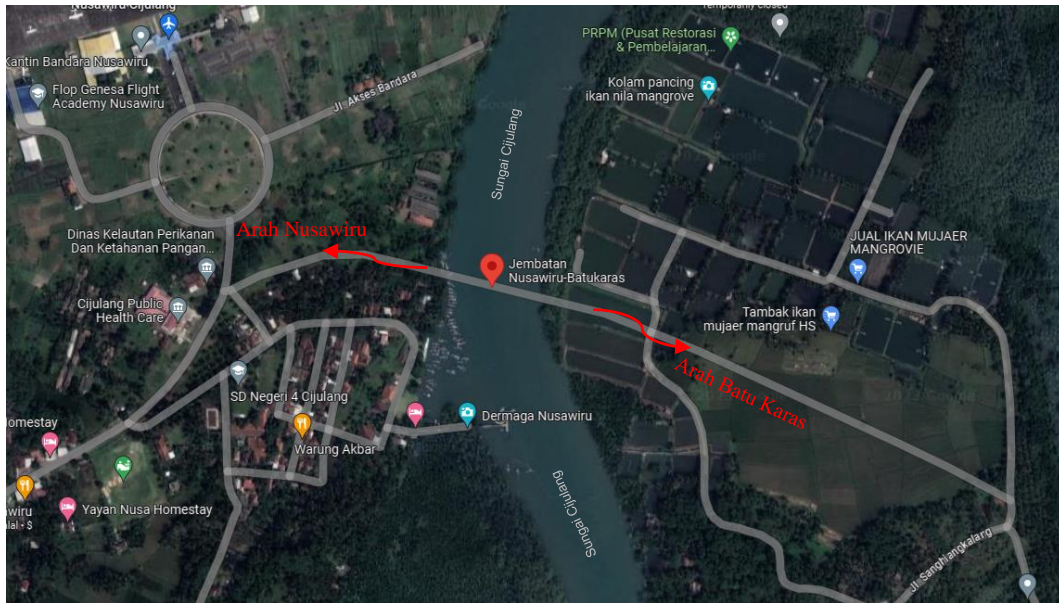


## BAB 3 METODE PENELITIAN

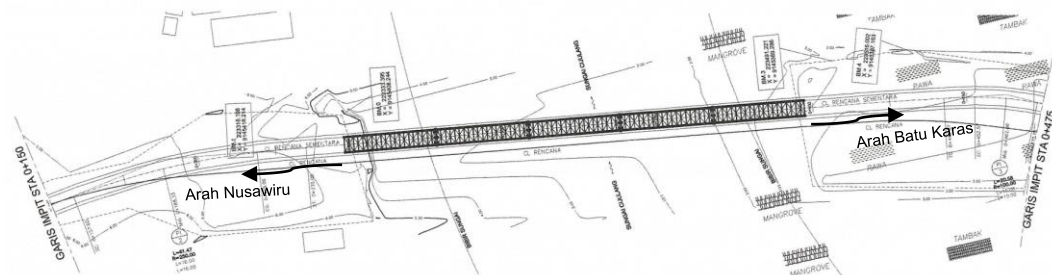
### 3.1 Lokasi Perencanaan

Perencanaan dilakukan pada Jembatan Bailey penghubung Nusawiru – Batukaras yang berlokasi di Desa Kondangjajar, Kecamatan Cijulang, Kabupaten Pangandaran yang melintasi Sungai Cijulang. Berikut peta lokasi penelitian:

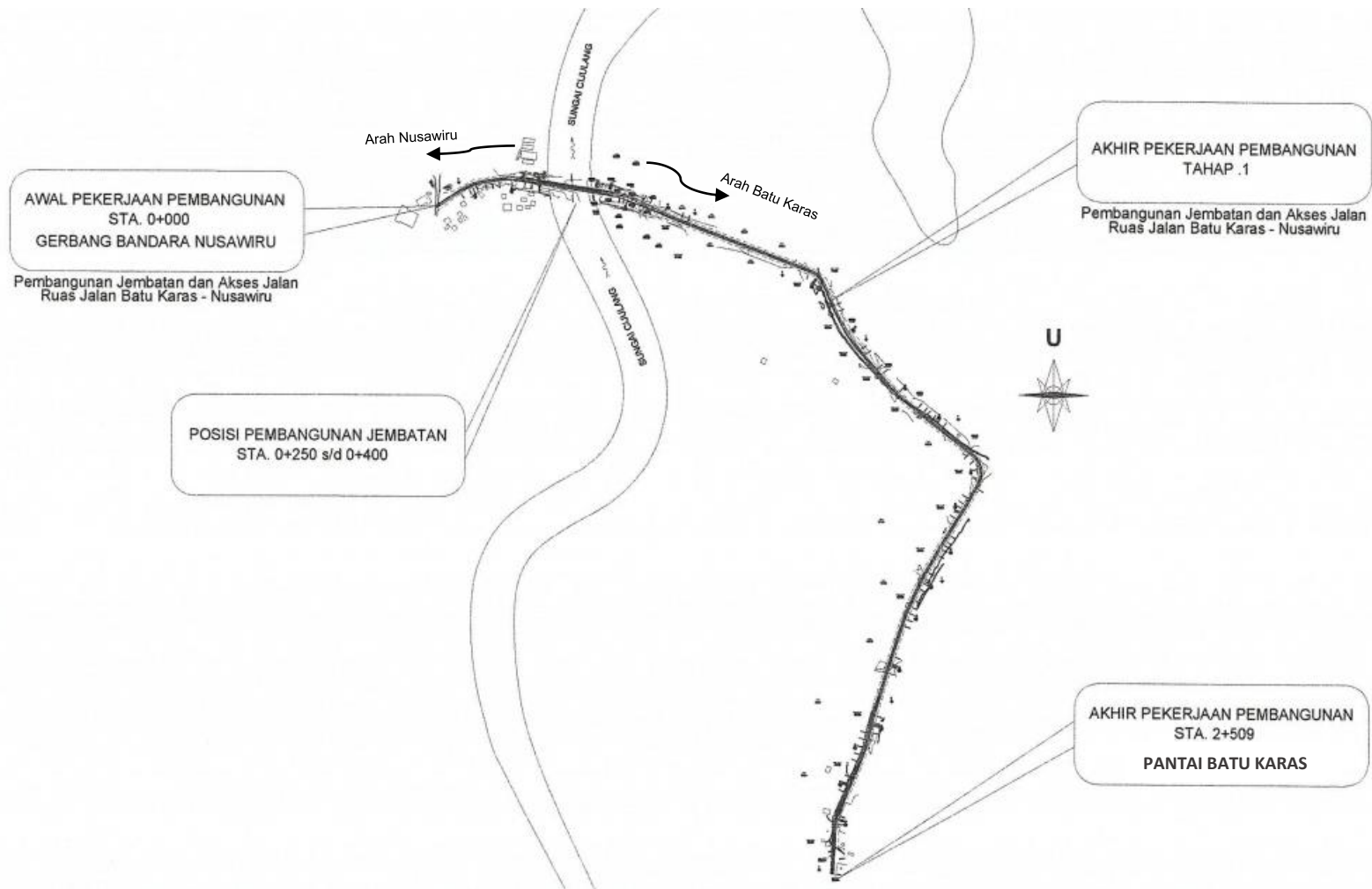


Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Berikut letak Jembatan Bailey yang bersumber dari UPTD Jalan dan Jembatan Wil. Pelayanan V, yang akan dijadikan letak perencanaan Jembatan Pelengkung permanen.



Gambar 3.2 Rencana Letak Jembatan



Gambar 3.3 Site Plan Jembatan dan Akses Jalan Batu Karas - Nusawiru

### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk penelitian ini meliputi data tanah dan data eksisting jembatan, yang peneliti peroleh dari UPTD Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan V, sehingga dapat disimpulkan bahwa data tersebut merupakan data sekunder.

### 3.3 Data Perencanaan Jembatan

Perencanaan jembatan pelengkung ini direncanakan dengan data perencanaan sebagai berikut:

#### Umum

Jenis jembatan	: Pelengkung Rangka Baja
Klas jembatan	: Klas A
Bentang total jembatan	: 150 m
Lebar total jembatan	: 10 m (trotoar 2 x 1 m)
Jumlah jalur	: 2 jalur
Jenis pelengkung	: <i>Through Arch</i>

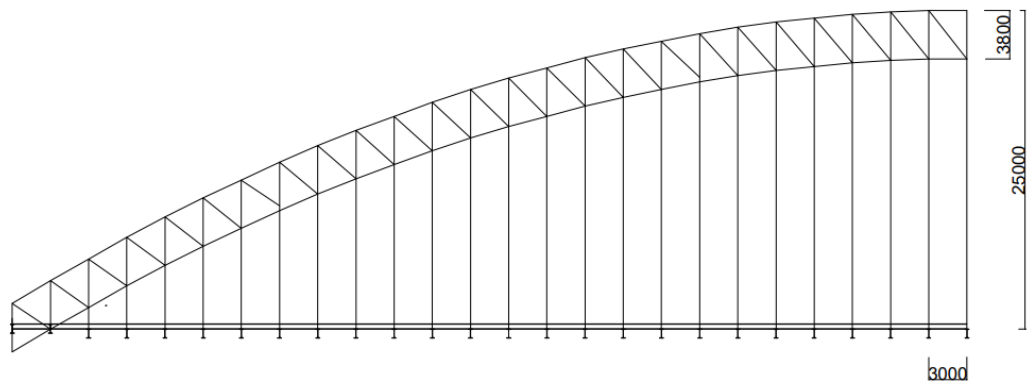
#### Konstruksi atas

Tipe profil gelagar	: Baja WF
Jarak antar gelagar	: 1,8 m antar gelagar memanjang 3 m antar gelagar melintang
Tipe penggantung	: <i>Strand Cable</i>
Tipe lantai kendaraan	: Beton bertulang
Tebal aspal	: 0,05 m (ditambah 0,05 m dikemudian hari)
Tinggi trotoar	: 0,25 m
Jarak antar tiang sandaran	: 1 x 1,5 m
Jarak antar pipa sandaran	: 0,2 m

- Tinggi pelengkung :  $\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$ , taksiran  $f = 25$  m  
 $0,167 \leq 0,167 \leq 0,2$  .... **memenuhi**
- Tinggi tampang busur :  $\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25}$ , taksiran  $t = 3,8$  m  
 $0,025 \leq 0,027 \leq 0,04$  .... **memenuhi**
- Panjang segmen busur :  $s \leq \frac{1}{15}L$ , taksiran  $s = 3$  m  
 $2,5 \leq 10$  .... **memenuhi**  
Maka,  $\frac{144}{3} = 48$  segmen
- Tinggi *hanger* :  $f_e$  adalah tinggi efektif busur ( $f_e = f - t = 21,2$ )  
*x* adalah jarak tertentu dari tumpuan ke segmen yang ditinjau  
*L* adalah panjang bentang efektif  
*y* adalah tinggi kabel penggantung/*hanger*  
Sampel perhitungan tinggi penggantung pada segmen pertama yang dimulai dari segmen 3 (kabel pertama)
- $$Y_n = \frac{4 \cdot f_e \cdot x \cdot (L - x)}{L^2}$$
- $$Y_n = \frac{4 \cdot 21,2 \cdot 3 \cdot (144 - 3)}{144^2}$$
- $$Y_n = 1,7 \text{ m}$$
- Catatan: iterasi  $Y_n$  setengah bentang jembatan pada dibawah.

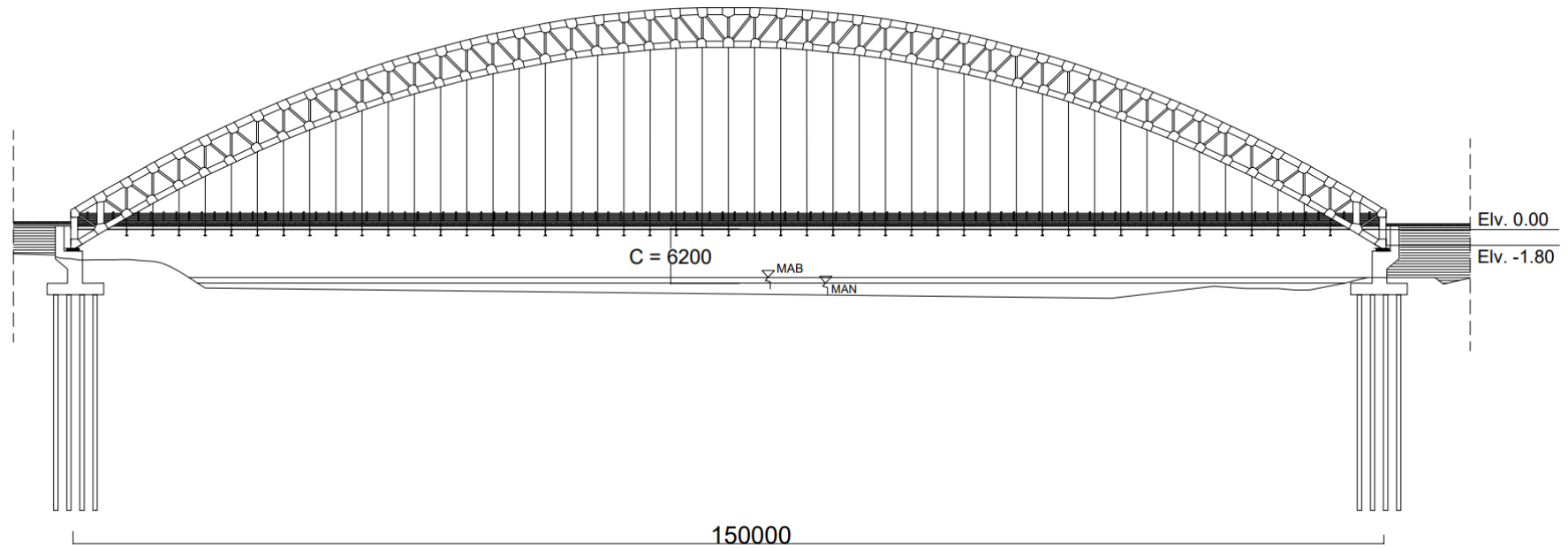
### Konstruksi bawah

- Jenis *abutment* : Pangkal tanah bertulang
- Jenis fondasi : Tiang pancang *square pile* pabrik, 450 x 450 cm

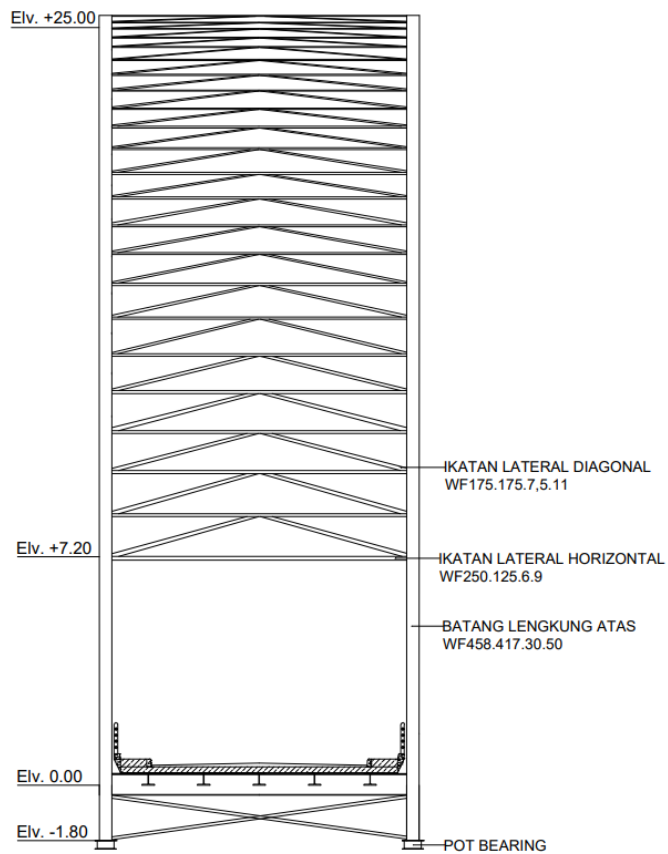


Segmen	$x$ (m)	$L$ (m)	$f_e$ (m)	$y$ (m)
0	0	144	21,2	0
1	3	144	21,2	1,7
2	6	144	21,2	3,4
3	9	144	21,2	5,0
4	12	144	21,2	6,5
5	15	144	21,2	7,9
6	18	144	21,2	9,3
7	21	144	21,2	10,6
8	24	144	21,2	11,8
9	27	144	21,2	12,9
10	30	144	21,2	14,0
11	33	144	21,2	15,0
12	36	144	21,2	15,9
13	39	144	21,2	16,7
14	42	144	21,2	17,5
15	45	144	21,2	18,2
16	48	144	21,2	18,8
17	51	144	21,2	19,4
18	54	144	21,2	19,9
19	57	144	21,2	20,3
20	60	144	21,2	20,6
21	63	144	21,2	20,9
22	66	144	21,2	21,1
23	69	144	21,2	21,2
24	72	144	21,2	21,2
49	147	144	21,2	-1,8

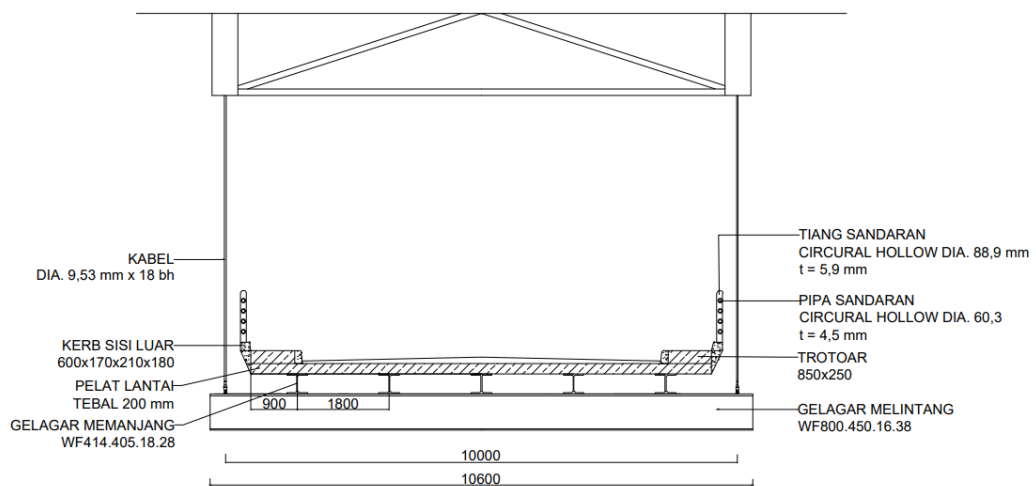
### 3.4 Model Rencana Jembatan



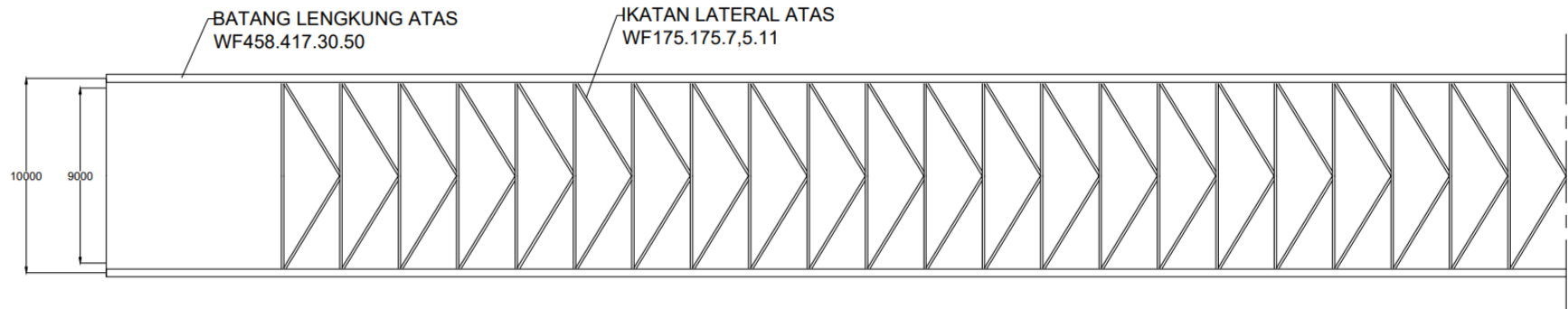
Gambar 3.4 Tampak Memanjang Rencana Jembatan



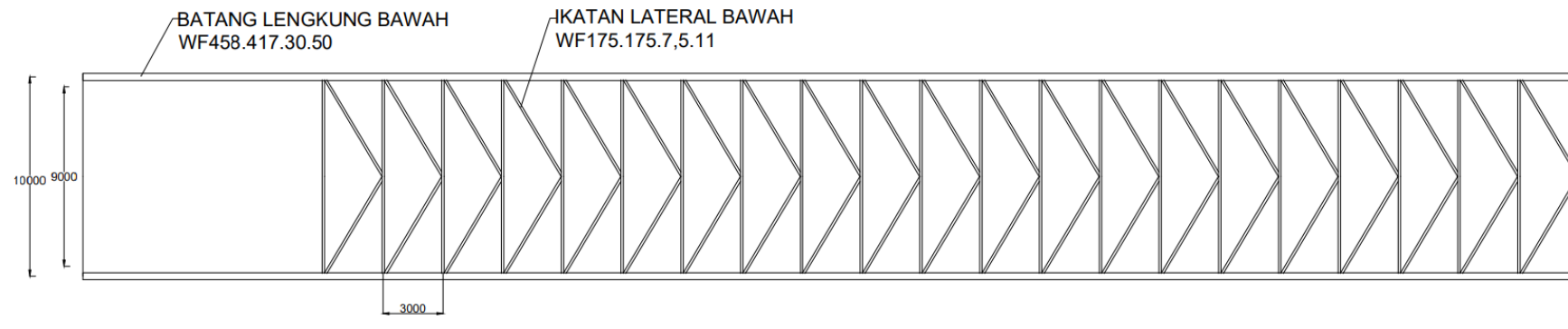
Gambar 3.5 Tampak Melintang Rencana Jembatan



