

**SKRIPSI**  
**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN DEDALPAK**  
**KABUPATEN LOMBOK TIMUR MENGGUNAKAN BETON**  
**PRATEGANG TIPE *U-GIRDER***

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



**DI SUSUN OLEH:**

**IRWANTO**  
**418110065**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**2023**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING  
TUGAS AKHIR / SKRIPSI

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN DEDALPAK  
KABUPATEN LOMBOK TIMUR MENGGUNAKAN BETON  
PRATEGANG TIPE U-GIRDER**


Disusun Oleh

**IRWANTO**  
**418110065**

Mataram, 02 januari 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

  
**Dr. Eng. H. Hariyadi, ST., M. Sc (Eng)**  
**NIDN.0027107301**

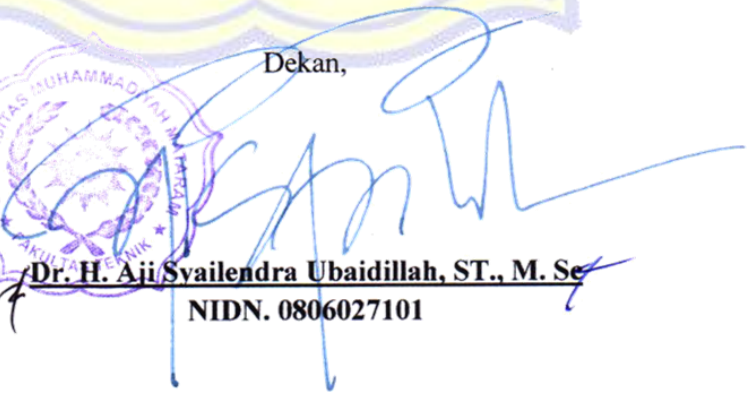
Pembimbing II

  
**Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT**  
**NIDN. 0820098001**

Mengetahui.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

  
**Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M. Sc**  
**NIDN. 0806027101**

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN DEDALPAK  
KABUPATEN LOMBOK TIMUR MENGGUNAKAN BETON  
PRATEGANG TIPE *U-GIRDER***

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

**IRWANTO**  
**418110065**

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji  
Pada tanggal 05 januari 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji:**

1. Penguji I : **Dr. Eng. H. Hariyadi, ST., M. Sc (Eng)**

2. Penguji II : **Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT**

3. Penguji III : **Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT**

**Mengetahui,**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK

Dekan.

**Dr. H. Aji Svailendra Ubaidillah, ST., M. Sc**  
**NIDN. 0806027101**

## PERNYATAAN KEASLIAAN KARYA TULIS ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irwanto

NIM : 418110065

Fakultas/prodi : Teknik/Teknik Sipil

Judul Skripsi : “Perencanaan Ulang Jembatan Dedalpak Kabupaten Lombok Timur Menggunakan Beton Prategang Tipe U-Girder”

Menyatakan dengan benar-benar bahwa skripsi dengan judul “Perencanaan Ulang Jembatan Dedalpak Kabupaten Lombok Timur Menggunakan Beton Prategang Tipe U-Girder” adalah hasil karya tulis sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diberikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digunakan dan gelar akademik yang telah saya peroleh strata satu (S-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undang yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003.Pasal 25 ayat 2 dan ayat 27).

Mataram, 16 Februari 2023  
Yang membuat pernyataan



( **IRWANTO** )  
NIM. 418110065





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

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME

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

Nama : Irwanto  
NIM : 418110065  
Tempat/Tgl Lahir : Dasan Tutul, 31-12-1998  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp : 085333345291  
Email : 418irwanto@gmail.com

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

Perencanaan ulang jembatan Dedalrak Kabupaten Lombok Timur  
Menggunakan Beton Prategang tipe U-Girder

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 35%

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

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

Mataram, 02 Februari 2023

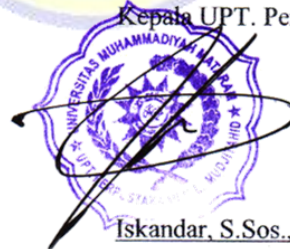
Penulis



IRWANTO  
NIM. 418110065

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

\*pilih salah satu yang sesuai



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

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

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : Irwanto  
NIM : 418110065  
Tempat/Tgl Lahir : Dasan Tutul, 31-12-1998  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 085333345291 / 418110065@gmail.com  
Jenis Penelitian :  Skripsi  KTI  Tesis

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

Perencanaan celang Jembatan Pedalrak Kabupaten Lombok Timur  
Menggunakan Beton Prategang tipe U-Girder.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.  
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 02 Februari 2023  
Penulis



IRWANTO  
NIM. 418110065

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

## MOTTO

*“Jika kamu ingin sukses kuncinya adalah Belajar”*

*“Bekerja keras, Bergerak cepat, Bertindak tepat”*

*“Cara termudah jadi pandai adalah belajar dari hal terbodoh yang pernah kamu alami”*

*(Wilson Kanadi)*

*“Besarnya rasa takut itu sesuai dengan kapasitas ilmunya”*

*(Imam Syafi’i)*





## PRAKATA PENULIS



Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan, Shalawat dan Salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta para sahabat dan keluarga beliau yang patut menjadi suri teladan yang baik dalam menjalankan kehidupan dunia maupun akhirat.

Penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan dan kemurahan hati serta kesabaran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, disamping rasa syukur yang tak terhingga segala nikmat dan kelancaran yang diberikah oleh Allah SWT, penulis juga ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada bapak Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Sc (Eng), sebagai dosen pembimbing I, dan ibu Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT, sebagai dosen pembimbing II yang telah membimbing mulai dari awal sampai selesainya penyusunan skripsi. Serta perkenan penulis mengaturkan ucapan dan rasa terimakasih yang tak ternilai besarnya kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, M.A. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, M. Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST., MT., selaku Ketua Prodi Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Semua pihak yang berkaitan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena keterbatasan pengetahuan dan referensi yang ada, maka kritik dan saran maupun masukan yang sifatnya membangun untuk penyempurnaan isi skripsi ini sangat diharapkan.

Mataram, 05 Januari 2023

IRWANTO



## ABSTRAK

Jembatan Dedalpak adalah jembatan yang terletak di pedesaan yakni, Dusun Dedalpak Desa Pogading timur Kecamatan Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur NTB. Jembatan ini menghubungkan antara dua dusun yaitu, Dusun Dedalpak dan Dusun Bagek atas, jembatan ini memiliki panjang bentang 20,6 m dengan menggunakan beton prategang tipe I girder. Pada tugas akhir ini jembatan Dedalpak direncanakan menggunakan beton prategang tipe U girder dan sistem yang digunakan adalah *posttension*.

Perencanaan ini dimulai dengan pengumpulan data-data yang diperlukan seperti panjang jembatan dan lebar jembatan, lebar jalan dan trotoar, data tanah dan dimensi lainnya. Dari data-data perencanaan kemudian dilakukan perencanaan awal penampang dan perhitungan pembebanan. Adapun penampang yang didesain yaitu standar *Precast concrete U Girder* berdasarkan *bridge product by PT. Wika Beton*. Pada tahap awal perencanaan dilakukan analisa pembebanan yang terjadi pada penampang seperti, analisa berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu lintas, beban lajur, gaya rem, beban gempa, beban angin, pengaruh temperatur, susut dan rangkai dan analisa kehilangan tegangan yang terjadi pada penampang U girder. Selanjutnya dilakukan kontrol tegangan, lendutan dan momen, kemudian dilakukan perhitungan penulangan pada U girder dan balok ujung. Setelah perhitungan struktur bangunan atas yang terjadi selanjutnya dilakukan perhitungan bangunan bawah jembatan yang terdiri dari abutment dan pondasi pada jembatan.

Hasil dari perencanaan jembatan Dedalpak dengan bentang 21 m didapatkan tinggi PC-U girder adalah 1,2 m yang terdiri dari 6 tendon 3 di kiri dan 3 di kanan yang berisi 12 strands pada setiap tendon. Diameter strand 15,7 mm dan diameter *duct* 75 mm. Dimensi untuk bangunan bawah digunakan abutment dengan tinggi 6,6 m dan lebar *pile cap* 4 m dan panjang *pile cap* 9 m dan untuk pondasi jembatan menggunakan pondasi sumuran dengan kedalaman 4 m dan diameter 3,5 m.

**Kata Kunci:** Beton Prategang PC U, *Posttension*, Jembatan Dedalpak.

## ABSTRACT

The Dedalpak Bridge is situated in a rural area in the East Lombok Regency, West Nusa Tenggara, Pringgabaya District, and Dedalpak Hamlet. Dedalpak Hamlet and Bagek Atas Hamlet are connected by this bridge. This bridge uses prestressed concrete type I girders with a 20.6 m span length. The Dedalpak bridge in this final project will feature prestressed concrete-type U girders with a post-tensioning system. The first step in planning is gathering essential information, including measurements for the width and length of the bridge, the width of the road and walkways, the soil's properties, and other factors. The initial cross-sectional planning and loading calculations are made from the planning data. Based on the bridge product by PT. Wika Beton, the section designed is the typical Precast concrete U Girder. The cross-section of the U girder is subjected to load analyses at the early stages of planning, including analyses of the self-weight, dead load, additional dead load, traffic load, lane load, brake force, earthquake load, wind load, temperature effect, shrinkage and creep, and stress loss. Control the stress, deflection, and moment, and then determine how much reinforcement is needed for the U girder and end beam. After the superstructure is calculated, the under-bridge structure, which consists of the bridge's abutments and foundation, is calculated. The results of planning the Dedalpak bridge with a span of 21 m show that the height of the PC-U girder is 1.2 m consisting of 6 tendons, 3 on the left and 3 on the right, which contain 12 strands on each tendon. The strand diameter is 15.7 mm and the duct diameter is 75 mm. The dimensions for the lower building are abutments with a height of 6.6 m, a pile cap width of 4 m, and a pile cap length of 9 m, and for bridge, foundations using a well foundation with a depth of 4 m and a diameter of 3.5 m.

**Keywords:** PC U Prestressed Concrete, Posttension, Dedalpak Bridge.

MENGESAHKAN  
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA



## DAFTAR ISI

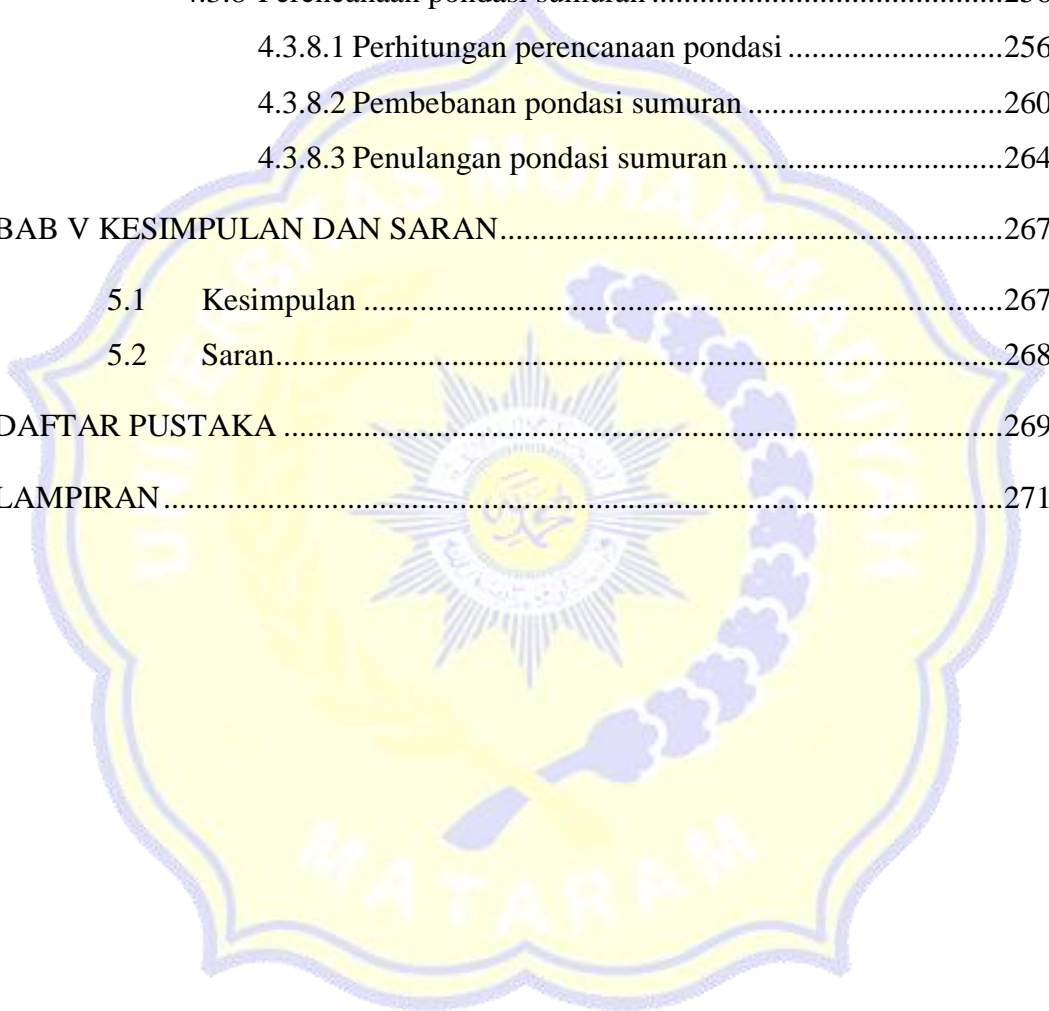
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b> .....	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b>	<b>iv</b>
<b>MOTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xxvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah .....	2
1.3 Maksud dan tujuan .....	2
1.4 Manfaat penelitian .....	3
1.5 Batasan masalah .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan teori .....	6
2.2.1 Jembatan beton prategang.....	7
2.2.2 Sistem jembatan beton prategang .....	7
2.2.3 Penampang <i>PC-U Girder</i> dan <i>PC-I Girder</i> .....	7
2.2.4 Bagian-bagian konstruksi jembatan.....	8
2.2.5 Jenis-jenis penampang jembatan beton prategang.....	9



