

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Penelitian**

Didapatkan bahwa jembatan rencana Kraton Krian memiliki dimensi yang dapat dilalui oleh truk sesuai dengan SNI 1725:2016, ketika dikenai beban gandar 225 KN atau truk dengan beban sekitar 50 ton, struktur jembatan rencana mampu menahan beban tersebut.

Dalam analisis biaya struktur per beban kendaraan, jembatan Kraton Krian eksisting memiliki rasio biaya per kg beban kendaraan sebesar Rp.16,049,73 per kg sedangkan rasio biaya per kg beban kendaraan pada jembatan Kraton Krian rencana adalah Rp.32.838,82 per kg.

#### **4.2. Analisis dan Pembahasan**

##### **4.2.1. Data Perencanaan Jembatan Eksisting**

Jembatan ini bertipe Jembatan Baja Girder Komposit, jembatan ini memiliki lebar jembatan 1.77 meter (2 x 0.145 m lebar trotoar + 1.48 m lebar jalan). Mengacu pada SNI 1725:2016 Pasal 8.4, lebar truk adalah 2.75 m sehingga jembatan ini tidak bisa dilalui truk, dengan demikian beban T tidak akan diperhitungkan pada struktur jembatan eksisting.

Jembatan ini memiliki 2 gelagar memanjang dengan profil baja WF 250.120.10.10 dengan jarak antar gelagar memanjang adalah 1.48 m dan memiliki kenaikan elevasi ditengah bentang sebesar 0.23 m. Struktur jembatan ini memiliki mutu beton ( $f'c$ ) sebesar 30 MPa dan mutu baja BJ41.

Pada program SAP2000, didefinisikan terlebih dahulu properti material atau bahan yang digunakan:

**General Data**

Material Name and Display Color: Beton fc'30

Material Type: Concrete

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

---

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2.356E-05

Mass per Unit Volume: 2.403E-09

Units: N, mm, C

---

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 24855.578

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 10356.491

---

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 30.

Expected Concrete Compressive Strength: 30.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

**Gambar 4. 1** Mutu beton 30 MPa

**General Data**

Material Name and Display Color: Steel BJ 41

Material Type: Steel

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

---

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 7.697E-05

Mass per Unit Volume: 7.849E-09

Units: N, mm, C

---

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 199947.98

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 76903.07

---

**Other Properties For Steel Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 250.

Minimum Tensile Stress, Fu: 410.

Expected Yield Stress, Fye: 275.

Expected Tensile Stress, Fue: 451.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

**Gambar 4. 2** Mutu baja BJ41

### A. Geometri Struktur Jembatan

1. Jenis Jembatan : Jembatan Baja Girder Komposit
2. Jumlah Segmen Jembatan : 3
3. Jarak Antar Segmen Jembatan : 7.95 m
4. Panjang Total Jembatan : 22.79 m
5. Lebar Jalan : 1.48 m
6. Lebar Trotoar : 0.145 m
7. Lebar Jembatan : 1.77 m
8. Tebal Lantai Kendaraan : 130 mm
9. Tebal Kerb : N/A

### B. Pembebanan Mati

#### Beban Mati

Beban pelat lantai kendaraan:

**Tabel 4. 1** Berat isi untuk beban mati

Sumber; SNI 1725:2016 Tabel 2

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

**Tabel 4. 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 Tabel 3

Menghitung berat pelat lantai:

$$\gamma_{beton} = 22 + 0,022 \times f'c$$

$$\gamma_{beton} = 22 + 0,022 \times 30 = 22,66 \text{ kN/m}^3$$

$$q_{D_{pelat}} = t_{pelat} \times \gamma_{beton} \times \gamma_{MS_{beton \text{ non precast}}}^U$$

$$q_{D_{pelat}} = 0,13 \times 22,66 \times 1,3 = 3,83 \text{ kN/m}$$

### Beban Mati Tambahan

Mengacu pada SNI 1725:2016 Pasal 7.3.1 disebutkan bahwa semua jembatan harus dirancang untuk bisa memikul beban *Superimposed Dead Load* (Beban Mati Tambahan) berupa aspal dengan tebal 50 mm yang harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang tertera pada gambar rencana.

**Tabel 4. 3** Faktor beban untuk beban mati tambahan

| 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 Tabel 4

Menghitung beban akibat aspal:

$$q_{aspal} = t_{aspal} \times \gamma_{aspal} \times \gamma_{MA}^U$$

$$q_{aspal} = 0,05 \times 22 \times 2$$

$$q_{aspal} = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

Menghitung beban akibat genangan air hujan, dianggap tinggi genangan maksimum adalah 5 cm:

$$q_{air} = t_{air} \times \gamma_{air} \times \gamma_{MA}^U$$

$$q_{air} = 0,05 \times 10 \times 2$$

$$q_{air} = 1 \text{ kN/m}$$

$$q_{SD} = q_{aspal} + q_{air}$$

$$q_{SD} = 2,2 + 1 = 3,2 \text{ kN/m}^2$$



**Gambar 4. 3** Beban mati tambahan pada jembatan eksisting

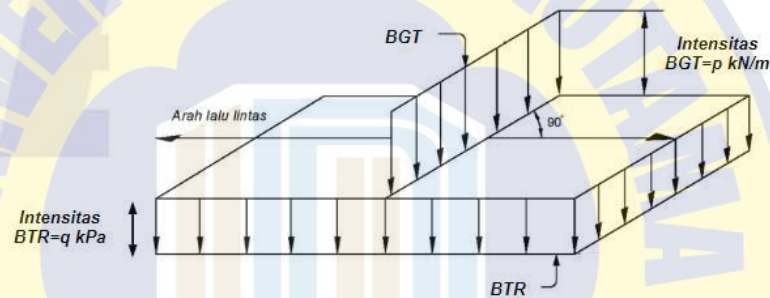
### C. Pembebanan Hidup

Beban hidup pada jembatan adalah beban lalu lintas yang mengacu pada SNI 1725-2016 Pasal 8, beban lalu lintas terdiri dari beban lajur kendaraan “D” dan beban truk “T”. Beban lajur kendaraan “D” diaplikasikan pada seluruh lebar lajur kendaraan yang menimbulkan pengaruh pada jembatan yang sama seperti iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah dari beban lajur kendaraan berbanding lurus dengan lebar jembatan itu sendiri.

Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar pada truk terdiri atas dua bidang kontak pembebanan (roda).

Menurut SNI 1725-2016 Pasal 8.4 beban lajur kendaraan “D” dan beban truk “T” tidak bisa digunakan secara bersamaan, sehingga harus dipilih salah satu yang paling memberikan pengaruh pada struktur jembatan.

### 1. Beban Lajur “D”



**Gambar 4. 4** Intensitas BGT dan BTR

Mengacu pada SNI 1725-2016 Pasal 8.3.1, intensitas BTR (Beban Terbagi Rata) “D” pada jembatan adalah:

Jika  $L \leq 30 \text{ m}$ , maka  $q_{BTR} = 9,0 \text{ kPa}$

Jika  $L \geq 30 \text{ m}$ , maka  $q_{BTR} = 9,0 \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$

Sedangkan intensitas BGT (Beban Garis Terpusat) adalah:

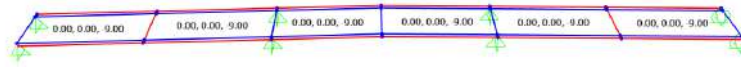
$$Q_{BGT} = 49,0 \text{ kN/m'}$$

Karena panjang jembatan  $\leq 30 \text{ m}$

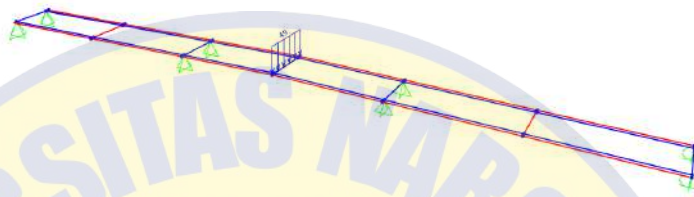
$$q_{BTR} = 9,0 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{BGT} = 49,0 \text{ kN/m'}$$

Dalam analisis jembatan beban  $q_{BTR}$  akan diaplikasikan pada seluruh pelat lantai kendaraan dan beban  $Q_{BGT}$  diaplikasikan secara melintang pada tengah bentang jembatan.



**Gambar 4. 5** Beban “D” terbagi rata pada jembatan eksisting



**Gambar 4. 6** Beban “D” terpusat pada jembatan eksisting

2. Beban Truk “T”

Karena jembatan Kraton Krian memang direncanakan untuk tidak dilalui kendaraan berat, maka beban truk “T” ini tidak perlu diperhitungkan.

**D. Pembebanan Angin**

Menurut SNI 1725-2016 Pasal 9.6.1, tekanan angin ditentukan akibat angin rencana dengan kecepatan dasar  $V_B$  sebesar 90 km/jam sampai 126 km/jam. Beban angin sendiri harus diasumsikan terdistribusi secara merata (proporsional) pada seluruh permukaan yang terekspos oleh angin. Luas area dari permukaan yang dimaksud adalah luas area dari semua komponen bangunan termasuk sistem lantai dan railing yang diambil tegak lurus terhadap angin. Kecepatan angin dasar ( $V_B$ ) dianggap memiliki besar ditengah rentang 90 – 126 km/jam ( $\frac{90+126}{2} = 108$  km/jam).

Menghitung tekanan angin horizontal pada struktur jembatan:

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

Karena jembatan yang direncanakan bukan jembatan rangka batang sehingga tidak memiliki struktur pada elevasi dengan perbedaan yang signifikan maka  $V_{10}$  (kecepatan angin pada elevasi rencana 10 meter atau lebih) dianggap sebagai  $V_B$  (Kecepatan angin dasar).

**Tabel 4. 4** Nilai V0 dan Z0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

| Kondisi                 | Lahan Terbuka | Sub Urban | Kota |
|-------------------------|---------------|-----------|------|
| V <sub>0</sub> (km/jam) | 13,2          | 17,6      | 19,3 |
| Z <sub>0</sub> (mm)     | 70            | 1000      | 2500 |

Sumber : SNI 1725:2016 Tabel 28

Jembatan Kraton Krian berada pada pemukiman yang tidak terlalu padat bangunan sehingga kondisi hulu pada jembatan Kraton Krian dapat dianggap sebagai kondisi Sub Urban dan jembatan Kraton Krian eksisting memiliki jarak struktur pelat dengan muka air normal sebesar 1,726 meter.

