

Bab III

Analisa Struktur Dan Perhitungan Tulangan

3.1 Data Perencanaan Konstruksi

Jembatan Kedungtuban, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah, merupakan jembatan yang menghubungkan Desa Ngraho dan Desa Kedungtuban. Berada di Desa Kedungtuban yang merupakan ruas jalan utama antar desa yang sangat bermanfaat besar bagi para pengguna jalan. Data perencanaan proyek pada jembatan Kedungtuban ini meliputi data-data konstruksi dan data-data tanah. Data-data tersebut adalah sebagai berikut :

3.1.1 Data Konstruksi

1. Data Struktur Atas :

- Bentang jembatan seluruhnya : 41,2 meter
- Lebar Jembatan : 10 meter
- Lebar Perkerasan : 7 meter
- Lebar Trotoar : 1 meter
- Tebal Plat Injak : 0.2 meter
- Lebar Plat Injak : 10 meter
- Tebal Perkerasan : 0.05 meter
- Jarak Antar Gelagar : 1.85 meter
- Lalu Lintas : 1 Jalur 2 lajur
- Jenis konstruksi : Beton Prategang

2. Data Struktur Bawah :

- Tinggi Abutment : 16.54 meter
- Panjang Abutment : 10 meter
- Lebar Abutment : 8.5 meter
- Jenis Konstruksi : Beton bertulang

Data tanah

- Specific Gravity (Gs) = 2,9249
- Wet Density (γ_m) = 1,7270 gr/cm³ = 17,270 kN/m³
- Dry Density (γ_d) = 1,3711 gr/cm³ = 13,711 kN/m³
- Water Content (w) = 25,96 %
- Void Ratio (e) = 1,1333
- Porosity (n) = 53,12 % = 0,5312
- Cohesion (c) = 0,19 kg/cm² = 19 kN/m²
- Sudut geser (ϕ) = 29°

3.1.2 Ketentuan Umum

1. Spesifikasi muatan beban mati

Sesuai dengan RSNI T-02-2005

Baja tuang	77,0 kN/ m ³
Besi tuang	71,0 kN/ m ³
Alumunium paduan	27,7 kN/ m ³
Beton bertulang / pratekan	23,5-25,5 kN/ m
Beton biasa, tumbuk, siklop	22,0-25,0 kN/ m ³
Kayu	7,8 kN/ m ³
Tanah, pasir, kerikil (semua dalam keadaan padat)	17,2 kN/ m ³
Air	9,8 kN/ m ³

2. Spesifikasi Muatan Beban Hidup

Sesuai dengan RSNI T-02-2005

3. Spesifikasi Muatan angin

Sesuai dengan PPPJJR 1987.

4. Spesifikasi Gaya Rem dan Traksi

Sesuai dengan PPPJJR 1987.

5. Kombinasi Pembebanan.

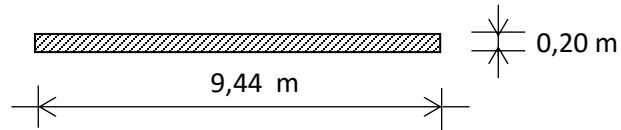
Sesuai dengan PPPJJR 1987.

3.2 Perhitungan Beban Konstruksi

3.2.1 Beban Primer

A. Beban mati

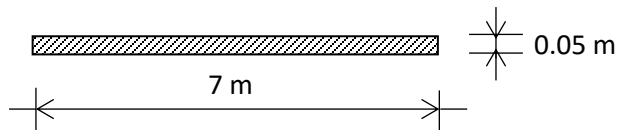
1. Beban plat lantai kendaraan



Gambar 3.1 Plat Lantai Kendaraan

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis beton } (\gamma_c) &= 25,0 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{Panjang jembatan} &= 41,2 \text{ m} \\
 \text{Berat lantai kendaraan} &= \text{Volume} \times \gamma_c \\
 &= (0,2 \times 9,44 \times 41,2) \times 25,0 \\
 &= 1944,64 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

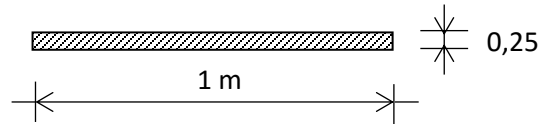
2. Beban aspal



Gambar 3.2 Perkerasan Aspal

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis aspal } (\gamma_a) &= 22,0 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{Panjang jembatan} &= 41,2 \text{ m} \\
 \text{Berat aspal} &= \text{Volume} \times \gamma_a \\
 &= (7 \times 0,05 \times 41,2) \times 22,0 \\
 &= 317,24 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Beban trotoar



Gambar 3.3 Trotoar

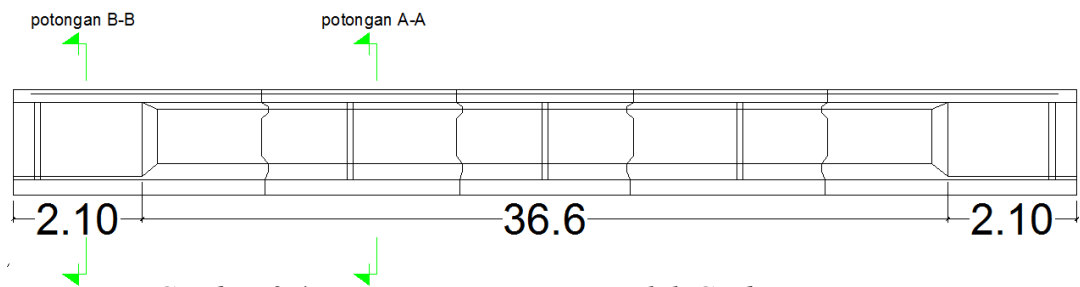
$$\text{Berat jenis beton } (\gamma_c) = 25,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Panjang jembatan} = 41,2 \text{ m}$$

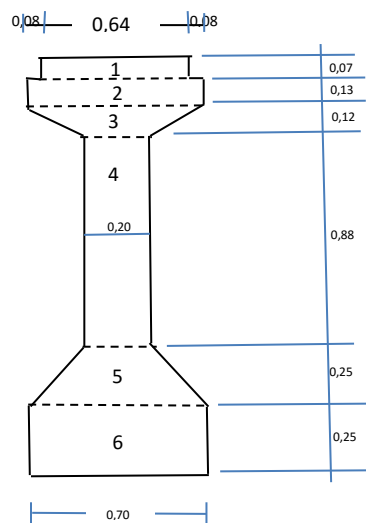
$$\text{Berat trotoar} = \text{Volume} \times \gamma_c$$

$$= (0,25 \times 1 \times 41,2) \times 25,0 \times 2 = 515 \text{ kN}$$

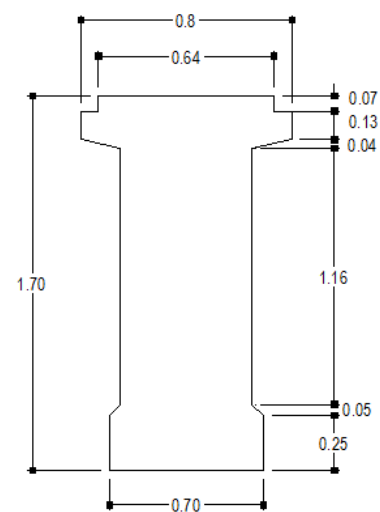
4. Berat Balok girder



Gambar 3.4 Potongan Memanjang Balok Girder



Potongan A-A



Potongan B-B

1Potongan A-A

$$\text{Luas 1} = 0.64 \times 0.07 = 0.0448 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 2} = 0.8 \times 0.13 = 0.104 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 3} = (0.8 \times 0.2) / 2 \times 0.12 = 0.06 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 4} = 0.2 \times 0.88 = 0.176 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 5} = (0.2 + 0.7) / 2 \times 0.25 = 0.1125 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 6} = 0.7 \times 0.25 = 0.175 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total} = 0.6723 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Luas Total} \times \text{panjang} \\ &= 0.6723 \text{ m}^2 \times 36.6 \text{ m} \\ &= 24.606 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}} \times n \\ &= 24.606 \text{ m}^3 \times 25.0 \text{ kN/m}^3 \times 5 \\ &= 3075.75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Potongan B-B

$$\text{Luas 1} = 0.64 \times 0.07 = 0.0448 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 2} = (0.8 + 0.64) / 2 \times 0.17 = 0.1224 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 3} = 0.64 \times 1.16 = 0.7424 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 4} = (0.64 + 0.7) / 2 \times 0.3 = 0.201 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total} = 1.1156 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Luas Total} \times \text{panjang} \\ \times &= 1.1156 \text{ m}^2 \times 2.1 \text{ m} \times 2 \\ &= 4.6855 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

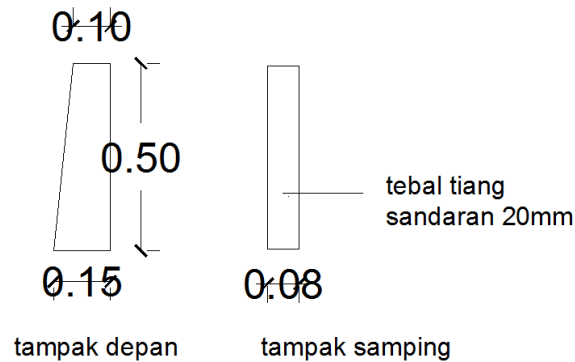
$$\begin{aligned} \text{Berat} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}} \times n \\ &= 4.6855 \text{ m}^3 \times 25.0 \text{ kN/m}^3 \times 5 \\ &= 407.312 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total balok girder} &= 3075.75 \text{ kN} + 407.312 \text{ kN} \\ &= 3483.062 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah pipa = 4 buah

