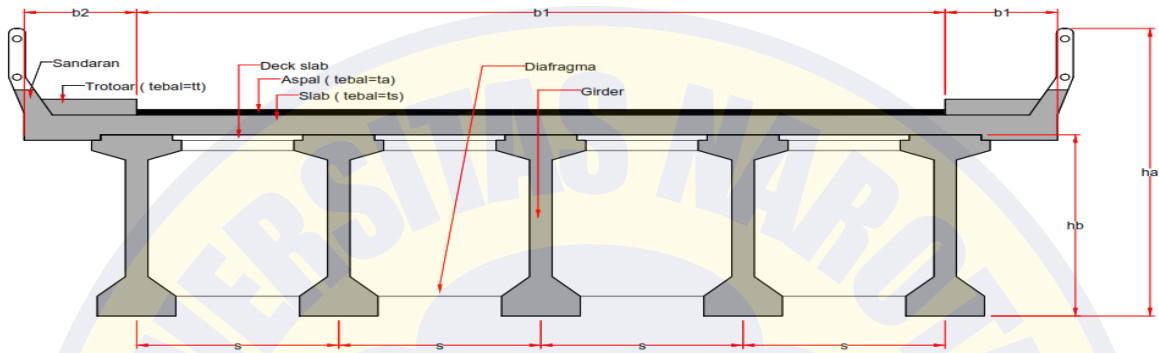


BAB IV PEMBAHASAN



Gambar 4.1 — Potongan A-A
Sumber: desain sendiri

4.1 Data Dan Bahan Jembatan

Tabel 4.1. Data Jembatan

Uraian	Notasi	Dimensi
Panjang balok prategang	L	100.00
Jarak antara balok prategang	s	1.8
Tebal plat lantai	ho	0.2
Tebal lapisan aspal dan overlay	ha	0.1
Tinggi genangan air hujan	th	0.05

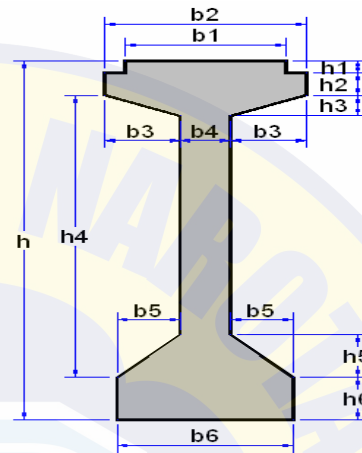
Tabel 4.2. Specific Gravity

Bahan	Notasi	berat
Beton prategang	wc =	25.50 kn/m ³
Beton bertulang	wc' =	25.00 kn/m ³
Beton	wc'' =	24.00 kn/m ³
Aspal	waspal =	22.00 kn/m ³
Air hujan	wair =	9.80 kn/m ³

4.2 Dimensi Balok Prestress

Tabel 4.3. Dimensi Balok Prestress

Kode	Lebar (m)	Kode	Tebal (m)
b1	0,64	h1	0,07
b2	0,8	h2	0,13
b3	0,3	h3	0,12
b4	0,2	h4	1,65
b5	0,25	h5	0,25
b6	0,7	h6	0,25
		H	2,30



Gambar 4.2 Dimensi balok

sumber: Hasil Gambar Sendiri

4.2.1 Beton

Mutu beton girder prestress : $K - 500$

$$\begin{aligned} \text{kuat tekan beton, } f_c' &= 0.83 * K / 10 \\ &= 0.83 * 500 / 10 \\ &= 41.5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastik beton: } E_c &= 4700 * \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 * \sqrt{41.5} \\ &= 30277.63 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Angka poisson $U = 0,15$

$$\begin{aligned} \text{Modulus geser } = G &= E_c / [2 * (1 + U)] \\ &= 30277.63 / [2 * (1 + 0.15)] \\ &= 13164.18 \end{aligned}$$

Koef.muai panjang untuk beton $\alpha = 1.0E - 05$

Kuat tekan beton pada keadaan awal (saat transfer)

$$\begin{aligned} f_{ci}' &= 0.80 * f_{c'} \\ &= 0.80 * 41.5 \\ &= 33.2 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tegangan ijin beton saat penarikan :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tekan} &= 0.60 * f_{c'} \\ &= 0.60 * 33.2 \\ &= 19,92 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tarik} &= 0.50 * \sqrt{f_{ci}'} \\ &= 0.50 * \sqrt{33.2} \\ &= 2.88 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tegangan ijin beton pada keadaan akhir :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tekan} &= 0.45 * f_{c'} \\ &= 0.45 * 41.5 \\ &= 18.675 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tarik} &= 0.50 * \sqrt{f_{c'}} \\ &= 0.50 * \sqrt{41.5} \\ &= 3,22 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Mutu beton plat lantai jembatan : K – 300

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton, } f_{c'} &= 0.83 * K/10 \\ &= 0.83 * 300 / 10 \\ &= 24.9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastik beton } E_c &= 4700 * \sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700 * \sqrt{24.9} \\ &= 23453 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

4.2.2 Baja Prategang

Tabel 4.4. Strands Cable - Standar Vsl (Jenis strands Uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270)

Tegangan leleh strand	$f_{py} =$	1580	Mpa
Kuat tarik strand	$f_{pu} =$	1860	Mpa
Diameter nominal strands		12.7	mm (=1/2")
Luas tampang nominal satu strands	$A_{st} =$	98.7	mm ²
Beban putus minimal satu strands	$P_{bs} =$	187.32	Kn (100% UTS)
Jumlah kawat untaian (strands cable)		19	kawat untaian / tendon
Diameter selubung ideal		84	Mm
Luas tampang strands		1875.3	mm ²
Beban putus satu tendon	$P_{b1} =$	3559.1	kN (100% UTS)
Modulus elastis strands	$E_s =$	193000	MPa
Tipe dongkrak		VSL 19	`

4.2.3 Baja Tulangan

Untuk baja tulangan deform $D > 12$ mm U – 32

Kuat leleh baja, $f_y = U * 10$

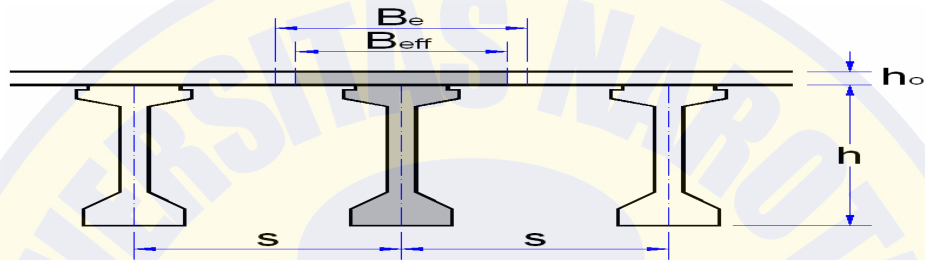
$$= 32 \times 10$$

$$= 320 \text{ Mpa}$$

Untuk baja tulangan polos $\emptyset \leq 12$ mm U – 24

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat leleh baja, } f_y &= U * 10 \\
 &= 24 * 10 \\
 &= 240
 \end{aligned}$$

4.2.4 Penentuan Lebar Efektif Plat Lantai



Gambar 4.3 Gambar lebar efektif plat lantai
Sumber: hasil gambar sendiri

Lebar efektif plat (B_e) diambil nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned}
 L/4 &= 100/4 \\
 &= 25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$s = 1,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 12 * h_o &= 12 * 0,2 \\
 &= 2,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Diambil lebar efektif plat lantai, $B_e = 1,8 \text{ m}$

Kuat tekan beton plat:

$$\begin{aligned}
 f_c'(\text{plat}) &= 0,83 * K (\text{plat}) \\
 &= 0,83 * 300/10 \\
 &= 24,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

kuat tekan beton balok:

$$\begin{aligned} f_c'(\text{balok}) &= 0.83 * K (\text{balok}) \\ &= 0,83 \times 500 / 10 \\ &= 41,5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Modulus elastik plat beton:

$$\begin{aligned} E_{\text{plat}} &= 4700 \sqrt{f_c'(\text{plat})} \\ &= 4700 \times \sqrt{24,9} \\ &= 23452,95 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Modulus elastik balok beton prategang:

$$\begin{aligned} E_{\text{balok}} &= 0.043 (w_c)^{1.5} * \sqrt{f_c'(\text{balok})} \\ &= 0,043 \times (25,50)^{1.5} \times 1,5 \times \sqrt{41,5} \\ &= 35,670 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Nilai perbandingan modulus elastik plat dan balok :

$$\begin{aligned} n &= E_{\text{plat}} / E_{\text{balok}} \\ &= 23452.95 / 35.670 \\ &= 0.658 \end{aligned}$$

Jadi lebar pengganti beton plat lantai jembatan:

$$\begin{aligned} B_{\text{eff}} &= n * B_e \\ &= 0.658 * 1.8 \\ &= 1.18 \text{ m} \end{aligned}$$

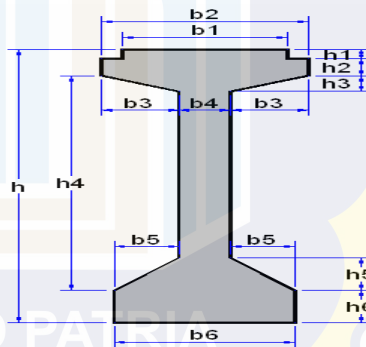
Saat pengangkutan agar menghindari hambatan dan kesulitan maka balokprategan dibuat bentuk segmental dengan berat per segmen 80 kn supaya bisa diangkut dengan truk kapasitas 80 kN.

4.3 Section Properties Balok Prategang

Tabel 4.5. Section propertis balok prategan

NO	DIMENSI		Luas Tampang A (m ²)	Jarak thd alas y (m)	Statis Momen A * y (m ³)	Inersia Momen A * y ² (m ⁴)	Inersia Momen I _o (m ⁴)
	Lebar b (m)	Tinggi h (m)					
1	0.64	0.07	0.0448	2.265	0.101472	0,22983408	1,82933
2	0.8	0.13	0.104	2.165	0.22516	0,4874714	0,000146
3	0.3	0.12	0.036	2.06	0.07416	0,1527696	0,0000432
4	0.2	1.65	0.33	1.275	0.42075	0,5364562	0,074868
5	0.25	0.25	0.0625	0.53	0.0333333	0,0177777	0,000325
6	0.7	0.25	0.175	0.325	0.056875	0,0184843	0,000911
		TOTAL :	0.7523		0.9117503	1,4427934	0,076313

h _o =	0,2	M
B _{eff} =	1,18	M
y _a =h -y _b =	1,09	M



Tinggi total balok prategang : $h = 2,30 \text{ m}$

Luas penampang balok prategang : $A = 0,7523 \text{ m}^2$

Letak titik berat :

$$\begin{aligned}
 y_b &= \Sigma A * y / \Sigma A \\
 &= 0,9117503 / 0,7523 \\
 &= 1,2119
 \end{aligned}$$

Momen inersia terhadap alas balok :

$$\begin{aligned}
 I_b &= \Sigma A * y + \Sigma I_o \\
 &= 1,442793483 + 0,0763113689
 \end{aligned}$$

$$= 1,5191 \text{ m}^4$$

Momen inersia terhadap titik berat balok :

$$\begin{aligned} I_x &= I_b - A * y_b^2 \\ &= 1,5191 - 0,7523 * 1,2119^2 \\ &= 0,61 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tahanan momen sisi atas :

$$\begin{aligned} W_a &= I_x / y_a \\ &= 0,61 / 1,09 \\ &= 0,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tahanan momen sisi bawah:

$$\begin{aligned} W_b &= I_x / y_b \\ &= 0,61 / 1,2119 \\ &= 0,5011 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4.6. Section Properties Balok Composit (Balok Prategang + Plat)

NO	DIMENSI		Luas Tampang A (m ²)	Jarak thd alas y (m)	Statis Momen A * y (m ³)	Inersia Momen A * y ² (m ⁴)	Inersia Momen I _{co} (m ⁴)
	Lebar b (m)	Tinggi h (m)					
0	1,18	0,2	0,2367	2,2	0,5207388	1,145625361	0,00079
1	0,64	0,07	0,0448	2,07	0,092512	0,19103728	0,00002
2	0,8	0,13	0,1040	1,97	0,20436	0,4015674	0,00015
3	0,3	0,12	0,0360	1,86	0,06696	0,1245456	0,00004
4	0,2	1,65	0,3300	1,08	0,35475	0,38135625	0,07487
5	0,25	0,25	0,0625	0,33	0,020833	0,006944444	0,00033
6	0,7	0,25	0,1750	0,13	0,021875	0,002734375	0,00091
Total			0,9890		1,2820291	2,253810711	0,07710

Tinggi total balok Composit : $hc = 2,30 \text{ m}$

Luas penampang balok composit : $Ac = 0,9890 \text{ m}^2$

Letak titik berat : $y_{bc} = \Sigma Ac * y / \Sigma ac$

$$= 1,282 / 0,9890$$

$$= 1,2963 \text{ m}$$

$y_{ac} = hc - y_{bc}$

$$= 2,30 - 1,2963$$

$$= 1,00371 \text{ m}$$

Momen inersia terhadap alas balok :

$I_{bc} = \Sigma Ac * y + \Sigma I_{co}$

$$= 2,2538 + 0,07710$$

$$= 2,33091 \text{ m}^4$$

Momen inesia terhadap titik berat balok composit :

$I_{xc} = I_{bc} - Ac * y_{bc}^2$

$$= 2,33091 - 0,9890 \times 1,2963^2$$

$$= 0,669 \text{ m}^4$$

Tahanan momen sisi atas plat :

$W_{ac} = I_{xc} / y_{ac}$

$$= 0,669 \times 1,00731$$

$$= 0,6665 \text{ m}^3$$

Tahanan momen sisi atas balok :

$W'_{ac} = I_{xc} / (y_{ac} - h_o)$

$$= 0,669 / (1,00371 - 0,2)$$

$$= 0,8324 \text{ m}^3$$

Tahanan momen sisi bawah balok :

$W_{bc} = I_{xc} / y_{bc}$

$$= 0,669 / 1,2963$$

$$= 0,5161 \text{ m}^3$$

4.4 Pembebanan Balok Prategang

4.4.1 Berat Sendiri (Ms)

4.4.1.1 Berat Diafragma

Ukuran diafragma : Tebal = 0,2 m , Lebar = 1,6 m , Tinggi = 1,6 m.

Berat 1 buah diafragma, $W = 12,8 \text{ Kn}$

Jumlah diafragma, $n = 4 \text{ bh}$

Berat diafragma, $W_{\text{diafragma}} = W \times n = 12,8 \times 4$
 $= 51,2 \text{ Kn}$

Panjang bentang, $L = 100 \text{ m}$

Jarak diafragma :

$X_4 = 50 \text{ m}$ (dari tengah bentang)

$X_3 = 25 \text{ m}$ (dari tengah bentang)

$X_2 = 12,5 \text{ m}$ (dari tengah bentang)

$X_1 = 6,25 \text{ m}$ (dari tengah bentang)

$X_0 = 0 \text{ m}$ (dari tengah bentang)

❖ Momen maks di tengah bentang L,

$$\begin{aligned} M_{\text{max}} &= \left(\frac{1}{2} * n * x_4 - x_3 - x_2 - x_1 \right) * W \\ &= (1/2 \times 4 \times 50 - 25 - 12,5 - 6,25) \times 12,8 \\ &= 720 \text{ Kn/m} \end{aligned}$$

❖ Berat diafragma ekuivalen,

$$\begin{aligned} Q_{\text{diafragma}} &= 8 * M_{\text{max}} / L^2 \\ &= 8 * 720 / 100^2 \\ &= 0,576 \text{ Kn/m} \end{aligned}$$

4.4.1.2 Berat Balok Prategang

$$\text{Panjang balok prategang, } L = 100 \text{ m}$$

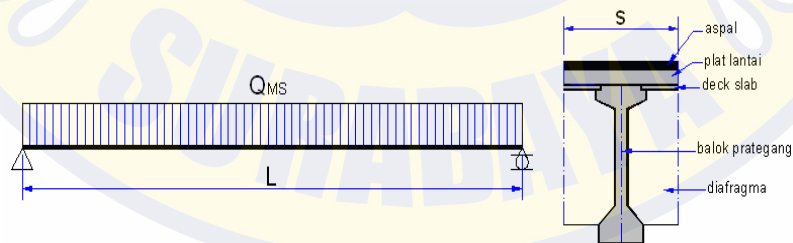
$$\text{Luas penampang, } A = 0,7523 \text{ m}^2$$

○ Berat balok prategang + 10 %,

$$\begin{aligned} W_{\text{balok}} &= A * L * w_c \\ &= 0,7523 * 100 * 25,50 \\ &= 1918,365 \text{ Kn} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{balok}} &= W_{\text{balok}} / L \\ &= 1918,365 / 100 \\ &= 19,184 \text{ kn/m} \end{aligned}$$

4.4.1.3 Gaya Geser Dan Momen Akibat Berat Sendiri (Ms)



- Beban, $Q_{ms} = A * w$
- Gaya geser, $V_{ms} = \frac{1}{12} * Q * L$
- Momen, $M_{MS} = \frac{1}{8} * Q_{ms} * L$

Tabel 4.7. Gaya geser dan Momen akibat Berat Sendiri (Ms)

No	Jenis beban berat sendiri	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Luas A (m ²)	Berat sat w (kN/m ³)	Beban QMS (kN/m)	Geser VMS (kN)	Momen MMS (kNm)
1	Balok prategang					19,184	959,183	23979,6
2	Plat lantai	1,8	0,2	0,36	25,00	9	450	11250
3	Deck slab	1,16	0,07	0,0812	25,00	2,03	101,5	2537,5
4	Diafragma					0,576	28,8	720
						30,78965	1539,48	38487,1

4.4.2 Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan (superimposed dead load), adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada balok (girder) jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

Perencanaan Girder jembatan harus mampu memikul beban mati tambahan sebagai berikut :

- Aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali di kemudian hari (overlay).
- Genangan air hujan setinggi 50 mm apabila saluran drainase tidak bekerja dengan baik

$$QMA = A * w$$

$$\text{Gaya geser, VMA} = \frac{1}{2} * Qms * L$$

$$\text{Momen, MMA} = \frac{1}{8} * QMA * L$$

Tabel 4.8. Beban Mati tambahan (MA)

No	Jenis beban mati tambahan	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Luas A (m ²)	Berat sat w (kN/m ³)	Beban QMA (kN/m)	Geser VMA (kN)	Momen MMA (kNm)
1	Lapisan aspal + overlay	1.8	0.1	0.18	22.00	3.96	198	4950
2	Air hujan	1.8	0.05	0	9.80	0.882	44.1	1102.5
TOTAL :						4.84	242.1	6052.5

4.4.3 BEBAN LAJUR "D" (TD)

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi merata (Uniformly Distributed Load), UDL dan beban garis (Knife Edge Load), KEL seperti terlihat pada gambar. UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang dibebani dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$q = 9.0 \quad \text{kPa} \quad \text{untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 9.0 * (0.5 + 15 / L) \text{ kPa} \quad \text{untuk } L > 30 \text{ m}$$

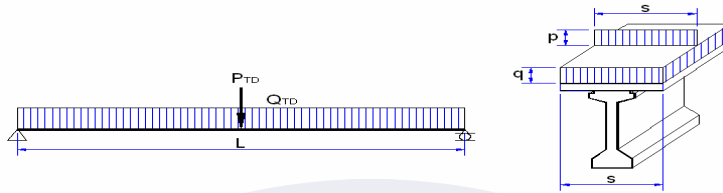
KEL mempunyai intensitas, $P = 49 \text{ Kn/m}$

Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance) untuk KEL diambil sebagai berikut :

$$DLA = 0.4 \text{ untuk } L \leq 50 \text{ m}$$

$$DLA = 0.4 - 0.0025 * (L - 50)$$

$$DLA = 0.3 \text{ untuk } L \geq 90 \text{ m}$$



Beban terpusat PTD
(Sumber: SNI 1725-2016)

Panjang balok : $L = 100 \text{ m}$, Jarak antara balok prategang $s = 1,8 \text{ m}$

❖ Beban merata :

$$\begin{aligned} q &= 9,0 * \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \\ &= 9,0 (0,5 + 15 / 100) \\ &= 6 \text{ Kpa} \end{aligned}$$

❖ Beban merata pada balok :

$$\begin{aligned} QTD &= q * s \\ &= 6 * 1,8 \\ &= 10,53 \text{ kn/m} \end{aligned}$$

❖ Beban garis : $P = 49 \text{ Kn/m}$

Faktor beban dinamis, $DLA = 0,4$

❖ Beban terpusat pada balok :

$$\begin{aligned} PTD &= (1 + DLA) * p * s \\ &= (1 + 0,4) * 49 * 1,8 \\ &= 123,48 \text{ Kn} \end{aligned}$$

❖ Gaya geser dan momen maksimum pada balok akibat beban lajur "D" :

$$VTD = \frac{1}{2} * QTD * L + \frac{1}{2} * PTD$$

$$= \frac{1}{2} \times 10,53 \times 100 + \frac{1}{2} \times 123,48$$

$$= 588,24 \text{ kN}$$

$$\text{MTD} = \frac{1}{8} * QTD * L^2 + \frac{1}{4} * PTD * L$$

$$= \frac{1}{8} \times 10,53 \times 100^2 + \frac{1}{4} \times 123,48 \times 100$$

$$= 16249.5 \text{ kN/m}$$

4.4.4 Beban Truk

Faktor beban ultimit : $KTT = 2.0$

Lantai jembatan mempunyai beban hidup pada roda oleh Truk (beban T) yang mempunyai besarnya $T = 500 \text{ kN}$

Pembebanan truk diambil faktor beban dinamis yaitu, $DLA = 0.40$

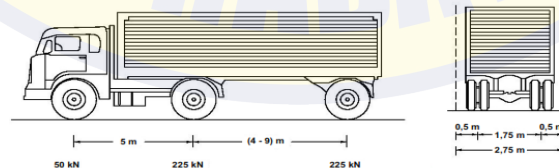
Beban truk "T" : $PTT = (1 + DLA) * T$

$$= (1 + 0.40) * 500$$

$$= 700.00 \text{ Kn}$$

Tabel 4.9. Faktor beban jembatan

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



Gambar 4.4 Beban truk

sumber : sni 1725 2017

$$a = 5.00 \text{ m}$$

$$b = 6.00 \text{ m}$$

Panjang bentang Girder, $L = 100 \text{ m}$

➤ Gaya geser dan momen pada T-Gider akibat beban truk "T" :

$$\begin{aligned} V_{TT} &= \frac{\left[\frac{9}{8} * L - \frac{1}{4} * a + b \right]}{L} * P_{TT} \\ &= \left[\frac{9}{8} * 100 - \frac{1}{4} * 5.00 + 6.00 \right] / 100 * 700 \\ &= 920,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{TT} &= V_{TT} * \frac{L}{2} - P_{TT} * b \\ &= 920.50 * 100/2 - 700 * 6.00 \\ &= 7306.25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Gaya geser dan momen yang terjadi akibat pembebanan lalu-lintas, diambil yg memberika pengaruh terbesar terhadap T-Girder di antara beban "D" dan beban "T".

Gaya geser maksimum akibat beban, T $V_{TT} = 920.50 \text{ kN}$

Momen maksimum akibat beban, D $M_{TD} = 16249.50 \text{ kNm}$

Panjang balok, $L = 20$

Jarak antar balok prategang, $s = 1.8$

Faktor beban dinamis, $DLA = 0.4$

Beban Roda depan pada balok, $p_1 = 25$

Jarak P1 dari tengah bentang $X_{p1} = -4$

Beban roda tengah pada balok, $P_2 = 112.5$

Jarak P2 dari tengah bentang $X_{p2} = 0$

Beban roda belakang pada balok, $P3 = 112.5$

Jarak P3 dari tengah bentang $X_{p3} = 4$

Gaya dalam akibat beban truk:

a. Akibat P1

Gaya geser di tumpuan B,

$$V_{p1} = P1 * \left(\frac{L}{2} + X_{p1}\right) / L$$

$$\begin{aligned} V_{p1} &= 25 * ((100/2 + (-4)) / 100) \\ &= 8.5 \end{aligned}$$

Gaya momen dilapangan dari B,

$$\begin{aligned} M_{p1} &= V_{p1} * L/2 \\ &= 8.5 * 100/2 \\ &= 106.2 \end{aligned}$$

b. Akibat P2

Gaya geser di tumpuan B,

$$\begin{aligned} V_{p2} &= P2/2 \\ &= 112.5 / 100 \\ &= 56.25 \end{aligned}$$

Gaya momen dilapangan dari B,

$$\begin{aligned} M_{p2} &= V_{p2} * L/2 \\ &= 56.25 * 100/2 \end{aligned}$$

$$= 703.125$$

c. Akibat P3

Gaya geser di tumpuan B,

$$\begin{aligned} V_{p3} &= P3 * \left(\frac{L}{2} + X_{p2}\right) / L \\ &= 112.5 * ((100/2 + 0)) / 100 \\ &= 56.25 \end{aligned}$$

Gaya momen dilapangan B,

$$\begin{aligned} M_{p3} &= V_{p3} * \frac{L}{2} - p3 * X_{p3} \\ &= 56.25 * 100/2 - 112.5 * 4 \\ &= 253.125 \end{aligned}$$

Gaya dalam total akibat beban truk:

$$\text{Gaya geser tumpuan B total, } V_{TT} = 121$$

$$\text{Gaya momen lapangan total, } M_{TT} = 1062.5$$

4.4.5 GAYA REM (TB)

Pengaruh pengereman dari lalu-lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada jarak 1.80 m di atas permukaan lantai jembatan.

Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (Lt) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 PTD &= p * s \\
 &= 49 * 1.8 \\
 &= 88.2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTB &= 0.05 * (QTD * L + PTD) \\
 &= 0.05 * (10.53 * 100 + 88.2) \\
 &= 57.06 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Diambil gaya rem, $TTB = 62.5 \text{ kN}$

Lengan terhadap Titik berat balok,

$$\begin{aligned}
 y &= 1.80 + h_o + h_a + y_{ac} \\
 &= 1.80 + 0.2 + 0.1 + 1.00371 \\
 &= 3.10371098 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Beban momen akibat gaya rem,

$$\begin{aligned}
 M &= TTB * y \\
 &= 66.5 * 3.10371098 \\
 &= 193.982 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser dan momen maksimum pada balok akibat gaya rem :

$$\begin{aligned}
 VTB &= M/L \\
 &= 193.982 / 100 \\
 &= 1.94
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MTD &= \frac{1}{2} * M \\
 &= \frac{1}{2} * 193.982 \\
 &= 96.99
 \end{aligned}$$

4.4.6 Beban Angin (Ew)

Menurut SNI 1725-2016 pasal 9.6 beban akibat angin yang terjadi dibagi menjadi 3 kasus yaitu beban angin pada struktur (EWS), beban angin pada kendaraan (EWL) dan beban angin vertikal dengan arah dari bawah ke atas.

4.4.6.1 Beban Angin Pada Struktur (Ews)

Beban angin pada struktur diatur dalam SNI 1725 2016 pasal 9.6.1.1 yang ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$VDZ = 2.5 v_o \left(\frac{V10}{Vb} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_o} \right)$$

Diatur pada SNI 1725-2016 tabel 29 tekanan angin dasar untuk balok yaitu 0.0024 Mpa sedangkan VDZ adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana seperti berikut.

VDZ : Adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

V10 : elevasi 10000mm kecepatan angin diatas permukaan tanah/ permukaan air rencana(Km/jam)

VB : kecepatan angin rencana sebesar 90 sampai 126 km/jam.

Z : ($z > 10000$) elevasi struktur dari permukaan tanah

Vo : kecepatan gesekan angin.

Zo : panjang gesekan dihulu jembatan.

Maka nilai beban anggi pada struktur yaitu:

$$\begin{aligned} VDZ &= 2.5 * V_o \left(\frac{V10}{Vb} \right) \ln \left(\frac{Z}{z_o} \right) \\ &= 2.5 * 13.2 \left(\frac{126}{126} \right) \ln \left(\frac{10}{0.07} \right) \\ &= 163.74 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PD &= PB * (VDZ/VB)^2 \\
 &= 0.024 * \left(\frac{163.74}{126}\right) \\
 &= 0.04053 \text{ Mpa} \\
 &= 40.53 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Koefisien seret, $c_w = 2.1$
 Kecepatan angin rencana, $V_w = 90 \text{ m/s}$
 Tinggi Total bidang samping jembatan, $h_a = 2.7 \text{ m}$

Maka beban angin horizontal,

$$\begin{aligned}
 T_{ew\ h} &= 0.0006 * c_w^2 * V_w * h_a \\
 &= 0.0006 * 2.1 * 90^2 * 2.7 \\
 &= 27.56 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan beban angin vertikal 30% dari beban angin horizontal

Beban angin vertikal merata,

$$\begin{aligned}
 T_{ew\ v} &= 30\% * T_{ew\ h} \\
 &= 30\% * 27.56
 \end{aligned}$$

$$T_{ew\ v} = 8.267 \text{ KN/m}$$

$h = 1.8$SNI 1725 2016

$x = 1.75$SNI 1725 2016

$$Q_{ews} = \frac{1}{2} * \frac{h}{x} * T_{ewV}$$

$$= \frac{1}{2} * 1.8/1.75 * 8.267$$

$$= 4.252$$

Sehingga dengan tinggi struktur 4,50 m nilai EWS adalah :

$$EWS = Pd * H$$

$$EWS = 40.5307 * 4.5$$

$$= 182.3882913 \text{ kN/m}$$

4.4.6.2 Beban Angin Pada Kendaraan (EWL)

Mengacu pada SNI 1725-2016 pasal 9.6.1.2 beban angin yang bekerja pada kendaraan tergantung pada sudut datang angin. Pada perencanaan ini sudut angin yang datang dianggap 0° .

Tabel 4.10. Beban angina pada kendaraan

Sudut derajat	Komponen tegak lurus N/mm	Komponen sejajar N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

Sehingga berdasarkan nilai tersebut dapat ditentukan momen per meter yang bekerja pada jembatan akibat beban angin pada kendaraan adalah sebagai berikut.

$$EWL = qwl * (Yna + Yw)$$

Dimana :

qwl = beban merata akibat terpaan angin pada kendaraan (1,46 kN/m)

Yna =jarik serat teratas terhadap garis netral (1.469 m)

Yw =asumsi ketinggian beban angin bekerja (1.800 m)

Sehingga :

$$EWL = qwl * (Yna + Yw)$$

$$= 1.46 \cdot (1.469 + 1.800)$$

$$= 4.77 \text{ kN.m/m}$$

Koef seret $c_w = 1.4$

Kecepatan angin rencana $V_w = 90 \text{ m/s}$

Panjang Truk $P_{\text{truk}} = 8 \text{ m}$

Tinggi truk $h_{\text{truk}} = 2.75 \text{ m}$

Luas bidang tiup $A_b = 22$

Maka Beban angin adalah $T_{ew} = 13.608 \text{ kN/m}$

Titik tangkap angin merupakan kendaraan dengan tinggi $h = 2.75 \text{ m}$

Jarak antara roda kendaraan : $X = 1.75 \text{ m}$

Transfer beban angin ke lantai jembatan

$$Q_{ew1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{X} \cdot T_{ew}$$
$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{2.75}{1.75} \cdot 13.608$$

$$Q_{ew1} = 10.692 \text{ KN}$$

Panjang Balok, $L = 20 \text{ m}$

Gaya geser dan momen maksimum akibat bebaangin

Lokasi kendaraan diasumsikan di tengah bentang jembatan

Pada tumpuan $V_{ew} = \frac{1}{2} \cdot Q_{ew}$

$$= \frac{1}{2} \cdot 10.692$$

$$= 5.346 \text{ kN}$$

Pada tengah bentang $M_{ew} = \frac{1}{4} \cdot Q_{ew} \cdot L$

$$= \frac{1}{4} * 10.693 * 25$$

$$= 66.825 \text{ kN/m}$$

4.4.7 Beban Angin Vertikal

Mengacu pada SNI 1725-2016 pasal 9.6.2 beban angin vertikal dengan nilai 0.0096 Mpa yang bekerja dari arah bawah menuju ke atas.

$$E_{wv} = \sigma_{wv} * B$$

Dimana :

σ_{wv} = tekanan angin vertikal (0,0096 Mpa)

B = lebar jembatan (9,74 meter)

Sehingga :

$$\begin{aligned} E_{wv} &= 0.0096 * 9.74 * 10^2 \\ &= 9.3504 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$T_{ew} = 0.0012 * C_d * (V_b)$ dengan

koefisien seret, = 1.4, tekanan angin vertikal (0,0096 Mpa)

V_b = Kecepatan angin rencana = 35 m/det (lihat Tabel 5)

$$\begin{aligned} T_{ew} &= 0.0012 * C_d * (V_b)^2 \\ &= 0.0012 * 1.4 * 35^2 \\ &= 2.058 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m di atas lantai jembatan.

$h=2\text{m}$

Jarak antara roda kendaraan

$X=1.75\text{m}$

Transfer beban angin ke lantai jembatan,

$$\begin{aligned}
 Q_{ew} &= \left[\frac{1}{2} * \frac{h}{x} * T_{ew} \right] \\
 &= \left[\frac{1}{2} * 2 / 1.75 * 2.058 \right] \\
 &= 1.176 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Panjang balok, $L = 100 \text{ m}$

4.4.8 Beban Angin Pada Struktur Jembatan Dan Lantai Kendaraan

$$C_d = \text{koefisien seret} = 1.4$$

$$V_w = \text{Kecepatan angin rencana} = 35$$

Beban angin pada rangka jembatan lengkung untuk, $A_b = 1.75$

$$\begin{aligned}
 E_{ws} &= 0.0006 * C_w * (V_w)^2 * A_b \\
 &= 0.006 * 1.4 * (35)^2 * 1.75 \\
 &= 1.80075
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{wl} &= \frac{1}{x} * T_{ew} \\
 &= \frac{1}{2} * 2 / 1.75 * 2.058 \\
 &= 1.176 \text{ (gelagar memanjang)}
 \end{aligned}$$

4.4.9 Beban Akibat Pengaruh Temperatur

Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu tersebut dapat dihitung dengan mengambil perbedaan suhu

Tabel 4.11. Temperatur jembatan

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	45°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

Sesuai sumber pemerintah Distrik Manatuto, suhu maksimum dan minimum daerah Soibada adalah sebesar 26° dan 22°.

$$\Delta T = \alpha L (T_{max} - T_{min})$$

Keterangan :

L = Panjang jembatan (mm)

α = temperatur (mm/mm/°C)

Tmax = 26

Panjang Bentang = 100

Tmin = 22

Jumlah tumpuan = 2

$$\Delta T = (T_{max} - T_{min}) / 2$$

$$= (26 - 22) / 2$$

$$= 2^\circ\text{C}$$

4.4.10 Tekanan Tanah (TA)

Faktor beban ultimit : KTA = 1.25

Tekanan tanah lateral dihitung berdasarkan harga nominal dari berat tanah w_s , sudut gesek dalam ϕ , dan kohesi c dengan :

$$H_{ws}' = w_s$$

$\phi' = \tan^{-1} (K\phi^R * \tan \phi)$ dengan faktor reduksi untuk ϕ' , $K\phi^R = 0.7$

$c' = Kc^R * c$, dengan faktor reduksi untuk c' , $Kc^R = 1.0$

Koefisien tekanan tanah aktif, $Ka = \tan^2 (45^\circ - \phi' / 2)$

Berat tanah dipadatkan, $ws = 17.2 \text{ kN/m}^3$

Sudut gesek dalam, $\phi = 35^\circ$

Kohesi, $C = 0 \text{ kPa}$

Faktor reduksi untuk sudut gesek dalam, $k\phi^R = 0.7$

$$\phi' = \tan^{-1} (k\phi^R * \tan \phi)$$

$$= \tan^{-1} (0.7 * \tan 35)$$

$$= 0.45573 \text{ rad}$$

$$= 26.112^\circ$$

Koefisien tekanan tanah aktif,

$$Ka = \tan^2 (45^\circ - \phi' / 2)$$

$$= \tan^2 (45^\circ - 35/2)$$

$$= 0.388773$$

Beban tekanan tanah pd plat dinding,

$$QTA1 = 0.60 * ws * Ka$$

$$= 0.60 * 17.2 * 0.388773$$

$$= 4.012 \text{ kN/m}$$

$$QTA2 = QTA1 + H * ws * Ka$$

$$= 4.012 * 4.01 * 0.388773$$

$$= 24.07 \text{ kN/m}$$

4.4.11 BEBAN GEMPA (EQ)

Gaya gempa vertikal pada balok prategang dihitung dengan menggunakan percepatan vertikal ke bawah minimal sebesar $0.10 \cdot g$ (g = percepatan gravitasi) atau dapat diambil 50% koefisien gempa horisontal statik ekuivalen.

Koefisien beban gempa horisontal : $K_h = C \cdot S$

K_h = Koefisien beban gempa horisontal,

C = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah setempat,

S = Faktor tipe struktur yg berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur.

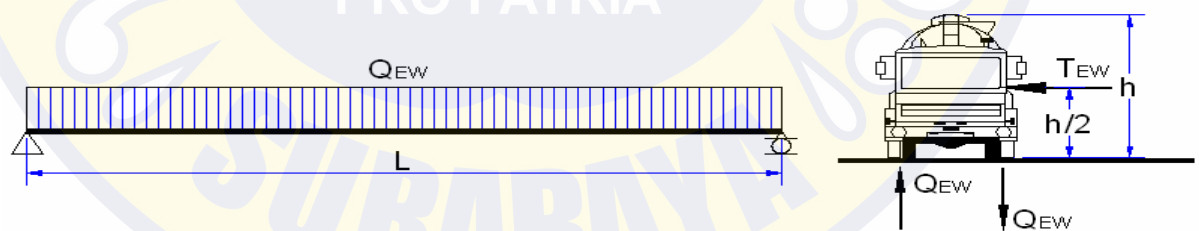
Waktu getar struktur dihitung dengan rumus :

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{[W_t / (g \cdot KP)]}$$

Dimana :

W_t = Berat total yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan

KP = kekakuan struktur yg merupakan gaya horisontal yg diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan.



Gambar beban gempa
Sumber: SNI 1725-2016

Gaya geser dan momen maksimum akibat beban angin :

$$V_{ew} = \frac{1}{2} \cdot Q_{EW} \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} * 10.692 * 100$$

$$= 58.8 \text{ kN}$$

$$Mew = \frac{1}{8} * Q * L^2$$

$$= \frac{1}{8} * 1.176 * 100^2$$

$$= 1.470 \text{ kNm}$$

$$g = \text{percepatan grafitasi bumi} = 9,81 \text{ m/det}^2$$

Berat total yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan :

$$Wt = PMS + PMA$$

$$\text{Berat sendiri,} \quad QMS = 31 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban mati tambahan} \quad QMA = 5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Panjang bentang balok,} \quad L = 100 \text{ m}$$

Sehingga,

$$Wt = (QMS + QMA) * L$$

$$= (31 + 5) * 100$$

$$= 3.563 \text{ kN}$$

$$\text{Momen inersia balok prategang,} \quad Ixc = 0,669033109 \text{ m}^4$$

$$\text{Modulus elastik,} \quad Ec = 3.6E + 04 \text{ MPa}$$

$$Ec = 35.669.973 \text{ kPa}$$

$$\text{Kekakuan balok prategang,} \quad Kp = 48 * Ec * Ixc / L^3$$

$$= 48 * 35.669.973 * 0,669033109 * 100^3$$

$$= 1145 \text{ kN/m}$$

$$\text{Waktu getar,} \quad T = 2 * \pi * \sqrt{ [Wt / (g * KP)] }$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{[3.563 / (9,81 \cdot 1145)]}$$

$$= 3,536285276 \text{ detik}$$

Untuk lokasi di wilayah gempa 3 di atas tanah sedang, dari kurva diperoleh koefisien geser dasar, $C = 0,125$

Untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis beton prategang penuh, $s = 1.3$
 $\cdot F$

dengan, $F = 1.25 - 0.025 \cdot n$ dan F harus diambil ≥ 1

F = faktor perangkaan,

n = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral.

