

**ARTIKEL ILMIAH**

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN DODOKAN PADA RUAS  
JALAN GERUNG-LEMBAR MENGGUNAKAN ALTERNATIF  
JEMBATAN KOMPOSIT BOX GIRDER BAJA-BETON**

*Redesign the Structure of Dodokan Bridge on Gerung-Lembar Road Using  
Alternative Composite Steel-Concrete Box Girder*

Artikel Ilmiah  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh

**YOULIA ARISTIEN HARDI**

**F1A019194**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MATARAM**

**2023**

**ARTIKEL ILMIAH**

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN DODOKAN PADA RUAS  
JALAN GERUNG-LEMBAR MENGGUNAKAN ALTERNATIF  
JEMBATAN KOMPOSIT BOX GIRDER BAJA-BETON**

*Redesign the Structure of Dodokan Bridge on Gerung-Lembar Road Using  
Alternative Composite Steel-Concrete Box Girder*

Oleh:

**Youlia Aristien Hardi**

**F1A019194**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing :

1. Pembimbing Utama



**I Nyoman Merdana, ST., MT.**  
NIP. 19680913 199703 1 001

Tanggal : 20 Juli 2023

2. Pembimbing Pendamping



**Dr. Ngudiyono, ST., MT.**  
NIP. 19740505 199903 1 003

Tanggal : 20 Juli 2023

Mataram, Juli 2023  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



**Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng), Dr.(Eng).**  
NIP. 19731027 199802 1 001

# PERENCANAAN ULANG JEMBATAN DODOKAN PADA RUAS JALAN GERUNG-LEMBAR MENGGUNAKAN ALTERNATIF JEMBATAN KOMPOSIT BOX GIRDER BAJA-BETON

*Redesign the Structure of Dodokan Bridge on Gerung-Lembar Road Using Alternative Composite Steel-Concrete Box Girder*

Youlia Aristien Hardi<sup>1</sup>, I Nyoman Merdana<sup>2</sup>, Ngudiyono<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

## ABSTRAK

Jembatan Dodokan terletak pada Sungai Dodokan, Desa Jembatan Kembar, Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat. Jembatan ini memiliki bentang 70 meter yang dibagi menjadi dua yaitu 45 meter dan 25 meter dengan konstruksi balok utama menggunakan *PC-I girder* dengan sistem balok sederhana serta dilengkapi 1 buah pilar. Dalam tugas akhir ini dilakukan perencanaan ulang Jembatan Dodokan dengan menggunakan *box girder* baja komposit yang memiliki sifat kuat terhadap torsi pada bentang menengah hingga panjang sehingga direncanakan bentang jembatan menjadi 70 m tanpa bangunan pilar.

Metode perencanaan jembatan ini dimulai dengan tahap persiapan berupa studi literatur dan pengumpulan data jembatan eksisting. Dilanjutkan dengan penjelasan latar belakang pemilihan konstruksi gelagar utama, tujuan perencanaan, lingkup pembahasan dan dasar-dasar perencanaan untuk mendesain *box girder* baja komposit dengan berpedoman pada *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 2020 9<sup>th</sup> Edition* serta analisa pembebanan menggunakan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan Jembatan. Kemudian dilakukan kontrol terhadap lendutan yang terjadi dan dilanjutkan dengan desain bangunan bawah jembatan.

Hasil perencanaan didapatkan 2 buah *box girder* baja dengan tinggi penampang 3,0 m dengan lebar jembatan 10,5 m pada bentang 70 m. Beban yang diterima *box girder* baja berupa beban sendiri (MS) 79,752 kN/m, beban mati tambahan (MA) 20,55 kN/m, beban lajur "D" berupa BGT 496,125 kN dan BTR 48,214 kN/m, beban pejalan kaki (TP) 5 kN/m, beban rem (TB) 109,375 kN, beban angin (Ew) 1,502 kN/m, beban gempa (EQ) 25,706 kN/m. Akibat beban tersebut didapatkan besar lendutan sebesar 0,0807 mm sebelum komposit dan 0,146 mm setelah komposit. Akibat beban tersebut didesain lawan lendut sebesar 0,20 m. *Shear connector* tipe kepala stud digunakan Ø25 dengan jarak transversal 170 mm dan jarak longitudinal 200 mm. Segmental *box girder* berjumlah 7 buah dengan 6 titik sambung yaitu pada bentang 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m dengan diameter baut 24 mm. Tumpuan direncanakan dengan tipe Tetron CD GL Pot *Bearing* dengan ukuran GL.5000.400.40 dan Tetron CD FX Pot *Bearing* dengan ukuran FX.5000.500. Kepala jembatan atau abutment didesain dengan menggunakan kuat tekan beton ( $f'c$ ) sebesar 40 Mpa dengan tegangan leleh baja ( $f_y$ ) sebesar 400 Mpa dengan tinggi 6,5 m. Pondasi didesain menggunakan pondasi tiang pancang dengan dimensi sebesar 0,8 m pada kedalaman 16 m sejumlah 10 tiang.

*Kata kunci : box girder baja, komposit, pembebanan, Jembatan Dodokan.*

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Mataram

<sup>2</sup> Dosen Pembimbing Utama

<sup>3</sup> Dosen Pembimbing Pendamping

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Jembatan Dodokan merupakan jembatan yang terdapat pada sungai Dodokan yang terletak di Dusun Nyiur Lembang, Desa Jembatan Kembar, Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat yang menghubungkan ruas wilayah Gerung-Lembar terletak pada koordinat  $8^{\circ}41'27.14''5$  S  $116^{\circ}06'44.68''E$  dan merupakan ruas jalan nasional. Berdasarkan data kondisi eksisting jembatan Dodokan ini dikenal juga sebagai *Twin Bridge* yang dilengkapi oleh 2 jalur-4x3.5 lajur-2 arah terpisah dengan menggunakan *precast I girder* dengan sistem balok sederhana sebagai konstruksinya. Jembatan ini memiliki bentang 70 meter yang dibagi menjadi dua bentang yakni masing-masing memiliki panjang 45 meter dan 25 meter serta dilengkapi dengan 1 buah pilar.

Kabupaten Lombok Barat memiliki pelabuhan laut yang sangat strategis terdapat pada Kecamatan Lembar yang berfungsi sebagai pelabuhan barang maupun penumpang. Pelabuhan ini menghubungkan Pulau Lombok dengan Pulau Bali yang terpisah oleh lautan. Dengan adanya pelabuhan ini aktivitas lalu lintas yang ingin mengakses pelabuhan tersebut sangatlah padat. Terdapat berbagai macam kendaraan mulai dari kendaraan kecil hingga besar seperti truk container yang mengakses jalan menuju Pelabuhan Lembar tersebut.

Sifat beton yang lemah terhadap tarik memunculkan berbagai inovasi dalam perkembangan material untuk konstruksi jembatan. Salah satunya dengan penggunaan *box girder* berbahan komposit baja-beton. Material baja yang bersifat lebih mampu menahan gaya tarik dan lebih ekonomis daripada beton menjadikan bahan baja ini memiliki keunggulan lebih dari beton.

Menurut Chen dan Duan (2014) mengungkapkan alasan utama efisiensi dalam penggunaan *box girder* adalah kekuatan torsinya yang sangat dibutuhkan dalam konstruksi gelagar jembatan pada bentang menengah kepanjang hingga jembatan panjang melengkung. Terlebih pada ruas Gerung-Lembar ini memiliki aktivitas lalu lintas yang padat dengan berbagai macam kendaraan yang melintas membuat jembatan Dodokan ini harus memiliki konstruksi yang kuat serta kokoh yang mampu menahan beban dan gaya-gaya yang bekerja.

### Rumusan Masalah

1. Bagaimana merencanakan dimensi penampang *box girder* baja?
2. Bagaimana menganalisis pembebanan pada struktur jembatan *box girder* baja?
3. Bagaimana merencanakan *shear connector* pada jembatan komposit?
4. Bagaimana merencanakan sambungan *box girder* baja?
5. Bagaimana merencanakan tumpuan pada jembatan?
6. Bagaimana merencanakan struktur bawah bangunan jembatan?

### Batasan Masalah

1. Perencanaan struktur jembatan mencakup bangunan atas dan bawah.
2. Tidak melakukan analisa biaya dan manajemen konstruksi.
3. Hanya membahas metode pelaksanaan secara umum.
4. Tidak menghitung data hidrologi.
5. Tidak meninjau kestabilan profil sungai dan scouring (gerusan).
6. Tidak membandingkan hasil desain dengan analisa jembatan eksisting.
7. Tidak merencanakan jalan pendekat (oprit) dan lapisan perkerasan.
8. Lebar jembatan yang ditinjau selebar 10,5 m.
9. Bentang yang ditinjau sepanjang 70 m tanpa menggunakan pilar.
10. Pembebanan menggunakan acuan peraturan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan Jembatan.

