

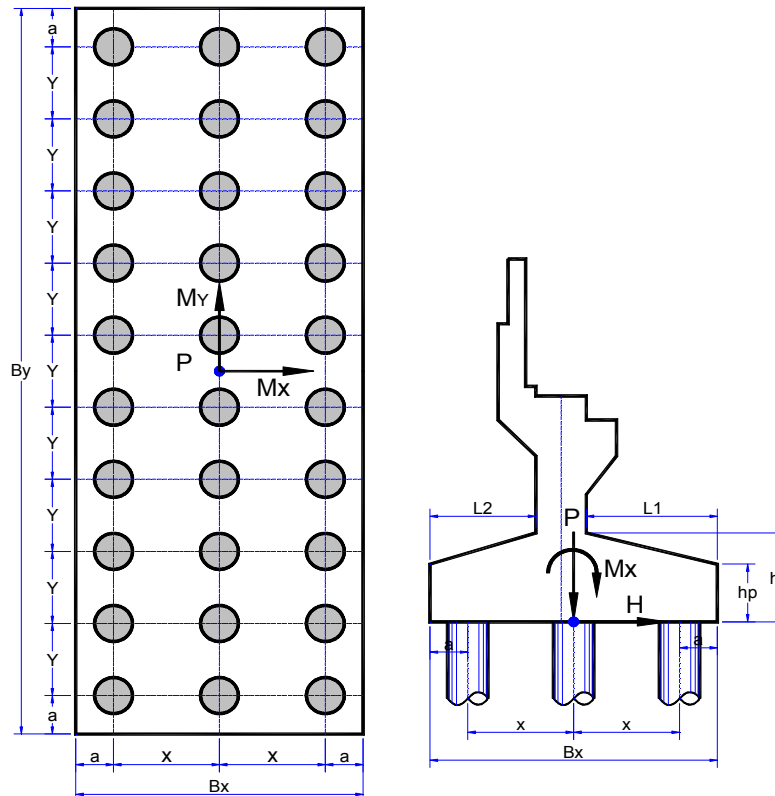
# ANALISIS FONDASI ABUTMENT

JEMBATAN SRANDAKAN KULON PROGO D.I. YOGYAKARTA

[C]2008:MNI-EC

## 1. DATA FONDASI TIANG BOR

BAHAN / MATERIAL FONDASI				FONDASI (END BEARING)		
Mutu beton,	K -	300		Berat volume tanah,		
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9	MPa	$w_s =$	18.0	kN/m <sup>3</sup>
Mutu baja tulangan,	U -	39		Sudut gesek dalam,		
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390	MPa	$\phi =$	35	°
Modulus elastis beton,	$E_c =$	23453	MPa	Kohesi tanah,		
Berat beton bertulang,	$w_c =$	25	kN/m <sup>3</sup>	C =	12	kPa
DIMENSI PILE CAP						
Lebar arah x,	$B_x =$	7.00	m	Tebal,	$h_p =$	1.20 m
Lebar arah y,	$B_y =$	20.00	m	Tebal,	$h_t =$	1.80 m
Depan,	$L_1 =$	3.10	m	Belakang	$L_2 =$	2.90 m
DIMENSI TIANG BOR (BORE PILE)						
Diameter,	D =	0.80	m	Panjang,	L =	15.00 m
Jarak pusat tiang bor terluar terhadap sisi luar Pile-cap				a =	1.00	m



DATA SUSUNAN TIANG BOR (BORE PILE)			
Jumlah baris tiang bor,	$n_y =$	10	buah
Jumlah tiang bor dalam satu baris,	$n_x =$	3	buah
Jarak antara tiang bor arah x,	$X =$	2.50	m
Jarak antara tiang bor arah y,	$Y =$	2.00	m

## 2. DAYA DUKUNG AKSIAL IJIN TIANG BOR

### 2.1. BERDASARKAN KEKUATAN BAHAN

Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9	MPa
Tegangan ijin beton,	$f_c = 0.3 * f'_c * 1000 =$	7470	kN/m <sup>2</sup>
Luas tampang tiang bor,	$A = p / 4 * D^2 =$	0.50265	m <sup>2</sup>
Panjang tiang bor,	$L =$	15.00	m
Berat tiang,	$W = A * L * w_c =$	188.50	kN
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * f_c - W =$	3566	kN

### 2.2. BERDASARKAN KEKUATAN TANAH

#### 2.2.1. MENURUT TERZAGHI DAN THOMLINSON (PENGUJIAN LAB)

$$q_{ult} = 1.3 * C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.6 * \gamma * R * N_\gamma$$

$$D_f = \text{kedalaman tiang bor} \quad D_f = L = 15.00 \text{ m}$$

$$R = \text{jari-jari penampang tiang bor} \quad R = D / 2 = 0.40 \text{ m}$$

Parameter kekuatan tanah di ujung tiang bor (end bearing) :

$$\gamma = \text{berat volume tanah,} \quad \gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = \text{sudut gesek dalam,} \quad \phi = 35^\circ$$

$$C = \text{kohesi,} \quad C = 12 \text{ kN/m}^2$$

Faktor daya dukung menurut Thomlinson :

$N_c = (228 + 4.3 * \phi) / (40 - \phi)$	=	76	
$N_q = (40 + 5 * \phi) / (40 - \phi)$	=	43	
$N_\gamma = (6 * \phi) / (40 - \phi)$	=	42	
$q_{ult} = 1.3 * C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.6 * \gamma * R * N_\gamma$	=	12972	kN/m <sup>2</sup>
Luas penampang tiang bor,	$A = \pi / 4 * D^2 =$	0.50265	m <sup>2</sup>
Angka aman,	SF =	3	
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * q_{ult} / SF =$	2174	kN

### 2.2.2. MENURUT MEYERHOFF (DATA PENGUJIAN SPT)

$q_{ult} = 40 * N'$  ( dalam  $\text{Ton/m}^2$  ) dengan,  $N'$  = nilai SPT terkoreksi,

Nilai SPT hasil pengujian,	$N =$	50	pukulan/30 cm
Nilai SPT terkoreksi,	$N' = 15 + 1/2 * (N - 15) =$	32.5	pukulan/30 cm
$q_{ult} = 40 * N' =$	1300 $\text{Ton/m}^2$	= 13000	$\text{kN/m}^2$
Luas penampang tiang bor,	$A = \pi / 4 * D^2 =$	0.50265	$\text{m}^2$
Angka aman,	$SF =$	3	
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * q_{ult} / SF =$	2178	kN

### 2.2.3. MENURUT BAGEMENT (PENGUJIAN CPT)

$$P_{ijin} = A * q_c / 3 + K * L * q_f / 5$$

$q_c =$ nilai konus rata-rata	120.00	$\text{kg/cm}^2$	$q_c =$	12000	$\text{kN/m}^2$
$q_f =$ nilai hambatan lekat rata-rata	0.18	$\text{kg/cm}^2$	$q_f =$	18	$\text{kN/m}^2$
$A =$ luas penampang tiang bor			$A =$	0.50265	$\text{m}^2$
$K =$ keliling penampang tiang bor			$K = \pi * D =$	2.51327	m
$L =$ panjang tiang bor			$L =$	15.00	m
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * q_c / 3 + K * L * q_f / 5 =$			2146	kN

### 2.2.4. REKAP DAYA DUKUNG AKSIAL TIANG BOR

No	Uraian Daya Dukung Aksial Tiang Bor	P (kN)
1	Berdasarkan kekuatan bahan	3566
2	Pengujian Lab. Hasil boring (Terzaghi dan Thomlinson)	2174
3	Pengujian SPT (Meyerhoff)	2178
4	Pengujian CPT (Bagement)	2146
	Daya dukung aksial terkecil,	$P =$ 2146 kN

Jumlah baris tiang bor,	$n_y =$	10
Jumlah tiang bor dlm. satu baris,	$n_x =$	3
Jarak antara tiang bor :	$X =$	2.50 m
Jarak antara tiang bor terkecil :	$S =$	2.00 m
Diameter tiang bor,	$D =$	0.80 m

Efisiensi kelompok tiang bor (menurut BDM) :

$$E_f = [ 2 * (n_y + n_x - 2) * S + 4 * D ] / (\pi * D * n_y * n_x) = 0.726$$

$$P_{ijin} = P * E_f = 1558 \text{ kN}$$

Diambil daya dukung aksial ijin tiang bor :	$P_{ijin} =$	1200	kN
---	--------------	------	----

