.420.608,81	6.841.217,62
13	Tandem Roller 8-10 T.	E17a	Unit	1,00	343.455,22	343.455,22
14	GROUTING PUMP	E56	Unit	2,00	261.521,97	523.043,94
	STRESSING JACK	E62	Unit	2,00	209.471,56	418.943,12
Total untuk Item B pada Lembar 1						20.014.140,96

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK :
 NAMA PAKET : Jembatan Sungai Mesim
 PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 7.13.(1) PERKIRAAN VOL. PEK. : 208,00
 JENIS PEKERJAAN : Sandaran (Railing) TOTAL HARGA (Rp.) : 42.707.000,58
 SATUAN PEMBAYARAN : M1 % THD. BIAYA PROYEK : 1,06

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	<u>TENAGA</u>				
1.	Pekerja (L01)	jam	1,40	20.285,71	28.400,00
2.	Tukang (L02)	jam	0,28	21.428,57	6.000,00
3.	Mandor (L03)	jam	0,28	26.142,86	7.320,00
JUMLAH HARGA TENAGA					41.720,00
B.	<u>BAHAN</u>				
1.	Pipa Galvanis Dia 3" (M132)	M	1,03	24.700,00	25.441,00
JUMLAH HARGA BAHAN					25.441,00
C.	<u>PERALATAN</u>				
1.	Alat Bantu	Ls	1,000	50,00	50,00
2.	Mesin Las E58	Jam	2,33	51.264,15	119.445,47
JUMLAH HARGA PERALATAN					119.495,47
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				186.656,47
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D				18.665,65
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				205.322,12

Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK	: Perencanaan Struktur Atas Jembatan		
No. PAKET KONTRAK	:		
NAMA PAKET	: Jembatan Sungai Mesim		
PROP / KAB / KODYA	: Riau/ Kabupaten Bengkalis	PERKIRAAN VOL. P :	60,00
ITEM PEMBAYARAN NO.	: 7.12.(3)		
JENIS PEKERJAAN	: Landasan Elastomerik Karet Sintetis Berlapis Baja Ukuran 350	TOTAL HARGA (Rp. :	73.264.180,00
SATUAN PEMBAYARAN	: mm x 700 Mm x 8 mm	% THD. BIAYA PRO :	1,82
	: Buah		

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	TENAGA				
1.	Pekerja (L01)	jam	2,3333	20.285,71	47.333,33
2.	Tukang (L02)	jam	0,5833	21.428,57	12.500,00
3.	Mandor (L03)	jam	0,5833	26.142,86	15.250,00
JUMLAH HARGA TENAGA					75.083,33
B.	BAHAN				
1.	Elastomer sintetis elastomer jenis 3; (350 x 700 x 8) mm3 (M74c)	Buah	1,000	1.034.930,00	1.034.930,00
JUMLAH HARGA BAHAN					1.034.930,00
C.	PERALATAN				
1.	Alat Bantu	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					50,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				1.110.063,33
E.	OVERHEAD & PROFIT			10,0 % x D	111.006,33
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				1.221.069,67

Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK :
 NAMA PAKET : Jembatan Sungai Mesim
 PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 7.1 (6a) PERKIRAAN VOL. PEK. : 329,30
 JENIS PEKERJAAN : Beton struktur fc' 25 Mpa TOTAL HARGA (Rp.) : 823.707.788,81
 SATUAN PEMBAYARAN : M3 % THD. BIAYA PROYEK : 20,49

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	TENAGA				
1.	Pekerja (L01)	jam	0,4016	20.285,71	8.146,87
2.	Tukang (L02)	jam	0,6024	21.428,57	12.908,78
3.	Mandor (L03)	jam	0,0502	26.142,86	1.312,39
4.	Operator (L04)	jam	0,0502	29.857,14	1.498,85
JUMLAH HARGA TENAGA					23.866,90
B.	BAHAN				
1.	Semen (M12)	Kg	307,9700	1.410,05	434.253,10
2.	Pasir Beton (M01a)	M3	0,6104	463.000,00	282.637,55
3.	Agregat Kasar (M03)	M3	0,7944	123.000,00	97.708,66
4.	Kayu Perancah (M19)	M3	0,4000	2.700.000,00	1.080.000,00
5.	Paku (M18)	Kg	4,8000	34.000,00	163.200,00
6.	Air (M170)	Ltr	190,5500	14,65	2.791,56
7.	Plastizier (M182)	Kg	0,9239	40.000,00	36.956,40
JUMLAH HARGA BAHAN					2.097.547,26
C.	PERALATAN				
1.	Concrete Mixing Plant (E80)	jam	0,0502	842.256,40	42.281,95
2.	Truck Mixer (E49)	jam	0,1375	603.445,13	82.968,23
3.	Concrete Vibrator (E20)	jam	0,3012	55.671,89	16.768,64
4.	Water Tank Truck (E23)	jam	0,0382	275.712,46	10.519,15
5.	Alat Bantu	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					152.587,97
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				2.274.002,13
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D				227.400,21
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				2.501.402,34

- Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK :
 NAMA PAKET : Jembatan Sungai Mesim

 PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 7.2(2b) PERKIRAAN VOL. PEK. : 8,00
 JENIS PEKERJAAN : Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 2E TOTAL HARGA (Rp.) : 102.766.725,06
 SATUAN PEMBAYARAN : Buah 0 0 % THD. BIAYA PROYEK : 2,56

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	TENAGA				
1.	Pekerja (L01)	jam	1,6642	20.285,71	33.758,61
2.	Tukang (L02)	jam	1,6642	21.428,57	35.660,50
3.	Mandor (L03)	jam	6,6566	26.142,86	174.023,24
4.	Operator (L04)	jam	1,6642	29.857,14	49.686,96
JUMLAH HARGA TENAGA					293.129,30
B.	BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN					0,00
C.	PERALATAN				
1.	Crane On Track (70-100) T; 190 HP (E51)	jam	1,6642	3.420.608,81	5.692.428,82
2.	Crane On Track (70-100) T; 190 HP (E51)	jam	1,6642	3.420.608,81	5.692.428,82
3.	Alat Bantu	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					11.384.907,64
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				11.678.036,94
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D				1.167.803,69
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				12.845.840,63

Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK :
 NAMA PAKET : Jembatan Sungai Mesim
 PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 7.2 (1b) PERKIRAAN VOL. PEK. : 8,00
 JENIS PEKERJAAN : Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 25 TOTAL HARGA (Rp.) : 2.161.812.033,61
 SATUAN PEMBAYARAN : Buah % THD. BIAYA PROYEK : 53,78

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	TENAGA				
1.	Pekerja (L01)	jam	7,2289	20.285,71	146.643,72
2.	Tukang (L02)	jam	4,5181	21.428,57	96.815,83
3.	Mandor (L03)	jam	0,9036	26.142,86	23.623,06
4.	Operator (L04)	jam	0,9036	29.857,14	26.979,35
JUMLAH HARGA TENAGA					294.061,96
B.	BAHAN				
1.	Beton fc'=45MPa (M185)	M3	19,6601	2.375.950,42	46.711.482,25
2.	Baja tulangan (M57a)	kg	3.086,6396	9.800,0000	30.249.068,33
3.	Baja prategang (M56)	kg	300,76	343.073,41	103.182.759,38
4.	Anchorage (M113)	buah	8,00	6.891.300,00	55.130.400,00
5.	Selongsong (duct) diameter 54 mm (M117)	m'	103,0000	49.400,00	5.088.200,00
6.	Grouting non shrinkage wcR 0,45 (M119)	kg	524,7053	3.499,16	1.836.027,81
JUMLAH HARGA BAHAN					242.197.937,76
C.	PERALATAN				
1.	Crane On Track (70-100) T; 190 HP (E51)	Jam	0,9036	3.420.608,81	3.090.911,58
2.	Stressing Jack; 46--100 Ton; 89 HP (E62)	Jam	0,1506	209.471,56	31.546,92
3.	Grouting Pump; 100 HP (E56)	Jam	0,1757	261.521,97	45.950,15
4.	Alat Bantu	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					3.168.458,64
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				245.660.458,36
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D				24.566.045,84
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				270.226.504,20

Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK :
 NAMA PAKET : Jembatan Sungai Mesim
 PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 7.3 (2) PERKIRAAN VOL. PEK. : 12.780,56
 JENIS PEKERJAAN : Baja Tulangan Ulir U-39 TOTAL HARGA (Rp.) : 231.685.991,68
 SATUAN PEMBAYARAN : Kg % THD. BIAYA PROYEK : 5,76