Untuk, $n = 1$ maka

$$F = 1.25 - 0.025 \cdot n$$

$$= 1.25 - 0.025 \cdot 1$$

$$= 1,225$$

Faktor tipe struktur:

$$S = 1.3 \cdot F$$

$$= 1.3 \cdot 1.225$$

$$= 1,5925$$

Koefisien beban gempa horisontal,

$$K_h = C \cdot S$$

$$= 0.125 \cdot 1.5925$$

$$= 0,1990625$$

Koefisien beban gempa vertikal,

$$\begin{aligned}
 k_v &= 50\% * Kh \\
 &= 50\% * 0.1990625 \\
 &= 0,09953125 < 0.10 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Diambil, $k_v = 0,10$

Gaya gempa vertikal,

$$T_{eq} = K_v * W_T$$

$$= 0.10 * 3.563$$

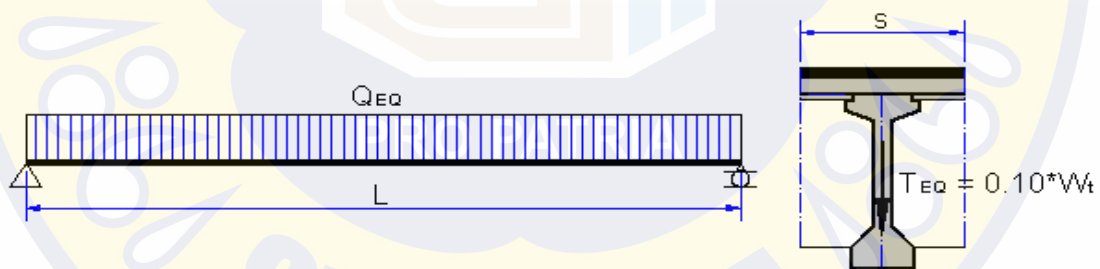
$$= 356.3165 \text{ kN}$$

Beban gempa vertikal,

$$Q_{eq} = T_{eq} / L$$

$$= 356.3165 / 100$$

$$= 3,563165 \text{ kN/m}$$



Gambar 4.6 Beban Gempa Vertikal

Gaya geser dan momen maksimum akibat beban gempa vertikal :

$$V_{eq} = \frac{1}{2} * Q_{eq} * L$$

$$= \frac{1}{2} * 356.3165 * 100$$

$$= 178,15825 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 M_{eq} &= \frac{1}{8} * QEQ * L^2 \\
 &= 1/8 * 356.3165 * 100^2 \\
 &= 1781,5825 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

4.5 Resume Momen Dan Gaya Geser Pada Balok

Tabel 4.12. Tabel Resume Momen dan Gaya geser pada balok

No	Jenis Beban	Kode beban	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)	Keterangan
1	Berat balok prategang	balok	19.1837	-	-	Beban merata, Qbalok
2	Berat plat	plat	9	-	-	Beban merata, Qplat
3	Berat sendiri	MS	30.7897	-	-	Beban merata, QMS
4	Mati tambahan	MA	4.842	-	-	Beban merata, QMA
5	Lajur "D"	TD	10.53	110.88	-	Beban merata, QMA dan terpusat, PTD
6	Gaya rem	TB	-	-	105.502	Beban momen, MTB
7	Beban pejalan kaki	TP	2	-	-	Beban merata, QTP
8	Beban Truck	TT	500	-	-	Beban merata, QTT
9	Angin pada Struktur	Ews	1.80075	-	-	Beban merata, Qews
10	Angin pada kendaraan	Ewl	1.176	-	-	Beban merata, Qewl
11	Gaya akibat temp.seragam	EUN	33.00	-	-	Beban merata, Qeun
12	Gempa	EQ	3.893	-	-	Beban merata, QEQ

Panjang bentang balok, L = 20 m

Tabel 4.13. Rumus Persamaan Momen Dan Persamaan Geser

No	Jenis Beban	Persamaan Momen	Persamaan Gaya geser
1	Berat sendiri (MS)	$M_x = 1/2 * QMS * (L * X - X^2)$	$V_x = QMS * (L/2 - X)$
2	Mati tambahan (MA)	$M_x = 1/2 * QMA * (L * X - X^2)$	$V_x = QMA * (L/2 - X)$
3	Lajur "D" (TD)	$M_x = 1/2 * QTD * (L * X - X^2) + 1/2 * PTD * X$	$V_x = QTD * (L/2 - X) + 1/2 * PTD$
4	Gaya rem (TB)	$M_x = X / L * MTB$	
5	Beban Truck (TT)	$M_x = MTT$	$V_x = VTT$
6	Angin pada struktur (Ews)	$M_x = 1/2 * QEws * (L * X - X^2)$	$V_x = QEws * (L/2 - X)$
7	Angin pada Kendaraan (Ewl)	$M_x = Mewm$	$V_x = Vewm$
8	Gaya akibat temp.seragam(EUN)	$M_x = X/L * Meun$	$V_x = Meun / L$
9	Gempa (EQ)	$M_x = 1/2 * QEQ * (L * X - X^2)$	$V_x = QEQ * (L/2 - X)$

Momen maksimum akibat berat balok,

$$M_{balok} = \frac{1}{8} * Q_{balok} * L^2$$

Momen maksimum akibat berat plat,

$$M_{plat} = \frac{1}{8} * Q_{plat} * L^2$$

4.6 Momen Balok Prategang

Tabel 4.14. Momen balok Prategang

Jarak X	Momen yang terjadi pada balok prategang akibat beban								
	Berat	Berat sen	Mati	Lajur	Rem	Beban	Angin	Angin	Te
	balok	MS	tamb	"D"	TB	Truk	kend	Stru	EU
	G	1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	0.5
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(KNM)	(kN)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.83	0.00	0.00
1	949.59	1524.09	239.68	576.68	1.06	10.63	66.83	210.45	6.2
2	1880.00	3017.39	474.52	1142.82	2.11	21.25	66.83	416.65	12
3	2791.22	4479.89	704.51	1698.44	3.17	31.88	66.83	618.60	18
4	3683.26	5911.61	929.66	2243.52	4.22	42.50	66.83	816.29	25
5	4556.12	7312.54	1149.98	2778.08	5.28	53.13	66.83	1009.74	31
6	5409.79	8682.68	1365.44	3302.10	6.33	63.75	66.83	1198.93	37
7	6244.28	10022.03	1576.07	3815.60	7.39	74.38	66.83	1383.87	43
8	7059.58	11330.59	1781.86	4318.56	8.44	85.00	66.83	1564.56	50
9	7855.70	12608.36	1982.80	4811.00	9.50	95.63	66.83	1741.00	56
10	8632.64	13855.34	2178.90	5292.90	10.55	106.25	66.83	1913.19	62
11	9390.40	15071.53	2370.16	5764.28	11.61	116.88	66.83	2081.12	68
12	10128.97	16256.94	2556.58	6225.12	12.66	127.50	66.83	2244.81	75
13	10848.35	17411.55	2738.15	6675.44	13.72	138.13	66.83	2404.24	81
14	11548.56	18535.37	2914.88	7115.22	14.77	148.75	66.83	2559.42	87
15	12229.58	19628.40	3086.78	7544.48	15.83	159.38	66.83	2710.35	93
16	12891.41	20690.64	3253.82	7963.20	16.88	170.00	66.83	2857.03	10
17	13534.07	21722.10	3416.03	8371.40	17.94	180.63	66.83	2999.45	10

18	14157.53	22722.76	3573.40	8769.06	18.99	191.25	66.83	3137.63	11
19	14761.82	23692.64	3725.92	9156.20	20.05	201.88	66.83	3271.55	11
20	15346.92	24631.72	3873.60	9532.80	21.10	212.50	66.83	3401.22	12
21	15912.84	25540.01	4016.44	9898.88	22.16	223.13	66.83	3526.64	13
22	16459.57	26417.52	4154.44	10254.42	23.21	233.75	66.83	3647.81	13
23	16987.12	27264.24	4287.59	10599.44	24.27	244.38	66.83	3764.73	14
24	17495.49	28080.16	4415.90	10933.92	25.32	255.00	66.83	3877.39	15
25	17984.67	28865.30	4539.38	11257.88	26.38	265.63	66.83	3985.81	15
26	18454.67	29619.64	4658.00	11571.30	27.43	276.25	66.83	4089.97	16
27	18905.49	30343.20	4771.79	11874.20	28.49	286.88	66.83	4189.88	16
28	19337.12	31035.97	4880.74	12166.56	29.54	297.50	66.83	4285.54	17
29	19749.57	31697.94	4984.84	12448.40	30.60	308.13	66.83	4376.95	18
30	20142.83	32329.13	5084.10	12719.70	31.65	318.75	66.83	4464.10	18
31	20516.91	32929.53	5178.52	12980.48	32.71	329.38	66.83	4547.01	19
32	20871.81	33499.14	5268.10	13230.72	33.76	340.00	66.83	4625.66	20
33	21207.53	34037.96	5352.83	13470.44	34.82	350.63	66.83	4700.06	20
34	21524.06	34545.99	5432.72	13699.62	35.87	361.25	66.83	4770.21	21
35	21821.40	35023.23	5507.78	13918.28	36.93	371.88	66.83	4836.11	21
36	22099.56	35469.68	5577.98	14126.40	37.98	382.50	66.83	4897.76	22
37	22358.54	35885.34	5643.35	14324.00	39.04	393.13	66.83	4955.16	23
38	22598.34	36270.21	5703.88	14511.06	40.09	403.75	66.83	5008.30	23
39	22818.95	36624.29	5759.56	14687.60	41.15	414.38	66.83	5057.19	24
40	23020.38	36947.58	5810.40	14853.60	42.20	425.00	66.83	5101.83	25
41	23202.62	37240.08	5856.40	15009.08	43.26	435.63	66.83	5142.22	25
42	23365.69	37501.79	5897.56	15154.02	44.31	446.25	66.83	5178.36	26
43	23509.56	37732.72	5933.87	15288.44	45.37	456.88	66.83	5210.25	26
44	23634.26	37932.85	5965.34	15412.32	46.42	467.50	66.83	5237.88	27

SURABAYA

45	23739.77	38102.19	5991.98	15525.68	47.48	478.13	66.83	5261.27	28
46	23826.09	38240.75	6013.76	15628.50	48.53	488.75	66.83	5280.40	28
47	23893.24	38348.51	6030.71	15720.80	49.59	499.38	66.83	5295.28	29
48	23941.20	38425.48	6042.82	15802.56	50.64	510.00	66.83	5305.91	30
49	23969.97	38471.67	6050.08	15873.80	51.70	520.63	66.83	5312.28	30
50	23979.56	38487.06	6052.50	15934.50	52.75	531.25	66.83	5314.41	31

Tabel 4.15. Kuat 1 momen pada balok prategangn

Jarak X	Momen yang terjadi pada balok prategang akibat beban								
	Berat balok	Berat sen MS	Mati tamb MA	Lajur "D" TD	Rem TB	Beban Truk TT	Angin kendaraan EWL	Angin Struktur EWS	Temperatur seragam EUN
	G	1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	0.5
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.19	0.00	0.00
1	949.59	1981.31	479.36	1038.02	1.90	19.13	80.19	252.54	3.13
2	1880.00	3922.60	949.03	2057.08	3.80	38.25	80.19	499.98	6.26
3	2791.22	5823.86	1409.02	3057.18	5.70	57.38	80.19	742.32	9.39
4	3683.26	7685.10	1859.33	4038.34	7.60	76.50	80.19	979.55	12.52
5	4556.12	9506.30	2299.95	5000.54	9.50	95.63	80.19	1211.69	15.65
6	5409.79	11287.49	2730.89	5943.78	11.39	114.75	80.19	1438.72	18.79
7	6244.28	13028.64	3152.14	6868.07	13.29	133.88	80.19	1660.65	21.92
8	7059.58	14729.77	3563.71	7773.41	15.19	153.00	80.19	1877.47	25.05
9	7855.70	16390.87	3965.60	8659.79	17.09	172.13	80.19	2089.20	28.18
10	8632.64	18011.95	4357.80	9527.22	18.99	191.25	80.19	2295.83	31.31
11	9390.40	19592.99	4740.32	10375.70	20.89	210.38	80.19	2497.35	34.44

12	10128.97	21134.02	5113.15	11205.22	22.79	229.50	80.19	2693.77	37.57
13	10848.35	22635.01	5476.30	12015.78	24.69	248.63	80.19	2885.09	40.70
14	11548.56	24095.98	5829.77	12807.40	26.59	267.75	80.19	3071.30	43.83
15	12229.58	25516.92	6173.55	13580.06	28.49	286.88	80.19	3252.42	46.96
16	12891.41	26897.84	6507.65	14333.76	30.38	306.00	80.19	3428.43	50.09
17	13534.07	28238.73	6832.06	15068.51	32.28	325.13	80.19	3599.34	53.22
18	14157.53	29539.59	7146.79	15784.31	34.18	344.25	80.19	3765.15	56.36
19	14761.82	30800.43	7451.84	16481.15	36.08	363.38	80.19	3925.86	59.49
20	15346.92	32021.24	7747.20	17159.04	37.98	382.50	80.19	4081.47	62.62
21	15912.84	33202.02	8032.88	17817.98	39.88	401.63	80.19	4231.97	65.75
22	16459.57	34342.78	8308.87	18457.96	41.78	420.75	80.19	4377.37	68.88
23	16987.12	35443.51	8575.18	19078.98	43.68	439.88	80.19	4517.67	72.01
24	17495.49	36504.21	8831.81	19681.06	45.58	459.00	80.19	4652.87	75.14
25	17984.67	37524.89	9078.75	20264.18	47.48	478.13	80.19	4782.97	78.27
26	18454.67	38505.54	9316.01	20828.34	49.37	497.25	80.19	4907.96	81.40
27	18905.49	39446.16	9543.58	21373.55	51.27	516.38	80.19	5027.86	84.53
28	19337.12	40346.76	9761.47	21899.81	53.17	535.50	80.19	5142.65	87.66
29	19749.57	41207.33	9969.68	22407.11	55.07	554.63	80.19	5252.34	90.80
30	20142.83	42027.87	10168.20	22895.46	56.97	573.75	80.19	5356.93	93.93
31	20516.91	42808.39	10357.04	23364.86	58.87	592.88	80.19	5456.41	97.06
32	20871.81	43548.88	10536.19	23815.30	60.77	612.00	80.19	5550.79	100.19
33	21207.53	44249.35	10705.66	24246.78	62.67	631.13	80.19	5640.08	103.32
34	21524.06	44909.78	10865.45	24659.32	64.57	650.25	80.19	5724.26	106.45
35	21821.40	45530.19	11015.55	25052.90	66.47	669.38	80.19	5803.34	109.58
36	22099.56	46110.58	11155.97	25427.52	68.37	688.50	80.19	5877.31	112.71
37	22358.54	46650.94	11286.70	25783.19	70.26	707.63	80.19	5946.19	115.84
38	22598.34	47151.27	11407.75	26119.91	72.16	726.75	80.19	6009.96	118.97

SURABAYA

39	22818.95	47611.58	11519.12	26437.67	74.06	745.88	80.19	6068.63	122.10
40	23020.38	48031.85	11620.80	26736.48	75.96	765.00	80.19	6122.20	125.24
41	23202.62	48412.11	11712.80	27016.34	77.86	784.13	80.19	6170.67	128.37
42	23365.69	48752.33	11795.11	27277.24	79.76	803.25	80.19	6214.03	131.50
43	23509.56	49052.53	11867.74	27519.18	81.66	822.38	80.19	6252.30	134.63
44	23634.26	49312.70	11930.69	27742.18	83.56	841.50	80.19	6285.46	137.76
45	23739.77	49532.85	11983.95	27946.22	85.46	860.63	80.19	6313.52	140.89
46	23826.09	49712.97	12027.53	28131.30	87.36	879.75	80.19	6336.48	144.02
47	23893.24	49853.06	12061.42	28297.43	89.25	898.88	80.19	6354.33	147.15
48	23941.20	49953.13	12085.63	28444.61	91.15	918.00	80.19	6367.09	150.28
49	23969.97	50013.17	12100.16	28572.83	93.05	937.13	80.19	6374.74	153.41
50	23979.56	50033.18	12105.00	28682.10	94.95	956.25	80.19	6377.29	156.54

Tabel 4.16. Kuat 2 momen balok prategang

Jarak X (m)	Momen pada balok prategang akibat beban								
	Berat balok	Berat sen MS	Mati tamb MA	Lajur "D" TD	Rem TB	Beban Truk TT	Angin kendaraan EWL	Angin Struktur EWS	Temperatu seragam EUN
	G	1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	0.5
	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.19	0.00	0.00
1	949.59	1981.31	479.36	1038.02	1.90	19.13	80.19	252.54	3.13
2	1880.00	3922.60	949.03	2057.08	3.80	38.25	80.19	499.98	6.26
3	2791.22	5823.86	1409.02	3057.18	5.70	57.38	80.19	742.32	9.39
4	3683.26	7685.10	1859.33	4038.34	7.60	76.50	80.19	979.55	12.52
5	4556.12	9506.30	2299.95	5000.54	9.50	95.63	80.19	1211.69	15.65

6	5409.79	11287.49	2730.89	5943.78	11.39	114.75	80.19	1438.72	18.79
7	6244.28	13028.64	3152.14	6868.07	13.29	133.88	80.19	1660.65	21.92
8	7059.58	14729.77	3563.71	7773.41	15.19	153.00	80.19	1877.47	25.05
9	7855.70	16390.87	3965.60	8659.79	17.09	172.13	80.19	2089.20	28.18
10	8632.64	18011.95	4357.80	9527.22	18.99	191.25	80.19	2295.83	31.31
11	9390.40	19592.99	4740.32	10375.70	20.89	210.38	80.19	2497.35	34.44
12	10128.97	21134.02	5113.15	11205.22	22.79	229.50	80.19	2693.77	37.57
13	10848.35	22635.01	5476.30	12015.78	24.69	248.63	80.19	2885.09	40.70
14	11548.56	24095.98	5829.77	12807.40	26.59	267.75	80.19	3071.30	43.83
15	12229.58	25516.92	6173.55	13580.06	28.49	286.88	80.19	3252.42	46.96
16	12891.41	26897.84	6507.65	14333.76	30.38	306.00	80.19	3428.43	50.09
17	13534.07	28238.73	6832.06	15068.51	32.28	325.13	80.19	3599.34	53.22
18	14157.53	29539.59	7146.79	15784.31	34.18	344.25	80.19	3765.15	56.36
19	14761.82	30800.43	7451.84	16481.15	36.08	363.38	80.19	3925.86	59.49
20	15346.92	32021.24	7747.20	17159.04	37.98	382.50	80.19	4081.47	62.62
21	15912.84	33202.02	8032.88	17817.98	39.88	401.63	80.19	4231.97	65.75
22	16459.57	34342.78	8308.87	18457.96	41.78	420.75	80.19	4377.37	68.88
23	16987.12	35443.51	8575.18	19078.98	43.68	439.88	80.19	4517.67	72.01
24	17495.49	36504.21	8831.81	19681.06	45.58	459.00	80.19	4652.87	75.14
25	17984.67	37524.89	9078.75	20264.18	47.48	478.13	80.19	4782.97	78.27
26	18454.67	38505.54	9316.01	20828.34	49.37	497.25	80.19	4907.96	81.40
27	18905.49	39446.16	9543.58	21373.55	51.27	516.38	80.19	5027.86	84.53
28	19337.12	40346.76	9761.47	21899.81	53.17	535.50	80.19	5142.65	87.66
29	19749.57	41207.33	9969.68	22407.11	55.07	554.63	80.19	5252.34	90.80
30	20142.83	42027.87	10168.20	22895.46	56.97	573.75	80.19	5356.93	93.93
31	20516.91	42808.39	10357.04	23364.86	58.87	592.88	80.19	5456.41	97.06
32	20871.81	43548.88	10536.19	23815.30	60.77	612.00	80.19	5550.79	100.19



33	21207.53	44249.35	10705.66	24246.78	62.67	631.13	80.19	5640.08	103.32
34	21524.06	44909.78	10865.45	24659.32	64.57	650.25	80.19	5724.26	106.45
35	21821.40	45530.19	11015.55	25052.90	66.47	669.38	80.19	5803.34	109.58
36	22099.56	46110.58	11155.97	25427.52	68.37	688.50	80.19	5877.31	112.71
37	22358.54	46650.94	11286.70	25783.19	70.26	707.63	80.19	5946.19	115.84
38	22598.34	47151.27	11407.75	26119.91	72.16	726.75	80.19	6009.96	118.97
39	22818.95	47611.58	11519.12	26437.67	74.06	745.88	80.19	6068.63	122.10
40	23020.38	48031.85	11620.80	26736.48	75.96	765.00	80.19	6122.20	125.24
41	23202.62	48412.11	11712.80	27016.34	77.86	784.13	80.19	6170.67	128.37
42	23365.69	48752.33	11795.11	27277.24	79.76	803.25	80.19	6214.03	131.50
43	23509.56	49052.53	11867.74	27519.18	81.66	822.38	80.19	6252.30	134.63
44	23634.26	49312.70	11930.69	27742.18	83.56	841.50	80.19	6285.46	137.76
45	23739.77	49532.85	11983.95	27946.22	85.46	860.63	80.19	6313.52	140.89
46	23826.09	49712.97	12027.53	28131.30	87.36	879.75	80.19	6336.48	144.02
47	23893.24	49853.06	12061.42	28297.43	89.25	898.88	80.19	6354.33	147.15
48	23941.20	49953.13	12085.63	28444.61	91.15	918.00	80.19	6367.09	150.28
49	23969.97	50013.17	12100.16	28572.83	93.05	937.13	80.19	6374.74	153.41
50	23979.56	50033.18	12105.00	28682.10	94.95	956.25	80.19	6377.29	156.54



Tabel 4.17. Kuat 3 momen pada balok prategang

Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban								
	Berat balok	Berat sen	Mati tamb	Lajur "D"	Rem	Beban Truk	Angin kend	Angin Stru	T
		MS	MA	TD	TB	TT	EWL	EWS	se
	G	1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	0.5
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.19	0.00	
1	949.59	1981.31	479.36	1038.02	1.90	19.13	80.19	252.54	
2	1880.00	3922.60	949.03	2057.08	3.80	38.25	80.19	499.98	
3	2791.22	5823.86	1409.02	3057.18	5.70	57.38	80.19	742.32	
4	3683.26	7685.10	1859.33	4038.34	7.60	76.50	80.19	979.55	
5	4556.12	9506.30	2299.95	5000.54	9.50	95.63	80.19	1211.69	
6	5409.79	11287.49	2730.89	5943.78	11.39	114.75	80.19	1438.72	
7	6244.28	13028.64	3152.14	6868.07	13.29	133.88	80.19	1660.65	
8	7059.58	14729.77	3563.71	7773.41	15.19	153.00	80.19	1877.47	
9	7855.70	16390.87	3965.60	8659.79	17.09	172.13	80.19	2089.20	
10	8632.64	18011.95	4357.80	9527.22	18.99	191.25	80.19	2295.83	
11	9390.40	19592.99	4740.32	10375.70	20.89	210.38	80.19	2497.35	
12	10128.97	21134.02	5113.15	11205.22	22.79	229.50	80.19	2693.77	
13	10848.35	22635.01	5476.30	12015.78	24.69	248.63	80.19	2885.09	
14	11548.56	24095.98	5829.77	12807.40	26.59	267.75	80.19	3071.30	
15	12229.58	25516.92	6173.55	13580.06	28.49	286.88	80.19	3252.42	
16	12891.41	26897.84	6507.65	14333.76	30.38	306.00	80.19	3428.43	
17	13534.07	28238.73	6832.06	15068.51	32.28	325.13	80.19	3599.34	

18	14157.53	29539.59	7146.79	15784.31	34.18	344.25	80.19	3765.15	5
19	14761.82	30800.43	7451.84	16481.15	36.08	363.38	80.19	3925.86	5
20	15346.92	32021.24	7747.20	17159.04	37.98	382.50	80.19	4081.47	6
21	15912.84	33202.02	8032.88	17817.98	39.88	401.63	80.19	4231.97	6
22	16459.57	34342.78	8308.87	18457.96	41.78	420.75	80.19	4377.37	6
23	16987.12	35443.51	8575.18	19078.98	43.68	439.88	80.19	4517.67	7
24	17495.49	36504.21	8831.81	19681.06	45.58	459.00	80.19	4652.87	7
25	17984.67	37524.89	9078.75	20264.18	47.48	478.13	80.19	4782.97	7
26	18454.67	38505.54	9316.01	20828.34	49.37	497.25	80.19	4907.96	8
27	18905.49	39446.16	9543.58	21373.55	51.27	516.38	80.19	5027.86	8
28	19337.12	40346.76	9761.47	21899.81	53.17	535.50	80.19	5142.65	8
29	19749.57	41207.33	9969.68	22407.11	55.07	554.63	80.19	5252.34	9
30	20142.83	42027.87	10168.20	22895.46	56.97	573.75	80.19	5356.93	9
31	20516.91	42808.39	10357.04	23364.86	58.87	592.88	80.19	5456.41	9
32	20871.81	43548.88	10536.19	23815.30	60.77	612.00	80.19	5550.79	1
33	21207.53	44249.35	10705.66	24246.78	62.67	631.13	80.19	5640.08	1
34	21524.06	44909.78	10865.45	24659.32	64.57	650.25	80.19	5724.26	1
35	21821.40	45530.19	11015.55	25052.90	66.47	669.38	80.19	5803.34	1
36	22099.56	46110.58	11155.97	25427.52	68.37	688.50	80.19	5877.31	1
37	22358.54	46650.94	11286.70	25783.19	70.26	707.63	80.19	5946.19	1
38	22598.34	47151.27	11407.75	26119.91	72.16	726.75	80.19	6009.96	1
39	22818.95	47611.58	11519.12	26437.67	74.06	745.88	80.19	6068.63	1
40	23020.38	48031.85	11620.80	26736.48	75.96	765.00	80.19	6122.20	1
41	23202.62	48412.11	11712.80	27016.34	77.86	784.13	80.19	6170.67	1
42	23365.69	48752.33	11795.11	27277.24	79.76	803.25	80.19	6214.03	1
43	23509.56	49052.53	11867.74	27519.18	81.66	822.38	80.19	6252.30	1
44	23634.26	49312.70	11930.69	27742.18	83.56	841.50	80.19	6285.46	1

SURABAYA

45	23739.77	49532.85	11983.95	27946.22	85.46	860.63	80.19	6313.52	1
46	23826.09	49712.97	12027.53	28131.30	87.36	879.75	80.19	6336.48	1
47	23893.24	49853.06	12061.42	28297.43	89.25	898.88	80.19	6354.33	1
48	23941.20	49953.13	12085.63	28444.61	91.15	918.00	80.19	6367.09	1
49	23969.97	50013.17	12100.16	28572.83	93.05	937.13	80.19	6374.74	1
50	23979.56	50033.18	12105.00	28682.10	94.95	956.25	80.19	6377.29	1

Tabel 4.18. Kuat momen pada balok prategang

Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban								
	Berat Balok	Berat sendiri	Mati tambahan	Lajur "D"	Rem	Beban Truk	Angin kendaraan	Angin Struktur	Ter
		MS	MA	TD	TB	TT	EWL	EWS	
	G	1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kN
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.19	0.00	
1	949.59	1981.31	479.36	1038.02	1.90	19.13	80.19	252.54	
2	1880.00	3922.60	949.03	2057.08	3.80	38.25	80.19	499.98	
3	2791.22	5823.86	1409.02	3057.18	5.70	57.38	80.19	742.32	
4	3683.26	7685.10	1859.33	4038.34	7.60	76.50	80.19	979.55	
5	4556.12	9506.30	2299.95	5000.54	9.50	95.63	80.19	1211.69	
6	5409.79	11287.49	2730.89	5943.78	11.39	114.75	80.19	1438.72	
7	6244.28	13028.64	3152.14	6868.07	13.29	133.88	80.19	1660.65	
8	7059.58	14729.77	3563.71	7773.41	15.19	153.00	80.19	1877.47	
9	7855.70	16390.87	3965.60	8659.79	17.09	172.13	80.19	2089.20	
10	8632.64	18011.95	4357.80	9527.22	18.99	191.25	80.19	2295.83	

11	9390.40	19592.99	4740.32	10375.70	20.89	210.38	80.19	2497.35	
12	10128.97	21134.02	5113.15	11205.22	22.79	229.50	80.19	2693.77	
13	10848.35	22635.01	5476.30	12015.78	24.69	248.63	80.19	2885.09	
14	11548.56	24095.98	5829.77	12807.40	26.59	267.75	80.19	3071.30	
15	12229.58	25516.92	6173.55	13580.06	28.49	286.88	80.19	3252.42	
16	12891.41	26897.84	6507.65	14333.76	30.38	306.00	80.19	3428.43	
17	13534.07	28238.73	6832.06	15068.51	32.28	325.13	80.19	3599.34	
18	14157.53	29539.59	7146.79	15784.31	34.18	344.25	80.19	3765.15	
19	14761.82	30800.43	7451.84	16481.15	36.08	363.38	80.19	3925.86	
20	15346.92	32021.24	7747.20	17159.04	37.98	382.50	80.19	4081.47	
21	15912.84	33202.02	8032.88	17817.98	39.88	401.63	80.19	4231.97	
22	16459.57	34342.78	8308.87	18457.96	41.78	420.75	80.19	4377.37	
23	16987.12	35443.51	8575.18	19078.98	43.68	439.88	80.19	4517.67	
24	17495.49	36504.21	8831.81	19681.06	45.58	459.00	80.19	4652.87	
25	17984.67	37524.89	9078.75	20264.18	47.48	478.13	80.19	4782.97	
26	18454.67	38505.54	9316.01	20828.34	49.37	497.25	80.19	4907.96	
27	18905.49	39446.16	9543.58	21373.55	51.27	516.38	80.19	5027.86	
28	19337.12	40346.76	9761.47	21899.81	53.17	535.50	80.19	5142.65	
29	19749.57	41207.33	9969.68	22407.11	55.07	554.63	80.19	5252.34	
30	20142.83	42027.87	10168.20	22895.46	56.97	573.75	80.19	5356.93	
31	20516.91	42808.39	10357.04	23364.86	58.87	592.88	80.19	5456.41	
32	20871.81	43548.88	10536.19	23815.30	60.77	612.00	80.19	5550.79	1
33	21207.53	44249.35	10705.66	24246.78	62.67	631.13	80.19	5640.08	1
34	21524.06	44909.78	10865.45	24659.32	64.57	650.25	80.19	5724.26	1
35	21821.40	45530.19	11015.55	25052.90	66.47	669.38	80.19	5803.34	1
36	22099.56	46110.58	11155.97	25427.52	68.37	688.50	80.19	5877.31	1
37	22358.54	46650.94	11286.70	25783.19	70.26	707.63	80.19	5946.19	1

SURABAYA

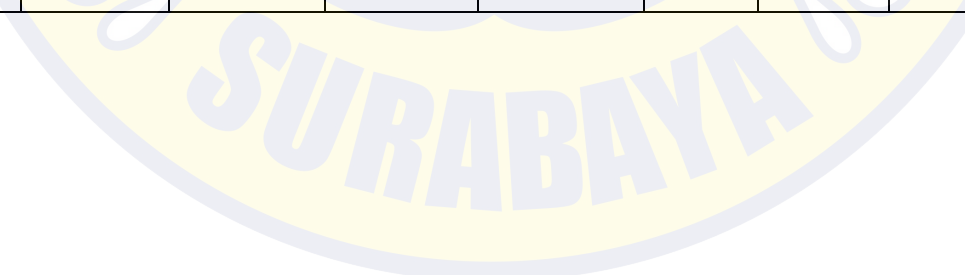
38	22598.34	47151.27	11407.75	26119.91	72.16	726.75	80.19	6009.96	1
39	22818.95	47611.58	11519.12	26437.67	74.06	745.88	80.19	6068.63	1
40	23020.38	48031.85	11620.80	26736.48	75.96	765.00	80.19	6122.20	1
41	23202.62	48412.11	11712.80	27016.34	77.86	784.13	80.19	6170.67	1
42	23365.69	48752.33	11795.11	27277.24	79.76	803.25	80.19	6214.03	1
43	23509.56	49052.53	11867.74	27519.18	81.66	822.38	80.19	6252.30	1
44	23634.26	49312.70	11930.69	27742.18	83.56	841.50	80.19	6285.46	1
45	23739.77	49532.85	11983.95	27946.22	85.46	860.63	80.19	6313.52	1
46	23826.09	49712.97	12027.53	28131.30	87.36	879.75	80.19	6336.48	1
47	23893.24	49853.06	12061.42	28297.43	89.25	898.88	80.19	6354.33	1
48	23941.20	49953.13	12085.63	28444.61	91.15	918.00	80.19	6367.09	1
49	23969.97	50013.17	12100.16	28572.83	93.05	937.13	80.19	6374.74	1
50	23979.56	50033.18	12105.00	28682.10	94.95	956.25	80.19	6377.29	1



Tabel 4.19. Kaut 5 momen pada balok prategang

Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban								
	Berat Balok	Berat sendiri MS	Mati tambahan MA	Lajur "D" TD	Rem TB	Beban Truk TT	Angin kendaraan EWL	Angin Struktur EWS	Temper seraga EUN
	g	1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	0.5
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.19	0.00	0.00
1	949.59	1981.31	479.36	1038.02	1.90	19.13	80.19	252.54	3.13
2	1880.00	3922.60	949.03	2057.08	3.80	38.25	80.19	499.98	6.26
3	2791.22	5823.86	1409.02	3057.18	5.70	57.38	80.19	742.32	9.39
4	3683.26	7685.10	1859.33	4038.34	7.60	76.50	80.19	979.55	12.5
5	4556.12	9506.30	2299.95	5000.54	9.50	95.63	80.19	1211.69	15.6
6	5409.79	11287.49	2730.89	5943.78	11.39	114.75	80.19	1438.72	18.7
7	6244.28	13028.64	3152.14	6868.07	13.29	133.88	80.19	1660.65	21.9
8	7059.58	14729.77	3563.71	7773.41	15.19	153.00	80.19	1877.47	25.0
9	7855.70	16390.87	3965.60	8659.79	17.09	172.13	80.19	2089.20	28.1
10	8632.64	18011.95	4357.80	9527.22	18.99	191.25	80.19	2295.83	31.3
11	9390.40	19592.99	4740.32	10375.70	20.89	210.38	80.19	2497.35	34.4
12	10128.97	21134.02	5113.15	11205.22	22.79	229.50	80.19	2693.77	37.5
13	10848.35	22635.01	5476.30	12015.78	24.69	248.63	80.19	2885.09	40.7
14	11548.56	24095.98	5829.77	12807.40	26.59	267.75	80.19	3071.30	43.8
15	12229.58	25516.92	6173.55	13580.06	28.49	286.88	80.19	3252.42	46.9
16	12891.41	26897.84	6507.65	14333.76	30.38	306.00	80.19	3428.43	50.0
17	13534.07	28238.73	6832.06	15068.51	32.28	325.13	80.19	3599.34	53.2

18	14157.53	29539.59	7146.79	15784.31	34.18	344.25	80.19	3765.15	56.3
19	14761.82	30800.43	7451.84	16481.15	36.08	363.38	80.19	3925.86	59.4
20	15346.92	32021.24	7747.20	17159.04	37.98	382.50	80.19	4081.47	62.6
21	15912.84	33202.02	8032.88	17817.98	39.88	401.63	80.19	4231.97	65.7
22	16459.57	34342.78	8308.87	18457.96	41.78	420.75	80.19	4377.37	68.8
23	16987.12	35443.51	8575.18	19078.98	43.68	439.88	80.19	4517.67	72.0
24	17495.49	36504.21	8831.81	19681.06	45.58	459.00	80.19	4652.87	75.1
25	17984.67	37524.89	9078.75	20264.18	47.48	478.13	80.19	4782.97	78.2
26	18454.67	38505.54	9316.01	20828.34	49.37	497.25	80.19	4907.96	81.4
27	18905.49	39446.16	9543.58	21373.55	51.27	516.38	80.19	5027.86	84.5
28	19337.12	40346.76	9761.47	21899.81	53.17	535.50	80.19	5142.65	87.6
29	19749.57	41207.33	9969.68	22407.11	55.07	554.63	80.19	5252.34	90.8
30	20142.83	42027.87	10168.20	22895.46	56.97	573.75	80.19	5356.93	93.9
31	20516.91	42808.39	10357.04	23364.86	58.87	592.88	80.19	5456.41	97.0
32	20871.81	43548.88	10536.19	23815.30	60.77	612.00	80.19	5550.79	100.1
33	21207.53	44249.35	10705.66	24246.78	62.67	631.13	80.19	5640.08	103.3
34	21524.06	44909.78	10865.45	24659.32	64.57	650.25	80.19	5724.26	106.4
35	21821.40	45530.19	11015.55	25052.90	66.47	669.38	80.19	5803.34	109.5
36	22099.56	46110.58	11155.97	25427.52	68.37	688.50	80.19	5877.31	112.7
37	22358.54	46650.94	11286.70	25783.19	70.26	707.63	80.19	5946.19	115.8
38	22598.34	47151.27	11407.75	26119.91	72.16	726.75	80.19	6009.96	118.9
39	22818.95	47611.58	11519.12	26437.67	74.06	745.88	80.19	6068.63	122.1
40	23020.38	48031.85	11620.80	26736.48	75.96	765.00	80.19	6122.20	125.2
41	23202.62	48412.11	11712.80	27016.34	77.86	784.13	80.19	6170.67	128.3
42	23365.69	48752.33	11795.11	27277.24	79.76	803.25	80.19	6214.03	131.5
43	23509.56	49052.53	11867.74	27519.18	81.66	822.38	80.19	6252.30	134.6
44	23634.26	49312.70	11930.69	27742.18	83.56	841.50	80.19	6285.46	137.7



45	23739.77	49532.85	11983.95	27946.22	85.46	860.63	80.19	6313.52	140.8
46	23826.09	49712.97	12027.53	28131.30	87.36	879.75	80.19	6336.48	144.0
47	23893.24	49853.06	12061.42	28297.43	89.25	898.88	80.19	6354.33	147.1
48	23941.20	49953.13	12085.63	28444.61	91.15	918.00	80.19	6367.09	150.2
49	23969.97	50013.17	12100.16	28572.83	93.05	937.13	80.19	6374.74	153.4
50	23979.56	50033.18	12105.00	28682.10	94.95	956.25	80.19	6377.29	156.5

Tabel 4.20. Ekstrem momen pada balok prategang

Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban								
	Berat	Berat sen	Mati	Lajur	Rem	Beban	Angin	Angin	Temperatu
	balok	MS	MA	TD	TB	TT	EWL	EWS	seragam
	G	1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	0.5
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.19	0.00	0.00
1	949.59	1981.31	479.36	1038.02	1.90	19.13	80.19	252.54	3.13
2	1880.00	3922.60	949.03	2057.08	3.80	38.25	80.19	499.98	6.26
3	2791.22	5823.86	1409.02	3057.18	5.70	57.38	80.19	742.32	9.39
4	3683.26	7685.10	1859.33	4038.34	7.60	76.50	80.19	979.55	12.52
5	4556.12	9506.30	2299.95	5000.54	9.50	95.63	80.19	1211.69	15.65
6	5409.79	11287.49	2730.89	5943.78	11.39	114.75	80.19	1438.72	18.79
7	6244.28	13028.64	3152.14	6868.07	13.29	133.88	80.19	1660.65	21.92
8	7059.58	14729.77	3563.71	7773.41	15.19	153.00	80.19	1877.47	25.05
9	7855.70	16390.87	3965.60	8659.79	17.09	172.13	80.19	2089.20	28.18
10	8632.64	18011.95	4357.80	9527.22	18.99	191.25	80.19	2295.83	31.31
11	9390.40	19592.99	4740.32	10375.70	20.89	210.38	80.19	2497.35	34.44
12	10128.97	21134.02	5113.15	11205.22	22.79	229.50	80.19	2693.77	37.57

13	10848.35	22635.01	5476.30	12015.78	24.69	248.63	80.19	2885.09	40.70
14	11548.56	24095.98	5829.77	12807.40	26.59	267.75	80.19	3071.30	43.83
15	12229.58	25516.92	6173.55	13580.06	28.49	286.88	80.19	3252.42	46.96
16	12891.41	26897.84	6507.65	14333.76	30.38	306.00	80.19	3428.43	50.09
17	13534.07	28238.73	6832.06	15068.51	32.28	325.13	80.19	3599.34	53.22
18	14157.53	29539.59	7146.79	15784.31	34.18	344.25	80.19	3765.15	56.36
19	14761.82	30800.43	7451.84	16481.15	36.08	363.38	80.19	3925.86	59.49
20	15346.92	32021.24	7747.20	17159.04	37.98	382.50	80.19	4081.47	62.62
21	15912.84	33202.02	8032.88	17817.98	39.88	401.63	80.19	4231.97	65.75
22	16459.57	34342.78	8308.87	18457.96	41.78	420.75	80.19	4377.37	68.88
23	16987.12	35443.51	8575.18	19078.98	43.68	439.88	80.19	4517.67	72.01
24	17495.49	36504.21	8831.81	19681.06	45.58	459.00	80.19	4652.87	75.14
25	17984.67	37524.89	9078.75	20264.18	47.48	478.13	80.19	4782.97	78.27
26	18454.67	38505.54	9316.01	20828.34	49.37	497.25	80.19	4907.96	81.40
27	18905.49	39446.16	9543.58	21373.55	51.27	516.38	80.19	5027.86	84.53
28	19337.12	40346.76	9761.47	21899.81	53.17	535.50	80.19	5142.65	87.66
29	19749.57	41207.33	9969.68	22407.11	55.07	554.63	80.19	5252.34	90.80
30	20142.83	42027.87	10168.20	22895.46	56.97	573.75	80.19	5356.93	93.93
31	20516.91	42808.39	10357.04	23364.86	58.87	592.88	80.19	5456.41	97.06
32	20871.81	43548.88	10536.19	23815.30	60.77	612.00	80.19	5550.79	100.19
33	21207.53	44249.35	10705.66	24246.78	62.67	631.13	80.19	5640.08	103.32
34	21524.06	44909.78	10865.45	24659.32	64.57	650.25	80.19	5724.26	106.45
35	21821.40	45530.19	11015.55	25052.90	66.47	669.38	80.19	5803.34	109.58
36	22099.56	46110.58	11155.97	25427.52	68.37	688.50	80.19	5877.31	112.71
37	22358.54	46650.94	11286.70	25783.19	70.26	707.63	80.19	5946.19	115.84
38	22598.34	47151.27	11407.75	26119.91	72.16	726.75	80.19	6009.96	118.97
39	22818.95	47611.58	11519.12	26437.67	74.06	745.88	80.19	6068.63	122.10

SURABAYA

40	23020.38	48031.85	11620.80	26736.48	75.96	765.00	80.19	6122.20	125.24
41	23202.62	48412.11	11712.80	27016.34	77.86	784.13	80.19	6170.67	128.37
42	23365.69	48752.33	11795.11	27277.24	79.76	803.25	80.19	6214.03	131.50
43	23509.56	49052.53	11867.74	27519.18	81.66	822.38	80.19	6252.30	134.63
44	23634.26	49312.70	11930.69	27742.18	83.56	841.50	80.19	6285.46	137.76
45	23739.77	49532.85	11983.95	27946.22	85.46	860.63	80.19	6313.52	140.89
46	23826.09	49712.97	12027.53	28131.30	87.36	879.75	80.19	6336.48	144.02
47	23893.24	49853.06	12061.42	28297.43	89.25	898.88	80.19	6354.33	147.15
48	23941.20	49953.13	12085.63	28444.61	91.15	918.00	80.19	6367.09	150.28
49	23969.97	50013.17	12100.16	28572.83	93.05	937.13	80.19	6374.74	153.41
50	23979.56	50033.18	12105.00	28682.10	94.95	956.25	80.19	6377.29	156.54



