

a. Jarak Antar Kabel pada Gelagar

Preliminary design jarak antar kabel diatur dalam Pasal 4.4.3 Peraturan PU No. 08/SE/M/2015, dimana untuk gelagar dengan material baja jarak antar kabel dapat diambil nilai di antara 15 – 25 m. Dimana dalam perencanaan ini digunakan jarak antar kabel seperti pada gambar 4.1.

b. Tinggi Menara

Ketentuan untuk tinggi menara untuk jembatan *cable-stayed* dijelaskan dalam Pasal 4.7.1 Peraturan PU No. 08/SE/M/2015. Dalam pasal tersebut dijelaskan bahwa rasio antara bentang terpanjang dan tinggi menara dari elevasi gelagar jembatan adalah 0,19 – 0,25, sehingga:

$$H = 0,19L - 0,25L$$

Dengan ,

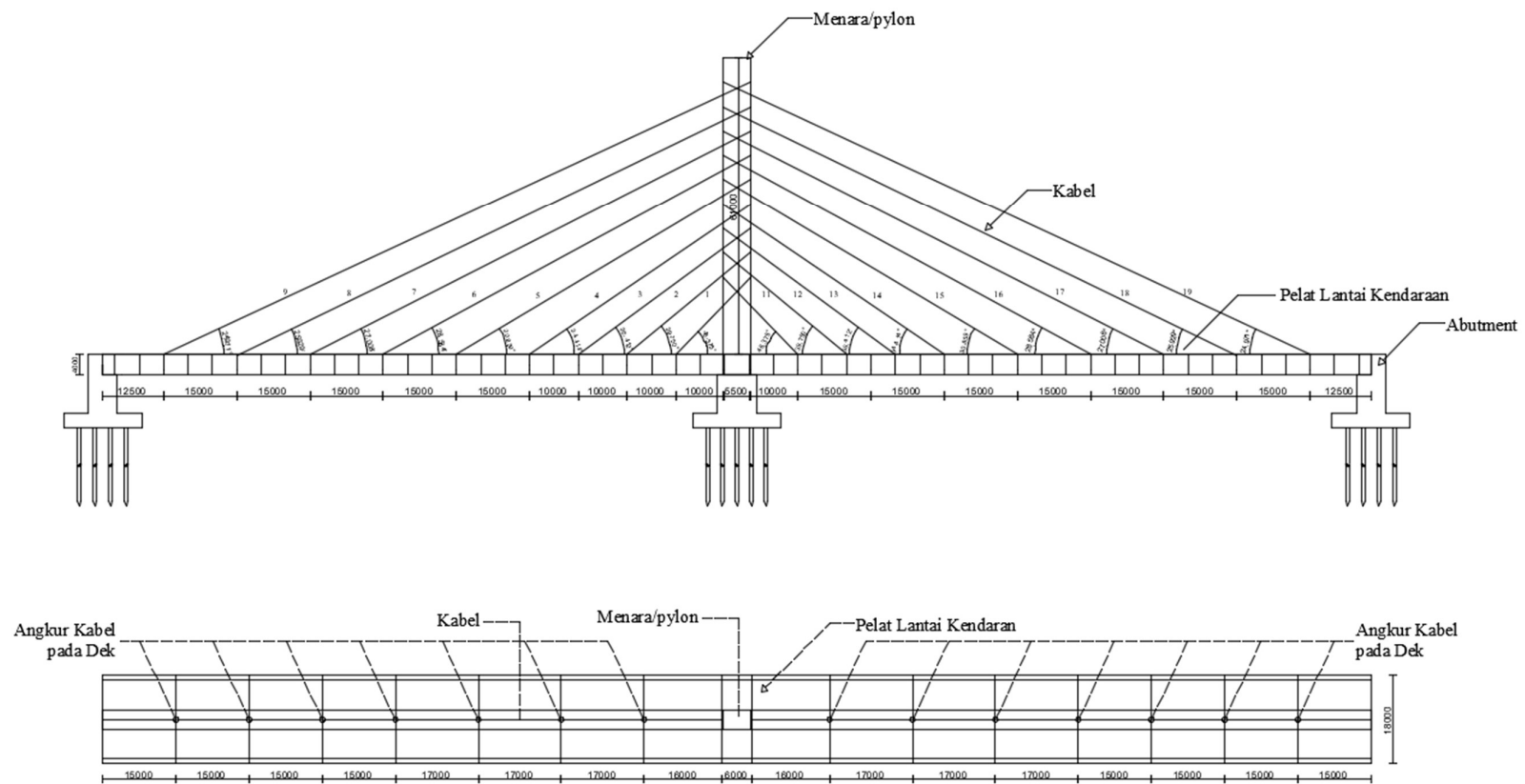
H : tinggi menara dari elevasi gelagar (m)