### 3. DAYA DUKUNG LATERAL IJIN TIANG BOR

Kedalaman ujung tiang,

$$L_a = h_p = 1.80 \text{ m}$$

Sudut gesek,

$$\phi = 35^\circ$$

Panjang tiang bor,

$$L = 15.00 \text{ m}$$

Panjang jepitan tiang bor,

$$L_d = 1/3 * L = 5.000 \text{ m}$$

$$B_y = 20.00 \text{ m}$$

$$w_s = 18.00 \text{ kN/m}^3$$

Koefien tekanan tanah pasif,

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) = 3.690$$

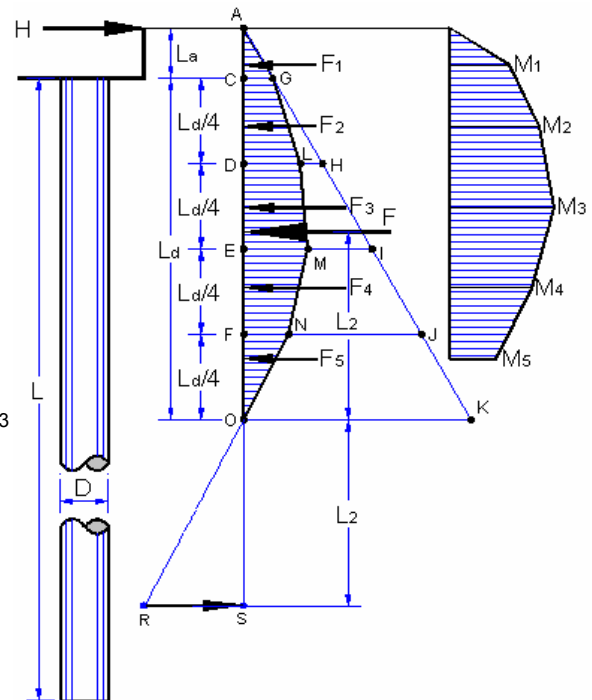


Diagram Tekanan Tanah Pasif Efektif :

BAG	KEDALAMAN	H (m)	$H * w_s * K_p$ (kN/m <sup>2</sup> )	BAGIAN	p (kN/m <sup>2</sup> )
OK	$L_a + L_d =$	6.800	451.677	O	0.000
FJ	$L_a + 3/4 * L_d =$	5.550	368.648	FN = 1/4 * FJ	92.162
EI	$L_a + 1/2 * L_d =$	4.300	285.619	EM = 1/2 * EI	142.810
DH	$L_a + 1/4 * L_d =$	3.050	202.590	DL = 3/4 * DH	135.060
CG	$L_a =$	1.800	119.562	CG	119.562

KODE	$p_1$ (kN/m <sup>2</sup> )	$p_2$ (kN/m <sup>2</sup> )	Panjang bagian		F (kN)	Lengan thd.O (m)	M (kNm)
			Notasi	(m)			
F1	0.000	92.162	$L_a =$	1.80	1659	5.60	9290
F2	92.162	142.810	$L_d / 4 =$	1.25	2937	4.38	12850
F3	142.810	135.060	$L_d / 4 =$	1.25	3473	3.13	10854
F4	135.060	119.562	$L_d / 4 =$	1.25	3183	1.88	5968
F5	119.562	0.000	$L_d / 4 =$	1.25	1495	0.83	1245
Total,					F = 12747	M = 40207	

$$L_2 = M / F = 3.154 \text{ m}$$

Jumlah momen terhadap titik S :  $\Sigma M_S = 0$  maka :  $F * (2 * L_2) = H * (L_2 + L_d + L_a)$

Gaya lateral,  $H = F * (2 * L_2) / (L_2 + L_d + L_a) = 8078.37 \text{ kN}$

Jumlah baris tiang,	$n_y =$	10	bh
Jumlah tiang per baris,	$n_x =$	3	bh
Gaya lateral satu tiang bor,	$h = H / (n_x * n_y) =$	269.279	kN
Angka aman,	SF =	1.2	
Daya dukung ijin lateral tiang bor,	$h_{ijin} = h / SF =$	224	kN

Diambil daya dukung lateral ijin tiang bor :	$h_{ijin} =$	220	kN
--	--------------	-----	----

### 3.1. MOMEN PADA TIANG BOR AKIBAT GAYA LATERAL

#### 3.1.1. PERHITUNGAN DENGAN CARA BENDING MOMENT DIAGRAM

$h_i$  = jarak gaya lateral H terhadap gaya  $F_i$  yang ditinjau

$y_i$  = jarak gaya  $F_i$  terhadap titik yang ditinjau

Momen akibat gaya lateral H,  $M_{hi} = H * h_i$

Besarnya momen di suatu titik,  $M_i = M_{hi} - \sum (F_i * y_i)$

Kode	$h_i$ (m)	$M_{hi}$ (kNm)	$F_i * y_i$ (kNm)					Diagram $M_i$ (kNm)
			$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	
			1659	2937	3473	3183	1495	
$M_1$	1.20	9694						9694
$M_2$	2.43	19590	2032					17558
$M_3$	3.68	29688	4106	3671				21911
$M_4$	4.93	39786	6179	7343	4342			21922
$M_5$	6.18	49884	8253	11014	8683	3978		17955
	10.00	80784	14598	22249	21969	16153	5717	98
	11.00	88862	16257	25186	25442	19335	7211	-4570
	12.00	96940	17916	28123	28916	22518	8706	-9239

Momen terbesar,  $M =$  21922 kNm

Jumlah baris tiang,  $n_y =$  10 bh

Jumlah tiang per baris,  $n_x =$  3 bh

Angka aman, SF = 3

Momen maksimum yang diijinkan untuk satu tiang bor,

$$M_{max} = M / (SF * n_x * n_y) = 244 \text{ kNm}$$

### 3.1.2. PERHITUNGAN DENGAN RUMUS EMPIRIS

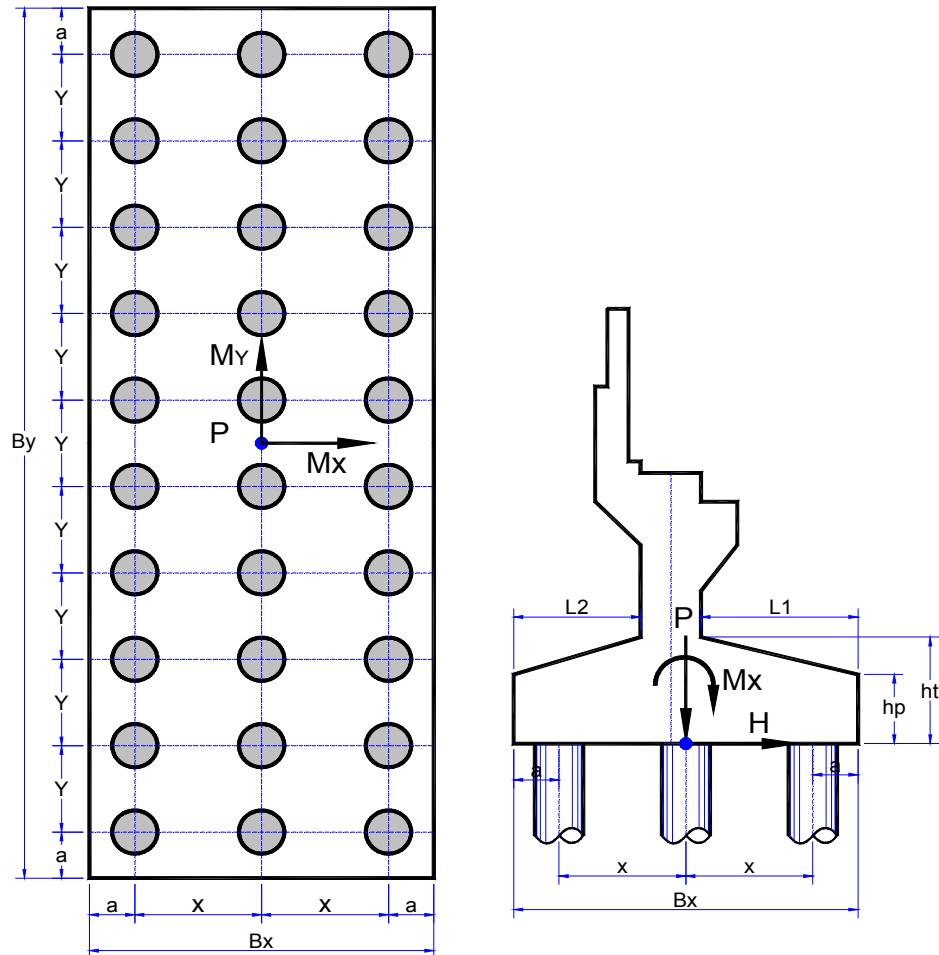
Beban maksimum pada bore pile,	$P_{\max} = P_{\text{ijin}} =$	1200	kN
Kedalaman bor pile,	$Z = L + L_a =$	16800	mm
Diameter bor pile,	$D =$	800	mm
Mutu Beton : K - 300	Kuat tekan beton, $f'_c =$	24.9	MPa
Modulus elastik beton,	$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$	23453	MPa
Inersia penampang tiang bor,	$I_c = \pi / 64 * D^4 =$	2E+10	mm <sup>4</sup>
Untuk tanah berpasir maka nilai,	$kl =$	550.00	MPa
	$K = kl * Z / D =$	11550	MPa
	$\lambda = 40 \sqrt{[D * K / (4 * E_c * I_c)]} =$	0.0028	
Eksentrisitas,	$e = 0,322 / \lambda =$	115.015	mm
	$e =$	0.11501	m
Momen maksimum pada tiang bor,	$M_{\max} = P_{\max} * e =$	138	kNm