Tabel 4.21. Daya Layan Momen pada balok prategang

Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban									
	Berat	Berat sen	Mati tamb	Lajur "D"	Rem	Beban Truk	Angin kend	Angin Struk.	Temp. seragam	Gempa
	Balok	MS	MA	TD	TB	TT	EWL	EWS	EUN	EQ
	G	1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	0.5	0.5
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.19	0.00	0.00	0.00
1	949.59	1981.31	479.36	1038.02	1.90	19.13	80.19	252.54	3.13	96.35
2	1880.00	3922.60	949.03	2057.08	3.80	38.25	80.19	499.98	6.26	190.76
3	2791.22	5823.86	1409.02	3057.18	5.70	57.38	80.19	742.32	9.39	283.22
4	3683.26	7685.10	1859.33	4038.34	7.60	76.50	80.19	979.55	12.52	373.73
5	4556.12	9506.30	2299.95	5000.54	9.50	95.63	80.19	1211.69	15.65	462.29
6	5409.79	11287.49	2730.89	5943.78	11.39	114.75	80.19	1438.72	18.79	548.91
7	6244.28	13028.64	3152.14	6868.07	13.29	133.88	80.19	1660.65	21.92	633.59
8	7059.58	14729.77	3563.71	7773.41	15.19	153.00	80.19	1877.47	25.05	716.31
9	7855.70	16390.87	3965.60	8659.79	17.09	172.13	80.19	2089.20	28.18	797.09

10	8632.64	18011.95	4357.80	9527.22	18.99	191.25	80.19	2295.83	31.31	875.93
11	9390.40	19592.99	4740.32	10375.70	20.89	210.38	80.19	2497.35	34.44	952.81
12	10128.97	21134.02	5113.15	11205.22	22.79	229.50	80.19	2693.77	37.57	1027.75
13	10848.35	22635.01	5476.30	12015.78	24.69	248.63	80.19	2885.09	40.70	1100.75
14	11548.56	24095.98	5829.77	12807.40	26.59	267.75	80.19	3071.30	43.83	1171.79
15	12229.58	25516.92	6173.55	13580.06	28.49	286.88	80.19	3252.42	46.96	1240.89
16	12891.41	26897.84	6507.65	14333.76	30.38	306.00	80.19	3428.43	50.09	1308.05
17	13534.07	28238.73	6832.06	15068.51	32.28	325.13	80.19	3599.34	53.22	1373.26
18	14157.53	29539.59	7146.79	15784.31	34.18	344.25	80.19	3765.15	56.36	1436.52
19	14761.82	30800.43	7451.84	16481.15	36.08	363.38	80.19	3925.86	59.49	1497.83
20	15346.92	32021.24	7747.20	17159.04	37.98	382.50	80.19	4081.47	62.62	1557.20
21	15912.84	33202.02	8032.88	17817.98	39.88	401.63	80.19	4231.97	65.75	1614.62
22	16459.57	34342.78	8308.87	18457.96	41.78	420.75	80.19	4377.37	68.88	1670.10
23	16987.12	35443.51	8575.18	19078.98	43.68	439.88	80.19	4517.67	72.01	1723.63
24	17495.49	36504.21	8831.81	19681.06	45.58	459.00	80.19	4652.87	75.14	1775.21
25	17984.67	37524.89	9078.75	20264.18	47.48	478.13	80.19	4782.97	78.27	1824.84

26	18454.67	38505.54	9316.01	20828.34	49.37	497.25	80.19	4907.96	81.40	1872.53
27	18905.49	39446.16	9543.58	21373.55	51.27	516.38	80.19	5027.86	84.53	1918.28
28	19337.12	40346.76	9761.47	21899.81	53.17	535.50	80.19	5142.65	87.66	1962.07
29	19749.57	41207.33	9969.68	22407.11	55.07	554.63	80.19	5252.34	90.80	2003.92
30	20142.83	42027.87	10168.20	22895.46	56.97	573.75	80.19	5356.93	93.93	2043.83
31	20516.91	42808.39	10357.04	23364.86	58.87	592.88	80.19	5456.41	97.06	2081.78
32	20871.81	43548.88	10536.19	23815.30	60.77	612.00	80.19	5550.79	100.19	2117.79
33	21207.53	44249.35	10705.66	24246.78	62.67	631.13	80.19	5640.08	103.32	2151.86
34	21524.06	44909.78	10865.45	24659.32	64.57	650.25	80.19	5724.26	106.45	2183.97
35	21821.40	45530.19	11015.55	25052.90	66.47	669.38	80.19	5803.34	109.58	2214.14
36	22099.56	46110.58	11155.97	25427.52	68.37	688.50	80.19	5877.31	112.71	2242.37
37	22358.54	46650.94	11286.70	25783.19	70.26	707.63	80.19	5946.19	115.84	2268.65
38	22598.34	47151.27	11407.75	26119.91	72.16	726.75	80.19	6009.96	118.97	2292.98
39	22818.95	47611.58	11519.12	26437.67	74.06	745.88	80.19	6068.63	122.10	2315.36
40	23020.38	48031.85	11620.80	26736.48	75.96	765.00	80.19	6122.20	125.24	2335.80
41	23202.62	48412.11	11712.80	27016.34	77.86	784.13	80.19	6170.67	128.37	2354.29

42	23365.69	48752.33	11795.11	27277.24	79.76	803.25	80.19	6214.03	131.50	2370.84
43	23509.56	49052.53	11867.74	27519.18	81.66	822.38	80.19	6252.30	134.63	2385.44
44	23634.26	49312.70	11930.69	27742.18	83.56	841.50	80.19	6285.46	137.76	2398.09
45	23739.77	49532.85	11983.95	27946.22	85.46	860.63	80.19	6313.52	140.89	2408.79
46	23826.09	49712.97	12027.53	28131.30	87.36	879.75	80.19	6336.48	144.02	2417.55
47	23893.24	49853.06	12061.42	28297.43	89.25	898.88	80.19	6354.33	147.15	2424.37
48	23941.20	49953.13	12085.63	28444.61	91.15	918.00	80.19	6367.09	150.28	2429.23
49	23969.97	50013.17	12100.16	28572.83	93.05	937.13	80.19	6374.74	153.41	2432.15
50	23979.56	50033.18	12105.00	28682.10	94.95	956.25	80.19	6377.29	156.54	2433.13

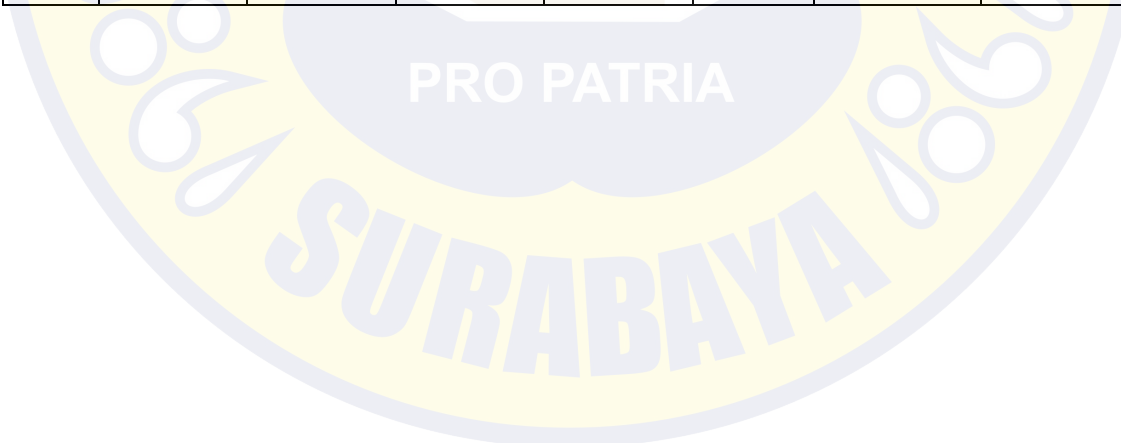
Tabel 4.22. Fatik TD dan TR Momen pada balok prategang

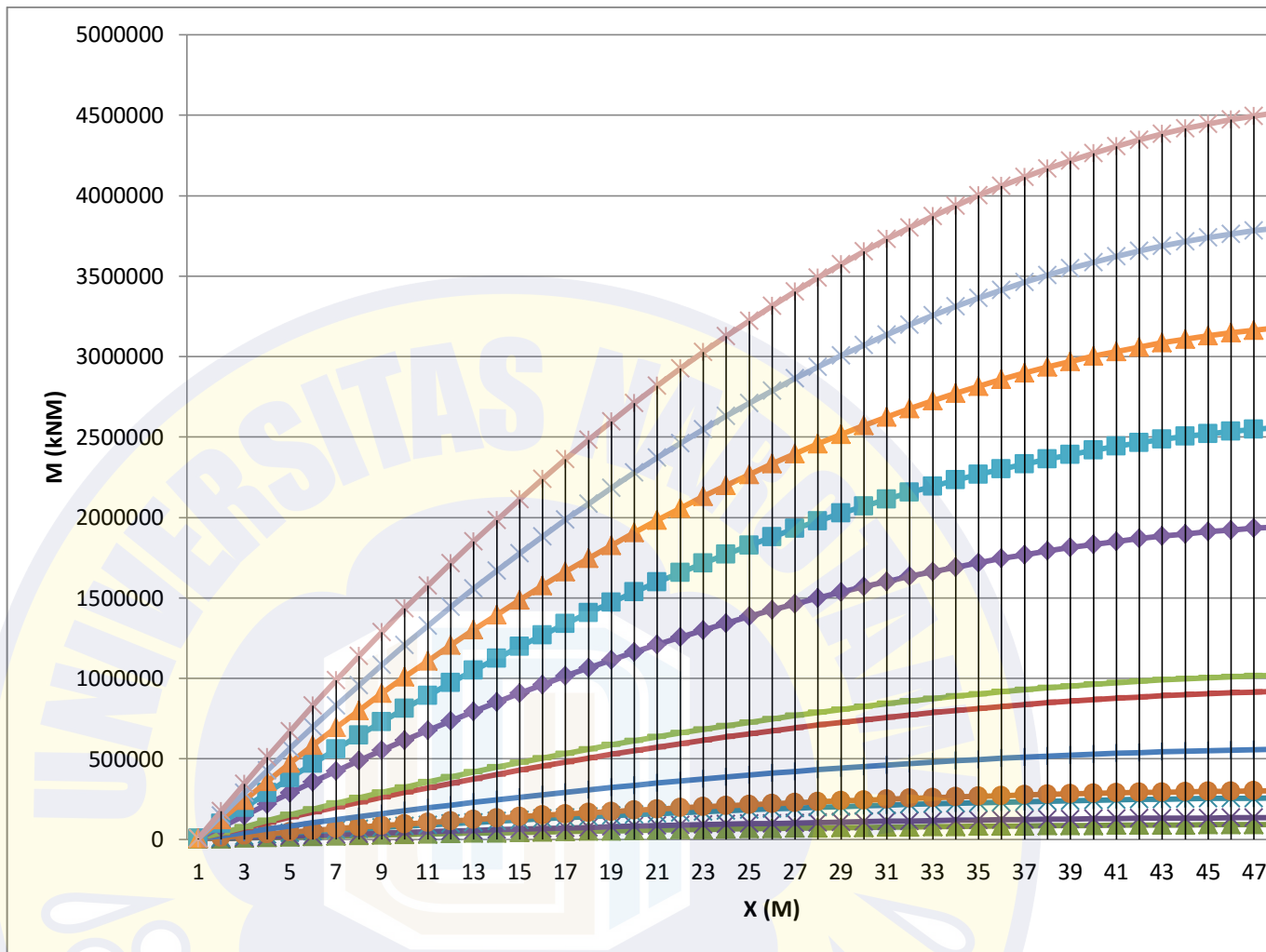
Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban								
	Berat balok	Berat sen MS	Mati tamb MA	Lajur "D" TD	Rem TB	Beban Truk TT	Angin kend EWL	Angin Struk EWS	Te sera EUN
G		1.3	2	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	0.5
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kN
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.19	0.00	0

1	949.59	1981.31	479.36	1038.02	1.90	19.13	80.19	252.54	3
2	1880.00	3922.60	949.03	2057.08	3.80	38.25	80.19	499.98	6
3	2791.22	5823.86	1409.02	3057.18	5.70	57.38	80.19	742.32	9
4	3683.26	7685.10	1859.33	4038.34	7.60	76.50	80.19	979.55	12
5	4556.12	9506.30	2299.95	5000.54	9.50	95.63	80.19	1211.69	15
6	5409.79	11287.49	2730.89	5943.78	11.39	114.75	80.19	1438.72	18
7	6244.28	13028.64	3152.14	6868.07	13.29	133.88	80.19	1660.65	21
8	7059.58	14729.77	3563.71	7773.41	15.19	153.00	80.19	1877.47	25
9	7855.70	16390.87	3965.60	8659.79	17.09	172.13	80.19	2089.20	28
10	8632.64	18011.95	4357.80	9527.22	18.99	191.25	80.19	2295.83	31
11	9390.40	19592.99	4740.32	10375.70	20.89	210.38	80.19	2497.35	34
12	10128.97	21134.02	5113.15	11205.22	22.79	229.50	80.19	2693.77	37
13	10848.35	22635.01	5476.30	12015.78	24.69	248.63	80.19	2885.09	40
14	11548.56	24095.98	5829.77	12807.40	26.59	267.75	80.19	3071.30	43
15	12229.58	25516.92	6173.55	13580.06	28.49	286.88	80.19	3252.42	46
16	12891.41	26897.84	6507.65	14333.76	30.38	306.00	80.19	3428.43	50
17	13534.07	28238.73	6832.06	15068.51	32.28	325.13	80.19	3599.34	53
18	14157.53	29539.59	7146.79	15784.31	34.18	344.25	80.19	3765.15	56
19	14761.82	30800.43	7451.84	16481.15	36.08	363.38	80.19	3925.86	59
20	15346.92	32021.24	7747.20	17159.04	37.98	382.50	80.19	4081.47	62
21	15912.84	33202.02	8032.88	17817.98	39.88	401.63	80.19	4231.97	65
22	16459.57	34342.78	8308.87	18457.96	41.78	420.75	80.19	4377.37	68
23	16987.12	35443.51	8575.18	19078.98	43.68	439.88	80.19	4517.67	72
24	17495.49	36504.21	8831.81	19681.06	45.58	459.00	80.19	4652.87	75
25	17984.67	37524.89	9078.75	20264.18	47.48	478.13	80.19	4782.97	78
26	18454.67	38505.54	9316.01	20828.34	49.37	497.25	80.19	4907.96	81
27	18905.49	39446.16	9543.58	21373.55	51.27	516.38	80.19	5027.86	84

SURABAYA

28	19337.12	40346.76	9761.47	21899.81	53.17	535.50	80.19	5142.65	87
29	19749.57	41207.33	9969.68	22407.11	55.07	554.63	80.19	5252.34	90
30	20142.83	42027.87	10168.20	22895.46	56.97	573.75	80.19	5356.93	93
31	20516.91	42808.39	10357.04	23364.86	58.87	592.88	80.19	5456.41	97
32	20871.81	43548.88	10536.19	23815.30	60.77	612.00	80.19	5550.79	100
33	21207.53	44249.35	10705.66	24246.78	62.67	631.13	80.19	5640.08	103
34	21524.06	44909.78	10865.45	24659.32	64.57	650.25	80.19	5724.26	106
35	21821.40	45530.19	11015.55	25052.90	66.47	669.38	80.19	5803.34	109
36	22099.56	46110.58	11155.97	25427.52	68.37	688.50	80.19	5877.31	112
37	22358.54	46650.94	11286.70	25783.19	70.26	707.63	80.19	5946.19	115
38	22598.34	47151.27	11407.75	26119.91	72.16	726.75	80.19	6009.96	118
39	22818.95	47611.58	11519.12	26437.67	74.06	745.88	80.19	6068.63	121
40	23020.38	48031.85	11620.80	26736.48	75.96	765.00	80.19	6122.20	124
41	23202.62	48412.11	11712.80	27016.34	77.86	784.13	80.19	6170.67	127
42	23365.69	48752.33	11795.11	27277.24	79.76	803.25	80.19	6214.03	130
43	23509.56	49052.53	11867.74	27519.18	81.66	822.38	80.19	6252.30	133
44	23634.26	49312.70	11930.69	27742.18	83.56	841.50	80.19	6285.46	136
45	23739.77	49532.85	11983.95	27946.22	85.46	860.63	80.19	6313.52	139
46	23826.09	49712.97	12027.53	28131.30	87.36	879.75	80.19	6336.48	142
47	23893.24	49853.06	12061.42	28297.43	89.25	898.88	80.19	6354.33	145
48	23941.20	49953.13	12085.63	28444.61	91.15	918.00	80.19	6367.09	148
49	23969.97	50013.17	12100.16	28572.83	93.05	937.13	80.19	6374.74	151
50	23979.56	50033.18	12105.00	28682.10	94.95	956.25	80.19	6377.29	154





PRO PAKSI
 Gambar 4.7 Grafik momen pada balok
 Sumber: hasil perhitungan momen balok

SURABAYA

4.7 Gaya Geser Pada Balok Prategang

Tabel 4.23. Gaya geser pada balok prategang

Jarak X (m)	Momen pada balok prategang akibat beban								
	Berat balok	Berat sen MS	Mati tamb MA	Lajur "D" TD	Rem TB	TRUK TT	Beban angin struk EWS	Beban angin Kend EWL	Te sera EU
	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	959.18	1539.48	242.10	581.94	1.06	121.00	212.58	5.35	6.
1	940.00	1508.69	237.26	571.41	1.06	121.00	208.32	5.35	6.
2	920.82	1477.90	232.42	560.88	1.06	121.00	204.07	5.35	6.
3	901.63	1447.11	227.57	550.35	1.06	121.00	199.82	5.35	6.
4	882.45	1416.32	222.73	539.82	1.06	121.00	195.57	5.35	6.
5	863.26	1385.53	217.89	529.29	1.06	121.00	191.32	5.35	6.
6	844.08	1354.74	213.05	518.76	1.06	121.00	187.07	5.35	6.
7	824.90	1323.95	208.21	508.23	1.06	121.00	182.82	5.35	6.
8	805.71	1293.17	203.36	497.70	1.06	121.00	178.56	5.35	6.
9	786.53	1262.38	198.52	487.17	1.06	121.00	174.31	5.35	6.
10	767.35	1231.59	193.68	476.64	1.06	121.00	170.06	5.35	6.
11	748.16	1200.80	188.84	466.11	1.06	121.00	165.81	5.35	6.
12	728.98	1170.01	184.00	455.58	1.06	121.00	161.56	5.35	6.
13	709.80	1139.22	179.15	445.05	1.06	121.00	157.31	5.35	6.

14	690.61	1108.43	174.31	434.52	1.06	121.00	153.06	5.35	6.
15	671.43	1077.64	169.47	423.99	1.06	121.00	148.80	5.35	6.
16	652.24	1046.85	164.63	413.46	1.06	121.00	144.55	5.35	6.
17	633.06	1016.06	159.79	402.93	1.06	121.00	140.30	5.35	6.
18	613.88	985.27	154.94	392.40	1.06	121.00	136.05	5.35	6.
19	594.69	954.48	150.10	381.87	1.06	121.00	131.80	5.35	6.
20	575.51	923.69	145.26	371.34	1.06	121.00	127.55	5.35	6.
21	556.33	892.90	140.42	360.81	1.06	121.00	123.29	5.35	6.
22	537.14	862.11	135.58	350.28	1.06	121.00	119.04	5.35	6.
23	517.96	831.32	130.73	339.75	1.06	121.00	114.79	5.35	6.
24	498.77	800.53	125.89	329.22	1.06	121.00	110.54	5.35	6.
25	479.59	769.74	121.05	318.69	1.06	121.00	106.29	5.35	6.
26	460.41	738.95	116.21	308.16	1.06	121.00	102.04	5.35	6.
27	441.22	708.16	111.37	297.63	1.06	121.00	97.79	5.35	6.
28	422.04	677.37	106.52	287.10	1.06	121.00	93.53	5.35	6.
29	402.86	646.58	101.68	276.57	1.06	121.00	89.28	5.35	6.
30	383.67	615.79	96.84	266.04	1.06	121.00	85.03	5.35	6.
31	364.49	585.00	92.00	255.51	1.06	121.00	80.78	5.35	6.
32	345.31	554.21	87.16	244.98	1.06	121.00	76.53	5.35	6.
33	326.12	523.42	82.31	234.45	1.06	121.00	72.28	5.35	6.
34	306.94	492.63	77.47	223.92	1.06	121.00	68.02	5.35	6.
35	287.75	461.84	72.63	213.39	1.06	121.00	63.77	5.35	6.
36	268.57	431.06	67.79	202.86	1.06	121.00	59.52	5.35	6.
37	249.39	400.27	62.95	192.33	1.06	121.00	55.27	5.35	6.
38	230.20	369.48	58.10	181.80	1.06	121.00	51.02	5.35	6.
39	211.02	338.69	53.26	171.27	1.06	121.00	46.77	5.35	6.
40	191.84	307.90	48.42	160.74	1.06	121.00	42.52	5.35	6.

SURABAYA

41	172.65	277.11	43.58	150.21	1.06	121.00	38.26	5.35	6.
42	153.47	246.32	38.74	139.68	1.06	121.00	34.01	5.35	6.
43	134.29	215.53	33.89	129.15	1.06	121.00	29.76	5.35	6.
44	115.10	184.74	29.05	118.62	1.06	121.00	25.51	5.35	6.
45	95.92	153.95	24.21	108.09	1.06	121.00	21.26	5.35	6.
46	76.73	123.16	19.37	97.56	1.06	121.00	17.01	5.35	6.
47	57.55	92.37	14.53	87.03	1.06	121.00	12.75	5.35	6.
48	38.37	61.58	9.68	76.50	1.06	121.00	8.50	5.35	6.
49	19.18	30.79	4.84	65.97	1.06	121.00	4.25	5.35	6.
50	0.00	0.00	0.00	55.44	1.06	121.00	0.00	5.35	6.

Tabel 4.24. Kuat gaya geser pada balok prategang

Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban										KUAT 1	KUAT 2
	Berat balok	Berat sen	Mati tamb	Lajur "D"	Rem	Truk	angin struk	angin Kend	Temp. seragam	Gempa		
	MS	MA	TD	TB	TT	EWS	EWL	EUN	EQ			
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	959.18	1539.48	242.10	581.94	1.06	121.00	212.58	5.35	6.26	194.65	2491.84	2491.84
1	940.00	1508.69	237.26	571.41	1.06	121.00	208.32	5.35	6.26	190.76	2445.68	2445.68
2	920.82	1477.90	232.42	560.88	1.06	121.00	204.07	5.35	6.26	186.86	2399.52	2399.52
3	901.63	1447.11	227.57	550.35	1.06	121.00	199.82	5.35	6.26	182.97	2353.35	2353.35
4	882.45	1416.32	222.73	539.82	1.06	121.00	195.57	5.35	6.26	179.08	2307.19	2307.19
5	863.26	1385.53	217.89	529.29	1.06	121.00	191.32	5.35	6.26	175.19	2261.03	2261.03
6	844.08	1354.74	213.05	518.76	1.06	121.00	187.07	5.35	6.26	171.29	2214.87	2214.87

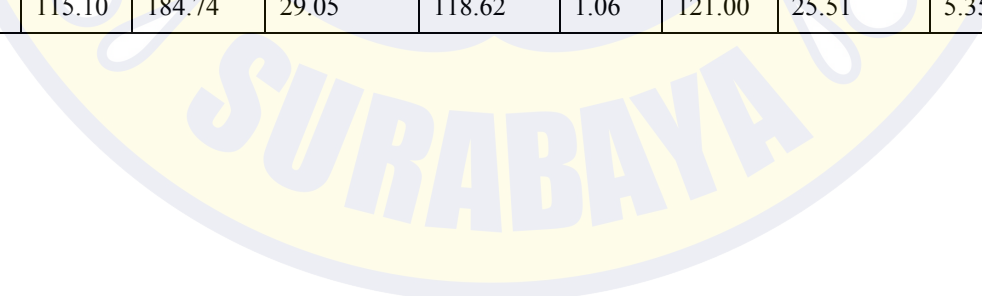
7	824.90	1323.95	208.21	508.23	1.06	121.00	182.82	5.35	6.26	167.40	2168.71	216
8	805.71	1293.17	203.36	497.70	1.06	121.00	178.56	5.35	6.26	163.51	2122.55	212
9	786.53	1262.38	198.52	487.17	1.06	121.00	174.31	5.35	6.26	159.61	2076.38	207
10	767.35	1231.59	193.68	476.64	1.06	121.00	170.06	5.35	6.26	155.72	2030.22	203
11	748.16	1200.80	188.84	466.11	1.06	121.00	165.81	5.35	6.26	151.83	1984.06	198
12	728.98	1170.01	184.00	455.58	1.06	121.00	161.56	5.35	6.26	147.93	1937.90	193
13	709.80	1139.22	179.15	445.05	1.06	121.00	157.31	5.35	6.26	144.04	1891.74	189
14	690.61	1108.43	174.31	434.52	1.06	121.00	153.06	5.35	6.26	140.15	1845.58	184
15	671.43	1077.64	169.47	423.99	1.06	121.00	148.80	5.35	6.26	136.26	1799.41	179
16	652.24	1046.85	164.63	413.46	1.06	121.00	144.55	5.35	6.26	132.36	1753.25	175
17	633.06	1016.06	159.79	402.93	1.06	121.00	140.30	5.35	6.26	128.47	1707.09	170
18	613.88	985.27	154.94	392.40	1.06	121.00	136.05	5.35	6.26	124.58	1660.93	166
19	594.69	954.48	150.10	381.87	1.06	121.00	131.80	5.35	6.26	120.68	1614.77	161
20	575.51	923.69	145.26	371.34	1.06	121.00	127.55	5.35	6.26	116.79	1568.61	156
21	556.33	892.90	140.42	360.81	1.06	121.00	123.29	5.35	6.26	112.90	1522.44	152
22	537.14	862.11	135.58	350.28	1.06	121.00	119.04	5.35	6.26	109.00	1476.28	147
23	517.96	831.32	130.73	339.75	1.06	121.00	114.79	5.35	6.26	105.11	1430.12	143
24	498.77	800.53	125.89	329.22	1.06	121.00	110.54	5.35	6.26	101.22	1383.96	138
25	479.59	769.74	121.05	318.69	1.06	121.00	106.29	5.35	6.26	97.33	1337.80	133
26	460.41	738.95	116.21	308.16	1.06	121.00	102.04	5.35	6.26	93.43	1291.64	129
27	441.22	708.16	111.37	297.63	1.06	121.00	97.79	5.35	6.26	89.54	1245.47	124

28	422.04	677.37	106.52	287.10	1.06	121.00	93.53	5.35	6.26	85.65	1199.31	1199.31
29	402.86	646.58	101.68	276.57	1.06	121.00	89.28	5.35	6.26	81.75	1153.15	1153.15
30	383.67	615.79	96.84	266.04	1.06	121.00	85.03	5.35	6.26	77.86	1106.99	1106.99
31	364.49	585.00	92.00	255.51	1.06	121.00	80.78	5.35	6.26	73.97	1060.83	1060.83
32	345.31	554.21	87.16	244.98	1.06	121.00	76.53	5.35	6.26	70.07	1014.67	1014.67
33	326.12	523.42	82.31	234.45	1.06	121.00	72.28	5.35	6.26	66.18	968.50	968.50
34	306.94	492.63	77.47	223.92	1.06	121.00	68.02	5.35	6.26	62.29	922.34	922.34
35	287.75	461.84	72.63	213.39	1.06	121.00	63.77	5.35	6.26	58.40	876.18	876.18
36	268.57	431.06	67.79	202.86	1.06	121.00	59.52	5.35	6.26	54.50	830.02	830.02
37	249.39	400.27	62.95	192.33	1.06	121.00	55.27	5.35	6.26	50.61	783.86	783.86
38	230.20	369.48	58.10	181.80	1.06	121.00	51.02	5.35	6.26	46.72	737.70	737.70
39	211.02	338.69	53.26	171.27	1.06	121.00	46.77	5.35	6.26	42.82	691.53	691.53
40	191.84	307.90	48.42	160.74	1.06	121.00	42.52	5.35	6.26	38.93	645.37	645.37
41	172.65	277.11	43.58	150.21	1.06	121.00	38.26	5.35	6.26	35.04	599.21	599.21
42	153.47	246.32	38.74	139.68	1.06	121.00	34.01	5.35	6.26	31.14	553.05	553.05
43	134.3	215.53	33.89	129.15	1.06	121.00	29.76	5.35	6.26	27.25	506.89	506.89
44	115.1	184.74	29.05	118.62	1.06	121.00	25.51	5.35	6.26	23.36	460.73	460.73
45	95.92	153.95	24.21	108.09	1.06	121.00	21.26	5.35	6.26	19.47	414.57	414.57
46	76.73	123.16	19.37	97.56	1.06	121.00	17.01	5.35	6.26	15.57	368.40	368.40
47	57.55	92.37	14.53	87.03	1.06	121.00	12.75	5.35	6.26	11.68	322.24	322.24
48	38.37	61.58	9.68	76.50	1.06	121.00	8.50	5.35	6.26	7.79	276.08	276.08
49	19.18	30.79	4.84	65.97	1.06	121.00	4.25	5.35	6.26	3.89	229.92	229.92
50	0.00	0.00	0.00	55.44	1.06	121.00	0.00	5.35	6.26	0.00	183.76	183.76

Tabel 4.25. Ekstrem gaya geser pada balok prategang

Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban									
	Berat balok	Berat sendiri	Mati tambahan	Lajur "D"	Rem	TRUK	Beban angin struk	Beban angin pd Kend	Temp. seragam	Gempa
	MS	MA	TD	TB	TT	EWS	EWL	EUN	EQ	
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0.00	959.18	1539.48	242.10	581.94	1.06	121.00	212.58	5.35	6.26	194.65
1.00	940.00	1508.69	237.26	571.41	1.06	121.00	208.32	5.35	6.26	190.76
2.00	920.82	1477.90	232.42	560.88	1.06	121.00	204.07	5.35	6.26	186.86
3.00	901.63	1447.11	227.57	550.35	1.06	121.00	199.82	5.35	6.26	182.97
4.00	882.45	1416.32	222.73	539.82	1.06	121.00	195.57	5.35	6.26	179.08
5.00	863.26	1385.53	217.89	529.29	1.06	121.00	191.32	5.35	6.26	175.19
6.00	844.08	1354.74	213.05	518.76	1.06	121.00	187.07	5.35	6.26	171.29
7.00	824.90	1323.95	208.21	508.23	1.06	121.00	182.82	5.35	6.26	167.40
8.00	805.71	1293.17	203.36	497.70	1.06	121.00	178.56	5.35	6.26	163.51
9.00	786.53	1262.38	198.52	487.17	1.06	121.00	174.31	5.35	6.26	159.61
10.00	767.35	1231.59	193.68	476.64	1.06	121.00	170.06	5.35	6.26	155.72
11.00	748.16	1200.80	188.84	466.11	1.06	121.00	165.81	5.35	6.26	151.83
12.00	728.98	1170.01	184.00	455.58	1.06	121.00	161.56	5.35	6.26	147.93
13.00	709.80	1139.22	179.15	445.05	1.06	121.00	157.31	5.35	6.26	144.04
14.00	690.61	1108.43	174.31	434.52	1.06	121.00	153.06	5.35	6.26	140.15
15.00	671.43	1077.64	169.47	423.99	1.06	121.00	148.80	5.35	6.26	136.26
16.00	652.24	1046.85	164.63	413.46	1.06	121.00	144.55	5.35	6.26	132.36
17.00	633.06	1016.06	159.79	402.93	1.06	121.00	140.30	5.35	6.26	128.47

18.00	613.88	985.27	154.94	392.40	1.06	121.00	136.05	5.35	6.26	124.58
19.00	594.69	954.48	150.10	381.87	1.06	121.00	131.80	5.35	6.26	120.68
20.00	575.51	923.69	145.26	371.34	1.06	121.00	127.55	5.35	6.26	116.79
21.00	556.33	892.90	140.42	360.81	1.06	121.00	123.29	5.35	6.26	112.90
22.00	537.14	862.11	135.58	350.28	1.06	121.00	119.04	5.35	6.26	109.00
23.00	517.96	831.32	130.73	339.75	1.06	121.00	114.79	5.35	6.26	105.11
24.00	498.77	800.53	125.89	329.22	1.06	121.00	110.54	5.35	6.26	101.22
25.00	479.59	769.74	121.05	318.69	1.06	121.00	106.29	5.35	6.26	97.33
26.00	460.41	738.95	116.21	308.16	1.06	121.00	102.04	5.35	6.26	93.43
27.00	441.22	708.16	111.37	297.63	1.06	121.00	97.79	5.35	6.26	89.54
28.00	422.04	677.37	106.52	287.10	1.06	121.00	93.53	5.35	6.26	85.65
29.00	402.86	646.58	101.68	276.57	1.06	121.00	89.28	5.35	6.26	81.75
30.00	383.67	615.79	96.84	266.04	1.06	121.00	85.03	5.35	6.26	77.86
31.00	364.49	585.00	92.00	255.51	1.06	121.00	80.78	5.35	6.26	73.97
32.00	345.31	554.21	87.16	244.98	1.06	121.00	76.53	5.35	6.26	70.07
33.00	326.12	523.42	82.31	234.45	1.06	121.00	72.28	5.35	6.26	66.18
34.00	306.94	492.63	77.47	223.92	1.06	121.00	68.02	5.35	6.26	62.29
35.00	287.75	461.84	72.63	213.39	1.06	121.00	63.77	5.35	6.26	58.40
36.00	268.57	431.06	67.79	202.86	1.06	121.00	59.52	5.35	6.26	54.50
37.00	249.39	400.27	62.95	192.33	1.06	121.00	55.27	5.35	6.26	50.61
38.00	230.20	369.48	58.10	181.80	1.06	121.00	51.02	5.35	6.26	46.72
39.00	211.02	338.69	53.26	171.27	1.06	121.00	46.77	5.35	6.26	42.82
40.00	191.84	307.90	48.42	160.74	1.06	121.00	42.52	5.35	6.26	38.93
41.00	172.65	277.11	43.58	150.21	1.06	121.00	38.26	5.35	6.26	35.04
42.00	153.47	246.32	38.74	139.68	1.06	121.00	34.01	5.35	6.26	31.14
43.00	134.29	215.53	33.89	129.15	1.06	121.00	29.76	5.35	6.26	27.25
44.00	115.10	184.74	29.05	118.62	1.06	121.00	25.51	5.35	6.26	23.36



45.00	95.92	153.95	24.21	108.09	1.06	121.00	21.26	5.35	6.26	19.47
46.00	76.73	123.16	19.37	97.56	1.06	121.00	17.01	5.35	6.26	15.57
47.00	57.55	92.37	14.53	87.03	1.06	121.00	12.75	5.35	6.26	11.68
48.00	38.37	61.58	9.68	76.50	1.06	121.00	8.50	5.35	6.26	7.79
49.00	19.18	30.79	4.84	65.97	1.06	121.00	4.25	5.35	6.26	3.89
50.00	0.00	0.00	0.00	55.44	1.06	121.00	0.00	5.35	6.26	0.00

Tabel 4.26.

Daya layan gaya geser pada balok prategang

Jarak X (m)	Momen pada balok prategang akibat beban										DAYA LAYAN I (kNm)
	Berat balok	Berat sendiri MS	Mati tambaha MA	Lajur "D" TD	Rem TB	Truk TT	Beban angin struk EWS	Beban angin Kend EWL	Temp. seragam EUN	Gempa EQ	
	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	
0	959.18	1539.48	242.10	581.94	1.06	121.00	212.58	5.35	6.26	194.65	2709.76
1	940.00	1508.69	237.26	571.41	1.06	121.00	208.32	5.35	6.26	190.76	2659.35
2	920.82	1477.90	232.42	560.88	1.06	121.00	204.07	5.35	6.26	186.86	2608.94
3	901.63	1447.11	227.57	550.35	1.06	121.00	199.82	5.35	6.26	182.97	2558.52
4	882.45	1416.32	222.73	539.82	1.06	121.00	195.57	5.35	6.26	179.08	2508.11
5	863.26	1385.53	217.89	529.29	1.06	121.00	191.32	5.35	6.26	175.19	2457.70
6	844.08	1354.74	213.05	518.76	1.06	121.00	187.07	5.35	6.26	171.29	2407.28
7	824.90	1323.95	208.21	508.23	1.06	121.00	182.82	5.35	6.26	167.40	2356.87
8	805.71	1293.17	203.36	497.70	1.06	121.00	178.56	5.35	6.26	163.51	2306.46
9	786.53	1262.38	198.52	487.17	1.06	121.00	174.31	5.35	6.26	159.61	2256.04
10	767.35	1231.59	193.68	476.64	1.06	121.00	170.06	5.35	6.26	155.72	2205.63
11	748.16	1200.80	188.84	466.11	1.06	121.00	165.81	5.35	6.26	151.83	2155.22

12	728.98	1170.01	184.00	455.58	1.06	121.00	161.56	5.35	6.26	147.93	2104.80
13.	709.80	1139.22	179.15	445.05	1.06	121.00	157.31	5.35	6.26	144.04	2054.39
14	690.61	1108.43	174.31	434.52	1.06	121.00	153.06	5.35	6.26	140.15	2003.98
15	671.43	1077.64	169.47	423.99	1.06	121.00	148.80	5.35	6.26	136.26	1953.56
16	652.24	1046.85	164.63	413.46	1.06	121.00	144.55	5.35	6.26	132.36	1903.15
17	633.06	1016.06	159.79	402.93	1.06	121.00	140.30	5.35	6.26	128.47	1852.74
18	613.88	985.27	154.94	392.40	1.06	121.00	136.05	5.35	6.26	124.58	1802.32
19	594.69	954.48	150.10	381.87	1.06	121.00	131.80	5.35	6.26	120.68	1751.91
20	575.51	923.69	145.26	371.34	1.06	121.00	127.55	5.35	6.26	116.79	1701.50
21	556.33	892.90	140.42	360.81	1.06	121.00	123.29	5.35	6.26	112.90	1651.08
22	537.14	862.11	135.58	350.28	1.06	121.00	119.04	5.35	6.26	109.00	1600.67
23	517.96	831.32	130.73	339.75	1.06	121.00	114.79	5.35	6.26	105.11	1550.26
24	498.77	800.53	125.89	329.22	1.06	121.00	110.54	5.35	6.26	101.22	1499.85
25	479.59	769.74	121.05	318.69	1.06	121.00	106.29	5.35	6.26	97.33	1449.43
26	460.41	738.95	116.21	308.16	1.06	121.00	102.04	5.35	6.26	93.43	1399.02
27	441.22	708.16	111.37	297.63	1.06	121.00	97.79	5.35	6.26	89.54	1348.61
28	422.04	677.37	106.52	287.10	1.06	121.00	93.53	5.35	6.26	85.65	1298.19
29	402.86	646.58	101.68	276.57	1.06	121.00	89.28	5.35	6.26	81.75	1247.78
30	383.67	615.79	96.84	266.04	1.06	121.00	85.03	5.35	6.26	77.86	1197.37
31	364.49	585.00	92.00	255.51	1.06	121.00	80.78	5.35	6.26	73.97	1146.95
32	345.31	554.21	87.16	244.98	1.06	121.00	76.53	5.35	6.26	70.07	1096.54
33	326.12	523.42	82.31	234.45	1.06	121.00	72.28	5.35	6.26	66.18	1046.13
34	306.94	492.63	77.47	223.92	1.06	121.00	68.02	5.35	6.26	62.29	995.71
35	287.75	461.84	72.63	213.39	1.06	121.00	63.77	5.35	6.26	58.40	945.30
36	268.57	431.06	67.79	202.86	1.06	121.00	59.52	5.35	6.26	54.50	894.89
37	249.39	400.27	62.95	192.33	1.06	121.00	55.27	5.35	6.26	50.61	844.47
38	230.20	369.48	58.10	181.80	1.06	121.00	51.02	5.35	6.26	46.72	794.06

SURABAYA

39	211.02	338.69	53.26	171.27	1.06	121.00	46.77	5.35	6.26	42.82	743.65
40	191.84	307.90	48.42	160.74	1.06	121.00	42.52	5.35	6.26	38.93	693.23
41	172.65	277.11	43.58	150.21	1.06	121.00	38.26	5.35	6.26	35.04	642.82
42	153.47	246.32	38.74	139.68	1.06	121.00	34.01	5.35	6.26	31.14	592.41
43	134.29	215.53	33.89	129.15	1.06	121.00	29.76	5.35	6.26	27.25	542.00
44	115.10	184.74	29.05	118.62	1.06	121.00	25.51	5.35	6.26	23.36	491.58
45	95.92	153.95	24.21	108.09	1.06	121.00	21.26	5.35	6.26	19.47	441.17
46	76.73	123.16	19.37	97.56	1.06	121.00	17.01	5.35	6.26	15.57	390.76
47	57.55	92.37	14.53	87.03	1.06	121.00	12.75	5.35	6.26	11.68	340.34
48	38.37	61.58	9.68	76.50	1.06	121.00	8.50	5.35	6.26	7.79	289.93
49	19.18	30.79	4.84	65.97	1.06	121.00	4.25	5.35	6.26	3.89	239.52
50	0.00	0.00	0.00	55.44	1.06	121.00	0.00	5.35	6.26	0.00	189.10

