

# EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BETON BERTULANG BENTANG 10 METER KELAS II DENGAN MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2019

**Ridho Ali Putra, Darlina Tanjung, Ronal H.T Simbolon**

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara

[ridhoaliputra55@gmail.com](mailto:ridhoaliputra55@gmail.com); [darlinatanjung@yahoo.com](mailto:darlinatanjung@yahoo.com); [ronal.h.t.simbolon@ft.uisu.ac.id](mailto:ronal.h.t.simbolon@ft.uisu.ac.id)

## Abstrak

*Jembatan merupakan bagian penting dari suatu jaringan jalan, juga merupakan salah satu prasarana yang dibutuhkan untuk keberlangsungan kegiatan ekonomi dan sosial di suatu wilayah. Kegiatan ini dapat berjalan dengan baik jika infrastruktur yang ada juga dalam kondisi baik. Dalam perencanaan struktur atas ini dilakukan analisis beban gempa pada SNI 1726-2019 yang mengatur tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, yang akan penulis adopsikan terhadap struktur jembatan dan SNI 1725-2016 tentang pembebanan untuk jembatan. Setelah dilakukan perhitungan dan evaluasi pada perencanaan tembok sandaran digunakan tulangan lentur 8Ø12 dan tulangan geser digunakan Ø12-250 mm. Pada perencanaan plat lantai jembatan, tebal plat 20 cm. Tulangan lentur arah x digunakan Ø12-150 mm. Tulangan lentur arah y digunakan Ø12-150 mm. Pada perencanaan gelagar, tinggi gelagar (h) 85 cm, lebar badan (bw) 25 cm, lebar sayap 7,5 cm, tinggi sayap 30 cm dan lebar bawah 40 cm. Tulangan utama digunakan 7Ø25. Tulangan geser digunakan Ø10-200 mm. Ditambah tulangan bagi untuk memperkuat struktur, digunakan 8Ø12. Pada perencanaan diafragma, dimensi direncanakan 20 cm x 35 cm, digunakan tulangan utama 4Ø16. Diberi tulangan geser Ø10-150 mm sebagai pengikat. Kemudian ditambah tulangan bagi 2Ø12 untuk menambah kekuatan diafragma.*

**Kata Kunci :** Jembatan, Tembok Sandaran, Plat Lantai, Gelagar, Diafragma

## I. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi dan pembuang. Proyek pembangunan jembatan ini merupakan pekerjaan yang sangat penting dalam arus transportasi masyarakat Kecamatan Barumun Tengah. Selanjutnya hal ini tentu berpengaruh pada pertumbuhan ekonomi masyarakat setempat. Dengan pembangunan jembatan ini, proses mobilisasi masyarakat Desa Aek Nabara menuju Desa Marenu menjadi lebih lancar dan aman.

Seiring dengan makin berkembangnya teknologi angkutan jalan raya maka konstruksi jembatan harus direncanakan sesuai dengan tuntutan transportasi baik dari segi kenyamanan, keamanan, maupun keindahan. Oleh karena itu proses perencanaannya harus diperhitungkan dengan sebaik mungkin. Pada umumnya perhitungan jembatan terbagi atas dua bagian penting yaitu bagian atas jembatan dan bagian bawah jembatan. Bagian atas jembatan akan memikul langsung beban-beban lalu lintas di atasnya sedangkan bagian bawah jembatan memikul beban di atasnya dan meneruskan beban – beban tersebut ke lapisan tanah keras.

Indonesia merupakan salah satu negara yang dikategorikan rawan terhadap gempa. Kondisi ini memberikan pengaruh besar dalam proses perencanaan. Maka dari itu, Badan Standardisasi Nasional mengeluarkan SNI 1726-2019 yang merupakan Standar Nasional Indonesia terbaru yang

mengatur tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Selain itu, Badan Standardisasi Nasional juga mengeluarkan SNI 1725-2016 yang mengatur tentang pembebanan untuk jembatan. Didalam perencanaan sebuah jembatan, beban gempa merupakan salah satu beban yang harus mampu dipikul oleh struktur jembatan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap kekuatan struktur atas jembatan beton bertulang berdasarkan beban gempa sesuai SNI 1726-2019 dan SNI 1725-2016.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Defenisi Jembatan

Menurut Supriyadi dan Muntohar, jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai atau saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi : Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika. (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

### 2.2 Pembebanan Umum

Berdasarkan, "Pembebanan Untuk Jembatan SNI 1725-2016".