### 3.1.3. MOMEN MAKSIMUM YANG DIJINKAN PADA TIANG BOR

Dari hasil perhitungan momen maksimum pada tiang bor akibat beban lateral yang dilakukan dengan cara Bending Momen dan Rumus Empiris dipilih nilai yang terbesar, maka diambil :

Momen maksimum yang diijinkan pada tiang bor,	$M_{\max} =$	244	kNm
---	--------------	-----	-----

## 4. GAYA YANG DITERIMA TIANG BOR



### 4.1. GAYA AKSIAL PADA TIANG BOR

Jumlah bor-pile :  $n = 30$  buah

No	$X_{\max} = 2.00$ m	$Y_{\max} = 11.25$ m
1	$X_1 = 2.00$ $X_1^2 = 80.00$	$Y_1 = 11.25$ $Y_1^2 = 759.38$
2	$X_2 = 0.00$ $X_2^2 = 0.00$	$Y_2 = 8.75$ $Y_2^2 = 459.38$
3	$X_3 = \text{tdk.ada}$ $X_3^2 = \text{tdk.ada}$	$Y_3 = 6.25$ $Y_3^2 = 234.38$
4	$X_4 = \text{tdk.ada}$ $X_4^2 = \text{tdk.ada}$	$Y_4 = 3.75$ $Y_4^2 = 84.38$
5	$X_5 = \text{tdk.ada}$ $X_5^2 = \text{tdk.ada}$	$Y_5 = 1.25$ $Y_5^2 = 9.38$
6		$Y_6 = \text{tdk.ada}$ $Y_6^2 = \text{tdk.ada}$
7		$Y_7 = \text{tdk.ada}$ $Y_7^2 = \text{tdk.ada}$
8		$Y_8 = \text{tdk.ada}$ $Y_8^2 = \text{tdk.ada}$
9		$Y_9 = \text{tdk.ada}$ $Y_9^2 = \text{tdk.ada}$
10		$Y_{10} = \text{tdk.ada}$ $Y_{10}^2 = \text{tdk.ada}$
$\Sigma X^2 = 80.00$		$\Sigma Y^2 = 1546.88$

#### 4.1.1. TINJAUAN TERHADAP BEBAN ARAH X

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang bor :

$$P_{\max} = P / n + M_x * X_{\max} / \Sigma X^2$$

$$P_{\min} = P / n - M_x * X_{\max} / \Sigma X^2$$

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang bor :

NO	KOMBINASI PEMBEBANAN	P	M <sub>x</sub>	P/n	M <sub>x</sub> *X/ΣX <sup>2</sup>	P <sub>max</sub>	P <sub>min</sub>
		(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	KOMBINASI-1	22623.08	1058.89	754.103	26.47	780.57	727.63
2	KOMBINASI-2	22663.40	2929.86	755.447	73.25	828.69	682.20
3	KOMBINASI-3	22663.40	11378.09	755.447	284.45	1039.90	470.99
4	KOMBINASI-4	22663.40	11554.34	755.447	288.86	1044.31	466.59
5	KOMBINASI-5	21492.08	24216.29	716.403	605.41	1321.81	111.00

#### 4.1.2. TINJAUAN TERHADAP BEBAN ARAH Y

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang bor :

$$P_{\max} = P / n + M_y * Y_{\max} / \Sigma Y^2$$

$$P_{\min} = P / n - M_y * Y_{\max} / \Sigma Y^2$$

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang bor :

NO	KOMBINASI PEMBEBANAN	P	M <sub>y</sub>	P/n	M <sub>y</sub> *Y/ΣY <sup>2</sup>	P <sub>max</sub>	P <sub>min</sub>
		(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	KOMBINASI-1	22623.08	0.00	754.103	0.00	754.10	754.10
2	KOMBINASI-2	22663.40	557.47	755.447	4.05	759.50	751.39
3	KOMBINASI-3	22663.40	557.47	755.447	4.05	759.50	751.39
4	KOMBINASI-4	22663.40	557.47	755.447	4.05	759.50	751.39
5	KOMBINASI-5	21492.08	21511.09	716.403	156.44	872.85	559.96

#### 4.2. GAYA LATERAL PADA TIANG BOR PILE

Gaya lateral yang diderita satu tiang bor :  $h = T / n$

No	KOMBINASI BEAN KERJA	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	h <sub>x</sub>	h <sub>y</sub>	h <sub>max</sub>
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	KOMBINASI - 1	5848.71	0.00	194.96	0.00	194.96
2	KOMBINASI - 2	6098.71	85.81	203.29	2.86	203.29
3	KOMBINASI - 3	7489.37	85.81	249.65	2.86	249.65
4	KOMBINASI - 4	7526.87	85.81	250.90	2.86	250.90
5	KOMBINASI - 5	8171.68	4739.00	272.39	157.97	272.39



## 5. KONTROL DAYA DUKUNG IJIN TIANG BOR

### 5.1. DAYA DUKUNG IJIN AKSIAL

#### 5.1.1. TERHADAP BEBAN ARAH X

No	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen $P_{ijin}$	$P_{max}$ (kN)	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	$P_{ijin}$ (kN)	Keterangan
1	KOMBINASI - 1	100%	780.57	$< 100\% * P_{ijin} =$	1200	AMAN
2	KOMBINASI - 2	125%	828.69	$< 125\% * P_{ijin} =$	1500	AMAN
3	KOMBINASI - 3	140%	1039.90	$< 140\% * P_{ijin} =$	1680	AMAN
4	KOMBINASI - 4	140%	1044.31	$< 140\% * P_{ijin} =$	1680	AMAN
5	KOMBINASI - 5	150%	1321.81	$< 150\% * P_{ijin} =$	1800	AMAN

#### 5.1.2. TERHADAP BEBAN ARAH Y

No	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen $P_{ijin}$	$P_{max}$ (kN)	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	$P_{ijin}$ (kN)	Keterangan
1	KOMBINASI - 1	100%	754.10	$< 100\% * P_{ijin} =$	1200	AMAN
2	KOMBINASI - 2	125%	759.50	$< 125\% * P_{ijin} =$	1500	AMAN
3	KOMBINASI - 3	140%	759.50	$< 140\% * P_{ijin} =$	1680	AMAN
4	KOMBINASI - 4	140%	759.50	$< 140\% * P_{ijin} =$	1680	AMAN
5	KOMBINASI - 5	150%	872.85	$< 150\% * P_{ijin} =$	1800	AMAN

### 5.2. DAYA DUKUNG IJIN LATERAL

No	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen $P_{ijin}$	$H_{max}$ (kN)	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	$h_{ijin}$ (kN)	Keterangan
1	KOMBINASI - 1	100%	194.96	$< 100\% * h_{ijin} =$	220	AMAN
2	KOMBINASI - 2	125%	203.29	$< 125\% * h_{ijin} =$	275	AMAN
3	KOMBINASI - 3	140%	249.65	$< 140\% * h_{ijin} =$	308	AMAN
4	KOMBINASI - 4	140%	250.90	$< 140\% * h_{ijin} =$	308	AMAN
5	KOMBINASI - 5	150%	272.39	$< 150\% * h_{ijin} =$	330	AMAN

## 6. PEMBESIAN BORE PILE

### 6.1. TULANGAN LONGITUDINAL TEKAN LENTUR

Gaya aksial maksimum pada tiang bor,	$P_{\max} = P_{\text{ijin}} =$	1200	kN
Momen maksimum pada tiang bor,	$M_{\max} =$	244	kNm
Faktor beban ultimit,	$K =$	1.5	
Gaya aksial ultimit,	$\phi * P_n = P_u = K * P_{\max} =$	1800	kN
Momen ultimit,	$\phi * M_n = M_u = K * M_{\max} =$	365.365	kNm
Diameter bor pile,	$D =$	800.00	mm
Luas penampang bore pile,	$A_g = \pi / 4 * D^2 =$	502655	mm <sup>2</sup>
	$\phi * P_n / (f_c' * A_g) =$	0.144	
	$\phi * M_n / (f_c' * A_g * D) =$	0.036	

Plot nilai  $\phi * P_n / (f_c' * A_g)$  dan  $\phi * M_n / (f_c' * A_g * D)$  ke dalam Diagram Interaksi Kolom Lingkaran, diperoleh : Rasio tulangan,  $\rho = 0.65\%$