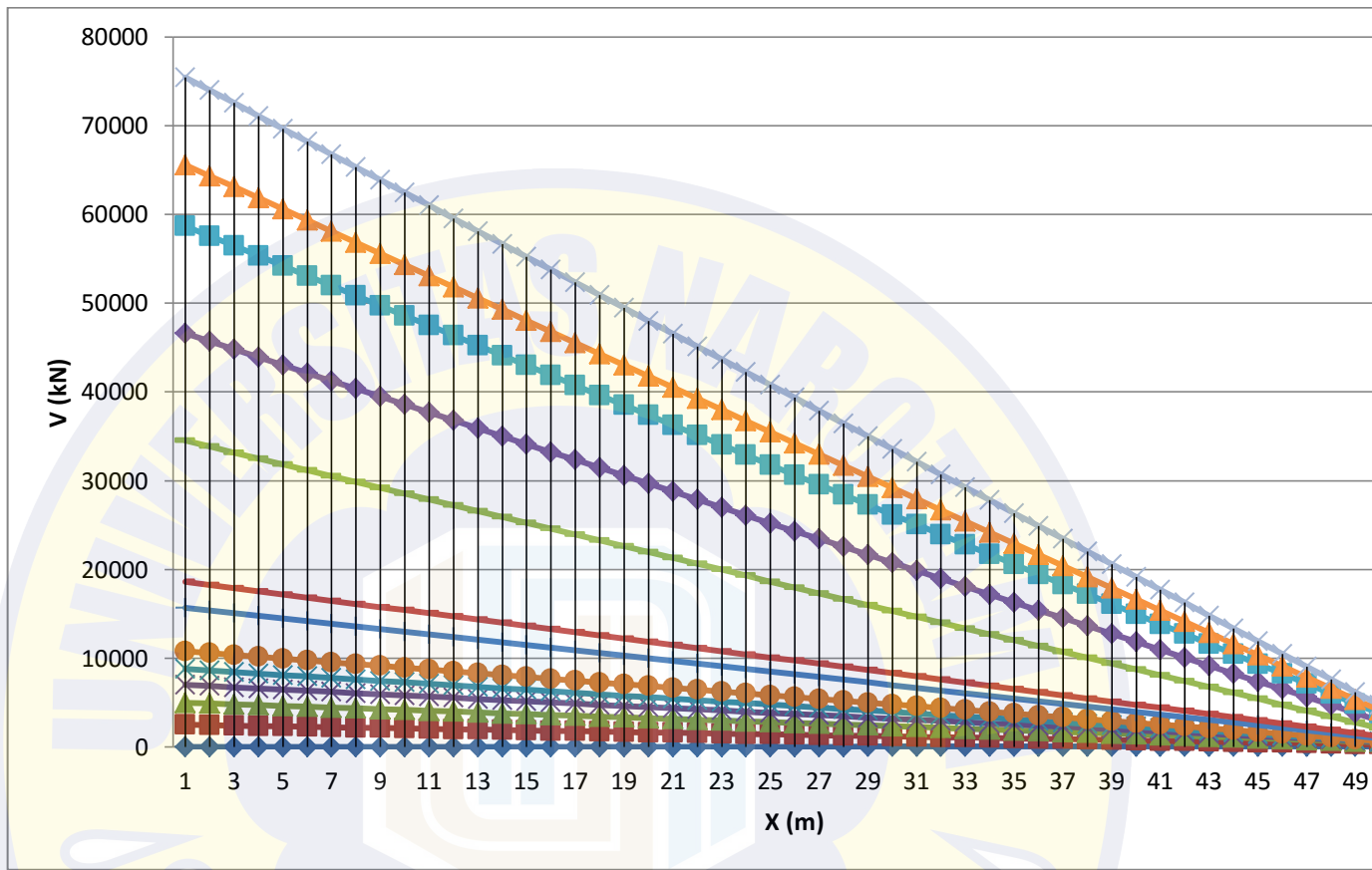
Tabel 4.27. Fatik gaya geser pada balok prategang

Jarak X	Momen pada balok prategang akibat beban								
	Berat balok	Berat sendiri	Mati tambahan	Lajur "D"	Rem	Truk	Beban angin struktur	Beban angin Kendaraan	Temp. seragam
	MS	MA	TD	TB	TT	EWS	EWL	EUN	
(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	959.18	1539.48	242.10	581.94	1.06	121.00	212.58	5.35	6.26
1	940.00	1508.69	237.26	571.41	1.06	121.00	208.32	5.35	6.26
2	920.82	1477.90	232.42	560.88	1.06	121.00	204.07	5.35	6.26
3	901.63	1447.11	227.57	550.35	1.06	121.00	199.82	5.35	6.26
4	882.45	1416.32	222.73	539.82	1.06	121.00	195.57	5.35	6.26
5	863.26	1385.53	217.89	529.29	1.06	121.00	191.32	5.35	6.26

6	844.08	1354.74	213.05	518.76	1.06	121.00	187.07	5.35	6.26
7	824.90	1323.95	208.21	508.23	1.06	121.00	182.82	5.35	6.26
8	805.71	1293.17	203.36	497.70	1.06	121.00	178.56	5.35	6.26
9	786.53	1262.38	198.52	487.17	1.06	121.00	174.31	5.35	6.26
10	767.35	1231.59	193.68	476.64	1.06	121.00	170.06	5.35	6.26
11	748.16	1200.80	188.84	466.11	1.06	121.00	165.81	5.35	6.26
12	728.98	1170.01	184.00	455.58	1.06	121.00	161.56	5.35	6.26
13	709.80	1139.22	179.15	445.05	1.06	121.00	157.31	5.35	6.26
14	690.61	1108.43	174.31	434.52	1.06	121.00	153.06	5.35	6.26
15	671.43	1077.64	169.47	423.99	1.06	121.00	148.80	5.35	6.26
16	652.24	1046.85	164.63	413.46	1.06	121.00	144.55	5.35	6.26
17	633.06	1016.06	159.79	402.93	1.06	121.00	140.30	5.35	6.26
18	613.88	985.27	154.94	392.40	1.06	121.00	136.05	5.35	6.26
19	594.69	954.48	150.10	381.87	1.06	121.00	131.80	5.35	6.26
20	575.51	923.69	145.26	371.34	1.06	121.00	127.55	5.35	6.26
21	556.33	892.90	140.42	360.81	1.06	121.00	123.29	5.35	6.26
22	537.14	862.11	135.58	350.28	1.06	121.00	119.04	5.35	6.26
23	517.96	831.32	130.73	339.75	1.06	121.00	114.79	5.35	6.26
24	498.77	800.53	125.89	329.22	1.06	121.00	110.54	5.35	6.26
25	479.59	769.74	121.05	318.69	1.06	121.00	106.29	5.35	6.26
26	460.41	738.95	116.21	308.16	1.06	121.00	102.04	5.35	6.26
27	441.22	708.16	111.37	297.63	1.06	121.00	97.79	5.35	6.26
28	422.04	677.37	106.52	287.10	1.06	121.00	93.53	5.35	6.26
29	402.86	646.58	101.68	276.57	1.06	121.00	89.28	5.35	6.26
30	383.67	615.79	96.84	266.04	1.06	121.00	85.03	5.35	6.26
31	364.49	585.00	92.00	255.51	1.06	121.00	80.78	5.35	6.26
32	345.31	554.21	87.16	244.98	1.06	121.00	76.53	5.35	6.26

33	326.12	523.42	82.31	234.45	1.06	121.00	72.28	5.35	6.26
34	306.94	492.63	77.47	223.92	1.06	121.00	68.02	5.35	6.26
35	287.75	461.84	72.63	213.39	1.06	121.00	63.77	5.35	6.26
36	268.57	431.06	67.79	202.86	1.06	121.00	59.52	5.35	6.26
37	249.39	400.27	62.95	192.33	1.06	121.00	55.27	5.35	6.26
38	230.20	369.48	58.10	181.80	1.06	121.00	51.02	5.35	6.26
39	211.02	338.69	53.26	171.27	1.06	121.00	46.77	5.35	6.26
40	191.84	307.90	48.42	160.74	1.06	121.00	42.52	5.35	6.26
41	172.65	277.11	43.58	150.21	1.06	121.00	38.26	5.35	6.26
42	153.47	246.32	38.74	139.68	1.06	121.00	34.01	5.35	6.26
43	134.29	215.53	33.89	129.15	1.06	121.00	29.76	5.35	6.26
44	115.10	184.74	29.05	118.62	1.06	121.00	25.51	5.35	6.26
45	95.92	153.95	24.21	108.09	1.06	121.00	21.26	5.35	6.26
46	76.73	123.16	19.37	97.56	1.06	121.00	17.01	5.35	6.26
47	57.55	92.37	14.53	87.03	1.06	121.00	12.75	5.35	6.26
48	38.37	61.58	9.68	76.50	1.06	121.00	8.50	5.35	6.26
49	19.18	30.79	4.84	65.97	1.06	121.00	4.25	5.35	6.26
50	0.00	0.00	0.00	55.44	1.06	121.00	0.00	5.35	6.26





Gambar 4.8 Grafik gaya geser pada balok
 Sumber: hasil perhitungan balok geser

4.8 Gaya Prategang, Eksentrisitas, Dan Jumlah Tendon

4.8.1 Kondisi Awal(Saat Transfer)

Mutu beton, k-500

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan beton, } f_c' &= 0.83 * K * L \\ &= 0,83 \times 500 \times 100 \\ &= 41500 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

Kuat tekan beton pada kondisi awal (saat transfer),

$$\begin{aligned}f_{ci}' &= 0.80 * f_c' \\ &= 0.80 \times 41500 \\ &= 33200 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

Section properties :

$$W_a = 0.5582 \text{ m} \quad W_b = 0.5011 \text{ m} \quad A = 0.7523 \text{ m}^2$$

Ditetapkan jarak titik berat tendon terhadap alas balok, $Z_o = 0.1375 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\text{Eksentrisitas tendon, } e_s &= Y_b - Z_o \\ &= 1.21 - 0.13 \\ &= 1.07\end{aligned}$$

Momen akibat berat sendiri balok, $M_{balok} = 23979.56 \text{ kg}$

Tegangan di seret atas:

$$0 = -\frac{Pt}{A} + Pt * \frac{e_s}{W_a} - M_{balok}/WA \quad (\text{persamaan 1})$$

Tegangan di seret bawah :

$$0.60 * f_{ic}' = -\frac{Pt}{A} - Pt * \frac{e_s}{W_b} + M_{balok}/Wb \quad (\text{persamaan 2})$$

Dari persamaan (1) :

$$Pt = M_{balok} / \left(e_s - \frac{W_a}{A} \right)$$

$$= 23979.56 / (1.07 - 0.5582 / 0.7523)$$

$$= 72129.8$$

Dari persamaan (2) :

$$P_t = [0.60 * f_{ci}' * W_b + M_{balok}] / (\frac{W_b}{A} + e_s)$$

$$= [0.60 \times 33200 \times 0.5011 + 23979.56] / (0.5011 / 0.7523 + 1.07)$$

$$= 19511.9$$

Diambil besarnya gaya prategang, $P_t = 19511.88258 \text{ kN}$

4.8.2 Kondisi Akhir

Digunakan kabel yang terdiri dari beberapa kawat baja untaian "Standards cable" standar VSL, dengan data sbb. :

"DATA STRANDS CABLE - STANDAR VSL

Jenis strands Uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade

Tegangan leleh strand $f_{py} = 1580000$

Kuat tarik strand $f_{pu} = 1860000 \text{ kPa}$

Diameter nominal strands $= 0.0127 \text{ m}$ (1/2")

Luas tampang nominal satu strand $A_{st} = 0.00010 \text{ m}^2$

Beban putus minimal satu strands $P_{bs} = 187.32 \text{ kN}$ (100% UTS atau 100% beban putus)

Jumlah kawat untaian (strands cable) $= 19$ kawat untaian tiap tendon

Diameter selubung ideal $= 84 \text{ mm}$

Luas tampang strands $= 0.0018753 \text{ m}^2$

Beban putus satu tendon $P_{b1} = 3559.10 \text{ kN}$ (100% UTS)

Modulus elastis strands $E_s = 1.90E+08 \text{ kPa}$

Tipe dongkrak VSL 19

Gaya prategang awal $P_t = 19511.88258 \text{ kN}$

Beban putus satu tendon : $P_{b1} = 3559.10 \text{ kN}$

Beban putus minimal satu strand : $P_{bs} = 187.32 \text{ s}$

Gaya prategang saat jacking : $P_j = P_t / 0.85$

$P_j = 0.80 * P_{b1} * n_t$

$P_{bs1} = P_t / n_s$

$= 19511.88 / 69 = 282.78$

Dari persamaan (1) dan (2) diperoleh jumlah tendon yang diperlukan :

$$n_t = P_t / (0.85 * 0.80 * P_{b1})$$

$$= 19511.88 / (0.85 * 0.80 * 3559.10)$$

$$= 8.06 \text{ Tendon}$$

Diambil jumlah tendon, $n_t = 8 \text{ Tendon}$

Jumlah kawat untaian (strands cable) yang diperlukan :

$$n_s = P_t / (0.85 * 0.80 * P_{bs})$$

$$= 19511.88 / (0.85 * 0.80 * 187.320)$$

$$= 153.18 \text{ Tendon}$$

Diambil jumlah strands : $n_s = 69 \text{ Tendon}$

Posisi Baris Tendon :

$n_{s1} = 3, \text{Tendon} = 19 \text{ strands} / \text{tendon} = 57 \text{ strands}, \text{ dg. selubung tendon} = 84 \text{ mm}$

$n_{s2} = 1, \text{Tendon} = 12 \text{ strands} / \text{tendon} = 12 \text{ strands}, \text{ dg. selubung tendon} = 76 \text{ mm}$

$n_t = 4, \text{Tendon Jumlah strands}, n_s = 69 \text{ strands}$

Persentase tegangan leleh yang timbul pada baja (% Jacking Force) :

$$\begin{aligned}
 P_o &= P_t / (0.85 * n_s * P_{bs}) \\
 &= 19511.88 / (0.85 * 69 * 187.32) \\
 &= 177.602\% < 80\% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Gaya prategang yang terjadi akibat jacking :

$$\begin{aligned}
 P_j &= P_o * n_s * P_{bs} \\
 &= 177.66 * 69 * 187.32 \\
 &= 22955.16 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Diperkirakan kehilangan tegangan (loss of prestress) = 30%

Gaya prategang akhir setelah kehilangan tegangan sebesar 30%

$$\begin{aligned}
 P_{eff} &= 70\% * P_j \\
 &= 70\% * 22955.16 \\
 &= 16068.61 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.9 Pembesian Balok Prategang

Tulangan arah memanjang digunakan besi diameter, D 13 mm

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\pi}{4} * D^2 \\
 &= 314 / 4 * 13^2 \\
 &= 132.665 \text{ mm}^2 = 0.000132665 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas tampang bagian bawah :

$$A_{\text{bawah}} = 0.2875 \text{ m}^2$$

Luas tulangan bagian bawah :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ bawah} &= 0.5\% * A_{\text{bawah}} \\
 &= 0.5\% * 0.2875 \\
 &= 0.0014375 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= A_{sbawah} / \left(\frac{\pi}{4} * D \right) \\
 &= 0.0014375 / (3.14 / 4 * 13) \\
 &= 10.8 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Digunakan : 12 D 13

Luas tampang bagian atas

$$A_{atas} = 0.2088 \text{ m}^2$$

Luas tulangan bagian atas :

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ atas}} &= 0.5\% * A_{atas} \\
 &= 0.5 \% * 0.2088 \\
 &= 0.001044 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= A_{s \text{ atas}} / \left(\frac{\pi}{4} * D \right) \\
 &= 0.001044 / (3.14 / 4 * 13) \\
 &= 7.86 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Digunakan : 10 D 13

Luas tampang bagian badan :

$$A_{badan} = 0.33 \text{ m}^2$$

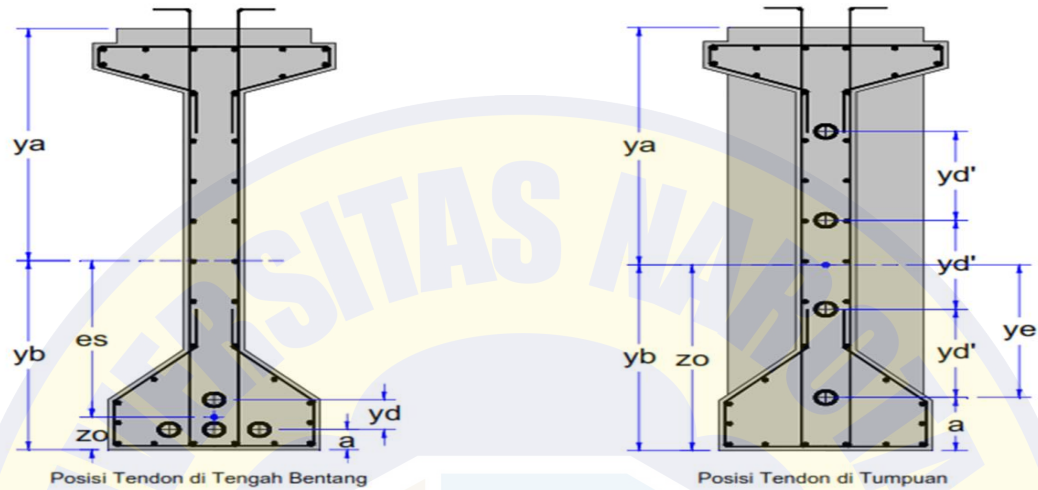
Luas tulangan susut memanjang bagian badan :

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ badan}} &= 0.5\% * A_{badan} \\
 &= 0.5 \% * 0.33 \\
 &= 0.00165 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= A_{s \text{ badan}} / \left(\frac{\pi}{4} * D^2 \right) \\
 &= 0.00165 / (3.14 / 4 * 13) \\
 &= 12.44 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Digunakan : 14 D 13

4.10 Posisi Tendon



Gambar 4.9 Posisi Tendon
 Sumber: hasil gambar autocad

4.10.1 Posisi Tendon Di Tengah Bentang

Diambil jarak dari alas balok ke as baris tendon ke-1 $a = 0.1 \text{ m}$

Jumlah tendon baris ke-1 : $n_1 = 3$ tendon, 19 strands, 57 strands

Jumlah tendon baris ke-2 : $n_2 = 1$ tendon, 12 strands, 12 strands

$$n_t = 4 \text{ tendon}$$

$$\text{Jumlah strands, } n_s = 69 \text{ strands}$$

$$\text{Eksentrisitas, } e_s = 1.074 \text{ m}$$

$$z_o = y_b - e_s$$

$$= 1.212 - 1.074$$

$$= 0.1375 \text{ m}$$

y_d = jarak vertikal antara as ke as tendon.

Momen statis terhadap alas :

$$n_s * Z_o = n_1 * a + n_2 * (a + y_d)$$

$$\begin{aligned}
 y_d &= ns * (z_o - a) / n_2 \\
 &= 69 * (0.1375 - 0.1) / 12 \\
 &= 0.216 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Diameter selubung tendon,

Jarak bersih vertikal antara selubung tendon,

Diambil, $y_d = 0.15 \text{ m}$

$dt = 0.076 \text{ m}$

$y_d - dt = 0.074 \text{ m} > 25 \text{ mm (OK)}$

4.10.2 Posisi Tendon Di Tumpuan

Diambil jarak dari alas balok ke as baris tendon ke-4: $a' = 0.35 \text{ m}$

Jumlah tendon baris ke-1 : $n_1 = 1$ tendon 12 strands = 12 strands

Jumlah tendon baris ke-2 : $n_2 = 1$ tendon 19 strands = 19 strands

Jumlah tendon baris ke-3 : $n_3 = 1$ tendon 19 strands = 19 strands

Jumlah tendon baris ke-4 : $n_4 = 1$ tendon 19 strands = 19 strands

Jumlah strands, $ns = 69$ strands

y_e = Letak titik berat tendon terhadap pusat tendon terbawah

Letak titik berat penampang balok terhadap alas, $y_b = 1.212$

Momen statis tendon terhadap pusat tendon terbawah :

N_i	y_d'	$n_i * y_d'$
12	0	0
19	1	19
19	2	38
19	3	57
$\Sigma n_i * y_d' / y_d'$		114

$$\sum n_i * y_d' = n_s * y_e$$

$$y_e / y_d' = [\sum n_i * y_d' / y_d'] / n_s = 1.652173913$$

$$y_e = y_b - a' = 0.862 \text{ m}$$

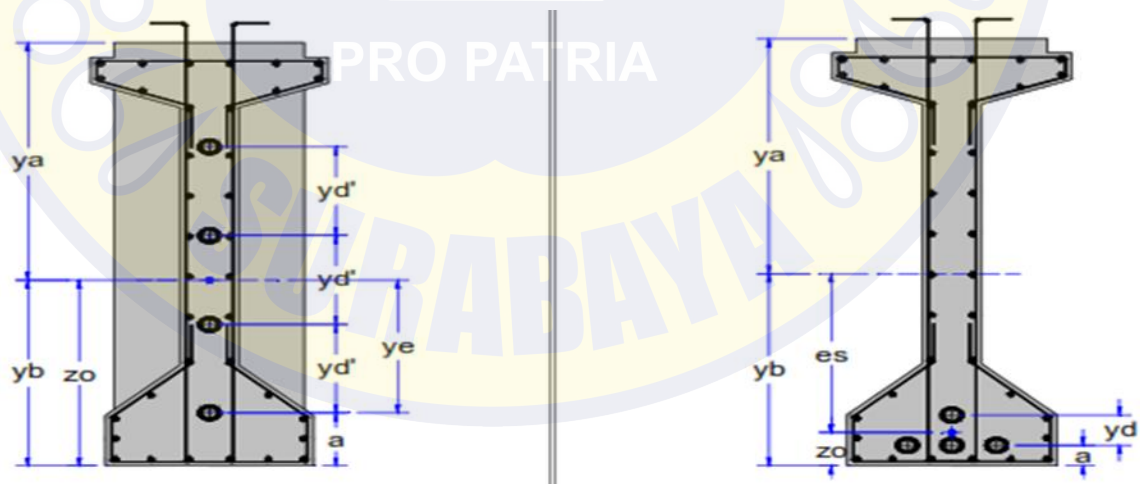
$$y_d' = y_e / [y_e / y_d'] = 0.522 \text{ m}$$

$$z_o = a' + y_e = y_b = 1.212 \text{ m}$$

4.10.3 Eksentrisitas Masing-Masing Tendon

Eksentrisitas Masing-masing Tendon

Nomor Tendon	Posisi Tendon di Tumpuan x = 0.00 m	z _i ' (m)	Nomor Tendon	Posisi Tendon di Tengah Bentang x = 20.00	z _i (m)	f _i = z _i ' - z _i (m)
1	z ₁ ' = a' + 3 * y _d '	1.9151	1	z ₁ = a + y _d	0.25	1.665121
2	z ₂ ' = a' + 2 * y _d '	1.3934	2	z ₂ = a	0.1	1.293414
3	z ₃ ' = a' + y _d '	0.8717	3	z ₃ = a	0.1	0.771707
4	z ₄ ' = a'	0.35	4	z ₄ = a	0.1	0.250000



Gambar 4.10 Eksentrisitas masing masing tendon

Sumber: hasil gambar autocad

4.11 Lintasan Inti Tendon (Cable)

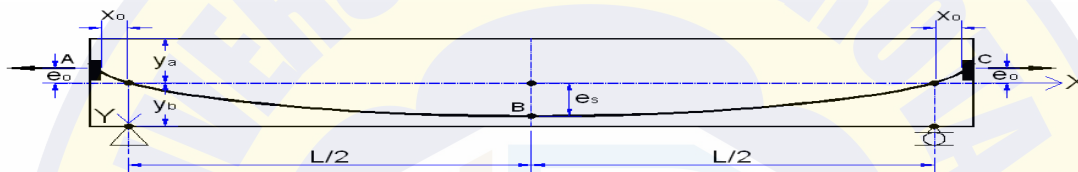
Panjang balok, $L = 100.00$ m

Eksentrisitas, $e_s = 1.074$

Persamaan lintasan tendon : $Y = 4 \cdot f \cdot X / L^2 \cdot (L - X)$ dengan

$$f = e_s$$

$$= 1.074$$



Gambar 4.11 Lintasan Inti tendon
(Sumber: autocad)

Tabel 4.28. Lintasan Inti Tendon

X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
-0.2	-0.009	10	0.387	21	0.713	31	0.919	42	1.047
0	0	11	0.421	22	0.738	32	0.935	43	1.053
1	0.043	12	0.454	23	0.761	33	0.95	44	1.059
2	0.084	13	0.486	24	0.784	34	0.964	45	1.064
3	0.125	14	0.517	25	0.806	35	0.978	46	1.068
4	0.165	15	0.548	26	0.827	36	0.99	47	1.071
5	0.204	16	0.578	27	0.847	37	1.002	48	1.073
6	0.242	17	0.606	28	0.866	38	1.013	49	1.074
7	0.28	18	0.634	29	0.885	39	1.022	50	1.074
8	0.316	19	0.661	30	0.903	40	1.031	0.2	0.009
9	0.352	20	0.688	31	0.919	41	1.040		

$$x_o = 0.20 \text{ m}$$

$$e_o = 0.009 \text{ m}$$

$$L/2 + x_o = 100/2 + 0.20 = 50.2 \text{ m}$$

$$e_s + e_o = 1,074 + 0.009 = 1.083 \text{ m}$$

$$\alpha_{AB} = 2*(e_s + e_o)/(L/2 + x_o) = 2 * (1.083) / (50.2) = 0.043$$

$$\alpha_{BC} = 2*(e_s + e_o)/(L/2 + x_o) = 2* 1.083) / (50.2) = 0.043$$

4.12 Sudut Angkur

Persamaan lintasan tendon $Y = 4 * f * X / L^2 * (L - X)$

$$dY/dX = 4 * f_i * (L - 2 * X) / L^2$$

Untuk $X = 0$ (posisi angkur di tumpuan), maka

$$dY/dX = 4 * f_i / L$$

$$\alpha = \text{ATAN}(dY/dX)$$

Tabel 4.29. Sudut Angkur

NO TENDON	JUMLAH STRAND	DIA SELUBUNGG	Eksentrisitas	f _i (m)	dY/dX	SUDUT ANGKUR	
1	12	84	f ₁ =	1.665	0.067	α ₁ = 0.067	rad = 3.811
2	19	84	f ₂ =	1.293	0.052	α ₂ = 0.052	rad = 2.962
3	19	84	f ₃ =	0.772	0.031	α ₃ = 0.031	rad = 1.768
4	19	84	f ₄ =	0.25	0.01	α ₄ = 0.01	rad = 0.573

4.13 Tata Letak Dan Trace Kabel

$$L = 100 \text{ m} \quad f_1 = 1.665 \text{ m}$$

$$f_o = e_s = 1.074 \text{ m} \quad f_2 = 1.293 \text{ m}$$

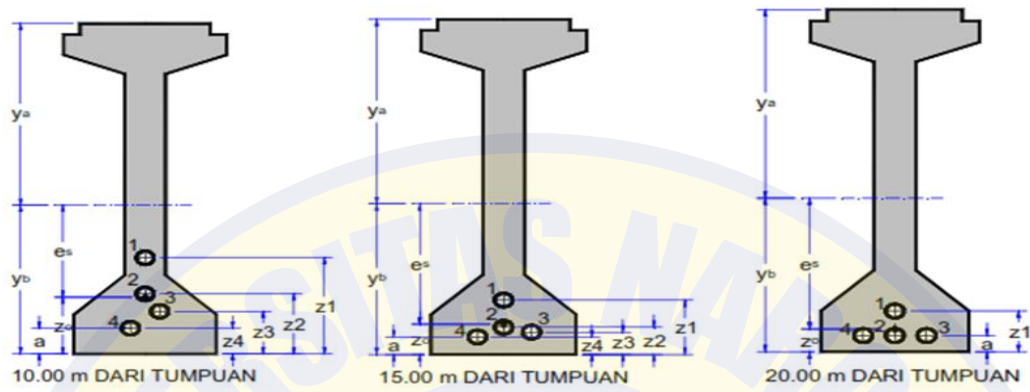
$$y_b = 1.211 \text{ m} \quad f_3 = 0.771 \text{ m}$$

$$f_4 = 0.25 \text{ m}$$

Posisi msing-masing cable : $z_i = z_i' - 4 * f_i * X / L^2 * (L - X)$

Tabel 4.30. Tata Letak dan Trace Kabel

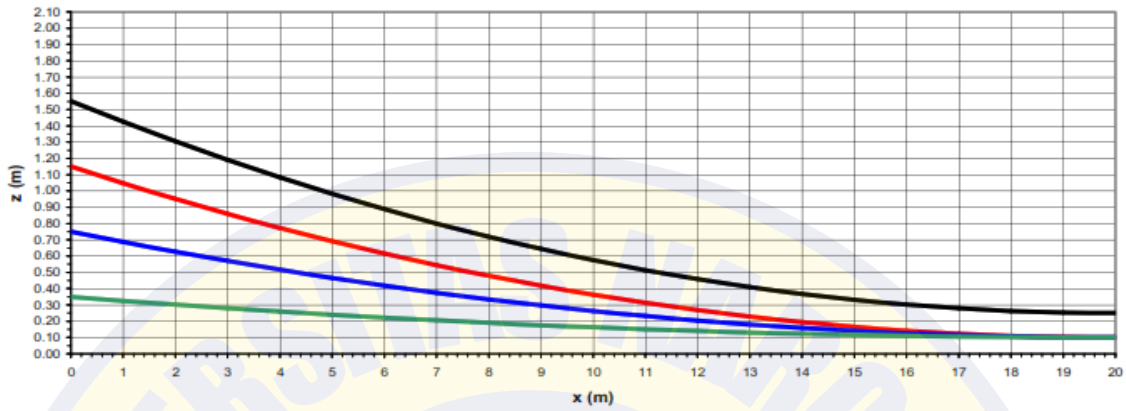
Jarak X (m)	Trace zo (m)	Posisi masing-masing cable			
		z1 (m)	z2 (m)	z3 (m)	z4 (m)
0	1.212	1.915	1.393	0.872	0.350
1	1.169	1.849	1.342	0.841	0.340
2	1.128	1.785	1.292	0.811	0.330
3	1.087	1.721	1.243	0.782	0.321
4	1.047	1.659	1.195	0.753	0.312
5	1.008	1.599	1.148	0.725	0.303
6	0.970	1.539	1.102	0.698	0.294
7	0.280	1.482	1.057	0.671	0.285
8	0.896	1.425	1.013	0.645	0.276
9	0.860	1.370	0.970	0.619	0.268
10	0.387	1.316	0.928	0.594	0.260
11	0.791	1.263	0.887	0.570	0.252
12	0.454	1.212	0.847	0.546	0.244
13	0.726	1.162	0.808	0.523	0.237
14	0.694	1.113	0.771	0.500	0.230
15	0.664	1.066	0.734	0.478	0.223
16	0.634	1.020	0.698	0.457	0.216
17	0.606	0.975	0.663	0.436	0.209
18	0.578	0.932	0.630	0.416	0.202
19	0.551	0.890	0.597	0.397	0.196
20	0.524	0.849	0.566	0.378	0.190



Gambar 4.12 Tata letak trace kabel

Tabel 4.31. Posisi cable

Jarak X (m)	Trace zo (m)	Posisi masing-masing cable			
		z1 (m)	z2 (m)	z3 (m)	z4 (m)
0.00	1.212	1.915	1.393	0.872	0.350
5.00	1.008	1.599	1.148	0.4660	0.2406
10.00	0.3561	0.5755	0.3628	0.594	0.260
15.00	0.664	1.066	0.734	0.478	0.223
20.00	0.524	0.849	0.566	0.378	0.190



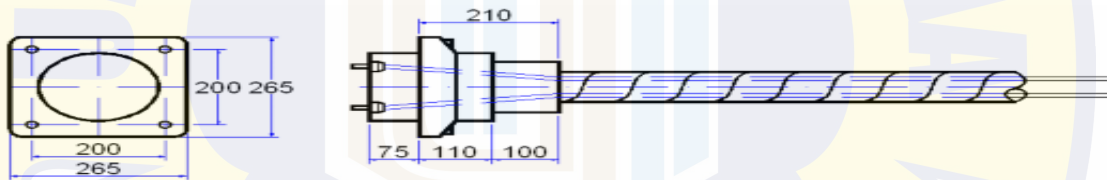
4.14 Pemakaian Angkur

ANGKUR HIDUP

VSL

TIPE

19 Sc



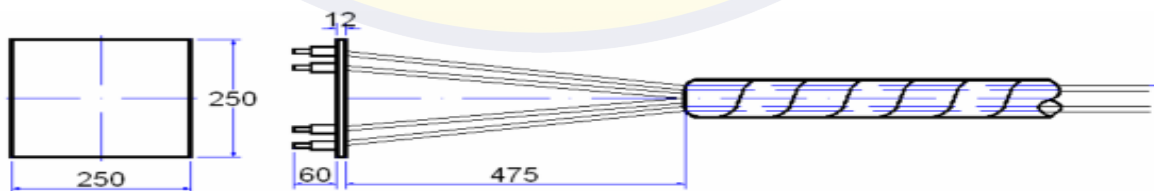
Gambar 4.13 Angkur Hidup
Sumber: Hasil Gambar Autocad

ANGKUR MATI

VSL

TIPE

19 P



Gambar 4.14 Angkur mati
Sumber: Hasil gambar autocad

4.15 Loss Of Prestress Pada Cable

4.15.1 Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Angkur (Anchorage Friction)

Gaya prategang akibat jacking (jacking force) : $P_j = 22955.156 \text{ kN}$

Kehilangan gaya akibat gesekan ankur diperhitungkan sebesar 3% dari gaya prategang akibat jacking.

$$\begin{aligned} P_o &= 97\% * P_j \\ &= 97\% * 22955.156 \\ &= 22266.5013 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.15.2 Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Cable (Jack Friction)

Sudut lintasan tendon dari ujung ke tengah :

$$\alpha_{AB} = 0.04319077 \text{ rad} \quad \alpha_{BC} = 0.04319077 \text{ rad}$$

Perubahan sudut total lintasan tendon,

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_{AB} + \alpha_{BC} \\ &= 0.04319077 + 0.04319077 \\ &= 0.0864 \text{ rad} \end{aligned}$$

Dari Tabel 6.6 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh :

$$\text{Koefisien gesek, } \mu = 0.2$$

Dari Tabel 6.7 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh :

$$\text{Koefisien Wobble, } \beta = 0.012$$

Gaya prategang akibat jacking setelah memperhitungkan loss of prestress akibat gesekan ankur,

$$P_o = 22266.5013 \text{ kN}$$

Loss of prestress akibat gesekan kabel : $P_x = P_o * e^{-\mu * (\alpha + \beta * LX)}$

dengan $e = 2.7183$ (bilangan natural)

untuk, $L_x = 20.4 \text{ m}$

$$\begin{aligned} P_x &= P_o * e^{-\mu} * (a + \beta * L_x) \\ &= 22266.5013 * 2.7183^{-0.2} * (0.0864 + 0.012 * 20.4) \\ &= 20839.43 \text{ kN} \end{aligned}$$

untuk, $L_x = 40.8 \text{ m}$

$$\begin{aligned} P_x &= P_o * e^{-\mu} * (a + \beta * L_x) \\ &= 22266.5013 * 2.7183^{-0.2} * (0.0864 + 0.012 * 40.8) \\ &= 19843.70 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.15.3 Kehilangan Tegangan Akibat Pemendekan Elastis (Elastic Shortening)

Jarak titik berat tendon baja terhadap tdk berat tampang balok, e_s	=	1.074 m
Momen inersia tampang balok beton	I_x	= 0.607 m ⁴
Luas tampang balok beton	A	= 0.7523 m ²
Modulus elatis balok beton	E_{balok}	= 35669972.51 kPa
Modulus elastis baja prategang (strand)	E_s	= 193000000 kPa
Jumlah total strands	n_s	= 69
Luas tampang nominal satu strands	A_{st}	= 0.0000987 m ²
Beban putus satu strands	P_{bs}	= 187.32kN
Momen akibat berat sendiri balok	M_{balok}	= 23979.5625 kNm

Luas tampang tendon baja prategang :

$$\begin{aligned} A_t &= n_s * A_{st} \\ &= 69 * 0.0000987 \\ &= 0.0068103 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Modulus ratio antara baja prategang dengan balok beton

$$\begin{aligned}
 n &= E_s / E_{balok} \\
 &= 193000000 / 35669972.51 \\
 &= 5.4107
 \end{aligned}$$

Jari-jari inersia penampang balok beton

$$\begin{aligned}
 i &= \sqrt{\left(\frac{I_x}{A}\right)} \\
 &= \sqrt{(0.607 / 0.7523)} \\
 &= 0.8985 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_e &= \frac{A_t}{A} * \left(+ \frac{e s^2}{i^2} \right) \\
 &= 0.0068103 / 0.7523 * (1 + 1.074^2 + 0.8985^2) \\
 &= 0.0219
 \end{aligned}$$

Tegangan baja prategang sebelum loss of prestress (di tengah bentang) :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{pi} &= n s * P_{bs} / A_t \\
 &= 69 * 187.32 / 0.0068103 \\
 &= 1897872.34 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastik dengan memperhitungkan pengaruh berat sendiri :

$$\begin{aligned}
 \Delta \sigma_{pe}' &= \sigma_{pi} * n * K_e / (1 + n * K_e) \\
 &= 1897872.34 * 5.4107 * 0.0219 / (1 + 5.4107 * 0.0219) \\
 &= 201862.1808 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Tegangan beton pada level bajanya oleh pengaruh gaya prategang P_t :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{bt} &= n - M_{balok} * e_s / I_x \\
 &= 201862.1808 / 5.4107 - 23979.5625 * 1.074^2 / 0.607 \\
 &= 36884
 \end{aligned}$$

Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastik tanpa pengaruh berat sendiri :

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{pe} &= \frac{1}{2} * m * \sigma_{bt} \\ &= 1/2 * 5.4107 * 36884 \\ &= 99784 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Loss of prestress akibat pemendekan elastis :

$$\begin{aligned}\Delta P_e &= \Delta\sigma_{pe} * A_t \\ &= 99784 * 0.0068103 \\ &= 679.556 \text{ kN}\end{aligned}$$

4.15.4 Kehilangan Tegangan Akibat Pengankuran (Anchoring)

Panjang tarik masuk (berkisar antara 2 - 7 mm) diambil 2 mm : $\Delta L = 0.002 \text{ m}$

Luas tampang tendon baja prategang : $A_t = 0.0068103 \text{ m}^2$

Loss of prestress akibat gesekan ankur : $P_o = 22266.5013 \text{ kN}$

Loss of prestress akibat gesekan cable : $P_x = 20839.78 \text{ kN}$

Jarak dari ujung sampai tengah bentang balok : $L_x = 20.4 \text{ m}$

Kemiringan diagram gaya :

$$\begin{aligned}m &= \tan \omega = (P_o - P_x) / L_x \\ &= (22266.5013 - 20839.77662) / 20.4 \\ &= 69.9375 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Jarak pengaruh kritis slip ankur dr ujung :

$$\begin{aligned}L_{max} &= \sqrt{(\Delta L * E_s * \frac{A_t}{m})} \\ &= \sqrt{(0.002 * 193000000 * 0.0068103 / 69.9375)} \\ &= 6.1309 \text{ m}\end{aligned}$$

Loss of prestress akibat ankur :

$$\begin{aligned}\Delta P &= 2 * L_{max} * \tan \omega \\ &= 2 * 6.1309 * 69.9375 \\ &= 857.559 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P'_{max} &= P_o - \Delta P / 2 \\ &= 22266.5013 - 857.559 / 2 \\ &= 21838 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{max} &= P'_{max} - \Delta P_e \\ &= 21838 - 679.556 \\ &= 21158 \text{ kN}\end{aligned}$$

4.15.5 Kehilangan Tegangan Akibat Relaxasi Tendon

a. Pengaruh Susut (Shrinkage)

$$\Delta \epsilon_{su} = \epsilon_b * k_b * k_e * k_p$$

ϵ_b = regangan dasar susut (basic shrinkage strain). Untuk kondisi kering udara dengan kelembaban < 50 %,

Dari Tabel 6.4 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh : $\epsilon_b = 0.0006$

k_b = koefisien yang tergantung pada pemakaian air semen (water cement ratio) untuk beton mutu tinggi dengan faktor

$$\text{air semen, } w = 0.4 \quad \text{Cement content} = 4.5 \text{ kN/m}^3 \quad k_b = 0.90$$

Dari Kurva 6.1 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh :

k_e = koefisien yang tergantung pada tebal teoritis (e m)

$$\text{Luas penampang balok,} \quad A = 0.7523 \text{ m}^2$$

Keliling penampang balok yang berhubungan dengan udara luar,

$$K = 5.7 \text{ m}$$

$$e_m = 2 * A / K$$

$$= 2 * 0.7523 / 5.7$$

$$= 0.264 \text{ m}$$

Dari Kurva 6.2 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh : $k_e = 0.734$

k_p = koefisien yang tergantung pada luas tulangan baja memanjang non prategang.

Presentase luas tulangan memanjang terhadap luas tampang balok : $p = 0.50\%$

$$\begin{aligned} k_p &= 100 / (100 + 20 * p) \\ &= 100 / (100 + 20 * 0.50 \%) \\ &= 0.999 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_{su} &= \varepsilon_b * k_b * k_e * k_p \\ &= 0.0006 * 0.905 * 0.734 * 0.999 \\ &= 0.000398 \end{aligned}$$

Modulus elastis baja prategang (strand) : $E_s = 193000000 \text{ kPa}$

Tegangan susut :

$$\begin{aligned} \sigma_{sh} &= \Delta \varepsilon_{su} * E_s \\ &= 0.000398 * 193000000 \\ &= 76845.62 \text{ kPa} \end{aligned}$$

b. Pengaruh Rayapan (Creep)

P initial (keadaan saat transfer) di tengah bentang :

$$\begin{aligned} P_i &= P_x - \Delta p_e \\ &= 20839.77662 - 679.556 \\ &= 20160 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_i / (n_s * P_{bs}) = 20160 / (69 * 187.32)$$

$$= 155.98\% \quad \text{UTS}$$

$$\text{Mbalok} = 239.796 \quad \text{kNm}$$

$$\text{Ebalok} = 35669973 \quad \text{kPa}$$

$$\text{Wa} = 0.5582 \text{ m}^3$$

$$e_s = 1.0744 \text{ m}$$

$$\text{Wb} = 0.5011 \text{ m}^3$$

$$A = 0.7523 \text{ m}^3$$

Tegangan beton di serat atas,

$$\begin{aligned} f_a &= -\frac{p_i}{A} + p_i * \frac{e_s}{W_a} - M_{balok}/W_a \\ &= -20160 / 0.7523 + 20160 * 1.0744 / 0.5582 - 239.796 / 0.5582 \\ &= 11577.192 \quad \text{kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah,

$$\begin{aligned} f_b &= -\frac{p_i}{A} - p_i * \frac{e_s}{W_b} + M_{balok}/W_b \\ &= -20160 / 0.7523 + 20160 * 1.0744 / 0.5011 - 239.796 / 0.5011 \\ &= -69543.38358 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Regangan akibat creep : $\epsilon_{cr} = (f_c / E_{balok}) * k_b * k_c * k_d * k_e * k_{tn}$

k_c = koefisien yang tergantung pada kelembaban udara, untuk perhitungan diambil kondisi kering dengan kelembaban udara < 50 %.