Jumlah tiang sandaran = 44 buah

-Tiang sandaran



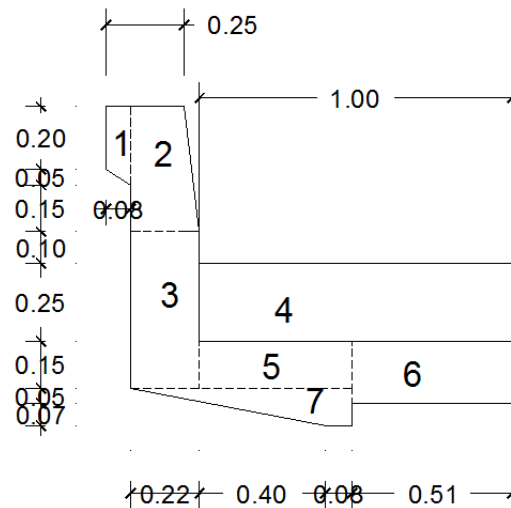
Gambar 3.6 Sandaran

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1} &= (\text{jumlah sisi sejajar}/2) \times \text{tinggi} \times \text{tebal} \times n \\
 &= ((0,10+0,15)/2) \times 0,5 \times 0,02 \times 44 \\
 &= 0,253 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 2} &= \text{panjang} \times \text{tinggi} \times \text{tebal} \times n \\
 &= 0,10 \times 0,5 \times 0,08 \times 44 \\
 &= 0,176 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban tiang sandaran} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{besi}} \\
 &= 0,429 \text{ m}^3 \times 71,0 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 30,459 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- **Beban beton**



Gambar 3.8 Sandaran Beton

$$\text{Luas 1} = (0,2+0,25)/2 \times 0,08 = 0,018 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 2} = (0,17+0,22)/2 \times 0,4 = 0,078 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 3} = 0,22 \times 0,5 = 0,11 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total} = 0,206 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = \text{Luas total} \times \text{panjang} \times n$$

$$= 0,206 \times 41,20 \times 2$$

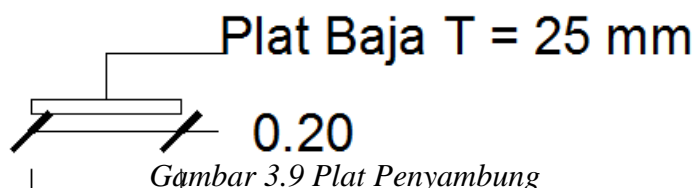
$$= 16,974 \text{ m}^3$$

$$\text{Beban beton} = \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 16,974 \text{ m}^3 \times 25,0 \text{ kN/m}^3$$

$$= 424,35 \text{ kN}$$

- **Beban plat**



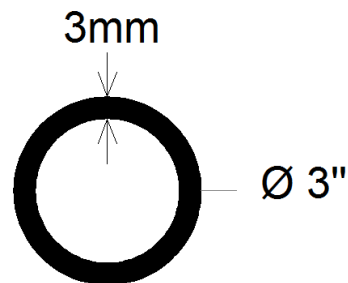
$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal} \times n$$

$$= 0,2 \times 0,2 \times 0,025 \times 44$$

$$= 0,044 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Beban plat} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{besi}} \\ &= 0,044 \text{ m}^3 \times 71,0 \text{ kN/m}^3 \\ &= 3,124 \text{ kN} \end{aligned}$$

- **Beban Pipa**



Gambar 3.10 Pipa Galvanis

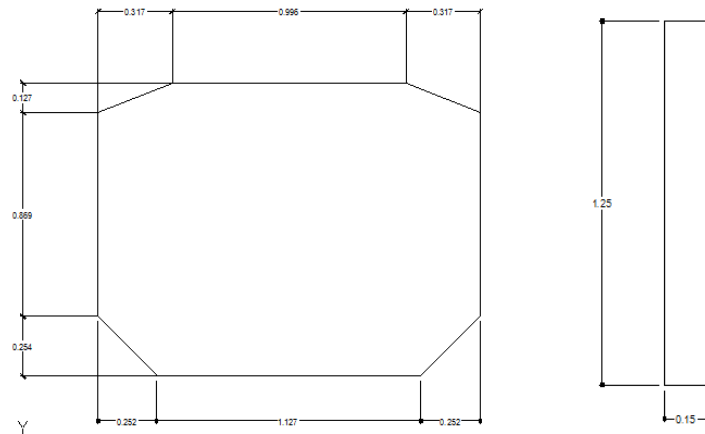
$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (\text{luas luar} - \text{luas dalam}) \times \text{panjang} \times n \\ &= (0,00456 - 0,00383) \times 41,2 \times 4 \\ &= 0,120 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban pipa} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{besi}} \\ &= 0,12 \text{ m}^3 \times 71,0 \text{ kN/m}^3 \\ &= 8,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

Total berat sandaran (W3) :

$$\begin{aligned} &= \text{beban railing} + \text{beban beton} + \text{beban plat} + \text{beban pipa} \\ &= 30,459 + 424,35 + 3,124 + 8,52 \\ &= 466,453 \text{ kN} \end{aligned}$$

7. Berat Diafragma



Gambar 3.11a Diafragma Dalam

$$\text{Jumlah} = 12 \text{ buah}$$

Luasan :

$$1. ((0,996+1,63)/2) \times 0,127 = 0,1667 \text{ m}^2$$

$$2. ((1,126+0,252)/2) \times 1,254 = 0,864 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah luasan} = 1,031 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = \text{jumlah luasan} \times \text{tebal} \times n$$

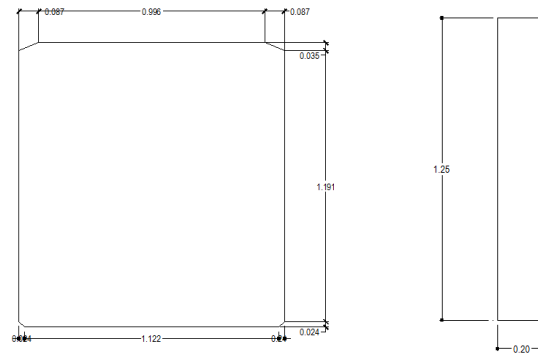
$$= 1,031 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} \times 12$$

$$= 1,856 \text{ m}^3$$

$$\text{Beban plat} = \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 1,856 \text{ m}^3 \times 25,0 \text{ kN/m}^3$$

$$= 46,4 \text{ kN}$$



Gambar 3.11b Diafragma Tepi

$$\text{Jumlah} = 8 \text{ buah}$$

Luasan :

$$1. ((0,996+1,17)/2) \times 0,035 = 0,0379 \text{ m}^2$$

$$2. ((1,122+1,17)/2) \times 1,215 = 0,71 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah luasan} = 0,7479 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = \text{jumlah luasan} \times \text{tebal} \times n$$

$$= 0,7479 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} \times 8$$

$$= 1,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Beban plat} = \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 1,2 \text{ m}^3 \times 25,0 \text{ kN/m}^3$$

$$= 30 \text{ kN}$$

$$\text{Total beban diafragma} = 46,4 + 30 = 76,4 \text{ kN}$$

Total beban mati untuk 1 abutmen :

$$1. \text{ Berat trotoar} = 515 \text{ kN}$$

$$2. \text{ Berat aspal} = 317,24 \text{ kN}$$

- | | | |
|---------------------------|------------|----|
| 3. Berat lantai kendaraan | = 1944,64 | kN |
| 4. Berat balok girder | = 3483,062 | kN |
| 5. Berat Parapet | = 256,42 | kN |
| 6. Berat tiang sandaran | = 466,453 | kN |
| 7. Berat diafragma | = 76,4 | kN |

Beban mati untuk satu abutmen

$$= (W1+W2+W3+W4+W6+W7)/2+W5$$

$$= \mathbf{3665,5035 \text{ kN}}$$

B. Beban Hidup (H)

1. Beban "D"

$$\text{Panjang jembatan} = 41,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar perkerasan} = 7 \text{ m}$$

Berdasarkan RSNI T-02-2005 , nilai q untuk bentang $L > 30\text{m}$ menggunakan dan $P = 49 \text{ kN/m}$:

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

$$= 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{40,8}\right) \text{ kPa}$$

$$= 7,776 \text{ kPa}$$

$$= 7,776 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan data :

- Tipe jembatan : 2 lajur 1 jalur tanpa median
- Lebar jalur jembatan 7m (5,5m-8,25m)

Beban Garis (BGT)

Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 meter, beban “D” harus ditempatkan pada jumlah jalur lalu lintas rencana (n_1) yang berdekatan, dengan (100%). Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 q$ kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 p$ kN, keduanya bekerja berupa strip pada jalur selebar $n_1 \times 2,75$ m. (Sumber RSNI T-02-2005).

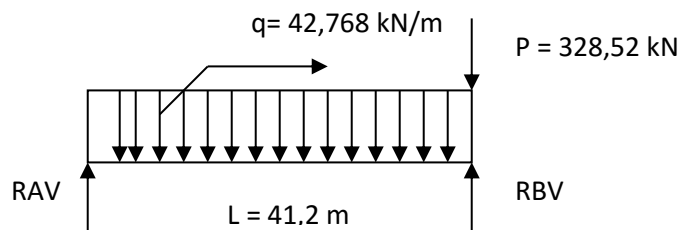
$$\begin{aligned} \text{Beban terpusat (P)} &= n_1 \times 2,75 p \\ &= 2 \times 2,75 \times 49 \text{ kN} \\ &= 269,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban garis (q)} &= n_1 \times 2,75 q \\ &= 2 \times 2,75 \times 7,776 \text{ kN/m} \\ &= 42,768 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Koefisien kejut

$$K = 1 + \frac{20}{50 + l} = 1 + \frac{20}{50 + 41,2} = 1,219$$

$$P = 1,219 \times 269,5 = 328,52 \text{ kN}$$



Gambar 3.12 Beban Hidup D

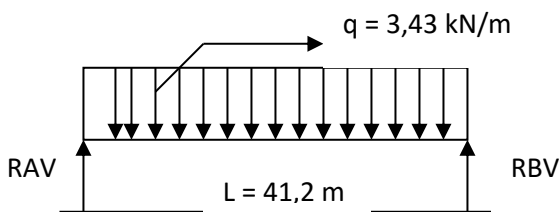
$$R_{AV} = R_{BV}$$

$$\begin{aligned} R_{AV} &= P + \left(\frac{1}{2} \times q \times L \right) \\ &= 328,52 + \left(\frac{1}{2} \times 42,768 \times 41,2 \right) \\ &= 1209,5408 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Beban Air

Diperkirakan tebal air pada lantai kendaraan adalah 5 cm dengan berat jenis air sebesar $9,8 \text{ kN/m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Beban Air (q)} &= \text{Tebal} \times \text{Lebar} \times \text{Bj Air} \\ &= 0,05 \times 7 \times 9,8 \\ &= 3,43 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Gambar 3.13 Beban Genangan Air