1. Muatan Mati

Tabel 1. Berat isi untuk beban mati

No.	Bahan	Berat isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan massa (kg/m <sup>3</sup> )
1	Lapisan permukaan beraspal (bituminous wearing surfaces)	22,0	2245
2	Besi tuang (cast iron)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (compacted sand, silt or clay)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (rolled gravel, macadam or ballast)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (asphalt concrete)	22,0	2245
6	Beton ringan (low density)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f_c < 35$ MPa	22,0-25,0	2320
	$35 < f_c < 105$ MPa	$22 + 0,022 f_c$	$2240 + 2,29 f_c$
8	Baja (steel)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (hard wood)	11,0	1125

(Sumber : SNI 1725-2016 halaman 13 dari 67)

a. Berat Sendiri (MS)

Tabel 2. Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe beban	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 halaman 14 dari 67)

b. Berat Mati Tambahan / Utilitas (MA)

Tabel 3. Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe beban	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>	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

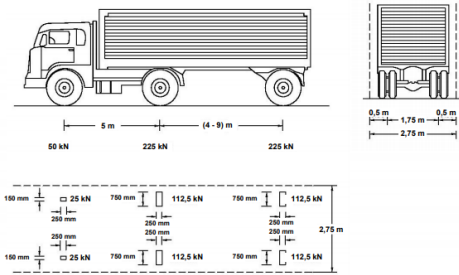
Catatan <sup>(1)</sup>: Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

(Sumber : SNI 1725-2016 halaman 14 dari 67)

2. Beban Lalu Lintas

a) Muatan "T"

Pembebanan truk "T" terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandarseperti terlihat dalam Gambar 2.15. Berat dari tiap-tiap gandar disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 1. Pembebanan Truk "T" (500 kN)

b) Beban Lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis terpusat (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 2.20. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur "D" seperti pada Tabel 2.7.

Tabel 4. Faktor beban untuk beban lajur "D"

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban ( $\gamma_{LD}$ )	
		Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{LD}^S$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{LD}^U$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725-2016 halaman 39 dari 67)

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut :

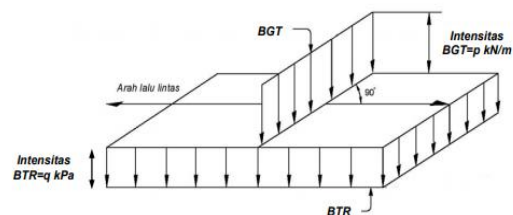
Jika  $L \leq 30$  m :  $q = 9,0$  kPa (2.1)

Jika  $L > 30$  m :  $q = 9,0 \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right)$  kPa (2.2)

Keterangan:

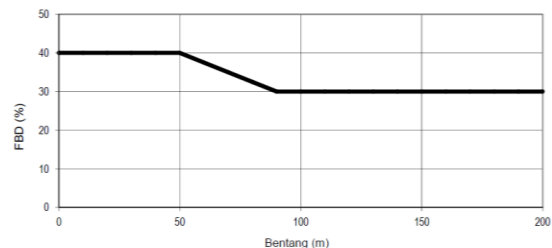
q = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L = panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 2. Beban Lajur "D"

(Sumber : SNI 1725-2016 halaman 39 dari 67)



Gambar 3. Faktor beban dinamis untuk beban T dan beban lajur D

(Sumber : SNI 1725-2016 halaman 45 dari 67)

c) **Pembebanan Untuk Pejalan Kaki**

Semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan. Jika trotoar dapat dinaiki maka beban pejalan kaki tidak perlu dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan. Jika ada kemungkinan trotoar berubah fungsi di masa depan menjadi lajur kendaraan, maka beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam parapet untuk perencanaan komponen jembatan lainnya. Dalam hal ini, faktor beban dinamis tidak perlu dipertimbangkan.

d) **Gaya Rem (TB)**

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- a. 25% dari berat gandar truk desain atau,
- b. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata.

Gaya rem tersebut harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati sesuai dengan Tabel 2.6 dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang dimasa depan akan dirubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan pada Pasal Kondisi Faktor Kepadatan Lajur berlaku untuk menghitung gaya rem.

**2.3 Beban Gempa**

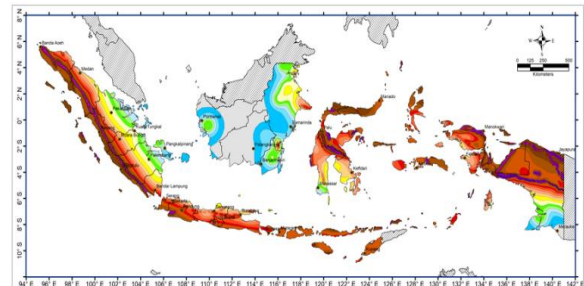
Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi yang mempengaruhi struktur tersebut. Adapun beberapa metode analisis pengaruh gaya gempa yang umumnya digunakan terhadap suatu struktur antara lain metode statik ekuivalen.

Analisis statik ekuivalen merupakan salah satu metode menganalisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa dengan menggunakan beban gempa nominal statik ekuivalen. Menurut Standart Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726 – 2019), analisis statik ekuivalen cukup dapat dilakukan pada gedung yang memiliki struktur beraturan.