Dari Tabel 6.5 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh : $k_c = 3$

k_d = koefisien yang tergantung pada derajat pengerasan beton saat dibebani dan pada suhu rata-rata di sekelilingnya selama pengerasan beton. Didasarkan pada temperatur 20 ° C, sedang temperatur rata-rata di Indonesia umumnya lebih dari 20 ° C, maka perlu ada koreksi waktu pengerasan beton sebagai berikut:

Jumlah hari dimana pengerasan terjadi pada suhu rata-rata T, t = 28hari

Temperatur udara rata-rata,

$$T = 27.5^{\circ}\text{C}$$

Umur pengerasan beton terkoreksi saat dibebani :

$$\begin{aligned}t' &= t * (T + 10) / 30 \\ &= 28 * (27.5 + 10) / 30 \\ &= 35 \text{ hari}\end{aligned}$$

Dari Kurva 6.4 (NAASRA Bridge Design Specification) untuk semen normal tipe I diperoleh : $k_d = 0.938$

k_{tn} = koefisien yang tergantung pada waktu (t) dimana pengerasan terjadi dan tebal teoritis (em).

$$\text{Untuk: } t = 28 \text{ hari} \quad e_m = 0.264 \text{ m} \quad K_{tn} = 0.2$$

$$f_c = f_b = 69543.38358 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_{cr} &= \left(\frac{f_c}{E_{balok}} \right) * k_b * k_c * k_d * k_e * k_{tn} \\ &= (69543.383 / 35669973) * 0.905 * 3 * 0.938 * 0.734 * 0.2 \\ &= 0.000728873\end{aligned}$$

Tegangan akibat Creep : **PRO PATRIA**

$$\begin{aligned}\sigma_{cr} &= \epsilon_{cr} * E_s \\ &= .000728873 * 193000000 \\ &= 140672.4591 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{sc} &= \sigma_{cr} + \sigma_{sh} \\ &= 672.4591 + 76845.62 \\ &= 217518.0795 \text{ kpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{pi} &= P_i / A_t \\ &= 20160 / 0.0068103 \\ &= 2960254.532 \text{ kpa}\end{aligned}$$

Besar tegangan terhadap UTS = 155.98% Uts

x=0 Jika: $\sigma_{pi} < 50\%$ UTS

x=1 Jika: $\sigma_{pi} = 50\%$ UTS

x=2 Jika: $\sigma_{pi} = 70\%$ UTS Nilai x = 1.725

Relaxasi setelah 1000 jam pada 70% beban putus (UTS) : c = 2.50% = 155.98%

$$\begin{aligned}\sigma_r &= X * c * (\sigma_{pi} - \Delta\sigma_{sc}) \\ &= 1.725 * 2.50 \% (2960254.532 - 217518.0795) \\ &= 118280.5095 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Loss of Prestress jangka panjang

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{sc} + \sigma_r &= 217518.0795 + 118280.5095 \\ &= 335798.589 \text{ kPa} \\ \Delta P &= (\Delta\sigma_{sc} + \sigma_r) * At \\ &= 335798.589 * 0.0068103 \\ &= 2286.889 \text{ kN}\end{aligned}$$

Gaya efektif di tengah bentang balok :

$$\begin{aligned}P_{eff} &= P_i - \Delta P \\ &= 20160 - 2286.889 \\ &= 17873.33 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kehilangan gaya prategang total : $\left(1 - \frac{P_{eff}}{P_j}\right) * 100\%$

$$= 1 - 17873.33 / 22955.156) * 100 \%$$

= 22.14% \approx 30% Cukup dekat dengan estimasi awal (kehilangan gaya prategang akhir = 30%) OK !

Kontrol tegangan pada tendon baja pasca tarik segera setelah penyaluran gaya prategang:

Tegangan ijin tendon baja pasca tarik :

$$0.70 * f_{pu} = 0.70 * 1860000$$

$$= 1,302,000 \text{ kPa}$$

Tegangan yang terjadi pada tendon baja pasca tarik :

$$f_p = P_{eff} / A_t$$

$$= 17873.33 / 0.0068103$$

$$= 2,624,456 \text{ kPa} > 0.70 * f_{pu} \text{ (OK)}$$

Gaya	(kN)	Loss of prestress	% UTS
Pj	22955.15598	Anchorage friction	128.05%
Po	22266.5013	Jack friction	
Px	8864.11	Elastic shortening	62.26%
Pi	20160	Relaxation of tendon	112.46%
Peff	17873.33		99.70%
		22.14%	

4.16 Tegangan Yang Terjadi Pada Penampang Balok

Menurut Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (Bridge Design Code), tegangan beton sesaat setelah penyaluran gaya prategang (sebelum terjadi kehilangan tegangan sebagai fungsi waktu) tidak boleh melampaui nilai berikut :

1. Tegangan serat tekan terluar harus $\leq 0.60 * f_{ci}'$ dengan $f_{ci}' = 0.80 f_c'$
2. Tegangan serat tarik terluar harus $\leq 0.50 * \sqrt{f_{ci}'}$ dengan $f_{ci}' = 0.80 f_c'$

Tegangan beton pada kondisi beban layan (setelah memperhitungkan semua kehilangan tegangan) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut :

- 1) Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati, dan beban hidup $\leq 0.45 * f_c'$

2) Tegangan serat terluar yang pada awalnya mengalami tekan, $\leq 0.50 * \sqrt{f_c'}$

4.16.1 Keadaan Awal (Saat Transfer)

Mutu beton balok prategang: K - 500

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton, } f_c' &= 0.83 * K * 100 \\ &= 0.83 * 500 * 100 \\ &= 41500 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan beton pada kondisi awal (saat transfer):

$$\begin{aligned} f_{ci}' &= 0.80 * f_c' \\ &= 0.80 * 41500 \\ &= 33200 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tekan beton : } -0.60 * f_{ci}' &= -0.60 * 33200 \\ &= -19920 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$P_t = 19511.883 \text{ kN}$$

$$W_a = 0.5582 \text{ m}^3$$

$$A = 0.7523 \text{ m}^2$$

$$M_{\text{balok}} = 239.796 \text{ kNm}$$

$$W_b = 0.5011 \text{ m}^3$$

$$e_s = 1.074 \text{ m}$$

Tegangan di serat atas:

$$\begin{aligned} f_{ca} &= -\frac{P_t}{A} + P_t * \frac{e_s}{W_a} - M_{\text{balok}}/W_a \\ &= -19511.883 / 0.7523 + 19511.883 * 1.074 / 0.5582 - 239.796 / 0.5582 \\ &= 11191.062 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan di serat bawah :

$$f_{cb} = -\frac{P_t}{A} + P_t * \frac{e_s}{W_b} - M_{\text{balok}}/W_b$$

$$= -19511.883 / 0.7523 * 1.074 / 0.5011 - 239.796 / 0.5011$$

$$= -15418.92 \text{ kPa} < -0.6 * f_{ci}' \text{ (Aman)}$$

4.16.2 Keadaan Setelah Loss Of Prestress

Mutu beton balok prategang: k-500

$$\text{Kuat tekan beton, } f_{c}' = 0.83 * K * 100$$

$$= 0.83 * 500 * 100$$

$$= 42500 \text{ kPa}$$

$$\text{Tegangan ijin tekan beton, } -0.45 * f_{c}' = -0.45 * 42500$$

$$= -19125 \text{ kPa}$$

$$P_{eff} = 17873.33 \text{ kN}$$

$$W_a = 0.5582 \text{ m}^3$$

$$A = 0.7523 \text{ m}^2$$

$$M \text{ balok} = 239.796 \text{ kNm}$$

$$W_b = 0.5011 \text{ m}^3$$

$$e_s = 1.0744 \text{ m}$$

Tegangan di serat atas :

$$f_a = -\frac{P_{eff}}{A} + P_{eff} * \frac{e_s}{W_a} - M_{balok} / W_a$$

$$= -17873.33 / 0.7523 + 17873.33 * 1.0744 / 0.5582 - 239.796 / 0.5582$$

$$= 10215.195 \text{ kPa}$$

Tegangan di serat bawah

$$f_b = -\frac{P_{eff}}{A} + P_{eff} * \frac{e_s}{W_b} - M_{balok} / W_b$$

$$= -17873.33 / 0.7523 + 17873.33 * 1.0744 / 0.5011 - 239.796 / 0.5011$$

$$= 14083.89 \text{ kPa} < -0.45 * f_{c}' \text{ (Aman)}$$

4.16.3 Keadaan Setelah Plat Lantai Selesai Dicor (Beton Muda)

Mutu beton balok prategang, K - 500

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan beton, } f_c' &= 0.83 * K * 100 \\ &= 0.83 * 500 * 100 \\ &= 41500 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan ijin tekan beton, } -0.45 * f_c' &= -0.45 * 41500 \\ &= -18675 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$\text{M balok} = 239.796 \text{ kNm}$$

$$\text{M plat} = 11250 \text{ kNm}$$

$$\text{Peff} = 17873.33 \text{ kN}$$

$$\text{Wa} = 0.5582 \text{ m}^3$$

$$\text{A} = 0.7523 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{M balok} + \text{M plat} &= 239.796 + 11250 \\ &= 11489.796 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\text{Wb} = 0.5011 \text{ m}^3$$

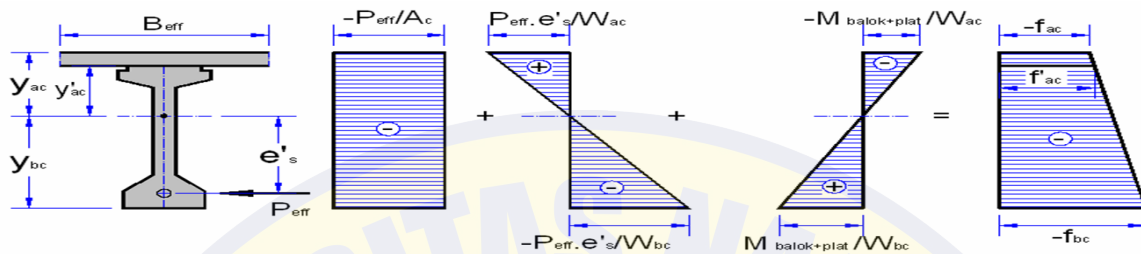
$$\text{es} = 1.0744 \text{ m}$$

Tegangan di serat atas:

$$\begin{aligned}\text{Fa} &= -\frac{P_{eff}}{A} + P_{eff} * \frac{es}{Wa} + \frac{M_{balok} + Plat}{Wa} \\ &= -17873.33 / 0.7523 + 17873.33 * 1.0744 / 0.5582 + 11489.796 / 0.5582 \\ &= -9938.619822 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fb} &= -\frac{P_{eff}}{A} + p_{eff} * \frac{es}{Wb} + \frac{M_{balok} + plat}{Wb} \\ &= -17873.33 / 0.7523 + 17873.33 * 1.0744 / 0.5011 + 11489.796 / 0.5011 \\ &= 37489.72 \text{ kPa} < -0.45 * f_c' \text{ (Aman)}\end{aligned}$$

4.16.4 Keadaan Setelah Plat Dan Balok Menjadi Komposit



Gambar 4.15 Keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit

Mutu beton balok prategang : K -500

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton, } f_c' &= 0.83 * K * 100 \\ &= 0.83 * 500 * 100 \\ &= 41500 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tekan beton: } -0.45 * f_c' &= -0.45 * 41500 \\ &= -18675 \text{ kPa} \end{aligned}$$

4.17 Tegangan Yang Terjadi Pada Balok

4.17.1 Tegangan Akibat Berat Sendiri (M_s)

Momen akibat berat sendiri:

$$M_{MS} = 38487 \text{ kNm}$$

$$A_c = 0.989 \text{ m}^2$$

$$W_{ac} = 0.667 \text{ m}^3$$

$$W'_{ac} = 0.832 \text{ m}^3$$

$$W_{bc} = 0.516 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan beton di serat atas plat: } f_{ac} &= +M_{MS} / W_{ac} \\ &= 38487 / 0.667 \\ &= -57740 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan beton di serat atas balok : } f_{ac} &= -MMS/W'ac \\ &= -38487 / 0.832 \\ &= -46235 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan beton di serat bawah balok : } f_{bc} &= +MMS/Wbc \\ &= 38487 / 0.516 \\ &= 74571 \text{ kPa} \end{aligned}$$

4.17.2 Tegangan Akibat Beban Mati Tambahan (MA)

Momen akibat beban mati tambahan:

$$MMA = 6053 \text{ kNm}$$

$$Ac = 0.989 \text{ m}^2$$

$$Wac = 0.667 \text{ m}^3$$

$$W'ac = 0.832 \text{ m}^3$$

$$Wbc = 0.516 \text{ m}^3$$

Tegangan beton di serat atas plat :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -MMS/Wac \\ &= -6053 / 0.667 \\ &= -9080.21 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat atas balok :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -MMS/W'ac \\ &= -6053 / 0.8324 \\ &= -7270.89 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah balok :

$$f_{bc} = +MMS/Wbc$$

$$= + 6053 / 0.516$$

$$= 11727 \text{ kPa}$$

$$\text{Total} = f_{ac} + f'_{ac} + f'_{bc}$$

$$= -9080.21 - 7270.89 + 11727$$

$$= - 4624$$

4.17.3 Tegangan Akibat Susut Dan Rangkak (SR)

4.17.4 Tegangan Akibat Susut Beton (SHRINKAGE)

Menurut NAASRA Bridge Design Specification, Gaya internal yang timbul akibat susut dinyatakan dengan :

$$P_s = A_{plat} * E_{plat} * \Delta \epsilon_{su} * n * \left[\frac{1-e}{c_f} \right]$$

$$A_{plat} = \text{luas penampang plat, } A_{plat} = B_{eff} * h_o$$

$$= 1.18 * 0.2$$

$$= 0.2367 \text{ m}^2$$

$$E_{plat} = \text{modulus elastis balok, } E_{plat} = 23450000 \text{ Kpa}$$

$$e = \text{Bilangan Natural, } e = 27.83$$

$$n = E_{plat} / W \text{ balok,}$$

$$n = 0.657498486$$

$$k_b = 0.938$$

$$k_c = 3$$

$$k_d = 0.938$$

$$k_e = 0.734$$

$$K_{tn} = 0.2$$

$$A_c = 0.9889 \text{ m}^2$$

Eksentrisitas tendon,

$$e' = y_{ac} - h_o / 2$$

$$= 1.00371 - 0.2 / 2$$

$$= 0.904 \text{ m}$$

$$W_{ac} = 0.667 \text{ m}^3$$

$$W'_{ac} = 0.832 \text{ m}^3$$

$$W_{bc} = 0.516 \text{ m}^3$$

Gaya internal yang timbul akibat susut :

$$\begin{aligned}\Delta \varepsilon_{su} &= \varepsilon_b * k_b * k_e * k_p \\ &= 0.0006 * 0.938 * 0.734 * 0.999 \\ &= 0,000413\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c_f &= k_b * k_c * k_e * (1 - k_{tn}) \\ &= 0,938 * 3 * 0,938 * 0.734 \\ &= 1.550\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_s &= A_{plat} * E_{plat} * \Delta \varepsilon_{su} * n * \left[\frac{1-e}{c_f} \right] \\ &= 0.2367 * 23450000 * 0,000413 * 0.658 [(1 - 27.83) / 2 \\ &= 966,1070511 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tegangan akibat susut yang terjadi:

Tegangan beton di serat atas plat

$$\begin{aligned}f_{ca} &= \frac{P_s}{A_c} - p_s * e' / W_{ac} \\ &= 966.107 / 0.9889 - 966.107 * 0.904 / 0.667 \\ &= -333 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

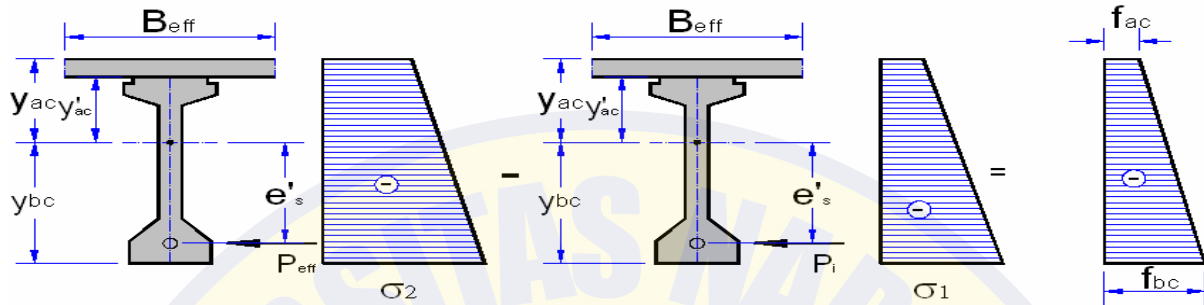
Tegangan beton di serat atas balok,

$$\begin{aligned}f_{ca} &= \frac{P_s}{A_c} - p_s * e' / W'_{ac} \\ &= 966.107 / 0.9889 - 966.107 * 0.904 / 0.832 \\ &= -72 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah balok,

$$\begin{aligned}f_{cb} &= \frac{P_s}{A_c} + P_s * e' / W_{bc} \\ &= 966.107 / 0.9889 + 966.107 * 0.904 / 0.516 \\ &= 2668 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

4.17.5 Tegangan akibat Rangka Beton (CREEP)



Gambar 4.16 Tegangan Akibat Rangka Beton

Sumber: hasil gambar autocad

Residual creep (menurut NAASRA Bridge Design Specification) dinyatakan dengan persamaan :

$$\sigma_{cr} = (1 - e^{-cf}) * (\sigma_2 - \sigma_1)$$

σ_2 = tegangan pada balok komposit pada kondisi awal sebelum loss of prestress

σ_1 = tegangan pada balok komposit pada kondisi akhir setelah loss of prestress.

cf = the residual creep factor = $kb * kc * kd * ke * (1 - ktn)$

$$= 0.98 * 3 * 0.938 * 0.734 * (1 - 0.2)$$

$$= 1.550$$

e = bilangan natural = 2.718

$$(1 - e^{-cf}) = (1 - 2.718^{-1.550})$$

$$= 0.7877$$

$$P_i = 20933.6 \text{ kN}$$

$$A_c = 0.989 \text{ m}^2$$

$$P_{eff} = 19202.43 \text{ kN}$$

$$W_{ac} = 0.667 \text{ m}^3$$

$$e'_s = 1.1588 \text{ m}$$

$$W'_{ac} = 0.832 \text{ m}^3$$

$$M_{\text{balok+plat}} = 35229,5625 \text{ kNm} \quad W_{bc} = 0.516 \text{ m}^3$$

Tegangan pada balok sebelum loss of prestress,

Tegangan beton di serat atas plat :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -\frac{p_i}{A_c} + p_i * \frac{e's}{W_{ac}} - M_{balok} + Plat/W_{ac} \\ &= 20933,6 / 0.989 * 1.1588 / 0.516 - 35229,5625 / 0.516 \\ &= -37627 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat atas balok :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -\frac{p_i}{A_c} + P_i * \frac{e's}{W'_{ac}} - M_{balok} + Plat/W'_{ac} \\ &= 20933,6 / 0.989 * 1.1588 / 0.832 - 35229,5625 / 0.832 \\ &= -34347 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah balok :

$$\begin{aligned} f_{bc} &= -\frac{P_i}{A_c} - P_i * \frac{e's}{W_{bc}} + M_{balok} + Plat/W_{bc} \\ &= 20933,6 / 0.989 * 1.1588 / 0.667 - 35229,5625 / 0.667 \\ &= 92 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan pada balok setelah loss of prestress,

Tegangan beton di serat atas plat :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -\frac{p_{eff}}{A_c} + p_{eff} * \frac{e's}{W_{ac}} - M_{balok} + Plat/W_{ac} \\ &= -19202.43/0.989 + 19202.43 * 1.1588 / 0.516 - 35229,5625 / 0.516 \\ &= -38886 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat atas balok :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -\frac{P_{eff}}{A_c} + p_{eff} * \frac{e's}{W'_{ac}} - M_{balok} + plat/W'_{ac} \\ &= -19202.43 / 0.989 + 19202.43 * 1.1588 / 0.832 - 35229,5625 / 0.832 \\ &= -35007 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah balok:

$$\begin{aligned}
 f_{bc} &= -\frac{p_{eff}}{A_c} - p_{eff} * \frac{e's}{W_{bc}} + M_{balok} + plat / w_{bc} \\
 &= -19202.43 / 0.989 - 19202.43 * 1.1588 / 0.667 + 35229,5625 / 0.667 \\
 &= 5730 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

4.17.6 Tegangan Pada Balok

		σ_2 (kPa)	σ_1 (kPa)	$\sigma_2 - \sigma_1$	(1 - e-cf)	σ_{cr} (kPa)
Tegangan beton di serat atas plat.	fca =	-38886	-37627	-1259	0,78774	-992
Tegangan beton di serat atas balok,	f'ca =	-35007	-34347	-659	0,78774	-519
Tegangan beton di serat bawah balok,	fc _b =	5730	92	-5637	0,78774	-4441

4.18 Superposisi Tegangan Susut Dan Rangkak

Tabel 4.32. Super Posisi tegangan

Tegangan pada beton akibat		Susut		Rangka		Susut dan Rangka	
Tegangan beton di serat atas plat,	fca =	-333	KPa	-992	kPa	-1325	kPa
Tegangan beton di serat bawah plat,	f'ca =	-72	KPa	-519	kPa	-591	kPa
Tegangan beton di serat bawah balok,	fc _b =	2668	KPa	-4441	kPa	1772	kPa

4.18.1 Tegangan Akibat Prategang (PR)

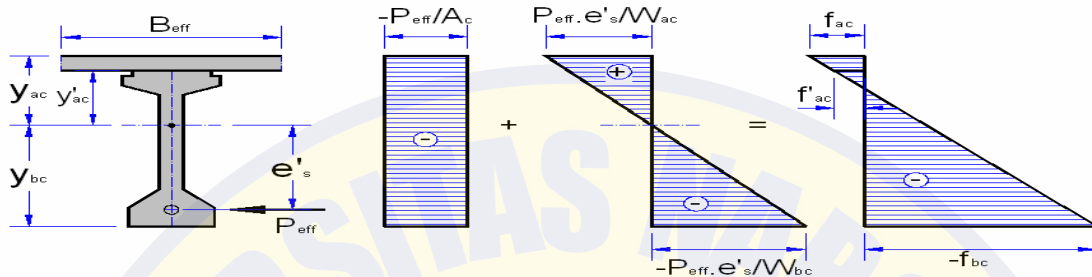
Gaya prategang efektif, $P_{eff} = 19202,43 \text{ kN}$, Eksentrisitas, $e's = 1,159 \text{ m}$

$$A_c = 0,989 \text{ m}^2$$

$$W_{ac} = 0,667 \text{ m}^3$$

$$W'_{ac} = 0,832 \text{ m}^3$$

$$W_{bc} = 0,516 \text{ m}^3$$



Gambar 4.17 Tegangan akibat prategang

Tegangan beton di serat atas plat:

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -\frac{P_{eff}}{A_c} + p_{eff} * e'_s / w_{ac} \\ &= -19202.43 / 0,989 + 19202.43 * 1.1588 / 0,667 \\ &= 13967 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat atas balok:

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -\frac{P_{eff}}{A_c} + p_{eff} * e'_s / W'_{ac} \\ &= -19202.43 / 0,989 + 19202.43 * 1.1588 / 0.832 \\ &= 7315 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah balok,

$$\begin{aligned} f_{bc} &= -\frac{P_{eff}}{A_c} - p_{eff} * e'_s / W_{bc} \\ &= -19202.43 / 0,989 + 19202.43 * 1.1588 / 0,516 \\ &= -62530 \text{ kPa} \end{aligned}$$

4.18.2 Tegangan Akibat Beban Lajur "D" (Td)

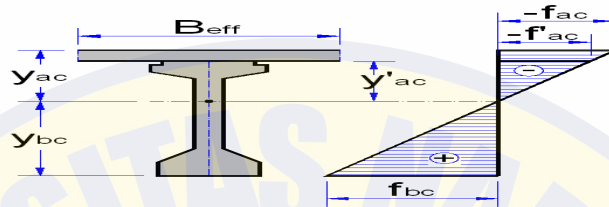
Momen balok akibat beban lajur "D"

$$MTD = 16249.5 \text{ kNm}$$

$$W_{ac} = 0.667 \text{ m}^3$$

$$W'_{ac} = 0.832 \quad m^3$$

$$W_{bc} = 0.516 \quad m^3$$



Tegangan beton di serat atas plat :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -MTD/W_{ac} \\ &= -16249.5/0.667 \\ &= -24378 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat atas balok :

$$\begin{aligned} f'_{ac} &= -MTD/W'_{ac} \\ &= 16249.5/0.832 \\ &= -19521 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah balok :

$$\begin{aligned} f_{bc} &= MTD/W_{bc} \\ &= 16249.5/0.516 \\ &= 31484 \text{ kPa} \end{aligned}$$

4.18.3 Tegangan Akibat Gaya REM (TB)

Momen balok akibat gaya rem :

$$MTB = 96,991 \text{ kNm}$$

$$W_{ac} = 0,667 \quad m^3$$

$$W'_{ac} = 0,832 \quad m^3$$

$$W_{bc} = 0,516 \quad m^3$$

Tegangan beton di serat atas plat :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -MTB/Wac \\ &= -96.991 / 0.667 \\ &= -146 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat atas balok :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -MTB/W'ac \\ &= -96.991 / 0.832 \\ &= -117 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah balok :

$$\begin{aligned} f_{bc} &= MTB/Wbc \\ &= 96.991 / 0.516 \\ &= 188 \text{ kPa} \end{aligned}$$

4.18.4 Tegangan Akibat Beban Angin (Ew)

Momen balok akibat beban angin :

$$MEW = 1470 \text{ kNm}$$

$$W_{ac} = 0.667 \text{ m}^3$$

$$W'_{ac} = 0.832 \text{ m}^3$$

$$W_{bc} = 0.516 \text{ m}^3$$

Tegangan beton di serat atas plat :

$$\begin{aligned} f_{ac} &= -MEW/Wac \\ &= 1470 / 0.667 \\ &= -2205 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat atas balok :

$$f_{ac} = -MEW/W'ac$$

$$= -1470 / 0.832$$

$$= -1766 \text{ kPa}$$

Tegangan beton di serat bawah balok :

$$f_{bc} = MEW / W_{bc}$$

$$= 1470 / 0.516$$

$$= 2848 \text{ kPa}$$

4.18.5 Tegangan Akibat Beban Gempa (EQ)

Momen balok akibat beban angin :

$$MEQ = 1781.58 \text{ kNm}$$

$$W_{ac} = 0.667 \text{ m}^3$$

$$W'_{ac} = 0.832 \text{ m}^3$$

$$W_{bc} = 0.516 \text{ m}^3$$

Tegangan beton di serat atas plat :

$$f_{ac} = -MEQ / W_{ac}$$

$$= 1781.58 / 0.667$$

$$= -2672,80 \text{ kPa}$$

Tegangan beton di serat atas balok :

$$f_{ac} = -MEQ / W'_{ac}$$

$$= -1781.58 / 0.832$$

$$= -2140 \text{ kPa}$$

Tegangan beton di serat bawah balok :

$$f_{bc} = MEQ / W_{bc}$$

$$= 1781.58 / 0.516$$

$$= 3452 \text{ kPa}$$

4.18.6 Tegangan Akibat Pengaruh Temperatur (ET)

Gaya internal akibat temperatur : $P_t = A_t * E_{balok} * \beta * (T_a + T_b)/2$

Perbedaan temperatur, $\Delta T = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$

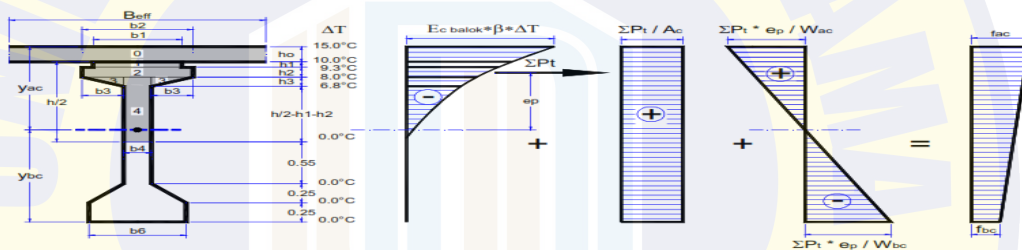
A_t = Luas tampang yang ditinjau

Modulus elastis balok, $E_{balok} = 23000000 \text{ kPa}$

T_a = Perbedaan temperatur gradien bagian atas

Koefisien muai, $\beta = 0.000011 / \text{ } ^\circ\text{C}$

T_b = Perbedaan temperatur gradien bagian bawah



$$A_c = 0.989 \text{ m}^2 \quad W_{ac} = 0.667 \text{ m}^3 \quad B_{eff} = 1.183 \text{ m}$$

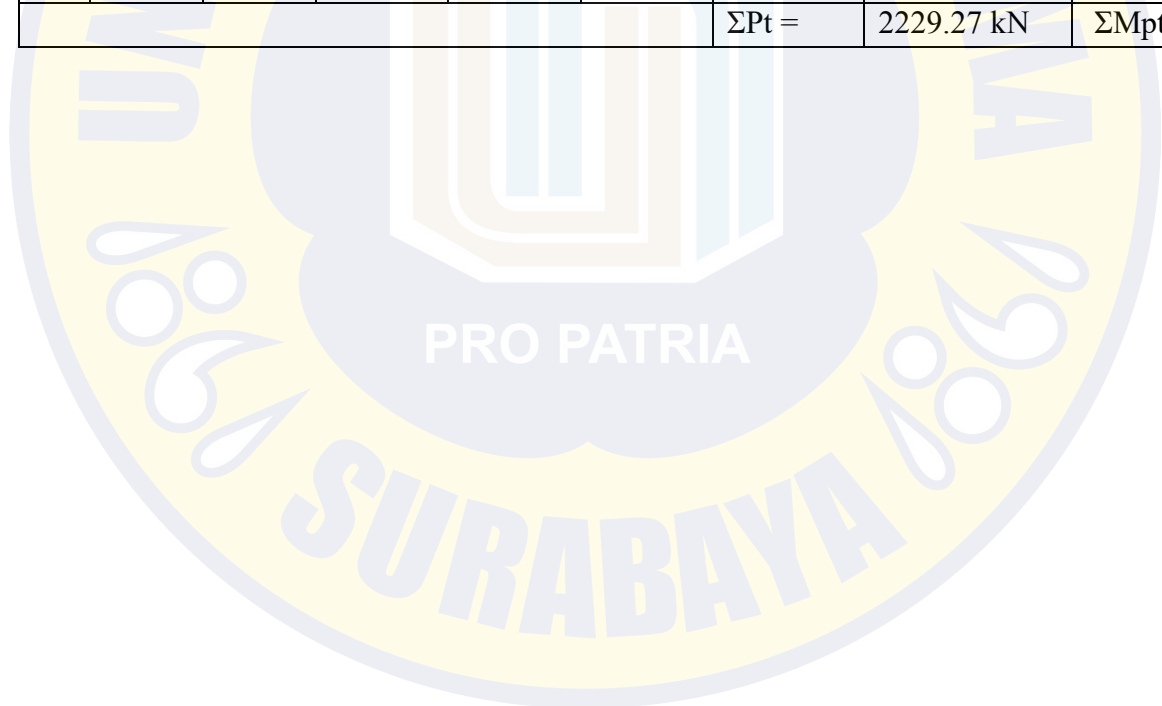
$$Y_{ac} = 1.004 \text{ m} \quad W'_{ac} = 0.832 \text{ m}^3 \quad h = 2.30 \text{ m}$$

$$Y_{bc} = 1.296 \text{ m} \quad W_{bc} = 0.516 \text{ m}^3 \quad h/4 = 0.95 \text{ m}$$

4.19 MOMEN AKIBAT TEMPERATUR

Tabel 4.33. Momen temperatur

No	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Luas At (m ²)	Temperatur		(Ta+Tb)/ 2 (°C)	Gaya Pt (kg)	Lengan terhadap titik berat penampang balok komposit
				atas T (°C)	bawah T (°C)			
0	1.18	0.2	0.2367	15	10	12.5	660.33	$z_0 = yac-ho/2$
1	0.64	0.07	0.0448	10	9.3	9.65	509.77	$z_1 = yac-ho-h1/2$
2	0.8	0.13	0.104	9.3	8	8.65	456.95	$z_2 = yac-ho-h1-h2/2$
3	0.3	0.12	0.036	8	6.8	7.4	390.92	$z_3 = yac-ho-h1-h2-h3/3$
4	0.2	0.85	0.17	8	0	4	211.31	$z_4 = yac-ho-h1-h2-h'4/2$
						$\Sigma Pt =$	2229.27 kN	$\Sigma M_{pt} =$



Tegangan yang terjadi akibat perbedaan temperatur :

Tegangan beton di serat atas plat :

$$\begin{aligned} f_{ca} &= -E_{balok} * \beta * \Delta T + \frac{\sum Pt}{Ac} + ep/wac \\ &= 23000000 * 0,000011 * 2229.27 / 0.989 + 2229.27 * 0.688 / 0.667 \\ &= -8350,328395 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat atas balok :

$$\begin{aligned} f_{ca} &= -E_{balok} * \beta * \Delta T + \frac{\sum Pt}{Ac} + \sum Pt * ep/W'ac \\ &= -23000000 * 0,000011 * 2229.27 / 0.989 + 2229.27 * 0.688 / 0.832 \\ &= -7891,778402 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tegangan beton di serat bawah balok :

$$\begin{aligned} f_{cb} &= \frac{\sum Pt}{Ac} - \sum Pt * ep/Wbc \\ &= 2229.27 / 0.989 + 2229.27 * 0.688 / 0.516 \\ &= -717,9965263 \text{ kPa} \end{aligned}$$

4.20 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan

Mutu Beton : K - 500

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton, } f_{c'} &= 0.83 * K * 100 \\ &= 0.83 * 500 * 100 \\ &= 41500 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tekan beton : } F_{c'} &= -0.45 * f_{c'} \\ &= -0.45 * 41500 \\ &= -18675 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan ijin tarik beton : } F_c &= 0.50 * \sqrt{f_{c'}} \\ &= 0.50 * \sqrt{41500} \\ &= 102 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tabel 4.34. Kombinasi Pembebanan Untuk Tegangan Ijin

Aksi / Beban	Simbol	KOMBINASI PEMBEBANAN				
		1	2	3	4	5
A. Aksi Tetap						
Berat sendiri	MS	√	√	√	√	√
Beban Mati Tambahan	MA	√	√	√	√	√
Susut dan Rangkak	SR	√	√	√	√	√
Prategang	PR	√	√	√	√	√
B. Aksi Transien						
Beban Lajur "D"	TD	√	√	√	√	
Gaya Rem	TB	√	√	√	√	
C. Aksi Lingkungan						
Pengaruh Temperatur	ET		√		√	
Beban Angin	EW			√	√	
Beban Gempa	EQ					√

4.20.1 Kontrol Tegangan Terhadap Kuat - 1

Tegangan ijin beton untuk Kuat- 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan ijin tekan : } F_c' &= -0.45 * f_c' \\
 &= -0.45 * 41500 \\
 &= -18675
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan ijin tarik : } F_c &= 0.50 * \sqrt{f_c'} \\
 &= 0.45 * \sqrt{41500} \\
 &= 102
 \end{aligned}$$

Teg	Berat sen	Mati tamb	Susut- rang	Prateg ang	Lajur "D"	Re m	Tempe ratur ET	Angin EW	Gemp a	Tegangan Komb	Ket.
	MS	MA	SR	PR	TD	TB			EQ		
fac	- 5774 0	-9080	-1325	13967	- 2437 8	- 146		-2205		-80907	< Fc' (AMAN)
fac	- 4623 5	-7271	-591	7315	- 1952 1	- 117		-1766		-68185	< Fc' (AMAN)
fbc	7457 1	11727	1772	- 62530	3148 4	188		2848		60061	< Fc' (AMAN)
Tegangan beton di serat bawah balok : fbc < 0 (tekan) maka sistim sambungan segmental aman (OK)											

4.20.4 Kontrol Tegangan Terhadap Kuat - 4

Tegangan ijin beton untuk Kuat- 4

Tegangan ijin tekan : $F_c' = -0.45 * f_c' = 41500 \text{ kPa}$

Tegangan ijin tarik : $F_c = 0.50 * \sqrt{f_c'} = 102 \text{ kPa}$

Tabel 4.38. Tegangan pada beton (kPa) yang terjadi akibat beban

Teg	Berat sen	Mati tamb	Susut- rang	Prategang	Lajur "D"	Rem	Temperatur	Angin	Gempa	Tegangan	Keter angan
	MS	MA	SR	PR	TD	TB	ET	EW	EQ	komb	
fac	- 57740	-9080	-1325	13967	- 24378	-146	-8350	-2205		-89258	< Fc' (AM AN)
fac	- 46235	-7271	-591	7315	- 19521	-117	-7892	-1766		-76077	< Fc' (AM AN)
fbc	74571	11727	1772	-62530	31484	188	-718	2848		59343	< Fc' (AM AN)
Tegangan beton di serat bawah balok : fbc < 0 (tekan) maka sistim sambungan segmental aman (OK)											

4.20.5 Kontrol Tegangan Terhadap Kuat - 5

Tegangan ijin beton untuk Kuat - 5

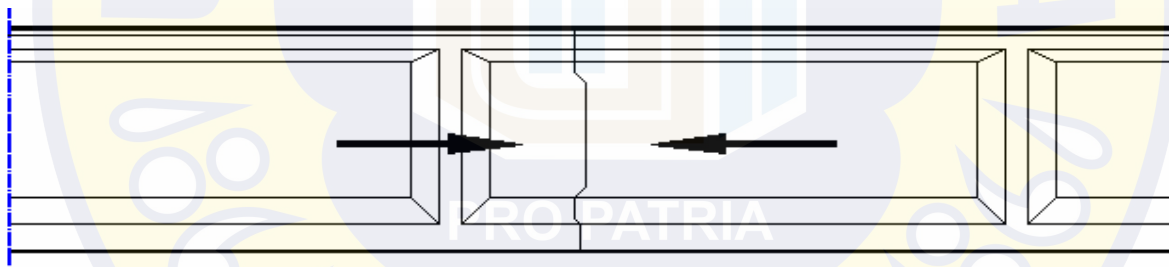
Tegangan ijin tekan : $F_c' = -0.45 * f_c' = -18675 \text{ kPa}$

Tegangan ijin tarik : $F_c = 0.50 * \sqrt{f_c'} = 102 \text{ kPa}$

Tabel 4.39. Tegangan pada beton (kPa) yang terjadi akibat beban

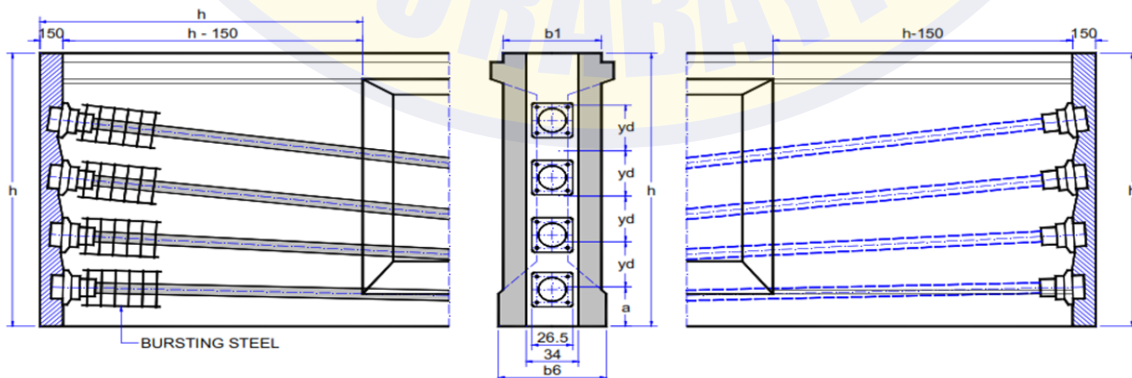
Te g	Berat sen	Mati tamb	Susut-rang	Prategang	Lajur "D"	Re m	Temp eratur	Angi n	Gem pa	TEGA NGAN	Ketera ngan
	MS	MA	SR	PR	TD	T B	ET	EW	EQ	KOMB	
fa c	- 5774 0	- 9080	-1325	13967					- 2673	-56851	< Fc' (AMA N)
fa c	-8192	- 1164	-264	2752					- 2140	-9008	< Fc' (AMA N)
fb c	1321 3	1877	312	- 23510					3452	-4656	< Fc' (AMA N)
Tegangan beton di serat bawah balok : sambungan segmental aman (OK) fbc < 0 (tekan) maka sistim											

Untuk berbagai kombinasi beban tidak terjadi tegangan tarik pada balok prategang, sehingga sistim sambungan segmen- tal pada balok cukup menggunakan resin (epoxy) tanpa ankur.