L : bentang terpanjang jembatan (m) = 260 m

$$\begin{aligned} \text{Ditentukan, } H &= 0,19L \\ &= 0,19(260) \\ &= 49,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 0,2L \\ &= 0,25(260) \\ &= 65 \text{ m} \end{aligned}$$

Digunakan, H = 61 m



Gambar 4.1– Preliminary design jembatan Hasan Basri

## 2. Dimensi Awal *Orthotropic Deck*

Dalam tugas akhir ini digunakan *orthotropic steel deck* dengan model *single trapezoidal stiffening girder* untuk ribs longitudinalnya dan baja profil WT.

### a. Tinggi Dek

Seerti yang disyaratkan dalam Peraturan PU No. 08/SE/M/2015 tentang Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel, yaitu bahwa rasio antara tinggi dek dan panjang total jembatan berkisar antara 1/50 – 1/70. Sehingga direncanakan tinggi dek:

$$\begin{aligned}\text{Tinggi dek (h)} &= \frac{1}{50} l \geq h \geq \frac{1}{70} l \\ &= \frac{1}{50} (260) \geq h \geq \frac{1}{70} (260) \\ &= 5,2 \geq h \geq 3,71\end{aligned}$$

$$\text{Digunakan, h} = 4 \text{ m}$$

### b. Gelagar Melintang (*floor beam*)

Digunakan gelagar melintang dengan baja profil T yang di las dengan pelat lantai dengan jarak antar gelagar melintang 5 m dan tingginya (d) direncanakan sebagai berikut:

$$d \geq \frac{L}{38} = \frac{18 \text{ m}}{38} = 0,4737 \text{ m} \longrightarrow \text{sehingga digunakan} = 0,5 \text{ m}$$

maka digunakan baja profil T dengan ukuran 500 x 300 x 10 x 12

### c. Rusuk(*ribs*) dan Pelat Lantai

Jenis rusuk yang digunakan dalam desain dek ini yaitu closed ribs yang berbentuk *trapezoidal*. Limitasi untuk ukuran *orthotropic steel deck* diambil dari FHWA-IF-12-027, Table 6.1 *Recommended Limits for Orthotropic Panel Proportions*.

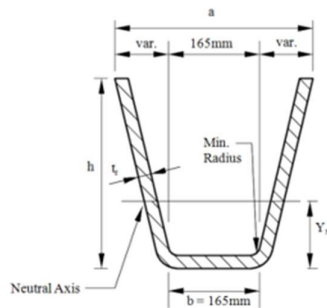
Tabel 4.1 - Standar ukuran rusuk

Detailing Dimension	Limit
Deck Plate Thickness	$t_d > 14 \text{ mm (5/8 inch)}$
Rib Thickness	$6 \text{ mm} < t_r < 12 \text{ mm (1/4} < t_r < 1/2 \text{ inch)}$
Rib Spacing – direct wheel load	$600 \text{ mm} < s < 762 \text{ mm (24} < s < 30 \text{ inches)}$
Rib Spacing – no direct wheel load	$600 \text{ mm} < s < 1000 \text{ mm (24} < s < 40 \text{ inches)}$
Floorbeam Spacing	$L < 6000 \text{ mm (20 ft)}$
Ratio of Rib-to-Floorbeam Depth	$h_{rib}/h_{FB} < 0.4$
Floorbeam Web thickness	$10 \text{ mm} < t_{FB} < 20 \text{ mm (3/8} < t_{FB} < 3/4 \text{ inch)}$
Ratio of Cut-out to Rib Depth	$h_{cutout}/h_{rib} > 0.33$

Sehingga digunakan tebal pelat lantai 25 mm.

Dalam tugas akhir ini digunakan rusuk tertutup (*close ribs*) dengan bentuk trapezoidal, dimensi awal ribs ditentukan berdasarkan APPENDIX A dalam FHWA-IF-12-027.