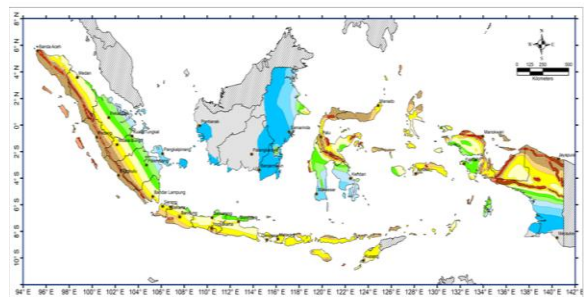
a. **Penentuan Wilayah Gempa**

Parameter *S<sub>s</sub>* adalah percepatan batuan dasar pada periode pendek sedangkan parameter *S<sub>I</sub>* adalah percepatan batuan dasar pada periode 1 detik. Parameter *S<sub>s</sub>* dan *S<sub>I</sub>* tergantung dari letak dan lokasi bangunan. Parameter-parameter tersebut ditetapkan masing-masing dari *respons spectral* percepatan 0,2detik dan 1 detik dalam peta gerak

tanah seismik pada pasal 15 SNI-1726-2019 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (*MCE<sub>R</sub>*, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Gambar 2.18 menunjukkan peta gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko target (*MCE<sub>R</sub>*) parameter-parameter gerak tanah *S<sub>s</sub>*, kelas situs SD dan Gambar 2.19 menunjukkan peta gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko target (*MCE<sub>R</sub>*) parameter-parameter gerak tanah *S<sub>I</sub>*, kelas situs SD.



**Gambar 4. S<sub>s</sub>, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (*MCE<sub>R</sub>*), kelas situs SD**  
(Sumber : <http://puskim.pu.go.id>)



**Gambar 5. Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (*MCE<sub>R</sub>*), kelas situs SD**  
(Sumber : <http://puskim.pu.go.id>)

Menurut SNI 1726-2019 halaman 69, gaya geser dasar seismik, *V*, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut

$$V = C_s \cdot W \quad (2.3)$$

Keterangan :

*C<sub>s</sub>* = koefisien respons seismik

*W* = berat seismik efektif *S<sub>DS</sub>*

Koefisien respons seismik, *C<sub>s</sub>*, harus ditentukan sesuai dengan persamaan :

$$C_s = S_{DS} / \left( \frac{R}{I_e} \right) \quad (2.4)$$

Keterangan :

*S<sub>DS</sub>* = parameter percepatan respon spektral desain dalam rentang periode pendek

*R* = koefisien modifikasi respons

*I<sub>e</sub>* = faktor keutamaan gempa

Untuk nilai *C<sub>s</sub>* yang dihitung sesuai dengan persamaan diatas tidak perlu melebihi  $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$S_{DI}$  = parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5%

$T$  = perioda fundamental struktur (detik)  
 Untuk nilai  $S_{DI}$ ,  $S_{ds}$ ,  $T_s$ ,  $T_0$ ,  $T_L$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  dan grafik Spektrum Respons Desain dapat dilihat di situs resmi [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) dan akan dilampirkan pada skripsi ini. Setelah mendapatkan nilai untuk mencari  $C_s$  maka dapat diperoleh untuk nilai  $C_s$ .

**2.4 Beban Angin**

Tekanan angin yang ditentukan pada pasal ini diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar ( $V_B$ ) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Luas area yang diperhitungkan adalah luas area dari semua komponen, termasuk sistem lantai dan *railing* yang diambil tegak lurus terhadap arah angin. Arah ini harus divariasikan untuk mendapatkan pengaruh yang paling berbahaya terhadap struktur jembatan atau komponen-komponennya. Luasan yang tidak memberikan kontribusi dapat diabaikan dalam perencanaan.

Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana,  $V_{DZ}$ , harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \frac{V_{10}}{V_B} \ln \frac{Z}{Z_0} \tag{2.6}$$

Keterangan :

- $V_{DZ}$  = kecepatan angin rencana pada elevasi rencana,  $Z$  (km/jam).
- $V_{10}$  = kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam).
- $V_B$  = kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm yang akan menghasilkan tekanan.
- $Z$  = 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, sebagaimana ditentukan dalam Tabel 2.9, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam).
- $Z_0$  = panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 2.6.
- $V_{10}$  dapat diperoleh dari:
  - Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
  - Survei angin pada lokasi jembatan, dan.
  - Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa  $V_{10} = V_B = 90$  s/d 126 km/jam.

**Tabel 6. 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
$Z_0$ (mm)	70	1000	2500

(Sumber : SNI 1725-2016 halaman 56 dari 67)

**Beban Angin Pada Struktur ( $EW_s$ )**

Jika dibenarkan oleh kondisi setempat, perencana dapat menggunakan kecepatan angin rencana dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal. Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_D = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \tag{2.7}$$

Keterangan :

$P_B$  adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.10 (MPa).

**Tabel 7. Tekanan Angin Dasar**

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

(Sumber : SNI 1725-2016 halaman 56 dari 67)

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

**Gaya Angin Pada Kendaraan ( $EW_L$ )**

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 diatas permukaan jalan.