Sanbungan tekan pada segmental

4.21 Pembesian and Block



Gaya prategang akibat jacking pada masing-masing cable : $P_j = p_o * n_s * P_{bs}$

Tabel 4.40. Jacking cable

NO CABLE	Angkur hidup VSL		Angkur mati VSL		ns ^h (STRAND)	Pbs (kN)	Po	Pj (kN)	Sudut (..°)
	Sc (Ton)	Dim (mm)	P (Ton)	Dim (mm)					
1	19 Sc	265	19 P	250	17	187,3 2	177,602 %	5655,6 2	3,81
2	19 Sc	265	19 P	250	18	187,3 2	177,602 %	5988,3 0	2,96
3	19 Sc	265	19 P	250	19	187,3 2	177,602 %	6320,9 8	1,77
4	19 Sc	265	19 P	250	19	187,3 2	177,602 %	6320,9 8	0,57

4.22 Momen Statik Penampang Balok

Letak titik berat : $y_a = 1,09 \text{ m}$

$y_b = 1,212 \text{ m}$

Momen Statik Luasan Bagian Atas (Sxa)

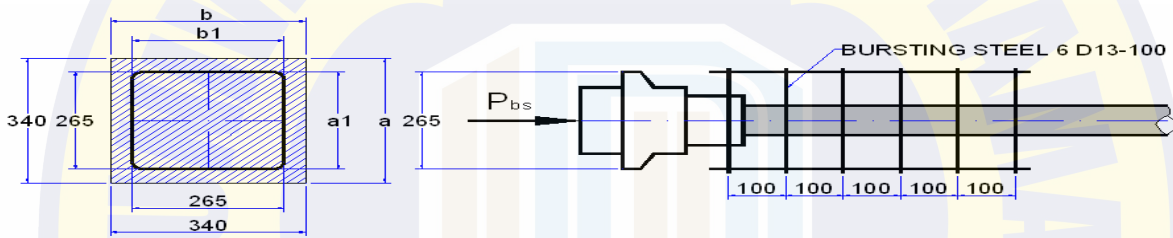
Tabel 4.41. Momen Statik

No	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Shape	Luas A (m ²)	Lengan y (m)	Momen A*y (m ³)
1	0,64	0,07	1	0,0448	1,053	0,047177
2	0,8	0,13	1	0,104	0,953	0,099117
3	0,3	0,12	1	0,036	0,848	0,03053
4	0,2	0,89	1	0,178	0,443	0,078863
Sxa =						0,255686

Tabel 4.42. Momen Statik Luasan

No	Lebar b (m)	Tebal h (m)	Shape	Luas A (m ²)	Lengan y (m)	Momen A*y (m ³)
4	0,20	0,76	1	0,152		0
5	0,25	0,25	1	0,0625	1,129	0,070539
6	0,70	0,25	1	0,175	1,08695046	0,190216
(Sxb) =						0,260755

4.23 Perhitungan Senggang Untuk Bursting Force



plat angkur sengkang untuk bursting force

Rasio perbandingan lebar plat angkur untuk sengkang arah vertikal : $ra = a1 / a$

Rasio perbandingan lebar plat angkur untuk sengkang arah horisontal : $rb = b1 / b$

Bursting force untuk sengkang arah vertikal : $Pbta = 0.30 * (1 - ra) * Pj$

Bursting force untuk sengkang arah horisontal : $Pbtb = 0.30 * (1 - rb) * Pj$

Luas tulangan sengkang arah vertikal yang diperlukan : $Ara = Pbta / (0.85 * fs)$

Luas tulangan sengkang arah horisontal yang diperlukan : $Arb = Pbtb / (0.85 * fs)$

fs = tegangan ijin tarik baja sengkang

Untuk mutu baja sengkang : U-32

Tegangan leleh baja sengkang : $fy = 320000$ kPa

Tegangan ijin baja sengkang : $fs = 0.578 * fy$

$$= 0.578 * 320000$$

$$= 184960 \text{ kPa}$$

Digunakan sengkang tertutup berdiameter : **2 D 13 mm**

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang sengkang : } A_s &= 2 * \pi / 4 * D \\ &= 265,330 \text{ mm}^2 \\ &= 0,00026533 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan : $n = A_{ra} / A_s$

Jumlah sengkang arah horisontal yang diperlukan : $n = A_{rb} / A_s$



Tabel 4.43. Perhitungan Senggang Arah Vertikal

NO CABLE	Angkur hidup VSL		Angkur mati VSL		Pj (kN)	a1 (mm)	a (mm)	ra	Pbta (kN)
	Sc (Ton)	Dim (mm)	P (Ton)	Dim (mm)					
1	19 Sc	265	19 P	250	5655,61814	250	340	0,73529	449,12
2	19 Sc	265	19 P	250	5988,30156	250	340	0,73529	475,54
3	19 Sc	265	19 P	250	6320,984979	250	340	0,73529	501,96
4	19 Sc	265	19 P	250	6320,984979	250	340	0,73529	501,96

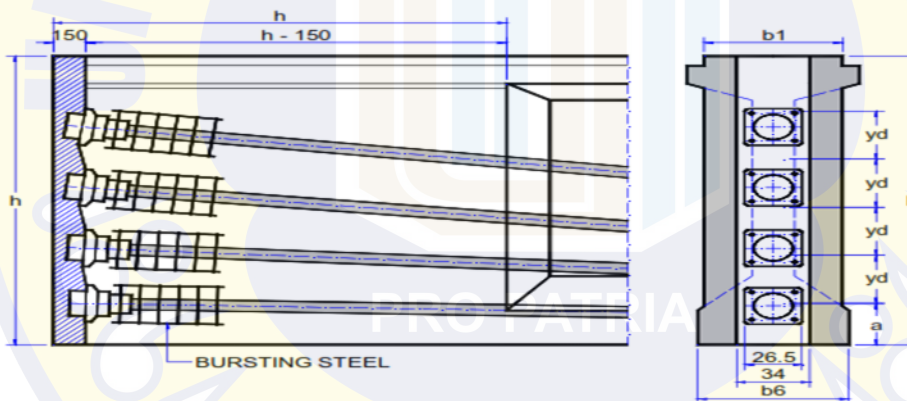
Tabel 4.44. Perhitungan Senggang Arah Horizontal

NO CABLE	Angkur hidup VSL		Angkur mati VSL		Pj (kN)	b1 (mm)	b (mm)	ra	Pbta (kN)
	Sc (Ton)	Dim (mm)	P (Ton)	Dim (mm)					
1	19 Sc	265	19 P	250	5655,61814	250	340	0,73529	449,12
2	19 Sc	265	19 P	250	5988,30156	250	340	0,73529	475,54
3	19 Sc	265	19 P	250	6320,984979	250	340	0,73529	501,96
4	19 Sc	265	19 P	250	6320,984979	250	340	0,73529	501,96

4.24 Jumlah Sengkang Yang Digunakan Untuk Bursting Force

Tabel 4.45. Jumlah Sengkang

NO CABLE	Angkur hidup VSL		Angkur mati VSL		Jumlah sengkang
	Sc (Ton)	Dim (mm)	P (Ton)	Dim (mm)	
1	19 Sc	265	19 P	250	12
2	19 Sc	265	19 P	250	12
3	19 Sc	265	19 P	250	12
4	19 Sc	265	19 P	250	12
5	19 Sc	265	19 P	250	12



4.25 Tinjauan Terhadap Geser

V = gaya geser akibat beban

M = momen akibat beban

Eksentrisitas tendon :

$$e = Y = 4 * f * X / L^2 * (L - X)$$

Sudut kemiringan tendon :

$$\alpha = ATAN [4 * f * (L - 2 * X) / L^2]$$

Komponen gaya arah x,

$$P_x = P_{eff} * \cos \alpha$$

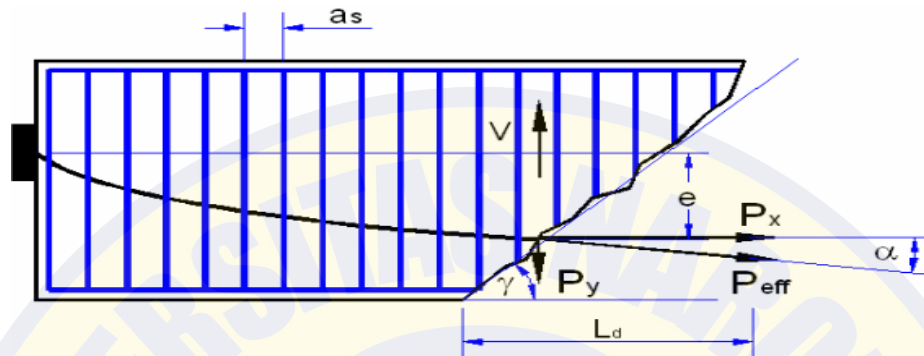
Komponen gaya arah y,

$$P_y = P_{eff} * \sin \alpha$$

Resultan gaya geser, $V_r = V - P_y$

Tegangan geser yang terjadi :

$$f_v = V_r * S_x / (b * I_x)$$



Untuk tinjauan geser di atas garis netral :

Tegangan beton di serat atas : $f_a = -\frac{P_x}{A} + P_x * \frac{e}{W_a} - M/W_a$

Sudut bidang geser, $\gamma = \frac{1}{2} * ATAN(2 * \frac{f_v}{f_a})$

Jarak sengkang yang diperlukan, $a_s = f_a * A_t / (f_v * b * tany)$

Tegangan beton di serat bawah : $f_b = -\frac{P_x}{A} + P_x * \frac{e}{W_b} - M/W_b$

Sudut bidang geser, $\gamma = \frac{1}{2} * ATAN(2 * \frac{f_v}{f_b})$

Jarak sengkang yang diperlukan, $a_s = f_b * A_t / (f_v * b * tany)$

A_t = luas tulangan geser,

Untuk tulangan geser digunakan sengkang berdiameter D13

$$A = \pi / 4 * D^2 = 133 \text{ mm}^2$$

4.26 Resume Persamaan Untuk Tinjauan Geser

Persamaan (1) : $e = 4 * f * X / L^2 * (L - X)$ $A_t = 0,000133 \text{ m}^2$

Persamaan (2) : $\alpha = ATAN[4 * f * (L - 2 * X) / L^2]$ $f = 1,074450463 \text{ m}$

Persamaan (3) : $P_x = P_{eff} * \cos \alpha$ $L = 100 \text{ m}$

Persamaan (4) : $P_y = P_{eff} * \sin \alpha$ $P_{eff} = 19202,43 \text{ kN}$

Persamaan (5) : $V_r = V - P_y$ $b = 0,3 \text{ m}$

Persamaan (6) : $f_v = V_r * s_x / (b * I_x)$ $A = 0,7523 \text{ m}^2$

Persamaan (7) : $f_a = -\frac{Px}{A} + Px * \frac{e}{W_a} - Ma - \frac{M}{W_a}$ $I_x = 0,607356839 \text{ m}^4$

Persamaan (8) : $\gamma = \frac{1}{2} * [ATAN(2 * \frac{fv}{fa})]$ $S_x = 0,260755 \text{ m}^3$

Persamaan (9) : $a_s = f_a * A_t / (f_v * b * \tan \gamma)$

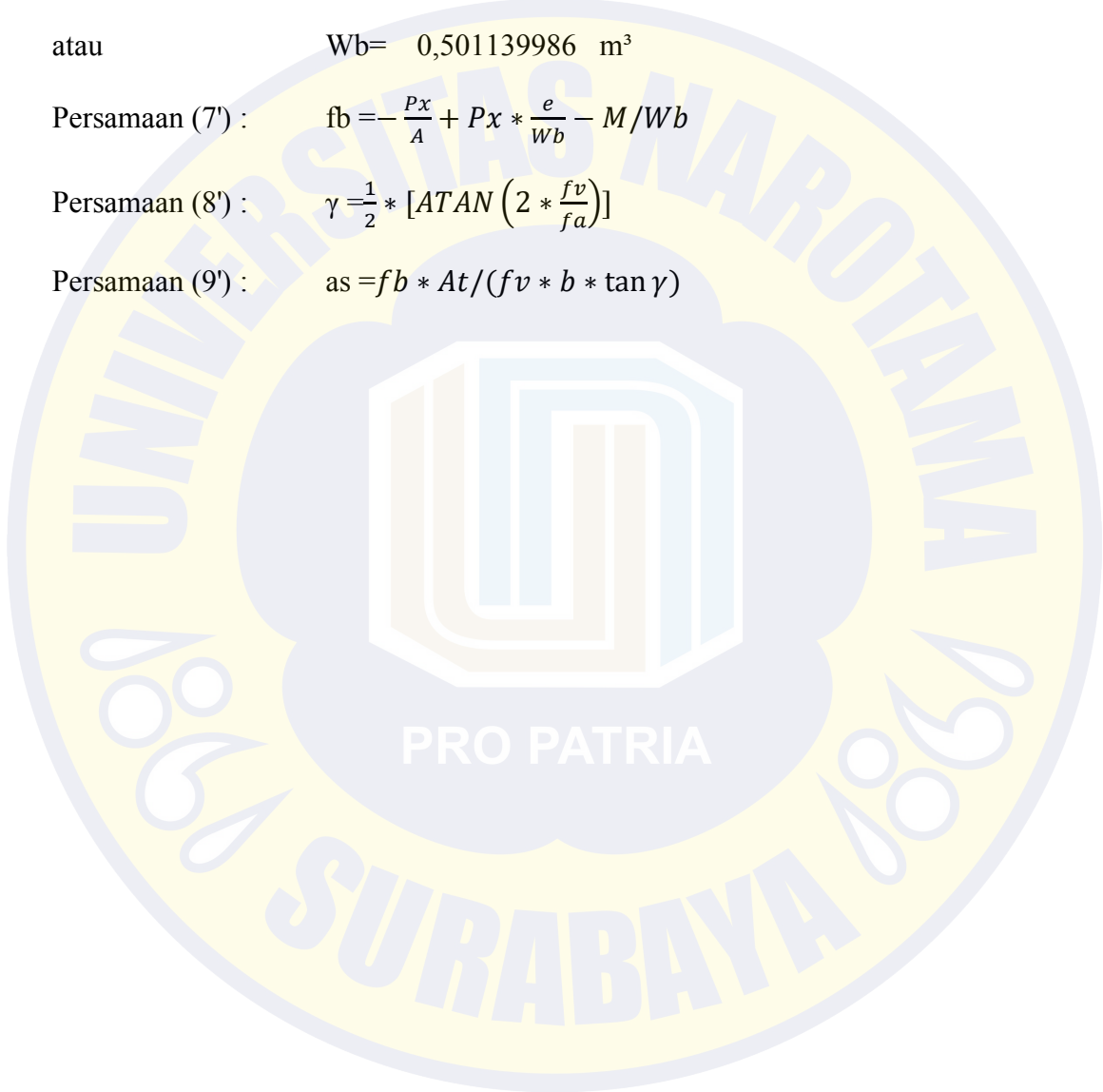
$$W_a = 0,558206973 \text{ m}^3$$

atau $W_b = 0,501139986 \text{ m}^3$

Persamaan (7') : $f_b = -\frac{Px}{A} + Px * \frac{e}{W_b} - M/W_b$

Persamaan (8') : $\gamma = \frac{1}{2} * [ATAN(2 * \frac{fv}{fa})]$

Persamaan (9') : $a_s = f_b * A_t / (f_v * b * \tan \gamma)$



Tabel 4.46. Tinjauan Geser Di Atas Garis Netral

X (m)	KUAT – III		Pers.(1)	Pers.(2)	Pers.(3)	Pers.(4)	Pers.(5)	Pers.(6)	Pers.(7)
	Momen M (kNm)	Geser V (kN)	e (m)	α (rad)	Px (kN)	Py (kN)	Vr (kN)	fv (kPa)	fa (kPa)
0	0,00	2000,42	0,00	0,04	19184,72	824,52	1175,90	1682,82	-25501,4
1	2716,34	1960,54	0,04	0,04	19185,42	808,06	1152,48	1649,30	-28906,7
2	5377,87	1920,65	0,08	0,04	19186,10	791,60	1129,06	1615,78	-32242,1
3	7984,59	1880,77	0,13	0,04	19186,77	775,13	1105,64	1582,27	-35509,3
4	10536,50	1840,89	0,17	0,04	19187,43	758,67	1082,22	1548,76	-38707,8
5	13033,59	1801,00	0,20	0,04	19188,08	742,20	1058,81	1515,25	-41837,5
6	15475,88	1761,12	0,24	0,04	19188,71	725,73	1035,39	1481,74	-44898,4
7	17863,35	1721,24	0,28	0,04	19189,32	709,26	1011,98	1448,24	-47890,6
8	20196,00	1681,36	0,32	0,04	19189,92	692,79	988,57	1414,73	-50814,1
9	22473,85	1641,47	0,35	0,04	19190,51	676,31	965,16	1381,23	-53668,8
10	24696,88	1601,59	0,39	0,03	19191,09	659,84	941,75	1347,73	-56454,9
11	26865,10	1561,71	0,42	0,03	19191,64	643,36	918,35	1314,24	-59172,2
12	28978,51	1521,82	0,45	0,03	19192,19	626,88	894,94	1280,74	-61820,7
13	31037,1	1481,94	0,49	0,03	19192,72	610,40	871,54	1247,25	-64400,6

	0								
14	33040,8 8	1442,06	0,52	0,03	19193,24	593,92	848,14	1213,76	-66911,8
15	34989,8 5	1402,17	0,55	0,03	19193,74	577,44	824,74	1180,27	-69354,2
16	36884,0 1	1362,29	0,58	0,03	19194,23	560,95	801,34	1146,79	-71728,0
17	38723,3 6	1322,41	0,61	0,03	19194,70	544,47	777,94	1113,30	-74033,0
18	40507,8 9	1282,52	0,63	0,03	19195,17	527,98	754,54	1079,82	-76269,4
19	42237,6 1	1242,64	0,66	0,03	19195,61	511,49	731,15	1046,34	-78437,1
20	43912,5 2	1202,76	0,69	0,03	19196,04	495,00	707,75	1012,86	-80536,2
21	45532,6 2	1162,87	0,71	0,02	19196,46	478,52	684,36	979,38	-82566,5
22	47097,9 0	1122,99	0,74	0,02	19196,87	462,02	660,97	945,90	-84528,2
23	48608,3 7	1083,11	0,76	0,02	19197,26	445,53	637,58	912,43	-86421,2
24	50064,0 3	1043,22	0,78	0,02	19197,63	429,04	614,18	878,95	-88245,5
25	51464,8 8	1003,34	0,81	0,02	19197,99	412,55	590,80	845,48	-90001,2
26	52810,9 1	963,46	0,83	0,02	19198,34	396,05	567,41	812,01	-91688,2
27	54102,1 3	923,57	0,85	0,02	19198,67	379,56	544,02	778,54	-93306,6
28	55338,5 4	883,69	0,87	0,02	19198,99	363,06	520,63	745,07	-94856,3

29	56520,1 4	843,81	0,88	0,02	19199,30	346,56	497,25	711,60	-96337,4
30	57646,9 2	803,93	0,90	0,02	19199,59	330,06	473,86	678,14	-97749,8
31	58718,9 0	764,04	0,92	0,02	19199,86	313,57	450,48	644,67	-99093,6
32	59736,0 6	724,16	0,94	0,02	19200,13	297,07	427,09	611,21	- 100368,3
33	60698,4 0	684,28	0,95	0,01	19200,38	280,57	403,71	577,75	- 101575,3
34	61605,9 4	644,39	0,96	0,01	19200,61	264,07	380,33	544,28	- 102713,3
35	62458,6 6	604,51	0,98	0,01	19200,83	247,56	356,95	510,82	- 103782,3
36	63256,5 7	564,63	0,99	0,01	19201,03	231,06	333,56	477,36	- 104783,3
37	63999,6 7	524,74	1,00	0,01	19201,23	214,56	310,18	443,90	- 105715,3
38	64687,9 6	484,86	1,01	0,01	19201,40	198,06	286,80	410,44	- 106578,3
39	65321,4 3	444,98	1,02	0,01	19201,57	181,55	263,42	376,98	- 107373,3
40	65900,0 9	405,09	1,03	0,01	19201,72	165,05	240,04	343,52	- 108099,3
41	66423,9 4	365,21	1,04	0,01	19201,85	148,55	216,66	310,07	- 108756,3
42	66892,9 7	325,33	1,05	0,01	19201,97	132,04	193,29	276,61	- 109345,3
43	67307,2 0	285,44	1,05	0,01	19202,08	115,54	169,91	243,15	- 109865,3
44	67666,6 1	245,56	1,06	0,01	19202,17	99,03	146,53	209,70	- 110317,3

45	67971,2 1	205,68	1,06	0,00	19202,25	82,53	123,15	176,24	- 110700,4
46	68220,9 9	165,79	1,07	0,00	19202,31	66,02	99,77	142,78	- 111014,4
47	68415,9 7	125,91	1,07	0,00	19202,36	49,52	76,39	109,33	- 111260,4
48	68556,1 3	86,03	1,07	0,00	19202,40	33,01	53,02	75,87	- 111437,4
49	68641,4 8	46,14	1,07	0,00	19202,42	16,51	29,64	42,42	- 111546,4
50	68672,0 2	6,26	1,07	0,00	19202,43	0,00	6,26	8,96	- 111586,4

Tabel 4.47. Tinjauan Geser Di Bawah Garis Netral

X (m)	KUAT - III		Pers.(1)	Pers.(2)	Pers.(3)	Pers.(4)	Pers.(5)	Pers.(6)	Pers.(7')
	Momen M (kNm)	Geser V (kN)	e (m)	α (rad)	Px (kN)	Py (kN)	Vr (kN)	fv (kPa)	fb (kPa)
0	0,00	2000,42	0,00	0,04	19184,72	824,52	1175,90	1682,82	-25501,42
1	2716,34	1960,54	0,04	0,04	19185,42	808,06	1152,48	1649,30	-29293,78
2	5377,87	1920,65	0,08	0,04	19186,10	791,60	1129,06	1615,78	-33009,54
3	7984,59	1880,77	0,13	0,04	19186,77	775,13	1105,64	1582,27	-36648,70
4	10536,50	1840,89	0,17	0,04	19187,43	758,67	1082,22	1548,76	-40211,28
5	13033,59	1801,00	0,20	0,04	19188,08	742,20	1058,81	1515,25	-43697,27
6	15475,88	1761,12	0,24	0,04	19188,71	725,73	1035,39	1481,74	-47106,69
7	17863,35	1721,24	0,28	0,04	19189,32	709,26	1011,98	1448,24	-50439,54
8	20196,00	1681,36	0,32	0,04	19189,92	692,79	988,57	1414,73	-53695,83

9	22473,85	1641,47	0,35	0,04	19190,51	676,31	965,16	1381,23	-56875,56
10	24696,88	1601,59	0,39	0,03	19191,09	659,84	941,75	1347,73	-59978,75
11	26865,10	1561,71	0,42	0,03	19191,64	643,36	918,35	1314,24	-63005,38
12	28978,51	1521,82	0,45	0,03	19192,19	626,88	894,94	1280,74	-65955,48
13	31037,10	1481,94	0,49	0,03	19192,72	610,40	871,54	1247,25	-68829,05
14	33040,88	1442,06	0,52	0,03	19193,24	593,92	848,14	1213,76	-71626,09
15	34989,85	1402,17	0,55	0,03	19193,74	577,44	824,74	1180,27	-74346,61
16	36884,01	1362,29	0,58	0,03	19194,23	560,95	801,34	1146,79	-76990,61
17	38723,36	1322,41	0,61	0,03	19194,70	544,47	777,94	1113,30	-79558,09
18	40507,89	1282,52	0,63	0,03	19195,17	527,98	754,54	1079,82	-82049,07
19	42237,61	1242,64	0,66	0,03	19195,61	511,49	731,15	1046,34	-84463,55
20	43912,52	1202,76	0,69	0,03	19196,04	495,00	707,75	1012,86	-86801,53
21	45532,62	1162,87	0,71	0,02	19196,46	478,52	684,36	979,38	-89063,02
22	47097,90	1122,99	0,74	0,02	19196,87	462,02	660,97	945,90	-91248,02
23	48608,37	1083,11	0,76	0,02	19197,26	445,53	637,58	912,43	-93356,53
24	50064,03	1043,22	0,78	0,02	19197,63	429,04	614,18	878,95	-95388,57
25	51464,88	1003,34	0,81	0,02	19197,99	412,55	590,80	845,48	-97344,12
26	52810,91	963,46	0,83	0,02	19198,34	396,05	567,41	812,01	-99223,20
27	54102,13	923,57	0,85	0,02	19198,67	379,56	544,02	778,54	-101025,82
28	55338,54	883,69	0,87	0,02	19198,99	363,06	520,63	745,07	-102751,96
29	56520,14	843,81	0,88	0,02	19199,30	346,56	497,25	711,60	-104401,65
30	57646,92	803,93	0,90	0,02	19199,59	330,06	473,86	678,14	-105974,87
31	58718,90	764,04	0,92	0,02	19199,86	313,57	450,48	644,67	-107471,64
32	59736,06	724,16	0,94	0,02	19200,13	297,07	427,09	611,21	-108891,95
33	60698,40	684,28	0,95	0,01	19200,38	280,57	403,71	577,75	-110235,81
34	61605,94	644,39	0,96	0,01	19200,61	264,07	380,33	544,28	-111503,22
35	62458,66	604,51	0,98	0,01	19200,83	247,56	356,95	510,82	-112694,19

SURABAYA

36	63256,57	564,63	0,99	0,01	19201,03	231,06	333,56	477,36	-113808,71
37	63999,67	524,74	1,00	0,01	19201,23	214,56	310,18	443,90	-114846,79
38	64687,96	484,86	1,01	0,01	19201,40	198,06	286,80	410,44	-115808,43
39	65321,43	444,98	1,02	0,01	19201,57	181,55	263,42	376,98	-116693,64
40	65900,09	405,09	1,03	0,01	19201,72	165,05	240,04	343,52	-117502,40
41	66423,94	365,21	1,04	0,01	19201,85	148,55	216,66	310,07	-118234,73
42	66892,97	325,33	1,05	0,01	19201,97	132,04	193,29	276,61	-118890,63
43	67307,20	285,44	1,05	0,01	19202,08	115,54	169,91	243,15	-119470,10
44	67666,61	245,56	1,06	0,01	19202,17	99,03	146,53	209,70	-119973,13
45	67971,21	205,68	1,06	0,00	19202,25	82,53	123,15	176,24	-120399,73
46	68220,99	165,79	1,07	0,00	19202,31	66,02	99,77	142,78	-120749,91
47	68415,97	125,91	1,07	0,00	19202,36	49,52	76,39	109,33	-121023,65
48	68556,13	86,03	1,07	0,00	19202,40	33,01	53,02	75,87	-121220,97
49	68641,48	46,14	1,07	0,00	19202,42	16,51	29,64	42,42	-121341,86
50	68672,02	6,26	1,07	0,00	19202,43	0,00	6,26	8,96	-121386,32

Tabel 4.48. Tinjauan Geser Di Bawah Garis Netral

X (m)	KUAT - III		Pers.(1) e (m)	Pers.(2) α (rad)	Pers.(3) Px (kN)	Pers.(4) Py (kN)	Pers.(5) Vr (kN)	Pers.(6) fv (kPa)	Pers.(7) fb (kPa)
	Momen M (kNm)	Geser V (kN)							
0	0,00	2000,42	0,00	0,04	19184,72	824,52	1175,90	1682,82	-25501,42
1	2716,34	1960,54	0,04	0,04	19185,42	808,06	1152,48	1649,30	-29293,78
2	5377,87	1920,65	0,08	0,04	19186,10	791,60	1129,06	1615,78	-33009,54
3	7984,59	1880,77	0,13	0,04	19186,77	775,13	1105,64	1582,27	-36648,70
4	10536,50	1840,89	0,17	0,04	19187,43	758,67	1082,22	1548,76	-40211,28

5	13033,59	1801,00	0,20	0,04	19188,08	742,20	1058,81	1515,25	-43697,2
6	15475,88	1761,12	0,24	0,04	19188,71	725,73	1035,39	1481,74	-47106,6
7	17863,35	1721,24	0,28	0,04	19189,32	709,26	1011,98	1448,24	-50439,5
8	20196,00	1681,36	0,32	0,04	19189,92	692,79	988,57	1414,73	-53695,8
9	22473,85	1641,47	0,35	0,04	19190,51	676,31	965,16	1381,23	-56875,5
10	24696,88	1601,59	0,39	0,03	19191,09	659,84	941,75	1347,73	-59978,7
11	26865,10	1561,71	0,42	0,03	19191,64	643,36	918,35	1314,24	-63005,3
12	28978,51	1521,82	0,45	0,03	19192,19	626,88	894,94	1280,74	-65955,4
13	31037,10	1481,94	0,49	0,03	19192,72	610,40	871,54	1247,25	-68829,0
14	33040,88	1442,06	0,52	0,03	19193,24	593,92	848,14	1213,76	-71626,0
15	34989,85	1402,17	0,55	0,03	19193,74	577,44	824,74	1180,27	-74346,6
16	36884,01	1362,29	0,58	0,03	19194,23	560,95	801,34	1146,79	-76990,6
17	38723,36	1322,41	0,61	0,03	19194,70	544,47	777,94	1113,30	-79558,0
18	40507,89	1282,52	0,63	0,03	19195,17	527,98	754,54	1079,82	-82049,0
19	42237,61	1242,64	0,66	0,03	19195,61	511,49	731,15	1046,34	-84463,5
20	43912,52	1202,76	0,69	0,03	19196,04	495,00	707,75	1012,86	-86801,5
21	45532,62	1162,87	0,71	0,02	19196,46	478,52	684,36	979,38	-89063,0
22	47097,90	1122,99	0,74	0,02	19196,87	462,02	660,97	945,90	-91248,0
23	48608,37	1083,11	0,76	0,02	19197,26	445,53	637,58	912,43	-93356,5
24	50064,03	1043,22	0,78	0,02	19197,63	429,04	614,18	878,95	-95388,5
25	51464,88	1003,34	0,81	0,02	19197,99	412,55	590,80	845,48	-97344,1
26	52810,91	963,46	0,83	0,02	19198,34	396,05	567,41	812,01	-99223,2
27	54102,13	923,57	0,85	0,02	19198,67	379,56	544,02	778,54	-101025,8
28	55338,54	883,69	0,87	0,02	19198,99	363,06	520,63	745,07	-102751,9
29	56520,14	843,81	0,88	0,02	19199,30	346,56	497,25	711,60	-104401,6
30	57646,92	803,93	0,90	0,02	19199,59	330,06	473,86	678,14	-105974,8
31	58718,90	764,04	0,92	0,02	19199,86	313,57	450,48	644,67	-107471,6

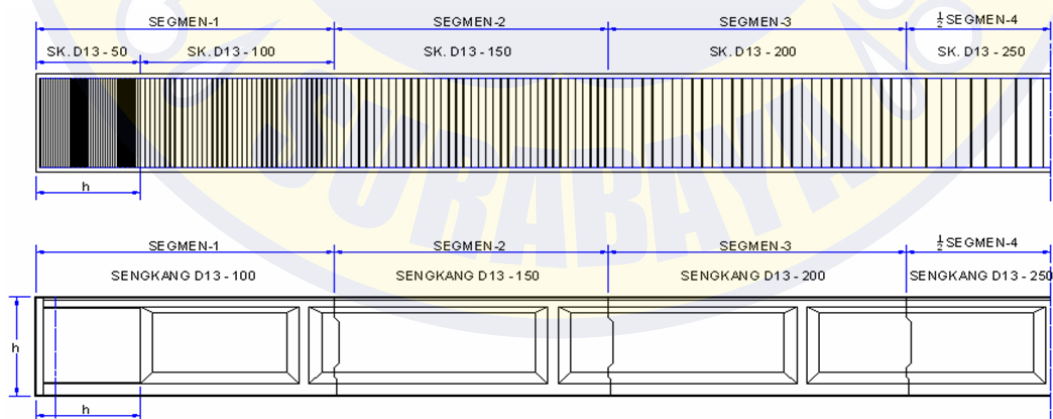
SURABAYA

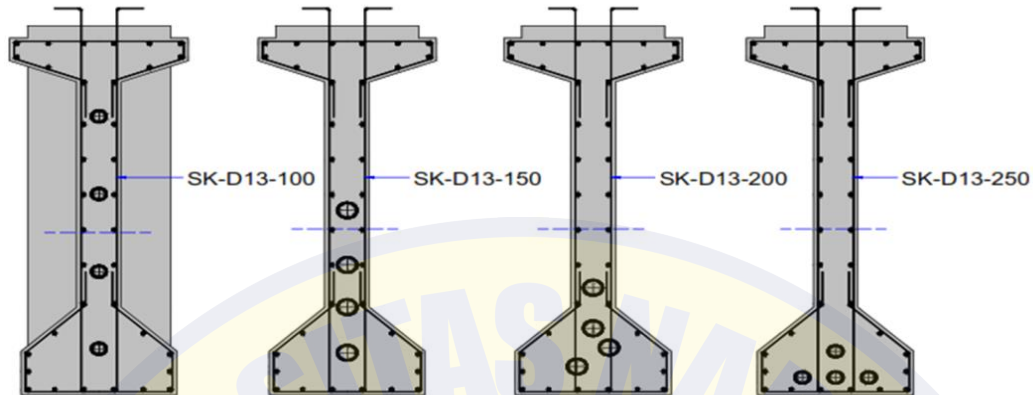
32	59736,06	724,16	0,94	0,02	19200,13	297,07	427,09	611,21	-108891,9
33	60698,40	684,28	0,95	0,01	19200,38	280,57	403,71	577,75	-110235,8
34	61605,94	644,39	0,96	0,01	19200,61	264,07	380,33	544,28	-111503,2
35	62458,66	604,51	0,98	0,01	19200,83	247,56	356,95	510,82	-112694,1
36	63256,57	564,63	0,99	0,01	19201,03	231,06	333,56	477,36	-113808,7
37	63999,67	524,74	1,00	0,01	19201,23	214,56	310,18	443,90	-114846,7
38	64687,96	484,86	1,01	0,01	19201,40	198,06	286,80	410,44	-115808,4
39	65321,43	444,98	1,02	0,01	19201,57	181,55	263,42	376,98	-116693,6
40	65900,09	405,09	1,03	0,01	19201,72	165,05	240,04	343,52	-117502,4
41	66423,94	365,21	1,04	0,01	19201,85	148,55	216,66	310,07	-118234,7
42	66892,97	325,33	1,05	0,01	19201,97	132,04	193,29	276,61	-118890,6
43	67307,20	285,44	1,05	0,01	19202,08	115,54	169,91	243,15	-119470,1
44	67666,61	245,56	1,06	0,01	19202,17	99,03	146,53	209,70	-119973,1
45	67971,21	205,68	1,06	0,00	19202,25	82,53	123,15	176,24	-120399,7
46	68220,99	165,79	1,07	0,00	19202,31	66,02	99,77	142,78	-120749,9
47	68415,97	125,91	1,07	0,00	19202,36	49,52	76,39	109,33	-121023,6
48	68556,13	86,03	1,07	0,00	19202,40	33,01	53,02	75,87	-121220,9
49	68641,48	46,14	1,07	0,00	19202,42	16,51	29,64	42,42	-121341,8
50	68672,02	6,26	1,07	0,00	19202,43	0,00	6,26	8,96	-121386,3



Tabel 4.49. Jarak Sengkang Yang Digunakan

X (m)	Jarak sengkang D13		
	Tinjauan geser-1	Tinjauan geser-2	Jarak yg diambil
0	102	-11	50
1	136	-13	50
2	177	-15	50
3	223	-17	100
4	277	-19	100
5	338	-21	150
6	406	-23	150
7	484	-25	150
8	571	-27	150
9	668	-29	150
10	776	-32	150
11	897	-34	200
12	1031	-37	200
13	1179	-39	200
14	1344	-42	200
15	1527	-45	250
16	1730	-48	350
17	1956	-51	250
18	2207	-54	250
19	2485	-58	250
20	2796	-61	250





4.27 Perhitungan Penghubung Geser (Shear Conector)

Tegangan geser horisontal akibat gaya lintang pada penampang yang ditinjau dihitung dengan rumus :

$$f_v = V_i * s_x / (b_v * I_{xc})$$

V_i = gaya lintang pada penampang yang ditinjau

S_x = momen statis luasan plat terhadap titik berat penampang komposit

$$S_x = b_{eff} * h_o * (y_{ac} - \frac{h_o}{2})$$

b_v = lebar bidang gesek (= lebar bidang kontak antara plat dan balok)

b_{eff} = lebar efektif plat h_o = tebal plat

h_o = tebal plat

I_{xc} = Inersia penampang balok komposit

Luas total shear conector:

$$A_{st} = n_s * A_s$$

n_s = jumlah shear conector

A_s = luas satu shear conector

Jarak antara shear conector, dihitung dengan rumus :

$$a_s = f_s * A_{st} * K_t / (f_v * b_v)$$

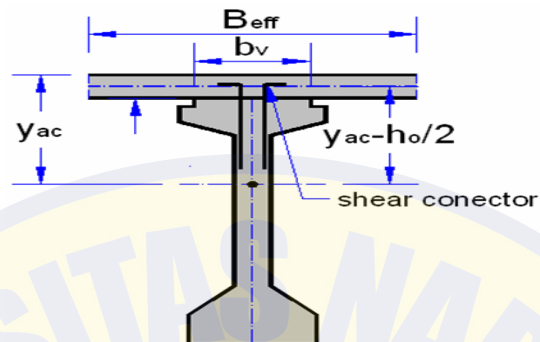
k_f = koefisien gesek pada bidang kontak (= 1 - 1.4)

f_s = tegangan ijin baja shear conector

$$f_s = 0,578 * f_y$$

f_{ci} = tegangan ijin beton balok komposit

Jika $f_v > 0.2 * f_{ci}$ maka penampang harus diperbesar



Dimension : $b_{eff} = 1,18 \text{ m}$

$h_o = 0,2 \text{ m}$

$b_v = 0,64 \text{ m}$

Section properties $y_{ac} = 1.00371 \text{ m}$

$I_{xc} = 0.6690 \text{ m}^4$

Mutu Beton : K - 500

Kuat tekan beton:

$f_c' = 0.83 * K * 100$

$= 0.83 * 500 * 100$

$= 41500 \text{ kPa}$

Tegangan ijin beton:

$f_{ci} = 0.30 * f_c'$

$= 0.30 * 41500$

$= 12450 \text{ kPa}$

Tegangan ijin geser:

$f_{vi} = 0.20 * f_c'$

$= 0.20 * 41500$

$= 8300 \text{ kPa}$

Mutu Baja : U - 32

Tegangan leleh :

$$\begin{aligned}f_y &= U * 10^4 \\ &= 32 * 10^4 \\ &= 320000 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Tegangan ijin :

$$\begin{aligned}f_s &= 0.578 * f_y \\ &= 0.578 * 320000 \\ &= 184960 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$k_f = 1$$

Untuk shear conector digunakan tulangan, D 13

Jumlah besi tulangan, $n_s = 2$

$$\begin{aligned}&= \frac{\pi}{4} * 13^2 \\ &= 3.14 / 4 * 13^2 \\ &= 0.00013 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{st} &= n_s * A_s \\ &= 2 * 0.00013 \\ &= 0.00026 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_x &= b_{eff} * h_o * \left(y_{ac} - \frac{h_o}{2} \right) \\ &= 1.18 * 0.2 * (1.00371 - 0.2 / 2) \\ &= 0.21391 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Tabel 4.50. Perhitungan Jarak Shear Conector

X (cm)	KUAT-I Vi (kN)	KUAT-II Vi (kN)	KUAT-III Vi (kN)	KUAT-I fv (kPa)	KUAT-II fv (kPa)	KUAT-III fv (kPa)	KONTR OL fvI = 2490	KUAT-I as (m)	KUAT-II as (m)
0	2491.84	2491.84	2000.42	1244.86	1244.85	999.36	< fvi (aman)	0.06	0.06
1	2445.68	2445.68	1960.54	1221.80	1221.79	979.43	< fvi (aman)	0.06	0.06
2	2399.52	2399.52	1920.65	1198.73	1198.73	959.51	< fvi (aman)	0.06	0.06
3	2353.35	2353.35	1880.77	1175.67	1175.67	939.58	< fvi (aman)	0.07	0.07
4	2307.19	2307.19	1840.89	1152.61	1152.61	919.66	< fvi (aman)	0.07	0.07
5	2261.03	2261.03	1801.00	1129.55	1129.55	899.73	< fvi (aman)	0.07	0.07
6	2214.87	2214.87	1761.12	1106.49	1106.49	879.81	< fvi (aman)	0.07	0.07
7	2168.71	2168.71	1721.24	1083.42	1083.43	859.89	< fvi (aman)	0.07	0.07
8	2122.55	2122.55	1681.36	1060.37	1060.37	839.96	< fvi (aman)	0.07	0.07
9	2076.38	2076.38	1641.47	1037.30	1037.31	820.04	< fvi (aman)	0.07	0.07
0	2030.22	2030.22	1601.59	1014.24	1014.25	800.11	< fvi (aman)	0.08	0.08
11	1984.06	1984.06	1561.71	991.18	991.18	780.19	< fvi (aman)	0.08	0.08

12	1937.90	1937.90	1521.82	968.12	968.12	760.26	< fvi (aman)	0.08	0.08
13	1891.74	1891.74	1481.94	945.06	945.06	740.337 3	< fvi (aman)	0.08	0.08
14	1845.58	1845.58	1442.06	922.00	922.00	720.412 8	< fvi (aman)	0.08	0.08
15	1799.41	1799..41	1402.17	898.94	898.94	700.488 2	< fvi (aman)	0.09	0.09
16	1753.25	1753.25	1362.29	875.89	875.89	680.563 6	< fvi (aman)	0.09	0.09
17	1707.09	1707.09	1322.41	852.82	852.82	660.639 1	< fvi (aman)	0.09	0.09
18	1660.93	1660.93	1282.52	829.76	829.76	640.714 5	< fvi (aman)	0.09	0.09
19	1614.77	1614.77	1242.64	806.69	806.69	620.789 9	< fvi (aman)	0.10	0.10
20	1568.61	1568.61	1202.76	783.63	783.633	600.8653	< fvi (aman)	0.10	0.10