Gambar 3.6 Detail Tampak Melintang

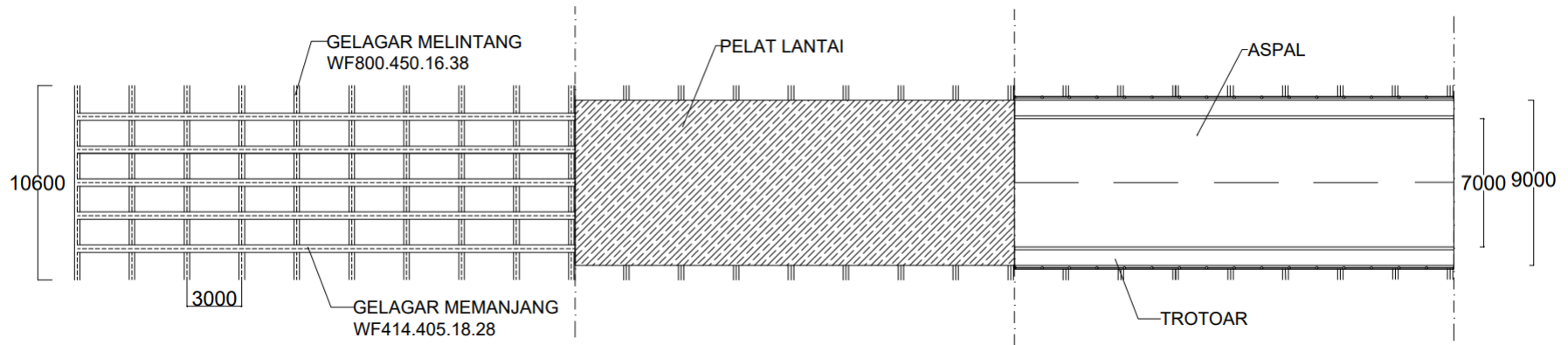


Gambar 3.7 Tampak Batang Lengkung Atas



Gambar 3.8 Tampak Batang Lengkung Bawah





Gambar 3.9 *Layout* Lantai Kendaraan

### 3.5 Teknik Analisis Data

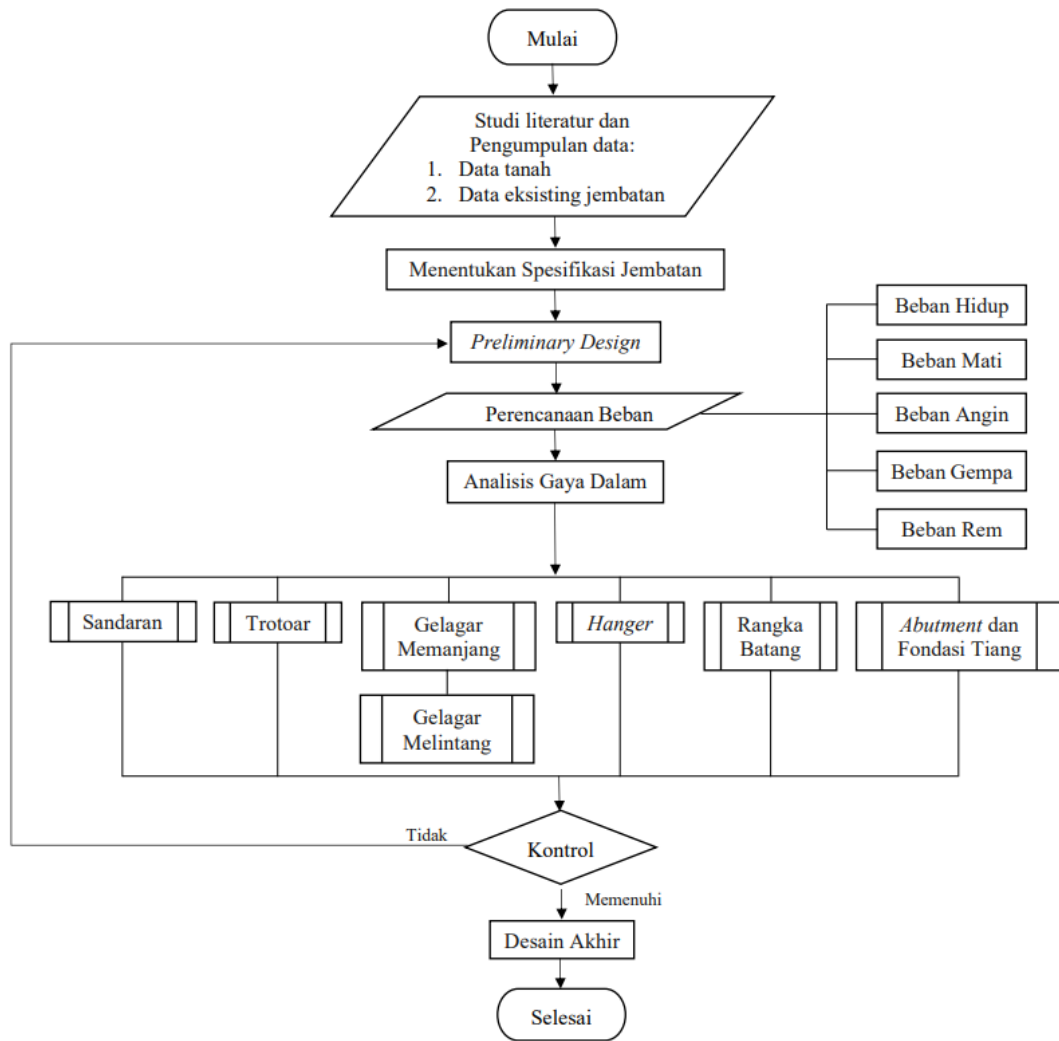
Pada tugas akhir ini, penulis merencanakan jembatan permanen dengan sistem pelengkung dengan bentang total 150 m yang semula terdapat jembatan jenis bailey (sementara). Selain analisis struktur atas, peneliti merencanakan struktur bawah jembatan sebagai penopang alur tranfersnya beban pada tanah.

Metode perencanaan mengacu pada peraturan-peraturan dan pedoman, meliputi:

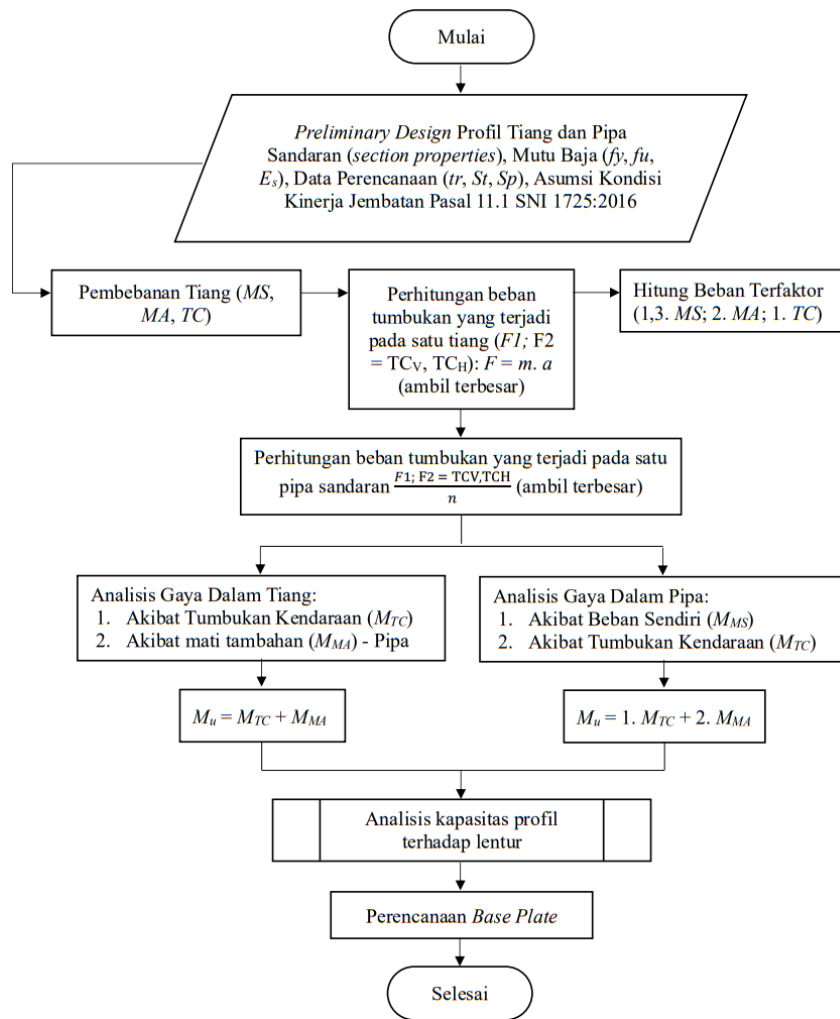
1. SNI 1725:2016 tentang Pembebanan Jembatan.
2. SNI 2833:2016 tentang Pembebanan Jembatan terhadap Beban Gempa.
3. SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
4. SNI 1729:2002 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
5. RSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan.
6. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan.
7. Pedoman PUPR tentang Perancangan Jembatan Pelengkung Nomor: 02/SE/M/2018.
8. Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan No. 02/M/BM/2021.
9. ASTM A416/A416M – 12a *Standard Specification for Steel Strand, Uncoated 7-wire for Prestressed Concrete.*

### 3.6 Flow Chart

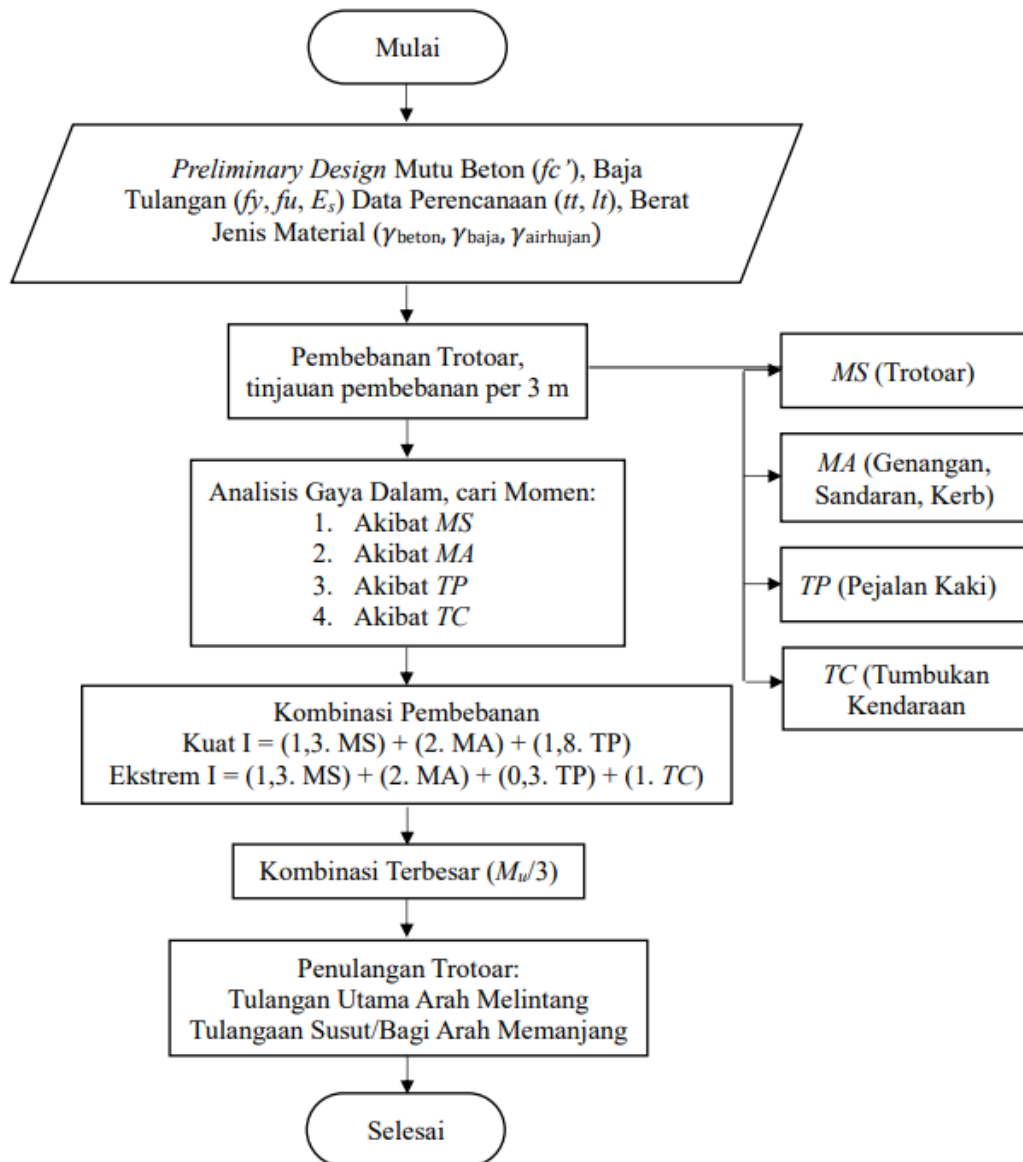
Analisis data secara ringkas untuk BAB ini dan BAB selanjutnya di sajikan dalam alur perencanaan (*flow chart*) yang dibuat per elemen jembatan, dan analisis kapasitas yang akan dihitung.



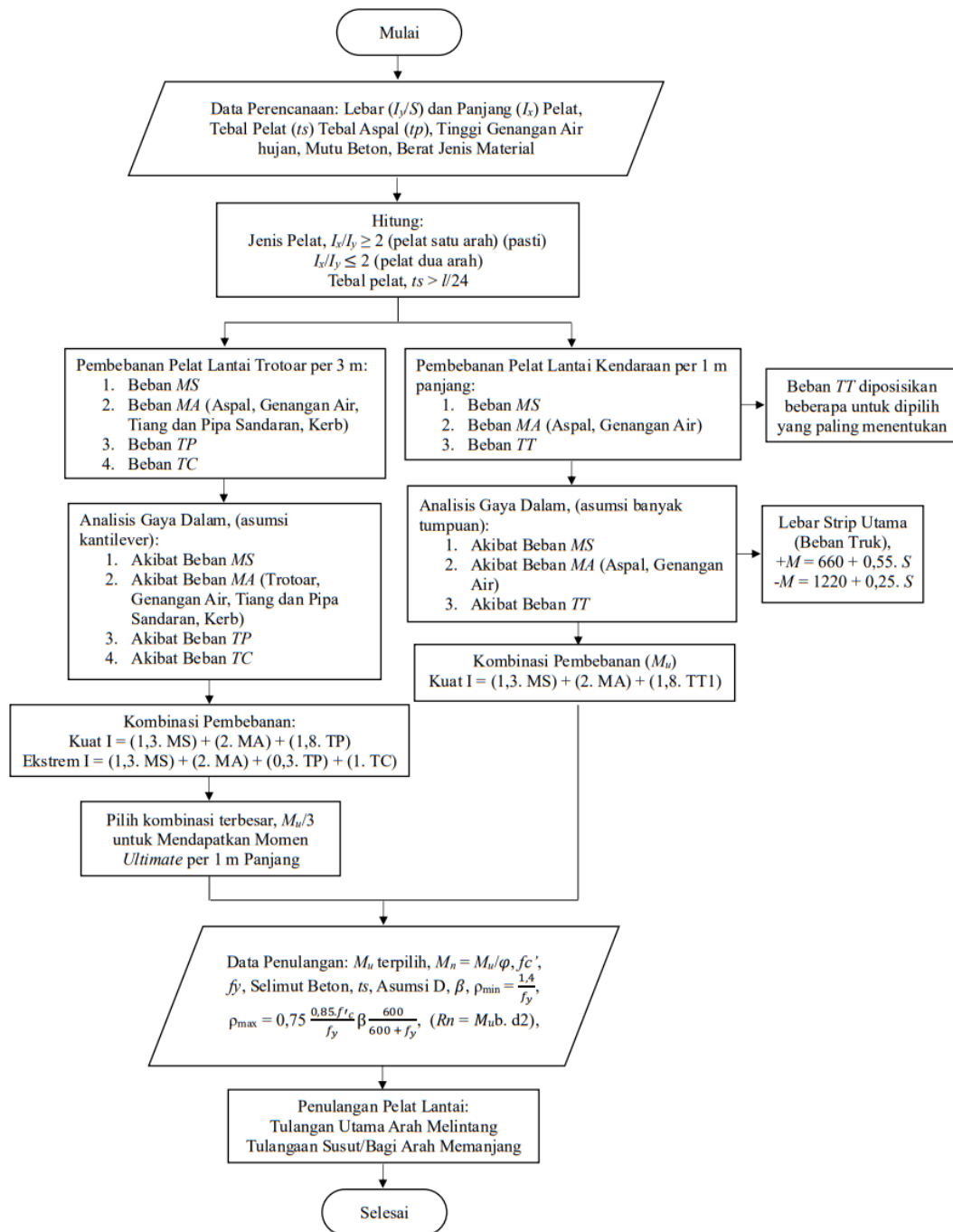
Gambar 3.10 *Flow chart* Perencanaan Jembatan Secara Umum