### Tujuan Perencanaan

1. Mengetahui cara merencanakan dimensi penampang *box girder* baja.
2. Mengetahui cara menganalisis pembebanan pada struktur jembatan *box girder* baja.
3. Mengetahui cara merencanakan *shear connector* pada jembatan komposit.
4. Mengetahui cara merencanakan sambungan pada *box girder* baja?
5. Mengetahui cara merencanakan tumpuan pada jembatan?
6. Mengetahui cara merencanakan struktur bawah bangunan jembatan.

### Manfaat Perencanaan

1. Memberikan acuan untuk perancangan jembatan apabila akan dibangun jembatan jenis *box girder* baja.
2. Mampu mengembangkan ilmu struktur baja yang kemudian mengaplikasikannya pada struktur jembatan.
3. Menambah ilmu dan wawasan dalam mendesain struktur jembatan terkhusus jembatan dengan penggunaan balok utama berupa *box girder* baja.

## 2. DASAR TEORI

### Tinjauan Pustaka

Jembatan adalah struktur bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan lintasan yang terputus karena suatu rintangan seperti sungai, lembah, laut, jalan raya, ataupun perlintasan lainnya. Secara umum struktur jembatan terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu struktur atas dan struktur bawah jembatan. Bagian struktur atas terdiri dari balok utama (*girder*), diafragma, pelat kendaraan, dan trotoar (Suryanita 2016).

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan oleh Sumaidi (2018) yang telah melakukan perencanaan ulang Jembatan Gunung Sari Indah, Surabaya dengan bentang 100 m yang didesain ulang memakai struktur utama mengenakan *Steel Box Girder* yang semula memakai *Steel "I" Girder* jenis rangka. Peraturan yang digunakan dalam menganalisa struktur Proyek Jembatan *Steel Box Girder* Gunung Sari Indah, Surabaya mengenakan peraturan pembebanan yang terkini. Struktur jembatan dianalisa pada 1 rentang jembatan dengan bentang 50 m. Jembatan *Steel Box Girder* ini direncanakan menggunakan jenis komposit yaitu memakai perpaduan plat beton sebagai plat lantai kendaraan sehingga melakukan perhitungan terhadap *shear connector* yang terletak di antara gelagar *Steel Box Girder* dengan pelat beton agar pelat lantai terikat sempurna dengan *Steel Box Girder*. Hasil analisa struktur pada jembatan ini menghasilkan ukuran *steel box girder* dengan 2 gelagar uniform memakai *external bracing* tiap 10 m serta *internal bracing* tiap 5 m.

Menurut Liansa (2019) konstruksi jembatan komposit ialah suatu konstruksi jembatan yang materialnya terdiri dari baja sebagai bahan dari gelagar serta beton bertulang selaku bahan dari lantai jembatan. Konstruksi jembatan komposit ini direncanakan untuk jembatan jalur raya (*highway bridge*). Struktur jembatan direncanakan dengan menggunakan *box girder* baja pada ketinggian 9 meter diatas permukaan tanah. Jembatan mempunyai Panjang 40 m serta lebar 9 m, direncanakan jembatan tidak menerus dengan dibatasi pier

ditengah bentang jembatan. Perencanaan jembatan jalur raya ini mengacu pada AASHTO 2012, peraturan pembebanan memakai SNI 1725- 2016 serta peraturan tentang beban gempa memakai SNI 2833- 2016. Pada tugas akhir ini, penulis membandingkan kekuatan pembebanan pada jembatan geometri lurus serta jembatan geometri tikungan. Analisis struktur kedua model jembatan ini memakai program aplikasi khusus untuk menghitung jembatan. Dari hasil analisis diperoleh penulis merumuskan jika lendutan yang terjadi pada jembatan geometri lurus lebih besar dibandingkan dengan jembatan geometri tikungan hal ini dipengaruhi oleh jumlah pilar di kedua jembatan yang berbeda.

Suhasdiantina (2015), telah melakukan perencanaan ulang pada Jembatan Kali Jangkok yang memiliki bentang 20 m dan 40 m serta dengan satu pilar. Menurut penulis penggunaan pilar pada jembatan berpengaruh pada kenaikan kondisi muka air pada sungai Kali Jangkok. Dengan adanya pilar tersebut terjadi kenaikan elevasi muka air sungai dikarenakan luas penampang bersih sungai berkurang karena adanya pilar jembatan. Oleh karena itu penulis melakukan perencanaan ulang struktur bangunan atas jembatan Kali Jangkok dengan tidak menggunakan pilar pada tengah bentang menggunakan konstruksi komposit gelagar utama *box girder* baja.

### Landasan Teori

Jembatan *box girder* baja merupakan jembatan dengan struktur balok utama penopang berbentuk box berongga berbahan baja. Menurut Chen dan Duan (2014) pada buku *Bridge Engineering Handbook (Superstructure Design)* bahwa struktur gelagar baja dapat didesain hampir untuk semua bentang jembatan, tetapi sangat efisien digunakan pada konstruksi jalan raya bentang menengah dan panjang.

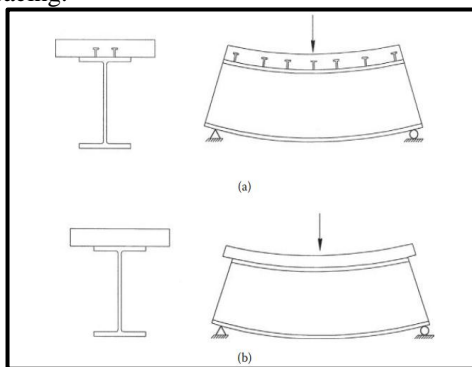


**Gambar 1** Contoh Jembatan Box Girder Baja

(Sumber : Handbook Superstructure Design 2014)

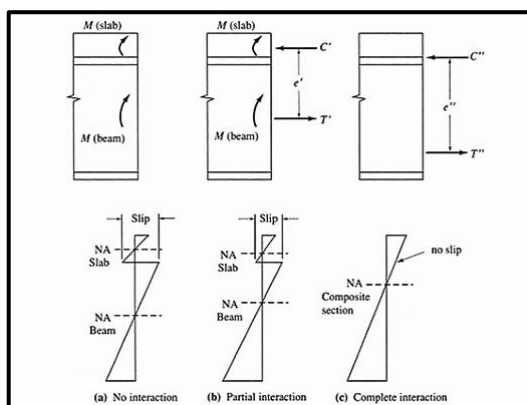
Keunggulan box girder baja menurut Chen dan Lian (2014) alasan utama efisiensi dalam penggunaan *box girder* adalah kekuatan torsinya. Box girder baja juga dapat mendistribusikan beban hidup yang lebih besar dan melibatkan gelagar-gelagar yang berdekatan. Menurut Shkurti (2005) yang telah melakukan sebuah studi analitis dan menunjukkan bahwa keunggulan *box girder* baja yang terdiri dari dua *box girder* memiliki kapasitas cadangan yang sangat tinggi bahkan ketika salah satu gelagar mengalami keretakan.

Gelagar box baja ini direncanakan untuk bertindak sebagai komposit dengan beton plat lantai kendaraan yang telah mengeras. Komponen yang tersusun dalam penampang *box girder* baja ini terdiri dari sayap bawah, dua web (badan), dua sayap atas, pengaku, diafragma, bracing.