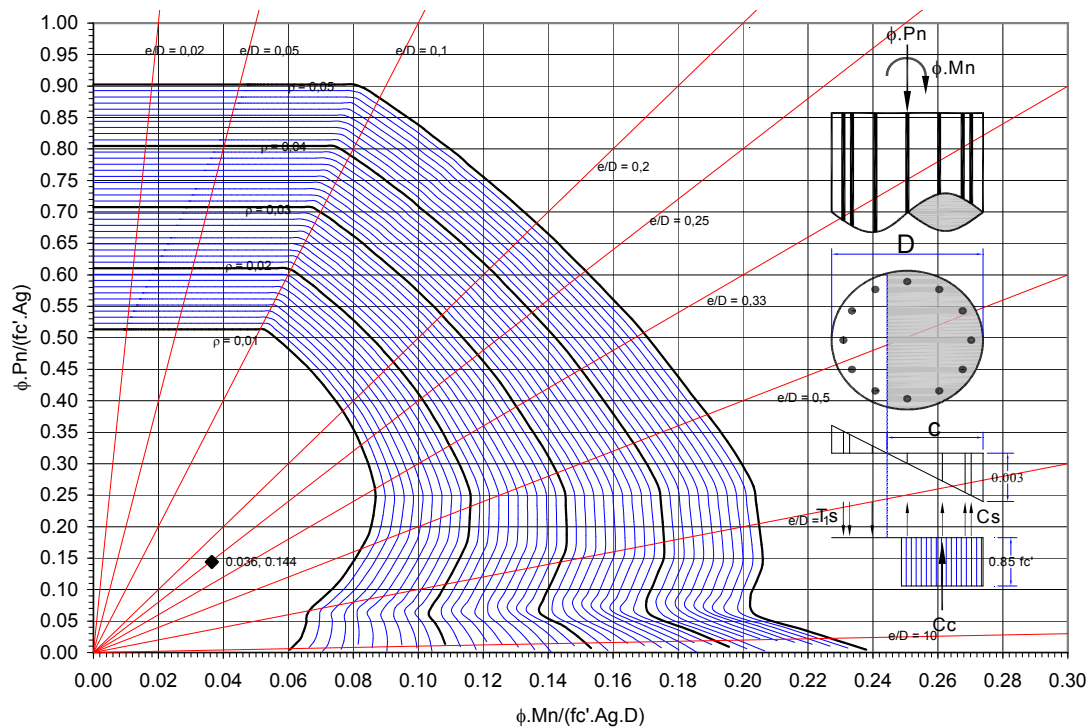
Luas tulangan yang diperlukan,  $A_s = \rho * A_g = 3267$  mm<sup>2</sup>

Diameter besi tulangan yang digunakan, D 19

$A_{s1} = 283.529$  mm<sup>2</sup> Jumlah tulangan yg diperlukan = 11.5235

Digunakan tulangan :

12 D 19



Plot nilai  $\phi * P_n / (f_c' * A_g)$  dan  $\phi * M_n / (f_c' * A_g * D)$  ke dalam Diagram Interaksi

## 6.2. TULANGAN GESER

Perhitungan geser Bor pile didasarkan atas momen dan gaya aksial untuk kombinasi beban yang menentukan dalam perhitungan tulangan aksial tekan dan lentur.

Panjang Bor pile,	$L =$	15000	mm
Diameter Bor pile,	$D =$	800	mm
Luas tul. Bor pile,	$A_s =$	3267	mm <sup>2</sup>
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9	MPa
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390.0	MPa
Gaya aksial ultimit,	$P_u =$	1800	kN
Momen ultimit,	$M_u =$	365.365	kNm
Gaya lateral ijin,	$h_{ijin} =$	220	kN
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.6	
Gaya geser ultimit akibat momen,	$V_u = M_u / L =$	24358	N
Gaya geser ultimit akibat gaya lateral,	$V_u = K * h_{ijin} =$	330000	N
Diambil gaya geser ultimit rencana,	$V_u =$	330000	N
Jarak tul. thd. sisi luar beton,	$d' =$	100	
Tebal efektif,	$d = D - d' =$	700.00	mm
	$V_{cmax} = 0.2 * f'_c * D * d =$	2788800	N
	$\phi * V_{cmax} =$	1673280	N
	$\beta_1 = 1.4 - d/2000 =$	1.05	Diambil = 1.05
	$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f'_c * A_g) =$	1.010	
	$\beta_3 =$	1	
	$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * D * d * \sqrt{[A_s * f'_c / (D * d)]} =$	226419	N
	$V_c = V_{uc} + 0.6 * D * d =$	562419	N
	$\phi * V_c =$	337451	N

$\phi * V_c > V_u$  (hanya perlu tul. Geser min.)

Geser pada beton sepenuhnya dipikul oleh tulangan geser, sehingga :

$$V_s = V_u = 330000 \text{ N}$$

Untuk tulangan geser digunakan sengkang berpenampang :

$$2 \quad \emptyset \quad 12$$

Luas tul. sengkang berpenampang 2  $\emptyset 10$  :  $A_{sv} = 226.19 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan yang diperlukan,  $S = A_{sv} * f_y * d / V_s = 187 \text{ mm}$

Digunakan sengkang : 2  $\emptyset$  12 - 150

## 7. PEMBESIAN PILE CAP

### 7.1. GAYA AKSIAL ULTIMIT TIANG BOR

#### 7.1.1. TINJAUAN BEBAN ARAH X

Gaya aksial ultimit yang diterima satu tiang bor :

$$P_{umax} = P_u / n + M_{ux} * X_{max} / \Sigma X^2$$

$$P_{umin} = P_u / n - M_{ux} * X_{max} / \Sigma X^2$$

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diterima satu tiang bor :

NO	KOMBINASI PEMBEBANAN	$P_u$	$M_{ux}$	$P_u/n$	$M_{ux} * X / \Sigma X^2$	$P_{umax}$	$P_{umin}$
		(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	KOMBINASI-1	30426.42	4454.91	1014.214	111.37	1125.59	902.84
2	KOMBINASI-2	30780.04	12867.78	1026.001	321.69	1347.70	704.31
3	KOMBINASI-3	30426.42	12691.64	1014.214	317.29	1331.51	696.92
4	KOMBINASI-4	30828.42	4414.71	1027.614	110.37	1137.98	917.25
5	KOMBINASI-5	28518.04	39358.71	950.601	983.97	1934.57	-33.37

#### 7.1.2. TINJAUAN BEBAN ARAH Y

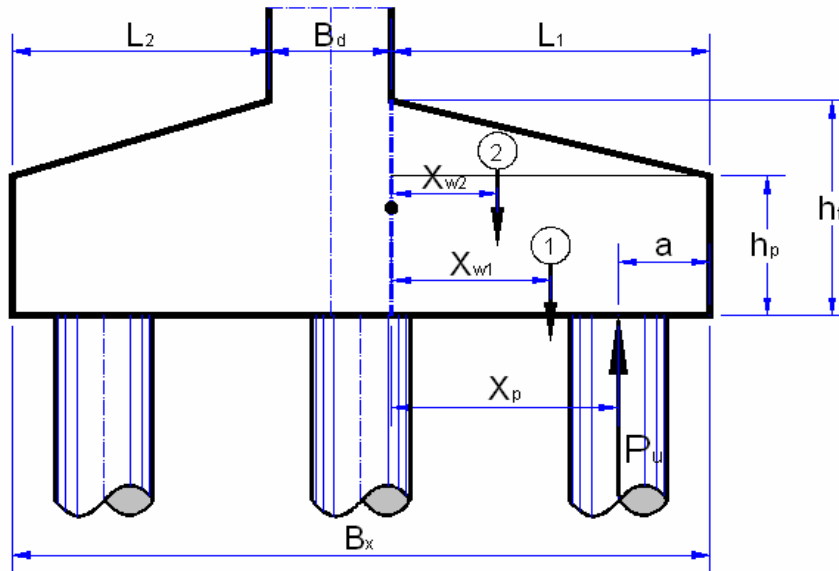
Gaya aksial ultimit yang diterima satu tiang bor :

$$P_{umax} = P_u / n + M_{uy} * Y_{max} / \Sigma Y^2$$

$$P_{umin} = P_u / n - M_{uy} * Y_{max} / \Sigma Y^2$$

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diterima satu tiang bor :

NO	KOMBINASI PEMBEBANAN	$P_u$	$M_{uy}$	$P_u/n$	$M_{uy} * Y / \Sigma Y^2$	$P_{umax}$	$P_{umin}$
		(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	KOMBINASI-1	30426.42	668.96	1014.214	4.87	1019.08	1009.35
2	KOMBINASI-2	30780.04	0.00	1026.001	0.00	1026.00	1026.00
3	KOMBINASI-3	30426.42	668.96	1014.214	4.87	1019.08	1009.35
4	KOMBINASI-4	30828.42	668.96	1027.614	4.87	1032.48	1022.75
5	KOMBINASI-5	28518.04	21511.09	950.601	156.44	1107.05	794.16