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

$$V_{DZ} = 2,5 \times (17,6) \times \left( \frac{108}{108} \right) \times \ln \left( \frac{1726}{1000} \right)$$

$$V_{DZ} = 24,02 \text{ km/jam}$$

Mengacu pada SNI 1725-2016 Pasal 9.6.1.1, arah angin harus diasumsikan horizontal dan dengan tidak adanya data yang lebih tepat mengenai tekanan angin, tekanan angin rencana dalam Mpa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan:

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

Besar tekanan angin dasar ( $P_B$ ) dapat diperoleh dari tabel berikut:

**Tabel 4. 5** 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 Tabel 29



Karena jembatan Kraton Krian tidak memiliki rangka, kolom, pelengkung, dan balok pada komponen bangunan atasnya maka dianggap bangunan atas dari jembatan Kraton Krian ini adalah permukaan datar, sehingga:

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

$$P_D = 0,0019 \left( \frac{24,02}{108} \right)^2$$

$$P_D = 0,000094 \text{ MPa}$$

Menghitung tinggi jembatan yang tegak lurus dengan arah beban horizontal dari angin:

$$h = t_p + 30\%h_r + \text{web profil}$$

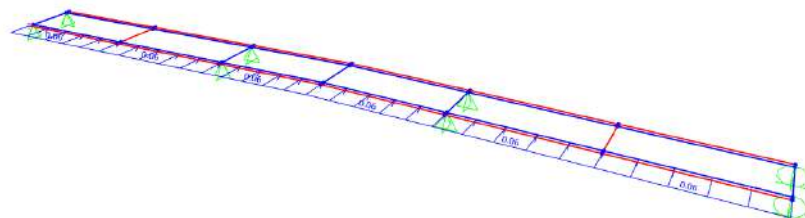
dimana  $t_p$  adalah tebal pelat,  $h_r$  adalah tinggi railing, dan web profil adalah tinggi badan dari profil gelagar, menurut RSNI T 02-2005, 30% merupakan perkiraan beban angin yang mengenai keseluruhan rangka, dalam hal ini adalah rangka railing.

$$h = 130 + 30\% \times 998 + 250$$

$$h = 679,4 \text{ mm}$$

$$q_w = h \times P_D$$

$$q_w = 679,4 \times 0,000094 = 0,063864 \text{ kN/m}$$



**Gambar 4. 7** Beban angin pada jembatan eksisting

#### 4.2.2. Data Perencanaan Jembatan Rencana

Jembatan ini bertipe Jembatan Baja Girder Komposit, jembatan ini memiliki lebar jembatan 4 meter ( 2 x 0.5 m lebar trotoar + 3 m lebar jalan). Mengacu pada SNI 1725:2016 Pasal 8.4, lebar truk adalah 2.75 m sehingga jembatan ini bisa dilalui truk, namun secara bergantian untuk melintasi jembatan ini.

Jembatan ini memiliki 4 gelagar memanjang dengan profil baja WF 600.200.11.17 dengan jarak antar gelagar memanjang adalah 1 m, gelagar melintang (diafragma) dengan profil baja WF 300.150.6,5.9, dan memiliki kenaikan elevasi ditengah bentang sebesar 0.71 m.

Struktur jembatan ini memiliki mutu beton ( $f'c$ ) sebesar 30 MPa dan mutu baja BJ41.

Pada program SAP2000, didefinisikan terlebih dahulu properti material atau bahan yang digunakan:



The image shows a screenshot of the SAP2000 material properties dialog box for concrete. The dialog is titled 'General Data' and contains several sections:

- General Data:** Material Name and Display Color is 'Beton fc'30' with a yellow color swatch. Material Type is 'Concrete'. Material Grade is empty. Material Notes is empty with a 'Modify/Show Notes...' button.
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume is 2.356E-05. Mass per Unit Volume is 2.403E-09. Units are set to 'N, mm, C'.
- Isotropic Property Data:** Modulus Of Elasticity, E is 24855.578. Poisson, U is 0.2. Coefficient Of Thermal Expansion, A is 9.900E-06. Shear Modulus, G is 10356.491.
- Other Properties For Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, Fc is 30. Expected Concrete Compressive Strength is 30. There is an unchecked checkbox for 'Lightweight Concrete' and a 'Shear Strength Reduction Factor' field.
- Switch To Advanced Property Display:** This checkbox is unchecked.

At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

**Gambar 4. 8** Mutu beton 30 MPa

**General Data**

Material Name and Display Color: Steel BJ 41

Material Type: Steel

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 7.697E-05

Mass per Unit Volume: 7.849E-09

**Units**

Units: N, mm, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 199947.98

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 76903.07

**Other Properties For Steel Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 250.

Minimum Tensile Stress, Fu: 410.

Expected Yield Stress, Fye: 275.

Expected Tensile Stress, Fue: 451.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

**Gambar 4. 9** Mutu baja BJ41

**A. Geometri Struktur Jembatan**

1. Jenis Jembatan : Jembatan Baja Girder Komposit
2. Jumlah Segmen Jembatan : 15
3. Jarak Antar Segmen Jembatan : 1,5 m
4. Panjang Total Jembatan : 24,1 m
5. Lebar Jalan : 3 m
6. Lebar Trotoar : 0,5 m
7. Lebar Jembatan : 4 m
8. Tebal Lantai Kendaraan : 130 mm
9. Tebal Kerb : N/A

## B. Pembebanan Mati

### Beban Mati

Beban pelat lantai kendaraan:

**Tabel 4. 6** 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 ( <i>bituminous wearing surfaces</i> ) | 22,0                           | 2245                                 |
| 2   | Besi tuang ( <i>cast iron</i> )                                   | 71,0                           | 7240                                 |
| 3   | Timbunan tanah dipadatkan ( <i>compacted sand, silt or clay</i> ) | 17,2                           | 1755                                 |
| 4   | Kerikil dipadatkan ( <i>rolled gravel, macadam or ballast</i> )   | 18,8-22,7                      | 1920-2315                            |
| 5   | Beton aspal ( <i>asphalt concrete</i> )                           | 22,0                           | 2245                                 |
| 6   | Beton ringan ( <i>low density</i> )                               | 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 ( <i>steel</i> )   | 78,5                           | 7850                                 |
| 9   | Kayu (ringan)   | 7,8                            | 800                                  |
| 10  | Kayu keras ( <i>hard wood</i> )                                   | 11,0                           | 1125                                 |

Sumber ; SNI 1725-2016 tabel 2

**Tabel 4. 7** 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 tabel 2

Menghitung berat pelat lantai:

$$\gamma_{beton} = 22 + 0,022 \times f'_c$$

$$\gamma_{beton} = 22 + 0,022 \times 30 = 22,66 \text{ kN/m}^3$$

$$q_{D_{pelat}} = t_{pelat} \times \gamma_{beton} \times \gamma_{MS_{beton \text{ non precast}}}^U$$

$$q_{D_{pelat}} = 0,13 \times 22,66 \times 1,3 = 3,83 \text{ kN/m}$$

### Beban Mati Tambahan

Mengacu pada SNI 1725:2016 Pasal 7.3.1 disebutkan bahwa semua jembatan harus dirancang untuk bisa memikul beban *Superimposed Dead Load* (Beban Mati Tambahan) berupa aspal dengan tebal 50 mm yang harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang tertera pada gambar rencana.

**Tabel 4. 8** faktor Beban Untuk beban mati tambahan

| 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 Tabel 4

Menghitung beban akibat aspal:

$$q_{aspal} = t_{aspal} \times \gamma_{aspal} \times \gamma_{MA}^U$$

$$q_{aspal} = 0,05 \times 22 \times 2$$

$$q_{aspal} = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

Menghitung beban akibat genangan air hujan, dianggap tinggi genangan maksimum adalah 5 cm:

$$q_{air} = t_{air} \times \gamma_{air} \times \gamma_{MA}^U$$

$$q_{air} = 0,05 \times 10 \times 2$$

$$q_{air} = 1 \text{ kN/m}$$

$$q_{SD} = q_{aspal} + q_{air}$$

$$q_{SD} = 2,2 + 1 = 3,2 \text{ kN/m}^2$$



**Gambar 4. 10** Beban mati tambahan pada jembatan rencana

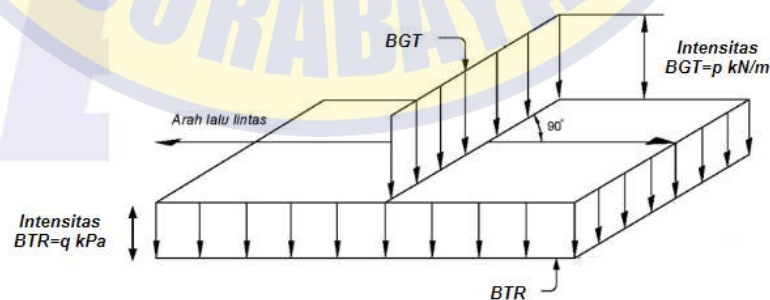
### C. Pembebanan Hidup

Beban hidup pada jembatan adalah beban lalu lintas yang mengacu pada SNI 1725-2016 Pasal 8, beban lalu lintas terdiri dari beban lajur kendaraan “D” dan beban truk “T”. Beban lajur kendaraan “D” diaplikasikan pada seluruh lebar lajur kendaraan yang menimbulkan pengaruh pada jembatan yang sama seperti iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah dari beban lajur kendaraan berbanding lurus dengan lebar jembatan itu sendiri.

Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar pada truk terdiri atas dua bidang kontak pembebanan (roda).

Menurut SNI 1725-2016 Pasal 8.4 beban lajur kendaraan “D” dan beban truk “T” tidak bisa digunakan secara bersamaan, sehingga harus dipilih salah satu yang paling memberikan pengaruh pada struktur jembatan.

#### 1. Beban Lajur “D”



**Gambar 4. 11** Intensitas BGT dan BTR

Mengacu pada SNI 1725-2016 Pasal 8.3.1, intensitas BTR (Beban Terbagi Rata) “D” pada jembatan adalah:

Jika  $L \leq 30 \text{ m}$ , maka  $q_{BTR} = 9,0 \text{ kPa}$

Jika  $L \geq 30 \text{ m}$ , maka  $q_{BTR} = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa}$

Sedangkan intensitas BGT (Beban Garis Terpusat) adalah:

$$Q_{BGT} = 49,0 \text{ kN/m'}$$

Karena panjang jembatan  $\leq 30 \text{ m}$

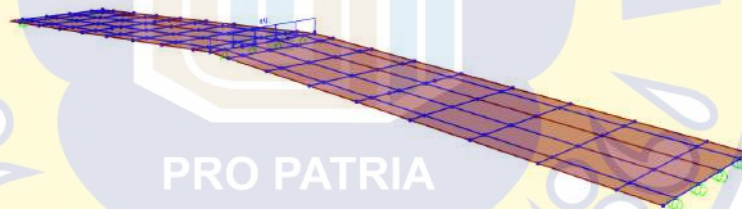
$$q_{BTR} = 9,0 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{BGT} = 49,0 \text{ kN/m'}$$

Dalam analisis jembatan beban  $q_{BTR}$  akan diaplikasikan pada seluruh pelat lantai kendaraan dan beban  $Q_{BGT}$  diaplikasikan secara melintang pada tengah bentang jembatan.