**Gambar 2** (a) Penampang Struktur Komposit; (b) Penampang Struktur Non Komposit

(Sumber : Handbook Superstructure Design 2014)



**Gambar 2** Variasi Regangan Balok Komposit

(Sumber : Salmon, 1991)

### 1. Perencanaan Box Baja

Pada perencanaan jembatan ini dasar-dasar penentuan dimensi *box girder* baja menggunakan standar perencanaan dalam AASHTO 2020 9<sup>th</sup> Edition. Langkah-langkah perencanaannya sebagai berikut:

#### Penentuan proporsi *web*

##### a. Penentuan dimensi *box girder*

$$D = 0,033 L \quad (2.1)$$

$$D/t_w \leq 150 \quad (2.2)$$

$$b_f \geq \frac{D}{6} \quad (2.3)$$

$$b_f \geq \frac{L}{85} \quad (2.4)$$

$$t_f \geq 1.1 t_w \quad (2.5)$$

#### Syarat penampang

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 12 \quad (2.6)$$

Kemudian membandingkan nilai momen ultimit dan momen nominal dengan rumus berikut

$$M_u \leq \phi_f M_n \quad (2.7)$$

$$V_u \leq \phi V_n \quad (2.8)$$

### 2. Pembebanan

Berdasarkan SNI 1725-2016 faktor beban harus dipilih sedemikian rupa untuk menghasilkan kondisi ekstrem akibat beban yang bekerja. Kelompok beban dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:

#### a. Kelompok pembebanan dan simbol pembebanan

##### 1. Beban permanen

MS = Beban mati komponen structural dan non structural

MA = Beban mati perjerasan dan utilitas

TA = Gaya horizontal akibat tekanan tanah

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

PR = Prategang

##### 2. Beban Transien

SH = Gaya akibat susut/rangrak

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 temperature gradien
- EUn = Gaya akibat temperature seragam
- EF = Gaya apung
- EWs= Beban angin pada struktur
- EW<sub>L</sub>= Beban angin pada kendaraan
- EU = Beban arus dan hanyutan

### 3. Penghubung Geser/Shear Connector

Shear Connector berfungsi sebagai pengikat antara material karena gaya geser yang timbul akibat adanya gesekan horizontal antara beton pelat lantai dengan balok baja selama pembebanan harus mampu ditahan penampang komposit. Kekuatan geser tersebut harus di kontrol dengan luasan stud dikalikan dengan tegangan putus stud :

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{E_c \times f_c} < A_{sc} \times F_u \quad (2.9)$$

### 4. Sambungan Baut

Perencanaan sambungan baut yang memikul beban terfaktor Ru sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.10)$$

$\phi R_n$  adalah tahanan nominal baut yang telah dikalikan dengan faktor reduksi baut. Untuk menghitung tahanan baut dilakukan pada 2 kondisi, yaitu tahanan geser pada dan slip baut.

$$\phi R_n = \phi v \times 0,38 \times A_b \times F_{ub} \times N_s \quad (2.11)$$

$$\phi R_n = \phi s \times K_n \times N_s \times P_t \quad (2.12)$$

### 5. Bearing

*Bearing* merupakan salah satu komponen jembatan yang berupa bantalan penahan jembatan. *Bearing* ini berfungsi untuk menyalurkan reaksi balok girder tanpa memberi tekanan berlebih sehingga dapat mendukung fungsi jembatan. Selain itu *bearing* harus memiliki kapasitas untuk menahan kuat geser yang cukup untuk mengakomodasi terjadinya perpindahan dan untuk menahan terjadinya rotasi.

### 6. Abutment

Struktur abutment harus dikontrol terhadap guling dan geser dan harus memenuhi faktor keamanan (SF) sebagai berikut :

a) Terhadap guling

$$SF = \sum \frac{M_p}{M_n} \geq 2 \quad (2.13)$$

b) Terhadap geser

$$SF = \frac{\sum (C.b.L + P.tan\phi)}{\sum T} \geq 1,1 \quad (2.14)$$

### 7. Pondasi

Pondasi tiang pancang mengalihkan beban kepada tanah melalui mekanisme gesekan selimut atau skin friction ( $Q_s$ ) yang diperoleh sebagai akibat adhesi atau perlawanan gesekan di tanah sekitarnya serta tahanan ujung dasar pondasi atau end bearing ( $Q_b$ ) yang timbul karena desakan ujung pondasi terhadap tanah.

Efisiensi tiang disarankan oleh Converse-Labarre Formula (Hardiyatmo, 2018) :

$$E_g = 1 - \arctan \phi \cdot \left[ \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n} \right] \quad (2.15)$$

## 3. METODE PERENCANAAN

### Lokasi

Jembatan yang akan direncanakan ulang merupakan jembatan yang menghubungkan ruas Gerung-Lembar yang terletak di Sungai Dodokan, Lombok Barat.



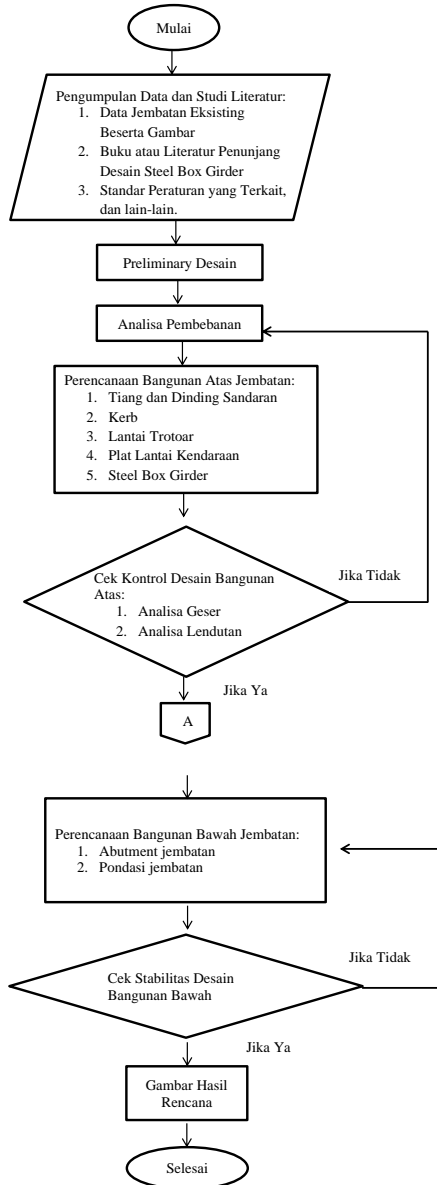
**Gambar 4** Lokasi Jembatan Dodokan

Data eksisting jembatan:

1. Panjang jembatan : 70 m
2. Lebar jembatan : 9.9 m
3. Lebar perkerasan : 7 m
4. Lebar trotoar : 1.05 m
5. Jenis balok utama : *PCI girder* sistem balok sederhana

### Diagram Alir Perencanaan

Berikut merupakan uraian diagram alir perencanaan pada tugas akhir ini :



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

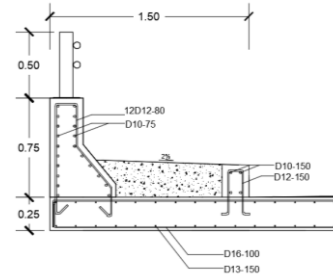
### A. Bangunan Atas

Pipa sandaran direncanakan menggunakan pipa circular hollow dengan diameter 60,5 dan tebal 2,3 mm. Tiang sandaran menggunakan WF.100.100.6.8 dan dinding sandaran

dilengkapi dengan tulangan utama D12-80 serta tulangan bagi D10-75. Plat landas digunakan ukuran 20 cm x 20 cm dengan tebal 5 mm dilengkapi dengan 4 buah angkur.

Kerb digunakan dengan tinggi 250 mm dengan tulangan utama berdiameter 12 mm dan tulangan bagi D10-150.

Plat lantai kendaraan didesain dengan tulangan utama D16-100 dengan tulangan bagi D13-150.



Gambar 5 Desain Penulangan Sandaran

### B. Perencanaan Box Girder Komposit

Penentuan dimensi *box girder* mengacu pada AASHTO 2020 9<sup>th</sup> Edition :

Tinggi box girder:

$$D = 0,033L$$

$$D = 0,033 \times 70 \text{ m} = 2,1 \text{ m}$$

Ketinggian yang digunakan adalah 3 m

Tebal badan box baja,  $t_w$  :

$$t_w = D/150$$

$$t_w = 3000 \text{ mm} / 150 = 20 \text{ mm}$$

Digunakan tebal web 35 mm

Cek syarat tebal web

$$D/t_w \leq 150$$

$$3000 \text{ mm} / 35 \text{ mm} \leq 150$$

$$85,71 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm} \dots (\text{OK})$$

Lebar sayap atas :

$$b_{fa} \geq \frac{D}{6} = \frac{3000 \text{ mm}}{6} = 500 \text{ mm}$$

Digunakan persamaan lain,

$$b_{fa} \geq \frac{L}{85} = \frac{70000}{85} = 823 \text{ mm}$$

Digunakan 850 mm.

Penentuan tebal sayap,  $t_f$  :

$$t_f \geq 1,1 t_w$$

$$t_f = 1,1 \times 35 \text{ mm}$$

$$t_f = 38,5 \text{ mm}$$



Digunakan 50 mm  
Cek syarat ketebalan pelat sayap,

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 12$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{850 \text{ mm}}{2 \times 50 \text{ mm}} \leq 12$$

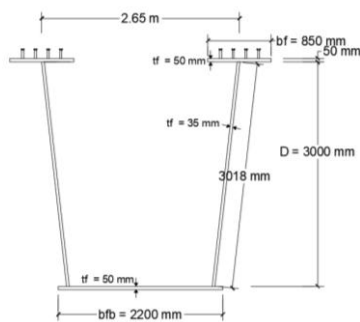
$$\frac{b_f}{2t_f} = 8,5 \leq 12 \dots (\text{OK})$$

Lebar sayap bawah,  $b_{fb}$  :

Pemeriksaan lebar sayap bawah lebar sayap bawah harus lebih kecil dari 1/5 panjang gelagar jembatan.