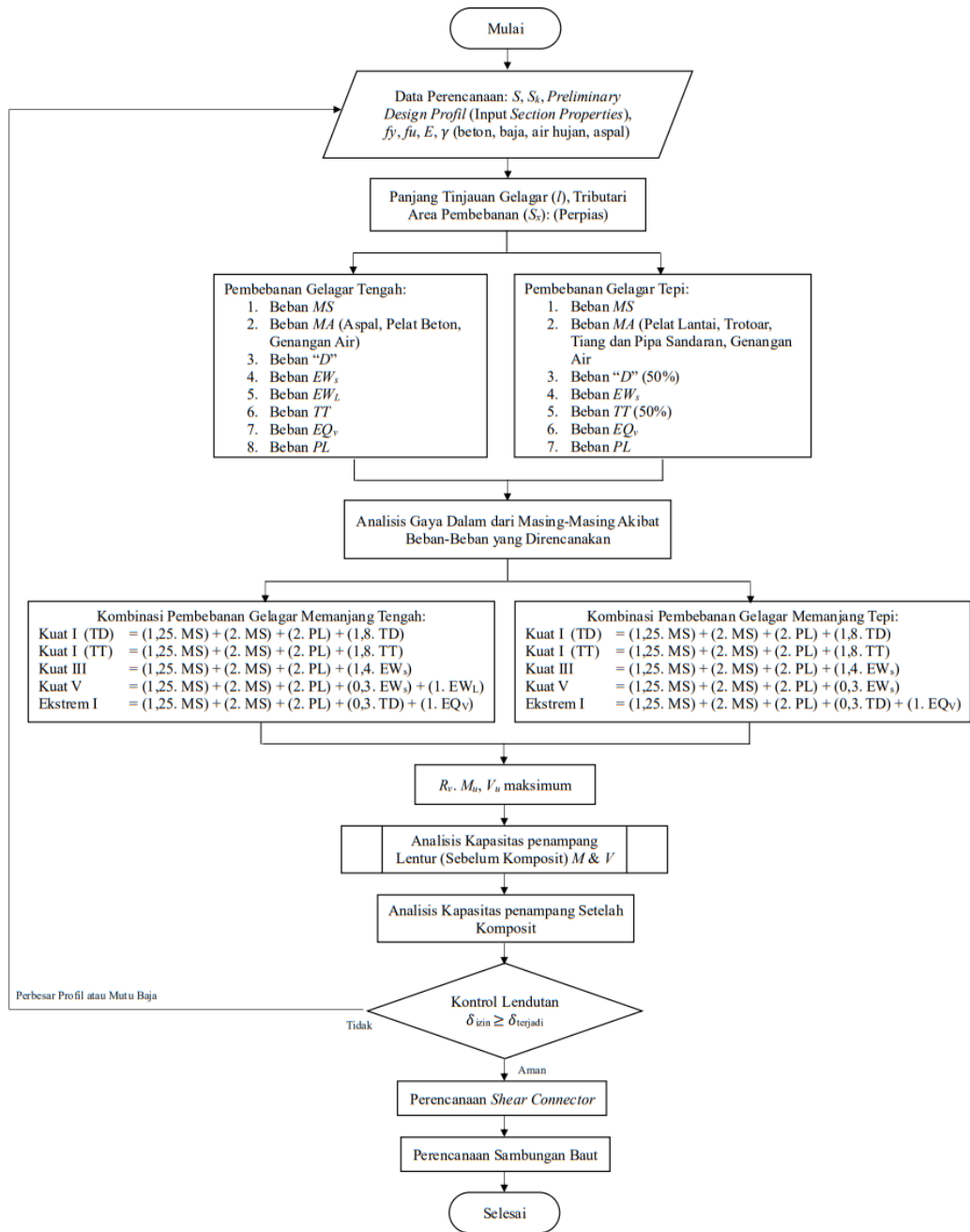
Gambar 3.11 Perencanaan Sandaran



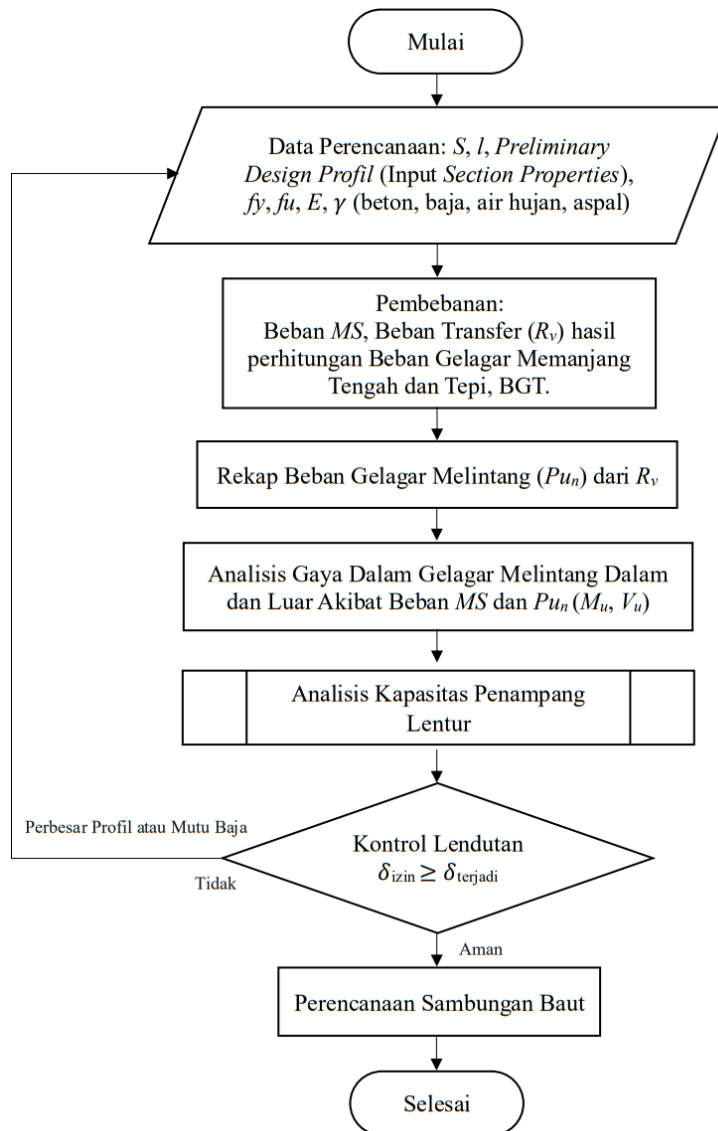
Gambar 3.12 Perencanaan Trotoar



Gambar 3.13 Perencanaan Pelat Lantai

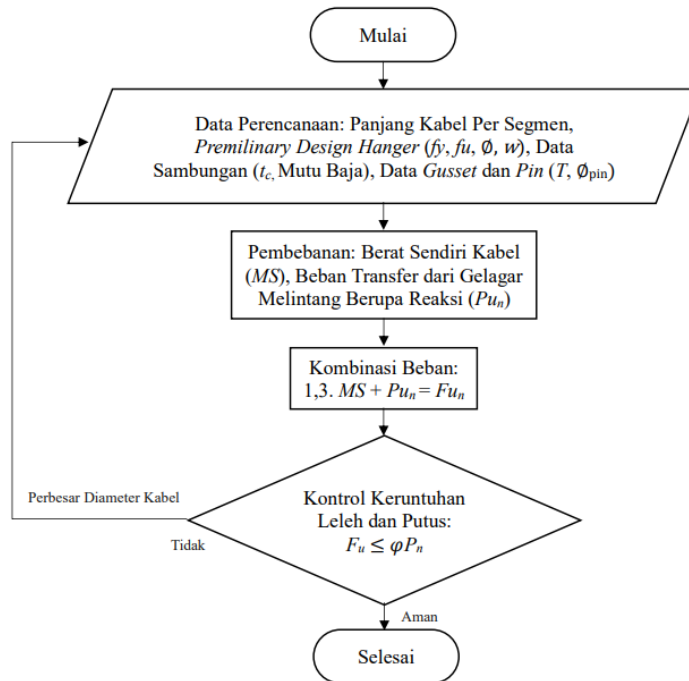


Gambar 3.14 Perencanaan Gelagar Memanjang

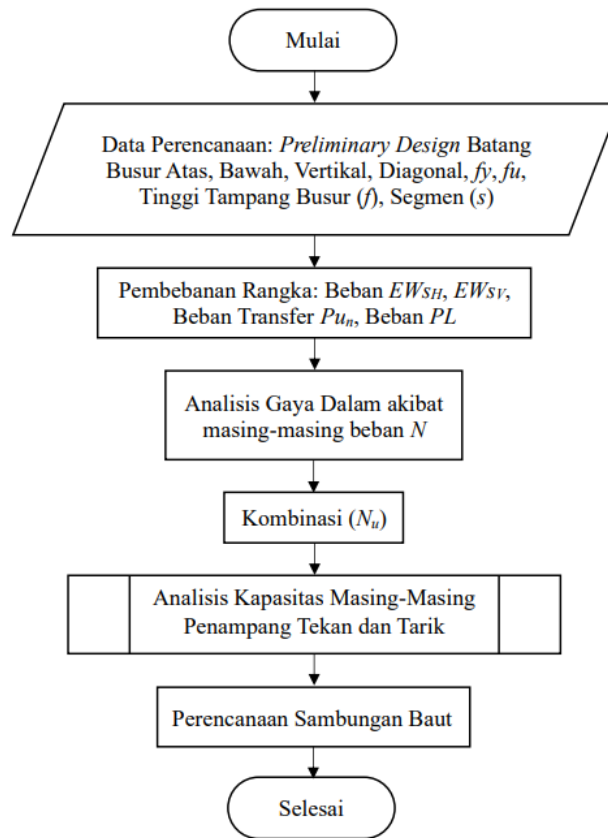


Gambar 3.15 Perencanaan Gelagar Melintang

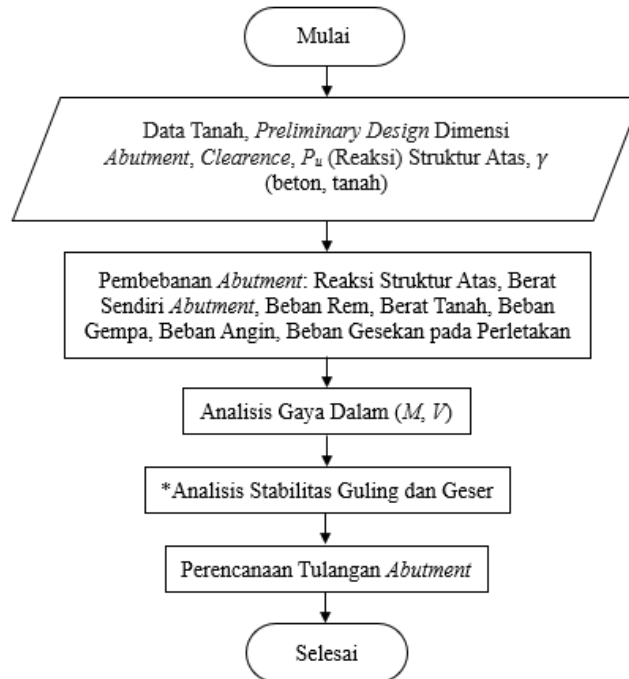




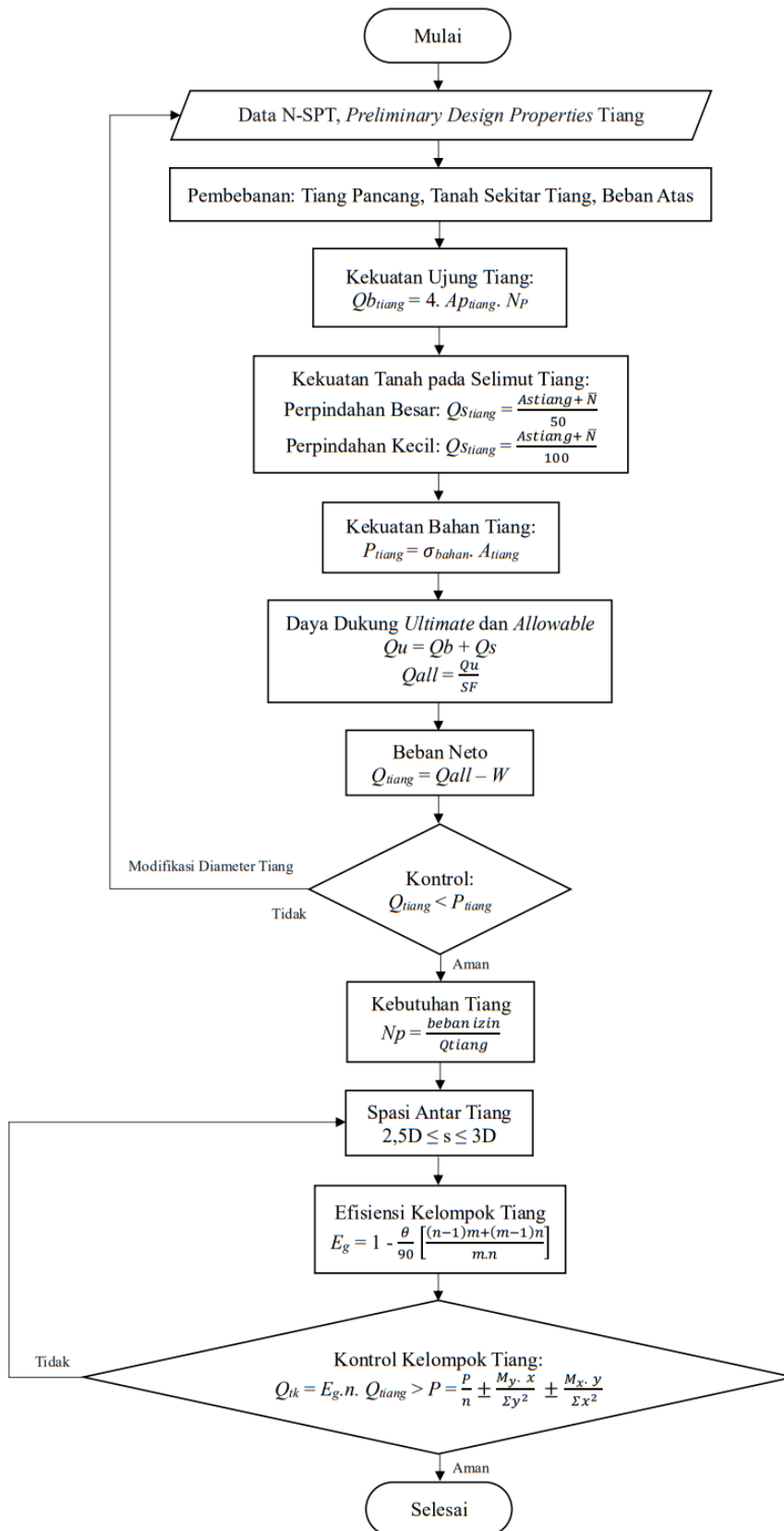
Gambar 3.16 Perencanaan Kabel



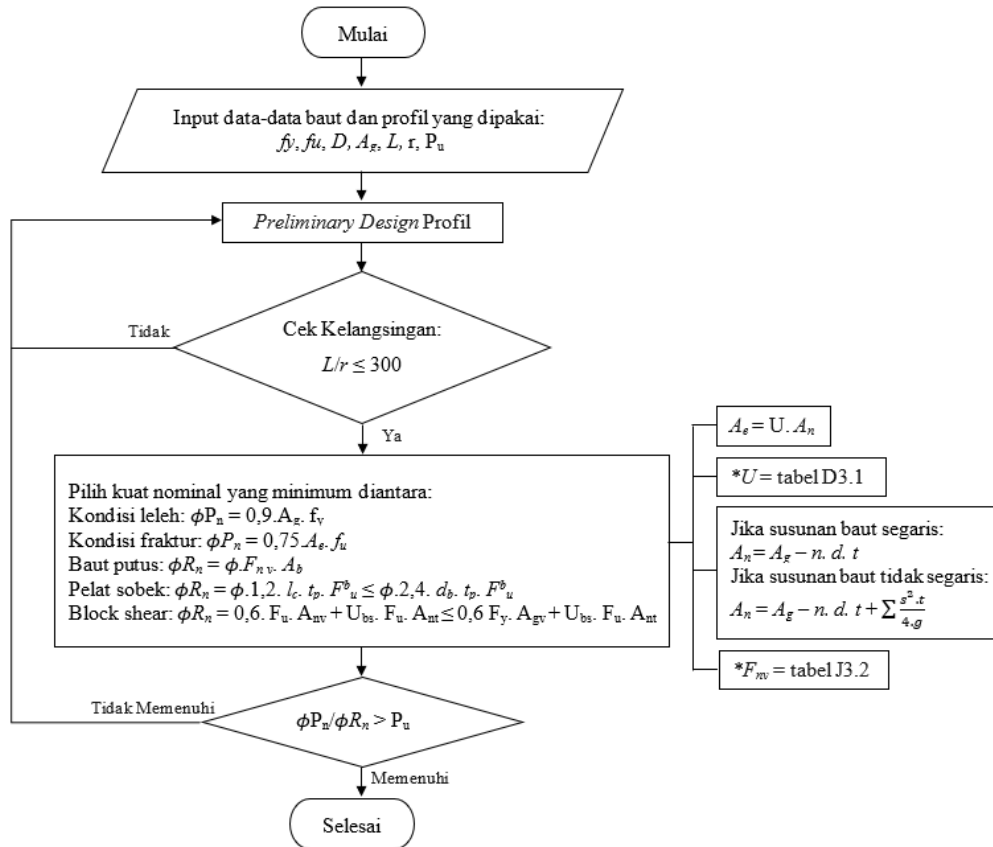
Gambar 3.17 Perencanaan Rangka Batang



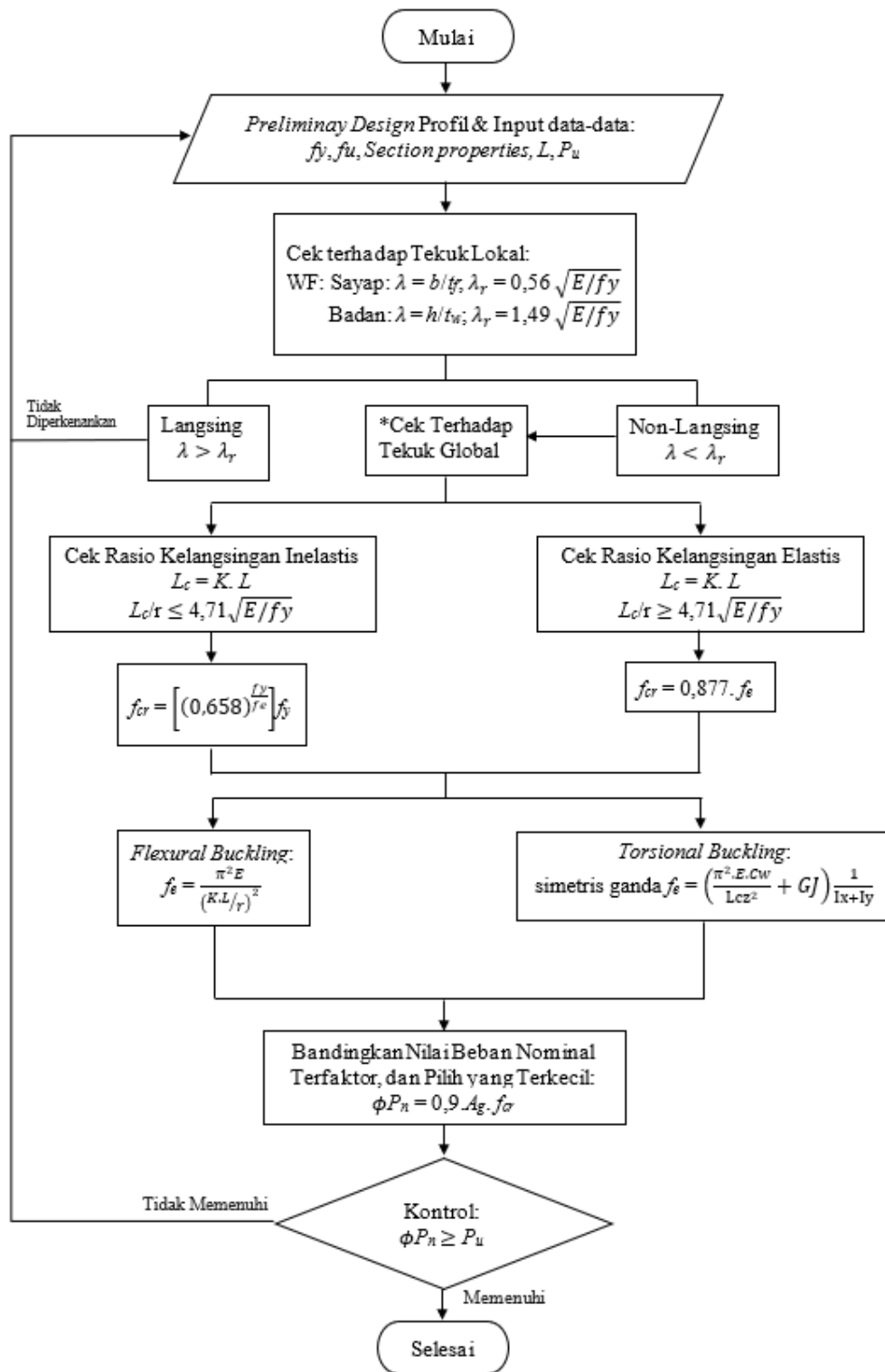
Gambar 3.18 Perencanaan *Abutment*



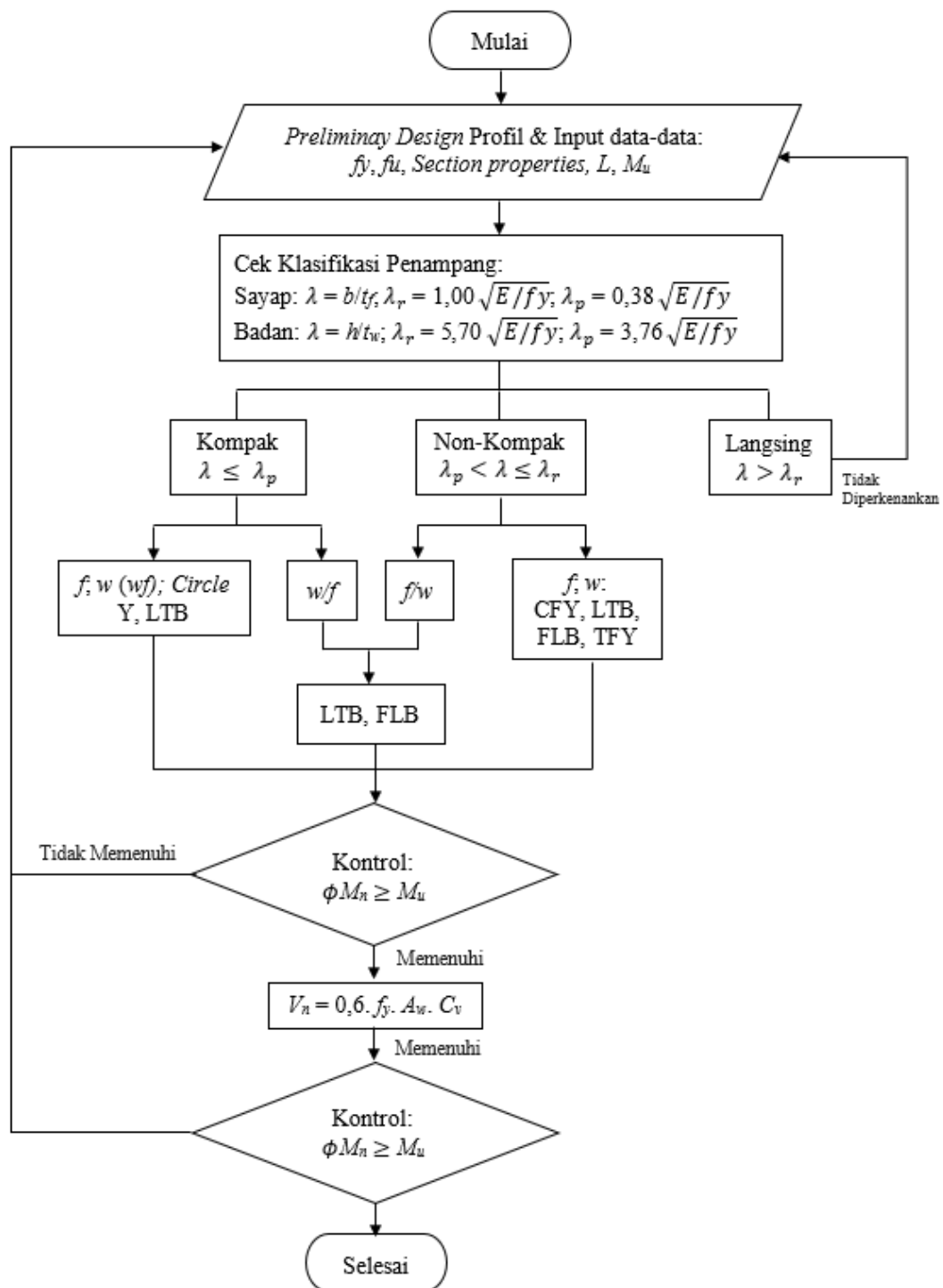
Gambar 3.19 Perencanaan Fondasi Tiang Pancang



Gambar 3.20 Perencanaan Batang Tarik



Gambar 3.21 Perencanaan Batang Tekan



Gambar 3.22 Perencanaan Balok Lentur

### 3.7 Analisis Data

Analisis data tahap pertama yaitu analisis atau perhitungan pembebanan pada setiap elemen jembatan dengan *preliminary design*. Elemen dihitung sebagian yang

mewakili, kecuali kabel, gelagar melintang, rangka batang, dan ikatan angin dianalisis menggunakan SAP2000 V22.

### 3.7.1 Sandaran/Railling

Pembebanan sandaran ditentukan berdasarkan kriteria kinerja pada SNI 1725:2016 pasal 11.1, pada tugas akhir ini diasumsikan menggunakan tipe kinerja 3 yaitu digunakan untuk kecepatan rencana tinggi dengan campuran kendaraan berat yang sangat rendah. Sandaran didesain untuk dapat memikul beban akibat tumbukan kendaraan.

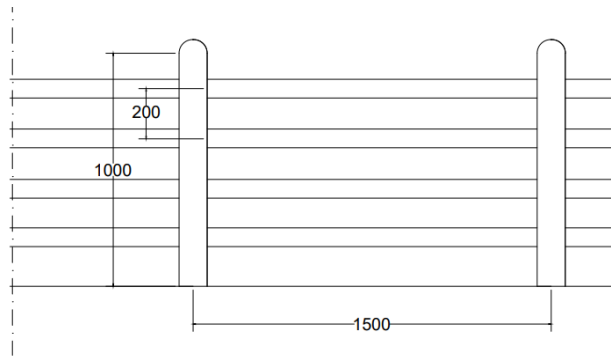
Pembebanan sandaran pada tugas akhir ini dihitung per satu tiang, dengan 4 pipa sandaran kanan kiri tiang yang mentransfer setengah bebannya, dengan hasil beban tumbukan dari sandaran dibagi pada 4 pipa kanan kiri (8).