2.2.6	Gelagar penampang <i>U-girder</i> .....	11
2.2.7	Analisis penampang <i>U</i> .....	12
2.2.8	Pembebanan pada jembatan.....	14
2.2.8.1	Beban mati .....	14
2.2.8.2	Beban mati tambahan.....	16
2.2.8.3	Beban hidup .....	16
2.2.9	Faktor dan kombinasi pembebanan .....	23
2.2.10	Beton prategang .....	24
2.2.11	Baja prategang .....	25
2.2.12	Prinsip dasar prategang.....	25
2.2.13	Sistem prategang .....	26
2.2.14	Analisis prategang .....	28
2.2.14.1	Tegangan izin .....	29
2.2.14.2	Perhitungan tegangan .....	30
2.2.14.3	Kehilangan prategang .....	31
2.2.14.4	Balok ujung ( <i>End Block</i> ) .....	33
2.2.14.5	Pekerjaan <i>prestressing</i> .....	35
2.2.15	Kriteria perencanaan bangunan bawah jembatan .....	36
2.2.16	Kriteria perencanaan pondasi .....	39
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PERENCANAAN .....</b>	<b>41</b>
3.1	Lokasi jembatan.....	41
3.2	Tahap persiapan.....	42
3.3	Tinjauan Pustaka dan studi literatur .....	42
3.4	Pengumpulan data .....	42
3.5	Analisis data .....	43
3.6	Bagan alir perencanaan.....	44
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAAN.....</b>	<b>45</b>
4.1	Tinjauan umum.....	45
4.2	Perhitungan struktur atas jembatan bentang 21 m.....	45
4.2.1	Perhitungan sandaran .....	46

4.2.2	Perencanaan kerb .....	54
4.2.3	Perencanaan trotoar .....	58
4.2.4	Perencanaan pelat lantai jembatan .....	64
4.2.5	Perencanaan <i>deck slab precast</i> .....	77
4.2.6	Perencanaan balok diafragma .....	82
4.2.7	Perencanaan balok prategang bentang 21 m .....	87
4.2.7.1	Pendimensian dan analisis penampang U girder bentang 21 m .....	87
4.2.7.2	Analisis pembebanan gelagar bentang 21 m .....	91
4.2.7.3	Kombinasi beban bentang 21 m .....	108
4.2.7.4	Gaya prestress, eksentrisitas dan jumlah tendon .....	109
4.2.7.5	Kehilangan gaya prategang .....	120
4.2.7.6	Tegangan yang terjadi pada u girder .....	126
4.2.7.7	Lendutan pada u girder .....	151
4.2.7.8	Tinjauan momen ultimit u girder .....	158
4.2.7.9	Penulangan end block .....	165
4.2.7.10	Penulangan u girder .....	169
4.2.7.11	Perhitungan penghubung geser .....	176
4.2.8	Perencanaan bantalan elastomer .....	179
4.3	Perencanaan struktur bawah jembatan .....	184
4.3.1	Analisis beban abutment .....	184
4.3.2	Analisis struktur bawah jembatan .....	186
4.3.2.1	Berat sendiri .....	186
4.3.2.2	Beban mati tambahan .....	189
4.3.2.3	Tekanan tanah .....	190
4.3.2.4	Beban lajur "D" .....	192
4.3.2.5	Beban pendestrian/pejalan kaki .....	194
4.3.2.6	Gaya rem .....	195
4.3.2.7	Pengaruh temperatur .....	196
4.3.2.8	Beban angin .....	198
4.3.2.9	Bebann gempa .....	201

4.3.2.10 Gesekan pada perletakan .....	208
4.3.3 Kombinasi beban kerja.....	210
4.3.4 Kontrol stabilitas guling.....	213
4.3.5 Kontrol stabilitas geser.....	214
4.3.6 Analisis beban ultimit .....	216
4.3.7 Analisis kekuatan abutment .....	234
4.3.8 Perencanaan pondasi sumuran .....	256
4.3.8.1 Perhitungan perencanaan pondasi .....	256
4.3.8.2 Pembebanan pondasi sumuran .....	260
4.3.8.3 Penulangan pondasi sumuran .....	264
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>267</b>
5.1 Kesimpulan .....	267
5.2 Saran.....	268
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>269</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>271</b>





## DAFTAR GAMBAR

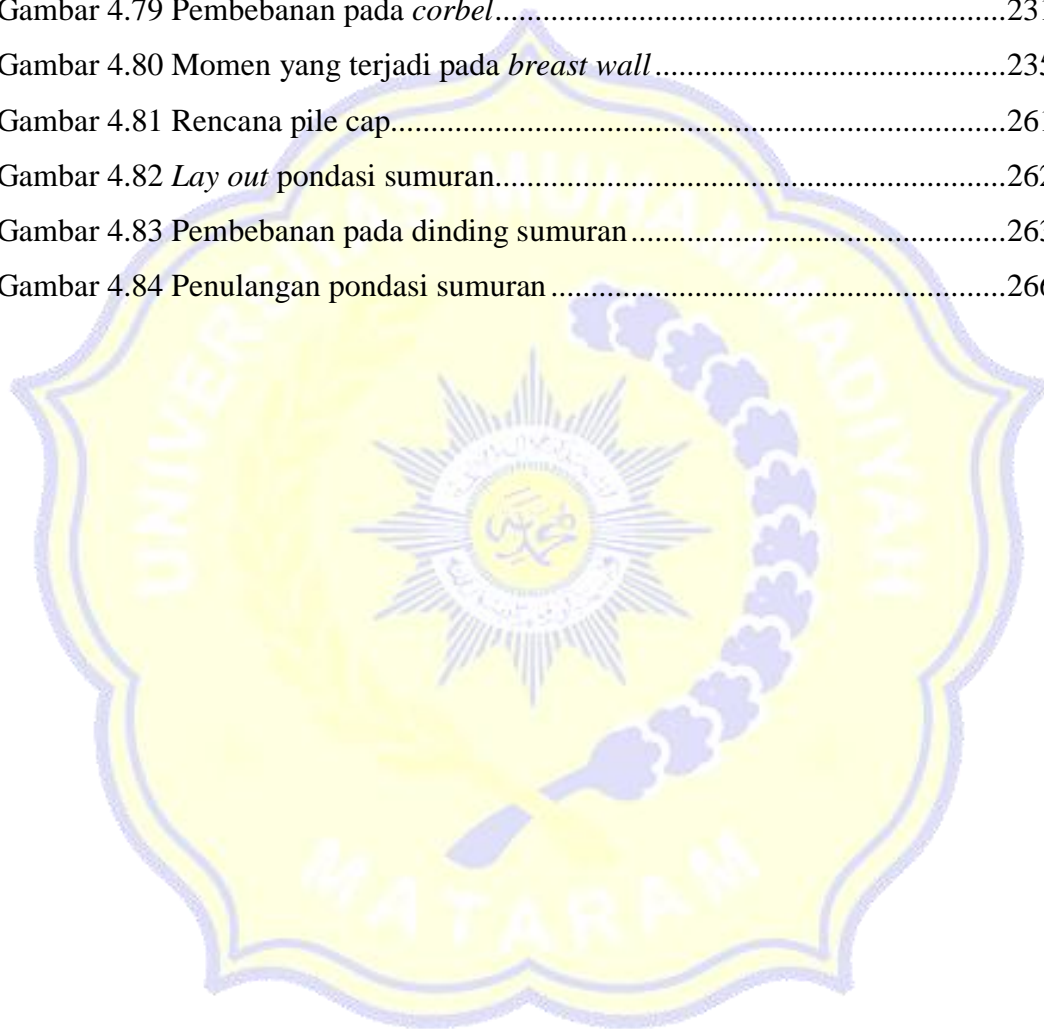
Gambar 2.1 <i>PC I-Girder</i> .....	10
Gambar 2.2 <i>Concrete PC U-Girder</i> .....	10
Gambar 2.3 <i>Box Girder</i> .....	11
Gambar 2.4 Penampang gelagar prategang .....	13
Gambar 2.5 Beban lajur D .....	17
Gambar 2.6 Pembebanan truk T (500 kN) .....	18
Gambar 2.7 Jenis-jenis baja yang dipakai untuk beton prategang .....	25
Gambar 2.8 Proses pembuatan beton prategang pratarik .....	27
Gambar 2.9 Proses pembuatan beton prategang pratarik .....	27
Gambar 2.10 Distribusi tegangan <i>tendon</i> kosentris .....	28
Gambar 2.11 Distribusi tegangan balok prategang dengan <i>tendon</i> eksentris beban mati dan beban hidup .....	29
Gambar 2.12 Reduksi gaya prategang didekat tumpuan .....	34
Gambar 2.13 Zona angkur ujung tendon terlekat .....	35
Gambar 2.14 <i>Duct</i> pembungkus beton .....	36
Gambar 2.15 Angkur pada <i>girder</i> .....	36
Gambar 3.1 Peta lokasi jembatan dedalpak .....	41
Gambar 3.2 Tampak samping jembatan dedalpak <i>eksisting</i> .....	43
Gambar 3.3 Bagan alir perencanaan jembatan .....	44
Gambar 4.1 Desain tiang sandaran .....	46
Gambar 4.2 Pembebanan pada pipa sandaran .....	47
Gambar 4.3 Beban merata pada pipa sandaran .....	48
Gambar 4.4 Diamter pipa sandaran .....	49
Gambar 4.5 Beban hidup pada railing .....	50
Gambar 4.6 Detail tulangan tiang sandaran .....	54
Gambar 4.7 Pembebanan pada kerb .....	54
Gambar 4.8 Detail tulangan kerb .....	57
Gambar 4.9 Pembebanan berat sendiri trotoar .....	58
Gambar 4.10 Pembebanan berat beban hidup .....	60

Gambar 4.11 Detail tulangan slab lantai trotoar .....	64
Gambar 4.12 Kondisi batas pelat beton .....	64
Gambar 4.13 Penyebaran beban roda.....	66
Gambar 4.14 Beban hidup kondisi I .....	67
Gambar 4.15 Beban hidup kondisi II dengan 2 roda .....	68
Gambar 4. 16 Beban hidup kondisi III.....	69
Gambar 4.17 Garis netral untuk menentukan nilai a dan b arah melintang .....	74
Gambar 4.18 Garis netral untuk menentukan nilai a dan b arah memanjang .....	76
Gambar 4.19 Detail tulangan pelat jembatan.....	77
Gambar 4.20 Dimensi <i>deck slab precast</i> .....	78
Gambar 4.21 Detail tulangan <i>deck slab</i> .....	82
Gambar 4.22 Dimensi balok diafragma .....	82
Gambar 4.23 Detail penulangan diafragma .....	87
Gambar 4. 24 Pendimensian pada PC U H-120.....	87
Gambar 4.25 Garis netral penampang gelagar prategang .....	89
Gambar 4.26 Penampang gelagar komposit (L=21m) .....	90
Gambar 4.27 Garis netral penampang gelagar komposit (L=21m).....	91
Gambar 4.28 Beban merata akibat berat sendiri gelagar .....	92
Gambar 4.29 Beban terpusat akibat diafragma .....	93
Gambar 4.30 Beban merata akibat beban mati sendiri .....	95
Gambar 4.31 Diameter pipa drainase.....	97
Gambar 4.32 Beban merata akibat beban mati tambahan.....	98
Gambar 4.33 Faktor beban dinamis .....	100
Gambar 4.34 Letak gaya rem .....	102
Gambar 4.35 Beban merata akibat beban gempa.....	106
Gambar 4.36 Rencana layout tendon .....	112
Gambar 4.37 Posisi tendon di tumpuan .....	113
Gambar 4.38 Posisi tendon di tengah bentang .....	114
Gambar 4.39 Kepala ankur .....	115
Gambar 4.40 Kepala ankur .....	115
Gambar 4.41 Tumpret tipe A .....	115

Gambar 4.42 Angkur tipe SA (Annex 1) .....	118
Gambar 4.43 Angkur tipe FA (Annex 1) .....	118
Gambar 4.44 Daerah lintasan tendon .....	120
Gambar 4.45 Tegangan di tengah bentang saat <i>transfer</i> .....	127
Gambar 4.46 Tegangan di tengah bentang saat <i>loss of prestress</i> .....	128
Gambar 4.47 Tegangan di tengah bentang setelah pelat lantai dicor.....	130
Gambar 4.48 Tegangan di tengah bentang setelah pelat dan balok komposit .....	131
Gambar 4.49 Tegangan akibat beban mati sendiri.....	134
Gambar 4.50 Tegangan akibat beban mati tambahan .....	135
Gambar 4. 51 Tegangan akibat beban lajur “D” .....	136
Gambar 4.52 Tegangan akibat gaya rem.....	137
Gambar 4.53 Tegangan akibat beban angin .....	138
Gambar 4.54 Tegangan akibat beban gempa .....	139
Gambar 4.55 Tegangan akibat susut beton .....	141
Gambar 4.56 Tegangan akibat gaya internal tenson .....	159
Gambar 4.57 Posisi <i>end block</i> pada tumpuan .....	165
Gambar 4.58 Sengkan <i>bursting force</i> .....	165
Gambar 4.59 Letak titik berat .....	166
Gambar 4.60 Plat angkur.....	167
Gambar 4.61 Sengkan <i>bursting force</i> yang digunakan.....	169
Gambar 4.62 Pembagian gelagar penampang U girder .....	170
Gambar 4.63 Gaya-gaya yang terjadi pada tendon .....	171
Gambar 4.64 Potongan melintang U girder .....	175
Gambar 4.65 Potongan memanjang U girder.....	176
Gambar 4.66 Tulangan <i>shear connector</i> .....	177
Gambar 4.67 Bantalan elastomer .....	179
Gambar 4.68 Desain elastomer rencana.....	183
Gambar 4.69 Dimensi struktur bawah jembatan.....	186
Gambar 4.70 Beban mati tambahan $P_{MA}$ .....	190
Gambar 4.71 Beban merata akibat tanah timbunan segitiga.....	191
Gambar 4.72 Beban lajur “D” .....	193



Gambar 4.73 Gaya akibat gaya rem ( $T_{TB}$ ) .....	196
Gambar 4.74 Gaya akibat beban angin di transfer ke lantai jembatan.....	200
Gambar 4.75 Spektrum respon desain .....	202
Gambar 4.76 Gaya gempa yang terjadi disetiap bidang struktur abutment .....	204
Gambar 4.77 Gesekan yang terjadi pada perletakan elastomer .....	209
Gambar 4.78 Gaya geser yang terjadi .....	215
Gambar 4.79 Pembebanan pada <i>corbel</i> .....	231
Gambar 4.80 Momen yang terjadi pada <i>breast wall</i> .....	235
Gambar 4.81 Rencana pile cap.....	261
Gambar 4.82 <i>Lay out</i> pondasi sumuran.....	262
Gambar 4.83 Pembebanan pada dinding sumuran.....	263
Gambar 4.84 Penulangan pondasi sumuran .....	266