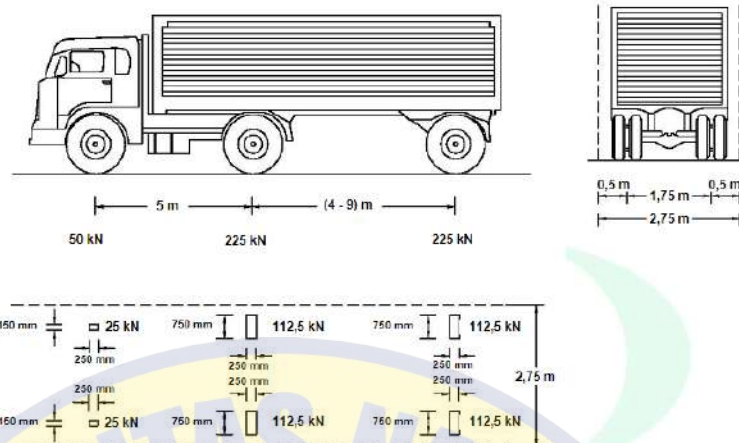
**Gambar 4. 12** Beban “D” terbagi rata pada jembatan rencana



**Gambar 4. 13** Beban “D” terpusat pada jembatan rencana

## 2. Beban Truk “T”

Jembatan Kraton Krian yang direncanakan memiliki lebar jalur kendaraan sebesar 3 m yang mana menurut SNI 1725-2016 Pasal 8.4.1 sudah melebihi lebar truk 2,75 sehingga memungkinkan dilalui 1 kendaraan berat.



**Gambar 4. 14** Pembebanan roda truk

Seluruh roda akan dibebankan pada struktur jembatan yang sebelumnya telah diperbesar dengan Faktor Beban Dinamis (FBD), FBD yang digunakan:

**Tabel 4. 9** Faktor Beban Dinamis

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

Sumber ; SNI 1725-2016 tabel 13

Mengacu pada SNI 1725-2016 Pasal 8.6, beban statis truk rencana harus diperbesar dengan Faktor Beban Dinamis yang merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak, untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil sebesar 30%, sehingga perhitungan beban roda dan belakang adalah:

$$T_{depan} = W_{TT_{depan}} \times (1 + 30\%) \times \gamma_{TT}^U$$

$$T_{depan} = 25 \times (1 + 30\%) \times 2,00$$

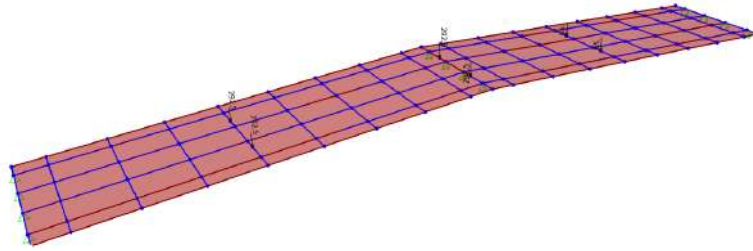
$$T_{depan} = 65 \text{ kN}$$

$$T_{belakang} = W_{TT_{belakang}} \times (1 + 30\%) \times \gamma_{TT}^U$$

$$T_{belakang} = 112,5 \times (1 + 30\%) \times 2,00$$

$$T_{belakang} = 292,5 \text{ kN}$$





**Gambar 4. 15** Beban “T” pada jembatan rencana

#### D. Pembebanan Angin

Menurut SNI 1725-2016 Pasal 9.6.1, tekanan angin ditentukan akibat angin rencana dengan kecepatan dasar  $V_B$  sebesar 90 km/jam sampai 126 km/jam. Beban angin sendiri harus diasumsikan terdistribusi secara merata (proporsional) pada seluruh permukaan yang terekspos oleh angin. Luas area dari permukaan yang dimaksud adalah luas area dari semua komponen bangunan termasuk sistem lantai dan railing yang diambil tegak lurus terhadap angin.

Kecepatan angin dasar ( $V_B$ ) dianggap memiliki besar ditengah rentang 90 sampai 126 km/jam ( $\frac{90+126}{2} = 108$  km/jam).

Menghitung tekanan angin horizontal pada struktur jembatan:

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

Karena jembatan yang direncanakan bukan jembatan rangka batang sehingga tidak memiliki struktur pada elevasi dengan perbedaan yang signifikan maka  $V_{10}$  (kecepatan angin pada elevasi rencana 10 meter atau lebih) dianggap sebagai  $V_B$  (Kecepatan angin dasar).

**Tabel 4. 10** 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 Tabel 28

Jembatan Kraton Krian berada pada pemukiman yang tidak terlalu padat bangunan sehingga kondisi hulu pada jembatan Kraton Krian dapat dianggap sebagai kondisi Sub Urban dan jembatan Kraton Krian rencana memiliki jarak struktur pelat dengan muka air normal sebesar 2,436 meter.

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

$$V_{DZ} = 2,5 \times (17,6) \times \left( \frac{108}{108} \right) \times \ln \left( \frac{2436}{1000} \right)$$

$$V_{DZ} = 39,18 \text{ km/jam}$$

Mengacu pada SNI 1725-2016 Pasal 9.6.1.1, arah angin harus diasumsikan horizontal dan dengan tidak adanya data yang lebih tepat mengenai tekanan angin, tekanan angin rencana dalam Mpa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan:

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

Besar tekanan angin dasar ( $P_B$ ) dapat diperoleh dari tabel berikut:

**Tabel 4. 11** 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 tabel 29

Karena jembatan Kraton Krian tidak memiliki rangka, kolom, pelengkung, dan balok pada komponen bangunan atasnya maka dianggap bangunan atas dari jembatan Kraton Krian ini adalah permukaan datar, sehingga:

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

$$P_D = 0,0019 \left( \frac{39,18}{108} \right)^2$$

$$P_D = 0,00025 \text{ MPa}$$

Menghitung tinggi jembatan yang tegak lurus dengan arah beban horizontal dari angin:

$$h = t_p + 30\%h_r + \text{web profil}$$

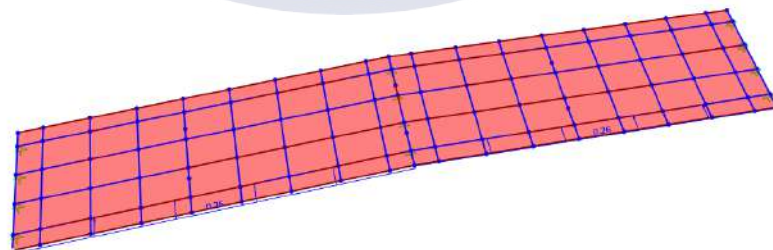
dimana  $t_p$  adalah tebal pelat,  $h_r$  adalah tinggi railing, dan web profil adalah tinggi badan dari profil gelagar, menurut RSNI T 02-2005, 30% merupakan perkiraan beban angin yang mengenai keseluruhan rangka, dalam hal ini adalah rangka railing.

$$h = 130 + 30\% \times 1036 + 600$$

$$h = 1040,8 \text{ mm}$$

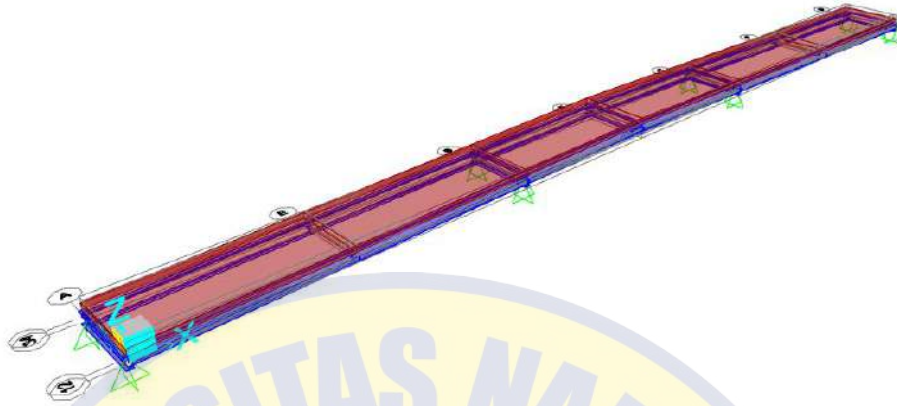
$$q_w = h \times P_D$$

$$q_w = 1040,8 \times 0,00025 = 0,2602 \text{ kN/m}$$



**Gambar 4. 16** Beban angin pada jembatan rencana

### 4.2.3. Analisis Struktur Jembatan Eksisting



**Gambar 4. 17** Model jembatan eksisting pada SAP2000

#### A. Perhitungan Gelagar Melintang (Diafragma)

Dari hasil *running* analisis SAP2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum dari gelagar melintang dengan beban *envelope* (terbesar dari beban dengan pengaruh beban hidup “D” dan beban hidup “T”) adalah sebagai berikut:

$$V_u = 36,558 \text{ KN}$$

$$M_u = -8,733 \text{ KNm}$$

$$P_u = -21,512 \text{ KN (Tekan)}$$

$$T_u = 0$$

Pada gelagar melintang ini menggunakan profil baja WF 250.125.10.10 dengan spesifikasi:

##### 1. Luas Penampang

$$A_f = 2 \times (b \times t_f)$$

$$A_f = 2 \times (125 \times 10) = 2500 \text{ mm}^2$$

$$A_w = (h - 2t_f) \times t_w$$

$$A_w = (250 - 2 \times 10) \times 10 = 2300 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_f + A_w = 2500 + 2300 = 4800 \text{ mm}^2$$

2. Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{x_f} = \frac{1}{12} \times (b \times t_f^3) + (b \times t_f) \times ((h - t_f) - b)^2$$

$$I_{x_f} = \frac{1}{12} \times (125 \times 10^3) + (125 \times 10) \times ((250 - 10) - 125)^2$$

$$I_{x_f} = 18010417 \text{ mm}^4$$

$$I_{x_w} = \frac{1}{12} \times (t_w \times (h - 2t_f)^3)$$

$$I_{x_w} = \frac{1}{12} \times (10 \times (250 - 2 \times 10)^3)$$

$$I_{x_w} = 10139167 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 2I_{x_f} + I_{x_w}$$

$$I_x = 2(18010417) + 10139167 = 46160000 \text{ mm}^4$$

3. Momen Inersia Sumbu Lemah

$$I_{y_f} = \frac{1}{12} \times (t_f \times b^3)$$

$$I_{y_f} = \frac{1}{12} \times (10 \times 125^3)$$

$$I_{y_f} = 1627604 \text{ mm}^4$$

$$I_{y_w} = \frac{1}{12} \times ((h - 2t_f) \times t_w^3)$$

$$I_{y_w} = \frac{1}{12} \times ((250 - 2 \times 10) \times 10^3)$$

$$I_{y_w} = 19166,67 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2I_{y_f} + I_{y_w}$$

$$I_y = 2(1627604 + 19166,67) = 3274375 \text{ mm}^4$$

4. Jari – Jari Girasi

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_s}} = \sqrt{\frac{46160000}{4800}} = 98,06 \text{ mm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_s}} = \sqrt{\frac{3274375}{4800}} = 26,12 \text{ mm}$$

5. Modulus Penampang Elastis

$$S_x = \frac{I_x}{c_y} = \frac{46160000}{125} = 369280 \text{ mm}^3$$

$$S_y = \frac{I_y}{c_x} = \frac{3274375}{62,5} = 52390 \text{ mm}^3$$

6. Modulus Penampang Plastis

$$Z_x = bt_f(h - t_f) + \frac{1}{4}t_w(h - 2t_f)^2$$

$$Z_x = 125 \times 10 \times (250 - 10) + \frac{1}{4} \times 10 \times (250 - 2 \times 10)^2$$

$$Z_x = 432250 \text{ mm}^3$$

7. Konstanta Torsi

$$J = \frac{1}{3}(2b_f t_f^3 + ht_w^3)$$

$$J = \frac{1}{3}(2 \times 10 \times 10^3 + 250 \times 10^3) = 90000 \text{ mm}^4$$