**Tekanan Angin Vertikal**

Jembatan harus mampu memikul beban garis memanjang jembatan yang merepresentasikan gaya angin vertikal ke atas sebesar  $9.6 \times 10^{-4}$  MPa dikalikan lebar jembatan, termasuk parapet dan trotoar. Gaya ini ditinjau untuk kasus pembebanan dimana arah angin dianggap bekerja tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan. Gayamemanjang tersebut mempunyai titik tangkap pada seperempat lebar jembatan dan bekerja secara bersamaan dengan beban angin horizontal.

### III. METHODOLOGI

#### 3.1 Data Umum Wilayah Studi

Wilayah studi di Desa Aek Nabara menuju Desa Marenu yang terletak di Kecamatan Barumun Tengah Kabupaten Padang Lawas dengan koordinat N 1° 16' 38" E 99° 43' 58" dengan ketinggian 120 m diatas permukaan laut.



**Gambar 6. Lokasi studi**  
(Sumber : Google Maps)

#### 3.2 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan disesuaikan dengan kebutuhan data yang mengacu kepada perhitungan struktur atas pada jembatan. Pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka maupun jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penulisan ini. Data gambar struktur atas jembatan dilihat pada desain standar jembatan gelagar beton bertulang balok T yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum.

##### Data Umum

a. Dimensi	
Bentang jembatan	= 1000 cm
Lebar lalu lintas	= 2 x 300
	= 600 cm
Lebar trotoar	= 2 x 50
	= 100 cm
Lebar total	= 700 cm
Tebal trotoar (tt)	= 25 cm
Tebal aspal (ta)	= 5 cm
1) Dimensi Gelagar	
Tebal slab (ts)	= 20 cm
Spasi gelagar (S)	= 120 cm
Tinggi gelagar (h)	= 85 cm
Lebar badan (bw)	= 25 cm
Lebar sayap	= 7,5 cm
Tinggi sayap	= 30 cm
Jarak antar gelagar (s)	= 120 cm
2) Dimensi Diafragma	
Tinggi (hd)	= 35 cm
Lebar (td)	= 20 cm
Jarak antar diafragma (sd)	= 200 cm
b. Konstruksi	
Tipe Jembatan	: Jembatan Balok T
Kelas Jembatan	: Kelas II (Jalan Provinsi)
Trotoar	= $f_c' 21 \text{ MPa}$
Lantai Jembatan	= $f_c' 21 \text{ MPa}$

Gelagar memanjang	= $f_c' 30 \text{ MPa}$
Diafragma	= $f_c' 30 \text{ MPa}$
Mutu Tulangan	= U 40
	$f_y = 400 \text{ MPa}$
Beton bertulang	: $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$
Beton Aspal	: $\gamma_{As} = 22 \text{ kN/m}^3$
Beton Pengisi	: $\gamma_{c2} = 24 \text{ kN/m}^3$
Lokasi Proyek	= Kabupaten Padang Lawas

#### Perencanaan Struktur Atas Jembatan

- Perhitungan tembok sandaran
- Perhitungan plat lantai jembatan
- Perhitungan gelagar memanjang
- Perhitungan diafragma

#### Peraturan-Peraturan Yang Digunakan

- SNI 1725 - 2016 tentang pembebanan untuk jembatan.
- SNI 1726 - 2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

#### 3.3 Analisa Gelagar Jembatan

Gaya geser dan momen T girder akibat beban mati sendiri (MS)

$$V_{MS} = 1/2 \times q_{MS} \times L$$

$$= 1/2 \times 12,53 \text{ kN/m} \times 10 \text{ m}$$

$$= 62,65 \text{ kN}$$

$$M_{MS} = 1/8 \times q_{MS} \times L^2$$

$$= 1/8 \times 12,53 \text{ kN/m} \times 10^2 \text{ m}$$

$$= 156,62 \text{ kNm}$$

Gaya geser dan momen T girder akibat beban mati tambahan (MA)

$$V_{MA} = 1/2 \times q_{MA} \times L$$

$$= 1/2 \times 1,67 \text{ kN/m} \times 10 \text{ m}$$

$$= 8,35 \text{ kN}$$

$$M_{MA} = 1/8 \times q_{MA} \times L^2$$

$$= 1/8 \times 1,67 \text{ kN/m} \times 10^2 \text{ m}$$

$$= 20,88 \text{ kNm}$$

#### Beban Lalu Lintas " TD "

Gaya geser dan momen T girder akibat beban lajur (" D")

$$V_{TD} = 1/2 \times [(q_{TD} \times L) + P_{TD}]$$

$$= 1/2 \times [(10,8 \text{ kN/m} \times 10 \text{ m}) + 23,52 \text{ kN}]$$

$$= 24,06 \text{ kN}$$

$$M_{TD} = (1/8 \times q_{TD} \times L^2) + (1/4 \times P_{TD} \times L)$$

$$= (1/8 \times 10,8 \text{ kN/m} \times 10^2 \text{ m}) + (1/4 \times 23,52 \text{ kN} \times 10 \text{ m})$$

$$= 135 \text{ kNm} + 58,8 \text{ kNm}$$

$$= 193,8 \text{ kNm}$$

#### Beban Rem " TB "

Gaya geser dan momen T girder akibat beban rem (“TB”)