Gaya ultimit maksimum (rencana) tiang bor,

$$P_{umax} = 1934.57 \text{ kN}$$

## 7.2. MOMEN DAN GAYA GESER ULTIMIT PILE CAP

KODE	PARAMETER BERAT BAGIAN BETON				VOLUME (m <sup>3</sup> )	BERAT (kN)	LENGAN $x_w$ (m)	MOMEN (kNm)
	b	h	Panjang	Shape				
W <sub>1</sub>	3.10	1.20	20.00	1	74.4	1860.000	1.550	2883.000
W <sub>2</sub>	3.10	0.60	20.00	0.5	18.6	465.000	1.033	480.500
$W_s =$						2325.000	$M_s =$	3363.500

Faktor beban ultimit,

$$K = 1.30$$

Momen ultimit akibat berat pile cap,

$$M_{us} = K * M_s = 4372.55 \text{ kNm}$$

Gaya geser ultimit akibat berat pile cap,

$$W_{us} = K * W_s = 3022.50 \text{ KN}$$

Tebal breast wall,

$$B_d = B_x - L_1 - L_2 = 1.00 \text{ m}$$

Jumlah baris tiang bor,

$$n_y = 10 \text{ buah}$$

Jarak tiang terhadap pusat $X$ (m)		Lengan thd. Sisi luar dinding $X_p$ (m)		$M = n_y * P_{max} * X_p$ (kNm)
$X_1 =$	2.00	$X_{p1} = X_1 - B_d / 2 =$	1.50	29018.54
$X_2 =$	0.00	$X_{p2} = X_2 - B_d / 2 =$	tdk.ada	tdk.ada
$X_3 =$	tdk.ada	$X_{p3} = X_3 - B_d / 2 =$	tdk.ada	tdk.ada
$X_4 =$	tdk.ada	$X_{p4} = X_4 - B_d / 2 =$	tdk.ada	tdk.ada
$X_5 =$	tdk.ada	$X_{p5} = X_5 - B_d / 2 =$	tdk.ada	tdk.ada

Momen max. pada pile-cap akibat reaksi tiang bor,

$$M_p = 29018.54 \text{ kNm}$$

Momen ultimit rencana Pile Cap,

$$M_{ur} = M_p - M_{us} = 24645.99 \text{ kNm}$$

untuk lebar pile-cap ( $B_y$ ) = 20.00 m  
 Momen ultimit rencana per meter lebar,  $M_u = M_{ur} / B_y = 1232.30$  kNm  
 Gaya geser rencana Pile Cap,  $V_{ur} = n_y * P_{umax} - W_{us} = 16323.19$  kN  
 untuk lebar pile-cap ( $B_y$ ) = 20.000 m  
 Gaya geser ultimit rencana per meter lebar,  $V_u = V_{ur} / B_y = 816.16$  kN

### 7.3. TULANGAN LENTUR PILE CAP

Momen rencana ultimit,	$M_u =$	1232.30	kNm
Mutu beton, K - 300	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.90 MPa
Mutu baja, U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Tebal pile cap,	$h = h_t =$	1800	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	100	mm
Modulus elastis baja,	$E_s =$	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	$\beta_1 =$	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) =$		0.02796	
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] =$		6.59766	
Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80	
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.60	
Tebal efektif pile cap,	$d = h - d' =$	1700	mm
Lebar pile cap yang ditinjau,	$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	1540.37	kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	0.53300	

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] =$	0.00138	
Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 0.25\% * 1.4 / f_y =$	0.00090	
Rasio tulangan yang digunakan, $\rho =$	0.00138	
Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho * b * d =$	2353	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 25	mm
Jarak tulangan yang diperlukan, $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	208.585	mm
Digunakan tulangan,	D 25 - 200	
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$		2454 mm <sup>2</sup>

Untuk tulangan bagi diambil 50% tulangan pokok.

$A_s' = 50\% * A_s =$	1177	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 19	mm
Jarak tulangan yang diperlukan, $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	240.957	mm

Digunakan tulangan,

D 19	-	200
------	---	-----

$$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s = 1418 \text{ mm}^2$$

## 2.1. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit,	$V_u =$	816160	N
$V_c = 1/6 * (\sqrt{f_c'}) * b * d =$		1413830	N
$\phi * V_c =$		848298	N
$V_s = V_u =$		816160	N

Hanya perlu tul.geser min

Diameter tul. yang digunakan, D 16  
 Luas tulangan geser,  $A_v = \pi / 4 * D^2 * b / S_y =$

400	mm
502.65	mm <sup>2</sup>

Jarak tulangan geser yang diperlukan ( arah X ) :

$$S_x = A_v * f_y * d / V_s = 408 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan, D 16

Jarak arah X	400	mm
Jarak arah Y	400	mm

## 2.2. KONTROL TERHADAP GESER PONS

Kuat geser pons yang disyaratkan,  $f_v = 0.3 * \sqrt{f_c'} = 1.497 \text{ MPa}$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0.60$$

Jarak antara tiang bor arah x,

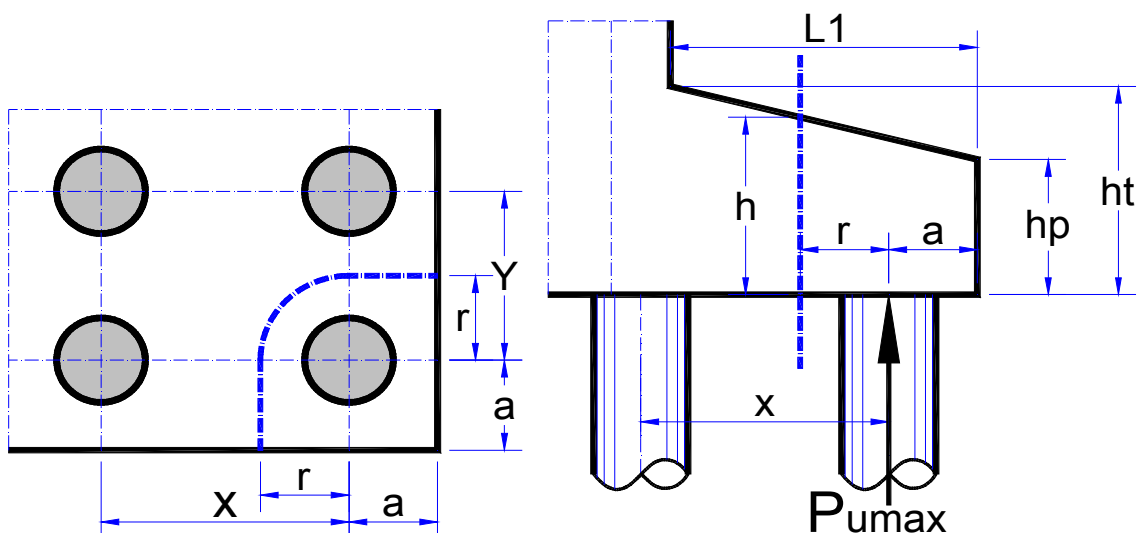
$$X = 2.50 \text{ m}$$

Jarak antara tiang bor arah y,

$$Y = 2.00 \text{ m}$$

Jarak tiang bor terhadap tepi,

$$a = 1.00 \text{ m}$$







# ANALISIS KEKUATAN PIER

JEMBATAN SRANDAKAN KULON PROGO D.I. YOGYAKARTA

[C]2008:MNI-EC

## 1. TINJAUAN PIER ARAH MEMANJANG JEMBATAN

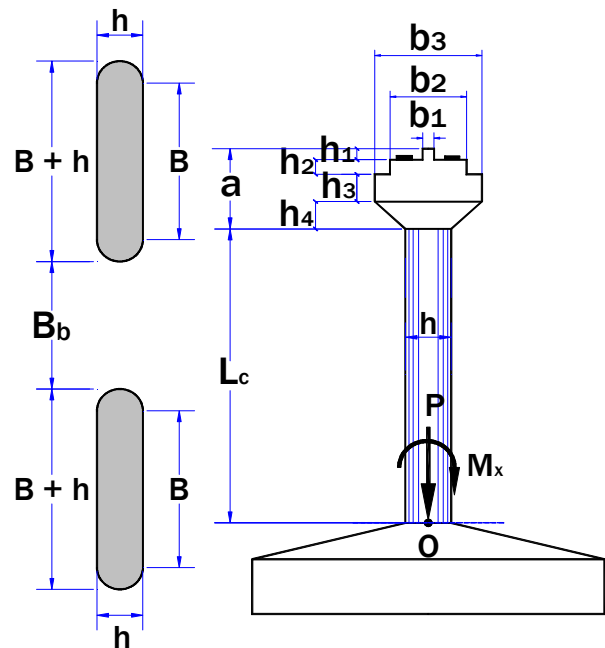
Tinggi Column Pier,  $L_c = 7.00$  m  
 Ukuran penampang,  $B = 5.00$  m  
 $h = 1.20$  m

Luas penampang Column Pier,  
 $A_c = 2 * (B * h + \pi/4 * h^2) = 14.26195$  m<sup>2</sup>

Lebar ekuivalen Column Pier,  
 $B_e = A / h = 11.88496$  m

Beban Ultimit Pada Column Pier :