Tabel 4.2 - Ukuran standar rusuk bentuk trap



Standard Rib Designation	Depth of Rib, d (mm)	Width at Top, a (mm)	Rib Thickness, $t_r$ (mm)	Weight per meter (kN)	$I_{xx}$ (mm <sup>4</sup> )	$Y_{xx}$ (mm)
85	196	282	8	342	$1.67 \times 10^7$	76
86			9	408	$1.97 \times 10^7$	76
87			11	473	$2.26 \times 10^7$	77
95	221	297	8	374	$2.30 \times 10^7$	87
96			9	447	$2.72 \times 10^7$	88
97			11	519	$3.13 \times 10^7$	88
105	245	312	8	407	$3.07 \times 10^7$	99
106			9	486	$3.63 \times 10^7$	99
107			11	564	$4.15 \times 10^7$	100
115	270	328	8	439	$3.98 \times 10^7$	111
116			9	525	$4.72 \times 10^7$	111
117			11	609	$5.44 \times 10^7$	112

Dari tabel tersebut ditentukan dimensi awal rusuk sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 h &= 245 \text{ mm} & a &= 312 \text{ mm} \\
 t_r &= 9 \text{ mm} & a + e &= 550 \text{ mm} \\
 b &= 165 \text{ mm} & e &= 238 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 3. Dimensi Kabel

Dalam perencanaan ini digunakan kabel dengan tipe *parallel strand*, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4.3 - Spesifikasi kabel

Standar	ASTM A 416-06 Grade 270
Diameter Strand mm <sup>2</sup>	15.24
As (mm <sup>2</sup> )	140
fu (MPa)	1860

Dengan tegangan ijin dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= 0,6 \times 1860 \\ &= 1116 \text{ MPa} = 1116 \times 1000 = 1116000 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- **Pembebanan**

Beban mati

Estimasi berat gelagar jembatan *cable stayed* dapat dilihat dalam SEM PU No. 08/SE/M/2015.

Berat box girder/m	$= 3,5 \times 18 \times 1,1$	$= 69,3 \text{ kN/m}$
Berat Aspal/m	$= 22 \times 14 \times 0,05 \times 2$	$= 30,8 \text{ kN/m}$
Berat trotoar/m	$= 24 \times 2 \times 0,25 \times 2$	$= 24 \text{ kN/m}$
Berat Median	$= 24 \times 4 \times 0,25 \times 2$	$= 48 \text{ kN/m}$
	Total	$= 172,1 \text{ kN/m}$
Berat utilitas (30%)	$= 30\% \times 172,1$	$= 51,63 \text{ kN/m}$

Total DL = Total + Berat Utilitas

$$= 172,1 + 51,63$$

$$= 223,73 \text{ kN/m}$$

Beban Hidup

BTR

$$L > 30 \text{ m} \rightarrow q = 9 \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right)$$

$$q = 9 \left( 0,5 + \frac{15}{260} \right)$$

$$q = 5,019 \text{ kN/m}^2$$

sehingga:  $q_{btr} = 5,019 \times 12 \times 2 = 120,461 \text{ kN/m}$

BGT

$$P = 49 \text{ kN/m}$$

$$p_{BGT} = 49 \times (\text{Panjang floor beam} \times 2)$$

$$= 49 \times (6,001 \times 2)$$

$$= 1176,196 \text{ kN}$$

- Preliminary Dimensi Kabel

$$\text{Berat jenis kabel} = 7,8 \text{ kN/m}$$

Luas dimensi kabel dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Kabel 9

$$Asc = \frac{P_{ni}}{f_{ni}}$$

Dengan:

$$P_{ni} = \frac{(0,5 (\lambda_i + \lambda_{i+1}))W + p_{BGT}}{\sin \alpha_i}$$

$$W = DL + q_{BTR} = 223,73 + 120,461 = 344,192 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$f_1 = f_{ijin} - \gamma_{cb} \left( \frac{\text{Panjang Kabel}}{\cos \alpha_1} \right)$$

$$= 1116000 - 7,8 \left( \frac{131,654}{0,905} \right) = 1114865,303 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga:

$$P_{ni} = \frac{(0,5 (15 + 13,6))344,192 + 1176,196}{0,425} = 14348,553 \text{ kN}$$

$$Asc = \frac{14348,553}{1114865,303} = 0,012870212 \text{ m}^2 = 12870,212 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{Asc}{A} = \frac{12870,212}{140} = 91,93$$