$$M_{TB} = TB \times Y$$

$$= 45 \text{ kN} \times 1,95 \text{ m}$$

$$= 87,75 \text{ kNm}$$

$$V_{TB} = M_{TB} / L$$

$$= 87,75 \text{ kNm} / 10 \text{ m}$$

$$= 8,78 \text{ kN}$$

**Pengaruh Angin Pada Struktur (E<sub>WS</sub>)**

Gaya geser dan momen T girder akibat beban angin struktur (EWS)

$$V_{EWS} = 1/2 \times Q_{EWS} \times L$$

$$= 1/2 \times 2,82 \text{ kN/m} \times 10 \text{ m}$$

$$= 14,1 \text{ kN}$$

$$M_{EWS} = 1/8 \times Q_{EWS} \times L^2$$

$$= 1/8 \times 2,82 \text{ kN/m} \times 10^2 \text{ m}$$

$$= 35,25 \text{ kNm}$$

**Pengaruh Angin Pada Kendaraan (E<sub>WL</sub>)**

Gaya geser dan momen T girder akibat beban angin kendaraan (E<sub>WL</sub>)

$$V_{EWL} = 1/2 \times Q_{EWL} \times L$$

$$= 1/2 \times 1,50 \text{ N/mm} \times 10000 \text{ mm}$$

$$= 7500 \text{ N} = 7,5 \text{ kN}$$

$$M_{EWL} = 1/8 \times Q_{EWL} \times L^2$$

$$= 1/8 \times 1,50 \text{ N/mm} \times 10000^2 \text{ mm}$$

$$= 18750000 \text{ Nmm} = 18,75 \text{ kNm}$$

**Beban Gempa**

Jenis Batuan Tanah Sedang (D)	
Variabel	Nilai
S <sub>MS</sub> (g)	1.172
S <sub>M1</sub> (g)	0.776
S <sub>DS</sub> (g)	0.782
S <sub>D1</sub> (g)	0.517
T <sub>0</sub> (detik)	0.132
T <sub>S</sub> (detik)	0.662

Gambar 7. Parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang periodek

(Sumber : <http://puskim.pu.go.id>)

Tabel 8. Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

(Sumber : SNI 1726-2019 hal 25 dari 238)

Tabel 9. Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I <sub>e</sub>
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726-2019 hal 25 dari 238)

Table 10. Nilai parameter priode pendekatan C<sub>t</sub> dan x

Tipe struktur	C <sub>t</sub>	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik: • Rangka baja pemikul momen • Rangka beton pemikul momen	0,0724 0,0466	0,8 0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber : SNI 1726-2019 hal 72 dari 238)

Nilai I<sub>e</sub> = 1,50 (dari tabel SNI 1726-2019)

Nilai S<sub>D1</sub> = 0,517

Periode fundamental pendekatan

$$C_t = 0,0466$$

$$h_n = 1,60 \text{ m (tinggi struktur atas jembatan)}$$

$$x = 0,9$$

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$= 0,0466 \times 1,6^{0,9}$$

$$= 0,07 \text{ detik}$$

Koefisien respon seismik

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T_a \times \frac{R}{I}} = \frac{0,517}{0,07 \times \frac{8}{1,5}} = 1,38$$

Beban gempa vertikal (E<sub>Qv</sub>)

Gaya gempa ditahan oleh beban permanen yaitu gelagar beton.

**Kombinasi Pembebanan**

Pada skripsi ini penulis meninjau khusus pada beban gempa, oleh karena itu kombinasi beban dan faktor beban ditinjau pada Ekstrem I saja, karena pada kombinasi beban tersebut yang ada memperhitungkan beban gempa. Nilai γ<sub>EQ</sub> adalah 0,5 karena jembatan sangat penting.