No	Kondisi Beban	$P_u$ (kN)	$M_{ux}$ (kNm)
1	Kombinasi - 1	34879.4	11529.48
2	Kombinasi - 2	34496.2	11878.56
3	Kombinasi - 3	34976.2	808.03
4	Kombinasi - 4	34976.2	12108.03
5	Kombinasi - 5	26959.4	36547.95



### 1.1. KONTROL STABILITAS PIER

#### 1.1.1. PENGARUH BERAT STRUKTUR

Berat sendiri struktur atas,	$P_{MS} =$	13799.3 kN
Beban mati tambahan,	$P_{MA} =$	1652.40 kN
Berat headstock,	$W_h =$	1900.69 kN
Berat column pier,	$W_c =$	2495.84 kN
Berat total struktur atas :	$W_a = P_{MS} + P_{MA} =$	15451.7 kN
Berat struktur bawah :	$W_b = W_h + 1/2 * W_c =$	4396.53 kN

Perbandingan berat,  $W_b / W_a = 28.45\%$  > 20 % (OK)

Tidak memerlukan analisis dinamik (Cukup dengan analisis statik)

### 1.1.2. PENGARUH P-DELTA

Gaya aksial ultimit Pier,	$P_u =$	26959.4	kN
Momen ultimit Pier,	$M_u =$	36547.9	kNm
Inersia penampang Column Pier,	$I_c = 1/12 * B_e * h^3 =$	10.2686	m <sup>4</sup>
Mutu beton, K - 300	Kuat tekan beton, $f'_c = 0.83 * K / 10 =$	24.9	MPa
Modulus elastis beton, $E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$	23453	MPa	$E_c = 2.35E+07$ kPa
Tinggi Column Pier,	$L_c =$	7.00	m
Momen ultimit,	$M_u =$	36547.9	kNm
Lendutan,	$\Delta = M_u * L_c^2 / (2 * E_c * I_c) =$	0.0037	m
Momen akibat pengaruh P-delta :	$M_d = P_u * \Delta =$	100.238	kNm
	$5\% * M_u =$	1827.40	kNm

$M_d < 5\% * M_u$  (OK), maka efek P-delta dapat diabaikan

Kontrol efek P-delta untuk Kombinasi Beban Ultimit

No	Kondisi Beban	$P_u$ (kN)	$M_{ux}$ (kNm)	$\Delta$ (m)	$M_d$ (kNm)	$5\% * M_{ux}$ (kNm)	Keterangan
1	Kombinasi - 1	34879.4	11529.48	0.00117	40.911	576.4738	$M_d < 5\% * M_{ux}$
2	Kombinasi - 2	34496.2	11878.56	0.00121	41.686	593.9278	$M_d < 5\% * M_{ux}$
3	Kombinasi - 3	34976.2	808.03	0.00008	2.875	40.40165	$M_d < 5\% * M_{ux}$
4	Kombinasi - 4	34976.2	12108.03	0.00123	43.083	605.4016	$M_d < 5\% * M_{ux}$
5	Kombinasi - 5	26959.4	36547.95	0.00372	100.238	1827.397	$M_d < 5\% * M_{ux}$

$M_d < 5\% * M_{ux}$  (OK), maka efek P-delta dapat diabaikan

### 1.1.3. PENGARUH BUCKLING

Tinggi Column Pier,	$L_c =$	7.00	m
Inersia penampang Column Pier,	$I_c = 1/12 * B_e * h^3 =$	10.2686	m <sup>4</sup>
Luas tampang Column Pier,	$A_c = B_e * h =$	14.26195	m <sup>2</sup>
Jari-jari inersia penampang Column Pier,	$r = \sqrt{I_c / A_c} =$	0.848528	m
Faktor panjang tekuk,	$K =$	2.0	
Angka kelangsingan,	$K * L_c / r =$	16.49916	< 22

Pengaruh buckling dapat diabaikan

Untuk menambah keamanan, pengaruh buckling tsb. tetap diperhitungkan walaupun kecil.

Pengaruh buckling diperhitungkan dengan cara Perbesaran Momen pada Column Pier sbb.

Beban mati ultimit pada Column Pier :  $DL = P_{MS} + P_{MA} = 26959.4$  kN

Beban hidup ultimit pada Column Pier :  $LL = P_{TD} + P_{TP} = 7920.00$  kN

Nilai perbandingan beban mati ultimit terhadap beban tetap ultimit :

	$\beta_d = DL / (DL + LL) =$	0.77293
Kekakuan lentur Column Pier,	$EI = 0.4 * E_c * I_c / (1 + \beta_d) =$	5.4E+07 kNm <sup>2</sup>
Beban aksial kritis,	$P_c = \pi^2 * EI / (K * L_c)^2 =$	2736027 kN
Faktor perbesaran momen,	$\delta_s = 1 / [1 - P_u / (0.75 * P_c)] =$	1.01331
Gaya geser horisontal akibat gempa,	$V_u = T_{EQ} =$	6136.60 kN
Simpangan lateral akibat gempa,	$\Delta = V_u * L_c^3 / (3 * EI) =$	0.01291 m
Faktor perbesaran momen,	$\delta_s = 1 / [1 - P_u * \Delta / (V_u * L_c)] =$	1.00817
Diambil faktor perbesaran momen,	$\delta_s =$	1.01331
Momen ultimit yang diperbesar, $M_u = \delta_s * M_{ux}$		

No	Kondisi Beban	$P_u$ (kN)	$M_{ux}$ (kNm)	$M_u$ (kNm)
1	Kombinasi - 1	34879.4	11529.48	11683.0
2	Kombinasi - 2	34496.2	11878.56	12036.7
3	Kombinasi - 3	34976.2	808.03	818.8
4	Kombinasi - 4	34976.2	12108.03	12269.2
5	Kombinasi - 5	26959.4	36547.95	37034.5

## 1.2. PEMBESIAN COLUMN PIER

Mutu Beton :	K - 300	
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9 MPa
Mutu Baja :	U - 39	
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Dimensi Column Pier,	$B_e =$	11.885 m
	$b_4 =$	1.20 m

Ditinjau Column Pier selebar 1 m :

Lebar Column Pier,	$b =$	1000 mm
Tebal Column Pier,	$h =$	1200 mm

Luas penampang Column Pier yang ditinjau,

$$A_g = b * h = 1200000 \text{ mm}^2$$

$P_u$  = gaya aksial ultimit pada column pier (kN)

$M_u$  = momen ultimit pada column pier (kNm)

$$\phi.P_n = P_u \quad \alpha = \phi.P_n / (f'_c.A_g) = P_u * 10^4 / (f'_c * A_g)$$

$$\phi.M_n = M_u \quad \beta = \phi.M_n / (f'_c.A_g.h) = M_u * 10^7 / (f'_c * A_g * h)$$

No	KOMBINASI BEBAN I ULTIMIT	UNTUK LEBAR = $B_e$		UNTUK LEBAR 1 M		$\alpha$	$\beta$
		$P_u$ (kN)	$M_u$ (kN-m)	$P_u$ (kN)	$M_u$ (kN-m)		
1	KOMBINASI - 1	34879.4	11682.97	2934.75	983.00	0.098	0.0274
2	KOMBINASI - 2	34496.2	12036.69	2902.51	1012.77	0.097	0.0282
3	KOMBINASI - 3	34976.2	818.79	2942.90	68.89	0.098	0.0019
4	KOMBINASI - 4	34976.2	12269.23	2942.90	1032.33	0.098	0.0288
5	KOMBINASI - 5	26959.4	37034.51	2268.36	3116.08	0.076	0.0869

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d' = 100 \text{ mm}$$

$$h' = h - 2*d' = 1000 \text{ mm}$$

$$h' / h = 0.833333$$

Nilai  $\alpha = \phi.P_n / (f'_c.A_g)$  dan  $\beta = \phi.M_n / (f'_c.A_g.h)$  diplot ke dalam diagram interaksi diperoleh,

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 1.35\%$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_s = \rho * b * h = 16200 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$$D = 25 \text{ mm}$$

Tulangan tekan dibuat sama dengan tulangan tarik :