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja Biasa (L01)	jam	0,0350	20.285,71	710,00
2.	Tukang (L02)	jam	0,1750	21.428,57	3.750,00
3.	Mandor (L03)	jam	0,0350	26.142,86	915,00
4.	Operator (L04)	jam	0,0350	29.857,14	1.045,00
JUMLAH HARGA TENAGA					6.420,00
B. BAHAN					
1.	Baja Tulangan (Ulir) D39 (M57a)	Kg	1,0300	9.000,00	9.270,00
2.	Kawat Beton (M14)	Kg	0,0200	37.000,00	740,00
JUMLAH HARGA BAHAN					10.010,00
C. PERALATAN					
1.	Alat Bantu	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					50,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				16.480,00
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D				1.648,00
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				18.128,00

Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK :
 NAMA PAKET : Jembatan Sungai Mesim
 PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 7.3 (1) PERKIRAAN VOL. PEK. : 483,62
 JENIS PEKERJAAN : Baja Tulangan Polos U-24 TOTAL HARGA (Rp.) : 8.407.975,51
 SATUAN PEMBAYARAN : Kg % THD. BIAYA PROYEK : 0,21

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	TENAGA				
1.	Pekerja Biasa (L01)	jam	0,1750	20.285,71	3.550,00
2.	Tukang (L02)	jam	0,0350	21.428,57	750,00
3.	Mandor (L03)	jam	0,0350	26.142,86	915,00
4.	Operator (L04)	jam	0,0350	29.857,14	1.045,00
JUMLAH HARGA TENAGA					6.260,00
B.	BAHAN				
1.	Baja Tulangan Polos U-24 (M57a)	Kg	1,0300	8.500,00	8.755,00
2.	Kawat Beton (M14)	Kg	0,0200	37.000,00	740,00
JUMLAH HARGA BAHAN					9.495,00
C.	PERALATAN				
1.	Alat Bantu	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					50,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				15.805,00
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D				1.580,50
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				17.385,50

Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK :
 NAMA PAKET : Jembatan Sungai Mesim

 PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 7.2.(7) PERKIRAAN VOL. PEK. : 274,12
 JENIS PEKERJAAN : Baja Prategang TOTAL HARGA (Rp.) : 103.445.876,10
 SATUAN PEMBAYARAN : Kg % THD. BIAYA PROYEK : 2,57

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja (L01)	jam	3,0120	20.285,71	61.101,55
2.	Tukang (L02)	jam	0,3012	21.428,57	6.454,39
3.	Mandor (L03)	jam	0,3012	26.142,86	7.874,35
4.	Operator (L04)	jam	0,0886	29.857,14	2.646,55
JUMLAH HARGA TENAGA					78.076,84
B. BAHAN					
1.	Kabel Prategang	Kg	1,0300	33.345,00	34.345,35
JUMLAH HARGA BAHAN					34.345,35
C. PERALATAN					
1.	DUMP TRUCK 6-8 M3 E09	jam	0,1220	480.473,19	58.611,94
2.	Crane (E07)	jam	0,3012	571.004,42	171.989,28
3.	Alat Bantu	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					230.651,22
D. JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					343.073,41
E. OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D					34.307,34
F. HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					377.380,75

Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK : Jembatan Sungai Mesim
 NAMA PAKET :

PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 6.3(5a) PERKIRAAN VOL. PEK. : 35,41
 JENIS PEKERJAAN : Laston Lapis Aus (AC-WC) TOTAL HARGA (Rp.) : 58.773.503,89
 SATUAN PEMBAYARAN : Ton % THD. BIAYA PROYEK : 1,46

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	<u>TENAGA</u>				
1.	Pekerja (L01)	Jam	0,2008	20.285,71	4.073,44
2.	Mandor (L03)	Jam	0,0201	26.142,86	524,96
3.	Operator (L04)	Jam	0,1406	29.857,14	4.196,79
JUMLAH HARGA TENAGA					8.795,18
B.	<u>BAHAN</u>				
1.	Agr Pch Mesin 5-10 & 10 (M92)	M3	0,3206	354.000,00	113.481,14
2.	Agr Pch Mesin 0 - 5 (M91)	M3	0,4193	254.000,00	106.498,16
3.	Semen (M12)	Kg	9,6820	1.410,05	13.652,10
4.	Aspal (M10)	Kg	62,3150	18.000,00	1.121.670,00
JUMLAH HARGA BAHAN					1.355.301,40
C.	<u>PERALATAN</u>				
1.	Wheel Loader E15	Jam	0,0054	565.913,20	3.038,43
2.	AMP E01	Jam	0,0201	4.605.878,66	92.487,52
3.	Genset E12	Jam	0,0201	766.658,57	15.394,75
4.	Dump Truck E09	Jam	0,0338	480.473,19	16.260,03
5.	Asp. Finisher E02	Jam	0,0125	816.425,59	10.227,13
6.	Tandem Roller E17a	Jam	0,0128	343.455,22	4.381,18
7.	P. Tyre Roller E18	Jam	0,0084	343.455,22	2.887,89
8.	Alat Bantu	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					144.726,93
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				1.508.823,51
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D				150.882,35
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				1.659.705,86

- Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
- 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
- 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
- 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

PROYEK : Perencanaan Struktur Atas Jembatan
 No. PAKET KONTRAK : Jembatan Sungai Mesim
 NAMA PAKET :

PROP / KAB / KODYA : Riau/ Kabupaten Bengkalis
 ITEM PEMBAYARAN NO. : 6.1 (2a) PERKIRAAN VOL. PEK. : 46,80
 JENIS PEKERJAAN : Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi TOTAL HARGA (Rp.) : 1.787.015,17
 SATUAN PEMBAYARAN : Liter % THD. BIAYA PROYEK : 0,04

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	<u>TENAGA</u>				
1.	Pekerja (L01)	Jam	0,0016	20.285,71	32,92
2.	Mandor (L03)	Jam	0,0008	26.142,86	21,21
3	Pembantu operator (L04)	Jam	0,0008	29.857,14	24,22
JUMLAH HARGA TENAGA					78,35
B.	<u>BAHAN</u>				
1.	Aspal Emulsi CRS-1 atau RS-1 (M31b)	Liter	1,7167	20.000,00	34.333,33
JUMLAH HARGA BAHAN					34.333,33
C.	<u>PERALATAN</u>				
1.	Asp. Distributor E41	Jam	0,0002	425.547,03	85,45
2.	Compressor E05	Jam	0,0010	158.818,54	165,67
3.	Alat Bntu E23	Ls	1,0000	50,00	50,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					301,12
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				34.712,80
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,0 % x D				3.471,28
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				38.184,08

- Note: 1 Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk Tenaga Kerja dan Peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan.
 2 Kuantitas satuan adalah kuantitas perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga Satuan yang disampaikan Penyedia Jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat Penyesuaian Harga (Eskalasi/Deskalisasi) sesuai ketentuan dalam Instruksi Kepada Peserta Lelang
 3 Biaya satuan untuk peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dan operator.
 4 Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (tetapi tidak termasuk PPN yang dibayar dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

**FORMULIR STANDAR UNTUK
PEREKAMAN ANALISA MASING-MASING HARGA SATUAN**

ITEM PEMBAYARAN NO. : 1.8.(1)
 JENIS PEKERJAAN : Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas
 SATUAN PEMBAYARAN : Lump Sum

No.	U R A I A N	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)	KETERANGAN
A.	DATA DAN ASUMSI					
B.	URUTAN KERJA					
C.	PERALATAN KESELAMATAN LALU LINTAS					
3	Rambu Pengarah Tikungan Tabel 1.8.B.1 Lampiran	Buah	2,00	660.000,00	1.320.000,00	(minimum 3)
4	Rambu Larangan Berjalan Terus (Giveaway) Tabel 1.8.B.1 Lampiran	Buah	2,00	660.000,00	1.320.000,00	
5	Rambu Larangan Menyaliip Kendaraan Lain Tabel 1.8.B.1 Lampiran	Buah	2,00	660.000,00	1.320.000,00	
6	Rambu Peringatan Jalan Licin Tabel 1.8.B.1 Lampiran	Buah	2,00	660.000,00	1.320.000,00	
7	Rambu Pengarah Tikungan Ganda Tabel 1.8.B.1 Lampiran	Buah	4,00	660.000,00	2.640.000,00	
9	Rambu Peringatan dengan Kata-Kata Tabel 1.8.B.1 Lampiran	Buah	7,00	660.000,00	4.620.000,00	
11	Rambu Peringatan Lalu Lintas Dua Arah Tabel 1.8.B.1 Lampiran	Buah	6,00	660.000,00	3.960.000,00	
25	Alat Bantu	Ls	5,00	50,00	250,00	
D.	TENAGA / PERSONIL					
E.	TOTAL BIAYA MANAJEMEN DAN KESELAMATAN LALU LINTAS				16.500.250,00	