**Periksa Terhadap Kemampuan Tekan**

Menurut SNI 1729:2020 pasal B4.1 komponen struktur yang mengalami tekan aksial, penampang terlebih diklasifikasikan sebagai penampang langsing atau non langsing, jika rasio lebar dengan tebal dari komponen tekan melebihi  $\lambda_r$  maka penampang termasuk penampang langsing. Menurut SNI 1729:2020 tabel B4.1a batas  $\lambda_r$  dari profil IWF yang tergilas panas adalah:

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$\lambda_r = 15,84$$

Rasio kelangsingan sayap dari profil adalah:

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{250}{2 \times 10} = 12,5$$

$\lambda_f \leq \lambda_r \rightarrow 12,5 \leq 15,84$  sehingga profil adalah penampang non langsing dan dalam perhitungan tekan ini berlaku SNI 1729:2020 pasal E3, menurut persamaan E3-1 kekuatan tekan nominal adalah:

$$P_n = f_{cr} A_g$$

Menurut SNI 1729:2020 pasal E2, panjang efektif ( $L_c$ ) dari komponen struktur adalah:

$L_c = KL$  gelagar disambungkan dengan baut sehingga memiliki perletakan sendi - sendi sehingga  $K = 1$

$$L_c = 1 \times 1480 = 1480 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729:2020 pasal E2, rasio  $\frac{L_c}{r_y}$  sebaiknya tidak melebihi 200 :

$$\frac{L_c}{r_y} \leq 200$$

$$\frac{1480}{26,12} \leq 200$$

$$56,66 \leq 200$$

Tegangan  $f_{cr}$  ditentukan dengan perbandingan rasio  $\frac{L_c}{r_y}$  terhadap  $4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} =$

$$4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,22, \text{ karena } \frac{L_c}{r_y} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ maka:}$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{f_y}{f_e}\right) f_y$$

Menurut SNI 1729:2020 persamaan E3-4,  $F_e$  adalah tegangan tekuk elastis yang dapat di hitung dengan:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{r_y}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{1480}{26,12}\right)^2} = 614,83 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{f_y}{f_e}\right) f_y$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{250}{614,83}}\right) 250 = 210,88 \text{ MPa}$$

$$P_n = f_{cr} A_g$$

$$P_n = 210,88 \times 4800 = 1012224 \text{ N} = 1012,224 \text{ KN}$$

Dengan demikian rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_c P_n}{P_u} \geq 1$$

$$\frac{0,9 \times 1012,224}{21,512} \geq 1$$

$$42,35 \geq 1$$

Profil diafragma jembatan eksisting mampu menahan beban tekan yang ada.

### Periksa Terhadap Kemampuan Lentur

Balok (gelagar) yang menerima beban lentur momen akan mengalami dua gaya dalam komponen strukturnya yakni tekan dan tarik, komponen struktur yang mengalami tekan akan rentan terhadap tekuk lokal apabila penampang tidak kompak dan balok (gelagar) akan rentan mengalami tekuk torsi lateral apabila termasuk bentang menengah keatas, menurut SNI 1729:2020 Tabel B4.1b batas rasio kelangsingan penampang kompak sayap ( $\lambda_{pf}$ ) dan penampang kompak badan ( $\lambda_{pw}$ ) untuk badan profil I simetris ganda adalah:

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$



Rasio kelangsingan sayap ( $\lambda_f$ ) dan badan ( $\lambda_w$ ) dari profil WF 250.125.10.10 adalah:

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{125}{2 \times 10} = 6,25$$

$$\lambda_w = \frac{h - 2t_f}{t_w} = \frac{250 - 2 \times 10}{10} = 23$$

Karena  $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$  dan  $\lambda_w \leq \lambda_{pw}$  maka penampang termasuk penampang kompak, sehingga tidak akan mengalami tekuk lokal.

Menurut SNI 1729:2020 pasal F2, tekuk torsi lateral terjadi apabila  $L_b \geq L_p$  dimana  $L_b$  adalah panjang balok (gelagar) yang tidak diperkaku, menurut SNI 1729:2020 persamaan F2-5 dan F2-6, perhitungan  $L_p$  dan  $L_r$  adalah:

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 26,12 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 1300,26 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7f_y}{E}\right)^2}}$$

Karena profil gelagar ini adalah profil I dengan simetris ganda, maka harga  $c = 1$  dan persamaan  $r_{ts}$  adalah:

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_0}{2S_x}}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{3274375 \times (250 - 10)}{2 \times 369280}} = 32,62 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 \times 32,62 \frac{2 \times 10^5}{0,7 \times 250} \sqrt{\frac{9 \times 10^4 \times 1}{369280 \times (250 - 10)} + \sqrt{\left(\frac{9 \times 10^4 \times 1}{369280 \times (250 - 10)}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 250}{2 \times 10^5}\right)^2}}$$

$$L_r = 4305 \text{ mm}$$

Panjang diafragma tak diperkaku ( $L_b$ ) dari jembatan eksisting adalah 1480 mm, karena  $L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow 1300,26 \leq 1480 \leq 4305$  maka struktur diafragma pada jembatan eksisting adalah struktur bentang menengah, sehingga momen nominal sesuai dengan SNI 1729:2020 persamaan F2-2 adalah:

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

Menurut SNI 1729:2020, momen plastis ( $M_p$ ), faktor modifikasi tekuk torsi lateral ( $C_b$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan F2-1 dan F1-1

$$M_p = f_y Z_x$$

$$M_p = 250 \times 432250 = 108062500 \text{ Nmm}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_{\frac{1}{4}} + 4M_{\frac{1}{2}} + 3M_{\frac{3}{4}}}$$

$M_{\frac{1}{4}}, M_{\frac{1}{2}}, M_{\frac{3}{4}}$ , merupakan momen seperempat bentang, setengah bentang, dan tiga perempat bentang, yang diperoleh dari hasil analisis gaya dalam pada diafragma yang paling memberikan pengaruh terbesar

$$C_b = \frac{12,5(13532400)}{2,5(13532400) + 3(2655818,74) + 4(6288260,49) + 3(2644824,67)}$$

$$C_b = 2,26$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 2,26 \left[ 108062500 - (108062500 - 0,7 \times 250 \times 369280) \left( \frac{1480 - 1300,26}{4305 - 1300,26} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 238348776,063 \text{ Nmm} \leq 108062500 \text{ Nmm}$$

Sehingga dipakai  $M_n = 108062500 \text{ Nmm} = 108,06 \text{ KNm}$

Dengan demikian rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_b M_n}{M_u} \geq 1$$

$$\frac{0,9 \times 108,06}{8,733} \geq 1$$

$$11,14 \geq 1 \text{ (Memenuhi)}$$

Profil diafragma jembatan eksisting mampu menahan momen lentur yang ada tanpa mengalami tekuk lokal dan tekuk torsi lateral.

#### **Periksa Terhadap Kemampuan Geser**

Karena diafragma pada jembatan eksisting tidak menggunakan pengaku transversal maka aksi medan tarik tidak diperhitungkan, menurut SNI 1729:2020 persamaan G2-1 kekuatan geser nominal tanpa aksi medan tarik adalah:

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_{v1}$$

Menurut SNI 1729:2020 Pasal G2.1.a, harga  $\phi_v = 1$  dan  $C_{v1} = 1$  apabila:

$$\lambda_w \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$23 \leq 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$23 \leq 63,36 \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga gaya geser nominal adalah:

$$V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$V_n = 0,6 f_y [(h - 2t_f)t_w]$$

$$V_n = 0,6 \times 250 \times [(250 - 2 \times 10) \times 10] = 345000 \text{ N} = 345 \text{ KN}$$

Rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_v V_n}{V_u} \geq 1$$

$$\frac{345}{36,558} \geq 1$$

$$9,44 \geq 1$$

Profil diafragma jembatan eksisting mampu menahan gaya geser yang ada.

## B. Perhitungan Profil Gelagar Memanjang

Dari hasil *running* analisis SAP2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum dari gelagar memanjang dengan beban *envelope* (terbesar dari beban dengan pengaruh beban hidup “D” dan beban hidup “T”) adalah sebagai berikut:

$$V_u = 30,734 \text{ KN}$$

$$M_u = -57,277 \text{ KNm}$$

$$P_u = 142,36 \text{ KN (Tarik)}$$

$$T_u = 0$$

Pada gelagar memanjang ini menggunakan profil baja WF 250.125.10.10 dengan spesifikasi:

1. Luas Penampang

$$A_f = 2 \times (b \times t_f)$$

$$A_f = 2 \times (125 \times 10) = 2500 \text{ mm}^2$$

$$A_w = (h - 2t_f) \times t_w$$

$$A_w = (250 - 2 \times 10) \times 10 = 2300 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_f + A_w = 2500 + 2300 = 4800 \text{ mm}^2$$

2. Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{x_f} = \frac{1}{12} \times (b \times t_f^3) + (b \times t_f) \times ((h - t_f) - b)^2$$

$$I_{x_f} = \frac{1}{12} \times (125 \times 10^3) + (125 \times 10) \times ((250 - 10) - 125)^2$$

$$I_{x_f} = 18010417 \text{ mm}^4$$

$$I_{x_w} = \frac{1}{12} \times (t_w \times (h - 2t_f)^3)$$

$$I_{x_w} = \frac{1}{12} \times (10 \times (250 - 2 \times 10)^3)$$

$$I_{x_w} = 10139167 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 2I_{x_f} + I_{x_w}$$

$$I_x = 2(18010417) + 10139167 = 46160000 \text{ mm}^4$$

3. Momen Inersia Sumbu Lemah

$$I_{y_f} = \frac{1}{12} \times (t_f \times b^3)$$

$$I_{y_f} = \frac{1}{12} \times (10 \times 125^3)$$

$$I_{y_f} = 1627604 \text{ mm}^4$$

$$I_{y_w} = \frac{1}{12} \times ((h - 2t_f) \times t_w^3)$$

$$I_{y_w} = \frac{1}{12} \times ((250 - 2 \times 10) \times 10^3)$$

$$I_{y_w} = 19166,67 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2I_{y_f} + I_{y_w}$$

$$I_y = 2(1627604 + 19166,67) = 3274375 \text{ mm}^4$$

4. Jari – Jari Girasi

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_s}} = \sqrt{\frac{46160000}{4800}} = 98,06 \text{ mm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_s}} = \sqrt{\frac{3274375}{4800}} = 26,12 \text{ mm}$$

5. Modulus Penampang

$$S_x = \frac{I_x}{c_y} = \frac{46160000}{125} = 369280 \text{ mm}^3$$

$$S_y = \frac{I_y}{c_x} = \frac{3274375}{62,5} = 52390 \text{ mm}^3$$

6. Modulus Penampang Plastis

$$Z_x = bt_f(h - t_f) + \frac{1}{4}t_w(h - 2t_f)^2$$

$$Z_x = 125 \times 10 \times (250 - 10) + \frac{1}{4} \times 10 \times (250 - 2 \times 10)^2$$

$$Z_x = 432250 \text{ mm}^3$$

#### 7. Konstanta Torsi

$$J = \frac{1}{3}(2b_f t_f^3 + h t_w^3)$$

$$J = \frac{1}{3}(2 \times 10 \times 10^3 + 250 \times 10^3) = 90000 \text{ mm}^4$$

#### Periksa Terhadap Kemampuan Tarik

Menurut SNI 1729:2020 Pasal D1, komponen struktur yang mengalami gaya tarik tidak memiliki batas kelangsingan maksimum. Komponen struktur ini dianggap memiliki sambungan las, sehingga luas penampang adalah luas penampang kotor, menurut SNI 1729:2020 persamaan D2-1, kekuatan tarik desain adalah:

$$\phi_t P_n = f_y A_g \text{ dengan } \phi_t = 0,9$$

$$\phi_t P_n = 250 \times 4800 = 1200000 \text{ N} = 1200 \text{ KN}$$

Sehingga rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_t P_n}{P_u} \geq 1$$

$$\frac{0,9 \times 1200}{142,36} \geq 1$$

$$7,59 \geq 1 \text{ (Memenuhi)}$$

Profil gelagar jembatan eksisting mampu menahan beban tarik aksial yang ada.