## DAFTAR TABEL

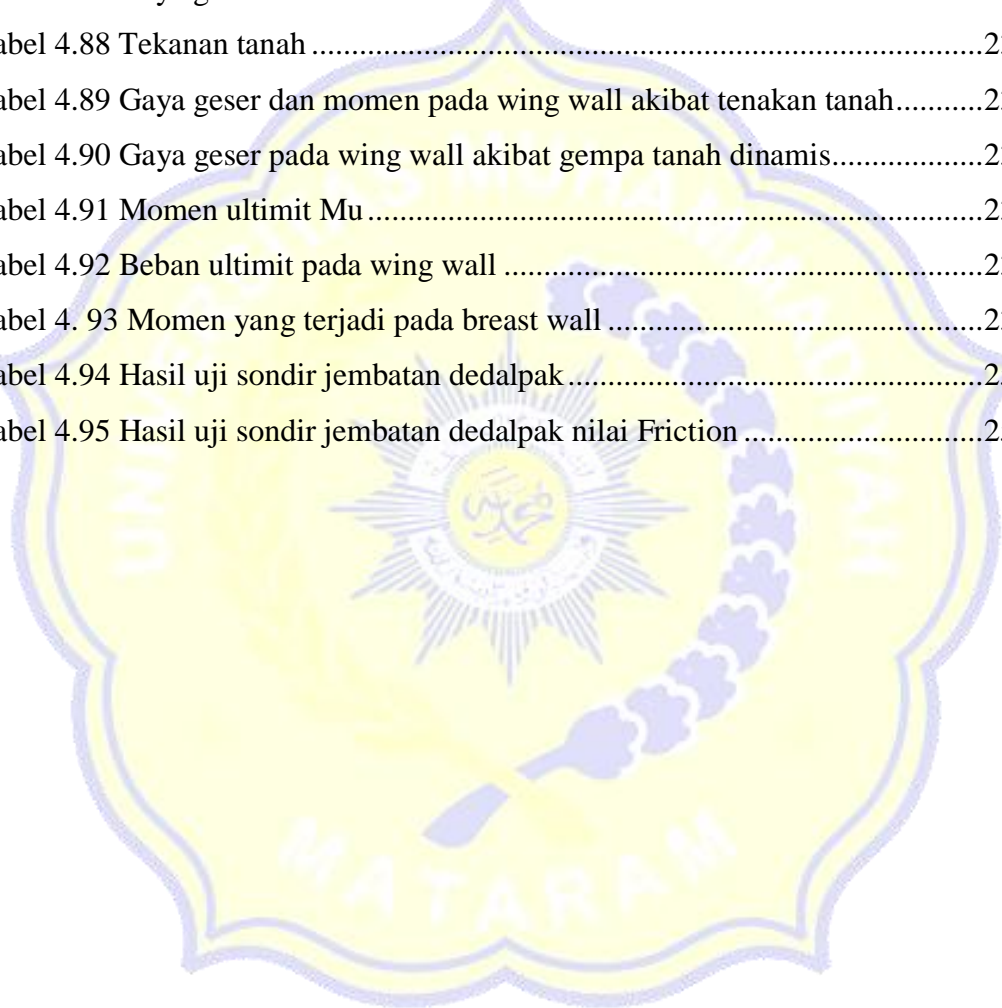
Tabel 2.1 Perhitungan dimensi dan inersia penampang.....	13
Tabel 2.2 Berat isi untuk beban mati .....	14
Tabel 2.3 Faktor beban berat sendiri.....	15
Tabel 2.4 Faktor untuk beban mati tambahan .....	15
Tabel 2.5 Faktor untuk beban lajur D .....	16
Tabel 2.6 Faktor beban untuk beban T.....	17
Tabel 2.7 Faktor beban akibat tekanan tanah.....	19
Tabel 2.8 Nilai $V_0$ dan $Z_0$ untuk berbagai variasi permukaan hulu .....	20
Tabel 2.9 Faktor beban akibat pengaruh temperature .....	21
Tabel 2.10 Faktor beban akibat pengaruh susut dan rangkai .....	22
Tabel 2.11 Faktor beban akibat pengaruh prategang .....	22
Tabel 2.12 Kombinasi beban dan faktor beban.....	24
Tabel 4.1 Berat sendiri dan momen pada trotoar .....	59
Tabel 4.2 Gaya dan momen trotoar akibat beban hidup .....	60
Tabel 4.3 Rekapitulasi momen.....	71
Tabel 4.4 Hasil analisis penampang gelagar prategang (untuk $L=21$ m).....	88
Tabel 4.5 Hasil analisis penampang gelagar komposit (untuk $L= 21$ m) .....	91
Tabel 4.6 Perhitungan momen dan gaya geser akibat berat sendiri balok.....	92
Tabel 4.7 Perhitungan momen dan gaya geser akibat diafragma.....	94
Tabel 4.8 Perhitungan momen dan gaya geser akibat beban mati sendiri .....	96
Tabel 4.9 Perhitungan beban tambahan .....	97
Tabel 4.10 Perhitungan momen dan gaya geser akibat beban mati tambahan.....	98
Tabel 4.11 Perhitungan momen dan gaya geser akibat beban lajur “D” .....	100
Tabel 4.12 Perhitungan momen dan gaya geser akibat gaya rem .....	103
Tabel 4.13 Perhitungan momen dan gaya geser akibat beban angin .....	104
Tabel 4.14 Perhitungan momen dan gaya geser akibat beban gempa.....	107
Tabel 4.15 Rekapitulasi momen dan gaya geser maksimum .....	108
Tabel 4.16 Kombinasi momen maksimum .....	108
Tabel 4.17 Kombinasi gaya geser maksimum .....	109
Tabel 4.18 Eksentrisitas masing-masing tendon .....	114

Tabel 4.19 Lintasan inti tendon.....	116
Tabel 4.20 Sudur angkur.....	117
Tabel 4.21 Tata letak dan trace kabel tendon.....	119
Tabel 4.22 Momen akibat temperatur.....	145
Tabel 4.23 Rekapitulasi tegangan yang terjadi akibat beban.....	146
Tabel 4.24 Rekapitulasi kombinasi tegangan.....	151
Tabel 4.25 Rekapitulasi lendutan yang terjadi akibat beban.....	156
Tabel 4.26 Rekapitulasi kombinasi lendutan.....	158
Tabel 4.27 Rekapitulasi momen balok.....	162
Tabel 4.28 Rekapitulasi momen balok ultimit.....	164
Tabel 4.29 Data angkur.....	165
Tabel 4.30 Momen statis luasan bagian atas ( $S_{xa}$ ).....	166
Tabel 4.31 Momen statis luasan bagian atas ( $S_{xa}$ ).....	167
Tabel 4.32 Perhitungan sengkang arah vertikal.....	168
Tabel 4.33 Perhitungan sengkang arah horizontal.....	168
Tabel 4.34 Jumlah sengkang yang digunakan untuk <i>bursting force</i> .....	169
Tabel 4.35 Momen dan gaya geser maksimum kombinasi 6 (Ekstrem I).....	173
Tabel 4.36 Tinjauan geser diatas garis netral.....	174
Tabel 4.37 Tinjauan geser dibawah garis netral.....	174
Tabel 4.38 Jarak sengkang yang digunakan.....	175
Tabel 4.39 Perhitungan jarak <i>shear connector</i> .....	178
Tabel 4.40 Resume desain bantalan elastomer.....	182
Tabel 4.41 Data dimensi struktur bawah jembatan.....	185
Tabel 4.42 Berat sendiri struktur atas jembatan.....	186
Tabel 4.43 Berat sendiri struktur bawah jembatan.....	188
Tabel 4.44 Berat total berat sendiri.....	188
Tabel 4.45 Jenis beban mati tambahan.....	189
Tabel 4.46 Gaya akibat tekanan tanah.....	192
Tabel 4.47 Dimensi setiap bidang struktur.....	205
Tabel 4.48 Distribusi beban gempa pada abutment.....	205
Tabel 4.49 Rekapitulasi beban kerja yang terjadi pada abutment.....	210

Tabel 4.50 Kombinasi beban 1.....	210
Tabel 4.51 Kombinasi beban 2.....	211
Tabel 4.52 Kombinasi beban 3 .....	211
Tabel 4.53 Kombinasi beban 4 .....	212
Tabel 4.54 Kombinasi beban 5.....	212
Tabel 4.55 Rekapitulasi kombinasi untuk perencanaan beban kerja .....	213
Tabel 4.56 Stabilitas guling arah x.....	213
Tabel 4.57 Stabilitas guling arah y.....	214
Tabel 4.58 Stabilitas gaya geser arah x.....	215
Tabel 4.59 Stabilitas gaya geser arah y.....	216
Tabel 4.60 Beban kerja pile cap.....	216
Tabel 4.61 Kombinasi -1 beban kerja pile cap.....	217
Tabel 4.62 Kombinasi -2 beban kerja pile cap.....	217
Tabel 4.63 Kombinasi -3 beban kerja pile cap.....	218
Tabel 4.64 Kombinasi - 4 beban kerja pile cap.....	218
Tabel 4.65 Kombinasi - 5 beban kerja pile cap.....	219
Tabel 4.66 Rekap kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja.....	219
Tabel 4.67 Berat sendiri (MS).....	220
Tabel 4.68 Gaya akibat tekanan tanah .....	221
Tabel 4.69 Beban gempa pada breast wall.....	221
Tabel 4.70 Tekanan tanah dinamis akibat gempa .....	222
Tabel 4.71 Rekap beban kerja breast wall .....	223
Tabel 4.72 Beban kerja breast wall .....	223
Tabel 4.73 Kombinasi -1.....	224
Tabel 4.74 Kombinasi -2.....	224
Tabel 4.75 Kombinasi -3.....	225
Tabel 4.76 Kombinasi -4.....	225
Tabel 4.77 Kombinasi -5.....	226
Tabel 4.78 Rekap kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja.....	226
Tabel 4.79 Gaya akibat tekanan tanah .....	227
Tabel 4.80 Beban gempa statistik ekuivalen.....	227



Tabel 4.81 Beban gempa tanah dinamis .....	228
Tabel 4.82 Beban ultimit pada back wall.....	228
Tabel 4.83 Beban akibat tekanan tanah.....	229
Tabel 4.84 Beban gempa statistik ekivalen.....	229
Tabel 4.85 Beban gempa tekanan tanah dinamis .....	230
Tabel 4.86 Beban ultimit pada back wall.....	230
Tabel 4.87 Gaya geser dan momen ultimit corbel .....	231
Tabel 4.88 Tekanan tanah .....	232
Tabel 4.89 Gaya geser dan momen pada wing wall akibat tekanan tanah.....	232
Tabel 4.90 Gaya geser pada wing wall akibat gempa tanah dinamis.....	233
Tabel 4.91 Momen ultimit Mu .....	234
Tabel 4.92 Beban ultimit pada wing wall .....	234
Tabel 4.93 Momen yang terjadi pada breast wall .....	235
Tabel 4.94 Hasil uji sondir jembatan dedalpak.....	257
Tabel 4.95 Hasil uji sondir jembatan dedalpak nilai Friction .....	259



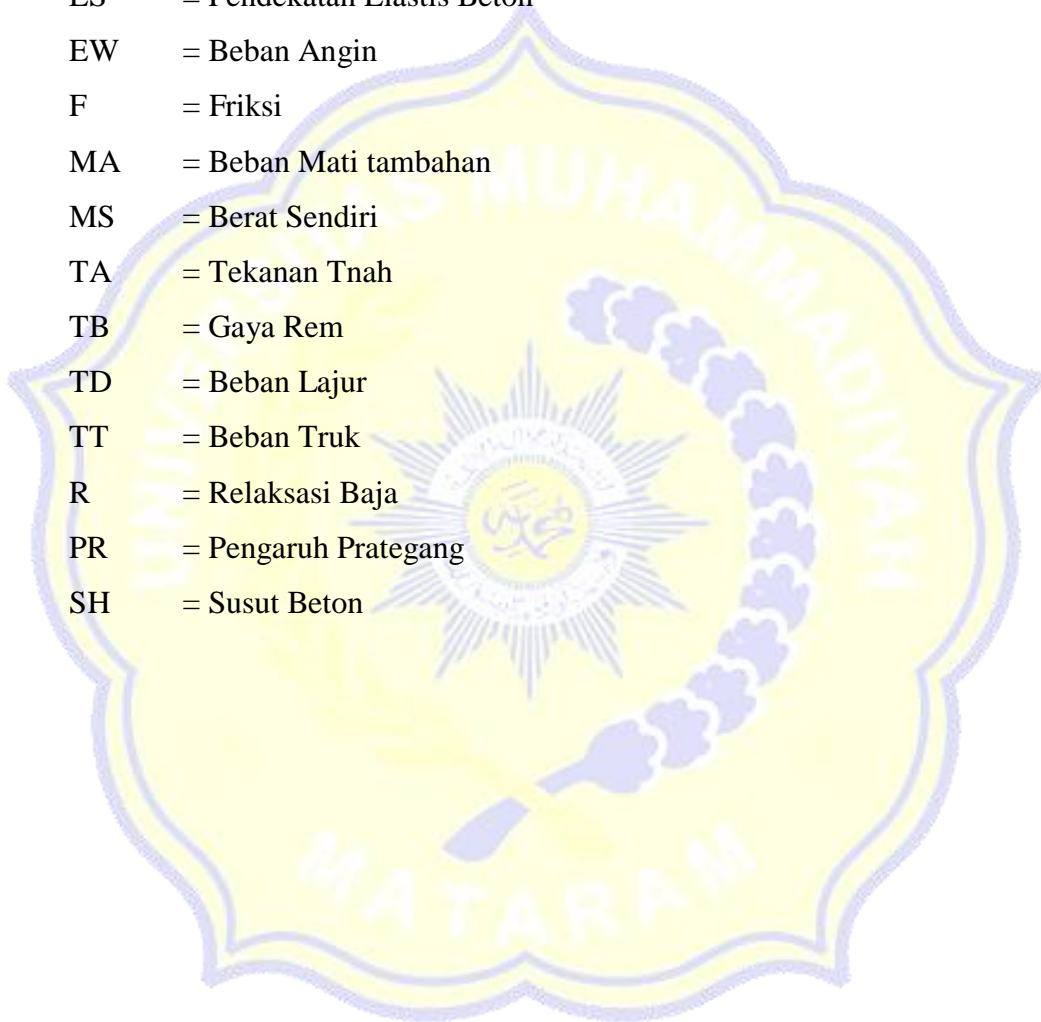
## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