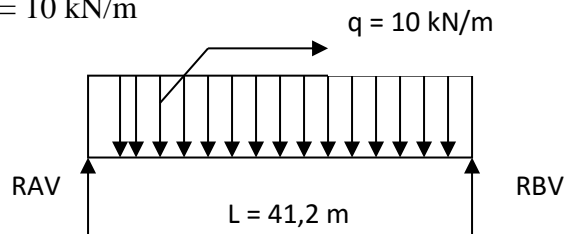
$$RAV = RBV = \frac{1}{2} \times 3,43 \times 41,2 = 70,658 \text{ kN}$$

3. Beban Hidup pada Trotoar

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. ($5 \text{ kPa} = 5 \text{ kN/m}^2$)

Beban hidup per meter panjang trotoar

$$\begin{aligned} q &= \text{beban hidup} \times \text{lebar trotoar} \\ &= 5 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2 \\ &= 10 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Gambar 3.14 Beban hidup pada trotoar

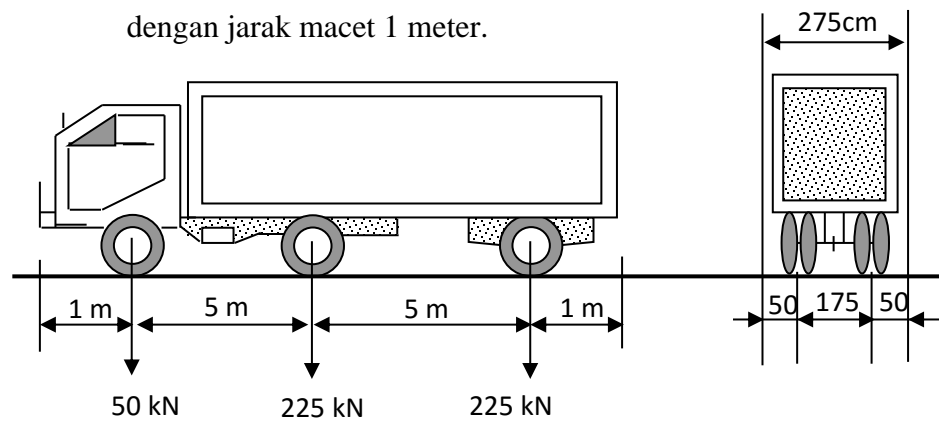
$$R_{AV} = R_{BV}$$

$$R_{AV} = \frac{1}{2} \times q \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times 41,2 = 206 \text{ kN}$$

4. Beban "T"

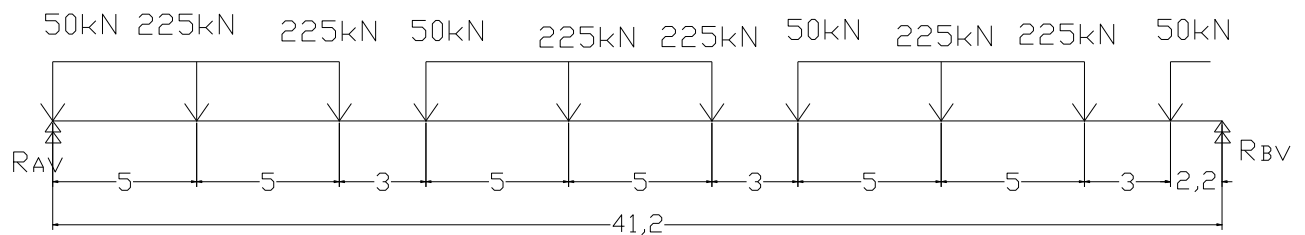
Sesuai dengan PPPJJR 1987 beban "T" dihitung dengan cara coba-coba dalam berbagai kondisi sehingga diperoleh reaksi pada tumpuan yang paling besar dengan kondisi paling kritis dengan jarak macet 1 meter.



Gambar 3.15 Beban Roda Kendaraan

Arah kiri

Kemungkinan I



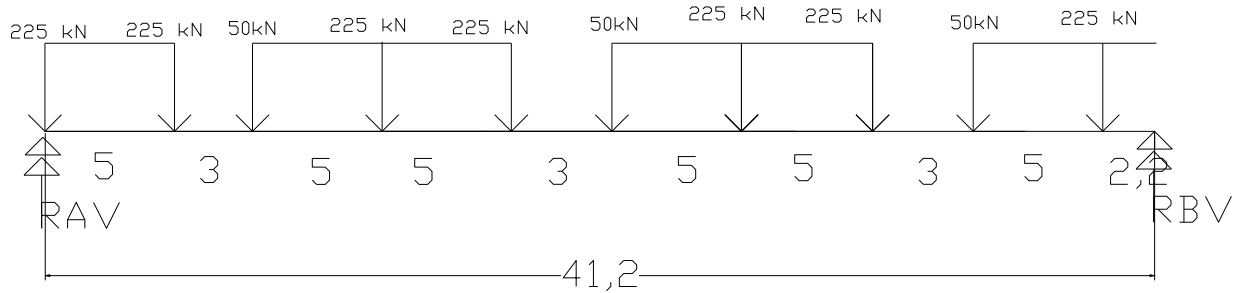
$$P_{\text{total}} = 1550 \text{ kN}$$

$$R_{BV} = \{(5 \times 225) + (10 \times 225) + (13 \times 50) + (18 \times 225) + (23 \times 225) + (26 \times 50) + (31 \times 225) + (36 \times 225) + (39 \times 50)\} / 41,2$$

$$= 766,38 \text{ kN}$$

$$R_{AV} = 1550 - 766,38 = 783,62 \text{ kN}$$

Kemungkinan II



$$P \text{ total} = 1725 \text{ kN}$$

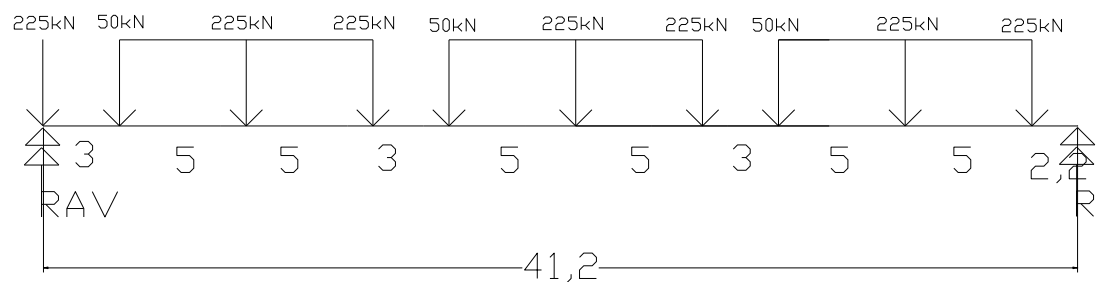
$$R_{BV} = \{(5 \times 225) + (8 \times 50) + (13 \times 225) + (18 \times 225) + (21 \times 50) + (26 \times 225) + (31 \times 225) + (34 \times 50) + (39 \times 225)\} / 41,2$$

$$= 797,33 \text{ kN}$$

$$R_{AV} = 1725 - 797,33$$

$$= 927,67 \text{ kN}$$

Kemungkinan III



$$P \text{ total} = 1725 \text{ kN}$$

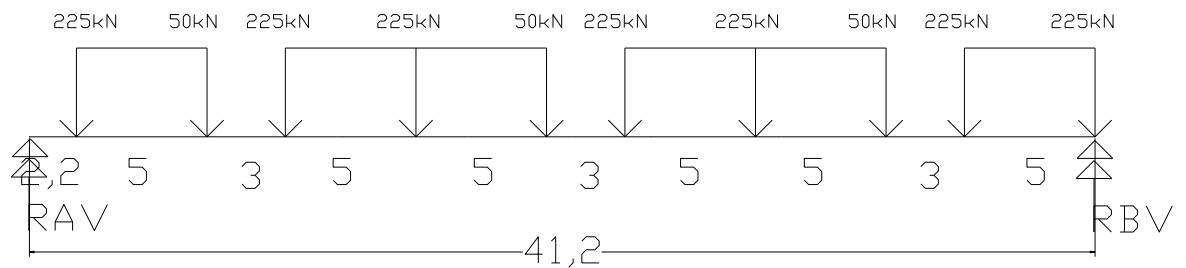
$$R_{BV} = \{(3 \times 50) + (8 \times 225) + (13 \times 225) + (16 \times 50) + (21 \times 225) + (26 \times 225) + (29 \times 50) + (34 \times 225) + (39 \times 225)\} / 41,2$$

$$= 828,27 \text{ kN}$$

$$R_{AV} = 1725 - 828,27 = 896,73 \text{ ton}$$

Arah kanan

Kemungkinan I



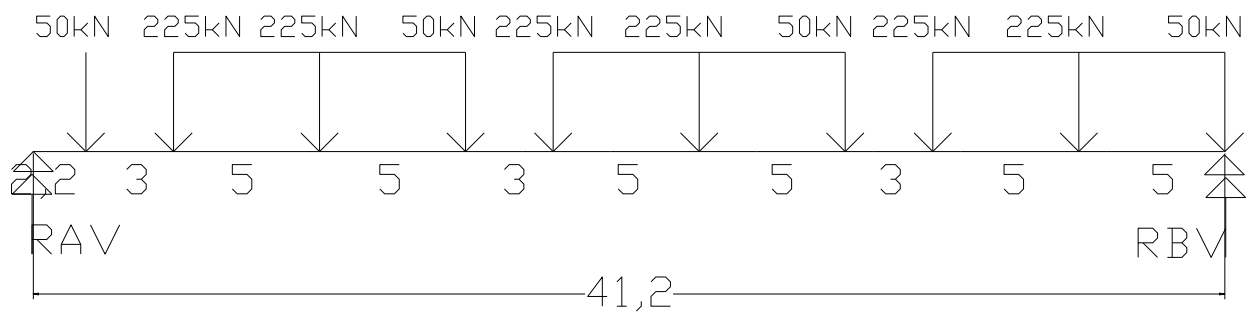
$$P \text{ total} = 1725 \text{ kN}$$

$$R_{Bv} = \{(2,2 \times 225) + (7,2 \times 50) + (10,2 \times 225) + (15,2 \times 225) + (20,2 \times 50) + (23,2 \times 225) + (28,2 \times 225) + (33,2 \times 50) + (36,2 \times 225) + (41,2 \times 225)\} / 41,2$$