**Penulangan**

**TembokSandaran**

Momen lentur (M) = 2 m x 100 kg/m x 0,75 m

$$= 150 \text{ kgm}$$

$$= 1500000 \text{ Nmm}$$

Mu = 1,3 x M

$$= 1,3 \times 1500000$$

$$= 1950000 \text{ Nmm}$$

Gaya geser (V) = 2 m x 100 kg/m

$$= 200 \text{ kg} = 2000 \text{ N}$$

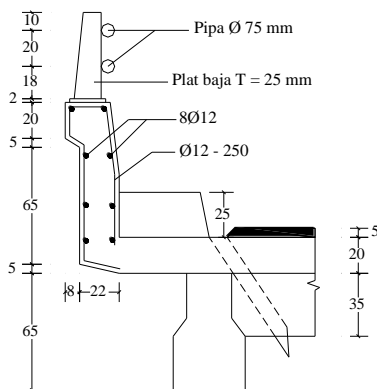
Vu = 1,3 x V

$$= 1,3 \times 2000 \text{ N} = 2600$$

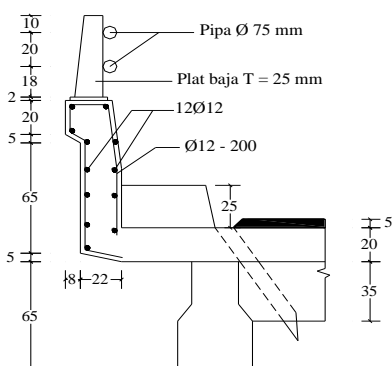
N  
 TulanganLentur

$$As = \rho \times b \times d$$

$= 0,0035 \times 250 \times 925$   
 $= 809,38 \text{ mm}^2$   
 Dipakai tulangan 8Ø12 dengan luas penampang ( $A = 904,78 \text{ mm}^2$ ).  
 $A \text{ terpasang} = 904,78 \text{ mm}^2 > A_s = 809,38 \text{ mm}^2$   
 Tulangan Geser  
 $V_u = 2600 \text{ N}$   
 $V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d$   
 $= \frac{1}{6} \sqrt{21} \times 250 \times 925$   
 $= 176620 \text{ N}$   
 $\emptyset V_c = 0,75 \times 176620$   
 $= 132465 \text{ N}$   
 $\emptyset V_c < V_u$   
 $132465 \text{ N} < 176620 \text{ N}$  (diperlukan sengkang)  
 $S_{\max} = 1/2 \times d$   
 $= 1/2 \times 925 = 463 \text{ mm}$   
 $A_{v_{\min}} = \frac{1}{3} \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} \times b \times S$   
 $= \frac{1}{3} \frac{\sqrt{21}}{400} \times 250 \times 463$   
 $= 442 \text{ mm}^2$   
 Dicoba tulangan Ø 12 dengan luas penampang ( $A = 113,1 \text{ mm}^2$ ).  
 Jarak sengkang  
 $S = \frac{A_v \cdot f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b}$   
 $= \frac{422 \times 400}{\frac{1}{3} \sqrt{21} \times 250} = 442 \text{ mm}$   
 Jadi dipakai tulangan sengkang Ø 12 – 250 mm.



**Gambar 8. Detail tulangan tembok sandaran dievaluasi**  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

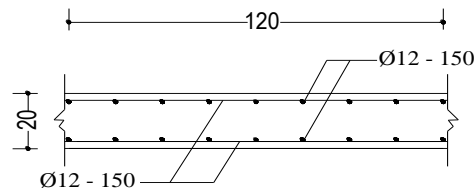


**Gambar 9. Detail tulangan tembok sandaran dari Direktorat Bina Marga**  
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga)

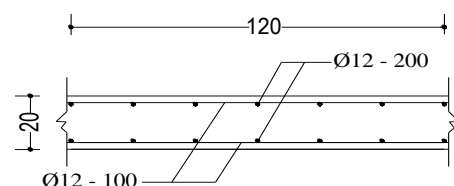
**Plat Lantai**  
 Beban : TT = 74,83 kNm  
 TB = 43,88 kNm  
 TD = 96,9 kNm

$M_u = 215,61 \text{ kNm}$   
 Penulangan arah x  
 $A_s = \rho \times b \times d$   
 $= 0,005 \times 1200 \times 175$   
 $= 1050 \text{ mm}^2$   
 Dipakai tulangan Ø 12 dengan luas penampang ( $A = 113,1 \text{ mm}^2$ )  
 Jarak tulangan yang diperlukan  
 $S = \frac{A \cdot b}{\frac{A_s}{113,1 \cdot 1200}}$   
 $= \frac{1050}{113,1 \cdot 1200}$   
 $= 129,3 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$   
 Dipakai tulangan Ø12 – 150 mm.  
 Jumlah tulangan per 1,20 m  
 $n = \frac{1200}{150} + 1$   
 $= 9 \text{ buah} \times 2$  (dipasang 2 baris)  
 $= 18 \text{ buah}$   
 Jadi, A terpasang 18Ø 12 ( $A = 2035,8 \text{ mm}^2$ )  $> A_s = 1050 \text{ mm}^2$ .

Penulangan arah y  
 $A_s = \rho \times b \times d$   
 $= 0,005 \times 1200 \times 175$   
 $= 1050 \text{ mm}^2$   
 Dipakai tulangan Ø 12 dengan luas penampang ( $A = 113,1 \text{ mm}^2$ )  
 Jarak tulangan yang diperlukan  
 $S = \frac{A \cdot b}{\frac{A_s}{113,1 \cdot 1200}}$   
 $= \frac{1050}{113,1 \cdot 1200}$   
 $= 129,3 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$   
 Dipakai tulangan Ø12 – 150 mm.  
 Jumlah tulangan per 1,20 m  
 $n = \frac{1200}{150} + 1$   
 $= 9 \text{ buah} \times 2$  (dipasang 2 baris)  
 $= 18 \text{ buah}$   
 Jadi, A terpasang 18Ø 12 ( $A = 2035,8 \text{ mm}^2$ )  $> A_s = 1050 \text{ mm}^2$ .