Direncanakan,  $b_{fb} = 2200 \text{ mm}$

$$1/5 L = 1/5 \times 70 \text{ m} = 14 \text{ m}$$



**Gambar 6** Dimensi Box Girder

Data Perencanaan:

Panjang jembatan, L : 70 m

Lebar jembatan, B : 10,5 m

Struktur balok utama : Box girder komposit

Lebar lantai, B1 : 7,5 m

Tebal lantai,  $t_s$  : 0,25 m

Tebal perkerasan,  $t_a$  : 0,1 m

Tinggi web, D : 3 m

Tebal web,  $t_w$  : 35 mm

Lebar flens atas,  $b_{fa}$  : 850 mm

Tebal flens atas,  $t_{fa}$  : 50 mm

Lebar flens bawah,  $b_{fb}$  : 2200 mm

Tebal flens bawah,  $t_{fb}$  : 50 mm

Es : 200000 MPa

Ec : 25742,96 MPa

Mutu Baja : BJ 55

Kuat tekan beton,  $f'_c$  : 30 MPa

### C. Momen Plastis

Gaya plastis pada sayap atas,  $P_c$

$$P_c = F_{yc} \times b_{fa} \times t_{fa} \times 2 = 34850 \text{ kN}$$

Gaya plastis pada pelat badan,  $P_w$

$$P_w = F_{yw} \times t_w \times D_w \times 2 = 86616,6 \text{ kN}$$

Gaya plastis pada sayap bawah,  $P_t$

$$P_t = F_{yt} \times b_{fb} \times t_{fb} = 45100 \text{ kN}$$

Gaya plastis di pelat dek,  $P_s$

$$P_s = 0,85 \times f'_c \times b_{eff} \times t_s = 33468,75 \text{ kN}$$

Letak sumbu netral plastis (PNA) :

$$Y = \frac{D_w}{2} \times \left( \frac{P_t - P_c - P_s}{P_w} + 1 \right)$$

$$Y = \frac{3018 \text{ mm}}{2} \times \left( \frac{45100 \text{ kN} - 34850 \text{ kN} - 33468,75 \text{ kN}}{86616,6 \text{ kN}} + 1 \right)$$

$$Y = 1,104 \text{ m}$$

Jarak pusat sayap bawah ke PNA, dt

$$dt = \frac{t_{fb}}{2} + D_w + t_{fa} - Y = 1,989 \text{ m}$$

Jarak pusat sayap atas ke PNA, dc

$$dc = \frac{t_{fa}}{2} + Y = 1,279 \text{ m}$$

Jarak pusat dek ke PNA, ds

$$ds = Y + t_{fa} + \frac{t_s}{2} = 1,279 \text{ m}$$

Momen plastis,  $M_p$  :

$$M_p = \frac{P_w}{2 \times D_w} \times (Y^2 + (D_w - Y)^2) + (P_s \times ds + P_c \times dc + P_t \times dt)$$

$$M_p = 241915,816 \text{ kNm}$$

### D. Rekapitulasi beban pada box girder

**Tabel 1** Rekapitulasi beban box girder

No	Jenis Beban	Kode	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)
1	Berat sendiri	MS	79,75		
2	Mati tambahan	MA	20,55		



Jarak x (m)	Ekstrem II	Daya Layan I	Daya Layan II	Daya Layan III	Daya Layan IV	Fatig
0	5567.28	5679.79	6262.23	5203.90	2654.81	1587.50
1	5411.84	5524.77	6092.75	5061.02	2586.05	1547.59
2	5256.41	5369.76	5923.27	4918.15	2517.28	1507.68
3	5100.98	5214.74	5753.79	4775.28	2448.52	1467.77
4	4945.54	5059.72	5584.31	4632.40	2379.76	1427.86
5	4790.11	4904.70	5414.83	4489.53	2310.99	1387.95
6	4634.67	4749.68	5245.35	4346.66	2242.23	1348.04
7	4479.24	4594.67	5075.87	4203.78	2173.46	1308.13
8	4323.81	4439.65	4906.39	4060.91	2104.70	1268.21
9	4168.37	4284.63	4736.91	3918.04	2035.93	1228.30
10	4012.94	4129.61	4567.43	3775.17	1967.17	1188.39
11	3857.50	3974.60	4397.95	3632.29	1898.41	1148.48
12	3702.07	3819.58	4228.47	3489.42	1829.64	1108.57
13	3546.63	3664.56	4058.99	3346.55	1760.88	1068.66
14	3391.20	3509.54	3889.51	3203.67	1692.11	1028.75
15	3235.77	3354.52	3720.03	3060.80	1623.35	988.84
16	3080.33	3199.51	3550.54	2917.93	1554.58	948.93
17	2924.90	3044.49	3381.06	2775.05	1485.82	909.02
18	2769.46	2889.47	3211.58	2632.18	1417.06	869.11
19	2614.03	2734.45	3042.10	2489.31	1348.29	829.20
20	2458.60	2579.43	2872.62	2346.43	1279.53	789.29
21	2303.16	2424.42	2703.14	2203.56	1210.76	749.38
22	2147.73	2269.40	2533.66	2060.69	1142.00	709.46
23	1992.29	2114.38	2364.18	1917.81	1073.23	669.55
24	1836.86	1959.36	2194.70	1774.94	1004.47	629.64
25	1681.43	1804.35	2025.22	1632.07	935.71	589.73
26	1525.99	1649.33	1855.74	1489.19	866.94	549.82
27	1370.56	1494.31	1686.26	1346.32	798.18	509.91
28	1215.12	1339.29	1516.78	1203.45	729.41	470.00
29	1059.69	1184.27	1347.30	1060.57	660.65	430.09
30	904.25	1029.26	1177.82	917.70	591.88	390.18
31	748.82	874.24	1008.34	774.83	523.12	350.27
32	593.39	719.22	838.86	631.95	454.36	310.36
33	437.95	564.20	669.38	489.08	385.59	270.45
34	282.52	409.18	499.90	346.21	316.83	230.54
35	127.08	254.17	330.42	203.33	248.06	190.63

## F. Kapasitas Penampang Box Girder

a) Penentuan nilai kuat lentur ditentukan berdasarkan persyaratan berikut berikut:

$$M_n = M_p \times (1,07 - 0,7 \times \frac{D_p}{D_t}) = 187853,44 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 169068,09 \text{ kNm}$$

Karena  $\phi M_n > M_u$  maka persyaratan kuat lentur terpenuhi dengan rasio beban terhadap kekuatan:

$$\frac{M_u}{M_n} = \frac{153587,823 \text{ kNm}}{169068,09 \text{ kNm}} = 0,908 \dots (\text{AMAN})$$

$$\frac{M_u}{\phi M_n} = 0,908 \dots (\text{AMAN})$$

b) Pemeriksaan kuat geser gelagar pada saat batas kuat sebagai berikut :

$$V_n = 8318,9 \text{ kN}$$

$$F_yw = 410 \text{ Mpa}$$

Rasio kemiringan web badan = 1:9 (Maksimum 1:4, sesuai AASHTO LRFD 2020)

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\frac{D_w}{T_w} = \frac{3018 \text{ mm}}{35 \text{ mm}} = 86,228$$

$$1,2 \times \sqrt{\frac{E_s \times k}{F_yw}} = 59,263$$

$$1,4 \times \sqrt{\frac{E_s \times k}{F_yw}} = 69,141$$

Karena  $\frac{D_w}{T_w} \geq 1,4 \times \sqrt{\frac{E_s \times k}{F_yw}}$ , Maka C dapat dihitung sebagai berikut:

$$C = \frac{1,57}{(\frac{D_w}{T_w})^2} \times (\frac{E_s \times k}{F_yw})$$

$$C = \frac{1,57}{(\frac{3018}{35})^2} \times (\frac{200000 \times 5}{410}) = 0,515$$

Sehingga kekuatan geser pelat badan tanpa pengaku adalah adalah:

$$V_{cr} = C \times 0,58 \times F_yw \times D_w \times t_w = 12936,37 \text{ kN}$$

$$\phi v = 0,75$$

$$\phi V_n = \phi v \times V_{cr}$$

$$= 0,75 \times 12936,37 \text{ kN} = 9702,28 \text{ kN}$$

Karena  $9702,28 \text{ kN} > 8318,9 \text{ kN}$  yang artinya kuat geser nominal terfaktor pelat badan lebih besar dari beban yang bekerja sehingga tidak diperlukan pengaku transversal. Namun, pada pelaksanaannya tetap dipasang pengaku transversal guna mencegah terjadinya tekuk pada badan penampang.