$$= 927,67$$

$$R_{AV} = 1725 - 927,67 = 797,33 \text{ kN}$$

Kemungkinan II

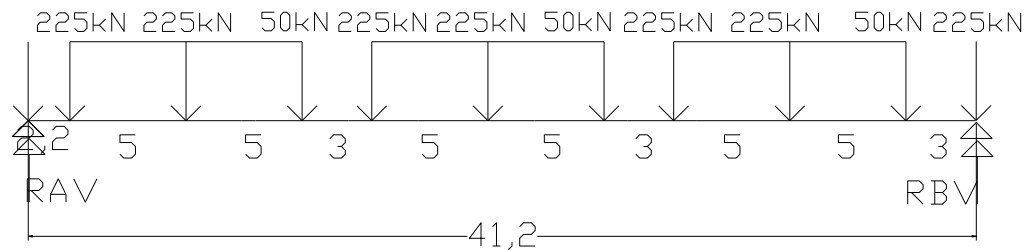


$$P \text{ total} = 1550 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 R_{BV} &= \{(2,2 \times 50) + (5,2 \times 225) + (10,2 \times 225) + (15,2 \times 50) + \\
 &\quad (18,2 \times 225) + (23,2 \times 225) + (28,2 \times 50) + (31,2 \times 225) + \\
 &\quad (36,2 \times 225) + (41,2 \times 50)\} / 41,2 \\
 &= 783,62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$R_{AV} = 1550 - 783,62 = 766,38 \text{ kN}$$

Kemungkinan III



$$P \text{ total} = 1725 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 R_{BV} &= \{(2,2 \times 225) + (7,2 \times 225) + (12,2 \times 50) + (17,2 \times 225) + \\
 &\quad (22,2 \times 225) + (27,2 \times 50) + (32,2 \times 225) + (37,2 \times 225) + \\
 &\quad (42,2 \times 50) + (47,2 \times 225)\} / 41,2 \\
 &= 896,73 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$R_{AV} = 1725 - 896,73 = 828,27 \text{ kN}$$

Tabel 3.1 Total Kombinasi beban "T" Bentang 41,2 m

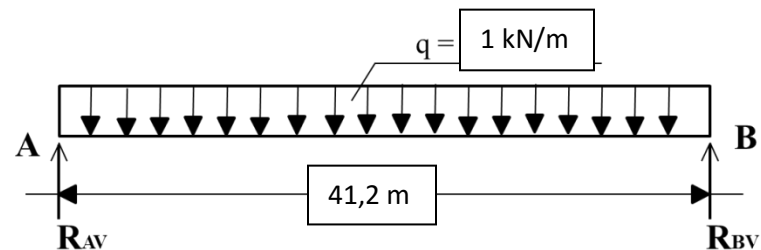
KIRI			
KANAN	797,33	766,38	828,27
783,62	1580,95	1563,71	1625,6
927,67	1725	1694,05	1755,94
	1694,06	1663,11	1725

896,73			
--------	--	--	--

Dari ketiga kemungkinan di atas, dipilih jumlah kombinasi muatan “T” yang terbesar, untuk digunakan dalam perhitungan selanjutnya, yaitu : 1755,94 kN.

5. Beban Hidup pada Sandaran

Beban hidup pada sandaran adalah 1 kN/m, sehingga :



Gambar 3.16 Reaksi Akibat Beban Hidup pada Sandaran

$$\begin{aligned}
 R_{AV} &= R_{BV} \\
 &= \frac{1}{2} \times q \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 1 \times 41,2 \\
 &= 20,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

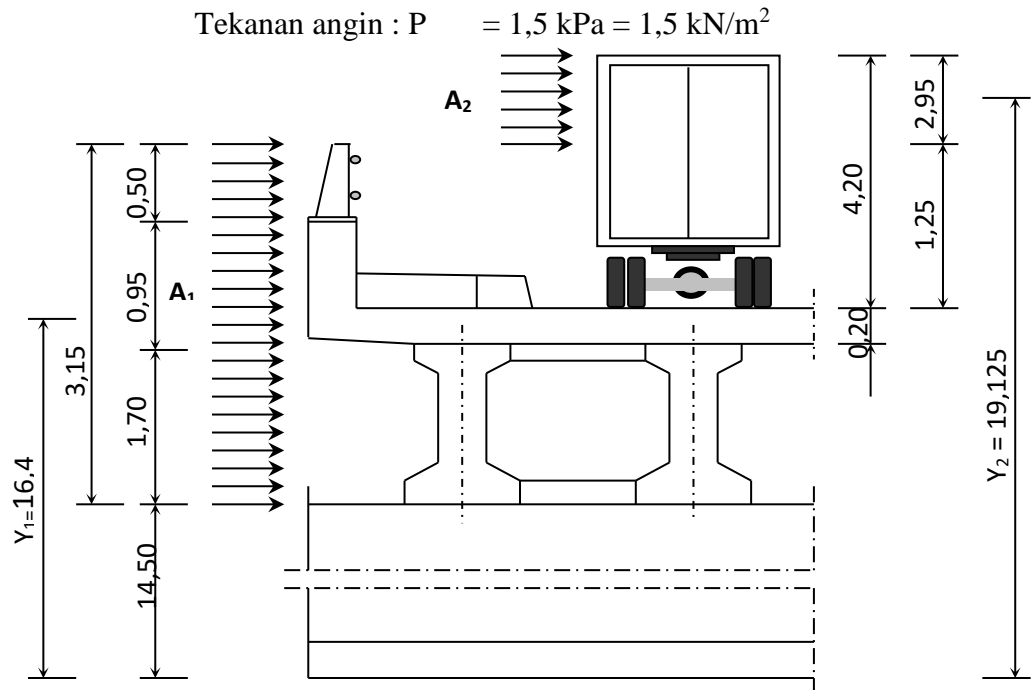
6. Total beban hidup (H)

a. Beban “D”	= 1209,5408 kN
b. Beban Genangan Air	= 70,658 kN
c. Beban “T”	= 1755,94 kN
d. Beban Trotoar	= 206 kN
e. Beban Sandaran.	<u>= 20,6 kN</u>
Jumlah	= 3262,739 kN

3.2.2 Beban Sekunder

a. Beban Angin (A)

Pengaruh tekanan angin sebesar 1,5 kPa pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisontal, terbagi rata pada bidang vertikal jembatan dalam arah tegak lurus sumbu memanjang.



Gambar 3.17 Skema Pembebanan Angin

1. Keadaan tanpa beban hidup

Untuk jembatan gelagar penuh diambil 100 % luas sisi jembatan yang terkena angin, ditambah 50 % luas bidang lainnya.

Luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin :

$$L_1 = (1,70 + 0,95) \times 41,2 = 109,18 \text{ m}^2$$

Luas bidang sisi lainnya :

$$L_2 = 0,50 \times 41,2$$

$$= 20,6 \text{ m}^2$$

Gaya angin yang bekerja :

$$\begin{aligned} A_1 &= [100 \% (L_1 \times P) + 50 \% (L_2 \times P)] / 2 \\ &= [100 \% (109,18 \times 1,5) + 50 \% (20,6 \times 1,5)] / 2 \\ &= 89,61 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{A1} &= A_1 \times Y_1 \\ &= 89,61 \times 16,4 \\ &= 1469,604 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2. Keadaan dengan beban hidup

Untuk jembatan diambil sebesar 50 % terhadap luas bidang terhadap luas sisi jembatan.

$$\begin{aligned} L_3 &= (50 \% L_1) + (50 \% L_2) \\ &= (50 \% \times 109,18) + (50 \% \times 20,6) \\ &= 64,89 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk beban hidup diambil 100 % luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

$$\begin{aligned} L_4 &= (4,20 - 1,25) \times 41,2 \\ &= 121,54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Gaya angin yang bekerja :

$$\begin{aligned} A_2 &= [50 \% (L_3 \times P) + 100 \% (L_4 \times P)] / 2 \\ &= [50 \% (64,89 \times 1,5) + 100 \% (121,54 \times 1,5)] / 2 \end{aligned}$$

$$= 139,8225 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{A2} &= A_2 \times Y_2 \\ &= 139,8225 \times 19,125 \\ &= 2674,105 \text{ kNm}' \end{aligned}$$

Tabel 3.2 Beban Angin yang Terjadi

Beban Angin	Beban	Z (m)	Momen
A1	89,61	16,4	1469,604
A2	139,8225	19,125	2674,105
ΣA	229,4325		4143,709

$$\text{Titik Berat (Z)} = \frac{4143,709}{229,4325} = \mathbf{18,06 \text{ m}}$$

b. Beban rem dan traksi

Pengaruh gaya rem yang diperhitungkan senilai atau sebesar 5% dari muatan D tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan,

(Sumber PPPJJR tahun 1987 Bab III pasal 2 Beban Sekunder hal 15)

$$\begin{aligned} R_m &= 5\% \times (P + \frac{1}{2} \times q \times l) \\ &= 5\% \times (328,52 + \frac{1}{2} \times 42,768 \times 41,2) \\ &= 5\% \times 1209,54 \\ &= \mathbf{60,477 \text{ kN}} \end{aligned}$$

c. Gaya Akibat Gempa Bumi (Gh)

Lokasi jembatan Kedungtuban, Kabupaten Blora menurut RSNI T-02-2005 dengan koefisien gempa sebesar 0,9

$$G_h = M \times G$$

Dimana :

G_h : gaya horisontal akibat gempa (ton)

M : muatan mati dari konstruksi (ton)

G : koefisien gempa

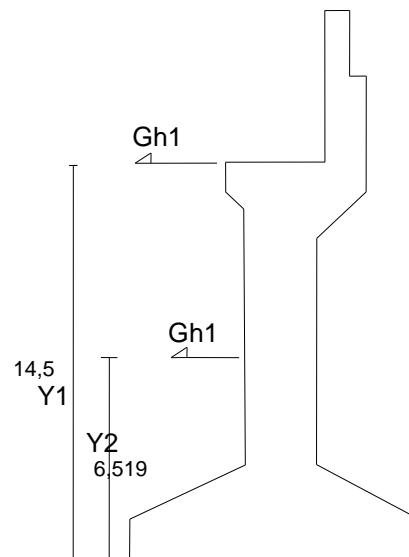
Gaya gempa pada beban mati jembatan :

$$\begin{aligned} G_{h1} &= 0,9 \times \text{jumlah beban mati} \\ &= 0,9 \times 3653,1315 \\ &= 3287,818 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya gempa pada abutmen :

$$\begin{aligned} G_{h2} &= 0,15 \times (\text{volume abutmen} \times \gamma_{\text{beton}}) \\ &= 0,15 \times 239,7 \times 25,0 \text{ kN/m} \\ &= 1067,625 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Letak titik kerja gempa tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 3.18 Gaya Gempa dan Letaknya