4.28 Lendutan Balok

4.28.1 Lendutan Pada Balok Prestress (Sebelum Composit)

$$E_{balok} = 36000000 \text{ kPa}$$

$$I_x = 0.60736 \text{ m}^4$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$P_{t1} = 19511.88 \text{ kN} \quad e_s = 1.0744 \text{ m} \quad M_{balok} = 23979.56 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} Q_{pt1} &= 8 * P_{t1} * e_s / L^2 \\ &= 8 * 19511.88 * 1.0744 / 100^2 \\ &= 16.772 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{balok} &= 8 * M_{balok} / L^2 \\ &= 8 * 23979.56 / 100^2 \\ &= 19.184 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{5}{384} * (-Q_{pt1} + Q_{balok}) * L^4 / (E_{balok} * I_x) \\ &= 5/384 * (16.772 + 19.184) * 100^4 / (36000000 * 0.60736) \\ &= 0.14 \text{ m} \end{aligned}$$

4.28.2 Lendutan Setelah Loss Of Prestress

$$P_{eff} = 19202.43 \text{ kN} \quad e_s = 1.0744 \text{ m} \quad M_{balok} = 23979.5625 \text{ kNm}$$

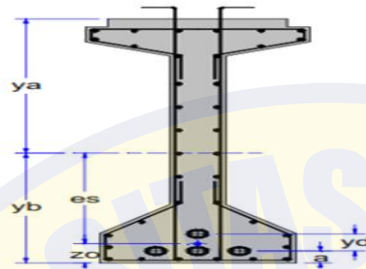
$$\begin{aligned} Q_{peff} &= 8 * P_{eff} * e_s / L^2 \\ &= 8 * 19202.43 * 1.0744 / 100^2 \\ &= 16.51 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{balok} &= 8 * M_{balok} / L^2 \\ &= 8 * 23979.56 / 100^2 \\ &= 19.18 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * (-Q_{peff} + Q_{balok}) * L^4 / (E_{balok} * I_x)$$

$$= 5/383 * (-16.51 + 19.18) * 100^4 / (36000000 / 0.60736)$$

$$= 0.159479166 \quad \text{ke atas} < 2/240 \quad \text{Ok}$$



4.28.3 Lendutan Setelah Plat Selesai Dicor (Beton Muda)

$$P_{eff} = 16068.61 \quad \text{kN} \quad e_s = 1.0744 \quad \text{m}$$

$$M_{balok+plat} = 35229.56 \quad \text{kNm}$$

$$Q_{Peff} = 8 * P_{eff} * e_s / L^2$$

$$= 8 * 16068.61 * 1.0744 / 100^2$$

$$= 16.506 \quad \text{kN/m}$$

$$Q_{balok+plat} = 8 * M_{balok + Plat} / L^2$$

$$= 8 * 35229.56 / 100^2$$

$$= 28.184 \quad \text{kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * (-Q_{peff} + Q_{balok + Plat}) L^4 / (E_{balok} * I_x)$$

$$= 5/384 * (-16.506 + 28.184) * 100^4 / (36000000 / 0.60736)$$

$$= 0.6954 \quad \text{m} \quad \text{ke atas} < 2/240 \quad \text{Ok}$$

4.28.4 Lendutan Setelah Plat Dan Balok Menjadi Komposit

$$P_{eff} = 19202.43 \quad \text{kN} \quad e's = e_s + (Y_{bc} - Y_b) = 1.159 \quad \text{m}$$

$$M_{balok+plat} = 35229.56 \quad \text{kNm} \quad I_{xc} = 0.66903 \quad \text{m}^4$$

$$Q_{Peff} = 8 * P_{eff} * e's / L^2$$

$$= 8 * 19202.43 * 1.159 / 100^2$$

$$= 17.801 \text{ kN/m}$$

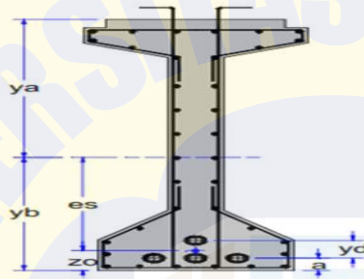
$$Q_{\text{balok+plat}} = 8 * M_{\text{balok}} + Plat/L^2$$

$$= 8 * 35229.56 / 100^2$$

$$= 28.184 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * (-Q_{\text{peff}} + Q_{\text{balok}} + Plat)L^4 / (E_{\text{balok}} * I_{\text{xc}})$$

$$= 0.561 \text{ m ke atas} < 2/240 \text{ (Ok)}$$



4.29 Lendutan Pada Balok Composit

Section Properties :

$$E_{\text{balok}} = 36000000 \text{ kPa}$$

$$I_{\text{xc}} = 0.669033109 \text{ m}^4$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$P_{\text{eff}} = 19202.43 \text{ kN}$$

$$e's = 1.159 \text{ m}$$

$$A_c = 0.989 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{ac}} = 0.667 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{bc}} = 0.516 \text{ m}^3$$

4.29.1 Lendutan Akibat Berat Sendiri (Ms)

$$Q_{\text{TD}} = 30.79 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * Q_{\text{TD}} * L^4 / (E_{\text{balok}} * I_{\text{xc}})$$

$$= 1.665 \text{ m Ke bawah}$$

4.29.2 Lentutan Akibat Beban Mati Tambahan (MA)

$$QMA = 4.84 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * QMA * L^4 (E_{balok} * I_{xc})$$
$$= 0.262 \text{ m} \quad \text{Ke bawah}$$

4.29.3 Lentutan Akibat Prestress (PR)

$$P_{eff} = 19202.43 \text{ kN} \quad e_s = 1.0744 \text{ m}$$

$$Q_{peff} = 8 * P_{eff} * e_s / L^2$$
$$= 16.51 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * (-Q_{peff}) * L^4 \frac{1}{E_{balok}} * I_{xc}$$
$$= -0.89232104 \text{ m} \quad \text{ke atas}$$

4.29.4 Lentutan Akibat Susut Dan Rangkak (SR)

a. Lentutan Akibat Susut (Shrinkage)

$$P_s = 966.11 \text{ kNm} \quad Q_{ps} = 8 * P_s * e' / L^2$$
$$= 8 * 966.11 * 0.904 / 100^2$$
$$= 0.698 \text{ kNm}$$

$$e' = 0.904 \text{ m} \quad \delta = \frac{5}{384} * Q_{ps} * L^4 \frac{1}{E_{balok}} * I_{xc}$$
$$= 5/384 * 0.698 * 100^4 / (3600000 * 0.67)$$
$$= 0.0377 \text{ m}$$

b. Lentutan Akibat Rangkak (Creep)

Lentutan pada balok setelah plat lantai selesai dicor (beton muda), $\delta_1 = 0.69544223 \text{ m}$

Lentutan pada balok setelah plat lantai dan balok menjadi komposit, $\delta_2 = 0.561288999 \text{ m}$

Lentutan akibat rangkakan, $\delta = \delta_2 - \delta_1 = -0.134153234 \text{ m}$

Lentutan (superposisi) akibat susut dan rangkakan, $\delta = -0.037760129 \text{ m}$ ke atas

4.29.5 Lendutan Akibat Beban Lajur "D" (TD)

$$QTD = 9.360 \text{ kNm}$$

$$PTD = 123.48 \text{ kN}$$

$$\Delta = 1/48 * PTD * L^3 / (Ebalok * I_{cx}) + 5/384 * L^4 / (Ebalok * I_{cx})$$

$$= 0.612824679 \text{ m (ke bawah)}$$

4.29.6 Lendutan Akibat Beban Rem (TB)

$$MTB = 194 \text{ kNm}$$

$$= 0.0642 * MTB * L^2$$

$$0.0642 * MTB * L^2 / (Ebalok * I_{cx})$$

$$= 0.005170663 \text{ ke bawah}$$

4.29.7 Lendutan Akibat Pengaruh Temperatur (ET)

$$\Sigma Pt = 2229.2 \text{ kN}$$

$$ep = 0.688083018$$

$$\delta = 0.0642 * \Sigma Pt * ep * L^2 / (Ebalok * I_{cx})$$

$$= 0.040887374 \text{ m ke bawah}$$

4.29.8 Lendutan Akibat Beban Angin (EW)

$$Qew = 1.176 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * QEW * L^4 / (Ebalok * I_{cx})$$

$$= 0.063576409 \text{ m ke bawah}$$

4.29.9 Lendutan Akibat Beban Gempa (EQ)

$$Qeq = 3.563 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * QEQ * L^4 / (Ebalok * I_{cx})$$

$$= 0.192630301 \text{ m ke bawah}$$

4.29.10 Kontrol Lendutan Balok Terhadap Kombinasi Beban

Lendutan maksimum yang diijinkan, $\delta = L/300$

$$= 100 / 300$$

$$= 0.333333333 \quad \text{m}$$

Tabel 4.51. KUAT – 1 Lendutan (m) pada balok komposit akibat beban

Lend	Berat sen MS	Mati tamb MA	Susut-rang SR	Prategang PR	Lajur "D" TD	Rem TB	Tempera tur ET	Angin EW	Gempa EQ
δ	1.664537	0.261766	-0.03776	-0.892321	0.6128	0.005 2			

Tabel 4.52. KUAT- 2 Lendutan (m) pada balok akibat beban

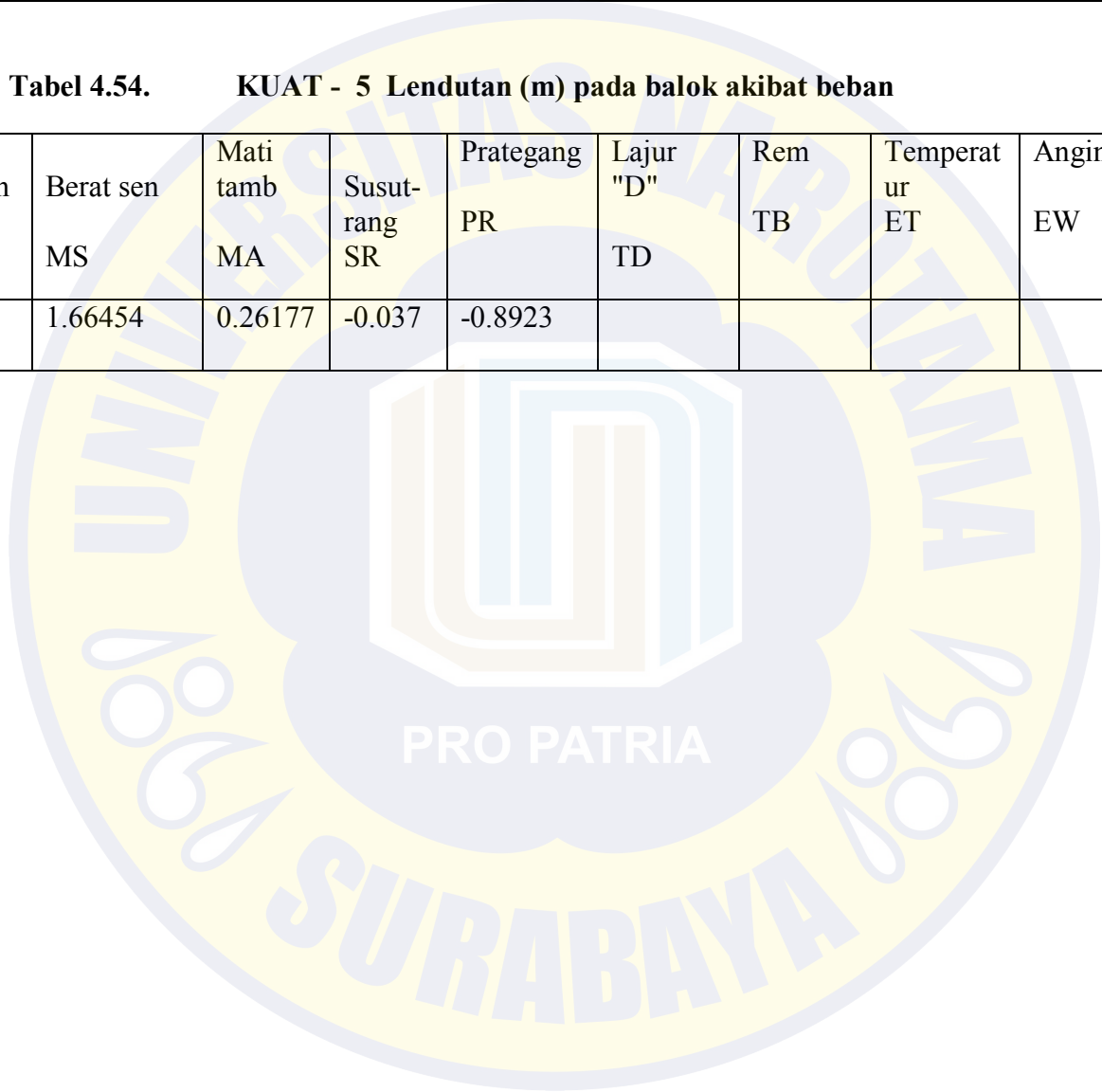
Lend	Berat sen MS	Mati tamb MA	Susut-rang SR	Prategang PR	Lajur "D" TD	Rem TB	Temperatur ET	Angin EW	Gempa EQ
δ	1.665	0.261	-0.037	-0.8923	0.6128	0.0051	0.041		

Tabel 4.53. KUAT - 4 Lendutan (m) pada balok akibat beban

Lend	Berat sen	Mati tamb	Susut-rang	Prategang	Lajur "D"	Rem	Temperatur	Angin	Gempa	LE N
	MS	MA	SR	PR	TD	TB	ET	EW	EQ	
δ	1.664	0.2617	-0.0377	-0.892321	0.6128	0.005	0.04088	0.06358		1.

Tabel 4.54. KUAT - 5 Lendutan (m) pada balok akibat beban

Lend	Berat sen	Mati tamb	Susut-rang	Prategang	Lajur "D"	Rem	Temperatur	Angin	Gempa	LE AN
	MS	MA	SR	PR	TD	TB	ET	EW	EQ	
δ	1.66454	0.26177	-0.037	-0.8923					0.192	1.1



4.30 Tinjauan Ultimit Balok Prestress

Kapasitas Momen Ultimit Balok

Modulus elastis baja prategang (strands) ASTM A-416 Grade 270 : $E_s = 193000 \text{ MPa}$

Jumlah total strands $n_s = 69$ buah

Luas tampang nominal satu strands $A_{st} = 0.00010 \text{ m}^2$

Tegangan leleh tendon baja prategang $f_{py} = 1580 \text{ MPa}$

Luas tampang tendon baja prategang, $A_{ps} = n_s * A_{st}$
 $= 0.0068103 \text{ m}^2$

Mutu beton : K – 500

Kuat tekan beton, $f_c' = 0.83 * K/10$
 $= 41.5 \text{ MPa}$

Kuat leleh baja prestress (f_{ps}) pada keadaan ultimit, ditetapkan sebagai berikut

Untuk nilai, $L / H \leq 35$: $f_{ps} = f_{eff} + 150 + \frac{f_c'}{100 * \rho_p} \text{ Mpa}$

f_{ps} harus $\leq f_{eff} + 400 \text{ MPa}$

dan harus $\leq 0.8 * f_{py}$, dengan, L = panjang bentang balok, H = tinggi total balok.

Panjang bentang balok prategang, $L = 100 \text{ m}$

Gaya prestress efektif (setelah loss of prestress),

$P_{eff} = 19202.4$

Tegangan efektif baja prestress,

$$f_{eff} = \frac{P_{eff}}{A_{ps}} * 10^{-3}$$

$$= 19202.43 / 0.0068 * 10^{-3}$$

$$= 2820 \text{ MPa}$$

Luas penampang balok prategang komposit,

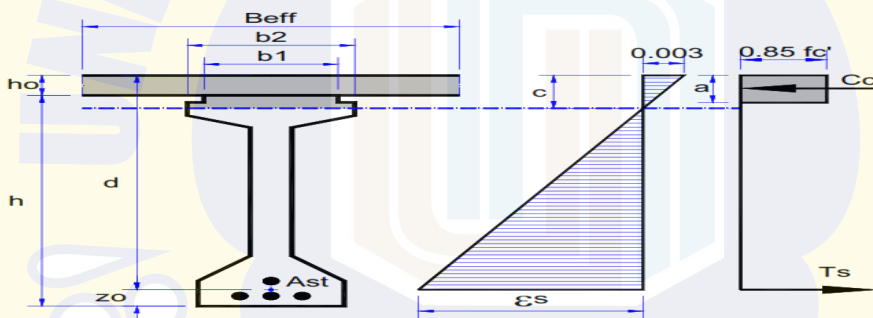
$$A_c = 0.989 \text{ m}^2$$

Rasio luas penampang baja prestress,

$$\rho_p = A_{ps} / A_c$$

$$= 0.0068 / 0.989$$

$$= 0.0069$$



b1	= 0.64 m	b5	= 0.25m	h1	= 0.07 m	h5	= 0.25 m
b2	= 0.8 m	b6	= 0.7 m	h2	= 0.13 m	h6	= 0.25 m
b3	= 0.3 m	Beff	= 1.18 m	h3	= 0.12 m	h	= 2.30 m
b4	= 0.2 m	h4	= 1.65 m	ho	= 0.2 m		

Tinggi total balok prategang, $H = h + h_0$

$$= 2.30 + 0.2$$

$$= 2.50 \text{ m}$$

$$L / H = 100 / 2.50$$

$$= 40 < 35 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} f_{ps} &= f_{eff} + 150 + f_{c'} / (100 * \rho_p) \\ &= 2820 + 150 + 41.5 / (100 / 0.0069) \\ &= 3030 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ps} &= f_{eff} + 400 \\ &= 2820 + 400 \\ &= 3220 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ps} &= 0.8 * f_{py} \\ &= 0.8 * 1580 \\ &= 1264 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Diambil kuat leleh baja prategang,

$$f_{ps} = 1264 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ untuk } f_{c'} \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 * (f_{c'} - 30) / 7 \text{ untuk } f_{c'} > 30 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 \geq 0.65$$

Untuk, $f_{c'} = 41.5 \text{ MPa}$, maka nilai

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 * (f_{c'} - 30) / 7 \\ &= 0.85 - 0.05 * (41.5 - 30) / 7 \\ &= 0.767857143 \end{aligned}$$

Letak titik berat tendon baja prategang terhadap alas balok, $z_o = 0.14 \text{ m}$

Tinggi efektif balok, $d = h + h_o - z_o = 2.36 \text{ m}$

Kuat tekan beton, $f_{c'} = 41500 \text{ kPa}$

Kuat leleh baja prategang, $f_{ps} = 1264000 \text{ kPa}$

Gaya tarik pada baja prestress, $T_s = A_{ps} * f_{ps} = 8608.22 \text{ KN}$

Diperkirakan, $a < (h_0 + h_1)$, $h_0 + h_1 = 0.27 \text{ m}$

$$\text{Gaya tekan beton, } Cc = [B_{eff} * h_0 + b_1 * (a - h_0)] * 0.85 * f_c'$$

$$Cc = T_s$$

maka,

$$a = \frac{\left[\frac{T_s}{0.85 * f_c'} - B_{eff} * h_0 \right]}{b_1} + h_0$$

$$= [8608.22 / (0.85 * 41.5) - 1.18 * 0.2] / 0.64 + 0.2$$

$$= 0.21146 \text{ m}$$

$$a < h_0 + h_1 \text{ perkiraan benar (OK)}$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas, $c = a / \beta_1$

$$= 0.21146 / 0.7678$$

$$= 0.2754 \text{ m}$$

Regangan baja prestress, $\epsilon_s = 0.003 * (d - c) / c$

$$= 0.003 * (2.36 - 0.2754) / 0.2754$$

$$= 0.0227$$

$Cc =$ gaya internal tekan beton, < 0.03 (OK).

$A_i =$ luas penampang tekan beton,

$y_i =$ jarak pusat berat penampang tekan beton terhadap pusat berat baja prestress,

Gaya internal tekan beton, $Cc = \sum [A_i * 0.85 * f_c']$

Momen nominal, $M_n = \sum [A_i * 0.85 * f_c' * y_i]$

Tabel 4.55. Gaya Tekan Beton Dan Momen Nominal

No	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Gaya (kN)	Lengan thd. pusat baja prestress	y (m)	Momen (kNm)
1	1.18	0.20	0.236699	8349.5733	$y = d - h_0 / 2$	2.2625	18890.91
2	0.64	0.0115	0.00736	259.624	$y = d - h_0 - (a - h_0) / 2$	2.15677	559.95
$Cc = T_s =$				8609.1973	Momen nominal,	$M_n =$	19450.9
Faktor reduksi kekuatan lentur,						$\phi =$	0.8
Kapasitas momen ultimit balok prestress,						$\phi * M_n =$	15560.687

4.31 Momen Ultimit Balok

4.31.1 Momen Akibat Susut Dan Rangkak

$$\text{Gaya internal akibat susut : } P_s = A_{plat} * E_{plat} * \Delta \epsilon_{su} * \left[\frac{1-e-cf}{cf} \right]$$

$$= 0.2367 * 23450000$$

$$= 966.11 \text{ kN}$$

$$\text{Eksentrisitas gaya susut terhadap pusat penampang, } e' = y_{ac} - h_0/2$$

$$= 1.00371 - 0.2 / 2$$

$$= 0.904 \text{ m}$$

$$\text{Momen akibat susut, } M_S = -P_s * e'$$

$$= 966.11 * 0.904$$

$$= -873.081 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen akibat rangkak, } M_R = (P_i - P_{eff}) * e'$$

$$= (20934 - 19292.43) * 0.904$$

$$= 1564.514 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen akibat susut dan rangkak, } M_{SR} = M_A + M_R$$

$$= -873.081 + 1564.514$$

$$= 691.432455 \text{ kNm}$$

4.31.2 Momen Akibat Pengaruh Temperatur

$$\text{Gaya internal akibat perbedaan temperatur : } P_t = A_t * E_{balok} * \beta * (T_a + T_b)/2$$

$$= 0.0068 * 23000000 * 0.012 * (15 + 10) / 2$$

$$= 2229.27 \text{ kN}$$

$$\text{Eksentrisitas gaya terhadap pusat penampang balok, } e_p = 0.688 \text{ m}$$

$$\text{Momen akibat pengaruh temperatur, } M_{ET} = P_t * e_p$$

$$= 2229.27 * 0.688$$

$$= 1533.925637 \text{ kNm}$$

4.31.3 Momen Akibat Prategang

Gaya prategang efektif, $P_{eff} = 19202.43 \text{ kN}$

Eksentrisitas tendon, $e_s = 1.074450463 \text{ m}$

Momen akibat gaya prategang, $M_{PR} = -P_{eff} * e_s = -20632.05 \text{ kNm}$

4.32 Momen akibat prategang

Aksi / Beban	Faktor Beban		Momen		Momen Ultimit	
	Ultimit		M	(kNm)	Mu	(kNm)
A. Aksi Tetap						
Berat sendiri	KMS	1.3	MMS	38487.06	KMS*MMS	50033.18125
Beban Mati Tambahan	KMA	2	MM A	6052.5	KMA*MM A	12105
Susut dan Rangkak	KSR	1	MSR	691.4325	KSR*MSR	691.432455
Prategang	KPR	1	MPR	-20632.05	KPR*MPR	-20632.05
B. Aksi Transien						
Beban Lajur "D"	KTD	1.8	MTD	16249.5	KTD*MTD	29249.1
Gaya Rem	KTB	1.8	MTB	96.99097	KTB*MTB	174.58
C. Aksi Lingkungan						
Pengaruh Temperatur	KET	0.5	MET	1533.93	KET*MET	766.96
Beban Angin	KEW	1.2	ME W	1.470	KEW*ME W	1764
Beban Gempa	KEQ	0.5	MEQ	1781.58	KEQ*MEQ	890.79125

4.33 Kontrol Kombinasi Momen Ultimit

Tabel 4.56. KUAT - 1 Momen ultimit pada balok (kNm) akibat beban

KOMBINASI - 1 Momen ultimit pada balok komposit (kNm)									
Mo me	Berat sen	Mati tamb	Susut- rang	Pratega ng	Lajur "D"	Rem	Temper atur	Angin	Gempa
	KMS*M MS	KMA*M MA	KSR* MSR	KPR* MPR	KTD*M TD	KTB*M TB	KET*M ET	KEW*ME W	KEQ*MEQ
MX X	50033.2	12105	691.432	- 20632.0 55	29249.1	174.583 7			

Tabel 4.57. KUAT - 2 Momen ultimit pada balok (kNm) akibat beban

Mo me	Berat sen	Mati tamb	Susut- rang	Prategang	Lajur "D"	Rem	Tempera tur	Angin	Gempa
	KMS*M MS	KMA*M MA	KSR*M SR	KPR*MP R	KTD*M TD	KTB*M TB	KET*M ET	KEW*M EW	KEQ*M EQ
MX X	50033.18	12105	691.43	-20632.06	29249.1	174.5837	766.96		

Tabel 4.58. KUAT - 3 Momen ultimit pada balok (kNm) akibat beban

Mo me	Berat sen	Mati tamb	Susut- rang	Prategan g	Lajur "D"	Rem	Tempera tur	Angin	Gempa
	KMS*M MS	KMA*M MA	KSR*M SR	KPR*M PR	KTD*M TD	KTB*M TB	KET*M ET	KEW*M EW	KEQ*ME Q
MX X	50033.18	12105	691.432 455	- 20632.0 55	29249.1	174.583 7		1764	

Tabel 4.59. KUAT - 4 Momen ultimit pada balok (kNm) akibat beban

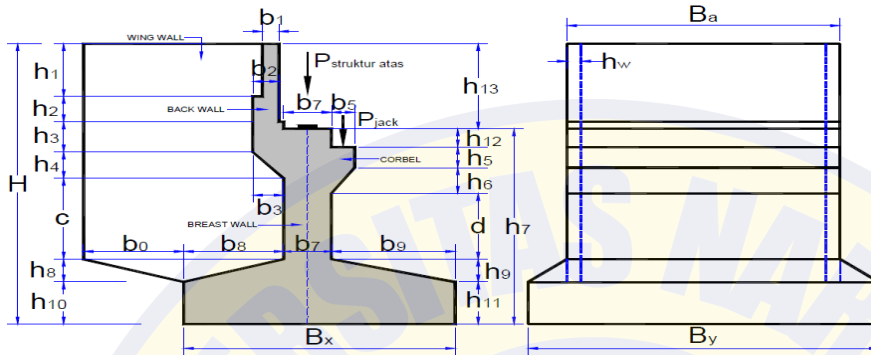
Mo me	Berat sen	Mati tamb	Susut- rang	Prategan g	Lajur "D"	Rem	Tempera tur	Angin	Gempa
	KMS*M MS	KMA*M MA	KSR*M SR	KPR*M PR	KTD*M TD	KTB*M TB	KET*M ET	KEW*M EW	KEQ*ME Q
MX X	50033.18	12105	691.432 455	- 20632.0 55	29249.1		766.962 82	1764	

Tabel 4.60. KUAT - 5 Momen ultimit pada balok (kNm) akibat beban

Mo me	Berat sen	Mati tamb	Susut- rang	Prategan g	Lajur "D"	Rem	Tempera tur	Angin	Gempa
	KMS*M MS	KMA*M MA	KSR*M SR	KPR*M PR	KTD*M TD	KTB*M TB	KET*M ET	KEW*M EW	KEQ*ME Q
MX X	50033.18	12105	691.432 455	- 20632.0 55					890.7912 5

4.34 Analisis Beban Abutment

4.34.1 Data Struktur Bawah (Abutment)



Gambar 4.18 Gambar Abutmen

Tabel 4.61. Data abutment

URAIAN DIMENSI	NOTASI	DIMENSI	SATUAN
Lebar jalan (jalur lalu-lintas)	b_1	7.4	M
Lebar trotoar (pejalan kaki)	b_2	1	M
Lebar jembatan	b	9.74	M
Tebal slab lantai jembatan	t_s	0.2	M
Tebal lapisan aspal	t_a	0.05	M
Tebal trotoar	t_t	0.3	M
Tebal genangan air hujan	t_h	0.05	m
Tinggi girder prategang	h_b	2.1	m
Tinggi bidang samping jembatan	h_a	3	m
Jarak antara balok prategang	s	1.8	m
Panjang bentang jembatan	L	100	m

Tabel 4.62. Ukuran abutment

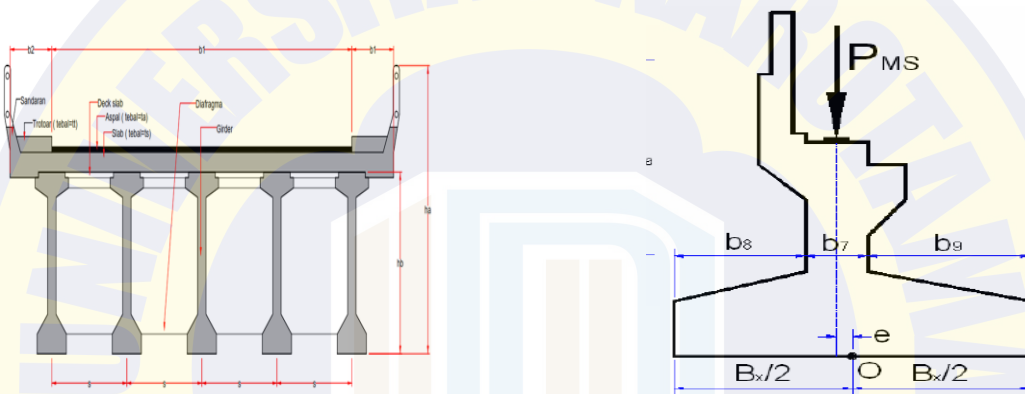
NOTASI	(m)	NOTASI	(m)
h1	0.6	b0	2.61
h2	1.7	b1	0.24
h3	1.35	b2	0.52
h4	0.88	b3	1.63
h5	0.6	b5	0.37
h6	0.37	b7	1.01
h7	6.32	b8	1.85
h8	0.5	b9	1.85
h9	0.5	h12	0.6
h10	1	h13	1.1
h11	1	H	8.02
C	2.59	Bx	5
D	3.85	By	10.6

KETERANGAN	NOTASI	(m)
Panjang Abutment	Ba	9
Tebal Wing-wall	hw	0.5
TANAH TIMBUNAN		
Berat volume, $w_s =$	17.2	kN/m ³
Sudut gesek, $\phi =$	35.00	°
Kohesi, $C =$	0	kPa
BAHAN STRUKTUR		
Mutu Beton	K -	250
Mutu Baja Tulangan	U -	39

4.34.2 ANALISIS BEBAN KERJA

4.34.2.1 BERAT SENDIRI (MS)

Berat sendiri (self weight) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri dibedakan menjadi 2 macam, yaitu berat sendiri struktur atas, dan berat sendiri struktur bawah.



Gambar 4.19 Dimen abutmen

Tabel 4.63. Berat sendiri

No	Beban	Parameter Volume				Berat	Satuan	Berat
		b (m)	t (m)	L (m)	n			
1	Slab	7	0.2	50	1	25	kN/m ³	1750
2	Deck slab	1.5	0.07	50	4	25	kN/m ³	525
3	Trotoar (slab, sandaran, dll)			50	2	20.85	kN/m	2085.7
4	Balok prategan				5	960	kN	4800
5	Diafragma				36	13.6	kN	489.6

Total berat sendiri struktur atas, $WMS = 9650.3$

Beban pd abutment akibat berat sendiri struktur atas,

$$PMS = \frac{1}{2} * WMS = 4825.15$$

Eksentrisitas beban thd. Fondasi,
$$e = -\frac{Bx}{2} + b_8 + b_7/2$$

$$= -5/2 + 1.85 + 1.01$$

$$= -0.145 \text{ m}$$

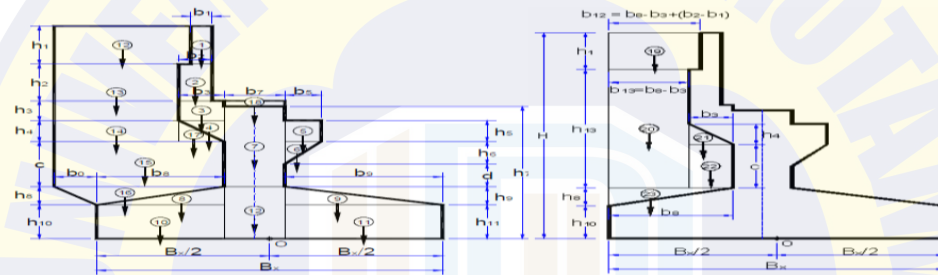
Momen pada fondasi akibat berat sendiri struktur atas,

MMS = PMS * e

$$= 4825.15 * -0.145$$

$$= -699.64675$$

4.34.3 Berat Sendiri Struktur Bawah



Tabel 4.64. Berat sendiri

Berat beton, wc =	25	KN/m ³	Lebar	Ba =	9
Berat tanah, ws =	17.2	KN/m ³	2xTebal wing wall =	1	
b12 =	0.6	m	h13 =	1.1	By = 10.6
b13 =	1.1	m	H =	8.02	m

NO	PARAMETER BAGIAN				BERAT	BERAT	LENGAN	MOMEN
	b	h	Shape	Direc	(kN)	(m)	(kNm)	
ABUTMENT								
1	0.24	0.6	1	-1	32.4	0.975	-31.6	
2	0.52	1.7	1	-1	198.9	1.075	-213.818	

3	1.63	1.35	1	-1	495.1125	0.975	-482.73
4	0.75	0.88	0.5	-1	74.25	0.85	-63.11
5	0.37	0.6	1	1	49.95	0.4	19.98
6	0.4	0.37	0.5	1	16.65	0.333	5.5
7	1.01	6.32	1	-1	1436.22	0.2	-287.244
8	1.85	0.5	0.5	-1	122.5625	1.033	-126.6
9	1.85	0.5	0.5	1	122.5625	0.767	94.01
10	1.3	1	1	-1	344.5	1.25	-430.625
11	1.7	1.7	1	1	765.85	1.05	804.1425
12	0.8	0.6	1	-1	87.5136	0.2	-17.50

Tabel 4.65. Tabel wing wall

NO	PARAMETER				BERAT (kN)	LENGAN (m)	MOMEN (kNm)
	BERAT BAGIAN						
	b	h	Shape	Direc			
WING WALL							
12	3.25	0.9	1	-1	73.125	2.775	-202.92
13	3.05	1.45	1	-1	110.5625	2.875	-317.87
14	3.05	0.75	1	-1	57.1875	2.875	-164.41
15	3.8	1.5	1	-1	142.5	2.5	-356.25
16	3.8	0.4	0.5	-1	19	3.133	-59.53
17	0.75	0.75	0.5	-1	7.03125	1.1	-7.73
18	Lateral stop				36	3.7	133.20

	block							
TANAH								
19	0.75	0.9	1	-1	92.88	1.525	-141.64	
20	0.55	3.7	1	-1	280.016	1.625	-455.03	
21	0.75	0.75	0.5	-1	38.7	1.1	-42.57	
22	0.75	1.5	1	-1	154.8	0.975	-150.93	
23	1.3	0.4	0.5	-1	35.776	1.467	-52.47	
					PMS	3098.449	MMS =	-2253.93

4.34.2.2 Beban Mati Tambahan (Ma)

Tabel 4.66. Tabel beban mati

No	Jenis beban mati tambahan	Tebal (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	Jumlah	w (kN/m ³)	Berat (kN)
1	Lap. Aspal + overlay	0.05	7	100	1	22	770
2	Railing, lights, dll.	w =	0.5	100	2		100
3	Instalasi ME	w =	0.1	100	2		20
4	Air hujan	0.05	9.5	100	1	9.8	465.5
						WMA	1355.5

4.34.2.3 Tekanan Tanah (Ta)

Tanah dibelakang dinding abutment yang dibebani harus diperhitungkan adanya beban tambahan yang setara dengan tanah setebal 0.60 m.

Koefisien tekanan tanah aktif, $Ka = \tan^2 (45^\circ - \phi'/2)$

Berat tanah, $w_s = 17.2 \text{ kn/m}^3$

Sudut gesek dalam, $\phi = 35^\circ$

kohesi $c = 0 \text{ Kpa}$

Tinggi total abutment, $H = 8.02 \text{ m}$

Lebar abutmen $Ba = 9 \text{ m}$

Beban merata akibat berat timbunan tanah setinggi 0.60 m yang merupakan ekuivalen beban kendaraan : $0.60 * ws = 0.60 * 17.2 = 10.32 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned}\varphi' &= \tan^{-1}(K\varphi^r * \tan \varphi) \\ &= \tan^{-1}(0.7 * \tan 35^\circ) \\ &= 0.3203, \text{ radius} = 18.349^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}) \\ &= \tan^2(45^\circ - 35^\circ/2) \\ &= 0.5211\end{aligned}$$

Tabel 4.67. Gaya akibat tekanan tanah

No	Gaya akibat tekanan tanah	TTA (kN)	Lengan thd. O	y (m)	MTA (kNm)
1	TTA = $(0.60 * ws) * H * K_a * B_a$	388.193	$y = H / 2$	4.01	1556.65
2	$2TTA = 1/2 * H * ws * K_a * B_a$	323.494	$y = H / 3$	2.67333333	864.808
		TTA =	711.6871	MTA =	2421.46

4.34.2.4 Beban Lajur "D" (TD)

$$\begin{aligned}WTD &= q * L * (5.5 + b) / 2 + p * DLA * (5.5 + b) / 2 \\ &= 9.0 * 100 * (5.5 + 9.74) / 2 + 49 * 0.4 * (5.5 + 9.74) / 2 \\ &= 7007.35\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban pada abutment akibat beban lajur "D" PTD} &= 1/2 * WTD = \frac{1}{2} * 7007.35 \\ &= 3503.676 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Eksentrisitas beban thd. Fondasi, } e = - Bx/2 + b8 + b7/2 = -0.145 \text{ m}$$

$$\text{Momen pada fondasi akibat beban lajur, } MTD = PTD * e = -508.03302 \text{ kN/m}$$

4.34.2.5 Beban Pedestrian / Pejalan Kaki (TP)

Luas bidang trotoar yang didukung abutment,

$$\begin{aligned} A &= b \cdot 2 \cdot \frac{L}{2} \cdot n \\ &= 1 \cdot 100/2 \cdot 2 \\ &= 100 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban merata pada pedestrian,

$$\begin{aligned} q &= 5 - 0.033 \cdot (A - 10) \\ &= 5 - 0.33 \cdot (100 - 10) \\ &= 2.0300 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Beban pada abutment akibat pejalan kaki,

$$\begin{aligned} PTP &= A \cdot q \\ &= 100 \cdot 2.0300 \\ &= 203 \text{ KN} \end{aligned}$$

Eksentrisitas beban thd. Fondasi,

$$e = -\frac{Bx}{2} + b/8 + \frac{b^2}{2} = -0.15 \text{ m}$$

Momen pada fondasi akibat beban pedestrian,

$$MTP = PTP \cdot e = -29.44 \text{ kNm}$$

4.34.2.6 Gaya Rem (TB)

Gaya rem yang bekerja pada abutment,

$$TTB = \frac{FTB}{n} = 125$$

Besarnya gaya rem dapat diperhitungkan sebesar 5% beban lajur "D" tanpa memperhitungkan faktor beban dinamis (DLA).