**Gambar 10. Detail penulangan pelat lantai dievaluasi**  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)



**Gambar 11. Detail penulangan pelat lantai dari Bina Marga**  
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga)

**Balok Gelagar**

Mu = 705,92 kNm

TulanganLentur

$$As = \rho \times b_{eff} \times d$$

$$= 0,0035 \times 1200 \times 810$$

$$= 3402 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 7Ø25 dengan luas penampang (A = 3436,12 mm<sup>2</sup>)

$$A \text{ terpasang} = 3436,12 \text{ mm}^2 > As = 3402 \text{ mm}^2$$

TulanganPembagi

$$\text{Tulangan pembagi} = 0,2 \times As \text{ tul.utama}$$

$$= 0,2 \times 3436,12 \text{ mm}^2$$

$$= 687,2 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 8Ø12dengan luas penampang (A = 904,78 mm<sup>2</sup>)

$$A \text{ terpasang} = 904,78 \text{ mm}^2 > As = 687,2 \text{ mm}^2$$

TulanganGeser

$$S_{max} = 1/2 \times d$$

$$= 1/2 \times 810 = 405 \text{ mm}$$

$$Av_{min} = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_{eff} \times S$$

$$= \frac{f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{30}} \times 1200 \times 405$$

$$= 2218,3 \text{ mm}^2$$

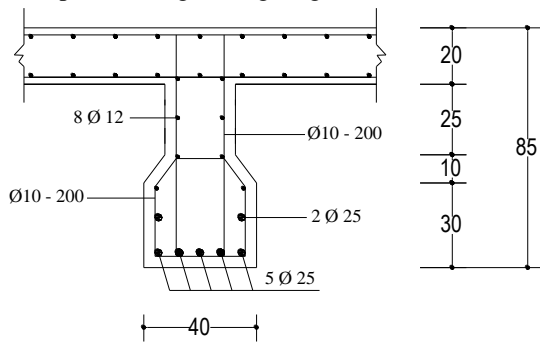
Dipakai tulangan Ø10dengan luas penampang (Av = 78,54 mm<sup>2</sup>)

Jarak sengkang

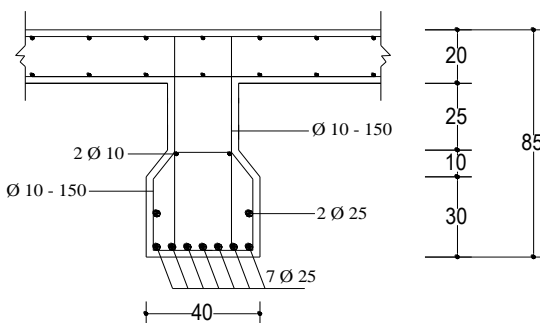
$$S = \frac{Av \cdot fy}{\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_{eff}}$$

$$= \frac{2218,3 \times 400}{\frac{1}{3} \sqrt{30} \times 1200} = 405 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan sengkang Ø10 – 200 mm



**Gambar 12. Detail penulangan gelagar dievaluasi**  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)



**Gambar 13. Detail penulangan gelagar dari Bina Marga**  
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga)

**Diafragma**

Mu = 705,92 kNm

TulanganLentur

$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 200 \times 325$$

$$= 227,5 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 4Ø16 dengan luas penampang (A = 804,25 mm<sup>2</sup>)

$$A \text{ terpasang} = 804,25 \text{ mm}^2 > As = 227,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pembagi

$$\text{Tulangan pembagi} = 0,2 \times As \text{ tul.utama}$$

$$= 0,2 \times 804,25 \text{ mm}^2$$

$$= 160,85 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2Ø12dengan luas penampang (A = 226,19 mm<sup>2</sup>)

$$A \text{ terpasang} = 226,19 \text{ mm}^2 > As = 160,85 \text{ mm}^2$$

TulanganGeser

$$Vu = 284,74 \text{ kN} = 284740 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 200 \times 325$$

$$= 59336,61 \text{ N}$$

$$\emptyset Vc = 0,75 \times 59336,61$$

$$= 44502,46 \text{ N}$$

$$\emptyset Vc < Vu$$

44502,46 N < 366550 N (Diperlukan tulang sengkang)

$$S_{max} = 1/2 \times d$$

$$= 1/2 \times 325 = 162 \text{ mm}$$

$$Av_{min} = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b \times S$$

$$= \frac{f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{30}} \times 200 \times 162$$

$$= 148 \text{ mm}^2$$

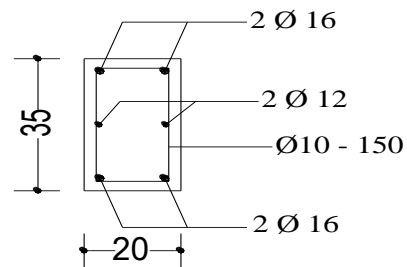
Dipakai tulangan Ø10dengan luas penampang (Av = 78,54 mm<sup>2</sup>)

Jarak sengkang

$$S = \frac{Av \cdot fy}{\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b}$$