$A$	= Luas penampang
$A_c$	= Luas penampang
$C$	= <i>Kohesi</i> tanah ( $\text{kN/m}^3$ )
$C_{sm}$	= Adalah koefisien <i>respons</i> gempa elastis
$E_Q$	= Adalah gaya gempa horizontal statis (kN)
$e_s$	= Eksentritas
$h$	= Tinggi total balok penampang
$H_t$	= Tinggi tekanan tanah yang ditinjau (m)
$J$	= Menunjukkan nomor operasi pendongkrakan
$K_a$	= Koefisien tanah aktif = $\text{Tan}^2 (45^\circ - \phi/2)$
$K_p$	= Koefisien tanah pasif = $\text{Tan}^2 (45^\circ + \phi/2)$
$L$	= Adalah panjang total jembatan yang terbebani (m)
$L$	= Lebar pondasi/ <i>pile cap abutment</i> (m)
$M_D$	= Momen akibat berat sendiri
$M_P$	= Momen penahan guling (k.N.m)
$M_P$	= Momen penyebab guling (k.N.m)
$M_T$	= Momen total akibat beban gravitasi
$n$	= Jumlah tendon atau jumlah pasangan tendon yang ditarik secara sekuensial.
$P$	= Beban <i>vertical</i> (kN)
$p_t$	= Pretegang awal
$P_{eff}$	= Prategang efektif sesudah kehilangan
$q$	= Adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan kpa
$R_d$	= Adalah modifikasi <i>respons</i>
$T$	= Beban <i>horizontal</i> (kN)
$VB$	= Kecepatan angin rencana yaitu 90 km/jam hingga 126 km/jam
$VDZ$	= Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, $Z$ (km/jam)

- $V_o$  = Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi  
 $V_{10}$  = Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air rencana (km/jam)  
 $V_{10}$  = Dapat diasumsikan  $V_{10} = V_B$   
 $W_a$  = Tahanan momen sisi atas  
 $W_b$  = Tahanan momen sisi atas  
 $W_t$  = Adalah berat total struktur dari beban mati dan beban hidup (kN)  
 $Y$  = Titik berat penampang  
 $y_a$  = Jarak titik berat penampang terhadap serat atas  
 $y_b$  = Jarak titik berat penampang terhadap serat bawah  
 $Z$  = Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ( $Z > 10000$  mm)  
 $Z_o$  = Panjang gesekan dihilu jembatan  
 $\gamma_s$  = Berat isi tanah ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $\phi$  = Sudut geser dalam  
 $\Delta f_{pA}$  = Kehilangan prategang akibat slip ankur  
 $\Delta f_{pCR}$  = Kehilangan prategang akibat rangkai pada beton  
 $\Delta f_{pES}$  = Kehilangan prategang akibat pendekatan elastis beton  
 $\Delta f_{pF}$  = Kehilangan prategang akibat *friksi*/gesekan  
 $\Delta f_{pT}$  = Kehilangan prategang total  
 $\Delta f_{pPR}$  = Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon  
 $\Delta f_{pSH}$  = Kehilangan prategang akibat susut pada beton

## DAFTAR SINGKATAN

A	= Slip Angkur
BGT	= Beban Garis Terpusat
BTR	= Beban Terbagi Rata
CR	= Rangkak Beton
ES	= Pendekatan Elastis Beton
EW	= Beban Angin
F	= Friksi
MA	= Beban Mati tambahan
MS	= Berat Sendiri
TA	= Tekanan Tnah
TB	= Gaya Rem
TD	= Beban Lajur
TT	= Beban Truk
R	= Relaksasi Baja
PR	= Pengaruh Prategang
SH	= Susut Beton





## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN I (Perhitungan Beban Kombinasi)

1. Tabel kombinasi momen akibat beban
2. Tabel kombinasi gaya geser akibat beban

### LAMPIRAN II (Data Gambar Jembatan Dedapak Beton Prategang Tipe U Girder)

1. Tampak atas jembatan
2. Tampak samping jembatan
3. Potongan melintang jembatan
4. Potongan memanjang jembatan
5. Tampak atas pelat lantai
6. Potongan pelat lantai
7. Tampak atas u girder
8. Potongan melintang u girder
9. Penulangan u girder
10. Penulangan abutment
11. Penulangan dan detail pondasi sumuran

### LAMPIRAN II (Data Standar Perencanaan PC U girder Produk WIKABETON )

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang berkembang yang memiliki banyak daerah yang masih ketinggalan dengan teknologi dan infrastrukturnya yang masih kalah jauh dibanding dengan negara lain. Perkembangan suatu daerah yang terlihat pesat di tandai dengan bertambahnya pergerakan mobilitas manusia yang cukup tinggi yang membuat meningkatnya volume arus lalu lintas, sehingga menuntut adanya sarana lalu lintas seperti jalan dan jembatan yang memadai dan mencukupi sehingga jaringan lalu lintas bisa berjalan lancar dan aman, dengan adanya akses lalu lintas yang memadai tentu akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Geografis di Indonesia memiliki bentuk kontur mulai dari pegunungan dataran rendah, sehingga diperlukan sarana penghubung antar daerah ke daerah lainnya, agar akses suatu perjalanan berjalan lancar. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan yang mulanya jembatan dibuat dengan menggunakan kayu dan kini sudah banyak menggunakan konstruksi beton, Salah satunya jembatan beton bertulang, seperti Jembatan Dedalpak yang berada di Dusun Dedalpak Desa Phogading Timur Kecamatan Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur ini menggunakan beton prategang.

Jembatan prategang atau disebut dengan *prestressed concrete bridge* adalah salah satu jenis jembatan yang menggunakan material konstruksi beton prategang yang berisi kabel baja yang bertujuan untuk memberikan tegangan tekan tambahan terhadap beton agar dapat mengurangi lendutan akibat beban, dengan mengurangi lendutan yang terjadi dapat menghindari ketetakan pada beton. (Ridkiani,2016)

Jembatan Dedalpak merupakan salah satu jembatan yang terletak di Dusun Dedalpak Desa Phogading Timur Kecamatan Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur yang menghubungkan antara dua dusun yakni dusun Dedalpak dan Bagek Atas, jembatan ini awal mulanya menggunakan jembatan beton dan pada tahun 2021 jembatan dedalpak ini diperbarui atau di ganti menggunakan jembatan beton prategang tipe *I-Girder*. Yang mana jembatan beton prategang kuat terhadap daya

tekan dan tarik, juga terhidar dari keretakan, kuat terhadap pergeseran dan memiliki desain strukturnya lebih kecil.

Dalam merencanakan suatu konstruksi supaya mendapatkan hasil desain yang bagus, nyaman, kuat, memenuhi persyaratan dan sesuai standar dan peraturan yang berlaku salah satunya dalam merencanakan jembatan maka perlu didesain dimensi bagian-bagian strukturnya serta kebutuhan tulangan jembatan yang sesuai dengan hitungan yang berlaku seperti pondasi, abutment, girder, plat, tiang sandaran, pilar dan bagian jembatan lainnya.

Jembatan dedalpak ini memiliki desain awal Jembatan ini menggunakan beton prategang tipe *I-Girder* dengan bentang 20,6 m dan dengan lebar 7 m. Di tugas akhir ini penulis mendesain ulang jembatan dengan menggunakan beton prategang tipe *U-Girder* dengan bentang 20,6 m dan lebar 7 m. Dalam tugas akhir ini nantinya jembatan akan didesain menggunakan tipe *U-Girder* untuk melihat keefektifannya dengan bentang jembatan yang terbilang pendek ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang yang diuraikan di atas maka dapat diambil rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan dimensi gelagar prategang tipe *U-Girder* pada jembatan Dedalpak ?
2. Bagaimana analisis pembebanan Jembatan Dedalpak menggunakan beton prategang tipe *U-Girder* ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bagaimana merencanakan dimensi gelagar prategang tipe *U-Girder* pada jembatan Dedalpak.
2. Mengetahui bagaimana hasil analisis pembebanan Jembatan Dedalpak menggunakan beton prategang tipe *U-Girder*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi orang lain dan dapat menjadi salah satu acuan untuk digunakan sebagai berikut:

### 1. Secara Teoritis

Secara teoritis diharapkan dapat berguna untuk orang lain dan memeberikan ilmu pengetahuan serta menjadi studi banding didalam teori yang dipelajari dilapangan.

### 2. Secara Praktis

Dengan adanya penelitian ini dapat bermanfaat bagi:

#### a. Pekerja/perencana

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kesimpulan yang baik terhadap permasalahan yang dihadapi dan sebagai bahan pertimbangan dalam merencanakan pembangunan Jembatan Dedalpak dengan menggunakan beton prategang tipe *U-Girder*.

#### b. Akademik

Penelitian ini diharapkan bermanfaat dan memberikan bantuan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya di Universitas Muhammadiyah Mataram, mengenai perencanaan ulang Jembatan Dedalpak Kabupaten Lombok Timur dengan menggunakan beton prategang tipe *U-Girder*.

#### c. Penelitian selanjutnya

Diharapkan dapat memberikan kajian lanjutan pada penelitian yang sama sehingga dapat membatu dalam mengerjakan penelitian selanjutnya.

## 3. Batasan Masalah

Terkait dengan judul yang diangkat mengenai Perencanan Ulang Jembatan Dedalpak Kabupaten Lombok Timur dengan Menggunakan Beton Prategang ipe *U-Girder*, maka Batasan masalahnya:

1. Merencanakan struktur atas dan bawah jembatan
2. Merencanakan pendimensian pada gelagar jembatan
3. Menghitung pembebanan pada jembatan



4. Tidak merencanakan perkerasan jalan dan *design* jalan pendekat jembatan (oprit)
5. Tidak menghitung biaya konstruksi jembatan
6. Tidak menghitung data hidrologi



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Putri (2018) telah melakukan penelitian perencanaan ulang jembatan kesejahteraan dengan menggunakan *precast concrete U girder*. Dalam penelitian ini dilakukan perencanaan jembatan kesejahteraan dengan bentang sederhana yang terbagi menjadi dua yaitu 42 m dan 28 m dan memiliki satu pilar, penelitian ini menggunakan tipe konstruksi adalah *precast concrete U girder* dan sistem prategang yang digunakan adalah sistem *posttension*. *Girder* yang didesain yaitu standar *Precast Concrete U Girder (PC-U Girder)* berdasarkan *bridge product* PT. Wika Beton. Pada tahap awal perencanaan dilakukan analisa beban yang terjadi, diantaranya analisa berat sendiri, analisa beban mati sendiri, analisa beban mati tambahan, analisa beban lalu lintas, gaya rem, beban gempa, beban angin, pengaruh temperatur, pengaruh susut dan rangkai, dan analisa kehilangan prategang yang terjadi. Selanjutnya dilakukan kontrol tegangan, lendutan dan momen, kemudian perhitungan penulangan *U girder* dan balok ujung. Dilanjutkan dengan perhitungan bangunan bawah yang terdiri dari *abutment*, pilar dan pondasi.

Annur (2012) telah melakukan penelitian perencanaan *precast concrete I Girder* pada jembatan *prestressed post tension* dengan bantuan program *microsoft office excel*. Penelitian ini merencanakan sebuah jembatan beton pratekan dengan metode *post-tension* yang menggunakan *I Girder* sebagai struktur utamanya, perencanaan *PCI girder* ini mengacu pada perencanaan struktur beton untuk jembatan (SNI T-12-2004), pembebanan untuk jembatan (SNI T-02-2005), *Bridge Management System (BMS)*, AASHTO 1992 dan ACI. Kabel *prestress* pada desain *PCI girder* ini menggunakan kawat jenis *Uncoated Stress Relieve Seven Wires Strand, ASTM A 416 Grade 270 Low Relaxation*. Analisa yang terjadi yaitu analisa beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban analisa pengaruh waktu seperti rangkai dan susut serta kehilangan prategang, kemudian hasil dari analisa tersebut dilakukan kontrol tegangan yang terjadi pada struktur. Dalam hal ini

analisa menggunakan bantuan Program *Microsoft Excel* untuk mempermudah perhitungan.

## **2.2 Landasan Teori**

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah atau jalan yang putus. Rintangan ini biasanya jalan lain berupa jalan air atau lalu lintas biasa. Jembatan yang berada di atas lalu lintas biasanya disebut *viaduct*. Jembatan dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu Jembatan-jembatan tetap dan Jembatan-jembatan dapat digerakan. Kedua golongan jembatan tersebut dipergunakan untuk lalu lintas kereta api dan lalu lintas biasa (Struyk dan Veen, 1984).

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis, dan estetika-arsitektur yang meliputi: Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika (Supriyadi dan Muntoar, 2007).

### **2.2.1 Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*)**

Jembatan beton prategang atau dikenal dengan *prestressed concrete bridge* adalah salah satu jenis jembatan yang menggunakan material konstruksi beton prategang atau beton yang berisi kabel baja yang bertujuan untuk memberikan tegangan berupa tegangan tekan tambahan terhadap beton, sehingga mampu memberikan lendutan akibat beban yang bekerja. Jembatan memiliki beban tekan yang besar, dalam hal ini, beton prateganglah solusi untuk mentasai besarnya lendutan tekan yang terjadi pada struktur beton khususnya pada struktur jembatan yang bentangnya yang besar. Material yang digunakan dalam sistem beton prategang ini adalah material beton dan sistem kabel baja. Kabel yang terdiri dari kabel (*wire, strand, bar*), selongsong dan angkur (angkur hidup, angkur mati). Jembatan jenis ini biasanya digunakan untuk jenis variasi jembatan 20 - 40 meter atau lebih.

### 2.2.2 Sistem jembatan beton prategang

Menurut aturannya, beton prategang diberikan gaya berbentuk tendon atau di isi dengan kabel baja. Pemberian gaya prategang pada tendon terdiri dari dua (2) cara, yaitu:

#### 1. Pra Tarik (*Pre-Tension*)

Prinsip kerja metode ini adalah kabel baja diregangkan terlebih dahulu sebelum beton dicetak. Awalnya tendon prategang ditarik kemudian dilakukan pengankuran pada abutment, setelah tendon terpasang, maka beton dapat dicetak. Setelah itu, tendon dapat dipotong sehingga gaya prategang dapat di transfer ke beton, pada kondisi ini, kuat tekan beton harus sesuai dengan yang disyaratkan.

#### 2. Pasca Tarik (*Post-Tension*)

Prinsip kerja metode ini adalah beton dicetak terlebih dahulu kemudian setelah beton kering kabel baja dimasukkan. Awalnya beton dicetak mengelilingi selongsong atau selubung tendon, dimana kabel prategang berada didalam selongsong selama pengecoran kemudian setelah beton mengeras diberi gaya prategang dengan cara mengankur kabel prategang ke abutment, pada saat itu gaya prategang di transfer ke beton sehingga beton akan tertekan.