Tabel 3.1 Kriteria Kinerja *Railling* dan Terhadap Tumbukan

Karakteristik kendaraan	Mobil		Truk pickup	Satu unit truk van	Truk trailer tipe van		Truk trailer tipe traktor-tanker
W (N)	7000	8000	20000	80000	220000	355000	355000
B(mm)	1700	1700	2000	2300	2450	2450	2450
G (mm)	550	550	700	1250	1630	1850	2050
Sudut tumbuk ( $\theta$ )	20°	20°	25°	15°	15°	15°	15°
Kriteria kinerja	Kecepatan (km/jam)						
KK-1	50	50	50	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-2	70	70	70	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-3	100	100	100	N/A	N/A	N/A	N/A
KK-4	100	100	100	80	N/A	N/A	N/A
KK-5	100	100	100	N/A	N/A	80	N/A
KK-6	100	100	100	N/A	N/A	N/A	80

#### 3.7.1.1 Data perencanaan

Tinggi tiang sandaran (tr)	=	1000 mm	1 m
Jarak antar tiang sandaran (St)	=	1500 mm	1,5 m
Jarak antar pipa sandaran (Sp)	=	200 mm	0,2 m



Gambar 3.23 Dimensi Sandaran

### 3.7.1.2 Beban pada Tiang dan Pipa Sandaran

Taksiran profil tiang dan pipa sandaran:

Tiang sandaran (*Circular hollow*  $\varnothing 88,9$  mm ; t = 5,9 mm ; w = 12,1 kg/m)

Pipa sandaran (*Circular hollow*  $\varnothing 60,3$  mm t = 4,5 mm ; w = 6,19 kg/m)

1. Beban mati sendiri (*MS*)

$$\begin{aligned} \text{Tiang sandaran} &= w \cdot l \\ &= 0,121 \cdot 1 \\ &= 0,121 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Beban mati tambahan (*MA*)

$$\begin{aligned} \text{Pipa sandaran} &= w \cdot n \\ &= 0,0619 \cdot 4 \\ &= 0,2476 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Beban akibat tumbukan kendaraan (*TC*)

Data rencana pembebanan:

Kriteria kinerja rencana (KK)	=	3
Berat kendaraan rencana ( $W_1$ )	=	20000 N
massa kendaraan rencana ( $m_1$ )	=	2000 kg
kecepatan rencana kend. ( $V_1$ )	=	100 km/jam
	=	27,78 m/s
sudut tumbukan ( $\theta$ )	=	25 °

Analisis gaya tumbukan:

gaya tumbukan dianalisis dengan menggunakan persamaan:



$$F = m \cdot a$$

dimana,

F adalah gaya

m adalah massa

a adalah percepatan dengan asumsi selang waktu adalah satu detik dan kecepatan akhir (pasca tumbukkan adalah nol) maka,

$$\begin{aligned} a &= (V_1 - 0) / 1 \\ &= 27,778 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

maka dalam kasus ini beban tumbukan sebesar,

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ &= 2000 \cdot 27,778 \\ &= 55555,556 \text{ N} \end{aligned}$$

Proyeksi beban arah vertikal

$$\begin{aligned} F_1 &= F \cdot \sin 25 \\ &= 55555,556 \cdot \sin 25 \\ &= 23478,792 \text{ N} \\ &= 23,479 \text{ kN} \end{aligned}$$

Proyeksi beban arah horizontal

$$\begin{aligned} F_2 &= F \cdot \cos 25 \\ &= 55555,556 \cdot \cos 25 \\ &= 21279,012 \text{ N} \\ &= 21,279 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban yang diterima masing-masing dari ke 4 pipa sandaran:

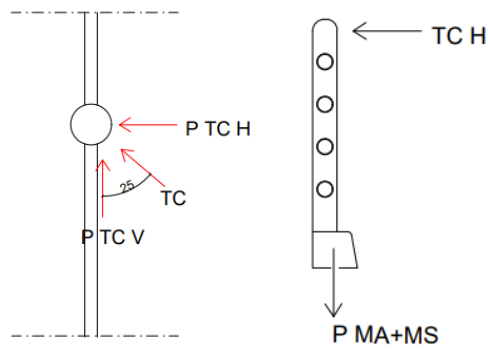
$$F_{ps1} = 5,870 \text{ kN (terbesar)}$$

$$F_{ps2} = 5,320 \text{ kN}$$

Hasil proyeksi pembebanan sandaran diambil yang terbesar untuk perhitungan selanjutnya, yaitu  $F_1$  23,479 kN ( $P_{TC \ v}$ ).

Tabel 3.2 Perhitungan Beban Tiang Sandaran Terfaktor

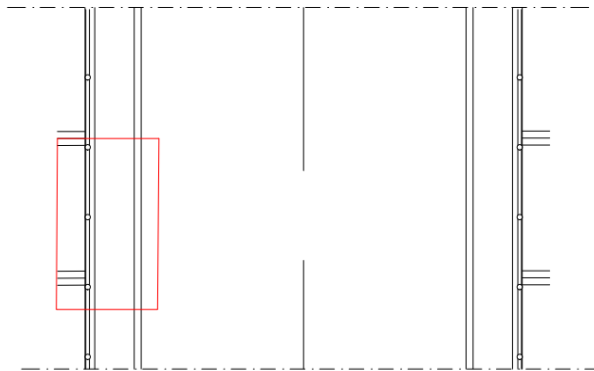
Jenis Beban	Nominal	FB	Terfaktor
<i>MS</i>	0,072 kN	1,3	0,093 kN
<i>MA</i>	0,146 kN	2,0	0,292 kN
<i>TC</i>	23,479 kN	1,0	23,479 kN



Gambar 3.24 Beban pada Tiang Sandaran

### 3.7.2 Trotoar

Pembebanan trotoar dihitung per tiga meter panjang, mengikuti segmen antar gelagar melintang dan jarak kabel.

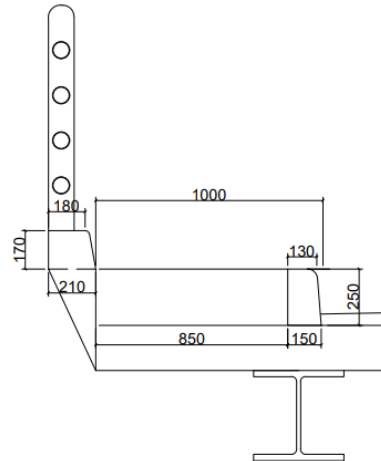


Gambar 3.25 Pias Trotoar yang dihitung

#### 3.7.2.1 Data Perencanaan

Tinggi trotoar ( $tt$ )	=	250 mm	0,25 m
Lebar trotoar ( $lt$ )	=	1000 mm	1 m
Dikurangi kerb			
dalam	=	850 mm	0,85 m
Jarak antar tiang	=	1500 mm	1,5 m
Kerb dalam			
Panjang ( $p$ )	=	400 mm	0,4 m
Lebar atas ( $la$ )	=	130 mm	0,13 m
Lebar bawah ( $lb$ )	=	150 mm	0,15 m
Tinggi ( $t$ )	=	250 mm	0,25 m
Kerb luar			

Panjang (p)	=	400 mm	0,4 m
Lebar atas (la)	=	180 mm	0,18 m
Lebar bawah (lb)	=	210 mm	0,21 m
Tinggi (t)	=	170 mm	0,17 m



Gambar 3.26 Dimensi Trotoar

### 3.7.2.2 Data Material

Berat jenis material:

$\gamma$  beton < 35 Mpa

$$22 + 0,022 f_{c'} = 22,639 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma \text{ baja} = 78,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma \text{ air hujan} = 9,8 \text{ kN/m}^3$$

### 3.7.2.3 Beban pada Trotoar

Tinjauan pembebanan trotoar ( $l$ ) = 3 m

#### 1. Beban mati sendiri (MS)

$$\begin{aligned} \text{Trotoar} &= \gamma b. tt. l + ((0,093+0,2). 0,25)/2 \\ &= 22,6. 0,25. 3 + (0,093+0,2). 0,25)/2 \\ &= 17,121 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

#### 2. Beban mati tambahan (MA)

$$\begin{aligned} \text{Kerb luar} &= \gamma b. t. l \\ &= 22,6. 0,210. 3 \\ &= 14,263 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Tiang + pipa sandaran} = w. 3 + w. 1,5. 12$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,477 \text{ kN} \\
 \text{Genangan air hujan} &= \gamma_a \cdot t \cdot l \\
 &= 9,8 \cdot 0,05 \cdot 3 \\
 &= 1,47 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

3. Beban hidup

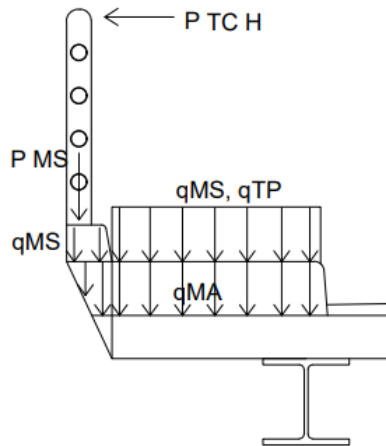
Beban hidup pada trotoar berupa pejalan kaki dengan nilai 5 kPa

$$\text{Pejalan kaki (TP)} = 15 \text{ kN/m}$$

4. Beban tumbukan akibat kendaraan (TC)

Terdapat 3 tiang sandaran pada pias trotoar yang dihitung, maka:

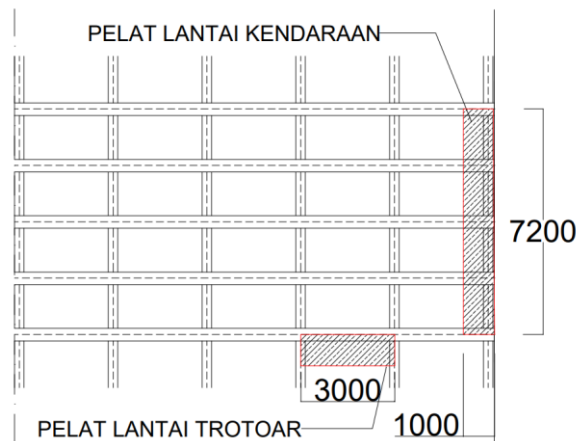
$$\text{Diambil beban tumbukan arah horizontal} = 63,837 \text{ kN}$$



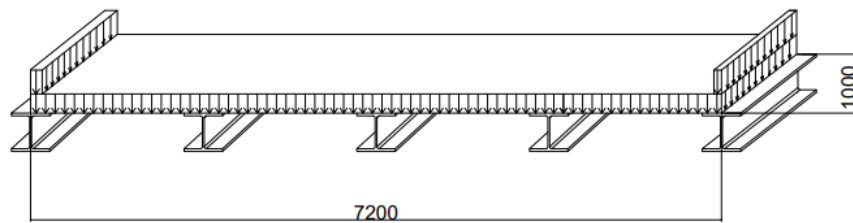
Gambar 3.27 Beban pada Trotoar

### 3.7.3 Pelat Lantai Kendaraan

Pelat lantai kendaraan yang dimaksud adalah pelat lantai yang hanya terdapat beban hidup dari kendaraan (tanpa trotoar dengan beban hidup pejalan kaki), yakni dengan batasan as gelagar memanjang tepi kanan dan kiri. Pelat lantai yang menumpu trotoar dihitung terpisah pada poin selanjutnya. Pembebanan pelat lantai kendaraan dihitung per satu meter panjang arah melintang jembatan, dan disumsikan ditumpu oleh banyak tumpuan (struktur tak tentu) (Kementerian PUPR, 2021) Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan No. 02/M/BM/2021.



Gambar 3.28 Pias Pelat Lantai yang dihitung



Gambar 3.29 Lebar Efektif Pelat Lantai

### 3.7.3.1 Data Perencanaan

Kontrol pelat lantai:

Lebar pelat ( $I_y$ ) = 1800 mm      1,8    m

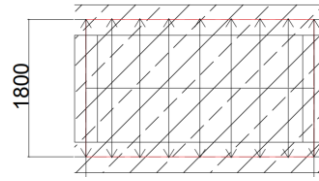
Panjang pelat ( $I_x$ ) = 15000 mm    150    m

Jenis pelat =  $\frac{I_x}{I_y} = \frac{150}{1,8} = 83,3 \geq 2$

**... pelat satu arah**

yang artinya tulangan utama pada arah melintang, sedangkan arah memanjang hanya tulangan susut/rangkak, karena lendutan terbesar terjadi pada arah memanjang.

Dengan distribusi beban seperti pada gambar di bawah:



Gambar 3.30 Tributary Area dan Arah Distribusi Beban Pelat Lantai

Tebal pelat ( $t_s$ ) = kontrol pelat dihitung 3000 mm 3 m  
 taksiran  $t_s$  200 mm 0,2 m

Kondisi tumpuan	$h^{[1]}$ Minimum
Tumpuan sederhana	$l/20$
Satu ujung menerus	$l/24$
Kedua ujung menerus	$l/28$
Kantilever	$l/10$

Gambar 3.31 Persamaan untuk Tebal Pelat  
 Digunakan kondisi tumpuan satu ujung menerus, untuk mendapatkan nilai konservatif.

$$t_s > \frac{l}{24}$$

$$200 > \frac{3000}{24}$$

200 > 125 mm ... memenuhi

Tebal aspal ( $t_p$ ) = 50 mm 0,05 m

Pembebanan ditambah 50 mm, asumsi perbaikan dikemudian hari.

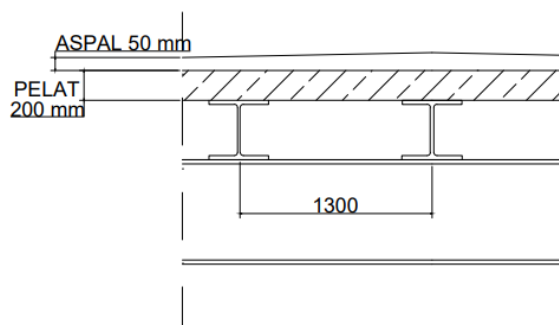
Tinggi air hujan = 50 mm 0,05 m

Tinggi selimut beton = 50 mm 0,05 m

Lebar strip ekuivalen =  $M_{pos} = 660 + 0,55 \cdot S = 1650$  mm

$M_{neg} = 1220 + 0,25 \cdot S = 1670$  mm

\*Ketentuan menggunakan lebar strip ekuivalen untuk perhitungan beban hidup truk terdapat pada Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan No. 02/M/BM/2021.

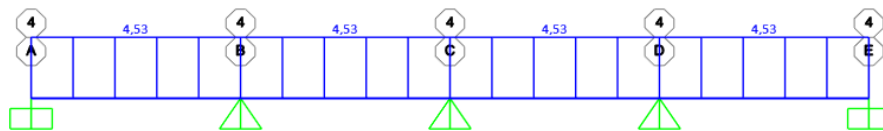


Gambar 3.32 Dimensi Pelat Lantai

### 3.7.3.2 Beban pada Pelat Lantai Kendaraan

1. Beban mati sendiri (*MS*)

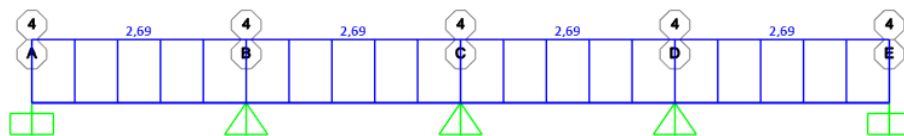
$$\begin{aligned}
 \text{Pelat Lantai} &= \gamma_b \cdot t_s \cdot l \\
 &= 22,6 \cdot 0,2 \cdot 1 \\
 &= 4,528 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



2. Beban mati tambahan (*MA*)

$$\begin{aligned}
 \text{Aspal} &= \gamma_a \cdot t_p \cdot 1 \\
 &= 22 \cdot 0,1 \cdot 1 \\
 &= 2,200 \text{ kN/m} \\
 \text{Genangan air} &= \gamma_w \cdot t_h \cdot 1 \\
 &= 9,8 \cdot 0,05 \cdot 1 \\
 &= 0,490 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

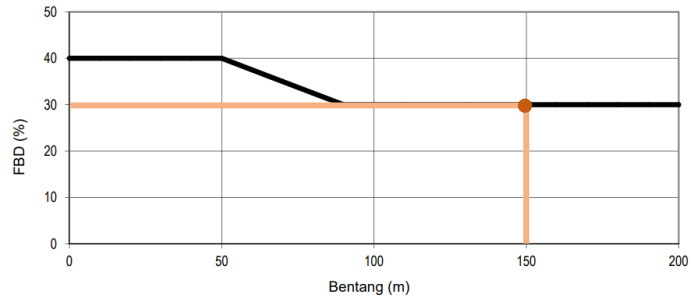
$$\text{Total} = \underline{\quad\quad\quad} = 2,690 \text{ kN/m}$$



3. Beban hidup lalu lintas truk (*TT*)

Beban hidup truk dihitung per roda, dengan beban 112,5 kN

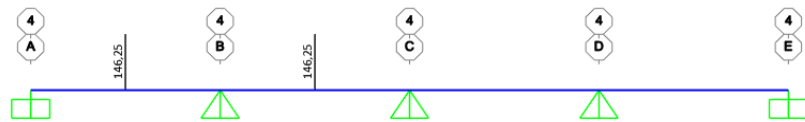
Nilai DLA tergantung pada panjang bentang, yang didapat dari grafik, dalam tugas akhir ini bentang total 150 m.



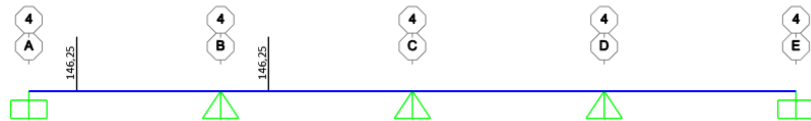
Gambar 3.33 Nilai FBD bentang 150 m

$$\begin{aligned}
 \text{DLA} &= 30\% \\
 P_{\text{TT}} &= 112,5 \cdot (1 + \text{DLA}) \\
 &= 146,25 \text{ kN (beban 2 roda)}
 \end{aligned}$$

a. Posisi 1



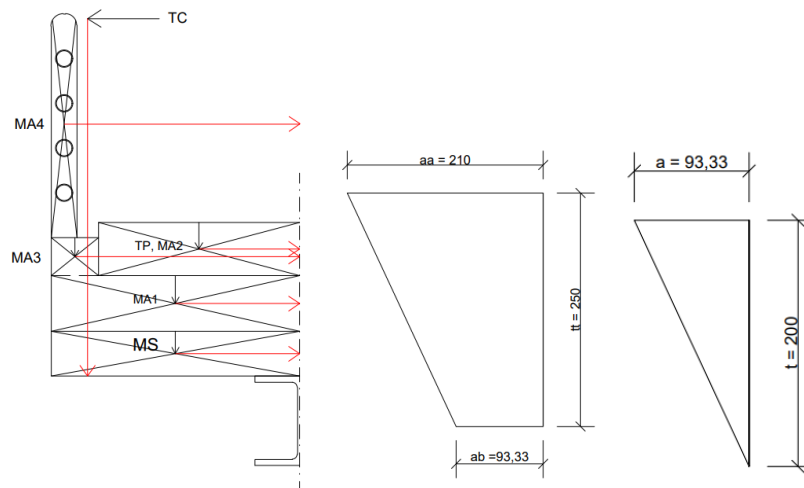
b. Posisi 2



### 3.7.4 Pelat Lantai Trotoar

Untuk memudahkan perhitungan, pelat lantai trotoar dihitung per 3 m menyesuaikan segmen antar gelagar melintang dan bagian penampang segitiga untuk keperluan analisis struktur dibuat segiempat, seperti pada gambar 3.24 dan diasumsikan pelat kantilever.





Gambar 3.34 Beban dan Lengan Momen Pelat Lantai Trotoar

### 3.7.4.1 Beban pada Pelat Lantai Trotoar

1. Beban mati sendiri (*MS*)

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat lantai trotoar} &= \gamma_b \cdot ts \cdot S_k \cdot l + ((a \cdot t)/0,5) \cdot l \\
 &= 22,6 \cdot 0,2 \cdot 0,9 \cdot 3 + ((0,093 \cdot 0,2)/0,5) \cdot 3 \\
 &= 12,337 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Beban mati tambahan (*MA*)

$$\begin{aligned}
 \text{Trotoar} &= \gamma_b \cdot tt \cdot S_k \cdot l + ((ab+aa)/0,5) \cdot tt \cdot l \\
 &= 22,6 \cdot 0,25 \cdot 0,9 \cdot 3 + \\
 &= (((0,093 + 0,210)/0,5) \cdot 0,25) \cdot 3 \\
 &= 25,571 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Genangan air hujan} &= \gamma_w \cdot th \cdot S_k \cdot l \\
 &= 9,8 \cdot 0,05 \cdot 0,9 \cdot 3 \\
 &= 1,323 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tiang dan pipa} &= w \cdot 2 + w \cdot 8 \cdot St \\
 &= 0,121 \cdot 2 + 0,0619 \cdot 8 \cdot 1,5 \\
 &= 0,985 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kerb} &= \gamma_b \cdot ((la + lb)/0,5) \cdot t \cdot l \\
 &= 22,6 \cdot ((0,210 + 0,180)/0,5) \cdot 0,17 \cdot 3 \\
 &= 9,006 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Beban hidup

$$\text{Pejalan kaki (TP)} = TP \cdot S_k \cdot l$$

$$= 5 \cdot 0,9 \cdot 1,5$$

$$= 13,5 \text{ kN}$$

4. Beban tumbukan kendaraan ( $TC$ ) =  $TC \cdot 2 = 23,479.2 = 46,958 \text{ kN}$

### 3.7.5 Penampang Komposit

Lebar efektif untuk perhitungan komposit, dihitung:

Mengacu pada RSNI T-03-2005, lebar efektif ( $b_{ef}$ ) ditentukan dengan syarat dipilih yang terkecil:

$$b_{ef} \leq \frac{1}{5} \cdot l$$

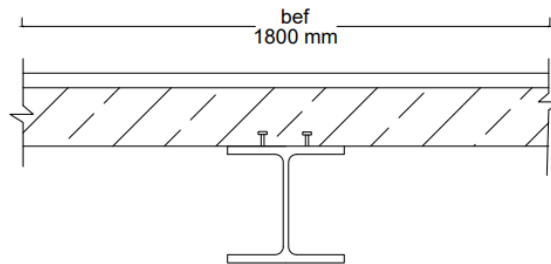
30000 mm

$$b_{ef} \leq S$$

1800 mm

$$b_{ef} \leq 12 \cdot tp$$

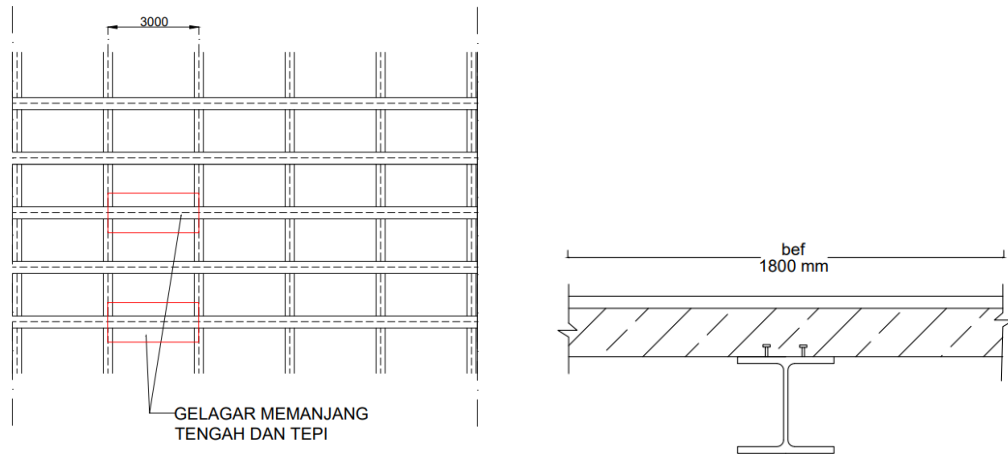
2400 mm



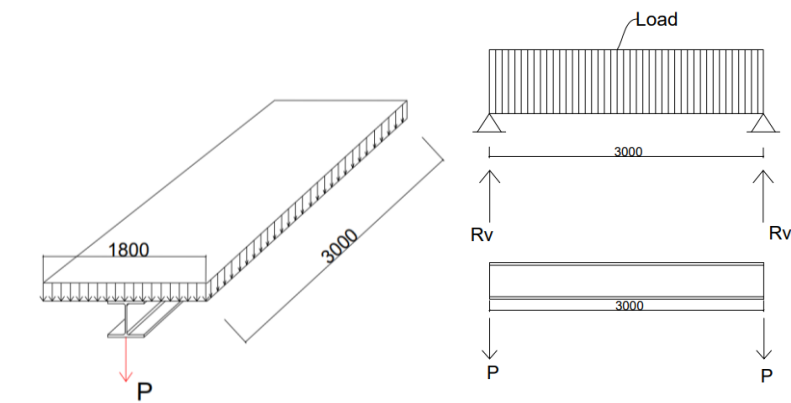
Gambar 3.35 Lebar Efektif untuk Penampang Komposit

### 3.7.6 Gelagar Memanjang Tengah

Pembebanan gelagar memanjang ditinjau persegmen (3 m) dan dibagi menjadi gelagar tengah & tepi karena menumpu beban yang berbeda, diasumsikan dengan tumpuan sederhana. Gelagar dihitung per 1,8 m tributari area (menumpu beban dari setengah kanan dan setengah kiri).