#### Periksa Terhadap Kemampuan Lentur

Balok (gelagar) yang menerima beban lentur momen akan mengalami dua gaya dalam komponen strukturnya yakni tekan dan tarik, komponen struktur yang mengalami tekan akan rentan terhadap tekuk lokal apabila penampang tidak kompak dan balok (gelagar) akan rentan mengalami tekuk torsi lateral apabila termasuk bentang menengah keatas, menurut SNI 1729:2020 Tabel B4.1b batas rasio kelangsingan penampang kompak sayap ( $\lambda_{pf}$ ) dan penampang kompak badan ( $\lambda_{pw}$ ) untuk badan profil I simetris ganda adalah:

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Rasio kelangsingan sayap ( $\lambda_f$ ) dan badan ( $\lambda_w$ ) dari profil WF 250.125.10.10 adalah:

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{125}{2 \times 10} = 6,25$$

$$\lambda_w = \frac{h - 2t_f}{t_w} = \frac{250 - 2 \times 10}{10} = 23$$

Karena  $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$  dan  $\lambda_w \leq \lambda_{pw}$  maka penampang termasuk penampang kompak, sehingga tidak akan mengalami tekuk lokal.

Menurut SNI 1729:2020 pasal F2, tekuk torsi lateral terjadi apabila  $L_b \geq L_p$  dimana  $L_b$  adalah panjang balok (gelagar) yang tidak diperkaku, menurut SNI 1729:2020 persamaan F2-5 dan F2-6, perhitungan  $L_p$  dan  $L_r$  adalah:

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 26,12 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 1300,26 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7f_y}{E}\right)^2}}$$

Karena profil gelagar ini adalah profil I dengan simetris ganda, maka harga  $c = 1$  dan persamaan  $r_{ts}$  adalah:

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_0}{2S_x}}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{3274375 \times (250 - 10)}{2 \times 369280}} = 32,62 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 \times 32,62 \frac{2 \times 10^5}{0,7 \times 250} \sqrt{\frac{9 \times 10^4 \times 1}{369280 \times (250 - 10)}} + \sqrt{\left(\frac{9 \times 10^4 \times 1}{369280 \times (250 - 10)}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 250}{2 \times 10^5}\right)^2}$$

$$L_r = 4305 \text{ mm}$$

Panjang gelagar tak diperkaku ( $L_b$ ) dari jembatan eksisting adalah 7950 mm, karena  $L_b \geq L_r \rightarrow 7950 \geq 4305$  maka struktur gelagar pada jembatan eksisting adalah struktur bentang panjang, sehingga momen nominal sesuai dengan SNI 1729:2020 persamaan F2-3 adalah:

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

Menurut SNI 1729:2020 persamaan F2-4, tegangan kritis dapat di hitung dengan:

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

Menurut SNI 1729:2020, momen plastis ( $M_p$ ), faktor modifikasi tekuk torsi lateral ( $C_b$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan F2-1 dan F1-1

$$M_p = f_y Z_x$$

$$M_p = 250 \times 432250 = 108062500 \text{ Nmm}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_{\frac{1}{4}} + 4M_{\frac{1}{2}} + 3M_{\frac{3}{4}}}$$



$M_{\frac{1}{4}}, M_{\frac{1}{2}}, M_{\frac{3}{4}}$ , merupakan nilai mutlak momen seperempat bentang, setengah bentang, dan tiga perempat bentang, yang diperoleh dari hasil analisis gaya dalam pada diafragma yang paling memberikan pengaruh terbesar

$$C_b = \frac{12,5(28434500)}{2,5(28434500) + 3(13997165,4) + 4(1193740,13) + 3(4514411,47)}$$

$$C_b = 2,705$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{2,705 \times \pi^2 \times 2 \times 10^5}{\left(\frac{7950}{32,62}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{9 \times 10^4 \times 1}{369280 \times (250 - 10)} \left(\frac{7950}{32,62}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 214,71 \text{ MPa}$$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

$$M_n = 214,71 \times 369280 \leq 108062500$$

$$M_n = 79288108,8 \leq 108062500$$

Sehingga dipakai  $M_n = 79288108,8 \text{ Nmm} = 79,29 \text{ KNm}$

Dengan demikian rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_t M_n}{M_u} \geq 1$$

$$\frac{79,29}{57,277} \geq 1$$

$$1,38 \geq 1 \text{ (Memenuhi)}$$

Profil gelagar jembatan eksisting mampu menahan momen lentur yang ada tanpa mengalami tekuk lokal dan tekuk torsi lateral.

### Periksa Terhadap Kemampuan Geser

Karena gelagar pada jembatan eksisting tidak menggunakan pengaku transversal maka aksi medan tarik tidak diperhitungkan, menurut SNI 1729:2020 persamaan G2-1 kekuatan geser nominal tanpa aksi medan tarik adalah:

$$V_n = 0,6f_yA_wC_{v1}$$

Menurut SNI 1729:2020 Pasal G2.1.a, harga  $\phi_v = 1$  dan  $C_{v1} = 1$  apabila:

$$\lambda_w \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$23 \leq 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$23 \leq 63,36 \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga gaya geser nominal adalah:

$$V_n = 0,6f_yA_w$$

$$V_n = 0,6f_y[(h - 2t_f)t_w]$$

$$V_n = 0,6 \times 250 \times [(250 - 2 \times 10) \times 10] = 345000 \text{ N} = 345 \text{ KN}$$

Rasio C/D adalah:

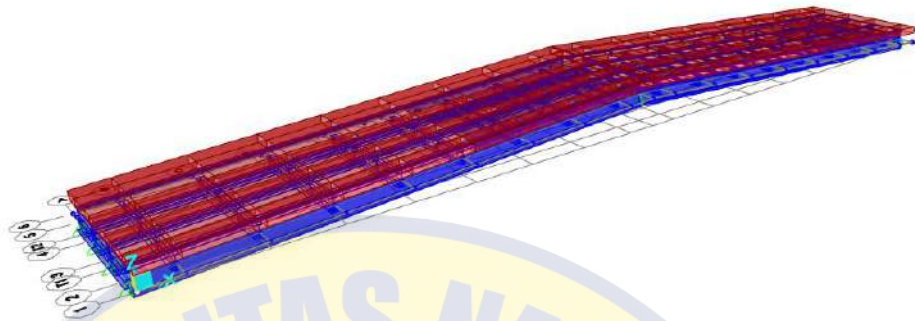
$$\frac{\phi_v V_n}{V_u} \geq 1$$

$$\frac{345}{30,734} \geq 1$$

$$11,23 \geq 1$$

Profil gelagar jembatan eksisting mampu menahan gaya geser yang ada.

#### 4.2.4. Analisis Struktur Jembatan Rencana



**Gambar 4. 18** Model jembatan rencana pada SAP2000

##### A. Perhitungan Gelagar Melintang (Diafragma)

Dari hasil *running* analisis SAP2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum dari gelagar melintang dengan beban *envelope* (terbesar dari beban dengan pengaruh beban hidup “D” dan beban hidup “T”) adalah sebagai berikut:

$$V_u = 183,421 \text{ KN}$$

$$M_u = 37,22 \text{ KNm}$$

$$P_u = 86,514 \text{ KN (Tarik)}$$

$$T_u = 0 \text{ KNm}$$

Pada gelagar melintang ini menggunakan profil baja WF 300.150.6,5.9 dengan spesifikasi:

##### 1. Luas Penampang

$$A_f = 2 \times (b \times t_f)$$

$$A_f = 2 \times (150 \times 9) = 2700 \text{ mm}^2$$

$$A_w = (h - 2t_f) \times t_w$$

$$A_w = (300 - 2 \times 9) \times 6,5 = 1833 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_f + A_w = 2700 + 1833 = 4533 \text{ mm}^2$$

2. Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{x_f} = \frac{1}{12} \times (b \times t_f^3) + (b \times t_f) \times ((h - t_f) - b)^2$$

$$I_{x_f} = \frac{1}{12} \times (150 \times 9^3) + (150 \times 9) \times ((300 - 9) - 150)^2$$

$$I_{x_f} = 26848462,5 \text{ mm}^4$$

$$I_{x_w} = \frac{1}{12} \times (t_w \times (h - 2t_f)^3)$$

$$I_{x_w} = \frac{1}{12} \times (6,5 \times (300 - 2 \times 9)^3)$$

$$I_{x_w} = 12147291 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 2I_{x_f} + I_{x_w}$$

$$I_x = 2(26848462,5) + 12147291 = 65844216 \text{ mm}^4$$

3. Momen Inersia Sumbu Lemah

$$I_{y_f} = \frac{1}{12} \times (t_f \times b^3)$$

$$I_{y_f} = \frac{1}{12} \times (9 \times 150^3)$$

$$I_{y_f} = 2531250 \text{ mm}^4$$

$$I_{y_w} = \frac{1}{12} \times ((h - 2t_f) \times t_w^3)$$

$$I_{y_w} = \frac{1}{12} \times ((300 - 2 \times 9) \times 6,5^3)$$

$$I_{y_w} = 6453,688 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2I_{y_f} + I_{y_w}$$

$$I_y = 2(2531250) + 6453,688 = 5068953,688 \text{ mm}^4$$

4. Jari – Jari Girasi

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_s}} = \sqrt{\frac{65844216}{4533}} = 120,522 \text{ mm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_s}} = \sqrt{\frac{5068953,688}{4533}} = 33,44 \text{ mm}$$

5. Modulus Penampang

$$S_x = \frac{I_x}{c_y} = \frac{65844216}{150} = 438961,44 \text{ mm}^3$$

$$S_y = \frac{I_y}{c_x} = \frac{5068953,688}{75} = 67586,049 \text{ mm}^3$$

6. Modulus Penampang Plastis

$$Z_x = bt_f(h - t_f) + \frac{1}{4}t_w(h - 2t_f)^2$$

$$Z_x = 150 \times 9 \times (300 - 9) + \frac{1}{4} \times 6,5 \times (300 - 2 \times 9)^2$$

$$Z_x = 522076,5 \text{ mm}^3$$

7. Konstanta Torsi

$$J = \frac{1}{3}(2b_f t_f^3 + ht_w^3)$$

$$J = \frac{1}{3}(2 \times 150 \times 9^3 + 300 \times 6,5^3) = 100362,5 \text{ mm}^4$$

**Periksa Terhadap Kemampuan Tarik**

Menurut SNI 1729:2020 Pasal D1, komponen struktur yang mengalami gaya tarik tidak memiliki batas kelangsingan maksimum. Komponen struktur ini dianggap memiliki sambungan las, sehingga luas penampang adalah luas penampang kotor, menurut SNI 1729:2020 persamaan D2-1, kekuatan tarik desain adalah:

$$\phi_t P_n = f_y A_g \text{ dengan } \phi_t = 0,9$$

$$\phi_t P_n = 250 \times 4533 = 1133250 \text{ N} = 1133,250 \text{ KN}$$

Sehingga rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_t P_n}{P_u} \geq 1$$

$$\frac{0,9 \times 1133,250}{86,514} \geq 1$$

$$11,79 \geq 1 \text{ (Memenuhi)}$$

Profil gelagar jembatan rencana mampu menahan beban tarik aksial yang ada.