### 2.2.3 Penampang *pc-u girder* dan *pc- i girder*

Penampang *PC-U* dan *PC-I* adalah jenis penampang beton prategang yang sering digunakan dalam konstruksi jembatan khususnya jembatan di Indonesia, berikut pendapat para ahli tentang kedua penampang tersebut. Beton prategang merupakan beton dimana tegangan-tegangan internal, dengan besar distribusi yang sesuai yang diberikan sehingga tegangan-tegangan diakibatkan oleh beban luar dilawan samapai satu tingkat yang diinginkan. (Raju, 1993)

Lebar *PC-U* yang telah direncanakan tidak langsing menyebabkan jumlah *PC-U* yang digunakan lebih sedikit jumlahnya daripada *PC-I girder* (hemat hingga 50% unit *PC-I girder*). Karena bentuk dan ukuranya yang lebih



besar maka berat sendiri per unitnya juga lebih besar dari *PC-I girder*. Pada proses setting pra *stressing*, *PC-U Girder* lebih aman dari *PC-I girder* karena luasan sentuhnya lebih besar, maka kecil kemungkinan *PC-U girder* untuk terguling. Dan bentuk *PC-U* yang mirip dengan *box girder* cukup memenuhi nilai estetika jembatan jika dibandingkan dengan *PC-I* yang kaku dan tegas. (Masnul, 2009)

Lubis dan Karolina telah melakukan analisa terhadap perbandingan kelayakan pada gelagar jembatan dengan menggunakan precast U dan I. Hasil dari analisa tersebut menunjukkan jembatan *U girder* memiliki tingkat keefektifan yang lebih tinggi dibandingkan jembatan *I girder* pada lendutan, reaksi perletakan, gaya dalam, tegangan dan kehilangan gaya prategang. (Lubis dan Karolina, 2017)

Pratarik adalah suatu metode untuk memberi prategang pada beton dimana tendon ditarik sebelum beton dicor. Dalam metode ini, prategang diberikan pada beton melalui rekatan antara baja dan beton. Pascatarik adalah suatu metode untuk memberi prategang pada beton dengan menarik tendon terhadap beton yang telah mengeras. Dalam metode ini, prategang diberikan pada beton melalui bantalan. (Raju 1993).

#### **2.2.4 Bagian-bagian konstruksi jembatan**

Konstruksi jembatan beton prategang dapat terbagi menjadi 3 bagian struktur utama yaitu, struktur atas (*upper structure*), struktur bawah (*sub structure*) dan pondasi jembatan. Berikut bagian dari masing-masing struktur antara lain:

##### **1. Struktur atas (*upper structure*)**

jembatan merupakan bagian yang menerima langsung beban yang meliputi berupa berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu lintas kendaraan, gara rem dan beban pejalan kaki. Struktur atas jembatan meliputi:

- a. Tiang sandaran
- b. Plat lantai jembatan

- c. Trotoar
  - d. *Slab* lantai kendaraan
  - e. Balok diafragma
  - f. Gelagar (*girder*)
2. Struktur bawah (*sub structure*)

Jembatan berfungsi untuk memikul seluruh beban struktur atas maupun beban lain yang yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air dan hanyutan, tumbukan, gesekan pada tumpuan dan sebagainya lalu disalurkan oleh pondasi ketanah dasar. Struktur bawah jembatan meliputi antara lain:

- a. *Abutment*
  - b. Pilar jembatan
3. Pondasi jembatan

Pondasi berfungsi untuk mayalurkan seluruh beban yang diterima ke dasar tanah, perencanaan pondasi meliputi tipe pondasi yang sesuai dengan karakteristik beban, Panjang jembatan dan tanah untuk mendapatkan daya dukung yang dipersyaratkan.

### **2.2.5 Jenis-jenis penampang jembatan beton prategang**

1. Penampang I (*I-Girder*)

*PC I-Girder* merupakan jembatan yang memiliki bentuk penampang I dengan bagian tengah lebih lasing daripada bagian atas dan bawah yang membentuk seperti huruf I. *PC I-Girder* merupakan *girder* dengan penampang yang paling kecil dibanding penampang lainnya dan memiliki berat sendiri yang relatif lebih ringan per unitnya, oleh karena itu dilihat dari hasil analisis tipe I ini adalah tipe penampang yang ekonomis. Berikut bentuk penampang *PC I-girder* dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 *PC I Girder*  
(Sumber: [ibb.jatimprov.go.id](http://ibb.jatimprov.go.id), 2022)

## 2. Penampang U (*U-Girder*)

*PC U-Girder* memiliki gelagar utama berbentuk huruf U yang terbuat dari beton dan akan diperkuat dengan baja-baja prategang di dalamnya. Berikut gelagar *U Girder* dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 *Concrete pc u-girder*  
(Sumber: <https://www.abbeconindonesia.com>, 2020)

## 3. *Box Girder* (penampang yang berbentuk kotak atau trapesium)

Gelagar dengan bentuk kotak (*box girder*) adalah tipe gelagar yang memiliki ketahanan terhadap torsi dan memiliki nilai estetika yang lebih tinggi dibandingkan dengan gelagar yang lainnya. *Box girder* ini biasanya terdiri dari satu gelagar utama dalam satu bentang jembatan dan lebarnya menyesuaikan dengan lebar jembatan yang akan direncanakan. Gelagar jenis ini biasanya digunakan pada jembatan yang bentangnya Panjang dan lebar. Berikut *box girder* bisa dilihat pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 *box girder*  
(Sumber: <https://pu.go.id/berita/steel-box-girder>, 2007)

### 2.2.6 Gelagar penampang *u-gider*

Balok penampang *U-Girder* atau sering disebut *PC U-Girder* adalah jenis struktur jembatan yang berbentuk seperti huruf U yang terbuat dari beton bertulang dan beton pratekan, yang mampu memberikan lendutan sehingga bisa menahan beban tarik. Struktur *PC-U Girder* ini hampir sama dengan balok *PCI-Girder* yang membedakannya hanyalah dari segi bentuk penampangnya saja.

*Girder* dengan penampang U adalah salah satu perkembangan dalam Teknik jembatan yang masih terbilang jarang digunakan di kota-kota besar di Indonesia, seperti di pulau Lombok masih jarang menggunakan struktur jenis penampang *U-Girder* dibandingkan dengan jenis lainnya. Jembatan *U-girder* yaitu jembatan yang menggunakan satu gelagar utama atau terdiri dari beberapa balok penampang U yang dalamnya di perkuat baja-baja prategang atau disebut dengan *precast concrete U (PC-U)*.

*PC U-girder* merupakan modifikasi dari *box girder* yang dibuat ukurannya menjadi lebih kecil. *PC U* memiliki bentuk badan yang lebar namun pada bagian tengahnya penampang lebih lansing. *PC U-girder* memiliki kemungkin kecil untuk terguling karna memiliki luasan tumpuannya yang lebih lebar di banding dengan *PCI*, dan pada saat girder telah menduduki *bearing pad*, balok girder yang berbentuk U memiliki



kelebihan pada kekuannya yang cenderung merata dan setabil terhadap angin. Balok *girder* ini memiliki keistimewaan yang terletak pada tendonya yang berpasang-pasangan yang mengharuskan menggunakan dongkrak sekaligus untuk melakukan penarikan kabel *strant* pada *girder*.

### 2.2.7 Analisis penampang u

Dilihat dari bentuk penampang U yang di desain, perhitungan analisis yang berupa perhitungan luas, perhitungan pembenan penampang, perhitungan momen inersia dan jarak titik berat penampang terhadap serat atas dan serat bawah, serta statis momen penampang terhadap serat atas dan bawah dapat dihitung dengan persamaan 2.1 sampai dengan persamaan 2.5 berikut:

#### 1. Penampang gelagar prategang (*precast*)

Letak titik berat

$$y_b = \frac{\sum A x y}{\sum A} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.1)}$$

$$y_a = h - y_b \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.2)}$$

Dengan:

$y_b$  = Jarak titik berat penampang terhadap serat bawah

$y_a$  = Jarak titik berat penampang terhadap serat atas

$h$  = Tinggi total balok penampang

$A$  = Luas penampang

$Y$  = Titik berat penampang

Momen inersia terhadap sumbu x

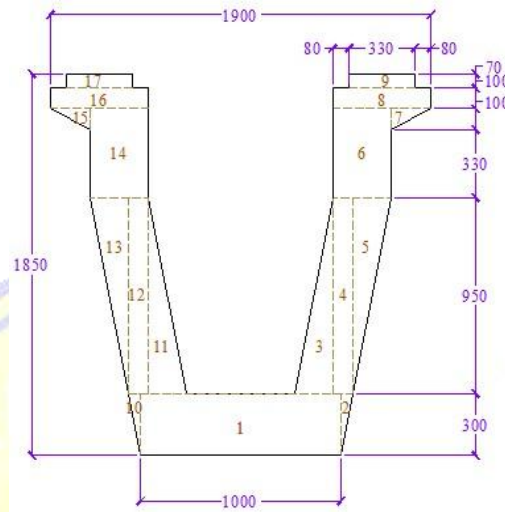
$$I_x = \frac{1}{12} b \cdot h^3 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.3)}$$

Dengan:

$$I_x = \frac{1}{12} b \cdot h^3 \quad (\text{Untuk penampang persegi}) \quad \dots\dots \text{Persamaan (2.4)}$$

$$I_x = \frac{1}{36} b \cdot h^3 \quad (\text{Untuk penampang segitiga}) \quad \dots\dots \text{Persamaan (2.5)}$$

Berikut penampang tipe *U-Girder* dapat dilihat pada gambar 2.4 penampang gelagar prategang.



Gambar 2.4 Penampang gelagar prategang  
(Sumber: Putri,2018)

Berikut adalah perhitungan dimensi dan inersia untuk penampang *U-Girder* dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Perhitunagn dimensi dan inersia penampang

No	A	y	A.y	I	A.(y-y <sub>b</sub> ) <sup>2</sup>	I <sub>x</sub> = I+[A.(y-y <sub>b</sub> ) <sup>2</sup> ]
1	1	$\frac{1}{2} \times 300$	A <sub>1</sub> .y <sub>1</sub>	$\frac{1}{12} \times bh^2$	A <sub>1</sub> .(y <sub>1</sub> -y <sub>b</sub> ) <sup>2</sup>	I <sub>x1</sub>
2	2	$\frac{1}{2} \times 300$	A <sub>2</sub> .y <sub>2</sub>	$\frac{1}{36} \times bh^2$	A <sub>2</sub> .(y <sub>2</sub> -y <sub>b</sub> ) <sup>2</sup>	I <sub>x2</sub>
3	3	$300 + \frac{1}{2} \times 300$	A <sub>3</sub> .y <sub>3</sub>	$\frac{1}{36} \times bh^2$	A <sub>3</sub> .(y <sub>3</sub> -y <sub>b</sub> ) <sup>2</sup>	I <sub>x3</sub>
....	....	....	....	....	....	....
17	17	$300 - \frac{1}{2} \times 300$	A <sub>17</sub> .y <sub>17</sub>	$\frac{1}{12} \times bh^2$	A <sub>17</sub> .(y <sub>17</sub> -y <sub>b</sub> ) <sup>2</sup>	I <sub>x17</sub>
Σ	ΣA	-	ΣA.y	-	-	ΣI <sub>x</sub>

(Sumber: SNI 1725-2016)

## 2. Penampang gelagar komposit

Untuk nilai-nilai pada tampang analisa komposit bisa dihitung besarnya dengan menjumlahkan komponen *precast* dengan slabnya.

### 2.2.8 Pembebanan pada jembatan

Pada perencanaan jembatan faktor beban merupakan hal terpenting yang harus diperhitungkan, dalam hal ini diperlukan standar khusus untuk menjadi dasar dan patokan analisis pembebanan. Di Indonesia standar perencanaan pembebanan untuk jembatan mengacu pada SNI-1725:2016 tentang pembebanan jembatan, beban pada jembatan dibagi menjadi:

#### 2.2.8.1 Beban mati

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

Tabel 2.2 Berat isi untuk beban mati

No	Bahan	Berat isi(Kn/m <sup>3</sup> )
1	Lapisan permukaan beraspal ( <i>bituminous wearing surface</i> )	22,0
2	Besi tuang ( <i>cast iron</i> )	71,0
3	Timbunan tanahh dipadatkan ( <i>compacted sand, silt, or clay</i> )	17,2
4	Krikil dipadatkan ( <i>rolled gravel, macadam or ballast</i> )	18,8-22,7
5	Aspal beton ( <i>asphalt concrete</i> )	22,0
6	Beton ringan ( <i>low density</i> )	12,25-25,0
7	Beton $f'c < 35$ Mpa $35 > f'c > 105$ Mpa	22,0-25,0 $22 + 0,022 f'c$
8	Baja ( <i>steel</i> )	78,5
9	Kayu ( <i>ringan</i> )	7,8
10	Kayu keras ( <i>hard wood</i> )	11,0

(sumber SNI-1725-2016)

Berat sendiri (MS) merupakan berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktur lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat dan bagian jembatan yang merupakan elemen structural, ditambah dengan elemen non- struktural yang dianggap tetap. Adapun faktor beban untuk berat sendiri dan beban mati tambahan dapat dilihat di tabel 2.3 dan tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2.3 Faktor beban berat sendiri

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

(sumber : SNI-1725-2016)

#### 2.2.8.2 Beban mati tambahan /utilitas (MA)

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

Tabel 2.4 faktor untuk beban mati tambahan (utilitas)

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

(Sumber : SNI-1725-2016)



### 2.2.8.3 Beban hidup

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

#### 1. Beban lajur “D”(TD)

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

Tabel 2.5 Faktor beban untuk beban lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban ( $\gamma_{TD}$ )	
		Keadaan batas layan ( $\gamma_{TD}^s$ )	Keadaan batas ultimit ( $\gamma_{TD}^u$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI-1725-2016)

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kpa dengan besaran  $q$  tergantung pada Panjang total yang terbebani  $L$  yaitu seperti pada persamaan 2.6 dan persamaan 2.7 berikut ini:

Jika  $L < 30$  m :  $9,0$ kpa .....Persamaan (2.6)