Y_1 = jarak antara elastomer (*bearing pad*) dengan dasar abutmen

Y_2 = jarak antara titik berat abutmen dengan dasar abutmen

Momen dan gaya akibat gempa terhadap titik A :

Tabel 3.3 Gaya dan Momen Akibat Gempa

No.	Gh (ton)	Yi (m)	Gh.Yi (tm')
1	Gh1 = 3287,818	14,5	47673,361
2	Gh2 = 1067,625	6,519	6959,847
	$\Sigma Gh = 4355,443$		$\Sigma Gh.Yi = 54633,208$

Jarak resultan gaya gempa ditinjau dari dasar abutmen :

$$Y = \frac{\sum Gh \cdot Y}{\sum Gh} = \frac{54633,208}{4355,443} = 12,5437 \text{ meter}$$

d. Gaya Akibat Gesekan pada Tumpuan Bergerak (Gg)

Gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, terjadi karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan suhu. Gaya gesekan yang timbul ditentukan berdasarkan koefisien gerak pada tumpuan karet dan beton sebesar (0,15-0,18) diambil 0,18.

$$\text{Beban mati (M)} = 3653,1315 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya gesek (Gg)} = 0,18 \times M$$

$$= 0,18 \times 3653,1315 = 657,564 \text{ kN}$$

$$\text{Lengan momen (Y)} = 14,5 \text{ m}$$

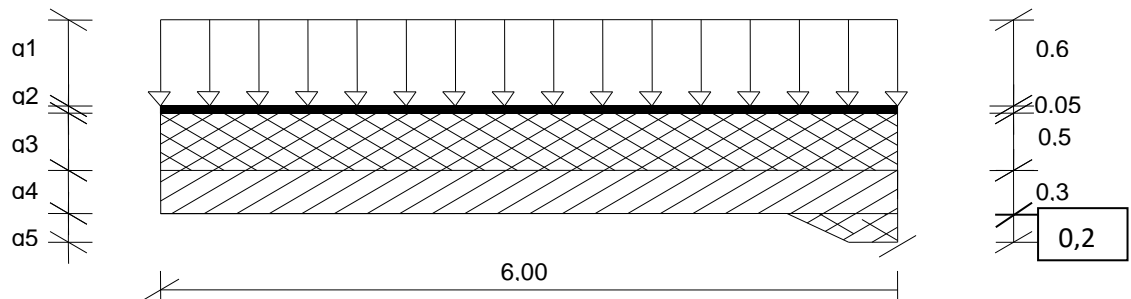
$$\text{Momen gesek (M}_{Gg}) = Gg \times Y$$

$$= 657,564 \times 14,5 = 9534,678 \text{ kNm}$$

e. Beban Plat Injak (Pi)

$$\text{Panjang plat injak (l)} = 6,00 \text{ m}$$

$$\text{Lebar plat injak (t)} = 9,00 \text{ m}$$



Gambar 3.19 Beban pada Plat Injak

q_1 = berat kendaraan yang diasumsikan senilai tanah setebal 60 cm

$$(\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3)$$

q_2 = perkerasan aspal ($\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$)

q_3 = sirtu ($\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$)

q_4 = plat injak ($\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$)

q_5 = plat injak ($\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$)

Berat pada plat injak per meter persegi :

$$q_1 = 0,60 \times 20,0 \times 9 = 108 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = 0,05 \times 22,0 \times 9 = 9,9 \text{ kN/m}$$

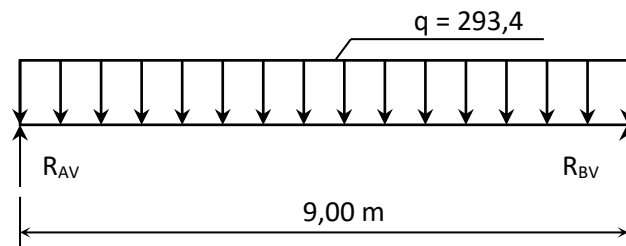
$$q_3 = 0,60 \times 20,0 \times 9 = 108 \text{ kN/m}$$

$$q_4 = 0,30 \times 25,0 \times 9 = 67,5 \text{ kN/m}$$

Beban merata pada plat injak :

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

$$= 108 + 9,9 + 108 + 67,5 = 293,4 \text{ kN/m}$$



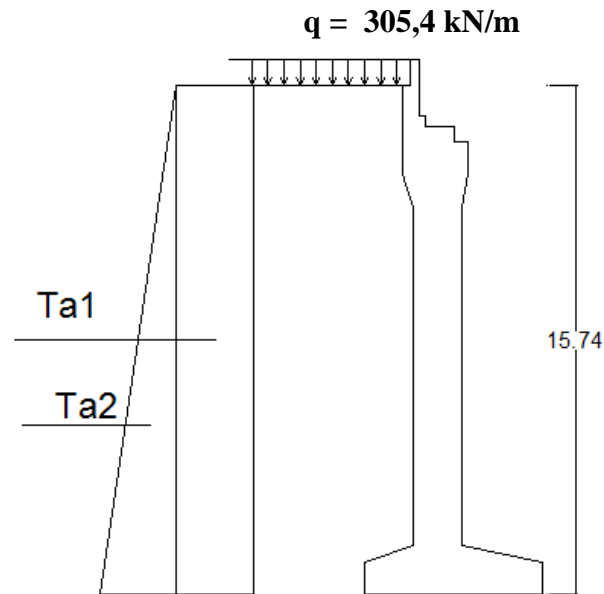
Gambar 3.20 Reaksi Akibat Beban pada Plat Injak

Beban plat injak (P_i) :

$$\begin{aligned}
 R_{AV} = P_i &= \frac{1}{2} \times q \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 293,4 \times 9,00 \\
 &= \mathbf{1320,3 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

3.3 Perhitungan Abutmen Jembatan

3.3.1 Beban Akibat Tekanan Tanah (T_a)



Gambar 3.21 Tekanan Tanah pada Abutmen

Panjang abutmen (L) = 10 m

q adalah beban merata yang diasumsikan q plat injak + $(0,6 \times \gamma_{\text{tanah}})$

Menurut Terzaghi, koefisien tekanan tanah :

Jenis tanah pengisian jenis 3 yaitu tanah berpasir termasuk banyak berlempung. Koefisien tekanan tanah dimana permukaan tanah di belakang dinding penahan tanah yang mempunyai kemiringan digambarkan dengan garis penuh.

$$K_h = 7 \text{ kN/m}^3$$

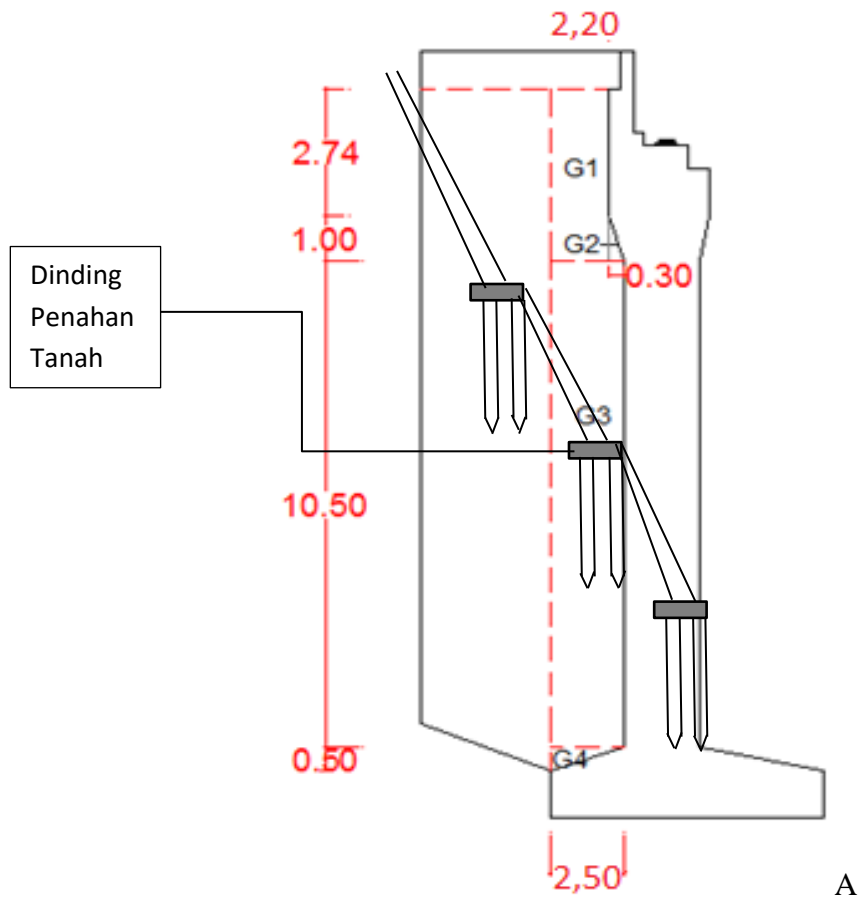
(sumber buku Mekanika Tanah dan Teknik pondasi)

Tabel 3.4 Tekanan Tanah pada Abutmen

No	Tai (kN)	Yi (m)	Tai x Yi	Arah
1	$T_{a1} = (q \cdot K_h \cdot H)$ $= (305,4 \times 0,7 \times 15,74)$ $= 3232,6812$	7,87	25441,201	→
2	$T_{a2} = (\frac{1}{2} \cdot K_h \cdot H^2) \cdot L$ $= (\frac{1}{2} \times 0,7 \times 15,74^2) \times 10$ $= 867,1166$	5,25	4552,36215	→
	$\sum T_a = 4099,7978$		$\sum T_{ai} \times Y_i =$ 29993,56315	

$$Y = \frac{\sum T_a \cdot Y}{\sum T_a} = \frac{29993,563}{4099,7978} = 7,316 \text{ meter}$$

3.3.2 Beban Akibat Tanah Isian (Gt)



Gambar 3.22 Gaya Akibat Tekanan Tanah Isian

Data tanah, dengan Lebar Abutment = 10,50 m

Jenis tanah pasir berlempung, campuran pasir dan lempung, berat volume kering $\gamma_d = 1,68-2,00t/m^3$ diambil $20,0 \text{ kN/m}^3$

Momen dan gaya akibat tanah isian terhadap titik A.