### Periksa Terhadap Kemampuan Lentur

Balok (gelagar) yang menerima beban lentur momen akan mengalami dua gaya dalam komponen strukturnya yakni tekan dan tarik, komponen struktur yang mengalami tekan akan rentan terhadap tekuk lokal apabila penampang tidak kompak dan balok (gelagar) akan rentan mengalami tekuk torsi lateral apabila termasuk bentang menengah keatas, menurut SNI 1729:2020 Tabel B4.1b batas rasio kelangsingan penampang kompak sayap ( $\lambda_{pf}$ ) dan penampang kompak badan ( $\lambda_{pw}$ ) untuk badan profil I simetris ganda adalah:

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$
$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$
$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$
$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Rasio kelangsingan sayap ( $\lambda_f$ ) dan badan ( $\lambda_w$ ) dari profil WF 300.150.6,5.9 adalah:

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$
$$\lambda_w = \frac{h - 2t_f}{t_w} = \frac{300 - 2 \times 9}{6,5} = 43,38$$

Karena  $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$  dan  $\lambda_w \leq \lambda_{pw}$  maka penampang termasuk penampang kompak, sehingga tidak akan mengalami tekuk lokal.

Menurut SNI 1729:2020 pasal F2, tekuk torsi lateral terjadi apabila  $L_b \geq L_p$  dimana  $L_b$  adalah panjang balok (gelagar) yang tidak diperkaku, menurut SNI 1729:2020 persamaan F2-5 dan F2-6, perhitungan  $L_p$  dan  $L_r$  adalah:

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 33,44 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 1664,65 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7f_y}{E}\right)^2}}$$

Karena profil gelagar ini adalah profil I dengan simetris ganda, maka harga  $c = 1$  dan persamaan  $r_{ts}$  adalah:

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_0}{2S_x}}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{5068953,688 \times (300 - 9)}{2 \times 438961,44}} = 40,99 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7f_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \times 40,99 \frac{2 \times 10^5}{0,7 \times 250} \sqrt{\frac{100362,5 \times 1}{438961,44 \times (300 - 9)} + \sqrt{\left(\frac{100362,5 \times 1}{438961,44 \times (300 - 9)}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 250}{2 \times 10^5}\right)^2}}$$

$$L_r = 5161,46 \text{ mm}$$

Panjang diafragma tak diperkaku ( $L_b$ ) dari jembatan rencana adalah 100-mm, karena  $L_b \leq L_p \rightarrow 1000 \leq 1664,65$  maka struktur diafragma pada jembatan rencana adalah struktur bentang pendek, sehingga momen nominal sesuai dengan SNI 1729:2020 persamaan F2-1 adalah:

$$M_n = M_p = f_y Z_x$$

$$M_p = 250 \times 522076,5 = 130519125 \text{ Nmm}$$

$$\text{Sehingga dipakai } M_n = 130519125 \text{ Nmm} = 130,52 \text{ KNm}$$

Dengan demikian rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_b M_n}{M_u} \geq 1$$

$$\frac{0,9 \times 130,52}{37,223} \geq 1$$

$$3,16 \geq 1 \text{ (Memenuhi)}$$

Profil diafragma jembatan rencana mampu menahan momen lentur yang ada tanpa mengalami tekuk lokal dan tekuk torsi lateral.

### Periksa Terhadap Kemampuan Geser

Karena diafragma pada jembatan eksisting tidak menggunakan pengaku transversal maka aksi medan tarik tidak diperhitungkan, menurut SNI 1729:2020 persamaan G2-1 kekuatan geser nominal tanpa aksi medan tarik adalah:

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_{v1}$$

Menurut SNI 1729:2020 Pasal G2.1.a, harga  $\phi_v = 1$  dan  $C_{v1} = 1$  apabila:

$$\lambda_w \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$43,38 \leq 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$43,38 \leq 63,36 \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga gaya geser nominal adalah:

$$V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$V_n = 0,6 f_y [(h - 2t_f) t_w]$$

$$V_n = 0,6 \times 250 \times [(300 - 2 \times 9) \times 6,5] = 274950 \text{ N} = 274,95 \text{ KN}$$

Rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_v V_n}{V_u} \geq 1 \quad \frac{1 \times 274,95}{183,421} \geq 1$$

$$1,5 \geq 1$$

Profil diafragma jembatan eksisting mampu menahan gaya gaya dalam yang ada akibat letak beban gandar truk sesuai dengan SNI 1725:2016 (truk dengan beban 500 KN).



## B. Perhitungan Gelagar Memanjang

Dari hasil *running* analisis SAP2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum dari gelagar melintang dengan beban *envelope* (terbesar dari beban dengan pengaruh beban hidup “D” dan beban hidup “T”) adalah sebagai berikut:

$$V_u = -200,549 \text{ KN}$$

$$M_u = -223,706 \text{ KNm}$$

$$P_u = -870,064 \text{ KN (Tekan)}$$

$$T_u = 0 \text{ KNm}$$

Pada gelagar memanjang ini menggunakan profil baja WF 600.200.11.17 dengan spesifikasi:

### 1. Luas Penampang

$$A_f = 2 \times (b \times t_f)$$

$$A_f = 2 \times (200 \times 17) = 6800 \text{ mm}^2$$

$$A_w = (h - 2t_f) \times t_w$$

$$A_w = (600 - 2 \times 17) \times 11 = 6226 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_f + A_w = 6800 + 6226 = 13026 \text{ mm}^2$$

### 2. Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{x_f} = \frac{1}{12} \times (b \times t_f^3) + (b \times t_f) \times ((h - t_f) - b)^2$$

$$I_{x_f} = \frac{1}{12} \times (200 \times 17^3) + (200 \times 17) \times ((600 - 17) - 200)^2$$

$$I_{x_f} = 498824483,33 \text{ mm}^4$$

$$I_{x_w} = \frac{1}{12} \times (t_w \times (h - 2t_f)^3)$$

$$I_{x_w} = \frac{1}{12} \times (11 \times (600 - 2 \times 17)^3)$$

$$I_{x_w} = 166211371,33 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 2I_{x_f} + I_{x_w}$$

$$I_x = 2(498824483,33) + 166211371,33 = 1163860337,99 \text{ mm}^4$$

3. Momen Inersia Sumbu Lemah

$$I_{y_f} = \frac{1}{12} \times (t_f \times b^3)$$

$$I_{y_f} = \frac{1}{12} \times (17 \times 200^3)$$

$$I_{y_f} = 11333333,33 \text{ mm}^4$$

$$I_{y_w} = \frac{1}{12} \times ((h - 2t_f) \times t_w^3)$$

$$I_{y_w} = \frac{1}{12} \times ((600 - 2 \times 17) \times 11^3)$$

$$I_{y_w} = 62778,833 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2I_{y_f} + I_{y_w}$$

$$I_y = 2(11333333,33) + 62778,833 = 22729445,493 \text{ mm}^4$$

4. Jari – Jari Girasi

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_s}} = \sqrt{\frac{1163860337,99}{13026}} = 298,913 \text{ mm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_s}} = \sqrt{\frac{22729445,493}{13026}} = 41,772 \text{ mm}$$

5. Modulus Penampang

$$S_x = \frac{I_x}{c_y} = \frac{1163860337,99}{300} = 3879534,46 \text{ mm}^3$$

$$S_y = \frac{I_y}{c_x} = \frac{22729445,493}{100} = 227294,455 \text{ mm}^3$$

6. Modulus Penampang Plastis

$$Z_x = bt_f(h - t_f) + \frac{1}{4}t_w(h - 2t_f)^2$$

$$Z_x = 200 \times 17 \times (600 - 17) + \frac{1}{4} \times 11 \times (600 - 2 \times 17)^2$$

$$Z_x = 2863179 \text{ mm}^3$$

7. Konstanta Torsi

$$J = \frac{1}{3} (2b_f t_f^3 + h t_w^3)$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \times 200 \times 17^3 + 600 \times 11^3) = 921266,67 \text{ mm}^4$$

### Periksa Terhadap Kemampuan Tekan

Menurut SNI 1729:2020 pasal B4.1 komponen struktur yang mengalami tekan aksial, penampang terlebih diklasifikasikan sebagai penampang langsing atau non langsing, jika rasio lebar dengan tebal dari komponen tekan melebihi  $\lambda_r$  maka penampang termasuk penampang langsing. Menurut SNI 1729:2020 tabel B4.1a batas  $\lambda_r$  dari profil IWF yang tergilas panas adalah:

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$\lambda_r = 15,84$$

Rasio kelangsingan sayap dari profil adalah:

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 17} = 5,88$$

$\lambda_f \leq \lambda_r \rightarrow 5,88 \leq 15,84$  sehingga profil adalah penampang non langsing dan dalam perhitungan tekan ini berlaku SNI 1729:2020 pasal E3, menurut persamaan E3-1 kekuatan tekan nominal adalah:

$$P_n = f_{cr} A_g$$

Menurut SNI 1729:2020 pasal E2, panjang efektif ( $L_c$ ) dari komponen struktur adalah:

$$L_c = KL$$

gelagar disambungkan dengan baut sehingga memiliki perletakan sendi - sendi sehingga  $K = 1$

$$L_c = 1 \times 1500 = 1500 \text{ mm}$$

Menurut SNI 1729:2020 pasal E2, rasio  $\frac{L_c}{r_y}$  sebaiknya tidak melebihi 200:

$$\frac{L_c}{r_y} \leq 200$$

$$\frac{1500}{41,772} \leq 200$$

$$35,91 \leq 200$$

Tegangan  $f_{cr}$  ditentukan dengan perbandingan rasio  $\frac{L_c}{r_y}$  terhadap

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,22, \text{ karena } \frac{L_c}{r_y} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ maka:}$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{f_y}{f_e}\right) f_y$$

Menurut SNI 1729:2020 persamaan E3-4,  $F_e$  adalah tegangan tekuk elastis yang dapat di hitung dengan:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{r_y}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{1500}{41,772}\right)^2} = 1530,8 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{f_y}{f_e}\right) f_y$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{250}{1530,8}\right) 250 = 233,48 \text{ MPa}$$

$$P_n = f_{cr} A_g$$

$$P_n = 233,48 \times 13026 = 3041310,48 \text{ N} = 3041,31 \text{ KN}$$

Dengan demikian rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_c P_n}{P_u} \geq 1$$

$$\frac{0,9 \times 3041,31}{870,064} \geq 1$$

$$3,15 \geq 1$$

Profil diafragma jembatan rencana mampu menahan beban tekan yang ada.