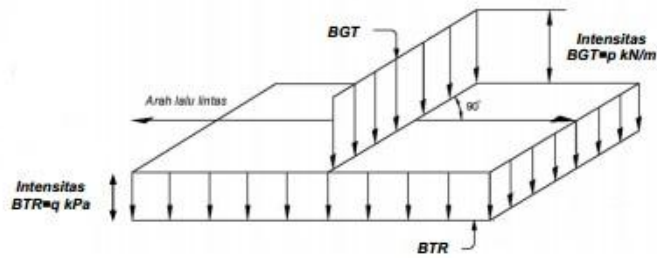
Juka  $L > 30$  m:  $9,0 (0,5+15/L)$  kpa .....Persamaan (2.7)

Dengan:

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

$L$  = Adalah Panjang total jembatan yang terbebani (m)

Berikut ilustrasi pembebanan Lajur “D” dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Beban lajur “D”  
(Sumber : SNI -1725-2016)

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

2. Beban truk “T” (TT)

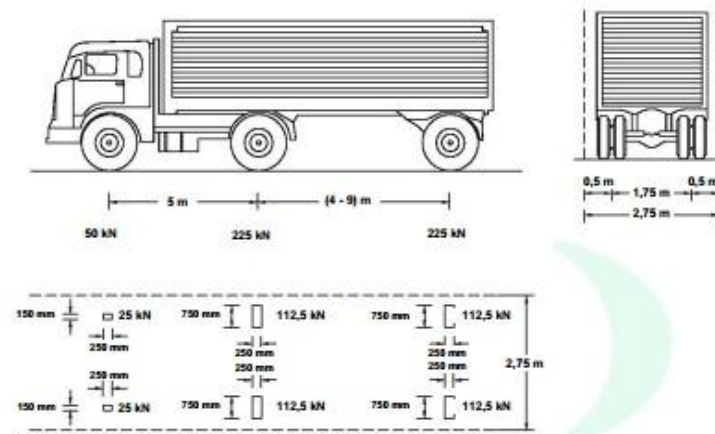
Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D” beban truk dapat digunakan untuk struktur lantai. Adapaun faktor untuk beban ‘T’. Faktor beban untuk beban “T” dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Table 2.6 faktor beban untuk beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban ( $\gamma_{TT}$ )	
		Keadaan batas layan ( $\gamma_{TT}^s$ )	Keadaan batas ultimit ( $\gamma_{TT}^u$ )
	Beton	1,00	1,80
Transien	Boks Girder Baja		

(Sumber : SNI-1725-2016)

Pembebeann truk T terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat ganda seperti terlihat pada gamabar 2.6 berikut :



Gamabar 2.6 pembebanan truk “T” (500 kN)  
(Sumber :SNI -1725-2016)

### 3. Tekanan tanah (TA)

Koefesien tekaanan tanah nominal berdasarkan berdasarkan sifat-sifat tanah, sifat-sifat tanah (kepadatan, kohesi sudut geser dalam, kadar kelembabpan dan sebagainya) harus di peroleh berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian tanah baik di lahanagn ataupun di laboratierium. Tekanan tanah lateral pada keadan batas daya layan di hitung berdasarkan nilai nominal dari  $\gamma$  s,c dan  $\phi$ . tekanan tanah lateral pada keadaan batas kekuatan di hitung dengan nilai nominal dari  $\gamma$  s, dan nilai rencana dari c serta  $\phi$ . nilai-nilai rencana dari c serta  $\phi$  diperoleh dari nominal dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan kemudian tekanan tanah lateral yang diperoleh masih berupa nilai nominal yang selanjutnya harus di kalikan dengan faktor beban yang sesuai. beban akibat tekanan tanah (TA) dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Faktor beban akibat tekanan tanah (TA)

Tipe Bahan	Faktor Beban ( $\gamma_{TA}$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{TA}^s$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{TA}^u$ )	
	Tekanan tanah			
	Tekanan tanah vertikal	1,00	Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah lateral		1,25	0,80
	Aktif	1,00		
	- Pasif	1,00	1,25	0,80
	- Diam	1,00	1,40	0,70
	- Diam	1,00	(1)	

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

(Sumber : SNI-1725-2016)

4. Gaya rem (TB)

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

5. Beban angin (EW)

a. Tekanan horizontal

Tekanan angin yang di asumsikan yang disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VB) sebesar 90 km/jam hingga 126 km/jam. Beban angin harus diasumsikan terdistribusikan secara merata pada permukaan terekspos oleh angin. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih dari 10000 mm diatas



permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana  $V_{Dz}$  dapat dihitung dengan persamaan 2.8 berikut:

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0}\right) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.8)}$$

Dengan:

- $V_{DZ}$  = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana,  $Z$  (km/jam)
- $V_{10}$  = Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air rencana (km/jam)
- $V_B$  = Kecepatan angin rencana yaitu 90 km/jam hingga 126 km/jam
- $Z$  = Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ( $Z > 10000$  mm)
- $V_0$  = Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi
- $Z_0$  = Panjang gesekan di hulu jembatan
- $V_{10}$  = Dapat diasumsikan  $V_{10} = V_B$

Untuk nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  dapat dilihat pada tabel 2.8 Nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu berikut :

Tabel 2.8 Nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu.

Kondisi	Lahan terbuka	Sub urban	Kota
$V_0$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$V_0$ (mm)	70	1000	2500

(Sumber, SNI-1725-2016)

b. Gaya angin pada kendaraan (Ewl)

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan.

6. Pengaruh temperatur (EUn)

Besarnya rentang simpangan akibat beban temperature ( $\Delta T$ ) harus didasarkan pada 21 temperature maksimum dan minimum. Faktor beban akibat pengaruh temperature dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9 Faktor beban akibat pengaruh temperature

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

Catatan (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum biasa dikurangi 5°c untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.

(Sumber, SNI-1725-2016)

7. Pengaruh susut dan rangkak (SH)

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

Tabel 2.10 Faktor beban akibat pengaruh susut dan rangkai

Tipe Beban	Faktor Beban ( $\gamma_{SH}$ )	
	Keadaan batas layan ( $\gamma_{SH}^s$ )	Keadaan batas ultimit ( $\gamma_{SH}^u$ )
Tetap	1,00	1,00

(Sumber : SNI-1725-2016)

8. Pengaruh prategang (PR)

Prategang akan menyebabkan pengaruh sekunder pada komponen-komponen yang terkekang pada bangunan statis tak tentu. Pengaruh sekunder tersebut harus diperhitungkan baik pada batas layan ataupun batas ultimit. Prategang harus diperhitungkan sebelum (selama pelaksanaan) dan sesudah kehilangan tegangan dalam kombinasi dengan beban-beban lainnya. Pengaruh utama prategang adalah sebagai berikut. Pada keadaan batas layan, gaya prategang dapat dianggap bekerja sebagai suatu sistem beban pada unsur. Nilai rencana dari beban prategang tersebut harus dihitung menggunakan faktor beban daya layan sebesar 1.0. Berikut faktor beban akibat pengaruh prategang dapat dilihat pada tabel 2.11 berikut :

Tabel 2.11 Faktor beban akibat pengaruh prategang

Tipe Beban	Faktor Beban ( $\gamma_{PR}$ )	
	Keadaan batas layan ( $\gamma_{PR}^s$ )	Keadaan batas ultimit ( $\gamma_{PR}^u$ )
Tetap	1,00	1,00

(Sumber, SNI-1725-2016)

9. Pengaruh gempa

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

dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons ( $R_d$ ) dengan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.9)}$$

Dengan:

$E_Q$  = Adalah gaya gempa horizontal statis (kN)

$C_{sm}$  = Adalah koefisien respons gempa elastis

$R_d$  = Adalah modifikasi respons

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

Koefisien respons elastis  $C_{sm}$  diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan sesuai dengan daerah genapa dan periode ulang rencana. Koefisien percepatan yang diperoleh berdasarkan peta gempa dikalikan dengan suatu faktor amplifikasi sesuai dengan keadaan tanah sampai kedalaman 30 m di bawah struktur jembatan (SNI 1725-2016 pasal 9.7).

### 2.2.9 Faktor dan kombinasi pembebanan

Kombinasi pada keadaan batas daya layan primer terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dengan satu aksi transien. Pada keadaan batas daya layan, lebih dari satu aksi transien bias terjadi secara bersamaan. Faktor beban yang sudah dikurangi diterapkan dalam hal ini untuk mengurangi kemungkinan dari peristiwa ini, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.12.



Tabel 2.12 Kombinasi beban dan faktor beban

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW <sub>s</sub>	EW <sub>L</sub>	BF	EU <sub>n</sub>	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	$\gamma_P$	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat II	$\gamma_P$	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat III	$\gamma_P$	-	1,00	1,4	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat IV	$\gamma_P$	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	$\gamma_P$	-	1,00	0,4	1,00	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Ekstrem I	$\gamma_P$	$\gamma_{EQ}$	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	$\gamma_P$	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	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
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	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan: -  $\gamma_P$  dapat berupa,  $\gamma_{MS}$ ,  $\gamma_{MA}$ ,  $\gamma_{TA}$ ,  $\gamma_{PR}$ ,  $\gamma_{PL}$ ,  $\gamma_{SH}$ , tergantung beban yang ditinjau

-  $\gamma_{EQ}$  adalah faktor beban hidup kondisi gempa

(Sumber : SNI-1725-2016)

### 2.2.10 Beton prategang

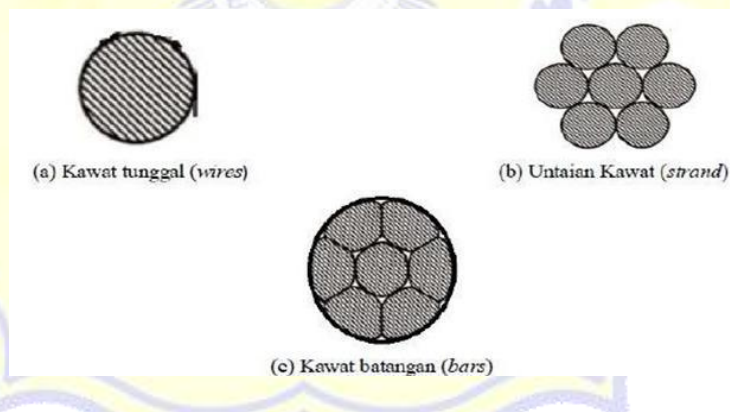
Beton prategang adalah material yang sering digunakan dalam konstruksi. Beton prategang pada dasarnya adalah beton dimana tegangan-tegangan internal dengan besar serta distribusi yang sesuai diberikan sedemikian rupa sehingga tegangan yang diberikan oleh beban-beban luar dilawan sampai suatu titik yang diinginkan. Prategang meliputi tambahan gaya tekan pada struktur untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan gaya tarik internal dalam hal ini retak pada beton dapat dihilangkan. Pada beton bertulang, prategang pada umumnya diberikan dengan menarik baja tulangan. Gaya tekan disebabkan oleh reaksi baja tulangan yang ditarik, mengakibatkan berkurangnya retak, elemen beton prategang akan lebih kokoh dari elemen beton bertulang biasa.

### 2.2.11 Baja prategang

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. 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 tendon untuk beton prategang dalam prateknya ada tiga macam, yaitu:

- a. Kawat tunggal (*wires*), 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 (*bars*), biasanya digunakan untuk baja pra-tegang pada beton pra- tegang dengan sistem pra-tarik (*pra-tension*).

Berikut jenis-jenis baja yang digunakan untuk beton prategang dapt dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Jenis-jenis Baja yang Dipakai Untuk Beton Prategang  
(Sumber : *Prestressed concrete design*, 2007)

Dengan :

- a. Kawat tunggal (*wires*)
- b. Untaian kawat (*strand*)
- c. Kawat batangan (*bars*)

### 2.2.12 Prinsip dasar prategang

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

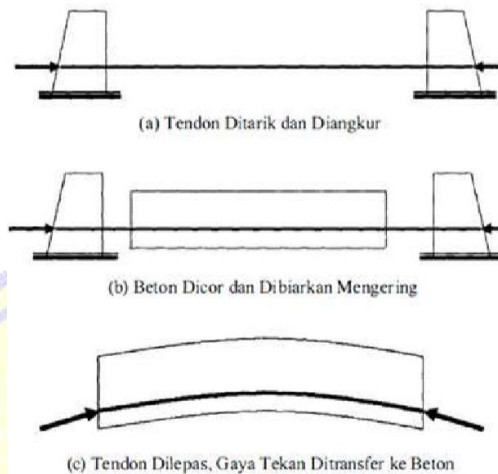
### 2.2.13 Sistem prategang

Suatu struktur dapat diberi gaya prategang dengan menggunakan baja mutu tinggi (*high strength steel*), yang tersedia dalam bentuk *wire*, *strand*, dan *bar* (Menn, 1989). Untuk memberikan tekanan pada beton prategang dilakukan sebelum atau setelah beton dicetak/dicor. Kedua kondisi tersebut membedakan sistem prategang, yaitu *Pre-Tension* (pratarik) dan *Post-Tension* (pascatarik).

#### 1. *Pre-Tension* (pratarik)

Pada cara ini, tendon pertama-tama ditarik dan diangkur pada abutmen tetap. Beton dicor pada cetakan yang sudah disediakan dengan melingkupi tendon yang sudah ditarik tersebut. Jika kekuatan beton sudah mencapai yang disyaratkan maka tendon dipotong atau angkurnya dilepas. Pada saat baja yang ditarik berusaha untuk berkontraksi, beton akan tertekan. Pada cara ini tidak digunakan

selongsong tendon. Proses pembuatan beton prategang pratarik dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini:



Gambar 2.8 Proses pembuatan beton prategang pratarik  
(Sumber: Budiadi, 2008)

## 2. *Post-Tension* (pascatarik)

Dengan cetakan yang sudah disediakan, beton dicor di sekeliling selongsong (*ducts*). Posisi selongsong diatur sesuai dengan bidang momen dari struktur. Biasanya baja tendon tetap berada di dalam selongsong selama pengecoran. Jika beton sudah mencapai kekuatan tertentu, tendon ditarik. Tendon bisa ditarik di satu sisi dan di sisi yang lain diangkur. Atau tendon ditarik di dua sisi dan diangkur secara bersamaan. Beton menjadi tertekan setelah pengangkuran. Proses pembuatan beton prategang pratarik dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Proses pembuatan beton prategang pratarik  
(Sumber : Budiadi, 2008)

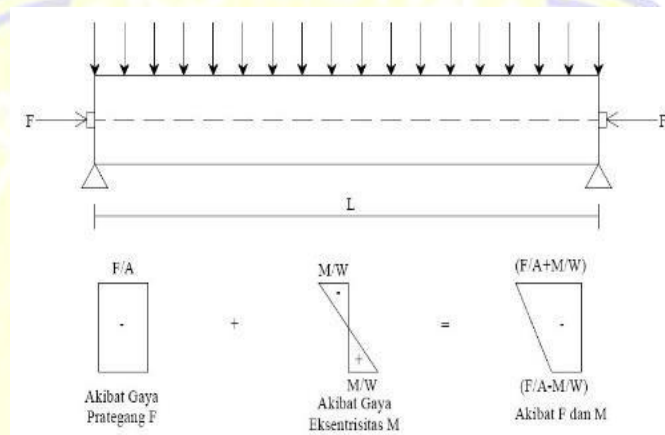


### 2.2.14 Analilis prategang

Tegangan yang disebabkan oleh prategang umumnya merupakan tegangan kombinasi yang disebabkan oleh aksi beban langsung dan lenturan yang dihasilkan oleh beban yang ditempatkan secara eksentris maupun konsentris (Raju, 1986).