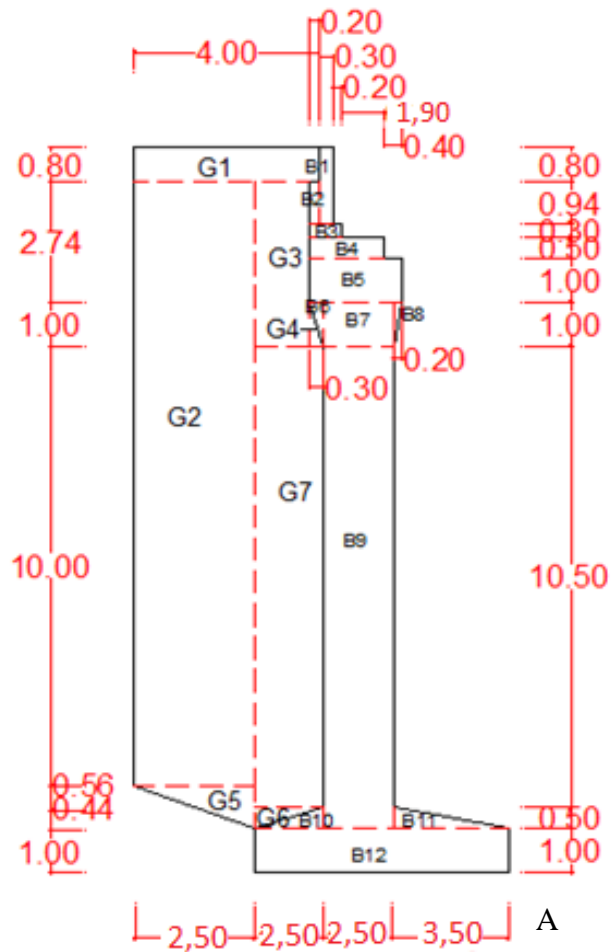
Tabel 3.5 Gaya Akibat Tanah Isian

No	Gt (kN)	X (m)	Y (m)	Gt x X (kNm)	Gt x Y (kNm)
1	$Gt_1 = V_1 \cdot \gamma_m$ $= (3,74 \times 1,2 \times 10) \times 20$ $= 897,6$	3,19	15,74	2863,344	14128,224
2	$Gt_2 = V_2 \cdot \gamma_m$ $= (0,3 \times 1/2 \times 10) \times 20$ $= 30$	3,99	12,33	119,7	369,9
3	$Gt_3 = V_3 \cdot \gamma_m$ $= (10,56 \times 1,5 \times 10) \times 20$ $= 3168$	3,35	6,28	10612,8	19895,04
4	$Gt_4 = V_4 \cdot \gamma_m$ $= (0,44 \times 1,5/2 \times 10) \times 20$ $= 66$	3,1	1,33	204,6	87,78
	$\Sigma Gt = 4161,6$			13800,444	34480,944

$$X = \frac{\sum Gt \cdot X}{\sum Gt} = \frac{13800,444}{4161,6} = \mathbf{3,3161 \text{ m}}$$

$$Y = \frac{\sum G_t \cdot Y}{\sum G_t} = \frac{34480,944}{4161,6} = 8,285 \text{ m}$$

3.3.3 Beban Akibat Berat Sendiri Abutmen dan Sayap (Gc)



Gambar 3.23 Berat Sendiri Abutmen dan Sayap

Data abutmen :

Jumlah sayap	= 2 buah
Tebal sayap	= 0,50 m
Lebar abutmen	= 10 m
Berat jenis beton (γ_c)	= 25,0 kN/m

Tabel 3.6 Gaya Akibat Berat Sendiri Abutmen dan Sayap

	Gc (kN)	X(m)	Y(m)	Gc . X (kNm')	Gc . Y (kNm')
1	$G1 = V_1 \cdot \gamma_c$ $= 4 \times 0,8 \times 0,5 \times 25,0 \times 2$ $= 80$	8,10	16,14	648	1291,2
2	$G2 = V_2 \cdot \gamma_c$ $= 13,74 \times 1,5 \times 0,5 \times 25,0 \times 2$ $= 515,25$	9,75	8,87	5023,687	4570,2675
3	$G3 = V_3 \cdot \gamma_c$ $= 3,74 \times 2,2 \times 0,5 \times 25,0 \times 2$ $= 205,7$	7,25	13,87	1491,325	2853,06
4	$G4 = V_4 \cdot \gamma_c$ $= (0,3 \times 1) / 2 \times 0,5 \times 25,0 \times 2$ $= 3,75$	6,2	12,33	23,25	46,2375
5	$G5 = V_5 \cdot \gamma_c$ $= (1 \times 1,5) / 2 \times 0,5 \times 25,0 \times 2$ $= 18,75$	9	1,67	168,75	31,3125
6	$G6 = V_6 \cdot \gamma_c$ $= (0,44 \times 2,5) / 2 \times 0,5 \times 25,0 \times 2$ $= 13,75$	7,67	1,33	105,4625	18,2875

7	$G7 = V_7 \cdot \gamma_c$ $= 10,56 \times 2,5 \times 0,5 \times 25,0 \times 2$ $= 660$	7,25	6,72	4785	4435,2
8	$B1 = V_8 \cdot \gamma_c$ $= 0,3 \times 1,74 \times 10 \times 25,0$ $= 130,5$	5,95	15,67	776,475	2044,935
9	$B2 = V_9 \cdot \gamma_c$ $= 0,2 \times 0,94 \times 10 \times 25,0$ $= 47$	6,2	15,27	291,4	717,69
10	$B3 = V_{10} \cdot \gamma_c$ $= 0,7 \times 0,3 \times 10 \times 25,0$ $= 52,5$	5,95	14,65	312,375	769,125
11	$B4 = V_{11} \cdot \gamma_c$ $= 2,6 \times 0,5 \times 10 \times 25,0$ $= 325$	5	14,25	1625	4631,25
12	$B5 = V_{12} \cdot \gamma_c$ $= 3 \times 1 \times 10 \times 25,0$ $= 725$	4,8	13,50	3480	9787,5
13	$B6 = V_{13} \cdot \gamma_c$ $= (0,3 \times 1) / 2 \times 10 \times 25,0$ $= 37,5$	6,10	12,67	228,75	475,125
14	$B7 = V_{14} \cdot \gamma_c$ $= 2,5 \times 1 \times 10 \times 25,0$ $= 625$	4,75	12,50	2968,75	7812,5

15	$B8 = V_{15} \cdot \gamma_c$ $= (0,2 \times 1) / 2 \times 10 \times 25,0$ $= 25$	3,43	12,67	85,75	316,75
16	$B9 = V_{16} \cdot \gamma_c$ $= 2,5 \times 11 \times 10 \times 25,0$ $= 6875$	4,75	6,5	32656,25	44687,5
17	$B10 = V_{17} \cdot \gamma_c$ $= (2,5 \times 0,5) / 2 \times 10 \times 25,0$ $= 156,25$	6,50	1,17	1015,625	182,8125
18	$B11 = V_{18} \cdot \gamma_c$ $= (3,5 \times 0,5) / 2 \times 10 \times 25,0$ $= 218,75$	2,33	1,17	510,344	255,9375
19	$B12 = V_{19} \cdot \gamma_c$ $= 8,5 \times 1 \times 10 \times 25,0$ $= 2125$	4,25	0,5	9031,25	1062,5
	$\sum Gc = 12864,7$			$\sum Gc \cdot X =$ 65164,32	$\sum Gc \cdot Y =$ 85698,87

$$X = \frac{\sum Gc \cdot X}{\sum Gc} = \frac{65164,32}{12864,7} = \mathbf{5,065 \text{ m}}$$

$$Y = \frac{\sum Gc \cdot Y}{\sum Gc} = \frac{85698,87}{12864,7} = \mathbf{6,661 \text{ m}}$$

3.3.4 Beban Khusus

a. Gaya Sentrifugal (S)

Jembatan Kedungtuban direncanakan merupakan jembatan lurus sehingga untuk gaya sentrifugal pada jembatan dianggap tidak ada karena jari-jari tikungan pada jembatan dianggap nol.

$$S = 0$$

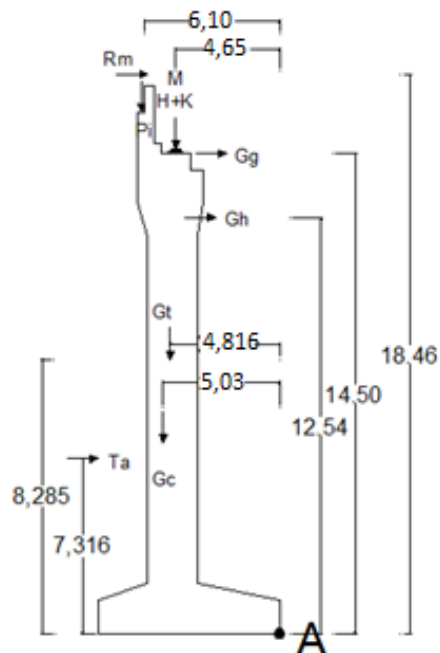
b. Gaya Akibat Aliran Air dan Tumbukan Benda-benda Hanyutan (Ah)

Tidak terjadi gaya aliran karena abutmen jembatan Kedungtuban ini tidak mengalami gaya-gaya aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan..