Gambar 3.36 Tributari Area Gelagar yang Akan dihitung



Gambar 3.37 Transfer Beban Dari Gelagar Memanjang

### 3.7.6.1 Data Perencanaan

Jarak antar gelagar memanjang (S)	=	1800 mm	
	=	1,8 m	
Jarak as balok pada ujung luar trotoar ( $S_x$ )	=	900 mm	
	=	0,9 m	
Panjang tinjauan gelagar memanjang ( $l$ )	=	3 m	
Tributari area gelagar memanjang ( $S_x$ )	=	$(S/2) \cdot 2$	= 1,8 m

### 3.7.6.2 Data Material

Berat jenis material yang akan dipakai dalam perhitungan:

$\gamma$  beton < 35 Mpa

$$22 + 0,022 f_{c'} = 22,639 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma \text{ baja} = 78,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma \text{ air hujan} = 9,8 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{aspal}} = 22 \text{ kN/m}^3$$

### 3.7.6.3 Beban pada Gelagar Memanjang Tengah

Taksiran profil gelagar memanjang memakai:

WF406.403.16.24 ;  $w = 200 \text{ kg/m}$

#### 1. Beban mati sendiri (MS)

$$\begin{aligned} \text{Gelagar memanjang} &= w \cdot l \\ &= 2 \cdot 3 \\ &= 6,000 \text{ kN} \end{aligned}$$

	GroupName Text	SelfMass KN-s2/m	SelfWeight KN	TotalMassX KN-s2/m	TotalMassY KN-s2/m	TotalMassZ KN-s2/m
▶	ALL	0,6	5,904	0,6	0,6	0,6

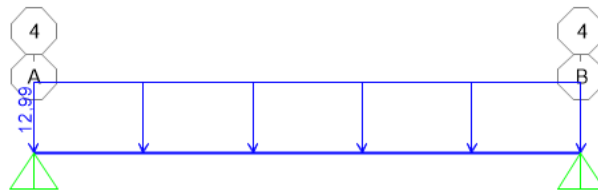
#### 2. Beban mati tambahan (MA)

$$\begin{aligned} \text{Aspal} &= \gamma_a \cdot tp \cdot S_x \\ &= 22 \cdot 0,1 \cdot 1,8 \\ &= 3,96 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pelat beton} &= \gamma_b \cdot ts \cdot S_x \\ &= 22,6 \cdot 0,20 \cdot 1,8 \\ &= 8,150 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Genangan air} &= \gamma_w \cdot th \cdot S_x \\ &= 9,8 \cdot 0,05 \cdot 1,8 \\ &= 0,882 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = 12,992 \text{ kN/m}$$



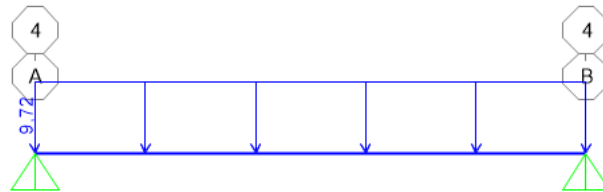
#### 3. Beban lalu lintas "D" (TD)

Nilai  $q$  pada BTR tergantung pada panjang bentang total jembatan, pada studi kasus ini 150 m,

maka memakai persyaratan  $L > 30 \text{ m}$  dengan persamaan:

$$\text{BTR} =$$

$$\begin{aligned}
&= 9,0 \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \\
&= 9,0 \left( 0,5 + \frac{15}{150} \right) \\
&= 5,4 \cdot S_x \\
&= 5,4 \cdot 1,8 \\
&= 9,72 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$



\*Karena BGT hanya terdapat pada tengah bentang total jembatan, dan pada desain ini tepat diatas gelagar melintang, sehingga tidak diperhitungkan disini. Agar mendapatkan beban yang konservatif, beban hidup lalu lintas dipilih yang terbesar antara beban lajur “D” dan Truk, sehingga dihitung beban truk.

#### 4. Beban Truk ( $TT$ )

Beban truk dipakai untuk perhitungan pelat lantai kendaraan

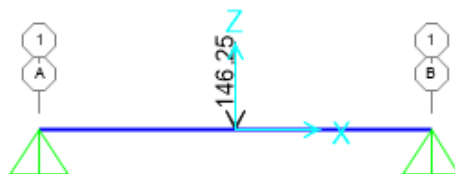
Beban hidupp dihitung per roda, dengan beban 112,5 kN

Pada perhitungan beban truk terdapat Faktor Beban Dinamis yang perlu ditambahkan pada perhitungan. Nilai FBD/DLA tergantung pada panjang bentang yang ditentukan dengan grafik:

$$DLA = 30\%$$

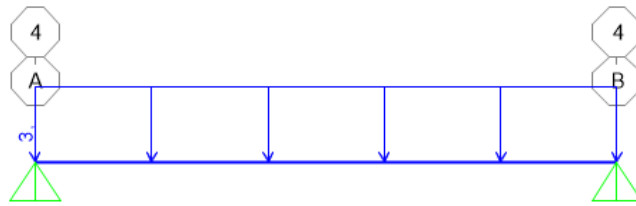
$$P_{TT} = 112,5 \cdot (1+DLA)$$

$$= 146,25 \text{ kN}$$

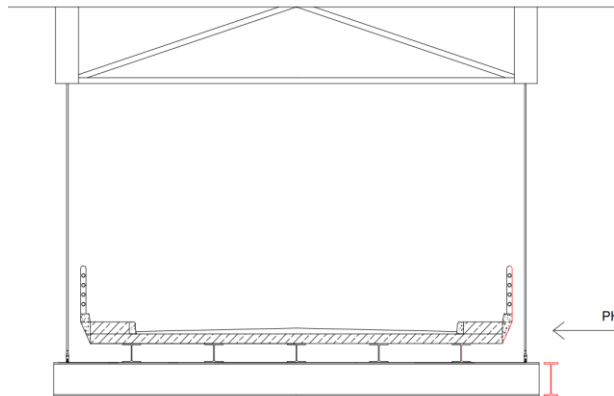


#### 5. Beban pelaksanaan ( $PL$ )

Beban pelaksanaan pada tugas akhir ini diasumsikan sebesar 3 kN/m



6. Beban angin pada struktur ( $EW_s$ )



Beban angin pada struktur ( $Ews$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Luas kontak (A)} &= \text{luas g. memanjang} + \text{luas samping pelat} + \\
 &= \text{luas g. melintang} + \text{luas railing} \\
 &= (t \cdot l) + (tp \cdot l) + A \text{ g. melintang} + (t \cdot l) \\
 &= (414 \cdot 3000) + (200 \cdot 3000) + 458 + (1000 \cdot 3000) \\
 &= 4842458 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi kontak (h)} = tr + tt + ts + tp + d = 1964 \text{ mm}$$

$$\text{Tekanan angin dasar (P}_B) = 0,0024 \text{ Mpa untuk gelagar}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya horizontal (P}_H) &= P_B \cdot A \\
 &= 11621,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

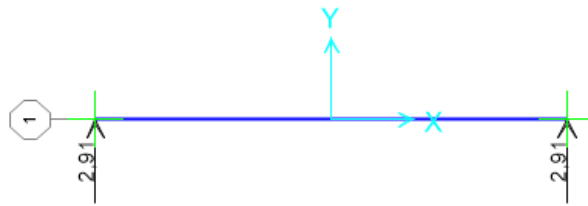
gaya horizontal tidak boleh kurang dari 4,4 N/mm, maka:

$$\text{tekanan angin minimum} = 8642 \text{ N}$$

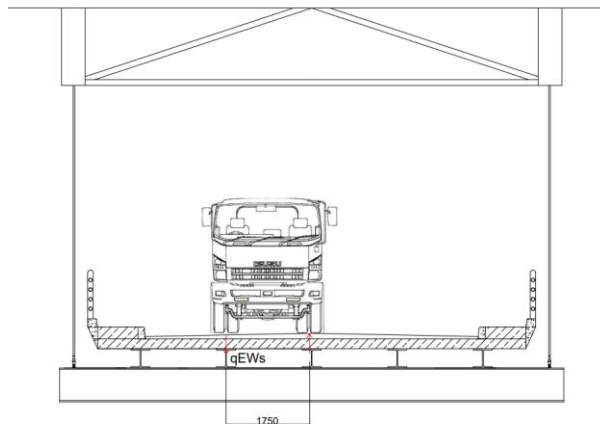
$$\text{maka dipakai} = 11621,9 \text{ N}$$

$$P_H = 11,6 \text{ kN} \quad (\text{per segmen } 3 \text{ m, untuk setiap gelagar})$$

Maka, beban angin per join =  $11,6/4 = 2,91 \text{ kN per join}$



7. Beban akibat angin pada kendaraan ( $EW_L$ )

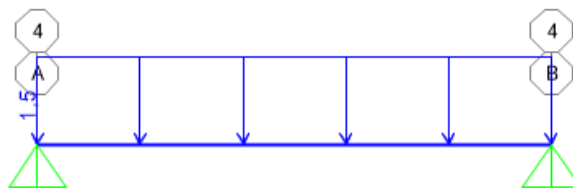


$$\begin{aligned} \text{Tinggi kendaraan yang terkena angin } (t_{ka}) &= 1800 \text{ mm} \\ &= 1,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar as roda } (Sr) &= 1750 \text{ mm} \\ &= 1,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$EW_L = 1,46 \text{ N/mm}$$

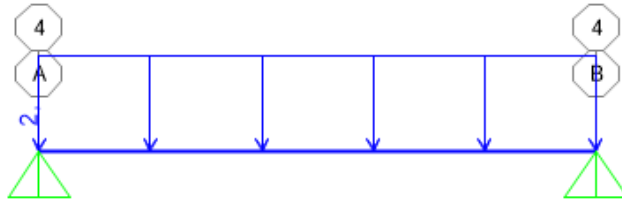
$$\begin{aligned} \text{Reaksi roda akibat beban angin } (qEW_L) &= EW_L \cdot t_{ka}/Sr \\ &= 1,502 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



8. Beban gempa vertikal ( $EQ_v$ )

Beban gempa vertikal menyebabkan gaya ungkit pada struktur, dan dibebankan secara merata pada gelagar dengan besaran:

$$\begin{aligned} EQ_v &= 10\% \cdot (MA + MS) \\ &= 10\% \cdot (6,960 + 1,98 + 8.150 + 0,882) \\ &= 1,797 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Kombinasi gelagar memanjang:

Faktor beban 1,25 untuk mencakup sambungan, *gusset plate*, dll. (Pedoman PUPR tentang Perancangan Jembatan Pelengkung Nomor: 02/SE/M/2018).

Dipakai faktor beban 0,3 diasumsikan jembatan penting (SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa).

$$\text{Kuat I (TD)} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (1,8. TD)$$

$$\text{Kuat I (TT)} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (1,8. TT)$$

$$\text{Kuat III} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (1,4. EW_s)$$

$$\text{Kuat V} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (0,3. EW_s) + (1. EW_L)$$

$$\text{Ekstrem I} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (0,3. TD) + (1. EQ_v)$$

#### 3.7.6.4 Analisis Struktur Gelagar Memanjang Tengah

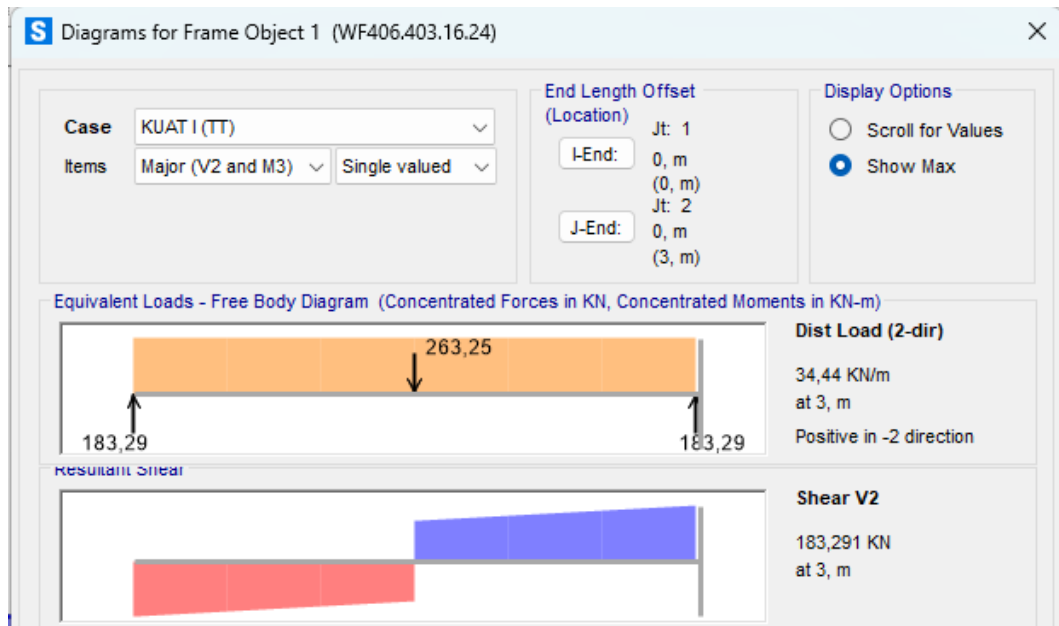
Pembebanan gelagar memanjang, akan menghasilkan reaksi yang menjadi beban titik pada gelagar melintang.

Analisis struktur dilakukan menggunakan SAP2000 untuk mendapatkan kombinasi terbesar, dan menghasilkan nilai terbesar dari kombinasi Kuat I:

$$R_{V_a} = 183,351 \text{ kN}$$

$$R_{V_b} = 183,351 \text{ kN}$$





Perbandingan dengan analisis struktur secara manual, kombinasi Kuat I:

Jenis Beban	Nominal	FB	Terfaktor	
<i>MS</i>	6,000 kN	1,25	7,500	kN
<i>MA</i>				
Aspal	3,960 kN/m	2	7,920	kN/m
Genangan air hujan	8,150 kN/m	2	16,300	kN/m
Pelat lantai	0,882 kN/m	2	1,764	kN/m
<i>Total MA</i>			25,984	kN/m
<i>TT</i>	146,25 kN	1,8	263,250	kN
<i>PL</i>	3 kN/m	2	6	kN/m

1. Akibat beban mati sendiri (*MS*)

$$\begin{aligned}
 R_{Va,bMS} &= q_{MS}/2 \\
 &= 7,500/2 \\
 &= 3,750 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Akibat beban mati tambahan (*MA*)

$$\begin{aligned}
 R_{Va,bMA} &= q_{MA} \cdot l/2 \\
 &= 22,024 \cdot 3/2 \\
 &= 38,976 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Akibat beban lalu lintas (*TD*)

$$\begin{aligned}
 R_{Va,bTT} &= P_{TT}/2 \\
 &= 263,250/2
 \end{aligned}$$

$$= 131,625 \text{ kN}$$

4. Akibat beban pelaksanaan ( $PL$ )

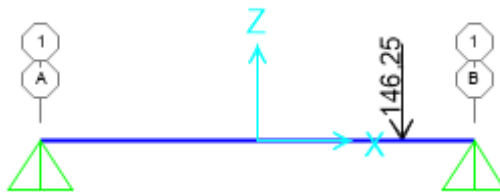
$$RV_{a,bPL} = qPL \cdot L/2$$

$$= 6 \cdot 3/2$$

$$= 9,000 \text{ kN}$$

$$\Sigma RV_{a,Vb} = 183,951 \text{ kN}$$

Reaksi Gandar Tengah



$$R_{vaTT} = (P_{TT} \cdot lb)/3$$

$$= (263,250 \cdot 0,5)/3$$

$$= 43,875 \text{ kN}$$

$$R_{vbTT} = (P_{TT} \cdot la)/3$$

$$= (263,250 \cdot 2,5)/3$$

$$= 219,375 \text{ kN}$$

Kontrol  $\Sigma V = 0$

$$R_{va} + R_{vb} - P_{TT} = 0$$

$$263,250 - 263,250 = 0 \quad \dots \text{ ok}$$

Reaksi total

$$\Sigma RV_a = 96,601 \text{ kN}$$

$$\Sigma RV_b = 271,101 \text{ kN}$$

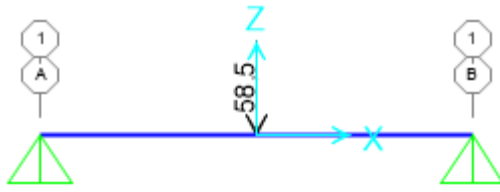
Reaksi Gandar Depan

$$P_{TT} = 25 \cdot (1+DLA)$$

$$= 32,50 \text{ kN}$$

$$FB = 1,8$$

$$PTT = 58,5 \text{ kN}$$



$$\begin{aligned}
 R_{Va,bTT} &= (P_{TT} \cdot lb)/3 \\
 &= (58,5 \cdot 1,5)/3 \\
 &= 29,250 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Reaksi Total

$$\Sigma R_{Va,Vb} = 80,976 \text{ kN}$$

Reaksi Tanpa TT

$$\begin{aligned}
 R_{Va,bMS} &= 3,750 \text{ kN} \\
 R_{Va,bMA} &= 38,976 \text{ kN} \\
 R_{Va,bPL} &= 9,000 \text{ kN} \\
 \Sigma R_{Va,Vb} &= \underline{51,726} \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### 3.7.7 Gelagar Memanjang Tepi

Gelagar memanjang tepi ditinjau dan dihitung seperti pada gambar poin 3.7.6.