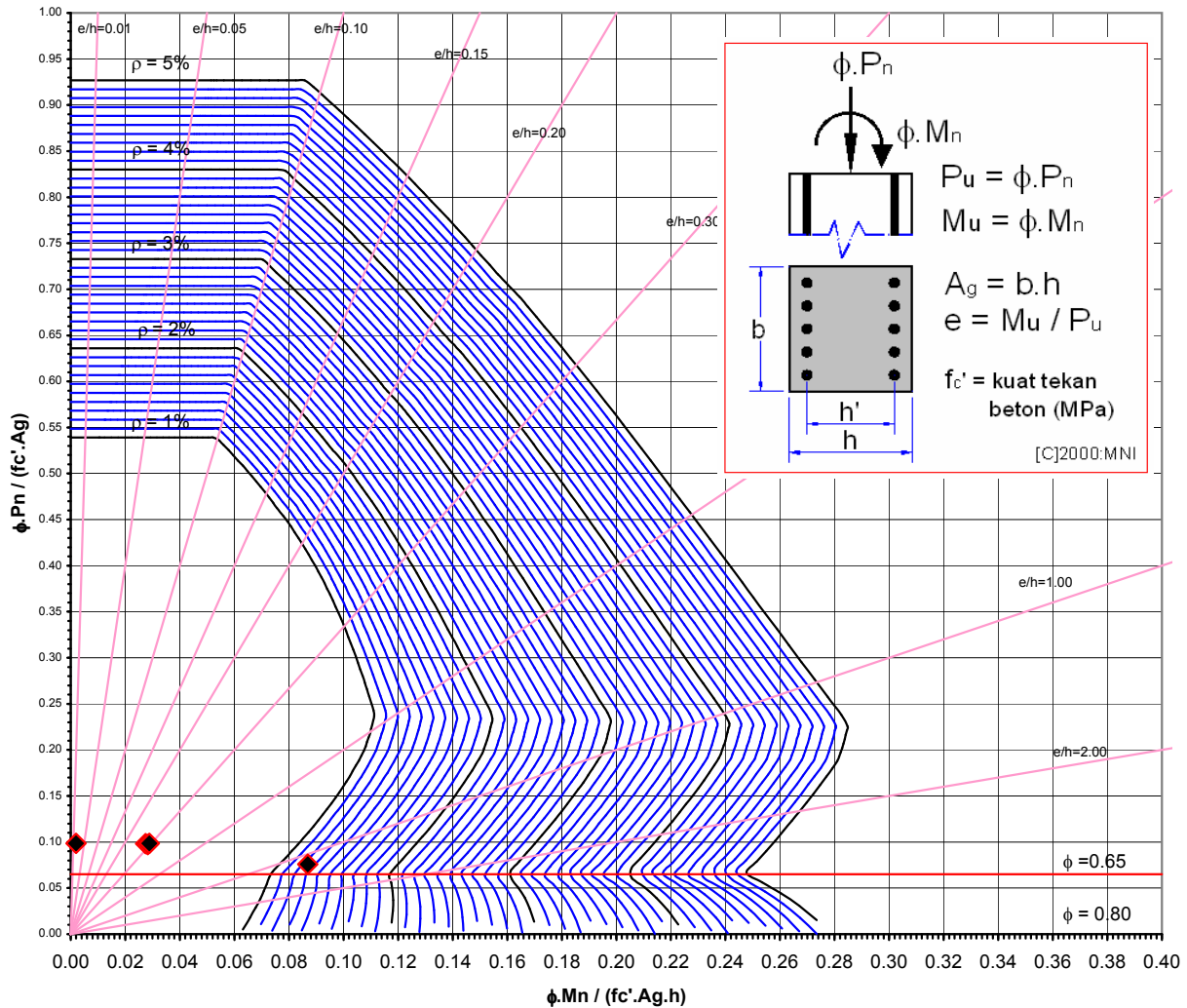
$$A_{s(\text{tekan})} = A_{s(\text{tarik})} = 1/2 * A_s = 8100 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi/4 * D^2 * b / (1/2 * A_s) = 61 \text{ mm}$$

Digunakan :      Juml.Lapis      dia. Tulangan      Jarak      Luas Tulangan

Tulangan tekan,	2	D 25	-	100	9817.48	mm <sup>2</sup>
Tulangan tarik,	2	D 25	-	100	9817.48	mm <sup>2</sup>
Rasio tulangan total,	$\rho = 1.636\%$		Luas tul.	$A_s =$	19635	mm <sup>2</sup>



Plot nilai  $\phi P_n / (f'_c \cdot A_g)$  dan  $\phi M_n / (f'_c \cdot A_g \cdot h)$  ke dalam diagram interaksi

### 1.3. ANALISIS DINDING PIER DENGAN DIAGRAM INTERAKSI

Untuk mengontrol apakah tulangan Dinding Pier yg ditetapkan dengan Diagram Interaksi (tak berdimensi) untuk Uniaxial Bending tersebut telah mencukupi, perlu dilakukan analisis kekuatan Column Pierl dengan Diagram Interaksi P-M untuk berbagai macam kombinasi pembebanan. Input data, persamaan yang digunakan untuk analisis, dan hasil analisis Column Pier disajikan sebagai berikut.

## ANALISIS DINDING BETON BERTULANG DENGAN DIAGRAM INTERAKSI

### DATA DINDING BETON BERTULANG

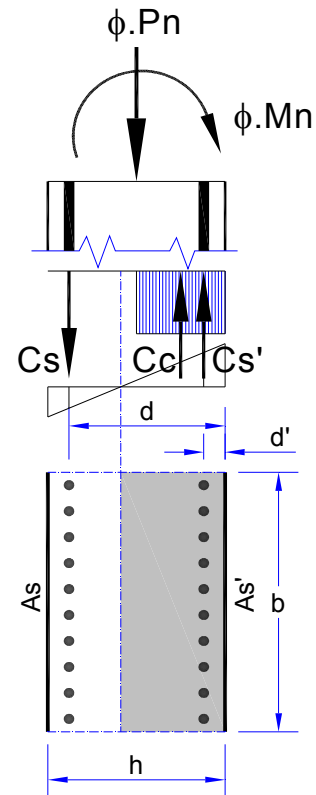
Mutu Beton,	K - 300	
Mutu Baja Tulangan,	U - 39	
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9 MPa
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Modulus elastik baja,	$E_s =$	2.E+05 MPa
Faktor distribusi teg.	$\beta_1 =$	0.85
Ditinjau dinding selebar,	$b =$	1000 mm
Tebal dinding	$h =$	1200 mm
Jarak tul. thd.tepi beton	$d' =$	100 mm
Baja tulangan tarik ( $A_s$ ) :		
2 lapis D 32 jarak 100		
Baja tulangan tekan ( $A_s'$ ) :		
2 lapis D 32 jarak 100		
Luas tulangan tarik,	$A_s =$	16085 mm <sup>2</sup>
Luas tulangan tekan,	$A_s' =$	16085 mm <sup>2</sup>

Rasio tulangan tarik dan tekan,

$$\rho = 2.6808\%$$

Faktor reduksi kekuatan (  $\Phi$  ) untuk :

Tekan - Lentur	$\Phi =$	0.65
Lentur	$\Phi =$	0.80



### PERSAMAAN YANG DIGUNAKAN UNTUK PERHITUNGAN DIAGRAM INTERAKSI

Tinggi efektif,	$d = h - d'$
-----------------	--------------

Pada kondisi tekan aksial sentris :

$$P_{no} = 0.80 * [ 0.85 * f'_c * b * h + ( A_s + A_s' ) * ( f_y - 0.85 * f'_c ) ] * 10^{-3}$$

kN

Gaya tekan aksial nominal,

$$P_n \text{ harus } \leq P_{no}$$

Pada kondisi balance :

$$c_b = 600 / ( 600 + f_y ) * d$$

$$a_b = \beta_1 * c_b$$

$$\epsilon'_s = 0.003 * ( c_b - d' ) / c_b$$

Untuk,	$\epsilon'_s \geq f_y / E_s$	maka	$f'_s = f_y$
--------	------------------------------	------	--------------

Untuk,	$\epsilon'_s < f_y / E_s$	maka	$f'_s = \epsilon'_s * E_s$
--------	---------------------------	------	----------------------------

Gaya-gaya internal beton dan baja :

$C_c = 0.85 * f'_c * b * a_b * 10^{-3}$	kN
---	----

$C_s = A_s * f_y * 10^{-3}$	kN
-----------------------------	----

$C'_s = A'_s * (f'_s - 0.85 * f'_c) * 10^{-3}$	kN
--	----

Gaya aksial tekan nominal kondisi balance :

$P_{nb} = C_c + C'_s - C_s$	kN	harus $\leq P_{no}$
-----------------------------	----	---------------------

Momen nominal kondisi balance :

$M_{nb} = [ C_c * (h/2 - a_b/2) + C_s * (d - h/2) + C'_s * (h/2 - d') ] * 10^{-3}$	kN-m
--	------

Pada kondisi garis netral terletak pada jarak c dari sisi beton tekan terluar :

$\epsilon_s = 0.003 * (c - d) / c$
------------------------------------

$\epsilon'_s = 0.003 * (c - d') / c$
--------------------------------------

Untuk	$[\epsilon_s] \geq f_y / E_s$	maka	$f_s = [\epsilon_s] / \epsilon_s * f_y$
-------	-------------------------------	------	---

Untuk	$[\epsilon_s] < f_y / E_s$	maka	$f_s = \epsilon_s * E_s$
-------	----------------------------	------	--------------------------

Untuk	$\epsilon'_s \geq f_y / E_s$	maka	$f'_s = f_y$
-------	------------------------------	------	--------------

Untuk	$\epsilon'_s < f_y / E_s$	maka	$f'_s = \epsilon'_s * E_s$
-------	---------------------------	------	----------------------------