## G. Perencanaan Web Stiffener/Pengaku Badan

a) Rasio lebar terhadap tebal maksimum yang diijinkan lebar plat :

$$b_t \geq 2 + x \frac{D}{30} = 350 \geq 2 + x \frac{3000}{30} = 350 \geq 102 \text{ mm}$$

dan,

$$\frac{b_{tf}}{4} \geq b_t \geq 16 t_p = 212,5 \geq 350 \text{ mm} \geq 360 \text{ mm}$$

b) Jarak Pengaku

$$d_0 \leq 1,5D = 4500 \leq 1,5 \times 3000 = 4500 \leq 4500$$

c) Hitung Momen Inersia, It

$$= 2 \times [t_p \times \frac{b_t^3}{12} + b_t \times t_p \times (0,5 \times b_t + 0,5 \times t_p)^2] = 622066666,7 \text{ mm}^4$$

d) Batasan momen inersia untuk pengaku

$$I_{t1} = D \times t_w^3 \times J$$

Dimana J adalah :

$$\frac{2,5}{(\frac{d_0}{D})^2} - 2 \geq 0,5 = \frac{2,5}{(\frac{4500}{3000})^2} - 2 \geq 0,5$$

$$= -0,88 \geq 0,5$$

Sehingga, digunakan J = 0,5

$$I_{t1} = D \times t_w^3 \times J = 3000 \text{ mm} \times 353 \times 0,5 = 64312500 \text{ mm}^4$$

$$I_{t2} = \frac{D^4 \times p t^{1,3}}{40} \times (\frac{f_y}{E_s})^{1,5} = \frac{(3000)^4 \times (1)^{1,3}}{40} \times (\frac{410}{200000})^{1,5} = 187955837,8 \text{ mm}^4$$

$I_{t1} \leq I_{t2}$  sehingga digunakan  $I_{t1}$

$$I_{t1} = 64312500 \text{ mm}^4$$

Cek :

$$I_t \geq I_{t1} = 622066666,7 \text{ mm}^4 \geq 64312500 \text{ mm}^4$$

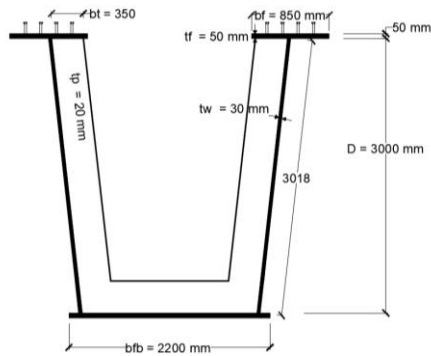
Rasio, 0,103 .....(OK)

e) Kontrol tegangan tekuk lokal

$$F_{crs} = \frac{0.31 \times E}{\left(\frac{b_t}{t_p}\right)^2} \leq F_y$$

$$= \frac{0.31 \times 200000 \text{ MPa}}{\left(\frac{350 \text{ mm}}{20 \text{ mm}}\right)^2} \leq 410 \text{ MPa}$$

$$= 202,44 \leq 410 \text{ MPa} \dots\dots (\text{OK})$$



**Gambar 7** Desain Pengaku Web Transversal

$$\delta = \frac{5 \times (QTb) \times L^4}{384 \times E \times I3n} = \frac{5 \times \left(0,6976 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) \times 70^4}{384 \times 200000000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 1,910 \text{ m}^4}$$

$$= 0,00057 \text{ m}$$

Lendutan ijin untuk jembatan yang dilalui kendaraan sebesar =  $L/800 = 0,0875$

**Tabel 4** Kontrol Lendutan Ijin

Jenis Beban	m	cek
Akibat beban box	0,0411	OKE
Akibat slab beton	0,0395	OKE
Akibat beban mati tambahan	0,0126	OKE
Akibat beban laur "D"	0,0487	OKE
Akibat beban pedestrian	0,0041	OKE
Akibat beban rem	0,0005	OKE

**H. Analisa Lendutan**

Lendutan pada saat konstruksi (sebelum komposit) :

- 1) Akibat beban box
 
$$\delta = \frac{5 \times (Qs) \times L^4}{384 \times E \times I_s} = \frac{5 \times (32,81143) \times 70^4}{384 \times 200000000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 1,246 \text{ m}^4}$$

$$= 0,041 \text{ m}$$
- 2) Akibat slab beton
 
$$\delta = \frac{5 \times (Qc) \times L^4}{384 \times E \times I_s} = \frac{5 \times (31,5 \text{ kN/m}) \times 70^4}{384 \times 200000000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 1,246 \text{ m}^4}$$

$$= 0,0395 \text{ m}$$

Lendutan setelah komposit

- 1) Akibat beban mati tambahan
 
$$\delta = \frac{5 \times (Qt+Qb) \times L^4}{384 \times E \times I_n} = \frac{5 \times \left(6,578 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 8,862 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) \times 70^4}{384 \times 200000000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 1,916 \text{ m}^4}$$

$$= 0,0126 \text{ m}$$
- 2) Akibat beban laur "D"
 
$$\delta = \frac{5 \times (QTD) \times L^4}{384 \times E \times I3n} + \frac{PTD \times L^3}{48 \times E \times I3n}$$

$$= \frac{5 \times \left(48,214 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) \times 70^4}{384 \times 200000000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 1,910 \text{ m}^4} + \frac{(496,125 \text{ kN}) \times 70^4}{384 \times 200000000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 1,910 \text{ m}^4}$$

$$= 0,0487 \text{ m}$$
- 3) Akibat beban pedestrian
 
$$\delta = \frac{5 \times (QTp) \times L^4}{384 \times E \times I3n} = \frac{5 \times \left(5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) \times 70^4}{384 \times 200000000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 1,910 \text{ m}^4}$$

$$= 0,0041 \text{ m}$$
- 4) Akibat beban rem

**I. Desain Camber/Lawan Lendut**

Desain lawan lendut menurut Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan (2021), lawan lendut didesain berdasarkan beban layan sebesar :

$$\delta = 150\% \delta$$

Lawan lendut pada jarak,  $x = 10 \text{ m}$

Akibat beban terpusat

$$= \frac{PL}{48EI} \times \left(\frac{3x}{L} - \frac{4x^3}{L^3}\right)$$

$$= \frac{496,125 \times 70}{48 \times 2 \times 10^8 \times 1,580} \times \left(\frac{3(10)}{70} - \frac{4(10)^3}{(70)^3}\right) = 9,54 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Akibat beban merata

$$= \frac{qL^4}{24EI} \times \left(\frac{x}{L} - \frac{2x^3}{L^3} + \frac{x^4}{L^4}\right)$$

$$= \frac{133,66 \times (70)^4}{24 \times 2 \times 10^8 \times 1,580} \times \left(\frac{10}{70} - \frac{2(10)^3}{(70)^3} + \frac{(10)^4}{70^4}\right) = 0,058 \text{ m}$$

Total lendutan,  $\delta = 0,058 \text{ m}$

Lawan lendut,  $\delta = 150\% \times \delta = 150\% \times (0,058 \text{ m}) = 0,09 \text{ m}$

**Tabel 5** Desain Camber/Lawan Lendut

Bentang	Lendutan akibat beban terpusat (m)	Lendutan akibat beban merata (m)	Total	Lawan lendut (m)
10	$9,541 \times 10^{-7}$	0.05813	0.058	0.09
20	$1,748 \times 10^{-7}$	0.10393	0.103	0.16
30	$2,222 \times 10^{-7}$	0.12894	0.128	0.2

**J. Perencanaan Sambungan Baut Pelat sambungan**

Tegangan leleh,  $f_y$  : 410 Mpa  
 Tegangan putus,  $f_u$  : 550  
 Baut rencana  
 Tipe baut : ASTM A325  
 Tegangan leleh,  $F_yb$  : 830 Mpa  
 Tegangan putus,  $F_{ub}$  : 660 Mpa  
 Tarik pada baut,  $P_t$  : 205 kN  
 Luas pelat sayap atas,  $A_{fa}$  : 0,0425 m<sup>2</sup>  
 $S_{cn}$  : 0,6207 m<sup>3</sup>  
 Diameter baut,  $d_b$  : 24 mm  
 Jumlah bidang geser,  $N_s$  : 2  
 Luas baut,  $A_b$  : 452,16 mm<sup>2</sup>  
 a) Perencanaan baut bentang 10 m  
 • Baut sayap atas :

$$T_u = \left( \frac{M_u / S_c}{R_h} \right) \times A_{fa} = 4927,57 \text{ kN}$$