- Catatan :
- Harga Satuan Personil tersebut sudah termasuk seluruh pajak dan bea (kecuali PPN), Asuransi Tenaga Kerja dan pengeluaran lainnya.
 - Biaya Satuan tersebut sudah termasuk biaya perlengkapan personil pengatur lalu-lintas dan biaya perijinan yang diperlukan dengan pihak terkait dengan manajemen lalu-lintas
 - Biaya satuan tersebut sudah termasuk kebutuhan perlengkapan dan peralatan pendukung yang diperlukan seperti material habis pakai baterai, lampu dan sebagainya
 - Jumlah atau Kuantitas disesuaikan Pada Lampiran Spesifikasi 2018 Tabel 1.8.B.1 Kondisi Zona 7
 - Harga Peralatan Lalu Lintas ditambah 20% (asumsi ongkir dan biaya pasang)

DAFTAR BIAYA SEWA PERALATAN PER JAM KERJA

No.	URAIAN	KO DE	HP	KAP.	HARGA ALAT	BIAYA SEWA ALAT/JAM (di luar PPN)
1	ASPHALT MIXING PLANT	E01	294,0	60,0 T/Jam	5.500.000.000	4.605.878,66
2	ASPHALT FINISHER	E02	72,4	10,0 Ton	600.000.000	816.425,59
9	DUMP TRUCK 6-8 M3	E09	190,0	8,0 M3	420.000.000	480.473,19
4	GENERATOR SET	E12	180,0	135,0 KVA	207.000.000	766.658,57
5	WHEEL LOADER 1.0-1.6 M3	E15	96,0	1,5 M3	1.700.000.000	565.913,20
6	TIRE ROLLER 8-10 T.	E18	135,0	10,9 Ton	1.425.000.000	343.455,22
7	WATER TANKER 3000-4500 L.	E23	135,0	4.000,0 Liter	275.712	275.712,46
8	CONCRETE PUMP	E28	150,0	100,00 M3/jam	269.931	269.931,43
9	TRONTON 15 TON	E35	150,0	15,0 Ton	800.000.000	632.175,75
10	ASPHALT DISTRIBUTOR	E41	115,0	4.000,0 Liter	3.825.000.000	425.547,03
11	CONCRETE PAN MIXER	E43	15,4	500,0 Liter	842.256	842.256,40
12	CRANE ON TRACK 75-100 TON	E51	200,0	75,0 Ton	3.420.608	3.420.608,81
13	GROUTING PUMP	E56	100,0	15,0 Ton	250.000.000	261.521,97
14	MESIN LAS	E58	3,0	0,2 Ton	100	51.264,15
15	STRESSING JACK	E62	89,0	15,0 Ton	300.000.000	209.471,56
16	TANDEM ROLLER 8-10 T.	E17a	100,0	10,0 Ton	1.550.000.000	343.455,22

**DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA
SPESIFIKASI 2010 Revisi 3**

PPK : Ilham Mayandra

No. Paket Kontral :

Nama Paket Pembangunan Jembatan Kecamatan Rumat

Prop / Kab / Kody Riau/ Kabupaten Bengkalis

No. Mata Pembayaran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga-Harga (Rupiah)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
	DIVISI 1. UMUM				
1.2	Mobilisasi				
1.2	Mobilisasi	LS	1,0	29.300.000	29.300.000
	1.8 Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas				
1.8.(1)	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	LS	1,0	16.500.250	16.500.250
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 1 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					45.800.250
	DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL				
6.1 (2a)	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Liter	46,8	38.184,08	1.787.015
6.3(5a)	Laston Lapis Aus (AC-WC)	Ton	35,4	1.659.705,86	58.773.504
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 6 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					60.560.519
	DIVISI 7. STRUKTUR				
7.1 (6a)	Beton struktur, fc'25 Mpa	M ³	329,3	2.501.402,34	823.707.789
7.2 (1b)	Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 25 meter	Buah	8,0	270.226.504,20	2.161.812.033,61
7.2 (2b)	Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 25 meter	Buah	8,0	12.845.840,63	102.766.725,06
7.2.(7)	Baja Prategang	Kg	274,1	377.380,75	103.445.876,10
7.3 (1)	Baja Tulangan (Polos) U24	Kg	483,62	17.385,50	8.407.975,51
7.3 (2)	Baja Tulangan (Ulir) D39	Kg	12.780,56	18.128,00	231.685.991,68
7.12.(3)	Landasan Elastomerik Karet Sintetis Berlapis Baja Ukuran 350 mm x 700 Mm x 8 mm	Buah	60,0	1.221.069,67	73.264.180,00
7.13.(1)	Sandaran (Railing)	M ¹	208,0	205.322,12	42.707.000,58
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					3.547.797.571,35