#### 3.7.7.1 Beban pada Gelagar Memanjang Tepi

1. Beban mati sendiri (*MS*)

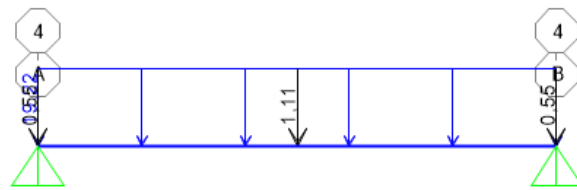
$$\begin{aligned}
 \text{Gelagar memanjang tepi} &= w \cdot l \\
 &= 6,000 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Beban mati tambahan (*MA*)

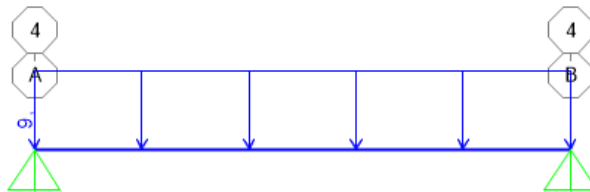
$$\begin{aligned}
 \text{Pelat beton} &= \gamma_b \cdot ts \cdot S_x \\
 &= 22,6 \cdot 0,20 \cdot 1,8 \\
 &= 8,150 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Trotoar} &= \gamma_b \cdot tt \cdot S_x \\
 &= 22,6 \cdot 0,25 \cdot 1,8 \\
 &= 10,188 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Genangan air} &= \gamma_w \cdot th \cdot S_x \\
 &= 9,8 \cdot 0,05 \cdot 1,8 \\
 &= 0,882 \text{ kN/m} \\
 \text{Total} &= 19,220 \text{ kN/m} \\
 \text{Tiang dan pipa} &= w \cdot 3 + w \cdot (St \cdot 8) \\
 &= 0,121 \cdot 3 + 0,0619 \cdot (1,5 \cdot 8) \\
 &= 1,106 \text{ kN} \\
 &= 0,553 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



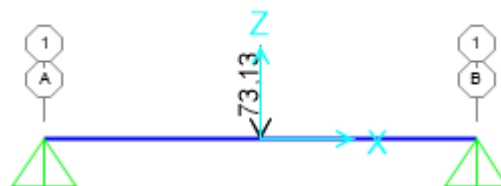
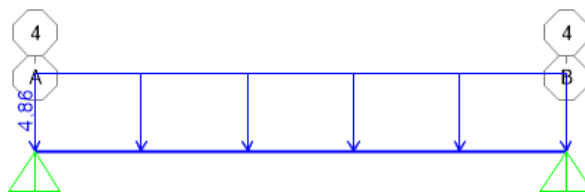
3. Beban hidup pejalan kaki ( $TP$ ) = 5.  $S_x$  = 9 kN/m



4. Beban lalu lintas

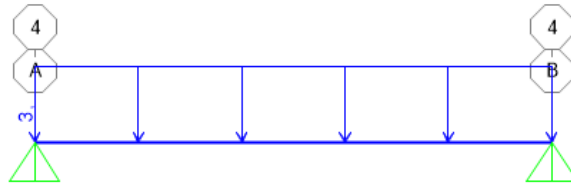
Diasumsikan gelagar tepi mendapat beban lalu lintas sebesar 50%,  
maka

$$\begin{aligned}
 TT &= 73,125 \text{ kN} \\
 BTR &= 4,86 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



5. Beban pelaksanaan ( $PL$ )

Beban pelaksanaan pada tugas akhir ini diasumsikan sebesar 3 kN/m



6. Beban angin pada struktur (EWs)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas kontak (A)} &= \text{luas g. memanjang} + \text{luas samping pelat} + \text{luas g.} \\
 &\quad \text{melintang} + \text{luas railing} \\
 &= (t. l) + tp. l) + A \text{ g. melintang} + (t. l) \\
 &= (400. 3000) + (200. 3000) + 273,6 + (1000. 3000) \\
 &= 4800273,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan angin dasar ( $P_B$ ) = 0,0024 Mpa untuk gelagar

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya horizontal (P}_H\text{)} &= P_B. A \\
 &= 11520,657 \text{ N}
 \end{aligned}$$

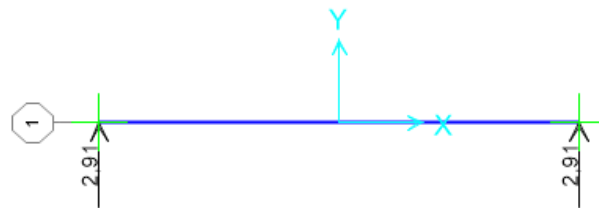
gaya horizontal tidak boleh kurang dari 4,4 N/mm, maka:

tekanan angin minimum = 8243,84 N

maka dipakai 11520,657 N

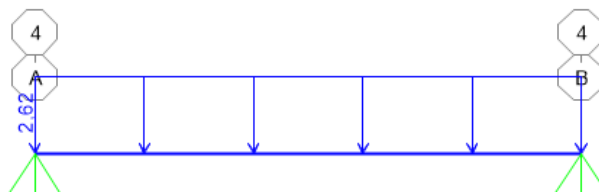
$P_H = 11,5 \text{ kN}$  (per segmen 3 m, untuk setiap gelagar)

maka, beban angin per join =  $11,5/4 = 2,88 \text{ kN}$  per join



7. Beban gempa vertikal (EQv)

$$\begin{aligned}
 EQ_v &= 10\%. (MA + MS) \\
 &= 10\%. (6,960+1,98+8.150+0,882) \\
 &= 2,618 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



Kombinasi gelagar memanjang:

$$\text{Kuat I (TD)} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (1,8. TD)$$

$$\text{Kuat I (TT)} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (1,8. TT)$$

$$\text{Kuat III} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (1,4. EW_s)$$

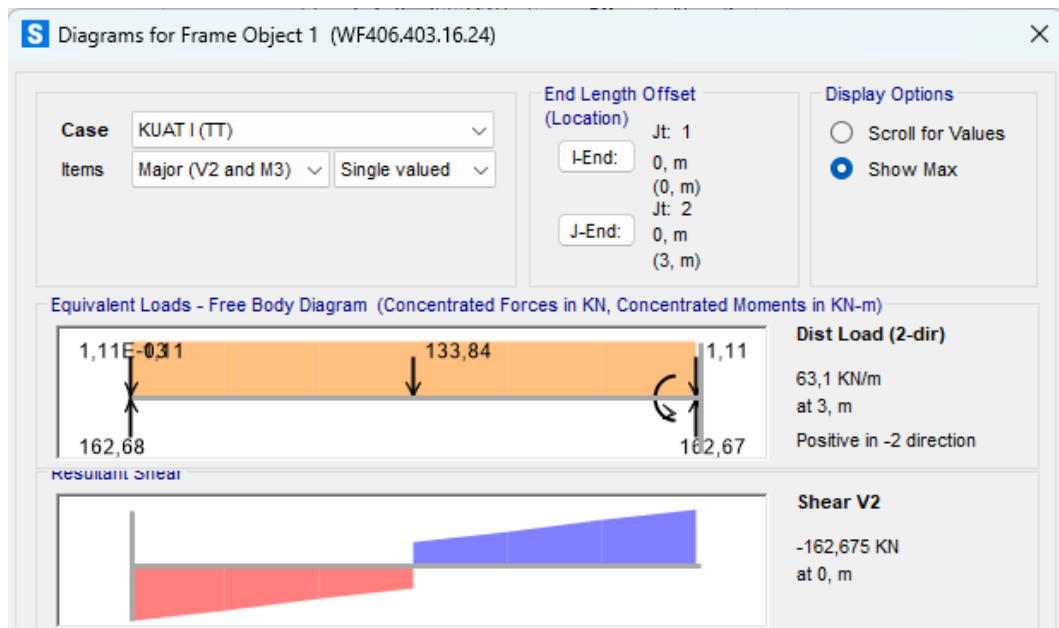
$$\text{Kuat V} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (0,3. EW_s)$$

$$\text{Ekstrem I} = (1,25. MS) + (2. MS) + (2. PL) + (0,3. TD) + (1. EQ_v)$$

### 3.7.7.2 Analisis Struktur Gelagar Memanjang Tepi

Analisis struktur hasil hitungan SAP2000, didapat kombinasi beban Kuat I paling besar, dengan nilai:

$$R_{V_a, V_b} = 163,272 \text{ kN}$$



Perbandingan dengan analisis struktur secara manual:

Jenis Beban	Nominal	FB	Terfaktor
MS	6,000 kN	1,25	7,500 kN
MA			
Pelat lantai	8,150 kN/m	2	16,300 kN/m
Trotoar	10,188 kN/m	2	20,375 kN/m
Tiang dan pipa sandaran	1,106 kN	2	2,212 kN/m
	0,553 kN	2	1,106 kN

	Genangan air hujan	0,882 kN/m	2	1,764 kN
<i>TP</i>		9,000 kN/m	1,8	16,200 kN
<i>PL</i>		3 kN/m	2	6 kN/m
<i>TT</i>		73,125 kN/m	1,8	131,625 kN/m

1. Akibat beban mati sendiri (*MS*)

$$\begin{aligned} R_{Va,b_{MS}} &= q_{MS}/2 \\ &= 7,500/2 \\ &= 3,750 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Akibat Beban mati tambahan (*MA*)

$$\begin{aligned} R_{Va,b_{MA}} &= q_{MA} \cdot l/2 + ((P_{MA} \cdot l + P_{MA} \cdot l/2 + P_{MA})/l) \\ &= ((16,300 + 20,375 + 1,764) \cdot 3/2) + ((1,106 \cdot 3) + \\ &= (2,212 \cdot 1,5) + 1,106/3) \\ &= 60,239 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Akibat beban pejalan kaki (*TP*)

$$\begin{aligned} R_{Va,b_{TP}} &= q_{TP} \cdot l/2 \\ &= 16,200 \cdot 3/2 \\ &= 24,300 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Akibat beban pelaksanaan (*PL*)

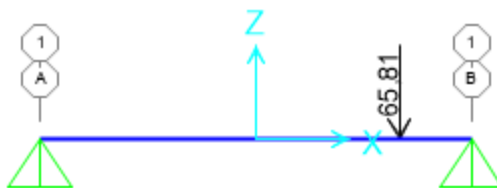
$$\begin{aligned} R_{Va,b_{PL}} &= q_{PL} \cdot l/2 \\ &= 6 \cdot 3/2 \\ &= 9,000 \text{ kN} \end{aligned}$$

5. Akibat beban truk (*TT*)

$$\begin{aligned} R_{Va,b_{TT}} &= P_{TT}/2 \\ &= (131,625/2) \\ &= 65,813 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Sigma R_{Va,Vb} = 163,102 \text{ kN}$$

Reaksi Gandar Tengah



$$\begin{aligned}
 R_{vaTT} &= (1/2P_{TT} \cdot lb)/3 & R_{vbTT} &= (1/2P_{TT} \cdot la)/3 \\
 &= (131,625 \cdot 0,5)/3 & &= (131,625 \cdot 2,5)/3 \\
 &= 21,938 \text{ kN} & &= 109,688 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol  $\Sigma V = 0$

$$R_{va} + R_{vb} - P_{TT} = 0$$

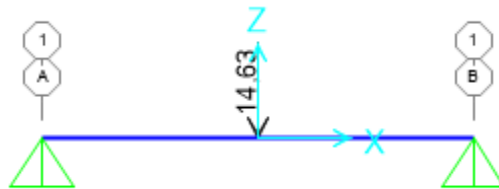
$$131,625 - 131,625 = 0 \quad \dots \text{ ok}$$

Reaksi Total

$$\Sigma R_{Va} = 109,227 \text{ kN}$$

$$\Sigma R_{Vb} = 206,977 \text{ kN}$$

Reaksi Gandar Depan



$$P_{TT} = 12,5 \cdot (1+DLA)$$

$$= 16,25 \text{ kN}$$

$$FB = 1,8$$

$$P_{TT} = 14,625 \text{ kN}$$

$$R_{Va,bTT} = (P_{TT} \cdot lb)/3$$

$$= (14,625 \cdot 1,5)/3$$

$$= 7,313 \text{ kN}$$

$$\Sigma R_{Va,Vb} = 104,602 \text{ kN}$$

Reaksi Tanpa TT

$$R_{Va,bMS} = 3,750$$

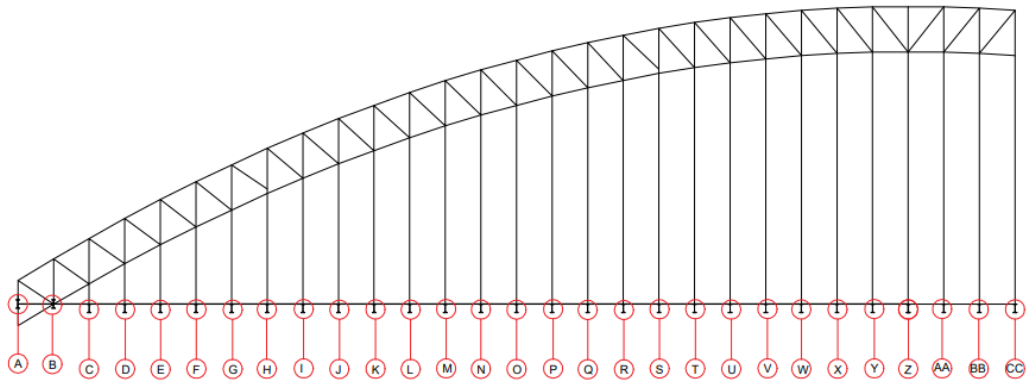
$$R_{Va,bMA} = 60,239$$

$$R_{Va,bPL} = 9,000$$

$$R_{Va,bTP} = 24,300$$

$$\Sigma R_{Va,Vb} = 97,289 \text{ kN}$$





Gambar 3.38 Nomenkelatur Gelagar Melintang

Hitungan dan rekapitulasi reaksi setengah bentang jembatan:

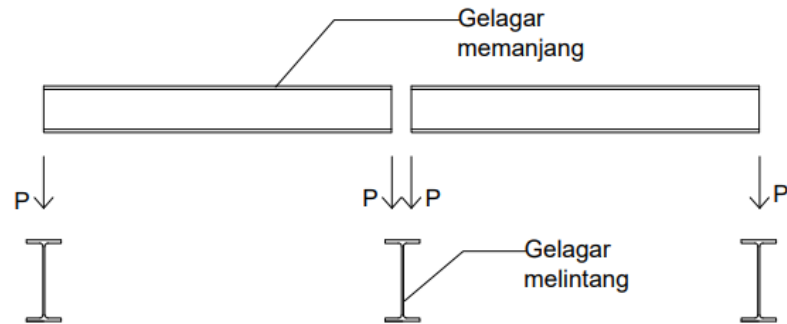
Bt	Tepi Kiri		Tengah Kiri		Tengah		Tengah Kanan		Tepi Kanan	
	R <sub>v</sub> (kN)	R <sub>vtot</sub> (kN)	R <sub>v</sub> (kN)	R <sub>vtot</sub> (kN)	R <sub>v</sub> (kN)	R <sub>vtot</sub> (kN)	R <sub>v</sub> (kN)	R <sub>vtot</sub> (kN)	R <sub>v</sub> (kN)	R <sub>vtot</sub> (kN)
A	97,289	97,289	51,726	51,726	51,726	51,726	51,726	51,726	97,289	97,289
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
B	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
C	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
D	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
E	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
F	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
G	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
H	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
I	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578

J	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
K	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
L	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
M	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
N	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
O	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
P	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
Q	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
R	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
S	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578
T	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	103,452	51,726	103,452	97,289	194,578

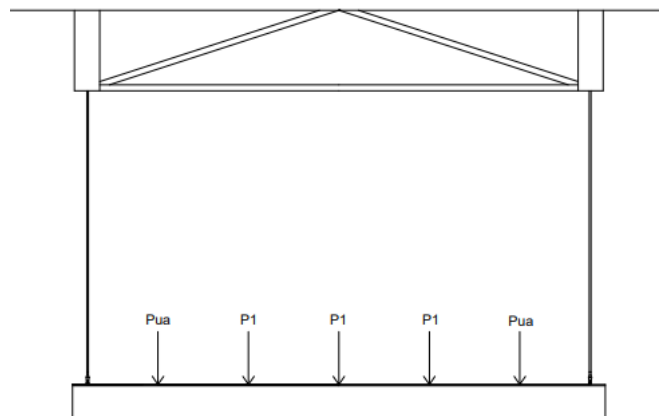
U	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	201,891	51,726	132,702	51,726	156,328	51,726	103,452	97,289	194,578
V	104,602		80,976		104,602		51,726		97,289	
	104,602	223,828	80,976	176,577	104,602	223,828	51,726	103,452	97,289	194,578
W	119,227		95,601		119,227		51,726		97,289	
	206,977	304,266	271,101	322,827	206,977	258,703	51,726	103,452	97,289	194,578
X	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	260,391	51,726	235,077	51,726	214,828	51,726	103,452	97,289	194,578
Y	163,102		183,351		163,102		51,726		97,289	
	163,102	260,391	183,351	235,077	163,102	326,203	51,726	235,077	97,289	260,391
Z	97,289		51,726		163,102		183,351		163,102	
	97,289	194,578	51,726	103,452	163,102	214,828	183,351	235,077	163,102	260,391
AA	97,289		51,726		51,726		51,726		97,289	
	97,289	194,578	51,726	103,452	51,726	258,703	51,726	322,827	97,289	304,266
BB	97,289		51,726		206,977		271,101		206,977	
	97,289	194,578	51,726	103,452	119,227	223,828	95,601	176,577	119,227	223,828
CC	97,289		51,726		104,602		80,976		104,602	
	97,289	194,578	51,726	103,452	104,602	156,328	80,976	132,702	104,602	201,891
	97,289		52,726		51,726		51,726		97,289	

### 3.7.8 Gelagar Melintang

Pembebanan gelagar melintang dihitung setengah bentang, yang terdiri dari beban mati sendiri gelagar melintang, beban transfer (reaksi) dari gelagar memanjang berupa  $P_u$ , dan BGT.



Gambar 3.39 Distribusi Beban pada Gelagar Melintang



Gambar 3.40 Beban  $P_u$  pada Gelagar Melintang

#### 3.7.8.1 Data Perencanaan

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar gelagar melintang } (s) &= 3000 \text{ mm} \\ &3 \text{ m} \\ \text{Panjang gelagar melintang } (l) &= 10600 \text{ mm} \\ &10,6 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3.7.8.2 Beban pada Gelagar Melintang

Taksiran profil gelagar melintang:

$$\text{WF800.450.16.38 ; } w = 361,4 \text{ kg/m}$$

1. Beban mati sendiri (*MS*)

$$\begin{aligned}\text{Gelagar melintang} &= w \cdot l \\ &= 2,15 \cdot 10,6 \\ &= 38,305 \text{ kN}\end{aligned}$$

2. Beban lalu lintas (*TD* - BGT)

$$\begin{aligned}\text{DLA} &= 30\% \\ \text{BGT} &= 49 \cdot (1 + \text{DLA}) \cdot S_x \\ &= 49 \cdot (1 + \text{DLA}) \cdot 1,8 \\ &= 114,66 \text{ kN}\end{aligned}$$

3. Beban transfer ultimate

Beban yang dihasilkan dari gelagar memanjang perpias.

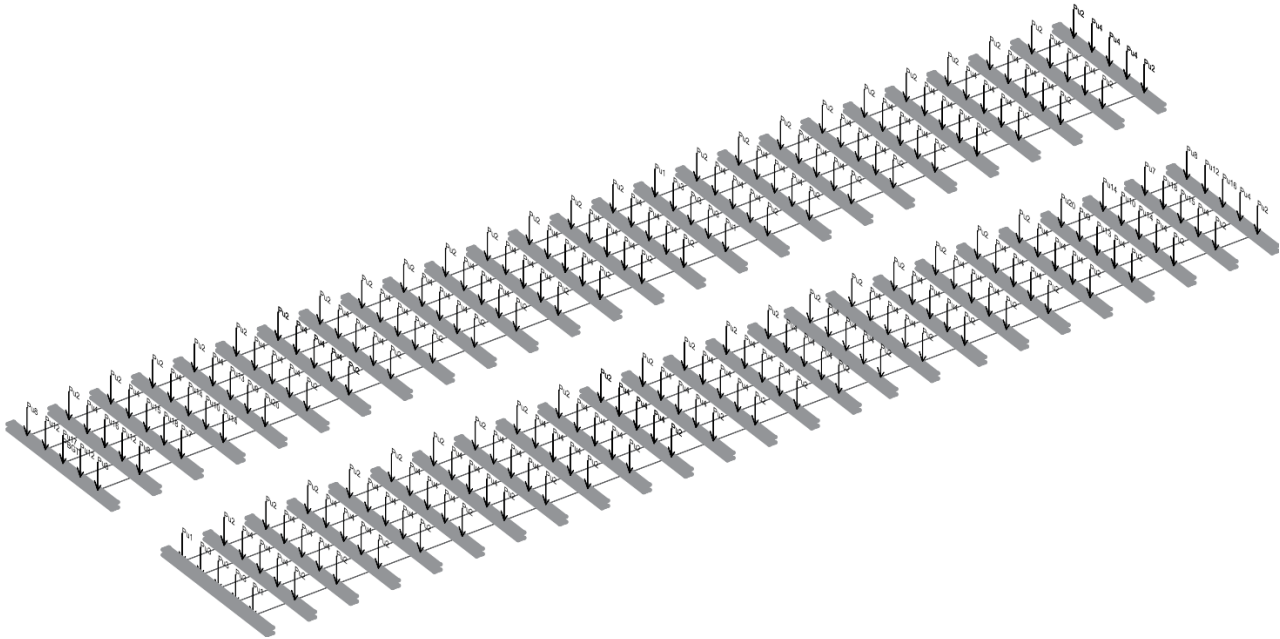
<b>Beban Terpusat (kN)</b>	
P <sub>u1</sub>	97,289
P <sub>u2</sub>	194,578
P <sub>u3</sub>	51,726
P <sub>u4</sub>	103,452
P <sub>u5</sub>	201,891
P <sub>u6</sub>	223,828
P <sub>u7</sub>	304,266
P <sub>u8</sub>	260,391
P <sub>u9</sub>	132,702
P <sub>u10</sub>	176,577
P <sub>u11</sub>	322,827
P <sub>u12</sub>	235,077
P <sub>u13</sub>	156,328
P <sub>u14</sub>	223,828
P <sub>u15</sub>	258,703
P <sub>u16</sub>	214,828
P <sub>u17</sub>	326,203
P <sub>u18</sub>	322,827
P <sub>u19</sub>	223,828
P <sub>u20</sub>	201,891

Gelagar	Beban Terpusat (kN)				
	Tepi Kiri	Tengah Kiri	Tengah	Tengah Kanan	Tepi Kanan
A	97,289	51,726	51,726	51,726	97,289
B	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
C	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
D	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
E	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
F	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
G	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
H	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
I	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
J	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
K	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
L	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
M	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
N	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
O	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
P	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
Q	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
R	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
S	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
T	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
U	194,578	103,452	103,452	103,452	194,578
V	201,891	132,702	156,328	103,452	194,578
W	223,828	176,577	223,828	103,452	194,578
X	304,266	322,827	258,703	103,452	194,578
Y	260,391	235,077	214,828	103,452	194,578
*Z	260,391	235,077	440,863	235,077	260,391
AA	194,578	103,452	214,828	235,077	260,391
BB	194,578	103,452	258,703	322,827	304,266
CC	194,578	103,452	223,828	176,577	223,828
DD	194,578	103,452	156,328	132,702	201,891

\*Pada gelagar Z terdapat beban BGT berupa beban terpusat sebesar 114,66 kN

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	
72.01	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	299.95	299.95	387.7	265.75	197.57
51.8	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	366.86	366.86	191.36	249.86	162.11	
51.8	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	177.36	265.75	367.45	279.74	570.53	279.74	367.45	441.25	177.36	
51.8	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	103.61	162.11	249.86	542.36	366.86	366.86	103.61	103.61	103.61	103.61	
72.01	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	144.02	197.57	265.75	387.7	299.95	299.95	144.02	144.02	144.02	144.02	

Gambar 3.41 Pembebanan pada Gelagar Melintang Setengah Bentang



Gambar 3.42 Letak Beban Terpusat pada Gelagar Melintang

### 3.7.8.3 Analisis Struktur Gelagar Melintang

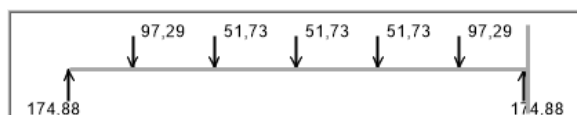
Analisis struktur dihitung yang mewakili, manual dan perbandingan dengan SAP2000 untuk cek hitungan.