#### 1. *Tendon* Konsentris

Balok beton prategang dengan satu tendon konsentris yang ditunjukkan dalam gambar dibawah ini. Dibawah ini bentuk distribusi tegangan tendon konsentris dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut :



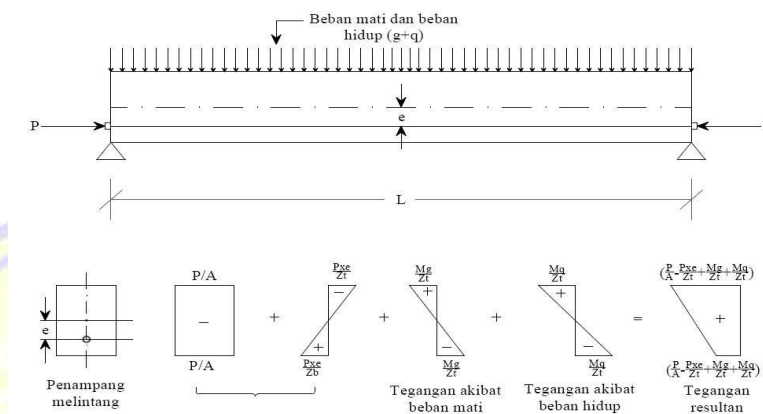
Gambar 2.10 Distribusi tegangan tendon konsentris  
(Sumber :Budiadi, 2008)

Gambar di atas menunjukkan sebuah beton prategang tanpa eksentrisitas, tendon berada pada garis berat beton (*central gravity of concrete, c.g.c*). Prategang seragam pada beton =  $F/A$  yang berupa tekan pada seluruh tinggi balok. Pada umumnya beban-beban yang dipakai dan beban mati balok menimbulkan tegangan tarik terhadap bidang bagian bawah dan ini diimbangi lebih efektif dengan memakai tendon.

#### 2. *Tendon* Eksentris

Sebuah balok yang mengalami suatu gaya prategang eksentris sebesar  $P$  yang ditempatkan dengan eksentrisitas ( $e$ ). Eksentrisitas akan menambah kemampuan untuk menerima atau memikul tegangan tarik

yang lebih besar lagi pada serat bawah. Prategang juga menyebabkan perimbangan gaya-gaya dalam komponen beton prategang. Konsep ini terutama terjadi pada beton prategang post-tension. Distribusi tegangan balok prategang dengan tendon eksentris beban mati dan beban hidup bisa dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Distribusi tegangan balok prategang dengan tendon eksentris beban mati dan beban hidup  
(Sumber: Budiadi, 2008)

Balok beton yang diperlihatkan pada Gambar 2.12 memikul beban hidup dan mati yang terbagi rata dengan  $q$  dan  $g$ . Balok diprategangkan dengan suatu tendon lurus yang membawa suatu gaya prategang ( $P$ ) dengan eksentrisitas ( $e$ ). Tegangan resultan pada suatu penampang beton diperoleh dengan superposisi pengaruh prategang dan tegangan-tegangan lentur yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. Jika  $Mq$  dan  $Mg$  merupakan momen akibat beban hidup dan beban mati pada penampang di tengah bentang.

#### 2.2.14.1 Tegangan izin

Untuk perhitungan tegangan izin beton dan baja dapat dilihat pada persamaan 2.10 sampai dengan 2.15 berikut:

##### 1. Beton

Tegangan izin beton pada saat transfer gaya prategang :

- Tegangan tekan :  $f_{ci} = 0,6 f_c$  .....Persamaan (2.10)

- Tegangan tarik :  $f_{ci} = 0,25 \sqrt{f'_c}$  .....Persamaan (2.11)

Tegangan izin beton pada saat layan:

- Tegangan tekan :  $f_c = 0,45 f'_c$  .....Persamaan (2.12)

- Tegangan tarik :  $f_t = 0,5 \sqrt{f'_c}$  .....Persamaan (2.13)

2. Baja prategang

Tegangan tarik izin kabel pada saat *jacking* =  $0,94 f_{py}$  Persamaan (2.14)

Tegangan tarik izin kabel setelah pengangkuran =  $0,7 f_{pu}$  Persamaan (2.15)

2.2.14.2 Perhitungan tegangan

Untuk rumus perhitungan tegangan pada beton prategang dapat dilihat pada persamaan 2.16 sampai dengan persamaan 2.19 berikut :

1. Pada saat transfer

$$f_a = -\frac{Pt}{AC} + \left(\frac{Pt \times e_s}{W_a}\right) - \frac{M_D}{W_a} \leq f_{ti} \text{ .....Persamaan (2.16)}$$

$$f_b = -\frac{Pt}{AC} + \left(\frac{Pt \times e_s}{W_b}\right) - \frac{M_D}{W_b} \leq f_{ti} \text{ .....Persamaan (2.17)}$$

2. Pada saat layan

$$f_a = -\frac{P_{eff}}{AC} + \left(\frac{P_{eff} \times e_s}{W_a}\right) - \frac{M_D}{W_a} \leq f_c \text{ .....Persamaan (2.18)}$$

$$f_b = -\frac{P_{eff}}{AC} + \left(\frac{P_{eff} \times e_s}{W_b}\right) - \frac{M_D}{W_b} \leq f_t \text{ .....Persamaan (2.19)}$$

Dengan:

$p_t$  : Pretegang awal

$P_{eff}$  : Prategang efektif sesudah kehilangan

$A_C$  : Luas penampang

$e_s$  : Eksentritas

$W_a$  : Tahanan momen sisi atas

$W_b$  : Tahanan momen sisi atas

- $M_D$  : Momen akibat berat sendiri
- $M_T$  : Momen total akibat beban gravitasi

### 2.2.14.3 Kehilangan prategang

Suatu kenyataan yang jelas bahwa gaya prategang awal yang diberikan ke elemen beton mengalami proses reduksi yang progresif selama kurang lebih 5 tahun. Dengan demikian, tahapan gaya prategang perlu ditentukan pada setiap tahap pembebanan, dari tahap transfer gaya prategang ke beton, sampai ke bagian tahap prategang yang terjadi pada kondisi beban kerja, hingga mencapai ultimit.

#### 1. Perpendekatan elastis beton (ES)

Kehilangan tegangan akibat pemendekan elastis beton dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.20 berikut:

$$\Delta f_{pES} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\Delta f_{pES})_j \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.20)}$$

Dengan :

- $n$  : Jumlah tendon atau jumlah pasangan tendon yang ditarik secara sekuensial.
- $J$  : Menunjukkan nomor operasi pendongkrakan

#### 2. Slip Angkur (A)

Kehilangan prategang yang terjadi akibat slip angkur dapat ditentukan dengan pendekatan rumus seperti pada persamaan 2.21 berikut:

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta_A}{L} E_{ps} \dots\dots\dots \text{Persamaan(2.21)}$$

Dengan :

- $\Delta f_{pA}$  : Kehilangan prategang akibat slip
- $\Delta_A$  : Deformasi pengukuran
- $E_{ps}$  : Modulus elastika kabel
- $L$  : Panjang tendon



### 3. Rangkak beton (CR)

Perkiraan kehilangan prategang akibat rangkakan beton dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.22 berikut :

$$\Delta f_{pCR} = nK_{CR} (f_{CS} - f_{CSd}) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-22)}$$

Dengan :

$K_{CR}$  : 2,0 untuk komponen struktur pratarik; 1,6 untuk komponen struktur pascatarik

$f_{CS}$  : 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 yang bekerja setelah prategang diberikan

$n$  : Rasio modulus

### 4. Susut beton (SH)

Berikut adalah kehilangan tegangan akibat susut dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.23 berikut :

$$\Delta f_{pSH} = \epsilon_{SH,t} \times E_{ps} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.23)}$$

Dengan :

$$\epsilon_{SH,t} = \frac{t}{35+t} \times \epsilon_{SH,u} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.24)}$$

$\epsilon_{SH,u}$  : Adalah regangan susut ultimit ( $820 \cdot 10^{-6}$  mm/mm)

### 5. Relaksasi baja (R)

Perkiraan kehilangan prategang akibat relaksasi baja dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.25 berikut :

$$\Delta f_{PR} = f'_{pi} \times \left( \frac{\log t}{10} \right) \times \left( \frac{f'_{pi}}{f_{py}} - 0,55 \right) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.25)}$$

### 6. Friksi (F)

Kehilangan tegangan akibat friksi antara tendon dan selongsong beton sekitarnya dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.26 berikut :

$$\Delta f_{pF} = f_{pi} \times (\mu a + KL) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.26)}$$

Dengan :

$\Delta f_{pF}$  : Kehilangan tahanan akibat gesekan kabel

$f_{pi}$  : Tegangan awal tendon

$\mu$  : Koefisien kelengkungan

$a$  : Perubahan sudut total dari profil layout kabel dalam radian dari titik jacking

$K$  : Koefisien *wobble*

$L$  : Panjang baja prategang diukur dari titik *jacking*

#### 7. Prategang total

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pA} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pPR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} \quad (2-27)$$

Dengan :

$\Delta f_{pT}$  : Kehilangan prategang total

$\Delta f_{pA}$  : Kehilangan prategang akibat slip angkur

$\Delta f_{pF}$  : Kehilangan prategang akibat friksi/gesekan

$\Delta f_{pES}$  : Kehilangan prategang akibat pendekatan elastis beton

$\Delta f_{pPR}$  : Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon

$\Delta f_{pCR}$  : Kehilangan prategang akibat rangkai pada beton

$\Delta f_{pSH}$  : Kehilangan prategang akibat susut pada beton

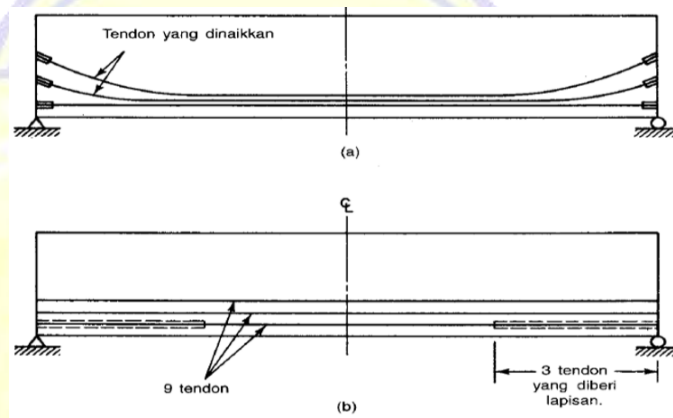
#### 2.2.14.4 Balok ujung (*end block*)

Daerah *end block* (zona angkur) merupakan bagian komponen struktur prategang pascatarik dengan gaya prategang di salurkan ke beton di sebar secara merata ke seluruh bagian penampang (Nawi, 2021).

Tegangan-tegangan transfersal yang timbul di daerah angkur bersifat tarik, apabila tegangan tersebut melebihi modulus raptur beton, maka balok ujung akan terbelah (retak) secara longitudinal, kecuali apabila tulangan pertikal di gunakan. Lokasi tegangan beton dan retaknya serta retak *sepalling* dan *bursting* bergantung pada lokasi dan

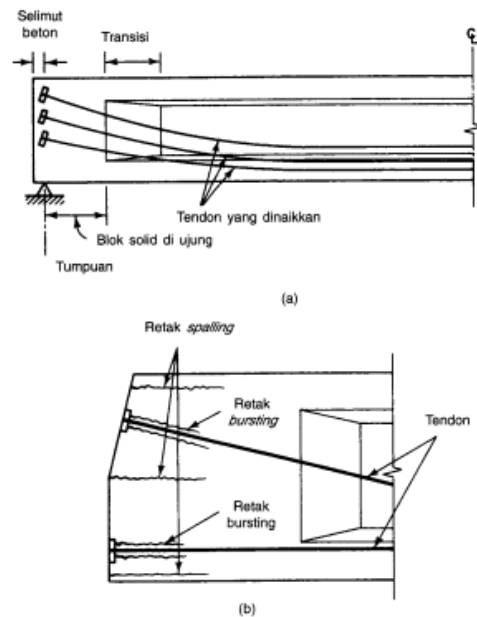
distribusi gaya terpusat horizontal yang diberikan oleh tendon prategang ke pelat tumpu ujung.

Pada balok pasca tarik, transfer distribusi beban secara gradual tidak mungkin terjadi karena gayanya bekerja secara langsung dimuka ujung balok melalu pelat tumpu dan angker. Juga sebagaian atau seluruh tendon di balok pasca tarik di tinggikan atau dibentuk draped kea rah searat atas melalui bagian badan dari penampang beton. Reduksi gaya prategang di dekat tumpuan dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut :



Gambar 2.12 Reduksi gaya prategang di dekat tumpuan, (a) Menaikkan Sebagian tendon, (b) pemberian lapisan pada bagian tendon (Sumber : Nawy,2001)

Kadang-kadang luas penampang perlu di perbesar secara graduan di lokasi yang semakin mendekati tumpuan dengan cara membuat lebar badan di tumpuan yang sama dengan lebar sayap untuk mengakomodasi tendon yang tinggikan namun, peningkatakn luas penampang tersebut tidak kontribusi dalam pencegahan retak sepalling dan bursting, dan tidak mempunyai pengaruh terhadap pengurangan tarik transversal tendon. Zona angkur ujung tendon terlekat dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut ini:



Gambar 2.13 Zona angkur ujung tendon terlekat, (a) Transisi ke daerah solid di tumpuan, (b) zona ujung dan retak spalling (Sumber : Nawy,2001)

#### 2.2.14.5 Pekerjaan *prestressing*

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

##### 1. Material pekerjaan *prestressing*

###### a. *Strand*

Beberapa *steel wire* yang disatukan secara spiral menjadi satuan kabel

###### b. *Duct*

Pembungkus *strand* dengan bahan dasar *galvanized zinc* yang dibentuk berupa pipa berulir. Duct pembungkus beton dapat dilihat pada Gambar 2.14 berikut :

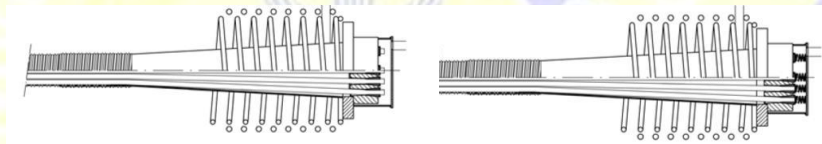




Gambar 2.14 *Duct* pembungkus beton  
(Sumber : <https://www.slideshare.net/tendon-dan-angkur>, 2015)

c. Angkur-angkur

Terdiri dari dua macam yaitu angkur hidup dan angkur mati, berikut adalah bentuk angkur hidup dan angkur mati dapat dilihat pada gambar 2.15



a) Angkur hidup (angkur tipe SA)    b) Angkur mati (angkur tipe FA)

Gambar 2.15 angkur pada girder

(Sumber: BBR CONA CMI, 2016)

d. *Non shrink additive* untuk *grouting*

*Mixing* beton yang digunakan untuk mengisi selongsong/ *duct* setelah *stressing* dengan campuran semen, air dan *additive*.