DAFTAR HARGA DASAR SATUAN BAHAN

No.	URAIAN	KODE	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
2	Pasir Beton (Kasar)	M01a	M3	463.000,00	Base Camp
6	Agregat Pecah Kasar	M03	M3	123.000,00	Base Camp
18	Aspal	M10	Kg	18.000,00	Base Camp
21	Semen / PC (kg)	M12	Kg	1.410,05	
23	Kawat Beton	M14	Kg	37.000,00	Lokasi Pekerjaan
31	Kayu Perancah	M19	M3	2.700.000,00	Lokasi Pekerjaan
32	B e n s i n	M20	LITER	7.000,00	Pertamina
33	S o l a r	M21	LITER	14.500,00	Pertamina
34	Minyak Pelumas / Oli	M22	LITER	42.000,00	Pertamina
35	Plastik Filter	M23	M2	15.000,00	Lokasi Pekerjaan
36	Pipa Galvanis Dia. 1.6"	M24	Batang	154.000,00	Lokasi Pekerjaan
37	Pipa Porus diameter 4"	M25	M'	40.000,00	Lokasi Pekerjaan
38					
39	Agr. Kelas A (analisis)	M26	M3	225.251,79	Base Camp
40					
41	Agr. Kelas B (analisis)	M27	M3	188.687,12	Base Camp
42					
43					
44	Arg. Kelas S (analisis)	M29	M3	112.503,50	Base Camp
45	Lapis Drainase (analisis)		M3	220.211,18	Base Camp
46	Geotextile	M30	M2	27.500,00	Lokasi Pekerjaan
47	Aspal Emulsi	M31	Kg	8.303,73	Base Camp
48	Gebalan Rumput	M32	M2	3.500,00	Lokasi Pekerjaan
49	Thinner	M33	LITER	12.000,00	Lokasi Pekerjaan
50	Glass Bead	M34	Kg	28.600,00	Lokasi Pekerjaan
51	Pelat Rambu (Eng. Grade)	M35a	BH	176.000,00	Lokasi Pekerjaan
52	Pelat Rambu (High I. Grade)	M35b	BH	216.500,00	Lokasi Pekerjaan
53	Rel Pengaman	M36	M'	2.506.400,00	Lokasi Pekerjaan
54	Beton Struktur Fc' 25 Mpa	M37	M3	2.274.002,13	Lokasi Pekerjaan
55	Baja Tulangan (Polos) U24	M39a	Kg	8.500,00	Lokasi Pekerjaan
56	Baja Tulangan (Ulir) D39	M39b	Kg	9.000,00	Lokasi Pekerjaan
57	Kapur	M40	M3	40.000,00	Hasil Proses
58	Chipping	M41	M3	305.993,56	Base Camp
59	Chipping (kg)	M41kg	Kg	162,35	Base Camp
60	Cat	M42	Kg	27.500,00	Base Camp
61	Pemantul Cahaya (Reflector)	M43	Bh.	12.600,00	Base Camp
62	Pasir Urug	M44	M3	172.200,00	Base Camp
63	Arbocell	M45	Kg.	32.000,00	Base Camp
64	Baja Bergelombang	M46	Kg	12.500,00	Lokasi Pekerjaan
65	Beton Fc' 10 MPa	M47	M3	2.967.779,55	Lokasi Pekerjaan
66	Baja Struktur	M48	Kg	15.000,00	Pelabuhan terdekat
67	Tiang Pancang Baja	M49	M'	25.247,37	Lokasi Pekerjaan
68	Tiang Pancang Beton Pratekan	M50	M3	423.957,93	Pelabuhan terdekat
69	Kawat Las	M51	Dos	16.000,00	Lokasi Pekerjaan
70	Pipa Baja	M52	Kg	15.000,00	Pelabuhan terdekat
71	Minyak Fluks	M53	Liter	6.237,00	Base Camp
72	Bunker Oil	M54	Liter	3.000,00	Base Camp
73	Asbuton Halus	M55	Ton	325.000,00	Base Camp
74	Baja Prategang	M56	Kg	343.073,41	Base Camp
75	Baja Tulangan	M57a	Kg	9.800,00	Lokasi Pekerjaan
101	Elastomer jenis 3	M74c	buah	1.034.930,00	Base Camp
102	Expansion Tipe Joint Asphaltic Plug	M75d	M	1.000.000,00	Base Camp
103	Expansion Join Tipe Rubber	M75e	M	1.200.000,00	Base Camp
104	Expansion Join Baja Siku	M75f	M	275.000,00	Base Camp
105	Marmmer	M76	Buah	400.000,00	Base Camp
106	Kerb Type A	M77	Buah	45.000,00	Base Camp