$$Ah = 0$$

3.3.5 Kombinasi Pembebanan

3.3.5.1 Kombinasi Pembebanan Ditinjau dari Titik A



Gambar 3.24 Kombinasi Pembebanan ditinjau dari titik A

Tabel 3.7 Pembebanan Abutmen Ditinjau dari Titik A

No	Jenis Pembebanan	Gaya (kN)	Jarak		Momen	
			X (m)	Y (m)	Gaya x X	Gaya x Y
1	Beban Mati (M)	3665,5035	4,65		17044,6	
2	Beban Hidup (H+K)	3262,739	4,65		15171,74	
3	Beban Plat injak (Pi)	1320,3	6,1		8053,83	
4	Beban Abutmen (Gc)	12864,7	5,03		64709,441	
5	Beban Tanah (Gt)	7065,6	4,816		34027,93	
6	Gaya Gesek (Gg)	657,564		14,50		9534,678
7	Gaya Gempa (Gh)	4355,443		12,5437		54633,37
8	Gaya Rem (Rm)	60,477		18,46		1116,405
9	Tekanan Tanah (Ta)	4099,7978		7,316		29994,1207
10	Beban Angin (A)	229,4325	Jarak Z = 18,06		Momen= Gaya x Z = 4143,551	

Kombinasi pembebanan dan gaya :

(1) Kombinasi I {(M + (H + K) + Ta)}

$$V_1 = \{(M + (H + K) + Pi + Gc + Gt)\} \times 100 \%$$

$$= \{3665,5035 + 3262,739 + 1320,3 + 12864,7 + 7065,6\} \times 100 \%$$

$$= 28178,8425 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 My_1 &= (M_M + M_{H+K} + M_{Pi} + M_{Gc} + M_{Gt} + M_{Ta}) \times 100 \% \\
 &= (-17044,6 - 15171,4 - 8053,83 - 64709,441 - \\
 &\quad 34027,93 + 29994,1207) \times 100\% \\
 &= -109013,08 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_{x1} = 0$$

$$\begin{aligned}
 H_{x1} &= T_a \times 100 \% \\
 &= 4099,7978 \times 100 \%
 \end{aligned}$$

$$H_{x1} = 4099,7978 \text{ kN}$$

$$H_{z1} = 0$$

(2) Kombinasi II (M + Pp + Ta + Gg + A)

$$\begin{aligned}
 V_2 &= (M + P_i + G_c + G_t) \times 125 \% \\
 &= (3665,5035 + 1320,3 + 12864,7 + 7065,6) \times 125 \% \\
 &= 31145,13 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 My_2 &= (M_M + M_{Pi} + M_{Gc} + M_{Gt} + M_{Ta}) \times 125 \% \\
 &= (-17044,6 - 15171,74 - 64709,441 - 34027,93 + 29994,1207) \\
 &\quad \times 125 \% \\
 &= -126199,488 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{x2} &= M_A \times 125 \% \\
 &= 4143,551 \times 125 \% \\
 &= 5179,439 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$H_{x2} = (T_a + G_g) \times 125 \%$$

$$= (4099,7978 + 657,564) \times 125 \%$$

$$= 5946,702 \text{ kN}$$

$$H_{z2} = (A) \times 125 \%$$

$$= 229,4325 \times 125 \%$$

$$= 286,791 \text{ kN}$$

(3) Kombinasi III (Kombinasi I + Gg + Rm + A)

$$V_3 = V_1 \times 140 \%$$

$$= 28178,8425 \times 140 \%$$

$$= 39450,38 \text{ kNm}$$

$$M_{y3} = (M_{y1} + M_{Rm} + M_{Gg}) \times 140 \%$$

$$M_{y3} = (-109013,08 + 1116,405 + 9534,678) \times 140 \%$$

$$= -137706,8 \text{ kNm}$$

$$M_{x3} = M_A \times 140 \%$$

$$= 4143,551 \times 140 \%$$

$$= 5800,971 \text{ kNm}$$

$$H_{x3} = (H_{x1} + Rm + Gg) \times 140 \%$$

$$= (4099,7978 + 1116,405 + 657,564) \times 140 \%$$

$$= 8223,273 \text{ kNm}$$

$$H_{z3} = A \times 140 \%$$

$$= 229,4325 \times 140 \%$$

$$= 321.2055 \text{ kN}$$

(4) Kombinasi IV (M + Pi + Ta + Gh)

$$\begin{aligned}
 V_4 &= (M + P_i + G_c + G_t) \times 150 \% \\
 &= (3665,5035 + 1320,3 + 12864,7 + 7065,6) \times 150 \% \\
 &= 37374,155 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{y4} &= (M_M + M_{G_c} + M_{G_t} + M_{T_a} + M_{G_h}) \times 150 \% \\
 &= (-17044,6 - 64709,441 - 34027,93 - 29994,1207 + \\
 &\quad 54633,37) \times 150 \% \\
 &= -91142,722 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_x = 0.$$

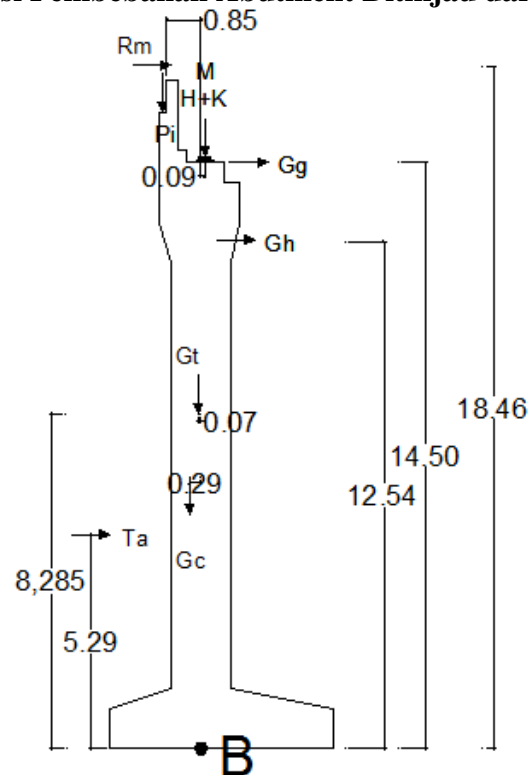
$$\begin{aligned}
 H_{x4} &= (T_a + G_g) \times 150 \% \\
 &= (4099,7978 + 657,564) \times 150 \% \\
 &= 7136,043 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$H_{z4} = 0$$

Tabel 3.8 Kombinasi Pembebanan Ditinjau dari Titik A

Kombinasi	I	II	III	IV
V	28178,8425	31145,13	39450,38	37374,155
My	-109013,08	-126199,488	-137706,8	-91142,722
Mx	0	5179,439	5800,971	0
Hx	4099,7978	5946,702	8223,273	7136,043
Hz	0	286,791	321.2055	0

3.3.5.2 Kombinasi Pembebanan Abutment Ditinjau dari Titik B



Gambar 3.25 Kombinasi Pembebanan ditinjau dari titik B

Tabel 3.9 Pembebanan Abutmen Ditinjau dari Titik B

No	Jenis Pembebanan	Gaya (ton)	Jarak		Momen	
			X (m)	Y (m)	Gaya x X	Gaya x Y
1	Beban Mati (M)	3665,5035	0,089		326,23	
2	Beban Hidup (H+K)	3262,739	0,089		290,383	
3	Beban Plat injak (Pi)	1320,3	0,85		1122,255	
4	Beban Abutmen (Gc)	12864,7	0,292		3756,5	
5	Beban Tanah (Gt)	7065,6	0,07		494,6	

6	Gaya Gesek (Gg)	657,564		14,50		9534,678
7	Gaya Gempa (Gh)	4355,443		12,5437		54633,37
8	Gaya Rem (Rm)	60,477		18,46		1116,405
9	Tekanan Tanah (Ta)	4099,7978		5,289		21683,831
10	Beban Angin (A)	229,4325	Jarak Z = 18,06	Momen= Gaya x Z = 4143,551		

Kombinasi pembebanan dan gaya :

1. Kombinasi I {(M + (H + K) + Ta)}

$$V_1 = \{(M + (H + K) + P_i + G_c + G_t)\} \times 100 \%$$

$$= \{3665,5035 + 3262,739 + 1320,3 + 12864,7 + 7065,6\} \times 100 \%$$

$$= 28178,8425 \text{ kN}$$

$$M_{y1} = (M_M + M_{H+K} + M_{P_i} + M_{G_c} + M_{G_t} + M_{T_a}) \times 100 \%$$

$$= (-326,23 - 290,383 - 1122,25 - 3756,5 - 494,6 + 21683,831) \times 100 \%$$

$$= 15684,87 \text{ kNm}$$

$$M_{x1} = 0$$

$$H_{x1} = T_a \times 100 \%$$

$$= 4099,7978 \times 100 \%$$

$$H_{x1} = 4099,7978 \text{ kN}$$

$$H_{z1} = 0$$

2. Kombinasi II (M + Pp + Ta + Gg + A)

$$\begin{aligned} V_2 &= (M + P_i + G_c + G_t) \times 125 \% \\ &= (3665,5035 + 1320,3 + 12864,7 + 7065,6) \times 125 \% \\ &= 45998,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My_2 &= (M_M + M_{P_i} + M_{G_c} + M_{G_t} + M_{T_a}) \times 125 \% \\ &= (-326,23 - 1122,255 - 3765,6 - 494,6 + 21683,831) \times 125 \% \\ &= 15975,15 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mx_2 &= M_A \times 125 \% \\ &= 4143,551 \times 125 \% \\ &= 5179,438 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hx_2 &= (T_a + G_g) \times 125 \% \\ &= (4099,7978 + 657,564) \times 125 \% \\ &= 5946,702 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hz_2 &= (A) \times 125 \% \\ &= 229,4325 \times 125 \% \\ &= 286,79 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Kombinasi III (Kombinasi I + Gg + Rm + A)

$$\begin{aligned} V_3 &= V_1 \times 140 \% \\ &= 28178,8425 \times 140 \% \\ &= 39450,38 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$My_3 = (My_1 + M_{Rm} + M_{Gg}) \times 140 \%$$

$$\begin{aligned} My_3 &= (15684,87 + 1116,405 + 9534,678) \times 140 \% \\ &= 36870,334 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Mx_3 = M_A \times 140 \%$$

$$\begin{aligned} &= 4143,551 \times 140 \% \\ &= 5800,9714 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Hx_3 = (Hx_1 + Rm + Gg) \times 140 \%$$

$$\begin{aligned} &= (4099,7978 + 60,477 + 657,564) \times 140 \% \\ &= 6744,9743 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Hz_3 = A \times 140 \%$$

$$\begin{aligned} &= 229,4325 \times 140 \% \\ &= 321,2055 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Kombinasi IV (M + Pi + Ta + Gh)

$$V_4 = (M + Pi + Gc + Gt) : 150 \%$$

$$\begin{aligned} &= (3665,5035 + 1320,3 + 12864,7 + 7065,6) \times 150 \% \\ &= 37374,155 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$My_4 = (M_M + M_{Gc} + M_{Gt} + M_{Ta} + M_{Gh}) \times 150 \%$$

$$\begin{aligned} &= (-326,23 - 3765,6 - 494,6 + 21683,831 + 54633,37) \\ &\quad \times 150 \% \end{aligned}$$

$$= 107596,1565 \text{ kNm}$$

$$Mx = 0$$

$$\begin{aligned}
 Hx_4 &= (Ta + Gg) \times 150 \% \\
 &= (4099,7978 + 657,564) \times 150 \% \\
 &= 7136,043 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$Hz_4 = 0$$