Gaya tarik pada penampang akibat momen lentur kombinasi kuat,  $T_s$

$$T_s = \left( \frac{M_s / S_c}{R_h} \right) \times A_{fa} = 3707,636 \text{ kN}$$

Tahanan geser nominal baut,

$$R_{n1} = \phi_v \times 0,38 \times A_b \times F_{ub} \times N_s$$

$$= 213,916896 \text{ Kn}$$

Tahanan slip kritis baut

$K_h = 1$   
 $K_s = 0,33$   
 Tahanan slip baut,  $R_{n2}$   
 $R_{n2} = \phi_s \times K_h \times K_s \times N_s \times P_t = 135,3 \text{ kN}$   
 Digunakan tahanan geser yang lebih kecil  
 135,3 kN  
 Jumlah baut yang dibutuhkan,  
 $N_b = \frac{T_u}{R_n} = \frac{4927,57 \text{ kN}}{135,3 \text{ kN}} = 36,41 \approx 40 \text{ buah}$

- Baut sayap bawah :

Gaya tarik pada penampang akibat momen lentur kombinasi kuat,  $T_u$

$$T_u = \left( \frac{M_u / S_{tnc}}{R_h} \right) \times A_{fb} = 6945,544 \text{ kN}$$

Gaya tarik pada penampang akibat momen lentur kombinasi kuat,  $T_s$

$$T_s = \left( \frac{M_s / S_{tnc}}{R_h} \right) \times A_{fb} = 5226,4518 \text{ kN}$$

Tahanan geser nominal baut,  $R_{n1}$

$$R_{n1} = \phi_v \times 0,38 \times A_b \times F_{ub} \times N_s$$

$$= 213,916 \text{ kN}$$

Tahanan slip kritis baut

$$K_h = 1$$

$$K_s = 0,33$$

Tahanan slip baut,  $R_{n2}$

$$R_{n2} = \phi_s \times K_h \times K_s \times N_s \times P_t$$

$$= 135,3 \text{ kN}$$

Digunakan tahanan geser yang lebih kecil  
 135,3 kN

Jumlah baut yang dibutuhkan,

$$N_b = \frac{T_u}{R_n} = \frac{6945,544 \text{ kN}}{135,3 \text{ kN}} = 51,334 \approx 60 \text{ buah}$$

- Baut web :

Direncanakan sebanyak 175 buah

Tahanan geser baut

$$R_{n1} = \phi_v \times (0,38 \times A_{bw} \times F_{ub} \times N_s \times N_b)$$

$$= 37435,457 \text{ kN}$$

Cek :

$$T_u \leq R_n = 22756,850 \text{ kN} \leq 37435,457 \text{ kN}$$

(Rasio = 0,608) ... (Oke)

Tahanan slip baut,  $R_{n2}$

$$R_{n2} = \phi_s \times K_h \times K_s \times N_s \times P_t \times N_b$$

$$= 23677,500 \text{ kN}$$

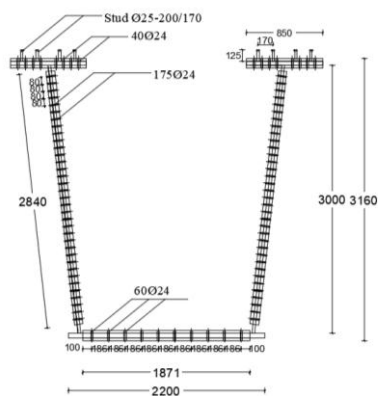
Cek :

$$T_s \leq R_n = 19829,714 \text{ kN} \leq 23677,500 \text{ kN}$$

(Rasio = 0.837) ... (Oke)

**Tabel 6** Rekapitulasi penggunaan jumlah baut

Posisi	Sayap Atas (buah)	Sayap Bawah (Buah)	Web (Buah)
Bentang 10 m	40	60	175
Bentang 20 m	72	90	175
Bentang 30 m	80	110	210



**Gambar 8** Rencana Baut Bentang 10 m

### K. Perencanaan Shear Connector

Data stud connector

Tipe angkur baja : ASTM A108

Tegangan putus,  $F_u$  : 490 Mpa

Tegangan leleh,  $F_y$  : 340 Mpa

Faktor reduksi tahanan geser stud,  $\phi_{sc}$  : 0,65

$Sc_{nc}$  :  $9,183 \times 10^8 \text{ mm}^3$

Gaya geser akibat fatik,  $V_f$  : 1587,5 Kn

a) Shear connector kondisi fatik

Gaya geser longitudinal pada saat kondisi fatik,  $V_{fat}$  :

$$V_{fat} = \frac{V_f \times Sc}{1} = 760,831 \text{ kN/m}$$

$$V_{sr} = \sqrt{V_{fat}^2 + F_{fat}^2} = 760,831 \text{ kN/m}$$

$$Z_r = 38 \text{ N/mm}^2 \times ds^2 = 23,75 \text{ kN}$$

Jarak angkur baja yang diizinkan adalah

$$P = \frac{n \times Z_r}{V_{sr}} = 0,249 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan jarak longitudinal antar angkur baja sebesar 200 mm.

b) Shear connector kondisi kuat

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 490,625 \text{ mm}^2$$

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c \times E_c} \leq A_{sc} \times F_u$$

$$Q_n1 = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c \times E_c} = 215,58 \text{ kN}$$

$$Q_n2 = A_{sc} \times F_u = 240,40 \text{ kN}$$

$$215,58 \text{ kN} \leq 240,40 \text{ kN} \dots\dots\dots(\text{Oke})$$

Sehingga tahanan geser nominal stud,

$$Q_r = \phi_{sc} \times Q_n = 156,26 \text{ kN}$$

$$P1_p = 0,85 \times f_c \times b_{eff} \times t_s = 33468,75 \text{ kN}$$

$$P2_p = F_y \times D_w \times t_w + F_y \times b_{fa} \times t_{fa} + F_y \times b_t \times t_t = 105833,3 \text{ kN}$$

Digunakan nilai minimum, yaitu  $P_p$  33468,75 kN

Sehingga, diperoleh geser total :

$$P_{sc} = \sqrt{P_p^2 + P_f^2} = 33468,75 \text{ kN}$$

Minimal jumlah dari angkur baja yang diperlukan untuk setengah bentang adalah :

$$n_s = P_{sc}/Q_r = 214,18 \text{ buah}$$

Jumlah total angkur baja yang diperlukan sepanjang bentang adalah:

$$n = n_s \times 2 = 428,36 \text{ buah}$$

Jika dalam satu baris pada arah melintang terdapat 4 buah angkur baja, maka jumlah baris angkur, n baris :

$$n_{baris} = \frac{n}{4} = \frac{428,36 \text{ buah}}{4} = 108 \text{ baris}$$

Jarak angkur longitudinal kondisi kuat

$$S_{sc} = \frac{L}{n_{baris}} = \frac{70000}{108} = 653 \text{ m}$$

Sehingga digunakan jarak memanjang angkur pada kondisi fatik.

$$S_{sc \text{ used}} = 200 \text{ mm}$$

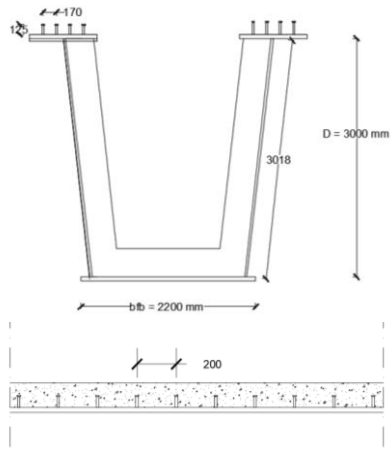
Jarak transversal antar angkur baja desain harus memenuhi persyaratan berikut :

Harus lebih besar 4x diameter stud :

$$ds = 25 \text{ mm}$$

$$4ds = 100 \text{ mm}$$

Jarak yang digunakan 170 mm > 100 mm sehingga jarak digunakan diizinkan.