107	Paving Block	M78	Buah	40.000,00	Lokasi Pekerjaan
108	Mini Timber Pile	M79	Buah	27.000,00	Lokasi Pekerjaan
109	Expansion Joint Tipe Torma	M80	M1	1.200.000,00	Lokasi Pekerjaan
110	Strip Bearing	M81	Buah	229.500,00	Lokasi Pekerjaan
111	Joint Socket Pile 35x35	M82	Set	607.500,00	Lokasi Pekerjaan
112	Joint Socket Pile 16x16x16	M83	Set	67.500,00	Lokasi Pekerjaan
113	Mikro Pile 16x16x16	M84	M1	60.750,00	Lokasi Pekerjaan
114	Matras Concrete	M85	Buah	405.000,00	Lokasi Pekerjaan
115	Assetilline	M86	Botol	229.500,00	Lokasi Pekerjaan
116	Oxygen	M87	Botol	114.750,00	Lokasi Pekerjaan
117	Batu Bara	M88	Kg	600,00	Lokasi Pekerjaan
118	Pipa Galvanis Dia 3"	M24a	M	24.700,00	
119	Pipa Galvanis Dia 1,5"	M24b	M	15.000,00	
120	Agregat Pecah Mesin 0-5 mm	M91	M3	254.000,00	
121	Agregat Pecah Mesin 5-10 & 10-20 mm	M92	M3	354.000,00	
143	Anchorage	M113	Buah	6.891.300,00	
146	Kabel Prategang	M116	Kg	33.345,00	
147	- Selongsong	M117	M'	49.400,00	
149	- Grouting	M119	M2	3.499,16	
150	Angkur Kabel Prategang, Tipe.....	M120	M2	0,00	
151	Angkur Kabel Prategang, Tipe.....	M121	buah	0,00	
152	Baja Profil	M122	Kg	0,00	
153	Baja Tulangan BJTP 24 (epoxy coated)	M123	Kg	0,00	
154	Epoxy coated	M124	Kg	0,00	
155	Cairan Perekat (Epoxy Resin)	M125	Kg	30.000,00	
156	Epoxy Bahan Penutup (sealant)	M126	Kg	34.100,00	
157	Alat Penyuntik Anti Gravitasi	M127	Kg	135.000,00	alat penyuntik epoxy
158	Polymer Mortar	M128	Kg	0,00	
159	Anti Korosif Baja	M129	Kg	0,00	
160	Acuan/multipleks	M130	M3	170.000,00	
161	Concrete Grouting	M131	Kg	0,00	
162	Pipa Galvanis Dia 8"	M132	M	17.500,00	
163	Pelat Baja	M133	Kg	0,00	
164	Baut Angkur	M134	Kg	25.000,00	
165	Pipa Aluminium	M135	M'	0,00	
166	Cat Galvanis	M136	Kg	0,00	
167	Baut Mutu Tinggi	M137	Buah	0,00	
168	Baja Struktur Titik leleh 2500 kg/cm2	M138	Kg	0,00	
169	Baja Struktur Titik leleh 2800 kg/cm2	M139	Kg	0,00	
170	Baja Struktur Titik leleh 3500 kg/cm2	M140	Kg	0,00	
171	Bahan Grouting	M141	Kg	0,00	
172	Kayu Kelas 1	M142	Kg	5.000.000,00	
173	Pelat Baja (Klem)	M143	Kg	0,00	
174	Timbunan/urugan Porous	M144	M3	245.773,23	
175	Bahan pengaman tebing galian (kayu)	M145	M3	0,00	
176	Bahan Curing	M146	M2	0,00	
177	Gelagar baja	M147	Kg	0,00	
178	Fibre jenis e-glass	M148	M2	0,00	
179	Bahan Geosynthetic	M149	M2	0,00	
180	Bahan Baja Profil	M150	Kg	0,00	
181	Bahan Baja Profil, Mutu BJ 32	M151	Kg	0,00	
182	Bahan Baja Profil, Mutu BJ 41	M152	Kg	0,00	
183	Bahan Baja Profil, Mutu BJ 52	M153	Kg	0,00	
184	Petroleum jelly	M154	Kg	0,00	
185	Bahan anti rayap	M155	Kg	0,00	
186	Pelat Baja Galvanis	M156	Kg	0,00	
187	Baja Struktur Lantai Ortotropik	M157	Kg	0,00	
188					
189	Aspal Emulsi CSS-1 atau SS-1	M31a	Liter	10.500,00	Base Camp
190	Aspal Emulsi CRS-1 atau RS-1	M31b	Liter	20.000,00	Base Camp
224	Beton Struktur fc' 45 MPa	M185	M3	2.375.950,42	