1. Pada gelagar A

Manual:

$$\begin{aligned}
 R_{Va,b} &= ((97,289 \cdot 8,6) + (51,726 \cdot 6,8) + (51,726 \cdot 5) + (51,726 \cdot 3.2) \\
 &\quad + (97,289 \cdot 1,4))/10 \\
 &= 174,879 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

SAP2000:



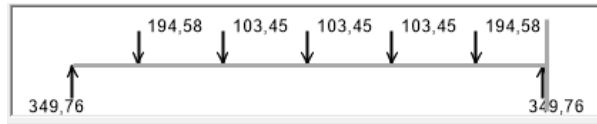
2. Pada gelagar B

Manual:



$$\begin{aligned}
 R_{Va,b} &= ((194,578 \cdot 8,6) + (103,452 \cdot 6,8) + (103,452 \cdot 5) + (103,452 \cdot 3,2) \\
 &\quad + (194,578 \cdot 1,4))/10 \\
 &= 349,757 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

SAP2000:



### 3. Pada gelagar V

Manual:

$$\begin{aligned}
 R_{va} &= ((194,578 \cdot 8,6) + (194,578 \cdot 6,8) + (156,328 \cdot 5) + (132,702 \cdot 3,2) \\
 &\quad + (201,891 \cdot 1,4))/10 \\
 &= 402,374 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

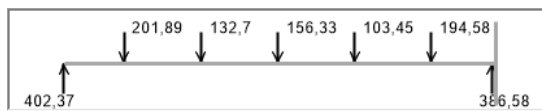
$$\begin{aligned}
 R_{vb} &= ((201,891 \cdot 8,6) + (132,702 \cdot 6,8) + (156,328 \cdot 5) + (103,452 \cdot 3,2) \\
 &\quad + (194,578 \cdot 1,4))/10 \\
 &= 386,579 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$(R_{va} + R_{vb}) - (P) = 0$$

$$794,952 - 794,952 = 0 \quad \dots \text{ ok}$$

SAP2000:



### 4. Pada gelagar W

Manual

$$\begin{aligned}
 R_{va} &= ((194,578 \cdot 8,6) + (103,452 \cdot 6,8) + (223,828 \cdot 5) + (176,577 \cdot 3,2) \\
 &\quad + (223,828 \cdot 1,4))/10 \\
 &= 484,825 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

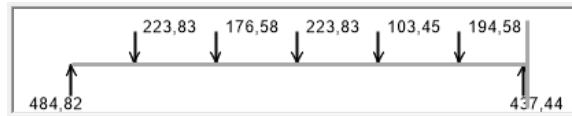
$$\begin{aligned}
 R_{vb} &= ((223,828 \cdot 8,6) + (176,577 \cdot 6,8) + (223,828 \cdot 5) + (103,452 \cdot 3,2) \\
 &\quad + (194,578 \cdot 1,4))/10 \\
 &= 437,440 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$(R_{va} + R_{vb}) - (P) = 0$$

$$922,27 - 922,27 = 0 \quad \dots \text{ ok}$$

SAP2000:



5. Pada gelagar X

Manual:

$$R_{va} = ((194,578 \cdot 8,6) + (103,452 \cdot 6,8) + (258,703 \cdot 5) + (322,827 \cdot 3,2) + (304,266 \cdot 1,4))/10$$

$$= 670,889 \text{ kN}$$

$$R_{vb} = ((304,266 \cdot 8,6) + (322,827 \cdot 6,8) + (258,703 \cdot 5) + (103,452 \cdot 3,2) + (194,578 \cdot 1,4))/10$$

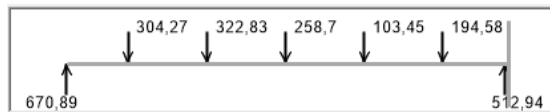
$$= 512,939 \text{ kN}$$

Kontrol:

$$(R_{va} + R_{vb}) - (P) = 0$$

$$1183,83 - 1183,83 = 0 \dots \text{ok}$$

SAP2000:



6. Pada gelagar Y

Manual:

$$R_{va} = ((194,578 \cdot 8,6) + (103,452 \cdot 6,8) + (214,828 \cdot 5) + (235,077 \cdot 3,2) + (260,391 \cdot 1,4))/10$$

$$= 551,549 \text{ kN}$$

$$R_{vb} = ((260,391 \cdot 8,6) + (235,077 \cdot 6,8) + (214,828 \cdot 5) + (103,452 \cdot 3,2) + (194,578 \cdot 1,4))/10$$

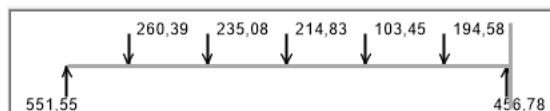
$$= 456,779 \text{ kN}$$

Kontrol:

$$(R_{va} + R_{vb}) - (P) = 0$$

$$1008,33 - 1008,33 = 0 \dots \text{ok}$$

SAP2000:

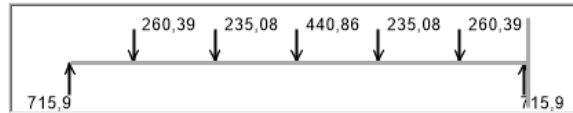


7. Pada gelagar Z

$$RV_{a,b} = ((260,391. 8,6) + (235,077. 6,8) + (440,863. 5) + (235,077. 6,8) + (260,391. 8,6))/10$$

$$= 715,900 \text{ kN}$$

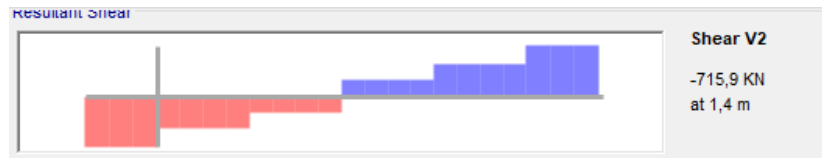
SAP2000:



Gaya ultimate maksimum yang dihasilkan:

Pada gelagar Z

$$V_u = 718,900 \text{ kN}$$



**3.7.9 Kabel**

Kabel akan mengalami tarik pada saat dibebani. Beban tarik yang dipikul kabel ditransfer dari reaksi yang diberikan oleh gelagar melintang.

**3.7.9.1 Data Perencanaan**

Segmen busur (*s*) = 3 m

Tinggi *hanger* tercantum pada poin 3.3. Data Perencanaan Jembatan

**3.7.9.2 Data Material**

Taksiran *hanger*

Tabel 3.3 *Breaking Strength Requirements*

Nominal Diameter of Strand, in. [mm]	Minimum Breaking Strength of Strand, lbf [kN]	Steel Area of Strand, in. <sup>2</sup> [mm <sup>2</sup> ]	Weight [Mass] of Strand lb/1000 ft [kg/1000 m]
Grade 250 [1725]			
0.250 [6.4]	9 000 [40.0]	0.036 [23]	122 [182]
0.313 [7.9]	14 500 [64.5]	0.058 [37]	197 [294]
0.375 [9.5]	20 000 [89.0]	0.080 [52]	272 [405]
0.438 [11.1]	27 000 [120]	0.108 [69.7]	367 [548]
0.500 [12.7]	36 000 [160]	0.144 [92.9]	490 [730]
0.600 [15.2]	54 000 [240]	0.216 [139]	737 [1090]
Grade 270 [1860]			
0.375 [9.53]	23 000 [102]	0.085 [55]	290 [430]
0.438 [11.1]	31 000 [138]	0.115 [74.2]	390 [580]
0.500 [12.7]	41 300 [184]	0.153 [98.7]	520 [780]
0.520 [13.2]	45 000 [200]	0.167 [108]	570 [840]
0.563 [14.3]	51 700 [230]	0.192 [124]	650 [970]
0.600 [15.2]	58 600 [261]	0.217 [140]	740 [1100]
0.620 [15.7]	62 800 [279]	0.231 [150]	780 [1200]
0.700 [17.8]	79 400 [353]	0.294 [190]	1000 [1500]

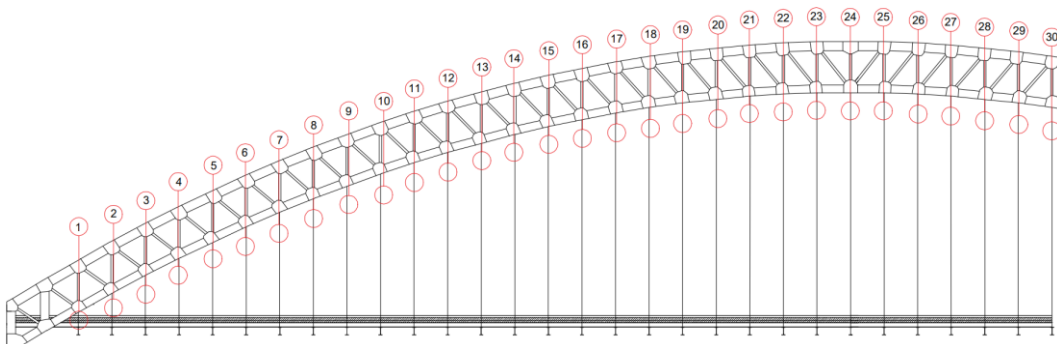
### *Grade 1860*

Kuat tarik max.	=	1860	MPa
Kuat putus min.	=	1725	MPa
Dia. Per strand	=	9,53	mm
Luas per strand	=	55	mm <sup>2</sup>
Berat per strand	=	0,43	kN/m
Beban putus min.	=	102	kN
Jumlah strand	=	18	buah
Berat satu kabel	=	7,74	kN/m
Luas satu kabel	=	990	mm <sup>2</sup>

#### **3.7.9.3 Beban pada Kabel**

Pembebanan kabel dihitung per segmen dan setengah bentang. Kabel memikul seluruh beban yang terjadi, dimulai dari lantai kendaraan hingga gelagar, sehingga beban yang diinput merupakan reaksi dari gelagar melintang ditambah dengan beban sendiri dari kabel.

1. Berat sendiri kabel = 7,74 kN/m
2. Beban transfer

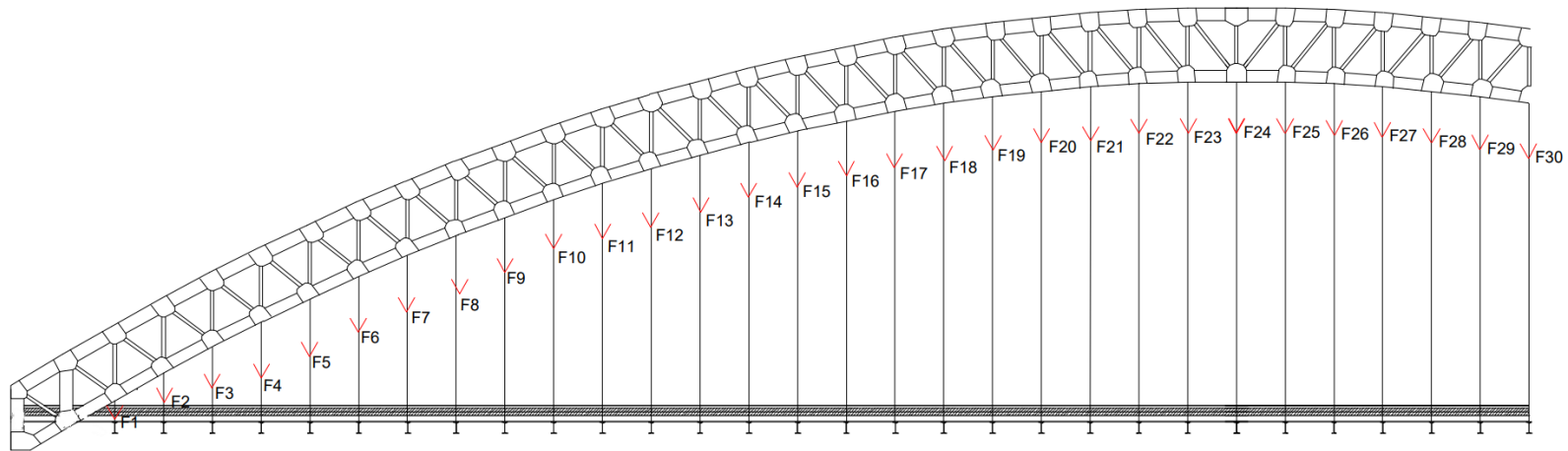


Gambar 3.43 Nomenkelatur Kabel

Beban ultimate kabel:

Kabel	Panjang	Berat Satu Kabel	Kanan			Kiri		
			Beban Transfer	Beban Total		Beban Transfer	Beban Total	
1	1,7 m	14,728 kN	349,757 kN	F1	364,485 kN	349,757 kN	F1	364,485 kN
2	3,4 m	28,829 kN	349,757 kN	F2	378,586 kN	349,757 kN	F2	378,586 kN
3	5,0 m	42,304 kN	349,757 kN	F3	392,061 kN	349,757 kN	F3	392,061 kN
4	6,5 m	55,152 kN	349,757 kN	F4	404,909 kN	349,757 kN	F4	404,909 kN
5	7,9 m	67,373 kN	349,757 kN	F5	417,130 kN	349,757 kN	F5	417,130 kN
6	9,3 m	78,967 kN	349,757 kN	F6	428,724 kN	349,757 kN	F6	428,724 kN
7	10,6 m	89,935 kN	349,757 kN	F7	439,692 kN	349,757 kN	F7	439,692 kN
8	11,8 m	100,276 kN	349,757 kN	F8	450,033 kN	349,757 kN	F8	450,033 kN
9	12,9 m	109,990 kN	349,757 kN	F9	459,747 kN	349,757 kN	F9	459,747 kN
10	14,0 m	119,078 kN	349,757 kN	F10	468,835 kN	349,757 kN	F10	468,835 kN
11	15,0 m	127,539 kN	349,757 kN	F11	477,296 kN	349,757 kN	F11	477,296 kN
12	15,9 m	135,373 kN	349,757 kN	F12	485,130 kN	349,757 kN	F12	485,130 kN
13	16,7 m	142,580 kN	349,757 kN	F13	492,337 kN	349,757 kN	F13	492,337 kN
14	17,5 m	149,161 kN	349,757 kN	F14	498,918 kN	349,757 kN	F14	498,918 kN
15	18,2 m	155,114 kN	349,757 kN	F15	504,872 kN	349,757 kN	F15	504,872 kN
16	18,8 m	160,442 kN	349,757 kN	F16	510,199 kN	349,757 kN	F16	510,199 kN
17	19,4 m	165,142 kN	349,757 kN	F17	514,899 kN	349,757 kN	F17	514,899 kN
18	19,9 m	169,216 kN	349,757 kN	F18	518,973 kN	349,757 kN	F18	518,973 kN
19	20,3 m	172,663 kN	349,757 kN	F19	522,420 kN	349,757 kN	F19	522,420 kN
20	20,6 m	175,483 kN	349,757 kN	F20	525,240 kN	349,757 kN	F20	525,240 kN

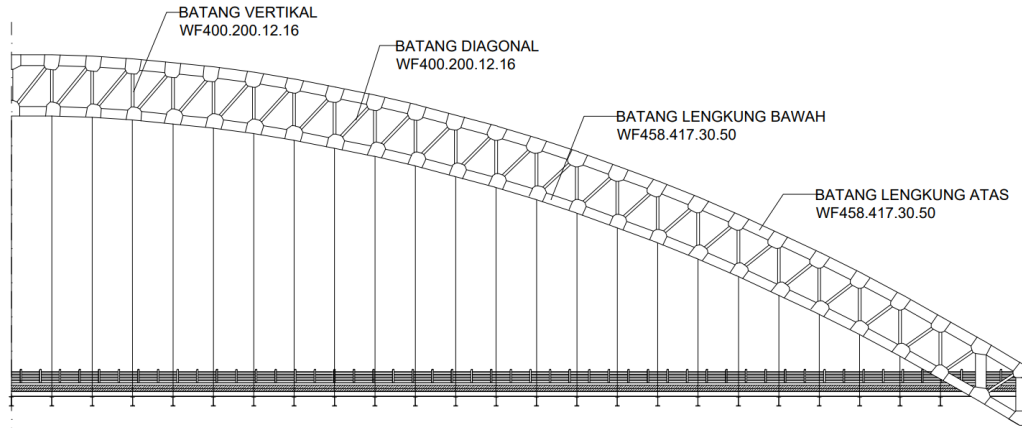
21	20,9 m	177,677 kN	349,757 kN	F21	527,434 kN	349,757 kN	F21	527,434 kN
22	21,1 m	179,243 kN	386,579 kN	F22	565,822 kN	402,374 kN	F22	581,617 kN
23	21,2 m	180,183 kN	437,440 kN	F23	617,624 kN	484,825 kN	F23	665,009 kN
24	21,2 m	180,497 kN	512,939 kN	F24	693,435 kN	670,889 kN	F24	851,385 kN
25	21,2 m	180,183 kN	456,779 kN	F25	636,962 kN	551,549 kN	F25	731,732 kN
26	21,1 m	179,243 kN	715,900 kN	F26	895,143 kN	715,900 kN	F26	895,143 kN
27	20,9 m	177,677 kN	551,549 kN	F27	729,225 kN	456,779 kN	F27	634,455 kN
28	20,6 m	175,483 kN	670,889 kN	F28	846,372 kN	512,939 kN	F28	688,422 kN
29	20,3 m	172,663 kN	484,825 kN	F29	657,488 kN	437,440 kN	F29	610,103 kN
30	19,9 m	169,216 kN	402,374 kN	F30	571,589 kN	386,579 kN	F30	555,794 kN



Gambar 3.44 Beban Tarik yang Terjadi pada Kabel

### 3.7.10 Rangka Batang

Rangka batang pada desain jembatan ini terdiri dari batang lengkung atas dan bawah, batang diagonal, dan batang vertikal.

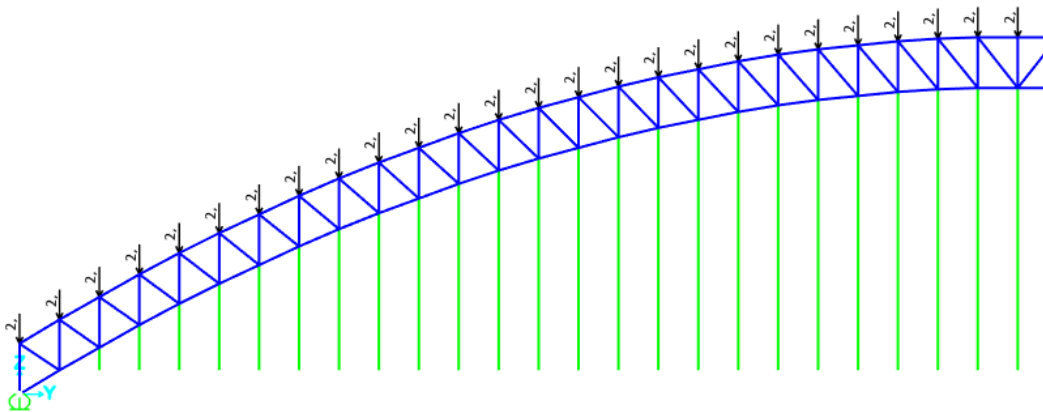


Gambar 3.45 Preliminary Design Dimensi Rangka Batang

#### 3.7.10.1 Beban dan Kombinasi Beban Rangka Batang

##### KUAT I (Beban distribusi + (1,25. MS) + (2. PL))

1. Beban distribusi pada tabel 3.6.8.3 Pembebanan Gelagar Melintang
2. Beban mati sendiri (MS)  
Dihitung otomatis oleh SAP2000.
3. Beban pelaksanaan (PL) = 2 kN



Gambar 3.46 Beban Pelaksanaan (PL)

##### KUAT III ((Beban distribusi 2) + (1,25. MS) + (2. PL) + (1,4. EW<sub>s</sub>))

1. Beban distribusi 2

Perhitungan pembebanan sama dengan poin 3.6.6. Gelagar Memanjang Tengah dan poin 3.6.7 Gelagar Memanjang Tepi, namun tanpa ditambah dengan *TT* ataupun *TD*. Dari perhitungan menggunakan Excel menghasilkan beban yang disajikan pada tabel di bawah.