### Periksa Terhadap Kemampuan Lentur

Balok (gelagar) yang menerima beban lentur momen akan mengalami dua gaya dalam komponen strukturnya yakni tekan dan tarik, komponen struktur yang mengalami tekan akan rentan terhadap tekuk lokal apabila penampang tidak kompak dan balok (gelagar) akan rentan mengalami tekuk torsi lateral apabila termasuk bentang menengah keatas, menurut SNI 1729:2020 Tabel B4.1b batas rasio kelangsingan penampang kompak sayap ( $\lambda_{pf}$ ) dan penampang kompak badan ( $\lambda_{pw}$ ) untuk badan profil I simetris ganda adalah:

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Rasio kelangsingan sayap ( $\lambda_f$ ) dan badan ( $\lambda_w$ ) dari profil WF 250.125.10.10 adalah:

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 17} = 5,88$$

$$\lambda_w = \frac{h - 2t_f}{t_w} = \frac{600 - 2 \times 17}{11} = 51,45$$

Karena  $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$  dan  $\lambda_w \leq \lambda_{pw}$  maka penampang termasuk penampang kompak, sehingga tidak akan mengalami tekuk lokal.

Menurut SNI 1729:2020 pasal F2, tekuk torsi lateral terjadi apabila  $L_b \geq L_p$  dimana  $L_b$  adalah panjang balok (gelagar) yang tidak diperkaku, menurut SNI 1729:2020 persamaan F2-5 dan F2-6, perhitungan  $L_p$  dan  $L_r$  adalah:

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 41,772 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 2079,42 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7f_y}{E}\right)^2}}$$

Karena profil gelagar ini adalah profil I dengan simetris ganda, maka harga  $c = 1$  dan persamaan  $r_{ts}$  adalah:

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_0}{2S_x}}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{22729445,493 \times (200 - 17)}{2 \times 3879534,46}} = 23,15 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7f_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \times 23,15 \frac{2 \times 10^5}{0,7 \times 250} \sqrt{\frac{921266,67 \times 1}{3879534,46 \times (200 - 17)} + \sqrt{\left(\frac{921266,67 \times 1}{3879534,46 \times (200 - 17)}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 250}{2 \times 10^5}\right)^2}}$$

$$L_r = 3228,78 \text{ mm}$$

Panjang gelagar tak diperkaku ( $L_b$ ) dari jembatan rencana adalah 1500 mm, karena  $L_b \leq L_p \rightarrow 1500 \leq 2079,42$  maka struktur gelagar pada jembatan rencana

adalah struktur bentang pendek, sehingga momen nominal sesuai dengan SNI 1729:2020 persamaan F2-1 adalah:

$$M_n = M_p = f_y Z_x$$

$$M_p = 250 \times 2863179 = 715794750 \text{ Nmm} = 715,79 \text{ KNm}$$

Sehingga dipakai  $M_n = 715,79 \text{ KNm}$

Dengan demikian rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_b M_n}{M_u} \geq 1$$

$$\frac{0,9 \times 715,79}{223,706} \geq 1$$

$$2,88 \geq 1 \text{ (Memenuhi)}$$

Profil gelagar jembatan rencana mampu menahan momen lentur yang ada tanpa mengalami tekuk lokal dan tekuk torsi lateral.

#### **Periksa Terhadap Kemampuan Geser**

Karena gelagar pada jembatan eksisting tidak menggunakan pengaku transversal maka aksi medan tarik tidak diperhitungkan, menurut SNI 1729:2020 persamaan G2-1 kekuatan geser nominal tanpa aksi medan tarik adalah:

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_{v1}$$

Menurut SNI 1729:2020 Pasal G2.1.a, harga  $\phi_v = 1$  dan  $C_{v1} = 1$  apabila:

$$\lambda_w \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$51,45 \leq 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$51,45 \leq 63,36 \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga gaya geser nominal adalah:

$$V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$V_n = 0,6f_y[(h - 2t_f)t_w]$$

$$V_n = 0,6 \times 250 \times [(600 - 2 \times 17) \times 11] = 933900 \text{ N} = 933,9 \text{ KN}$$

Rasio C/D adalah:

$$\frac{\phi_v V_n}{V_u} \geq 1$$

$$\frac{1 \times 933,9}{200,549} \geq 1$$

$$4,66 \geq 1$$

Profil gelagar jembatan eksisting mampu menahan gaya - gaya dalam yang ada akibat letak beban gandar truk sesuai dengan SNI 1725:2016 (truk dengan beban 500 KN).

#### 4.2.5. Analisis Biaya Per Kg Beban Kendaraan “D”

Dari hasil analisis SAP2000 mengenai beban kendaraan “D” yang bekerja seperti beban UDL (*Uniformly Distributed Load*) dan beban KEL (*Knife Edge Load*) yang dapat terjadi pada keseluruhan jembatan eksisting adalah  $w_{D \text{ eksisting}} = 45872 \text{ kg}$  dan beban yang dapat terjadi pada keseluruhan jembatan rencana adalah  $w_{D \text{ rencana}} = 108610,5 \text{ kg}$ , sehingga didapatkan bahwa jembatan rencana dapat menampung lebih banyak volume kendaraan.

Dari hasil analisis SAP2000 mengenai beban struktur baja yang ada pada jembatan eksisting adalah  $W_{S \text{ eksisting}} = 14653,74 \text{ kg}$  dan beban struktur baja yang ada pada jembatan rencana adalah  $W_{S \text{ rencana}} = 70989,19 \text{ kg}$ , sehingga didapatkan bahwa jembatan rencana memiliki struktur baja yang lebih berat daripada jembatan eksisting.

Menurut HSPK provinsi Jawa Timur tahun 2023, perkiraan harga satuan baja profil per kilogramnya adalah Rp. 50,242.55, sehingga harga struktur baja jembatan eksisting adalah  $14653,74 \times \text{Rp. } 50,242.55 = \text{Rp. } 736,233,205.08$  dan harga struktur baja jembatan rencana adalah  $70989,19 \times \text{Rp. } 50,242.55 = \text{Rp. } 3,566,638,883.98$ .

Analisa Biaya Per Kg Beban Kendaraan “D” dapat di hitung dengan membagi harga struktur baja dengan beban kendaraan jembatan tersebut, sehingga



biaya per kg beban kendaraan dari jembatan eksisting adalah  $Rp. 736,233,205.08/45872 = Rp. 16,049.73$  dan biaya per kg beban kendaraan dari jembatan rencana adalah  $Rp. 3,566,638,883.98/108610,5 = Rp. 32,838.82$ . Jembatan rencana kurang ekonomis dalam biaya struktur baja per beban kendaraan D jika dibandingkan dengan jembatan eksisting.

#### 4.3. Anggaran Biaya Jembatan Kraton

Harga volume (*bill of quantity*) dari jembatan kraton rencana ini disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 4. 12** Analisa Biaya Pekerjaan Umum

| No.                                | Urian Pekerjaan                              | Perkiraan Kuantitas | Harga Satuan Rp. | Jumlah Harga (Rp.)    |
|------------------------------------|--|---------------------|------------------|-----------------------|
| <b>UMUM</b>                        | <b>1</b>                                     | <b>2</b>            | <b>3</b>         | <b>4</b>              |
| <b>Satuan; LS</b>                  | <b>UMUM</b>                                  |                     |                  |                       |
| <b>1.2</b>                         | <b>Mobilisasi</b>                            |                     |                  |                       |
| 1.2                                | Mobilisasi                                   | 1.00                | 52.798.789,00    | 52.98.789,00          |
| 1,2.(1)                            | Relokasi Utilitas                            | 1.00                | 7.768.500,00     | 7.768.500,00          |
| <b>1.8</b>                         | <b>Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas</b> |                     |                  |                       |
| 1.8.(1)                            | Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas        | 1.00                | 9.160.000,00     | 9,160,000.00          |
| 1.8.(2)                            | Jembatan Sementara                           | 1.00                | 24.750.000,00    | 24.750.000,00         |
| <b>1.19</b>                        | <b>Keselamatan dan Kesehatan Kerja</b>       |                     |                  |                       |
| 1.19                               | Keselamatan dan Kesehatan Kerja              | 1.00                | 24.325.300,00    | 24.325.300,00         |
| <b>Jumlah Harga Pekerjaan Umum</b> |  |                     |                  | <b>118.802.589,00</b> |

**Tabel 4. 13** Analisa Biaya Pekerjaan Tanah dan Geosintetik

| No.                                    | Urian Pekerjaan                        | Perkiraan Kuantitas | Harga Satuan Rp. | Jumlah Harga (Rp.) |
|--|--|---------------------|------------------|--------------------|
| <b>Pekerjaan Tanah dan Geosintetik</b> | <b>1</b>                               | <b>2</b>            | <b>3</b>         | <b>4</b>           |
| <b>Satuan; M3</b>                      | <b>PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK</b> |                     |                  |                    |

|   |  |        |            |                      |
|---|--|--------|------------|----------------------|
| <b>3.1.(1)</b>                                      | Galian Biasa                                 | 120.71 | 28.443,00  | 3.433.354,00         |
| <b>3.1.(5)</b>                                      | Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter | 46.56  | 255.658,00 | 11.903.436,00        |
| <b>3.2.(2a)</b>                                     | Timbunan Pilihan dari sumber galian          | 130.18 | 211.741,00 | 27.564.443,00        |
| <b>3.7.(1)</b>                                      | Timbunan Pasir                               | 7.12   | 172.620,00 | 1.229.054,00         |
| <b>Jumlah Harga Pekerjaan Tanah dan Geosintetik</b> |  |        |            | <b>44.130.287,00</b> |

**Tabel 4. 14** Analisa Biaya Pekerjaan Perkerasan Berbutir

| No.   | Urian Pekerjaan                      | Perkiraan Kuantitas | Harga Satuan Rp. | Jumlah Harga (Rp.)   |
|---|--------------------------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| <b>Pekerjaan Perkerasan Berbutir</b>              | <i>1</i>                             | <i>2</i>            | <i>3</i>         | <i>4</i>             |
| <b>Satuan; M3</b>                                 | <b>PEKERJAAN PERKERASAN BERBUTIR</b> |                     |                  |                      |
| <b>5.1.(1)</b>                                    | Lapis Pondasi Agregat Kelas A        | 79.41               | 305.948,00       | 24.295.330,00        |
| <b>5.1.(2)</b>                                    | Lapis Pondasi Agregat Kelas B        | 66.67               | 271.148,00       | 18.077.437,00        |
| <b>Jumlah Harga Pekerjaan Perkerasan Berbutir</b> |                                      |                     |                  | <b>42.372.767,00</b> |