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714

Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000

Laman: <http://www.polbeng.ac.id>

FORMULIR 11

LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG TUGAS AKHIR

TA 2020/2021

Nama : Ilham Mayandra

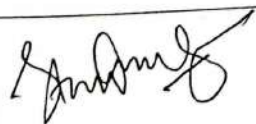
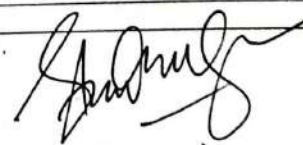
NIM : 4204171161

Judul Tugas Akhir : Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Sungai Mesim Menggunakan PCI
Girder Berdasarkan Pembebanan SNI 1725-2016

Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji* : Indriyani Puluhulawa, M. Eng

Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing/ Dosen Penguji*:

- > Perbaiki kesimpulan, soal lain dan lain ✓
- > Perbaiki landasan, lengkapi selanjutnya ✓
- > Perbaiki RAB di bab 4 ✓ ✓
- >

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji*			
Sebelum perbaikan		Pengesahan setelah perbaikan	
Tanggal		Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714
Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000
Laman: <http://www.polbeng.ac.id>

FORMULIR 11

LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG SKRIPSI

TA 2020/2021

Nama : Ilham Mayandra
NIM : 4204171161
Judul SKRIPSI : "Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Sungai Mesim Menggunakan PCI-Girder Berdasarkan Pembebanan SNI 1725-2016"

Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji I* : Dedi Enda, MT

Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing/ Dosen Penguji I*:

Aze Rizka

Pengesahan dari Dosen Pembimbing/ Dosen Penguji I*			
Sebelum perbaikan		Pengesahan setelah perbaikan	
Tanggal		Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714
Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000
Laman: <http://www.polbeng.ac.id>

FORMULIR 11

LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG TUGAS AKHIR

TA 2020/2021

Nama : Ilham Mayandra


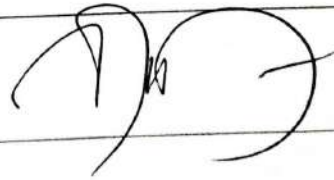
NIM : 4204171161

Judul Tugas Akhir : Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Sungai Mesim Menggunakan PCI
Girder Berdasarkan Pembebanan SNI 1725-2016

Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji II* : Alamsyah, M. Eng

Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing/ Dosen Penguji II*:

- Kms \leftarrow precast berbeda dgn cast in situ \checkmark
- perbaiki gambar \checkmark
- AHSP ditambahkan \checkmark
- perulangan tumpuan di angkatkan ke slab \checkmark

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji II*			
Sebelum perbaikan		Pengesahan setelah perbaikan	
Tanggal		Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714
Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000
Laman: <http://www.polbeng.ac.id>

FORMULIR 11

LEMBAR SARAN DAN PERBAIKAN SIDANG SKRIPSI

TA 2020/2021

Nama : Ilham Mayandra
NIM : 4204171161
Judul SKRIPSI : "Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Sungai Mesim Menggunakan PCI-Girder Berdasarkan Pembebanan SNI 1725-2016"

Nama Dosen Pembimbing / Dosen Penguji III* : Zev Al Jauhari, MT

Materi perbaikan dari Dosen Pembimbing/ Dosen Penguji III*:

1. Lengkapi kesimpulan dan Abstrak ✓
2. Perbaiki Daftar Pustaka ✓
3. Lengkapi perhitungan Lendutan ✓
4. Perbaiki AHSP ✓

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Dosen Penguji III*			
Sebelum perbaikan		Pengesahan setelah perbaikan	
Tanggal		Tanggal	
			ALL
Tanda Tangan		Tanda Tangan	