Tabel 4.4 - Rekapitulasi perhitungan jumlah *strand*

No	$\lambda_i$	$\lambda_{i+1}$	$a_i$	$h_i$	$\alpha$	Asc	n	n pakai	Asc Pakai
	m	m	m	m	derajat	mm2	buah'	buah'	mm2
9	12,5	15	131,654	60	27,451	12870,212	92	127	19050
8	15	15	115,967	55	28,690	12926,863	92	127	19050
7	15	15	100,318	50	30,319	12384,739	88	127	19050
6	15	15	84,73	45	32,550	11743,733	84	127	19050
5	15	15	69,244	40	35,781	10931,619	78	127	19050
4	10	10	53,947	35	40,833	8541,506	61	127	19050
3	10	10	42,921	30	44,526	6831,077	49	127	19050
2	10	10	32,003	25	50,648	6309,913	45	127	19050
1	12,5	10	21,359	20	62,271	6040,878	43	127	19050

#### 4. Struktur Menara

Dimensi awal menara dihitung berdasarkan estimasi struktur tekan menara dalam menahan gaya yang disalurkan kabel.

Detail material:

Material : Beton Bertulang

$f'c$  : 60 MPa

$f_y$  : 420 MPa

Gaya vertical kumulatif yang dipikul menara diberikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.5 - gaya vertikal kumulatif yang dipikul menara

No.	Pni (kN)	hi	Wcb (kN)	Ni (kN)
9	14348,553	131,654	168,188	14516,741
8	14413,527	115,967	148,148	14561,675
7	13810,608	100,318	128,156	13938,764
6	13097,250	84,730	108,243	13205,493
5	12192,862	69,244	88,459	12281,321
4	9527,983	53,947	68,917	9596,900
3	7620,646	42,921	54,832	7675,477
2	7039,804	32,003	40,884	7080,688
1	6740,121	21,359	27,286	6767,407
Total	98791,354		833,113	99624,467

Keterangan:

Web : berat kabel (kN)

Ni : gaya vertikal yang dipikul masing-masing kabel (kN)

Estimasi awal untuk dimensi menara ditentukan dengan persamaan berikut:

$$A = \frac{2 \times \sum Ni}{f'c} = \frac{2 \times 99624,467 \times 1000}{60} = 3320815,562 \text{ mm}^2$$



Digunakan dimensi menara:

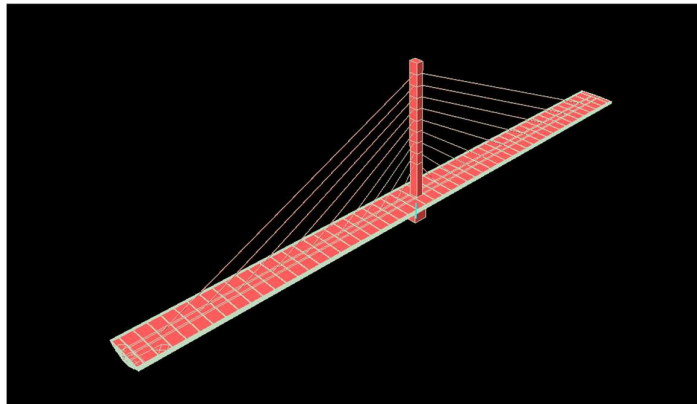
$$b = 5500 \text{ mm}$$

$$h = 4000 \text{ mm}$$

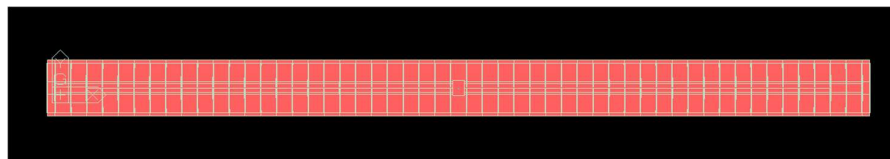
$$A = 12000000 \text{ mm}^2 > A = 3320815,562 \text{ mm}^2$$

#### 4.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan dalam 3 dimensi dengan menggunakan software MIDAS CIVIL 2019. Ilustrasi pemodelan struktur dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.2 - Tampak perspektif jembatan



Gambar 4.3 - Tampak atas jembatan