Tabel 3.10 Kombinasi Pembebanan Ditinjau dari Titik B

Kombinasi	I	II	III	IV
V	28178,8425	45998,88	39450,38	37374,155
My	15684,87	15975,15	36870,334	107596,1565
Mx	0	5179,438	5800,9714	0
Hx	4099,7978	5946,702	6744,9743	7136,043
Hz	0	286,79	321,2055	0

3.4 Pemeriksaan Kestabilan Abutmen

3.4.1 Kontrol Daya Dukung Tanah

Dari hasil perhitungan kombinasi pembebanan ditinjau dari titik A dan B dipakai di titik B yang mempunyai gaya dan momen yang hasil terbesar yaitu :

$$V = 45998,88 \text{ kN}$$

$$My = 107596,1565 \text{ kNm}$$

$$Mx = 5800,971 \text{ kNm}$$

$$ex = \frac{My}{V} = \frac{107596,1565}{45998,88} = 2.34 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{V} = \frac{5800,971}{45998,88} = 0,126m$$

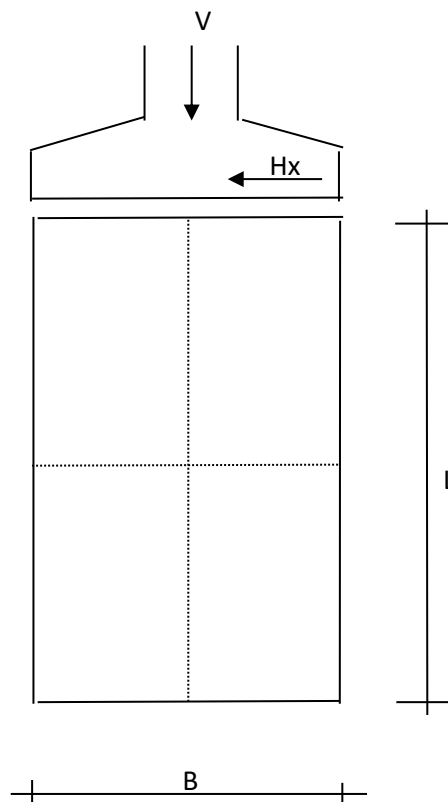
$$\begin{aligned} B' &= B - 2e_x \\ &= 8,5 - (2 \times 2,34) = 3,32 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L' = L - 2e_y$$

$$L' = 10 - (2 \times 0,126) = 9,748 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{eff}} &= B' \times L' \\ &= 3,32 \times 9,748 \\ &= 32,36 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas efektif dari tegangan yang ada



Gambar 3.26 Eksentrisitas dan luas efektif daerah penerimaan beban

Kontrol daya dukung tanah menggunakan rumus Terzaghi :

$$Q_{ult} = (\alpha \times c \times N_c) + (\beta \times B \times \gamma \times N_\gamma) + (\gamma \times D_f \times N_q)$$

Data tanah

$$\text{Sudut geser } (\varphi) = 29^\circ$$

$$\text{Koheresi } (c) = 19 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Lebar pondasi } (B) = 8.5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pondasi } (L) = 10 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman } (D_f) = 20 \text{ m}$$

$$\text{Berat isi tanah } (\gamma) = 20 \text{ kN/m}^3$$

Dengan jenis tanah lempung dan $\varphi = 29^\circ$, dari tabel Terzaghi diperoleh :

$$N_c = \left(\frac{29 - 25}{30 - 25} \times (37,2 - 25,1) \right) + 25,1 = 34,78$$

$$N_q = \left(\frac{29 - 25}{30 - 25} \times (22,5 - 12,7) \right) + 12,7 = 20,54$$

$$N_\gamma = \left(\frac{29 - 25}{30 - 25} \times (20 - 9,2) \right) + 9,2 = 17,84$$

$$\alpha = 1 + 0,3 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 + 0,3 \left(\frac{3}{10} \right) = 1,09$$

$$\beta = 0,5 - 0,1 \left(\frac{B}{L} \right) = 0,5 - 0,1 \left(\frac{3}{10} \right) = 0,47$$

sehingga besarnya daya dukung batas adalah :

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= (\alpha \times c \times Nc) + (\beta \times B \times \gamma \times N\gamma) + (\gamma \times Df \times Nq) \\
 &= (1,09 \times 1,9 \times 34,78) + (0,47 \times 8,5 \times 2,0 \times 17,84) + (2,0 \times 20 \times 20,54) \\
 &= 1036,171 \text{ t/m}^2 = 10361,71 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{ijin} &= \frac{Q_{ult}}{S_f} \\
 &= \frac{10361,71}{3} = 3453,9 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{all} &= q_{ijin} \times A_{eff} \\
 &= 3453,9 \times 32,36 \\
 &= 111768,2 \text{ kN} > V = 29911,269 \text{ kN} \text{ (daya dukung memenuhi)}
 \end{aligned}$$

daya dukung yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 q_{maks} &= \frac{V}{B \times L} \pm \frac{6 \cdot M_x}{B \times L^2} \pm \frac{6 \cdot M_y}{B^2 \times L} \\
 &= \frac{29911,269}{8,5 \times 10} \pm \frac{6 \times 5800,971}{8,5 \times 10^2} \pm \frac{6 \times 107596,1565}{8,5^2 \times 10} \\
 &= 351,897 \pm 40,94 \pm 893,532
 \end{aligned}$$

$$q_{maks} = 351,897 + 40,94 + 893,532 = 1286,37 \text{ kN/m}^2$$

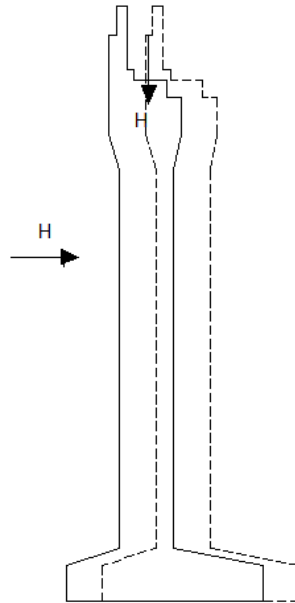
$$q_{min} = 351,897 - 40,94 - 893,532 = -582,575 \text{ kN/m}^2$$

kesimpulan

$$q_{ijin} 3453,9 > q_{maks} = 1286,37 \dots \text{ (Aman)}$$

3.4.2 Kontrol Terhadap Geser

Gaya penahan geser pada pondasi (H_u) :



Gambar 3.27 Gaya Geser pada Abutmen

Menurut Tabel 5.2 Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa :

$$H_u = (C_{ub} \times A) + (V \times \text{tg } \varphi B)$$

Dimana : C_{ub} = tanah dan beton = 0

A = luas beban

V = beban vertikal

φB = untuk tanah dan beton

$$= 2/3 \varphi = 2/3 \times 29^\circ = 19,333^\circ$$

$$H_u = V \tan \varphi$$

$$\text{Syarat keamanan } S_{f\text{geser}} = \frac{H_u}{H_x} \dots \dots \dots S_f \geq 1.5$$

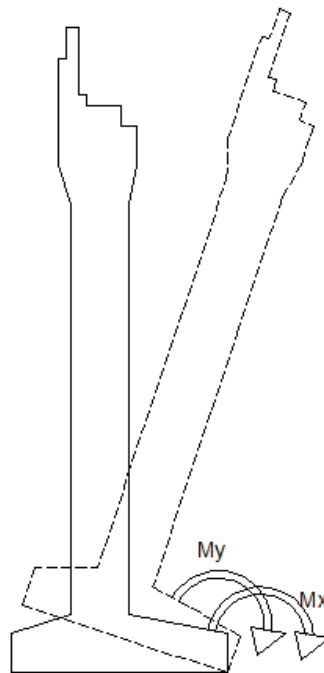
Sehingga dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.11 Kontrol Terhadap Geser

Kombinasi	V (kN)	Hx (kN)	Hu (kN)	Sf	Kesimpulan
I	28178,8425	4099,7978	9886,314	2,414	Aman
II	31145,13	5946,702	10927,012	1,83	Aman
III	39450,38	8223,273	13840,84	1,683	Aman
IV	37374,155	7136,043	13122,414	1,84	Aman

3.4.3 Kontrol Terhadap Guling

Dihitung dengan memperhatikan momen terhadap titik A



Gambar 3.28 Gaya Guling pada Abutmen

Dimana $M_t = M_x$ (momen penahan terhadap ujung)

$$= (M_M + M(H+K) + M_{Pi} + M_{Gt} + M_{Gc})$$

$$= (17044,6 + 15171,74 + 8053,83 + 64709,441 +$$

$$34027,93)$$

$$= 139007,541 \text{ kNm}$$

$$M_g = (M_{Ta} + M_{Rm} + M_{Gg} + M_{Gh})$$

$$= (21683,831 + 1116,405 + 9534,678 + 54633,37)$$

$$= 86968,284 \text{ kNm}$$

Sehingga di dapat

$$Sf \text{ guling} = \frac{M_t}{M_g}$$

$$Sf \text{ guling} = \frac{139007,541}{86968,284} = 1,6 > 1,50 \dots (\mathbf{Aman})$$

Berdasarkan dari hasil pemeriksaan terhadap kestabilan abutmen rencana konstruksi abutmen **aman**, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Konstruksi abutmen **aman** terhadap daya dukung tanah yang ada.
2. Konstruksi abutmen **aman** terhadap gaya geser yang timbul.
3. Konstruksi abutmen **aman** terhadap gaya guling yang timbul.