2. Peralatan pekerjaan *prestressing*

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

### 2.2.15 Kriteria perencanaan bangunan bawah jembatan

Perencanaan bangunan bawah (abutment) dari jembatan jalan raya, tinjauan yang dilakukan terhadap beberapa cara antara lain (suryolelono,1994):

1. Tekanan tanah

a. Tekanan tanah aktif

$$P_a = \gamma_s \cdot h_t \cdot K_a \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.28)}$$

b. Tekanan tanah pasif

$$P_p = 0, \gamma_s \cdot h_t \cdot K_a \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.29)}$$

Dengan :

$\gamma_s$  : Berat isi tanah ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$H_t$  : Tinggi tekanan tanah yang ditinjau (m)

$K_a$  : Koefisien tanah aktif =  $\text{Tan}^2 (45^\circ - \phi/2)$

$K_p$  : Koefisien tanah pasif =  $\text{Tan}^2 (45^\circ + \phi/2)$

2. Guling dan Geser

Struktur *abutment* harus dikontrol terhadap guling dan geser yang harus memenuhi faktor keamanan (SF) dengan persamaan 2.30 dan persamaan 2.31 sebagai berikut:

a. Keamanan terhadap guling

$$\text{SF} = \frac{\sum M_p}{\sum M_h} \geq 2 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.30)}$$

b. Keamanan terhadap geser

$$\text{SF} = \frac{\sum (C \cdot b + L \cdot P \cdot \tan \phi)}{\sum T} \geq 1,5 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.31)}$$

Dengan :

$M_p$  : Momen penahan guling (k.N.m)

$M_h$  : Momen penyebab guling (k.N.m)

P : Beban vertical (kN)

T : Beban horizontal (kN)

L : Lebar pondasi/pile cap abutment (m)

$\phi$  : Sudut geser dalam

C : Kohesi tanah ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

### 3. Penulangan *Abutment*

Penulangan *abutment* terdiri dari beberapa bagian antara lain:

- a. Penulangan balok sandung
- b. Penulangan plat injak
- c. Penulangan konsol
- d. Penulangan tubuh *abutment*
- e. Penulangan dasar *abutment*

Adapun batas-batas yang digunakan untuk penulangan *abutment* menggunakan rumus yang sama seperti pada persamaan 2.32 sampai dengan persamaan 2.48 di bawah ini:

$$\rho_{bln} = \left( \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \right) \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.32)}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{bln} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.33)}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y \times \frac{1.4}{f_y}} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.34)}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.35)}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.36)}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.37)}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y} \right)} \right\} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.38)}$$

Luas tulangan :

$$As = \rho_{min} \cdot b \cdot d \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.39)}$$

Tulangan bagi :

$$As \text{ bagi} = 20\% \cdot As \text{ pokok} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.40)}$$

Kontrol tulangan geser :

$$V_c = \left( \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \right) \cdot b \cdot d \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.41)}$$

$$\phi \cdot V_c < V_u < 3 \cdot \phi \cdot V_c \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.42)}$$

$$V_{S_{perlu}} = \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.43)}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.44)}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.45)}$$

Jarak sengkang maksimum tulangan geser :

$$S_{max} = \frac{d}{2} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.46)}$$

$$V_{S_{ada}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.47)}$$

$$V_{S_{ada}} > V_{S_{perlu}} \quad (\text{aman}) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.48)}$$

### 2.2.16 Kriteria perencanaan pondasi

Pemilihan jenis pondasi tergantung pada beban yang harus didukung, kondisi tanah pondasi, dan biaya pembuatan pondasi dibandingkan terhadap biaya struktur atasnya. Dalam menentukan kapasitas dukung ijin pondasi dapat dilakukan berdasarkan karakteristik kuat geser tanah yang diperoleh dari uji tanah dilabolatirium dan uji lapangan, seperti uji SPT dan uji kerucut statis (sondir), dan lainlain (Hardiyanto, 2010). Berdasarkan letak kedalaman tanah kuat yang digunakan sebagai pendukung pondasi, digolongkan menjadi 3 jenis yaitu pondasi dangkal, sedang dan dalam.

#### 1. Pondasi Dangkal

Kedalaman tanah kuat untuk pondasi dangkal diperkirakan sampai mencapai 3 meter dibawah permukaan tanah, salah satunya pondasi telapak (*foot plate*) yang dibuat dari beton bertulang.

#### 2. Pondasi Sedang

Kedalaman tanah kuat untuk pondasi sedang diperkirakan mencapai  $\pm 6$  meter dari permukaan tanah. Pondasi yang cocok untuk kedalaman ini adalah pondasi sumuran. Pondasi sumuran ini dibuat dari pipa beton biasa atau pipa beton bertulang dengan tebal dinding berkisar 12 cm sampai 30 cm yang dimasukan kedalam tanah, kemudian diisi dengan campuran adukan beton. Ukuran pipa bagian dalam kisaran antara 65 cm sampai 150 cm, dan tergantung dari hasil perhitungan.



### 3. Pondasi Dalam

Kedalaman kuat untuk pondasi dalam minimal mencapai  $\pm 6$  meter dibawah permukaan. Pondasi yang cocok untuk kedalaman ini adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang dibuat dari bahan kayu, besi profil, pipa baja maupun beton bertulang, yang dapat dipancang sampai kedalaman  $\pm 60$  meter dibawah permukaan tanah bahkan lebih.



## BA B III

### METODOLOGI PERENCANAAN

#### 3.1 Lokasi Jembatan

Perencanaan ulang Jembatan Dedalpak ini merupakan jembatan yang berada di Dusun Dedalpak kabupaten Lombok Timur, Kecamatan Provinsi Nusa Tenggara Barat. Berikut adalah sketsa peta lokasi jembatan dapat dilihat pada gambar 3.1 Peta lokasi jembatan dedalpak.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Jembatan Dedalpak  
(Sumber : Desain Penelitian, Aautocad, 2022)

### 3.2 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal untuk menentukan hal-hal penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Perumusan dan identifikasi masalah
2. Menentukan kebutuhan data dan sumber data
3. Perencanaan jadwal desain perencanaan

Tahap persiapan harus dilakukan secara cermat untuk menghindari pekerjaan yang berulang, sehingga tahap pengumpulan data menjadi optimal.

### 3.3 Tinjauan Pustaka dan Studi Literatur

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

### 3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan yang sangat penting dilakukan sebelum memulai perencanaan suatu konstruksi. Dalam perencanaan jembatan ini data diperoleh dari konsultan perencana yaitu dinas PUPR Lombok Timur Reksatama. Adapun data-data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

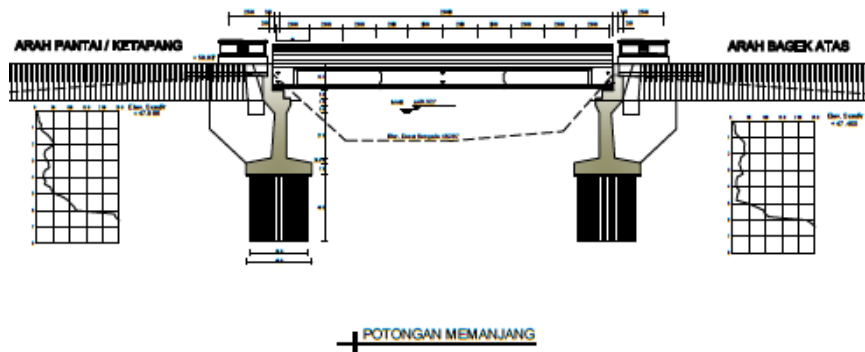
1. Data dimensi jembatan
2. Jenis material jembatan
3. Data Tanah

Data Eksisting Jembatan :

- |                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| 1. Nama Jembatan          | : Jembatan Dedalpak |
| 2. Bentang Total Jembatan | : 20,6 m            |
| 3. Lebar Jembatan         | : 7 m               |
| 4. Lebar Jalur            | : 2 x 3 m           |

- 5. Lebar Trotoar : 2 x 0.5 m
- 6. Tipe Struktur : Precast I girder

Gambar *existing* tampak samping jembatan dedalpak dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 *Existing* tampak samping jembatan dedalpak  
(Sumber : CV.REPLICA,2021)

### 3.5 Analisis Data

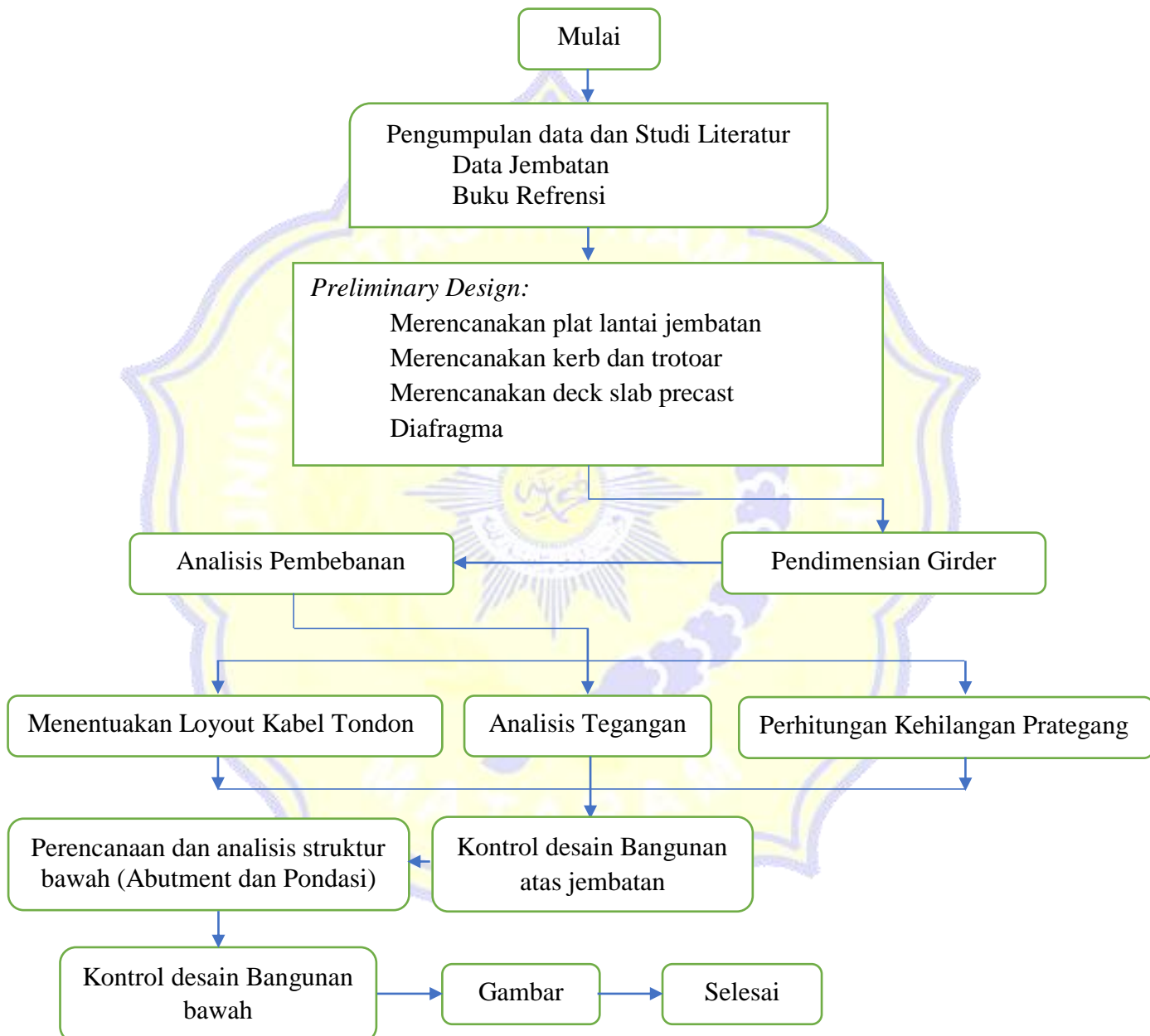
Analisis data dilakukan setelah data-data yang dibutuhkan terkumpul, selanjutnya diidentifikasi, sehingga diperoleh pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Dalam penelitian ini terfokus pada bagaimana pendimensian *PC-U Girder* pada Jembatan Dedalpak dengan panjang bentang 21 meter. Adapun analisis yang akan dilakukan adalah:

1. Merencanakan bagian atas Jembatan yang dari :
  - a. Perencanaan Tiang Sandaran pada Jembatan
  - b. Perencanaan Trotoar pada Jembatan
  - c. Perencanaan kerb pada Jembatan
  - d. Perencanaan Plat Lantai Jembatan
  - e. Perencanaan *PC U-Girder* Jembatan
2. Merencanakan bagian bawah Jembatan
  - a. Perencanaan Abutment Jembatan
  - b. Perencanaan Pondasi



### 3.6 Bagan Alir Perencanaan

Adapun untuk perencanaan jembatan ini dapat diuraikan dengan bagan alir. Untuk bagan alir perencanaan dapat dilihat pada gambar 3.3 Bagan alir perencanaan berikut:



Gambar 3.3 Bagan Alir perencanaan Jembatan  
(Sumber : Desain Penelitian, 2022)