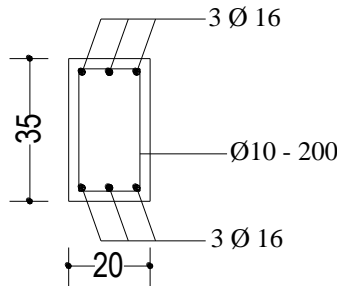
$$= \frac{148 \times 400}{\frac{1}{3} \sqrt{30} \times 200} = 162 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan sengkang Ø10 – 150 mm



**Gambar 14. Detail penulangan diafragma dievaluasi**  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)





**Gambar 15. Detail penulangan diafragma dari Bina Marga**  
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga)

Tabel 4.14 – Rekap kebutuhan tulangan tiap elemen struktur yang dievaluasi

NO	Elemen Struktur	Kebutuhan Tulangan		
		Tul.lentur (mm)	Tul. Bagi (mm)	Tul. Geser (mm)
1	Tembok Sandaran	8 Ø 12	-	Ø12 - 250
2	Pelat Lantai	Ø12 - 150	Ø12 - 150	-
3	Balok Gelagar	7 Ø 25	8 Ø 12	Ø10 - 200
4	Diafragma	4 Ø 16	2 Ø 12	Ø10 - 150

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 4.15 – Rekap kebutuhan tulangan tiap elemen struktur dari Bina Marga

NO	Elemen Struktur	Kebutuhan Tulangan		
		Tul.lentur (mm)	Tul. Bagi (mm)	Tul. Geser (mm)
1	Tembok Sandaran	12 Ø 12	-	Ø12 - 200
2	Pelat Lantai	Ø12 - 200	Ø12 - 100	-
3	Balok Gelagar	9 Ø 25	2 Ø 10	Ø10 - 150
4	Diafragma	6 Ø 16	-	Ø10 - 200

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina marga)

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan evaluasi pada pembahasan adalah :

1. Pada perencanaan tembok sandaran digunakan tulangan lentur 8Ø12 dan tulangan geser digunakan Ø12-250 mm.
2. Pada perencanaan plat lantai jembatan, tebal plat 20 cm. Tulangan lentur arah x digunakan Ø12-150 mm. Tulangan lentur arah y digunakan Ø12-150 mm.
3. Pada perencanaan gelagar, tinggi gelagar (h) 85 cm, lebar badan (bw) 25 cm, lebar sayap 7,5 cm, tinggi sayap 30 cm dan lebar bawah 40 cm. Tulangan utama digunakan 7Ø25. Tulangan geser digunakan Ø10-200 mm. Ditambah tulangan bagi untuk memperkuat struktur, digunakan 8Ø12.
4. Pada perencanaan diafragma, dimensi direncanakan 20 cm x 35 cm, digunakan tulangan utama 4Ø16. Diberi tulangan geser Ø10-150 mm sebagai pengikat. Kemudian ditambah tulangan bagi 2Ø12 untuk menambah kekuatan diafragma.

##### 4.2 Saran

Adapun saran-saran yang penulis simpulkan selama mengerjakan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam melakukan perhitungan sebaiknya data-data yang diperlukan disiapkan terlebih dahulu agar perhitungan sesuai dengan data-data yang ada.
2. Dalam proses perhitungan sebaiknya mengacu pada peraturan-peraturan yang sudah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional.
3. Untuk mencapai perencanaan yang baik dan benar-benar matang maka diperlukan studi kelayakan yang teliti dan referensi yang lengkap.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Asroni, A. 2010. *Balok dan Plat Beton Bertulang*. Surakarta : Graha Ilmu.
- [2]. Badan Standar Nasional. 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2019*. Jakarta : BSN.
- [3]. Badan Standar Nasional. 2019. *Tata Cara Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung SNI 1726-2019*. Jakarta : BSN.
- [4]. Badan Standar Nasional. 2019. *Pembebanan Untuk Jembatan SNI 1725-2016*. Bandung : BSN.
- [5]. Longa, N. 2015. *Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T Sei Nyahing Kota Sendawar Kutai Barat Kalimantan Timur (Skripsi)*. Surabaya : Program Studi Teknik Sipil (S1) Universitas Narotama Surabaya.
- [6]. Asiyanto, 2008. *Metode Konstruksi Jembatan Beton*. Jakarta : UI Press.
- [7]. Supryadi, B., Muntohar A.S., 2007, *Jembatan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- [8]. Struyk, J.H., Van Der Veen, W.C.H.K., 1984, alih bahasa Soemargono, *Jembatan*. Jakarta : Penerbit Pradnya Paramita.
- [9]. Vis, W.C., Gideon. 1993, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.
- [10]. Istimawan, Dipohusodo. 1996. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka.
- [11]. Yulianto, Hariadi. 2020. *Perencanaan Struktur Atas Jembatan*. Banten : Universitas Pembangunan Jaya.
- [12]. Badan Standar Nasional. 2004. *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan RSNI T-12-2004*. Jakarta : BSN.
- [13]. Iqbal, A. 1995. *Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang, cetakan I*. Jakarta : PT Mediantama Saptakarya.