Gelagar	Beban Terpusat (kN)				
	Tepi Kiri	Tengah Kiri	Tengah	Tengah Kanan	Tepi Kanan
A	60,902	50,229	50,229	50,229	60,902
B	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
C	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
D	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
E	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
F	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
G	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
H	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
I	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
J	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
K	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
L	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
M	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
N	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
O	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
P	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
Q	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
R	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
S	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
T	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
U	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
V	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
W	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
X	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
Y	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
*Z	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
AA	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
BB	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
CC	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804
DD	121,804	100,458	100,458	100,458	121,804



2. Beban mati sendiri (*MS*)  
Dihitung otomatis oleh SAP2000.
3. Beban pelaksanaan (*PL*) = 2 kN
4. Beban angin pada struktur (*EW<sub>L</sub>*)

Sample perhitungan beban angin pada tinggi jembatan 25 m  
(titik 1a), rangka atas

$$\begin{aligned}
 t &= 3800 \text{ mm} \\
 s &= 3000 \text{ mm} \\
 C &= 6200 \text{ mm} \\
 V_{10} = V_B &= 126 \text{ km/jam} \\
 V_o &= 17,6 \text{ km/jam} \\
 Z_o &= 1000 \text{ mm} \\
 Z &= 31900 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ketinggian *Z* dihitung dari permukaan air ke tinggi titik tinjau

$V_{DZ}$  dihitung menyesuaikan tinggi titik tinjau (*Z*)

$$\begin{aligned}
 V_{DZ} &= 2,5 \cdot V_o \cdot (V_{10}/V_B) \ln (Z/Z_o) \\
 &= 2,5 \cdot 17,6 \cdot (126/126) \ln \\
 &= (31900/1000) \\
 &= 152 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

Tekanan angin rencana dihitung dengan persamaan:

$P_B$  adalah tekanan angin dasar dengan nilai:

$$\begin{aligned}
 \text{Angin tekan} &= 0,0024 \text{ MPa} \\
 \text{Angin hisap} &= 0,0012 \text{ MPa} \\
 P_{D \text{ TEKAN}} &= P_B (V_{DZ}/V_B)^2 \\
 &= 0,0024 \cdot (152/126)^2 \\
 &= 0,00352 \text{ MPa} \\
 P_{D \text{ HISAP}} &= P_B (V_{DZ}/V_B)^2 \\
 &= 0,0012 \cdot (152/126)^2 \\
 &= 0,00176 \text{ MPa} \\
 qEW_{s\text{TEKAN}} &= P_D \cdot s
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00351 \cdot 3000 \\
 &= 10,546 \text{ N/mm} > 4,4 \text{ N/mm} \\
 \text{maka, menggunakan} & 10,546 \text{ N/mm} \\
 qEW_{\text{SHISAP}} &= PD \cdot s \\
 &= 0,00173 \cdot 3000
 \end{aligned}$$

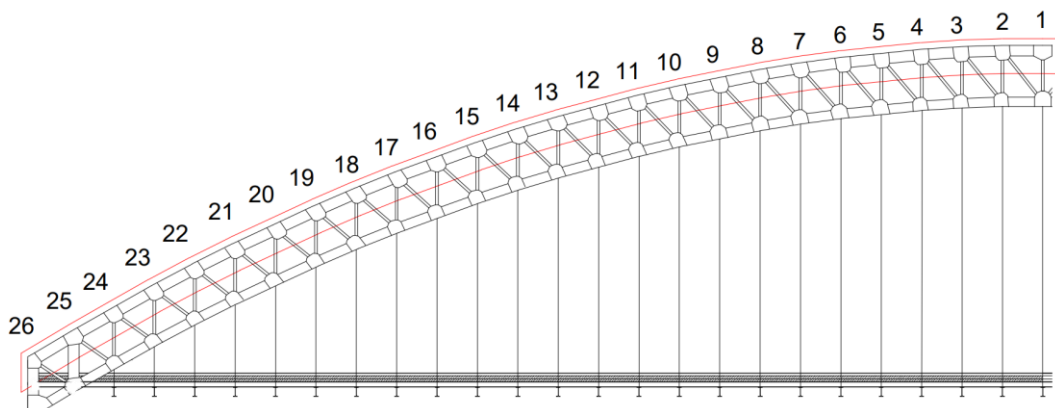
$$\begin{aligned}
 &= 5,273 \text{ N/mm} > 2,2 \text{ N/mm} \\
 \text{maka, menggunakan} & 5,273 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{TEKAN}} &= qEW_{\text{sTEKAN}} \cdot t/2 \\
 &= 20037,4 \text{ N} \\
 &= 20,037 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

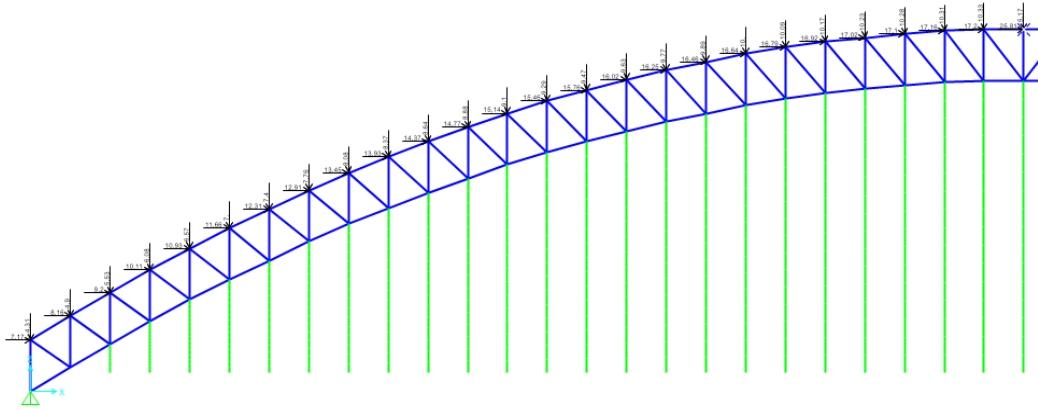
$$\begin{aligned}
 P_{\text{HISAP}} &= qEW_{\text{sHISAP}} \cdot t/2 \\
 &= 10018,7 \text{ N} \\
 &= 10,019 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{HTEKAN}} &= P_{\text{TEKAN}} \cdot \cos 31 & P_{\text{VTEKAN}} &= P_{\text{TEKAN}} \cdot \sin 31 \\
 &= 17,175 \text{ kN} & &= 10,320 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{HHISAP}} &= P_{\text{HISAP}} \cdot \cos 31 & P_{\text{VHISAP}} &= P_{\text{HISAP}} \cdot \sin 31 \\
 &= 8,588 \text{ kN} & &= 5,160 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.47 Nomenkelatur Joint untuk Beban Angin



Gambar 3.48 Distribusi Beban Angin pada Stuktur

Perhitungan beban angin pada Struktur:

Titik	Tinggi (Z) (mm)	V <sub>DZ</sub> (km/jam)	P <sub>DTEKAN</sub> (MPa)	P <sub>DHISAP</sub> (MPa)	qEW <sub>sTEKAN</sub> N/mm	q <sub>TEKAN</sub> min. (N/mm)	qEW <sub>sHISAP</sub> (N/mm)	q <sub>HISAP</sub> min. (N/mm)	P <sub>TEKAN</sub> (kN)	P <sub>HTEKAN</sub> (kN)	P <sub>VTEKAN</sub> (kN)	P <sub>HISAP</sub> (kN)	P <sub>HISAP</sub> (kN)	P <sub>VHISAP</sub> (kN)
2	31963,2	152,442	0,00351	0,001756	10,539	4,4	5,269	2,2	20,024	17,164	10,313	10,012	8,582	5,157
3	31852,8	152,289	0,00351	0,001753	10,518	4,4	5,259	2,2	19,984	17,130	10,293	9,992	8,565	5,146
4	31668,8	152,035	0,00349	0,001747	10,483	4,4	5,241	2,2	19,917	17,072	10,258	9,959	8,536	5,129
5	31411,1	151,675	0,00348	0,001739	10,433	4,4	5,217	2,2	19,823	16,992	10,210	9,912	8,496	5,105
6	31079,9	151,209	0,00346	0,001728	10,369	4,4	5,185	2,2	19,701	16,887	10,147	9,851	8,444	5,073
7	30675,0	150,632	0,00343	0,001715	10,290	4,4	5,145	2,2	19,551	16,759	10,070	9,776	8,379	5,035
8	30196,5	149,940	0,0034	0,001699	10,196	4,4	5,098	2,2	19,372	16,605	9,977	9,686	8,303	4,989
9	29644,4	149,128	0,00336	0,001681	10,086	4,4	5,043	2,2	19,163	16,426	9,870	9,582	8,213	4,935
10	29018,8	148,189	0,00332	0,00166	9,959	4,4	4,980	2,2	18,923	16,220	9,746	9,461	8,110	4,873
11	28319,4	147,116	0,00327	0,001636	9,815	4,4	4,908	2,2	18,649	15,986	9,605	9,325	7,993	4,803
12	27546,5	145,899	0,00322	0,001609	9,654	4,4	4,827	2,2	18,342	15,722	9,447	9,171	7,861	4,723
13	26700,0	144,525	0,00316	0,001579	9,473	4,4	4,736	2,2	17,998	15,428	9,270	8,999	7,714	4,635
14	25779,9	142,982	0,00309	0,001545	9,272	4,4	4,636	2,2	17,616	15,100	9,073	8,808	7,550	4,536
15	24786,1	141,252	0,00302	0,001508	9,049	4,4	4,524	2,2	17,192	14,737	8,855	8,596	7,368	4,427
16	23718,8	139,316	0,00293	0,001467	8,802	4,4	4,401	2,2	16,724	14,335	8,614	8,362	7,168	4,307
17	22577,8	137,147	0,00284	0,001422	8,530	4,4	4,265	2,2	16,207	13,892	8,347	8,104	6,946	4,174
18	21363,2	134,713	0,00274	0,001372	8,230	4,4	4,115	2,2	15,637	13,404	8,054	7,819	6,702	4,027
19	20075,0	131,977	0,00263	0,001317	7,899	4,4	3,950	2,2	15,009	12,865	7,730	7,504	6,432	3,865

20	18713,2	128,886	0,00251	0,001256	7,534	4,4	3,767	2,2	14,314	12,269	7,372	7,157	6,135	3,686
21	17277,8	125,375	0,00238	0,001188	7,129	4,4	3,564	2,2	13,545	11,610	6,976	6,772	5,805	3,488
22	15768,8	121,353	0,00223	0,001113	6,679	4,4	3,339	2,2	12,690	10,877	6,536	6,345	5,439	3,268
23	14186,1	116,700	0,00206	0,001029	6,176	4,4	3,088	2,2	11,735	10,059	6,044	5,868	5,029	3,022
24	12529,9	111,237	0,00187	0,000935	5,612	4,4	2,806	2,2	10,662	9,139	5,491	5,331	4,570	2,746
25	10800,0	104,700	0,00166	0,000829	4,971	4,4	2,486	2,2	9,446	8,097	4,865	4,723	4,048	2,432
26	8940,0	96,384	0,0014	0,000702	4,213	4,4	2,107	2,2	8,360	7,166	4,306	4,180	3,583	2,153

**EKSTREM I (Beban distribusi 3 + (1,25. MS) + (2. PL) + EQ)**

Kombinasi Ekstrem I dengan arah gempa X dan Y, menjadi:

$$\text{EKSTREM I (1)} = \text{BD3} + (1,25. \text{MS}) + \text{EQy} + (0,3. \text{EQx}) + (\text{PL}.2)$$

$$\text{EKSTREM I (2)} = \text{BD3} + (1,25. \text{MS}) + \text{EQy} - (0,3. \text{EQx}) + (\text{PL}.2)$$

$$\text{EKSTREM I (3)} = \text{BD3} + (1,25. \text{MS}) - \text{EQy} + (0,3. \text{EQx}) + (\text{PL}.2)$$

$$\text{EKSTREM I (4)} = \text{BD3} + (1,25. \text{MS}) - \text{EQy} - (0,3. \text{EQx}) + (\text{PL}.2)$$

$$\text{EKSTREM I (1a)} = \text{BD3} + (1,25. \text{MS}) + (0,3. \text{EQy}) + \text{EQx} + (\text{PL}.2)$$

$$\text{EKSTREM I (2a)} = \text{BD3} + (1,25. \text{MS}) + (0,3. \text{EQy}) - \text{EQx} + (\text{PL}.2)$$

$$\text{EKSTREM I (3a)} = \text{BD3} + (1,25. \text{MS}) - (0,3. \text{EQy}) + \text{EQx} + (\text{PL}.2)$$

$$\text{EKSTREM I (4a)} = \text{BD3} + (1,25. \text{MS}) - (0,3. \text{EQy}) - \text{EQx} + (\text{PL}.2)$$

1. Beban distribusi 3

Beban distribusi 3 merupakan beban yang didalamnya terdapat beban *TT*, *EQ* dengan faktor beban menggunakan  $\gamma EQ$ , yang diambil sebesar 0,3. Perhitungan beban sama dengan poin 3.6.6. Gelagar Memanjang Tengah dan poin 3.6.7 Gelagar Memanjang Tepi, yang membedakan hanya faktor bebannya saja. Hasil perhitungan menggunakan Excel disajikan pada tabel di bawah.

Gelagar	Beban Terpusat (kN)				
	Tepi Kiri	Tengah Kiri	Tengah	Tengah Kanan	Tepi Kanan
A	65,639	40,326	40,326	40,326	65,639
B	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
C	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
D	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
E	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
F	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
G	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
H	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
I	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
J	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
K	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
L	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278

M	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
N	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
O	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
P	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
Q	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
R	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
S	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
T	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
U	131,278	80,652	80,652	80,652	131,278
V	132,497	85,527	107,184	80,652	131,278
W	136,153	92,840	136,153	80,652	131,278
X	149,560	117,215	124,247	80,652	131,278
Y	142,247	102,590	116,934	80,652	131,278
*Z	142,247	102,590	153,216	102,590	142,247
AA	131,278	80,652	116,934	102,590	142,247
BB	131,278	80,652	124,247	117,215	149,560
CC	131,278	80,652	136,153	92,840	136,153
DD	131,278	80,652	107,184	85,527	132,497

2. Beban mati sendiri (*MS*)

Dihitung otomatis oleh SAP2000.

3. Beban pelaksanaan (*PL*) = 2 kN

4. Beban gempa (*EQ*)

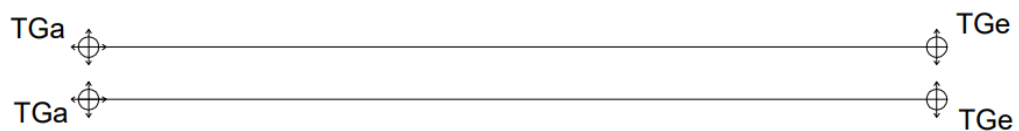
Dihitung pada SAP2000. Dengan data pada tabel di bawah yang diakses dari <https://lini.binamarga.pu.go.id/> (Aplikasi LINI Binamarga).

Variabel	Waktu	Percepatan
As	0	0,424
T0	0,115	0,943
SDS	0,2	0,943
Ts	0,577	0,943
Ts+0.1	0,7	0,777
Ts+0.2	0,8	0,68
Ts+0.3	0,9	0,604
Ts+0.4	1	0,544
SD1	1	0,544
Ts+0.5	1,1	0,494
Ts+0.6	1,2	0,453

Ts+0.7	1,3	0,418
Ts+0.8	1,4	0,389
Ts+0.9	1,5	0,363
Ts+1	1,6	0,34
Ts+1.1	1,7	0,32
Ts+1.2	1,8	0,302
Ts+1.3	1,9	0,286
Ts+1.4	2	0,272
Ts+1.5	2,1	0,259
Ts+1.6	2,2	0,247
Ts+1.7	2,3	0,236
Ts+1.8	2,4	0,227
Ts+1.9	2,5	0,218
Ts+2	2,6	0,209
Ts+2.1	2,7	0,201
Ts+2.2	2,8	0,194
Ts+2.3	2,9	0,188
Ts+2.4	3	0,181
Ts+2.5	3,1	0,175
Ts+2.6	3,2	0,17
Ts+2.7	3,3	0,165
Ts+2.8	3,4	0,16
Ts+2.9	3,5	0,155
Ts+3	3,6	0,151
Ts+3.1	3,7	0,147
Ts+3.2	3,8	0,143
Ts+3.3	3,9	0,139
Ts+3.4	4	0,136

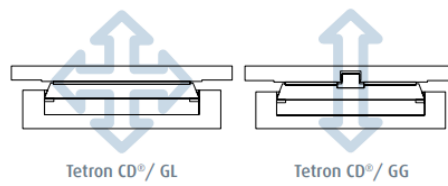
### 3.7.11 Perletakan

Pada tugas akhir ini, perletakan direncanakan menggunakan *pot bearing* produk Tetron, dengan tata letak dan spesifikasi produk berikut:



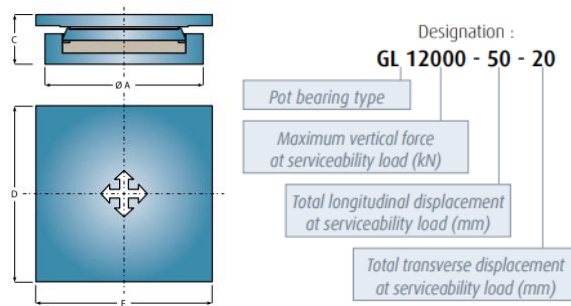
Gambar 3.49 Tata Letak *Pot Bearing*





Gambar 3.50 Arah yang Akan Diakomodir *Pot Bearing*

1. *Multidirectional pot bearing (TGa)*

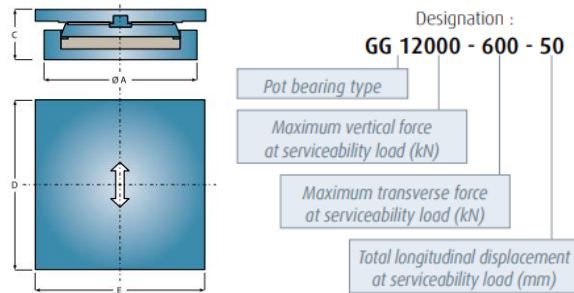


Gambar 3.51 Kode *Pot Bearing TGa*

Designation	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Weight (kg)
GL 500 - 50 - 20	170	245	225	90	25
GL 1000 - 50 - 20	225	290	175	90	35
GL 1500 - 50 - 20	270	330	315	94	45
GL 2000 - 50 - 20	310	370	355	99	60
GL 2500 - 50 - 20	345	410	395	99	75
GL 3000 - 50 - 20	375	435	430	108	95
GL 3500 - 50 - 20	405	460	465	108	110
GL 4000 - 50 - 20	435	500	495	108	125
GL 4500 - 50 - 20	465	525	530	118	155
GL 5000 - 50 - 20	495	555	550	112	175
GL 6000 - 50 - 20	545	610	605	122	215
GL 7000 - 50 - 20	590	655	655	142	290
GL 8000 - 50 - 20	635	695	695	157	275
GL 9000 - 50 - 20	680	745	740	156	425
GL 10000 - 50 - 20	720	785	785	170	520
GL 12000 - 50 - 20	795	855	860	169	595
GL 14000 - 50 - 20	860	920	920	208	925
GL 16000 - 50 - 20	925	985	985	232	1185
GL 18000 - 50 - 20	985	1045	1045	244	1405
GL 20000 - 50 - 20	1040	1100	1100	250	1610
GL 24000 - 50 - 20	1145	1205	1205	274	2135
GL 28000 - 50 - 20	1240	1300	1300	293	2685
GL 30000 - 50 - 20	1285	1345	1345	317	3095
GL 35000 - 50 - 20	1395	1455	1455	327	3765
GL 40000 - 50 - 20	1495	1555	1555	356	4715
GL 45000 - 50 - 20	1590	1650	1650	365	5455
GL 50000 - 50 - 20	1680	1740	1740	389	6490

Gambar 3.52 Spesifikasi *Pot Bearing TGa* Produk Tetron

2. *Indirectional pot bearing (TGe)*



Gambar 3.53 Kode *Pot Bearing TGe*

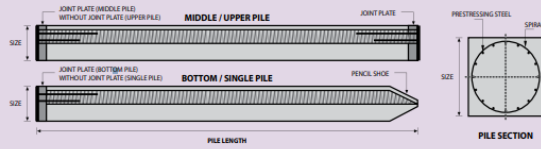
Designation	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Weight (kg)
GG 500 - 50 - 50	205	270	235	100	30
GG 1000 - 100 - 50	270	325	290	104	45
GG 1500 - 150 - 50	325	365	330	104	60
GG 2000 - 200 - 50	355	390	380	109	80
GG 2500 - 250 - 50	400	425	415	113	100
GG 3000 - 300 - 50	430	445	440	118	120
GG 3500 - 350 - 50	460	475	470	123	145
GG 4000 - 400 - 50	490	505	505	123	160
GG 4500 - 450 - 50	520	535	535	137	200
GG 5000 - 500 - 50	550	565	565	142	230
GG 6000 - 500 - 50	590	615	615	162	295
GG 7000 - 500 - 50	620	660	660	162	350
GG 8000 - 500 - 50	660	705	705	167	415
GG 9000 - 500 - 50	690	745	745	181	500
GG 10000 - 500 - 50	730	785	785	185	560
GG 12000 - 600 - 50	820	860	860	184	675
GG 14000 - 700 - 50	870	930	930	213	930
GG 16000 - 800 - 50	935	995	995	242	1245
GG 18000 - 900 - 50	1000	1055	1055	246	1400
GG 20000 - 1000 - 50	1050	1110	1110	265	1710
GG 24000 - 1200 - 50	1160	1215	1215	284	2200
GG 28000 - 1400 - 50	1255	1315	1315	327	2970
GG 30000 - 1500 - 50	1300	1360	1360	336	3300
GG 35000 - 1750 - 50	1410	1470	1470	365	4240
GG 40000 - 2000 - 50	1510	1570	1570	363	4780
GG 45000 - 2250 - 50	1605	1665	1665	382	5690
GG 50000 - 2500 - 50	1695	1755	1755	410	6800

Gambar 3.54 Spesifikasi *Pot Bearing TGe* Produk Tetron

### 3.7.12 *Abutment* dan Fondasi Tiang

Spesifikasi *Abutment* sudah disebutkan pada poin sebelumnya. Fondasi untuk jembatan pelengkung pada tugas akhir ini menggunakan tiang pancang produk Wika Beton, dengan spesifikasi:

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube  $500 \text{ kg/cm}^2$ )

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Size (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile* (m)	Splice Class	
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)				Compatible to Body $M_{max}$	Optional
200 x 200	400	13,333	100	A	1.55	2.65	49.08	27.47	6-9	I	II
					2.29	3.46	81.40	28.10	6-10	III	IV
					2.52	4.33	79.62	34.80	6-11	II	-
250 x 250	625	32,552	156	B	2.78	5.19	77.92	41.30	6-11	I	II
					3.64	5.19	118.59	35.40	6-11	IV	V
					3.98	6.23	116.76	42.20	6-11	III	IV/V
300 x 300	900	67,500	225	C	4.48	7.47	114.66	50.20	6-12	II	-
					4.92	9.34	111.60	61.90	6-12	I	III/IV/V
					5.33	6.57	163.98	38.60	6-11	III	IV
					6.07	8.72	160.68	50.90	6-12	II	-
350 x 350	1,225	125,052	306	D	6.63	10.90	157.45	63.10	6-12	I	IV
					7.30	13.08	154.32	75.00	6-13	I	III/IV
					7.89	9.96	213.96	51.40	6-12	IV	V
					8.71	12.45	210.60	63.80	6-12	III	IV/V
400 x 400	1,600	213,333	400	A	9.51	14.95	207.32	76.00	6-13	II	III/IV/V
					11.82	22.42	198.01	111.60	6-14	I	II/III/IV/V
					11.17	14.01	270.98	64.30	6-12	III	IV
					12.10	16.81	267.61	76.80	6-13	III	IV
450 x 450	2,025	341,719	506	B	13.01	19.62	264.30	89.10	6-13	II	III/IV
					14.78	25.22	257.88	113.30	6-14	I	II/III/V
					15.16	18.68	335.12	77.30	6-13	III	IV
					16.19	21.79	331.72	89.90	6-13	II	III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	C	17.21	24.91	328.38	102.20	6-14	I	II/III/IV
					18.22	28.02	325.09	114.50	6-14	I	II/III/IV
					15.16	18.68	335.12	77.30	6-13	III	IV
					16.19	21.79	331.72	89.90	6-13	II	III/IV

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position