**Tabel 4. 15** Analisa Biaya Perkerasan Jalan

| No.  | Urian Pekerjaan                           | Perkiraan Kuantitas | Harga Satuan Rp. | Jumlah Harga (Rp.)   |
|--|---|---------------------|------------------|----------------------|
| Perkerasan Jalan                               | 1   | 2                   | 3                | 4                    |
| Satuan; Liter/Ton                              | <b>PEKERJAAN PERKERASAN ASPAL</b>         |                     |                  |                      |
| 6.1 (1)  | Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi  | 264.73 L            | 21.003,00        | 5.560.124,00         |
| 6.1 (2a)                                       | Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi         | 337.63 L            | 21.201,00        | 7.158.093,00         |
| 6.3(5c)  | Laston Lapis Aus (AC-WC) <i>Manual</i>    | 35.80 Ton           | 1.073.506,00     | 38.431.514,00        |
| 6.3(6c)  | Laston Lapis Antara (AC-BC) <i>Manual</i> | 43.82 Ton           | 1.064.371,00     | 46.640.737,00        |
| <b>Jumlah Harga Pekerjaan Perkerasan Jalan</b> |   |                     |                  | <b>97.790.468,00</b> |

**Tabel 4. 16** Analisa Biaya Pekerjaan Struktur

| No.                | Urian Pekerjaan   | Satuan | Perkiraan Kuantitas | Harga Satuan Rp. | Jumlah Harga (Rp.) |
|--------------------|---|--------|---------------------|------------------|--------------------|
| Pekerjaan Struktur | 1   | 2      | 3                   | 4                | 5                  |
| Satuan; ket,-      | <b>PEKERJAAN STRUKTUR</b>                               |        |                     |                  |                    |
| 7.1 (5a)           | Beton struktur, fc'30 MPa                               | M3     | 116.62              | 2.276.574,00     | 265.494.059,00     |
| 7.1 (7a)           | Beton struktur, fc'20 MPa                               | M3     | 12.49               | 2.164.754,00     | 27.037.777,00      |
| 7.1 (10)           | Beton, fc'10 Mpa  | M3     | 2.64                | 2.155.290,00     | 5,689,965,00       |
| 7.1.(11)           | Papan acuan Floordeck                                   | M2     | 96.00               | 210.578,00       | 20.215.488,00      |
| 7.3 (1)            | Baja Tulangan Polos-BjTP 280                            | Kg     | 2,044.43            | 19.150,00        | 39.150.834,00      |
| 7.3 (3)            | Baja Tulangan Sirip BjTS 420A                           | Kg     | 10,861.16           | 19.630,00        | 213.204.570,00     |
| 7.3 (9)            | Shear Connector   | Kg     | 524.76              | 67.410,00        | 35.374.071,00      |
| 7.4 (1a)           | Penyediaan Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 MPa) | Kg     | 14,459.59           | 21.176,00        | 306.196.277,00     |

| No.                | Urian Pekerjaan   | Satuan | Perkiraan Kuantitas | Harga Satuan Rp. | Jumlah Harga (Rp.) |
|--------------------|---|--------|---------------------|------------------|--------------------|
| Pekerjaan Struktur | 1   | 2      | 3                   | 4                | 5                  |
| 7.4                | Penyediaan Baja Struktur Grade 210 (Kuat Leleh 210 MPa)   | Kg     | 1,675.63            | 21.015,00        | 35.213.364,00      |
| 7.4 (2a)           | Pemasangan Baja Struktur  | Kg     | 16,135.22           | 2.538,00         | 40.951.188,00      |
| 7.4 (2c)           | Plat Perletakan WF. 600.200 ( diatas WF 600 )   | Buah   | 16.00               | 1.160.114,00     | 18.561.824,00      |
| 7.4 (2e)           | Plat Sambungan WF. 600.200  | Buah   | 16.00               | 6.626.059,00     | 106.016.944,00     |
| 7.6.(4a)           | Dinding Turap Baja, Penyediaan dan Pemancangan (Sewa)   | Ls     | 1.00                | 10.897.799,00    | 10.897.799,00      |
| 7.6 (8b)           | Penyediaan Tiang Pancang Baja Diameter 400 mm tebal 10 mm   | M'     | 220.00              | 927.712,00       | 204.096.640,00     |
| 7.6.(14b)          | Pemancangan Tiang Pancang Baja Diameter 400 mm  | M'     | 220.00              | 210.299,00       | 46.265.780,00      |
| 7.6.(19b)          | Tiang Bor Beton, diameter 300 Mm  | M'     | 90.00               | 371.123,00       | 33.401.070,00      |
| 7.6.(20)           | Tambahan Biaya untuk Nomor Mata Pembayaran 7.6.(13)s/d 7.6.(18) bila Tiang Pancang dikerjakan di tempat Yang Berair | M'     | 80.00               | 181.129,00       | 14.490.320,00      |
| 7.6.(23)           | Pengujian Pembebanan Pada Tiang Dengan Diameter di atas 600 mm  | Buah   | 1.00                | 5.335.000,00     | 5.335.000,00       |
| 7.9.(1)            | Pasangan Batu   | M3     | 86.49               | 617.714,00       | 53.426.083,00      |
| 7.9.(2)            | Pasangan Batu Alam  | M2     | 3.84                | 200.086,00       | 768.330,00         |

| No.                                    | Urian Pekerjaan                                | Satuan | Perkiraan Kuantitas | Harga Satuan Rp. | Jumlah Harga (Rp.)      |
|--|--|--------|---------------------|------------------|-------------------------|
| Pekerjaan Struktur                     | 1  | 2      | 3                   | 4                | 5                       |
| 7.9.(3)                                | Pasangan Keramik Tile 40 x 40 cm               | M2     | 24.00               | 157.030,00       | 3.768.720,00            |
| 7.11.(1a)                              | Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug, Fixed | M'     | 12.00               | 616.683,00       | 7.400.196,00            |
| 7.15.(1)                               | Pembongkaran Pasangan Batu                     | M3     | 22.44               | 456.521,00       | 10.244.331,00           |
| 7.15.(2)                               | Pembongkaran Beton                             | M3     | 5.11                | 704.387,00       | 3.599.417,00            |
| 7.15.(5)                               | Pembongkaran Rangka Baja                       | M2     | 46.00               | 924.606,00       | 42.531.876,00           |
| 7.16.(3c)                              | Pipa Drainase PVC diameter 60 mm               | M'     | 41.20               | 132.207,00       | 5.446.928,00            |
| <b>Jumlah Harga Pekerjaan Struktur</b> |  |        |                     |                  | <b>1.554.778.851,00</b> |

**Tabel 4. 17** Analisa Biaya Pekerjaan Rehabilitasi

| No.  | Urian Pekerjaan  | Perkiraan Kuantitas | Harga Satuan Rp. | Jumlah Harga (Rp.)   |
|--|--|---------------------|------------------|----------------------|
| Pekerjaan Rehabilitasi                     | 1  | 2                   | 3                | 4                    |
| Satuan;<br>Ket.-                           | <b>REHABILITASI JEMBATAN</b>                                 |                     |                  |                      |
| 6.1 (1)                                    | Pengelasan SMAW pada baja Grade 30                           | 228.78 M'           | 21.003,00        | 5.560.124,00         |
| 6.1 (2a)                                   | Pengecatan struktur baja pada daerah kering tebal 240 mikron | 264.15 M2           | 21.201,00        | 7.158.093,00         |
| 6.3(5c)                                    | Pengecatan/Perlindungan Sandaran                             | 42.13 M'            | 1.073.506,00     | 38.431.514,00        |
| 6.3(6c)                                    | Pengecatan   | 16.32 M2            | 1.064.371,00     | 46.640.737,00        |
| <b>Jumlah Harga Pekerjaan Rehabilitasi</b> |  |                     |                  | <b>97.790.468,00</b> |

**Tabel 4. 18** Analisa Biaya Pekerjaan Harian

| No.                                  | Urian Pekerjaan                        | Perkiraan<br>Kuantitas | Harga<br>Satuan Rp. | Jumlah<br>Harga (Rp.) |
|--------------------------------------|--|------------------------|---------------------|-----------------------|
| DIVISI 9                             | 1                                      | 2                      | 3                   | 4                     |
| Satuan; Buah                         | PEKERJAAN HARIAN & PEKERJAAN LAIN-LAIN |                        |                     |                       |
| 9.2 (5)                              | Patok Pengarah                         | 14.00                  | 87.863,00           | 1.230.082,00          |
| <b>Jumlah Harga Pekerjaan Harian</b> |  |                        |                     | <b>1.230.082,00</b>   |

Rekapitulasi harga penawaran disetiap divisi pekerjaan disajikan didalam tabel berikut :

**Tabel 4. 19** Rekapitulai Analisis Biaya

| REKAPITULASI   |  |   |  |                                       |
|--|--|---|--|---------------------------------------|
| PERKIRAAN HARGA PEKERJAAN  |  |   |  |                                       |
| KEGIATAN   | :  | PENYELENGGARAAN JALAN KABUPATEN/KOTA  |  |                                       |
| PEKERJAAN  | :  | PENINGKATAN JEMBATAN DSN. SIDOMUKTI RT. 07 RW. 02 DS. KRATON KRIAN - KRATON |  |                                       |
| LOKASI   | :  | KECAMATAN KRIAN   |  |                                       |
| VOLUME   | :  |   |  |                                       |
| TAHUN ANGGARAN   | :  | 2022  |  |                                       |
| No. Divisi   | Uraian   |   |  | Jumlah Harga<br>Pekerjaan<br>(Rupiah) |
| 1  | DIV.1  | UMUM  |  | 118.802.589,00                        |
| 3  | DIV.3  | PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK   |  | 44.130.287,00                         |
| 4  | DIV.5  | PEKERJAAN PERKERASAN BERBUTIR   |  | 42.372.767,00                         |
| 5  | DIV.6  | PEKERJAAN PERKERASAN ASPAL  |  | 97.790.468,00                         |
| 6  | DIV.7  | PEKERJAAN STRUKTUR  |  | 1.554.778.851,00                      |
| 7  | DIV.8  | REHABILITASI JEMBATAN   |  | 69.297.047,00                         |
| 8  | DIV.9  | PEKERJAAN HARIAN & PEKERJAAN LAIN-LAIN                                      |  | 1.230.082,00                          |
| <b>(A) Jumlah Harga Pekerjaan ( termasuk Biaya Umum dan Keuntungan )</b> |  |   |  | <b>1.928.402.091,00</b>               |
| <b>(B) Pajak Pertambahan Nilai ( PPN ) = 10% x (A)</b>                   |  |   |  | <b>192.840.209,10</b>                 |
| <b>(C) JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)</b>                      |  |   |  | <b>2.121.242.300,10</b>               |
| Terbilang :  | <i>Dua Milyar Seratus Dua Puluh Satu Juta Dua Ratus Empat Puluh Dua Ribu Tiga Ratus Rupiah</i> |   |  |                                       |

Sehingga total biaya untuk konstruksi jembatan ini memiliki nilai harga sebesar  
**Rp. 2.121.242.300,10**