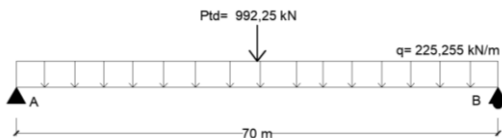


Gambar 9 Desain shear connector

### L. Perencanaan Bearing

Data Perencanaan :

- Bentang Jembatan, L : 70 m
- Es : 200000 Mpa
- Inersia komposit, I : 1,916 x 1012 mm<sup>4</sup>
- Beban horizontal : 110,87 kN/m
- Faktor beban MS : 1,1
- Faktor beban MA : 2
- Faktor beban lajur "D" : 2
- PTD : 496,125 kN x 2 = 992,25 kN = 992250 N
- qMS : 79,751 kN/m x 1,1 = 87,727 kN/m
- qMA : 20,55 kN/m x 2 = 41,10 kN/m
- qTD : 48,214 kN/m x 2 = 96,428 kN/m
- q total = qMS + qMA + qTD = 225,255 kN/m



Gambar 10 Sketsa Pembebanan

a) Beban vertikal

$$R_A = \frac{Ptd}{2} + \frac{q \times L}{2} = 8380,05 \text{ kN}$$

b) Perhitungan sudut rotasi pada perletakan titik A akibat beban terpusat

$$\theta_A = \frac{PL^2}{16EI} = 0,00079$$

c) Perhitungan sudut rotasi pada perletakan titik A akibat beban merata

$$\theta_A = \frac{qL^3}{24EI} = 0,00840$$

Total sudut rotasi akibat kedua beban,

$$\theta_A = 0,009194$$

Tumpuan direncanakan menggunakan Pot Bearing yang merupakan salah satu produk dari PT. Freyssinet. Dengan hasil analisa statika beban diatas sehingga dipilih spesifikasi

tumpuan yang mengacu pada standar AASHTO LRFD 2012. Pada satu girder, bearing direncanakan dipasang 2 buah sehingga bearing yang terpasang keseluruhan adalah 4 buah tipe Tetron CD GL Pot Bearing 4 buah tipe Tetron CD FX Pot Bearing.

### M. Bangunan Bawah

- Panjang bentang jembatan, L : 70 m
- Tebal slab lantai jembatan, ts : 250 mm
- Lebar perkerasan, B1 : 7.50 m
- Lebar jembatan, B : 10.50 m
- Berat beton bertulang,  $\gamma_c$  : 24 kN/m<sup>3</sup>
- Berat aspal padat,  $\gamma_a$  : 22.40 kN/m<sup>3</sup>
- Berat jenis air,  $\gamma_w$  : 10 kN/m<sup>3</sup>
- Kuat tekan beton,  $f'_c$  : 40 Mpa

Tabel 7 Rekapitulasi pembebanan abutment

No	Kombinasi Beban	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Kuat I	1871 8.21	3280 .61	0.00	1441 5.95	0.00
2	Kuat II	1773 3.98	3236 .86	0.00	1405 2.82	0.00
3	Kuat III	1428 9.20	3083 .73	159. 08	1278 1.89	890.8 4
4	Kuat IV	1428 9.20	2780 .11	0.00	1104 3.79	0.00
5	Kuat V	1434 1.76	3083 .73	147. 65	1278 1.89	1128. 34
6	Ekstrem I	1551 9.48	8098 .86	3089 .51	3687 1.09	1505 2.17
7	Ekstrem II	1551 9.48	3136 .82	0.00	1323 0.67	0.00
8	Layan I	1311 7.52	2889 .48	136. 29	1195 3.32	1064. 70
9	Layan II	1380 3.13	2922 .29	0.00	1222 3.94	0.00
10	Layan III	1257 2.85	2889 .21	0.00	1195 0.74	0.00
11	Layan IV	1060 4.40	2780 .11	79.5 4	1104 3.79	445.4 2

Tabel 8 Kontrol Stabilitas Abutment Terhadap Guling Arah X

No	Kombinasi Beban	P (kN)	Mx (kNm)	Mpx (kNm)	SF	Keterangan
1	Kuat I	18718.21	14415.95	46795.52	3.25	≥2,2 (OK)
2	Kuat II	17733.98	14052.82	44334.96	3.15	≥2,2 (OK)
3	Kuat III	14289.20	12781.89	35722.99	2.79	≥2,2 (OK)
4	Kuat IV	14289.20	11043.79	35722.99	3.23	≥2,2 (OK)
5	Kuat V	14341.76	12781.89	35854.39	2.81	≥2,2 (OK)
6	Ekstrem I	15519.48	36871.09	38798.70	1.05	(TIDAK MEMENUHI)
7	Ekstrem II	15519.48	13230.67	38798.70	2.93	≥2,2 (OK)
8	Layan I	13117.52	11953.32	32793.81	2.74	≥2,2 (OK)
9	Layan II	13803.13	12223.94	34507.83	2.82	≥2,2 (OK)
10	Layan III	12572.85	11950.74	31432.13	2.63	≥2,2 (OK)
11	Layan IV	10604.40	11043.79	26511.00	2.40	≥2,2 (OK)

**Tabel 9** Kontrol Stabilitas Abutment Terhadap Guling Arah Y

No	Kombinasi Beban	P (kN)	My (kNm)	Mpy (kNm)	SF	Keterangan
1	Kuat I	18718.21	0.00	98270.60		
2	Kuat II	17733.98	0.00	93103.42		
3	Kuat III	14289.20	890.84	75018.28	84.21	≥2,2 (OK)
4	Kuat IV	14289.20	0.00	75018.28		
5	Kuat V	14341.76	1128.34	75294.22	66.73	≥2,2 (OK)
6	Ekstrem I	15519.48	15052.17	81477.26	5.41	≥2,2 (OK)
7	Ekstrem II	15519.48	0.00	81477.26		
8	Layan I	13117.52	1064.70	68867.00	64.68	≥2,2 (OK)
9	Layan II	13803.13	0.00	72466.45		
10	Layan III	12572.85	0.00	66007.47		
11	Layan IV	10604.40	445.42	55673.11	124.99	≥2,2 (OK)

**Tabel 10** Kontrol Stabilitas Abutment Terhadap Geser Arah X

No	Kombinasi Beban	Tx (kN)	P (kN)	H (kN)	SF	Keterangan
1	Kuat I	3280.6	18718.2	11909.5	3.6	≥1,1(OK)
2	Kuat II	3236.9	17734.0	11341.2	3.5	≥1,1(OK)
3	Kuat III	3083.7	14289.2	9352.4	3.0	≥1,1(OK)
4	Kuat IV	2780.1	14289.2	9352.4	3.4	≥1,1(OK)
5	Kuat V	3083.7	14341.8	9382.7	3.0	≥1,1(OK)
6	Ekstrem I	8098.9	15519.5	10062.7	1.2	≥1,1(OK)
7	Ekstrem II	3136.8	15519.5	10062.7	3.2	≥1,1(OK)
8	Layan I	2889.5	13117.5	8675.9	3.0	≥1,1(OK)
9	Layan II	2922.3	13803.1	9071.7	3.1	≥1,1(OK)
10	Layan III	2889.2	12572.9	8361.4	2.9	≥1,1(OK)
11	Layan IV	2780.1	10604.4	7225.0	2.6	≥1,1(OK)

**Tabel 11** Kontrol Stabilitas Abutment Terhadap Geser Arah Y

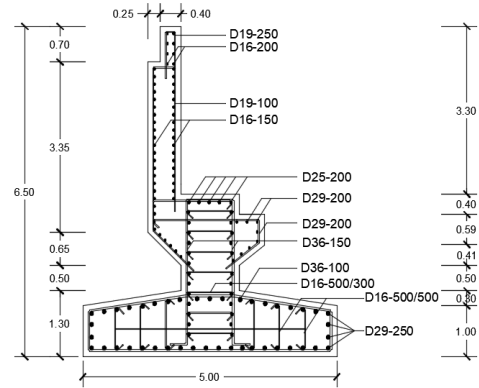
No	Kombinasi Beban	Ty (kN)	P (kN)	H (kN)	SF	Keterangan
1	Kuat I	0.00	18718.21	11909.46		
2	Kuat II	0.00	17733.98	11341.22		
3	Kuat III	159.08	14289.20	9352.37	58.79	≥2,2 (OK)
4	Kuat IV	0.00	14289.20	9352.37		
5	Kuat V	147.65	14341.76	9382.72	63.55	≥2,2 (OK)
6	Ekstrem I	3089.51	15519.48	10062.67	3.26	≥2,2 (OK)
7	Ekstrem II	0.00	15519.48	10062.67		
8	Layan I	136.29	13117.52	8675.91	63.66	≥2,2 (OK)
9	Layan II	0.00	13803.13	9071.74		
10	Layan III	0.00	12572.85	8361.44		
11	Layan IV	79.54	10604.40	7224.95	90.83	≥2,2 (OK)

Dikarenakan terdapat salah satu kondisi yang tidak memenuhi angka aman stabilitas guling, sehingga digunakan tambahan kekuatan dengan penggunaan pondasi tiang pancang.