Gaya rem yang bekerja pada abutment

$$\begin{aligned} TTB &= 5\% \cdot [q \cdot L \cdot \frac{5.5+b}{2} + p \cdot (5.5 + b)]/2 \\ &= 56.875 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil gaya rem, $TTB = 125 \text{ kN}$

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} YTB &= h1 + h2 + h3 + c + h8 + h10 \\ &= 0.6 + 1.7 + 1.35 + 0.88 + 2.59 + 0.5 + 1 \end{aligned}$$

$$= 8.620 \text{ m}$$

Momen pada Fondasi akibat gaya rem :

$$\begin{aligned} MTB &= PTB * YTB \\ &= 1,077.50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Breast wall :

$$\begin{aligned} Y'TB &= h1 + h2 + h3 + h4 + c \\ &= 0.6 + 1.7 + 1.35 + 0.88 + 2.59 \\ &= 7.120 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pada Breast wall akibat gaya rem :

$$\begin{aligned} MTB &= PTB * Y'TB \\ &= 890.00 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4.34.2.7 Pengaruh Temperatur (ET)

Temperatur maksimum rata-rata, $T_{max} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatur minimum rata-rata, $T_{min} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta T = (T_{max} - T_{min}) / 2$$

Perbedaan temperatur, $\Delta T = 12.5 \text{ }^\circ\text{C}$

Koefisien muai panjang untuk beton, $\alpha = 1.0\text{E-}05 / \text{ }^\circ\text{C}$

Kekakuan geser untuk tumpuan berupa elastomerik,

$$k = 1500 \text{ kN/m}$$

Panjang bentang girder, $L = 100 \text{ m}$

Jumlah tumpuan elastomerik (jumlah girder), $n = 5$

Gaya pada abutment akibat pengaruh temperatur,

$$\begin{aligned} TET &= \alpha * \Delta T * K * \frac{L}{2} * n \\ &= 23.438 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Fondasi, $YET = h7 = 6.32 \text{ m}$

Momen pd Fondasi akibat temperatur, $MET = TET * YET = 148.128 \text{ KNm}$

Lengan terhadap Breast wall,

$$\begin{aligned} Y'ET &= h7 - h9 - h11 \\ &= 6.32 - 0.5 - 1 \\ &= 4.82 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pd Breast wall akibat temperatur,

$$M'ET = TET * Y'ET = 112.971 \text{ kNm}$$

4.34.2.8 Beban Angin (EW)

Beban angin pada abutment :

$$\begin{aligned} TEW1 &= 0.0006 * cw * (Vw)^2 * Ab \\ &= 0.0006 * 1.25 * (35)^2 * 100/2 \\ &= 137.8125 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Fondasi :

$$\begin{aligned} YEW1 &= h7 + ha/2 \\ &= 6.32 + 3/2 \\ &= 7.82 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pd Fondasi akibat beban angin :

$$\begin{aligned} MEW1 &= TEW1 * YEW1 \\ &= 1077.69375 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Lengan terhadap Breast wall :

$$\begin{aligned} Y'EW1 &= h7 - h9 - h11 + ha/2 \\ &= 6.32 - 0.5 - 1 + 3 \\ &= 6.32 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen pd Breast wall :

$$\begin{aligned} M'EW1 &= TEW1 * Y'EW1 \\ &= 870.975 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4.34.2.9 Angin Yang Meniup Kendaraan

Angin yang meniup kendaraan di lantai jembatan menggunakan rumus:

$$Cw = 1.25 \quad L = 100 \text{ m}$$

$$Vw = 35$$

$$\begin{aligned} TEW2 &= 0.0012 * cw * (Vw)^2 * L/2 \\ &= 91.88 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan terhadap Fondasi : } YEW2 &= h7 + hb + ts + ta \\ &= 6.32 + 2.1 + 0.2 + 0.05 \\ &= 8.67 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Momen pd Fondasi : } MEW2 = TEW2 * YEW2$$

$$= 796.55625 \text{ kNm}$$

Lengan terhadap Breast wall : $Y'EW2 = YEW2 - h11 - h9$

$$= 8.67 - 1 - 0.5$$

$$= 7.17 \text{ m}$$

Momen pd Breast wall : $M'EW2 = TEW2 * Y'EW2 = 658.74375 \text{ m}$

4.34.2.10 **Beban Angin Total Pada Abutment**

Total beban angin pada Abutment,

$$TEW = TEW1 + TEW2 = 229.69 \text{ kN}$$

Total momen pd Fondasi,

$$MEW = MEW1 + MEW2 = 1874.25 \text{ kNm}$$

Total momen pd Breast wall, MEW

$$= M'EW1 + M'EW2 = 1529.71875 \text{ kNm}$$

4.34.2.11 **Transfer Beban Angin Ke Lantai Jembatan**

Gaya pada abutment akibat transfer beban angin ke lantai jembatan,

$$PEW = [1/2 * h / x * TEW] * L/2 = 52.5 \text{ kN}$$

Eksentrisitas beban thd. Fondasi, $e = - Bx/2 + b8 + b7/2 = -0.15$

Momen pada Fondasi akibat tranfer beban angin,

$$MEW = PEW * e = -7.6125 \text{ KN}$$

4.34.2.12 **BEBAN GEMPA (EQ)**

a. Beban Gempa Arah Memanjang Jembatan (ARAH X)

Tinggi breast wall, $Lb = h3 + h4 + c = 4.82 \text{ m}$

Ukuran penampang breast wall, $b = Ba = 9 \text{ m}$, $h = b7 = 1.01 \text{ m}$

Inersia penampang breast wall, $Ic = 1/ 12 * b * h^3$

$$= 0.77272575 \text{ m}^4$$

Mutu beton, $K - 250 \text{ fc}' = 0.83 * K / 10 = 20.75 \text{ MPa}$

Modulus elastis beton, $Ec = 4700 * P, \text{ fc}' = 21410 \text{ Mpa}$

$Ec = 21409519 \text{ kPa}$

Nilai kekakuan, $Kp = 3 * Ec * Ic / Lb^3 = 443212.9436 \text{ kN/m}$

Percepatan grafitasi, $g = 9.81 \text{ m/det}^2$

Berat sendiri struktur atas, PMS (str atas) = 4825.15 kN

Beban sendiri struktur bawah, PMS (str bawah) = 3098.44 kN

Berat total struktur, WTP = PMS (str atas) + 1/2 * PMS (str bawah) = 6374.37 kN

Waktu getar alami struktur, $T = 2 * 3,14 * \sqrt{[WTP / (g * KP)]} = 0.2404$ detik

Kondisi tanah dasar termasuk : Tanah Lunak

Lokasi di wilayah gempa : Zone 6

Koefisien geser dasar, $C = 0.07$

Untuk struktur jembatan dg daerah sendi plastis beton bertulang, maka faktor jenis struktur

$S = 1.0 * F$ dengan, $F = 1.25 - 0.025 * n$ dan F harus diambil > 1

$F =$ faktor perangkaan,

$n =$ jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral.

Untuk, $n = 1$ maka : $F = 1.25 - 0.025 * n = 1.225$

$S = 1.0 * F = 1.225$

Koefisien beban gempa horisontal, $Kh = C * S = 0.08575$

Tabel 4.68. Distribusi Beban Gempa Pada Abutment

No	Berat Wt (kN)	TEQ (kN)	Uraian lengan terhadap titik O	Besar y (m)	MEQ (kNm)
STRUKTUR ATAS					
PMS	4825.15	413.7566 1	$y = H$	8.02	3318.328
PMA	677.75	58.1171	$y = H$	8.02	466.0988 4
ABUTMENT					
1	70.88	6.07796	$y_1 = h_{10} + h_8 + c + h_4 + h_3 + h_2 + h_1/2$	8.32	50.56862 7
2	123.75	10.612	$y_2 = h_{10} + h_8 + c + h_4 + h_3 + h_2/2$	7.170	76.08490 3
3	75.94	6.512	$y_3 = h_{10} + h_8 + c + h_4 + h_3/2$	5.65	36.75942 1

4	63.28	5.426	$y_4 = h_{10} + h_8 + c + 2/3 * h_4$	4.676666 7	25.37680 9
5	54	4.631	$y_5 = h_{11} + h_9 + d + h_6 + h_5/2$	6.02	27.87561
6	27	2.31525	$y_6 = h_{11} + h_9 + d + 2/3 * h_6$	5.596666 7	12.95768 3
7	666	57.1095	$y_7 = h_7/2$	3.16	180.4660 2
8	68.9	5.908175	$y_8 = h_{10} + 1/3 * h_8$	1.166666 7	6.892870 8
9	90.1	7.726075	$y_9 = h_{11} + 1/3 * h_9$	1.166666 7	9.013754 2
10	275.6	23.6327	$y_{10} = h_{10}/2$	0.5	11.81635
11	360.4	30.9043	$y_{11} = h_{11}/2$	0.5	15.45215
12	175.03	15.00882 3	$y_{12} = (h_9 + h_{11})/2$	0.75	11.25661 7
WING WALL					
12	73.13	6.270897 5	$y_{12} = y_1$	8.32	33.55
13	110.56	9.48052	$y_{13} = h_{10} + h_8 + c + h_4 + (h_3 + h_2)/2$	6.495	39.58
14	57.19	4.904042 5	$y_{14} = h_{10} + h_8 + c + h_4/2$	4.53	15.08
15	142.5	12.21937 5	$y_{15} = h_{10} + h_8 + c/2$	2.795	23.83
16	19	1.62925	$y_{16} = h_{10} + 2/3 * h_8$	1.333	1.74
17	7.03	0.602822 5	$y_{17} = h_{10} + h_8 + c + 1/3 * h_4$	4.383333 3	1.78
18	36	3.087	$y_{18} = h_7$	6.32	11.42
TANAH					
19	92.88	7.96446	$y_{19} = H - h_1/2$	7.72	61.49

20	280.02	24.01171 5	$y_{20} = h_{10} + h_8 + h_{13}/2$	2.05	49.22
21	38.7	3.318525	$y_{21} = h_{10} + h_8 + c + h_4/3$	4.383333 3	14.55
22	154.8	13.2741	$y_{22} = h_{10} + h_8 + c/2$	2.795	37.10
23	35.78	3.068135	$y_{23} = h_{10} + 2/3 * h_8$	1.333	4.09
TEQ =		737.567	MEQ =		4542.375

Tabel 4.69. Beban Gempa Arah Melintang Jembatan (ARAH Y)

Inersia penampang breast wall,	$I_c = 1/12 * h * b^3 =$	61.3575	m^4
Nilai kekakuan,	$K_p = 3 * E_c * I_c / L_b =$	35192872	kN/m
Waktu getar alami struktur,	$T = 2 * 3,14 * \sqrt{WTP / (g * KP)}$	0.02698464	detik
Koefisien geser dasar,	$C =$	0.07	
Faktor tipe struktur,	$S = 1.3 * F =$	1.225	
Koefisien beban gempa horisontal,	$K_h = C * S =$	0.08575	
Faktor kepentingan,	$I =$	1	
Gaya gempa,	$TEQ = K_h * I * W_t =$	0.08575	$* W_t$
Berat sendiri (struktur atas + struktur bawah),	$PMS =$	7923.599	kN
Beban mati tambahan,	$PMA =$	677.75	kN
Beban mati total,	$W_t = PMS + PMA =$	8601.349	kN
Beban gempa arah melintang jembatan,	$TEQ = K_h * I * W_t =$	737.565677	kN
Momen pada fondasi akibat beban gempa,	$MEQ = TEQ * YEQ =$	4542.37549	kNm

4.34.4 Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

$$H = 8.02$$

$$B_a = 9$$

$$K_h = 0.08575$$

$$\varphi' = 0.320253$$

$$K_a = 0.521136$$

$$W_s = 17.2$$

$$\theta = \tan^{-1}(K_h) = 0.08554$$

$$\cos^2(\varphi' - \theta) = 0.945914$$

$$\cos^2 \theta \{ 1 + \sqrt{(\sin \varphi' \sin(\varphi' - \theta)) / \cos \theta} \} = 1.262289$$

$$K_{aG} = \cos^2(\varphi' - \theta) / [\cos^2 \theta \{ 1 + \sqrt{(\sin \varphi' \sin(\varphi' - \theta)) / \cos \theta} \}]$$

$$= 0.749364$$

$$\Delta K_{aG} = K_{aG} - K_a$$

$$= 0.228228$$

$$\text{Gaya gempa lateral, } EQ = 1/2 * H * w_s * \Delta K_{aG} * B_a$$

$$= 1136.210038$$

$$\text{Lengan terhadap Fondasi, } y_{EQ} = 2/3 * H$$

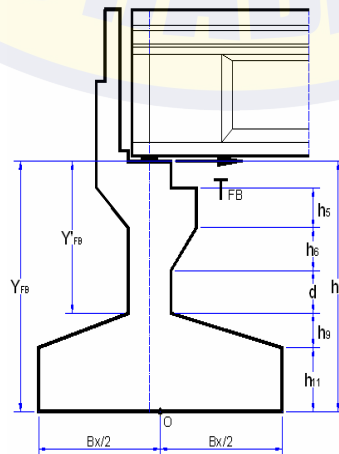
$$= 5.347$$

$$\text{Momen akibat gempa, } M_{EQ} = TEQ * y_{EQ}$$

$$= 6074.94$$

4.34.5 Gesekan Pada Perletakan (FB)

Koefisien gesek pada tumpuan yang berupa elastomer, $\mu = 0.018$



Reaksi abutment akibat :

Berat sendiri struktur atas, PMS = 4,825.150 kN

Beban mati tambahan, PMA = 677.750 kN

Reaksi abutment akibat beban tetap : $PT = PMS + PMA = 5,502.900$ kN

Gaya gesek pada perletakan, $TFB = \mu * PT = 99.052$ kN

Lengan terhadap Fondasi, $YFB = h7 = 6.32$ m

Momen pd Fondasi akibat gesekan, $MFB = TFB * yFB = 626.009904$ kN

Lengan terhadap Breast wall, $Y'FB = h7 - h9 - h11 = 4.820$ m

Momen pd Breast wall akibat gesekan, $MFB = TFB * y'FB = 626.00990$ kN

Tabel 4.70. Kombinasi Beban Kerja Pada Fondasi

REKAP BEBAN KERJA		ARA H	Vertikal P	Horisontal Tx Ty		Momen Mx My	
NO	AKSI / BEBAN	KOD E	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
A AKSI TETAP							
1	Berat sendiri	MS	7923.60			- 2953.5768	
2	Beb. mati tambahan	MA	677.750			-98.27	
3	Tekanan tanah	TA		1637.64		3437.48	
B							
Beban Lalu-lintas							
4	Beban lajur "D"	TD	3503.676			- 508.03302	
5	Beban pedestrian	P	203			-29.44	
6	Gaya rem	B		125		1,077.50	
C							
Aksi Lingkungan							
7	Temperatur	ET		23.44		148.12816	
8	Beban angin	W	52.500		229.69	-7.6125	1874.25

9	Beban gempa	EQ		737.57	737.56748	4542.3755	4542.3755
10	Tek. tanah dinamis	Q		1136.21		6074.94	
D	Aksi Lainnya						
11	Gesekan	B		99.0522		626.0099	

Tabel 4.71. Kuat 1

No	Aksi / Beban	Arah Kode	Vertikal	Horizontal		Momen	
			P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Berat sendiri	MS	7923.60			-2953.5768	
2	Beb. mati tambahan	MA	678			-98.27	
3	Tekanan tanah	TA		1637.64		3437.48	
4	Beban lajur "D"	TD	3503.676			-508.03302	
5	Beban pedestrian	TP	203			-29.435	
6	Gaya rem	TB					
7	Temperatur	ET					
8	Beban angin	EW					
9	Beban gempa	EQ					
10	Tek. Tanah dinamis	EQ					
11	Gesekan	FB					
			12,308.03	1637.64	0.00	-151.83852	0.00

Tabel 4.72. KUAT 2

No	Aksi / Beban	Arah Kode	Vertikal	Horizontal		Momen	
			P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Berat sendiri	MS	7923.599			-2953.5768	
2	Beb. mati tambahan	MA	677.75			-98.27375	
3	Tekanan tanah	TA		1637.64		3437.48	
4	Beban lajur "D"	TD	3503.676			-508.03302	
5	Beban pedestrian	TP	203			-29.435	
6	Gaya rem	TB		125		1077.5	
7	Temperatur	ET					
8	Beban angin	EW	53		229.6875	-7.6125	1874.25
9	Beban gempa	EQ					
10	Tek. Tanah dinamis	EQ					
11	Gesekan	FB					
			12308.025	1762.64	229.6875	918.04898	1874.25

Tabel 4.73. KUAT 3

No	Aksi / Beban	Arah Kode	Vertikal	Horisontal		Momen	
			P	Tx	Ty	Mx	My
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat sendiri	MS	7923.599			-2953.5768	
2	Beb. mati tambahan	MA	677.75			-98.27375	
3	Tekanan tanah	TA		1637.64		3437.48	
4	Beban lajur "D"	TD	3503.676			-508.03302	
5	Beban pedestrian	TP	203			-29.435	
6	Gaya rem	TB		125		1077.5	
7	Temperatur	ET					
8	Beban angin	EW	53		229.6875	-7.6125	1874.25
9	Beban gempa	EQ					
10	Tek. Tanah dinamis	EQ					
11	Gesekan	FB		99.0522		626.009904	
			12,360.53	1861.6922	229.6875	1544.05888	1874.25

Tabel 4.74. KUAT 4 PRO PATRIA

No	Aksi / Beban	Arah Kode	Vertikal	Horisontal		Momen	
			P	Tx	Ty	Mx	My
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat sendiri	MS	7923.599			-2953.5768	
2	Beb. mati tambahan	MA	677.75			-98.27375	
3	Tekanan tanah	TA		1637.64		3437.48	
4	Beban lajur "D"	TD	3503.676			-508.03302	
5	Beban pedestrian	TP	203			-29.435	
6	Gaya rem	TB		125		1077.5	
7	Temperatur	ET		23.44		148.12816	
8	Beban angin	EW	25.200		229.6875	-7.6125	1874.25
9	Beban gempa	EQ					
10	Tek. Tanah dinamis	EQ					
11	Gesekan	FB		99.0522		626.009904	
			9546.89	1885.13	229.6875	1692.18704	1874.25

Tabel 4.75. KUAT 5

No	Aksi / Beban	Arah Kode	Vertikal	Horisontal		Momen	
			P	Tx	Ty	Mx	My
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat sendiri	MS	7923.599			-2953.5768	
2	Beb. mati tambahan	MA	677.75			-98.27375	
3	Tekanan tanah	TA					
4	Beban lajur "D"	TD					
5	Beban pedestrian	TP					
6	Gaya rem	TB					
7	Temperatur	ET					
8	Beban angin	EW					
9	Beban gempa	EQ		737.57	737.57	4542.37549	4542.37549
10	Tek. Tanah dinamis	EQ		1136.21004		6074.94	
11	Gesekan	FB					
			8601.349	1873.78	737.57	7565.46	4542.37549

Tabel 4.76. Rekap Kombinasi Beban Kerja Pada Fondasi

No	Kombinasi Beban	Tegangan berlebihan	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	KUAT-1	0%	12,308.03	1637.64	0.00	-151.838	0.00
2	KUAT-2	25%	12308.025	1762.64	229.6875	918.049	1874.25
3	KUAT-3	40%	12,360.53	1861.692	229.6875	1544.059	1874.25
4	KUAT-4	40%	9546.89	1885.13	229.6875	1692.187	1874.25
5	KUAT-5	50%	8601.349	1873.78	737.57	7565.46	4542.375

4.35 ANALISIS BEBAN ULTIMIT

4.35.1 Pile Cap

Tabel 4.77. Beban Kerja Pile Cap

No	Aksi / Beban	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	Berat sendiri	7923.60			- 2953.5768	
2	Beb. mati tambahan	677.75			-98.27375	
3	Tekanan tanah		1637.64		3437.48	
4	Beban lajur "D"	3503.67			-508.0330	
5	Beban pedestrian	203			-29.435	
6	Gaya rem		125		1077.50	
7	Temperatur		23.438		148.128	
8	Beban angin	25.200		229.6875	-7.6125	1874.25
9	Beban gempa		737.57	737.57	4542.3755	4542.37
10	Tek. tanah dinamis		1136.21		6074.94	
11	Gesekan		99.0522		626.0099	

Tabel 4.78. KUAT- 1

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.3	10300.6			-3839.6	
2	Beb. mati tambahan	2	1355.5			-196.54	
3	Tekanan tanah	1.25		2047.05		4296.85	
4	Beban lajur "D"	1.8	6306.62			-914.45	
5	Beban pedestrian						

6	Gaya rem	2.00		250		2155	
7	Temperatur	1.00		23.438		148.128	
8	Beban angin	1.00	25.20		229.687	-7.6125	1874.25
9	Beban gempa						
10	Tek. tanah dinamis						
11	Gesekan	1.00		99.0522		626.009	
			17988.0	2419.54	229.687	2267.71	1874.25

Tabel 4.79. KUAT- 2

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	10300.6			-3839.6	
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5			-196.54	
3	Tekanan tanah	1.25		2047.05		4296.85	
4	Beban lajur "D"	1.00	3503.67			-508.03	
5	Beban pedestrian	2.00	406			-58.87	
6	Gaya rem	1.00		125		1077.50	
7	Temperatur	1.00		23.44		148.128	
8	Beban angin						
9	Beban gempa						
10	Tek. tanah dinamis						
11	Gesekan	1.00		99.0522		626.009	
			15565.8	2294.54	0.00	1545.39	0.00

Tabel 4.80. KUAT - 3

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	10300.68			- 3839.649	
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5			- 196.5475	
3	Tekanan tanah	1.25		2047.05		4296.85	
4	Beban lajur "D"	1.8	3503.676			- 508.0330	
5	Beban pedestrian						
6	Gaya rem	2		125		1077.5	
7	Temperatur	1.00		23.44		148.1281	
8	Beban angin	1.00	25.20		229.6875	-7.6125	1874.25
9	Beban gempa						
10	Tek. tanah dinamis						
11	Gesekan	1.00		99.052		626.0099	
			15185.0	2294.5	229.687	1596.645	1874.2

KUAT - 4

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	10300.6			- 3839.64	
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5			- 196.547	

						5	
3	Tekanan tanah	1.25		2047.05		4296.85	
4	Beban lajur "D"	1.00	3503.67			- 508.033 0	
5	Beban pedestrian						
6	Gaya rem	1.00		125		1077.5	
7	Temperatur	1.00		23.44		148.128 1	
8	Beban angin	1.20	30.24		229.687	-7.6125	2249.1
9	Beban gempa						
10	Tek. tanah dinamis						
11	Gesekan	1.00		99.0522		626.009	
			15190.0	2294.54	229.687	1596.64	2249.1

KUAT- 5

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	10300.6			- 3839.64	
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5			- 196.547	
3	Tekanan tanah	1.25		2047.05		4296.85	
4	Beban lajur "D"						
5	Beban pedestrian						
6	Gaya rem						
7	Temperatur						
8	Beban angin						

9	Beban gempa	1.00		737.57	737.57	4542.37	4542.37
10	Tek. tanah dinamis	1.00		1136.21		6074.94	
11	Gesekan						
			11656.1	3920.83	737.57	10877.9	4542.37

REKAP KOMBINASI BEBAN ULTIMIT PILE CAP						
No	Kombinasi Beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	KUAT- 1	10300.68	2419.54	229.6875	2267.719	1874.25
2	KUAT - 2	15565.85	2294.54	0.00	1545.39	0.00
3	KUAT - 3	15185.05	2294.54	229.6875	1596.645	1874.25
4	KUAT- 4	15190.09	2294.54	229.6875	1596.645	2249.1
5	KUAT - 5	11656.18	3920.83	737.57	10877.96	4542.375

4.35.2 Breast wall

4.35.2.1 Berat Sendiri (MS)

Tabel 4.81. Berat sendiri (MS)

NO	PARAMETER		BERAT (kN)
	b	h	
1	0.35	0.9	32.4
2	0.55	1	198.9
3	0.75	0.45	495.1125
4	0.75	0.75	74.25
5	0.4	0.6	49.95
6	0.4	0.6	16.65
7	0.8	2.5	450

18	Lateral stop block	36
Struktur atas(slab,girder, dll		4825.15
PMS =		6178.4125

4.35.2.2 Tekanan Tanah (TA)

$$H' = h_1+h_2+h_3+h_4+c = 7.12 \text{ m}$$

$$\phi' = \tan^{-1}(K R \cdot \tan \phi) = 0.320253 \text{ rad}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi'/2) = 0.521136$$

$$w_s = 17.2 \text{ kN/m}^3$$

$$0.6 \cdot w_s = 10.32 \text{ Kpa}$$

$$B_a = 9 \text{ m}$$

No	Gaya akibat tekanan tanah	TTA (kN)	Lengan thd. O	y (m)	MTA (kNm)
1	$TTA = (0.60 \cdot w_s) \cdot H' \cdot K_a \cdot B_a$	344.630	$y = H' / 2$	3.56	1226.8834
2	$TTA = 1/2 \cdot H'^2 \cdot w_s \cdot K_a \cdot B_a$	2044.80	$y = H' / 3$	2.3733	4853.0053
TTA =		2389.43		MTA =	6079.888

4.35.2.3 Beban Gempa

Tabel 4.82. Beban Gempa Statik Ekvivalen

c =	2.59	M		
$H' = h_1+h_2+h_3+h_4+c =$	7.12	M		
$h'_7 = h_5+h_6+d =$	4.82	M		
h1	0.6	h6	0.37	M
h2	1.7	d	3.85	M
h3	1.35	By	9	M
h4	0.88	b7	1.01	M
h5	0.6	wc =	25	KN/m ³

Tabel 4.83. Beban Gempa Pada Breast wall

No	Berat Wt (kN)	TEQ (kN)	Uraian lengan terhadap titik O	Besar y (m)	MEQ (kNm)
STRUKTUR ATAS					
PMS	4825.15	413.757	$y = H'$	7.12	2945.947
PMA	677.75	58.1171	$y = H'$	7.12	413.7935
BREAST WALL					
1	32.4	6.07796	$y_1 = c + h_4 + h_3 + h_2 + h_1/2$	7.12	43.27508
2	198.9	10.6116	$y_2 = c + h_4 + h_3 + h_2/2$	5.67	60.16756
3	495.1125	6.51186	$y_3 = c + h_4 + h_3/2$	4.145	26.99164
4	74.25	5.42626	$y_4 = c + 2/3 * h_4$	3.176667	17.23742
5	49.95	4.6305	$y_5 = d + h_6 + h_5/2$	4.52	20.92986
6	16.65	2.31525	$y_6 = d + 2/3 * h_6$	4.096667	9.484808
7	450	38.5875	$y_7 = h' / 2$	2.410	92.99588
TEQ =		546.035	MEQ =		3630.823

4.35.2.4 TEKanan TANAH DINAMIS AKIBAT GEMPA

$$H' = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + c = 7.12$$

$$h_8 + h_{10} = 1.5$$

$$w_s = 17.2$$

$$\Delta K_a G = 0.228228$$

$$B_a = 9$$

No	Tekanan Tanah Dinamis	TEQ(kN)	Lengan	y(m)	MEQ(kNm)
1	$1/2 * H'^2 * w_s * \Delta K_a G * B_a$ =	895.5088	$2/3 * H' =$	4.7466667	4250.6819

2	$(h_8 + h_{10}) * w_s * \Delta K_a G *$ Ba =	52.99454	H'/2 =	3.56	188.66057
	TEQ =	948.5034		MEQ =	4439.3425

Tabel 4.84. REKAP BEBAN KERJA BREAST WALL

No	Aksi / Beban	P(kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1	Berat sendiri	5725.99				
2	Beb. mati tambahan	677.75				
3	Tekanan tanah		2389.435		6079.89	
4	Beban lajur "D"	3503.676				
5	Beban pedestrian	203				
6	Gaya rem		125		890.00	
7	Temperatur		23.44		112.971	
8	Beban angin	52.5		229.69		626.01
9	Beban gempa		546.03	546.034	3630.82	3630.82
10	Tek. Tanah dinamis		948.5033		4439.34	
11	Gesekan		99.0522		626.01	

K = faktor beban ultimit

Gaya aksial ultimit, $P_u = K * P$

Gaya geser ultimit, $V_{ux} = K * T_x$

$V_{uy} = K * T_y$

Momen ultimit, $M_{ux} = K * M_x$

$M_{uy} = K * M_y$

REKAP BEBAN ULTIMIT BREAST WALL							
No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Vux (kN)	Vuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.3	7443.787				
2	Beb. mati tambahan	2	1355.5				
3	Tekanan tanah	1.25		2986.7947		7599.86	
4	Beban lajur "D"	2	7007.352				
5	Beban pedestrian	2	406				
6	Gaya rem	2		250		1150	
7	Temperatur	1.2		28.1256		70.31	
8	Beban angin	1.2	63.00		275.625		587.41
9	Beban gempa	1		546.03456	546.0346	2183.37	2183.37
10	Tek. Tanah dinamis	1		948.50337		1243.79	
11	Gesekan	1.3		128.76786		302.1	

4.35.3 Kombinasi Beban Ultimit Breast Wall

Tabel 4.85. KUAT 1

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Vux (kN)	Vuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	7443.787				
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5				
3	Tekanan tanah	1.25		2986.7947		7599.860766	
4	Beban lajur "D"	2.00	7007.352				
5	Beban pedestrian						
6	Gaya rem	2.00		250		1150	
7	Temperatur	1.00		23.44		112.97116	
8	Beban angin	1.00	52.5		229.69		626.0099
9	Beban gempa						
10	Tek. Tanah dinamis						
11	Gesekan	1.00		99.0522		626.009904	
			15859.1	3359.28	229.69	9488.842	626.0099

Tabel 4.86. KUAT 2

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Vux (kN)	Vuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	7443.787				
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5				
3	Tekanan tanah	1.25		2986.79468		7599.860766	
4	Beban lajur "D"	1.8	3503.676				
5	Beban pedestrian	2.00	406				
5	Gaya rem	1.00		125		890.00	
7	Temperatur	1.00		23.44		112.97116	
8	Beban angin						
9	Beban gempa						
10	Tek. Tanah dinamis						
11	Gesekan	1.00		99.0522		626.009904	
			12708.963	3234.28	0.00	9229	0.00

KUAT 3

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Vux (kN)	Vuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	7443.787				
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5				
3	Tekanan tanah	1.25		2986.7947		7599.860766	
4	Beban lajur "D"	1.00	3503.676				
5	Beban pedestrian		0.00				
6	Gaya rem	1.00			125	890.00	
7	Temperatur	1.00		23.44		112.97116	
8	Beban angin	1.00	52.5		229.69		626.0099
9	Beban gempa						
10	Tek. Tanah dinamis						
11	Gesekan	1.00		99.0522		626.009904	
			12355.463	3234.28	229.69	9229	626.0099

Tabel 4.87. KUAT 4

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Vux (kN)	Vuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	7443.787				
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5				
3	Tekanan tanah	1.25		2986.7947		7599.860766	
4	Beban lajur "D"						
5	Beban pedestrian						
6	Gaya rem	1.00			125	890.00	
7	Temperatur	1.00		23.44		112.97116	
8	Beban angin	1.20	63.00		275.625		587.41
9	Beban gempa						
10	Tek. Tanah dinamis						
11	Gesekan	1.00		99.0522		626.009904	
			8862.29	1586.59	275.625	9229	587.41

Tabel 4.88. KUAT 5

No	Aksi / Beban	Faktor Beban	Pu (kN)	Vux (kN)	Vuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Berat sendiri	1.30	7443.787				
2	Beb. mati tambahan	2.00	1355.5				
3	Tekanan tanah	1.00		2389.4357		6079.8886	
4	Beban lajur "D"						
5	Beban pedestrian						
6	Gaya rem						
7	Temperatur						
8	Beban angin						
9	Beban gempa	1.00		546.03	546.03	3630.8228	3630.8228
10	Tek. Tanah dinamis	1.00		948.50337		4439.34	
11	Gesekan						
			8799.287	3883.97	546.03	14150.05	3630.8228

REKAP KOMBINASI BEBAN ULTIMIT BREAST WALL

No	Kombinasi Beban	Pu (kN)	Vux (kN)	Vuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	Kombinasi - 1	15859.139	3359.28	229.69	9488.8418	626.0099
2	Kombinasi - 2	12708.963	3234.28	0.00	9229	0.00
3	Kombinasi - 3	12355.463	3234.28	229.69	9229	626.0099
4	Kombinasi - 4	8862.29	1586.59	275.625	9229	587.41
5	Kombinasi - 5	8799.287	3883.97	546.03	14150.05	3630.8228

4.35.4 Back Wall

4.35.4.1 Back Wall Bawah

4.35.4.1.1 Tekanan Tanah (TA)

$$\phi' = \tan^{-1}(K\phi R * \tan \phi) = 0.320253$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi' / 2) = 0.521136$$

$$w_s = 17.2$$

$$0.6 * w_s = 10.3$$

$$B_a = 9$$

$$H'' = h_1 + h_2 = 2.3$$

No	Gaya akibat tekanan tanah	TTA (kN)	Lengan thd. O	y (m)	MTA (kNm)
1	TTA = (0.60 * w _s) * H'' * K _a * B _a =	111.33	y = H'' / 2	1.15	128.026
2	TTA = 1/2 * (H'') ² * w _s * K _a * B _a =	185.54526	y = H'' / 3	0.767	142.251
TOTAL =		296.87		MTA =	270.278

4.35.4.1.2 Beban Gempa Statik Ekuivalen

$$h_1 = 0.6 \text{ m}$$

$$h_2 = 1.7 \text{ m}$$

$$H'' = h_1 + h_2 = 2.3$$

$$TEQ = K_h * I * W_t = 0.08575 * W_t$$

No	Berat W _t (kN)	TEQ (kN)	Lengan	Besar y (m)	MEQ (kNm)
1	32.4	2.778	y = H'' - h ₁ /2	2	5.56
2	198.9	17.06	y = h ₂ /2	0.85	14.50
	TEQ =	19.834		MEQ =	20.05

4.35.4.1.3 Beban Gempa Tekanan Tanah Dinamis (EQ)

$$H = 8.02 \text{ M}$$

$$H'' = h_1 + h_2 = 2.3 \text{ M}$$

$$ws = 17.2 \text{ KN/m}^3$$

$$\Delta kaG = 0.228228$$

$$Ba = 9 \text{ m}$$

No	Tekanan Tanah Dinamis	TEQ (kN)	Lengan	y (m)	MEQ (kNm)
1	$1/2 * (H'')^2 * ws * \Delta KaG * Ba =$	93.447042	$2/3 * H'' =$	1.533	143.29
2	$(H-H'') * ws * \Delta KaG * Ba =$	202.08585	$H''/2 =$	1.150	232.40
TEQ =		295.53289	kN	MEQ =	375.68

4.35.4.1.4 Beban Ultimit Back Wall Bawah

K = faktor beban ultimit

Gaya geser ultimit,

$$Vu = K * T$$

Momen ultimit,

$$Mu = K * M$$

			BEBAN KERJA		BEBAN ULTIMIT	
No	Jenis Beban	Faktor beban	T (kN)	M (kNm)	Vu (kN)	Mu (kNm)
1	Tekanan tanah (TA)	1.25	296.87	270.2776	371.09	337.84
2	(EQ) Ekuivalen	1	19.83397	20.05	19.83	20.053
3	(EQ) Dinamis	1	295.5328	375.68	295.53	375.68
Beban ultimit pada Back wall :					686.46	733.58

4.35.4.2 Back Wall Atas

$$\phi' = \tan^{-1}(K\phi R \cdot \tan \phi) = 0.320253$$

$$K = \tan^2(45^\circ - \phi' / 2) = 0.521136$$

$$W_s = 17.2$$

$$0.6 \cdot W_s = 10.32$$

$$B_a = 9$$

$$h_1 = 0.6$$

No	Gaya akibat tekanan tanah	TTA (kN)	Lengan thd. O	y (m)	MTA (kNm)
1	$TTA = (0.60 \cdot W_s) \cdot h_1 \cdot K_a \cdot B_a$	29.042	$y = h_1 / 2$	0.3	19.6
2	$T = 1/2 \cdot (h)^2 \cdot W_s \cdot K_a \cdot B_a$	14.52	$y = h / 3$	0.2	9.8
	TTA =	43.563		MTA =	29.4

4.35.4.2.1 Beban Gempa Statik Ekvivalen

$$h_1 = 0.6$$

$$TEQ = K_h \cdot I \cdot W_t = 0.08575 \cdot W_t$$

No	Berat W_t (kN)	TEQ (kN)	Lengan	Besar y (m)	MEQ (kNm)
1	32.40	2.778	$y = h_1/2$	0.3	0.833
	TEQ =	2.778		MEQ =	0.833

4.35.4.2.2 Beban Gempa Tekanan Tanah Dinamis (EQ)

$$H = 8.02$$

$$h_1 = 0.6$$

$$W_s = 17.2$$

$$\Delta kaG = 0.228228$$

$$Ba = 9$$

No	Tekanan Tanah Dinamis	TEQ (kN)	Lengan	y (m)	MEQ (kNm)
1	$1/2 * (h1)^2 * ws * \Delta KaG * Ba =$	6.359345	$y = 2/3 * h1$	0.4	2.543738
2	$(H-h1) * ws * \Delta KaG * Ba =$	262.1463	$y = h1/2$	0.3	78.64
		268.5057	kN	MEQ =	81.19

4.35.4.2.3 Beban Ultimit Back Wall Atas

Gaya geser ultimit, $V_u = K * T$, K = faktor beban ultimit

Momen ultimit, $M_u = K * M$

			BEBAN KERJA		BEBAN ULTIMIT	
No	Jenis Beban	Faktor beban	T (kN)	M (kNm)	V _u (kN)	M _u (kNm)
1	Tekanan tanah (TA)	1.25	43.5628	29.4	54.454	36.75
2	Gempa statik ekuivalen (EQ)	1	2.778	0.833	2.778	0.83349
3	Gempa tek.tnh. dinamis (EQ)	1	268.505	81.19	268.50	81.18763
Beban ultimit pada Back wall					325.73	118.7711

4.36 CORBEL

Pada saat penggantian bearing pad (elastomeric), corbel di- rencanakan mampu menahan jacking force yang terdiri dari berat sendiri struktur atas, beban mati tambahan, dan beban lalu-lintas.

Gaya geser pd Corbel, $P_{jack} = PMS + PMA + PTD$

Eksentrisitas, $e = b/2 = 0.185 \text{ m}$

Tabel 4.89. Gaya Geser Dan Momen Ultimit Corbel

No	Jenis Beban	Faktor beban	P (kN)	Vu (kN)	e (m)	Mu (kN)
1	Berat sendiri	1.3	4825.15	6272.695	0.185	1160.4486
2	Beban mati tamb.	2	677.75	1355.5	0.185	250.7675
3	Beban lajur "D"	2	3503.68	7007.352	0.185	1296.3601
			Total :	9060.445		2707.5762

4.37 Wing Wall

Ukuran wing wall (ekivalen) :

$$H_y = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + c = 7.12 \text{ m}$$

$$H_x = b_0 + b_8 = 4.46 \text{ m}$$

$$h_w = 0.5 \text{ m}$$

$$w_c = 25 \text{ Kn/M}^3$$

Berat beton, Plat wing wall dianalisis sebagai Two Way Slab mengingat salah satu sisi vertikal atau horisontal terjepit pada abutment, sehingga terjadi momen pada jepitan yaitu M_x dan M_y .

$$M_x = 1/2 * M_{\text{jepit arah x}}$$

$$M_y = 1/2 * M_{\text{jepit arah y}}$$

4.37.1 Tekanan Tanah Pada Wing Wall

$$H_y = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + c = 7.12 \text{ m}$$

$$H_x = b_0 + b_8 = 4.46 \text{ m}$$

$$\varphi' = \tan^{-1}(K\phi R * \tan \phi) = 0.320253 \text{ rad}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi' / 2) = 0.521136$$

$$w_s = 17.2 \text{ Kn/m}^3$$

$$0.6 * w_s = 10.32 \text{ Kpa}$$

No	Tekanan tanah	(kN)
1	$TTA = (0.60 * ws) * Hx * Hy * Ka$	170.783388
2	$TTA = 1/2 * (Hy)^2 * Hx * ws * Ka$	1013.314769

Gaya geser dan momen pada wing wall akibat tekanan tanah :

No	TTA (kN)	Lengan	y (m)	Lengan	x (m)	My (kNm)	Mx (kNm)
1	170.783	$y = Hy / 2$	3.560	$x = Hx / 2$	2.23	108.11	89.31
2	1013.31	$y = Hy / 3$	2.37333	$x = Hx / 2$	2.23	276.28	342.35
	1184.09					384.39	431.66

4.37.2 Tekanan Tanah Dinamis Pada Wing Wall

$$Hy = h1+h2+h3+h4+c = 7.12 \text{ m}$$

$$h8+h10 = 1.5 \text{ m}$$

$$ws = 17.2 \text{ kNm}$$

$$\Delta KaG = 0.228228$$

$$Hx = b0 + b8 = 4.46 \text{ m}$$

No	Tekanan Tanah Dinamis	TEQ (kN)
1	$TEQ = 1/2 * (Hy) * Hx * ws * \Delta KaG$	443.77438
2	$TEQ = (h8 + h10) * Hx * ws * \Delta KaG$	26.26174

Gaya geser dan momen pada wing wall akibat tekanan tanah dinamis :

No	TTA (kN)	Lengan	y (m)	Lengan	x (m)	My (kNm)	Mx (kNm)
1	443.77	y = 2/3*Hy	4.75	x = Hx / 2	2.23	161.33	99.95
2	26.3	y = Hy / 2	3.56	x = Hx / 2	2.23	13.72	11.34
	470.04					175.05	111.29

Tabel 4.90. Beban Ultimit Wing Wall

No	Jenis Beban	T(kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	Faktor beban ultimit	
					simbol	faktor
1	Tekanan tanah (TA)	1184. 1	384.39	431.66	KTA	1.25
2	Gempa statik ekuivalen (EQ)	34.03 7	60.59	37.951	KEQ	1
3	Gempa tek.tanah dinamis (EQ)	470.0 4	175.05	111.29	KEQ	1

Tabel 4.91. Beban Ultimit Wing Wall

No	Jenis Beban	Vu (kN)	Muy (kNm)	Mux (kNm)
1	Tekanan tanah (TA)	1480.12	480.49	539.575
2	Gempa statik ekuivalen (EQ)	34.0376	60.59	37.95193
3	Gempa tek.tanah dinamis (EQ)	470.036	175.05	111.29
		1984.2	716.12	688.8169

4.38 PERHITUNGAN TIANG PANCANG

Data untuk Perhitungan tiang pancang :

Jarak Kolom	2	M
Panjang tiang pancang	20	M
Tebal pur	1	1
Kohesi tanah	0.15	Kg/cm ²
Ukuran penampang tiang	0.35	Cm ²
Berat volume beton	2.5	ton
Berat volume tanah	1.65	
Sudut gesek dalam tanah	15	derajat
Muatan pada kolom 1-4	116	ton

1. Mencari kekuatan tiang

a. (pengaruh kohesi)

$$p_1 = 1/n * k * z * c$$

$$p_1 = 1/2 * 0.35 * 20 * 1.5$$

$$p_1 = 0.433 \text{ ton}$$

b. Pengaruh gesekan

$$p_2 = 1/n * k * E_0 * f$$

$$p_2 = 1/2 * 0.35 *$$

$$e_0 = 1/2 * h^2 * \gamma_{\text{tanah}} * k_0$$

$$e_0 = 1/2 * 20^2 * 0.15 * 1.071$$

$$k_0 = 1 + \text{tg}^2 \phi$$

$$e_0 = 353.43 \text{ ton}$$

$$k_0 = 1.071$$

$$p_2 = 14.25$$

$$p = p_1 + p_2$$

$$= 7 + 14.25$$

$$= 21.253 \text{ ton}$$

2. Mencari muatan normal vertikal (V)

$$\begin{aligned} \text{muatan kolom} &= p_1 + p_2 + p_3 + p_4 \\ &= 464 \end{aligned}$$

$$\text{Ukuran Pur diambil} = 49 \text{ cm}^2$$

$$\text{Berat Pur} = 7 \times 7 \times 1 \times 2.50$$

$$= 122.5$$

$$\text{muatan normal} = \text{muatan kolom} + \text{berat pur}$$

$$= 464 + 122.5$$

$$= 586.6$$

3. mencari jumlah tiang (n)

$$n = \text{muatan normal/daya dukung tiang}$$

$$n = 586.6 / 13.553 = 43.28 \approx 44 \text{ tiang}$$