## N. Penulangan Abutment

**Tabel 12** Rekapitulasi Penulangan Abutment

Letak Penulangan	Tulangan Lentur	Tulangan Bagi	Tulangan Geser
Pile Cap	D36-100	D29-250	D16-500/500
Breast Wall	D36-150	D25-200	D16-500/300
Back Wall Bawah	D19-100	D16-150	TIDAK PERLU TULANGAN GESER
Back Wall Atas	D19-250	D16-200	TIDAK PERLU TULANGAN GESER
Corbel	D29-200	D25-200	D16-300/400
Wingwal :			
Vertikal	D19-150	D16-200	TIDAK PERLU TULANGAN GESER
Horizontal	D19-150	D16-200	TIDAK PERLU TULANGAN GESER



**Gambar 11** Sketsa Penulangan Abutment

## O. Perencanaan Pondasi

Direncanakan fondasi jenis tiang pancang dengan diameter 0,8 m kedalaman tiang pancang 16 m.

$$n_p = \frac{PMS}{Q_a} = \frac{18718,21 \text{ kN}}{3112,2 \text{ kN}} = 6,014 \approx 10 \text{ buah}$$

Perhitungan efisiensi kelompok tiang Berdasarkan Peraturan Teknik Jembatan 2021 minimal jarak antar tiang adalah sebesar 2,5d yaitu 2 m sehingga digunakan jarak s adalah:

$$s = 2 \text{ m}$$

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s} = \text{Arc tan } \frac{0,8}{2,7} = 16,504$$

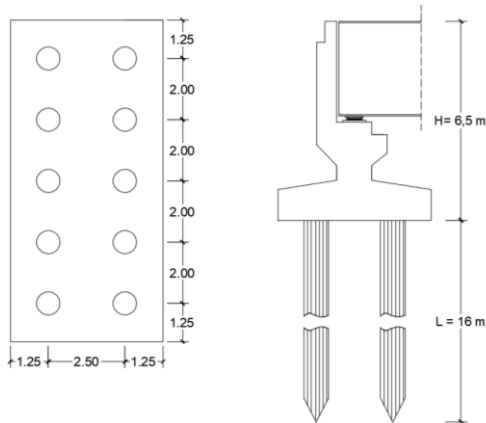
$$E_g = 1 - \theta \left( \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right) = 0,788$$

Perhitungan kapasitas kelompok tiang

$$Q_g = n \times E_g \times Q_a = 10 \times 0,788 \times 3112,2 \text{ kN} = 24525,44 \text{ kN}$$

Dikarenakan  $Q_g > PMS \dots$  (OK)





**Gambar 12** Sketsa Pondasi Tiang Pancang

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Perencanaan penampang *box girder* baja yang digunakan mengacu pada standar peraturan AASHTO LRFD 2020 9<sup>th</sup> Edition tahun dengan hasil tinggi *box girder* 3,0 m, lebar atas *box girder* 2,65 m, jarak antar sayap atas sebesar 2,2 m dengan lebar jembatan 7,5 m.
2. Beban yang diterima *box girder* baja berupa beban sendiri (MS) 79,752 kN/m, beban mati tambahan (MA) 20,55 kN/m, beban lajur "D" berupa BGT 496,125 kN dan BTR 48,214 kN/m, beban pejalan kaki (TP) 5 kN/m, beban rem (TB) 109,375 kN, beban angin (Ew) 1,502 kN/m, beban gempa (EQ) 25,506 kN/m. Akibat beban tersebut didapatkan besar lendutan sebesar 0,0807 mm sebelum komposit dan 0,146 mm setelah komposit. Akibat beban tersebut didesain lawan lendut sebesar 0,20 m.
3. Penghubung geser atau *shear connector* digunakan  $\varnothing 25$  dengan jarak transversal 170 mm dan jarak longitudinal 200 mm
4. Segmental *box girder* berjumlah 7 buah dengan 6 titik sambung yaitu pada bentang 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m dengan diameter baut 24 mm.
5. Tumpuan direncanakan dengan tipe Tetron CD GL Pot *Bearing* dengan ukuran GL.5000.400.40 dan Tetron CD FX Pot *Bearing* dengan ukuran FX.5000.500.
6. Kepala jembatan atau abutment didesain dengan menggunakan kuat tekan beton ( $f'c$ ) sebesar 40 Mpa dengan tegangan leleh baja ( $f_y$ ) sebesar 400 Mpa dengan tinggi 6,5 m. Sedangkan pondasi didesain menggunakan pondasi tiang pancang dengan dimensi sebesar 0,8 m pada kedalaman 16 m sejumlah 10 tiang.

### Saran

1. Perlu dilakukan analisis terhadap struktur jembatan berbeda dan disertakan analisa Rencana Anggaran Belanja (RAB) sebagai pembandingan sehingga didapatkan bentang yang lebih ekonomis dan efisien.
2. Perencanaan jembatan sebaiknya dianalisis menggunakan aplikasi pemograman khusus jembatan seperti CSI Bridge atau MIDAS Civil.
3. Sebelum merencanakan jembatan perencana perlu memahami konsep metode pelaksanaan yang akan digunakan serta statika pembebanan pada jembatan yang mengacu pada peraturan tekait.

### DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Official. 2020. *AASHTO LRFD Bridge Design Spesification 9th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Official: Washington DC.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. *Pembebanan Untuk Jembatan (RSNI T-02-2005)*. Departemen Pekerjaa Umum Republik Indonesia: Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016)*. Departemen Pekerjaa Umum Republik Indonesia: Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2833:2016)*. Departemen Pekerjaa Umum Republik Indonesia: Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. (SNI 2847:2019)*. Departemen Pekerjaa Umum Republik Indonesia: Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2019)*. Departemen Pekerjaa Umum Republik Indonesia: Jakarta.
- Bridge Management System. 1992. *Bridge Design Manual*. Directorate General Of Highway Ministry Of Public Works Republic Of Indonesia.
- Chen, Wai Fah., dan Duan, Lian. 2014 . *Bridge*

- Engineering Handbook, Second Edition.*  
Taylor & Francis Group: Boca Raton.
- Direktorat Bina Teknik Jembatan dan Jalan.  
2021. *Panduan Praktis Perencanaan Teknik Jembatan.* Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga: Jakarta.
- Frank, K. and Widiyanto. 2004. *Lateral Torsional Buckling of Straight Steel Trapezoidal Box Girders during Construction.* Baltimore, MD.
- Gunawan, R. 1987. *Tabel Profil Konstruksi Baja.* Kanisinus: Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H., C. 2018. *Analisis dan Perancangan Fondasi II.* Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Khaled, M. 2000. *Jurnal State of The Art in Design of Curved Box-Girder Bridge.* Universitas Toronto: Canada.
- Liansa, Desy. 2019. *Analisis Perencanaan Struktur Atas Jembatan Box Girder Baja Berdasarkan SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016.* Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara: Sumatera Utara.
- Salam, Ardi. 2019. *Perencanaan Ulang Jembatan Komposit Box Girder Baja (Composite Steel Tub Girder).* Universitas Bung Hatta: Padang
- Salmon, Charles G. 1991. *Struktur Baja.* Penerbit Erlangga :Jakarta
- Suhasdiantina, Arbagus. 2015. *Perencanaan Bangunan Atas Jembatan Kali Jangkok Dengan Alternatif Jembatan Komposit Box Girder Baja-Beton.* Universitas Mataram: Mataram.
- Sumaidi, Wijaya. 2018. *Perencanaan Jembatan Steel Box Girder Tipe Komposite Dua Material Baja-Beton Dengan Dua Gelagar Seragam.* Universitas Pembangunan Nasional: Yogyakarta.
- Suryanita, Reni. 2016. *Respons Struktur Jembatan Beton Prategang Berdasarkan Spektrum Gempa Wilayah Sumatera.* Universitas Riau: Pekanbaru.
- Witriyatna, Cahya. 2018. *Analisis Perbandingan Modul Jembatan Gelagar I dan Gelagar Box Baja Sebagai Fungsi Jembatan Jalan Raya.* Laboratorium Teknologi Prasarana Transportasi: Tangerang Selatan.
- Yudanta, Devi.2021. *Perencanaan Ulang Jembatan Sulin-Lombok Pada Ruas Jalan Gerung/Patung SAPI-BIL (KM 4+719) Dengan Menggunakan Box Girder Baja.* Universitas Mataram: Mataram.