$a = \beta_1 * c$
-------------------

Gaya-gaya internal beton dan baja :

$C_c = 0.85 * f'_c * b * a * 10^{-3}$	kN
---------------------------------------	----

$C_s = A_s * f_s * 10^{-3}$	kN
-----------------------------	----

$C'_s = A'_s * (f'_s - 0.85 * f'_c) * 10^{-3}$	kN
--	----

Gaya aksial tekan nominal :

$P_n = C_c + C'_s - C_s$	kN	harus $\leq P_{no}$
--------------------------	----	---------------------

Momen nominal :

$M_n = [ C_c * (h/2 - a/2) - C_s * (d - h/2) + C'_s * (h/2 - d') ] * 10^{-3}$	kN-m
---	------

Faktor reduksi kekuatan :

$\Phi = 0.65$	untuk $P_n \geq 0.10 * f'_c * b * h$
---------------	--------------------------------------

$\Phi = 0.80 - 1.5 * P_n / (f'_c * b * h)$	untuk $0 < P_n < 0.10 * f'_c * b * h$
--	---------------------------------------

#### 1.4. TULANGAN GESER COLUMN PIER (ARAH MEMANJANG JEMBATAN)

Perhitungan tulangan geser untuk Column Pier didasarkan pada gaya geser terbesar antara gaya lateral dan momen ultimit untuk kombinasi beban yang menentukan dalam perhitungan tulangan aksial tekan dan lentur.

Gaya aksial ultimit rencana,	$P_u =$	2268.36	kN	$P_u =$	2268365	N	
Momen ultimit rencana,	$M_u =$	3116.08	kNm	$M_u =$	3.12E+09	Nmm	
Mutu Beton :	K - 300			$f_c' =$	24.9	MPa	
Mutu Baja :	U - 39			$f_y =$	390	MPa	
Ditinjau dinding Pier selebar,				$b =$	1000	mm	
Faktor reduksi kekuatan geser,				$\phi =$	0.6		
Tinggi dinding Pier,				$L = L_c =$	7000	mm	
Tebal dinding Pier,				$h =$	1200	mm	
Luas tulangan longitudinal Column Pier,				$A_s =$	19635	mm <sup>2</sup>	
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,				$d' =$	100	m	
Gaya geser ultimit akibat momen,				$V_u = M_u / L =$	445155	N	
Gaya geser ultimit akibat gaya lateral,				$V_u = T_{ux} * 10^3 / B_e =$	519112	N	
Diambil, gaya geser ultimit rencana,				$V_u =$	519112	N	
				$d = h - d' =$	1100.00	mm	
				$V_{cmax} = 0.2 * f_c' * b * d =$	6573600	N	
				$\phi * V_{cmax} =$	3944160	N	
				$\beta_1 = 1.4 - d / 2000 =$	0.85	< 1 maka diambil	
				$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f_c' * b * h) =$	1.005	$\beta_1 =$ 0.85	
				$\beta_3 =$	1		
				$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * [A_s * f_c' / (b * d)]^{1/3} =$	810140	N	
				$V_c = V_{uc} + 0.6 * b * d =$	1602140	N	
				$V_c = 0.3 * (\sqrt{f_c'}) * b * d * \sqrt{[1 + 0.3 * P_u / (b * d)]} =$	1647206	N	
Diambil,	$V_c =$	1647206	N	maka,	$\phi * V_c =$	961284	N

$\phi * V_c > V_u$  (hanya perlu tul. Geser min.)

Gaya geser sepenuhnya dipikul oleh tulangan geser :  $V_s = V_u / \phi =$  865187 N

Untuk tulangan geser digunakan besi tulangan :

D	16	Jarak arah y, $S_y =$	300	mm
Luas tulangan geser,	$A_{sv} = \pi/4 * D^2 * (b / S_x) =$	670.21	mm <sup>2</sup>	
Jarak tul. geser yang diperlukan,	$S_x = A_{sv} * f_y * d / V_s =$	332	mm	
Digunakan tulangan geser :	D 16	Jarak arah x, $S_x =$	300	mm
		Jarak arah y, $S_y =$	300	mm



## 2. TINJAUAN PIER ARAH MELINTANG JEMBATAN

### 2.1. ANALISIS KEKUATAN PIER ARAH MELINTANG JEMBATAN

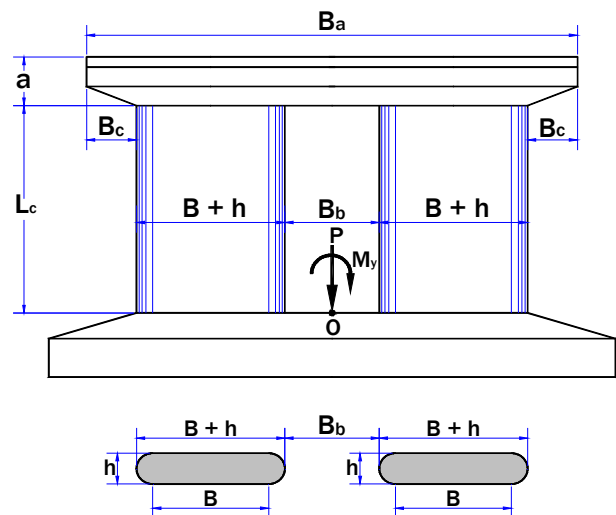
Tinggi Column Pier,  $L_c = 7.00$  m  
 Ukuran penampang,  $B = 5.00$  m  
 $h = 1.20$  m

Luas penampang Column,  
 $A_c = 2 * (B * h + \pi/4 * h^2) = 14.26195$  m<sup>2</sup>

Lebar ekuivalen Column,  
 $B_e = A_c / h = 11.88496$  m

Beban Ultimit Pier arah melintang jembatan.

No	Kondisi Beban	$P_u$ (kN)	$M_{uy}$ (kNm)
1	Kombinasi - 1	34879.4	1163.50
2	Kombinasi - 2	34496.2	2327.18
3	Kombinasi - 3	34976.2	3490.68
4	Kombinasi - 4	34976.2	3490.68
5	Kombinasi - 5	26959.4	38676.39



#### 2.1.1. PENGARUH P-DELTA

Gaya aksial ultimit Pier,	$P_u =$	26959.4	kN
Momen ultimit Pier,	$M_u =$	38676.4	kNm
Inersia penampang Column Pier,	$I_c = 1/12 * B_e^3 * h =$	167.878	m <sup>4</sup>
Mutu beton, K - 300	Kuat tekan beton, $f'_c = 0.83 * K/10 =$	24.9	MPa
Modulus elastis beton, $E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$	23453	MPa	$E_c = 2.35E+07$ kPa
Tinggi Column Pier,	$L_c =$	7.00	m
Lendutan,	$\Delta = M_u * L_c^2 / (2 * E_c * I_c) =$	0.0002	m
Momen akibat pengaruh P-delta :	$M_d = P_u * \Delta =$	6.48832	kNm
	$5\% * M_u =$	1933.82	kNm

$M_d < 5\% * M_u$  (OK), maka efek P-delta dapat diabaikan

#### Kontrol efek P-delta untuk Kombinasi Beban Ultimit

No	Kondisi Beban	$P_u$ (kN)	$M_{uy}$ (kNm)	$\Delta$ (m)	$M_d$ (kNm)	$5\% * M_{uy}$ (kNm)	Keterangan
1	Kombinasi - 1	34879.4	1163.50	0.00012	4.129	58.17524	$M_d < 5\% * M_{uy}$
2	Kombinasi - 2	34496.2	2327.18	0.00024	8.167	116.3588	$M_d < 5\% * M_{uy}$
3	Kombinasi - 3	34976.2	3490.68	0.00036	12.421	174.5341	$M_d < 5\% * M_{uy}$
4	Kombinasi - 4	34976.2	3490.68	0.00036	12.421	174.5341	$M_d < 5\% * M_{uy}$
5	Kombinasi - 5	26959.4	38676.39	0.00393	106.075	1933.82	$M_d < 5\% * M_{uy}$

$M_d < 5\% * M_{uy}$  (OK), maka efek P-delta dapat diabaikan

#### 2.1.2. PENGARUH BUCKLING

Tinggi Column Pier,	$L_c =$	7.00	m
Inersia penampang Column Pier,	$I_c = 1/12 * B_e^3 * h =$	167.8776	m <sup>4</sup>
Luas tampang Column Pier,	$A_c = B_e * h =$	14.26195	m <sup>2</sup>
Jari-jari inersia penampang Column Pier,	$r = \sqrt{I_c / A_c} =$	3.430891	m
Faktor panjang tekuk,	$K =$	2.0	
Angka kelangsingan,	$K * L_c / r =$	4.080572	< 22

Pengaruh buckling dapat diabaikan

Luas tulangan Column Pier yang diperoleh dari tinjauan arah memanjang jembatan perlu dikontrol apakah kapasitasnya masih cukup untuk mendukung beban ultimit Column Pier pada arah melintang jembatan. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis kekuatan Column Pier arah melintang jembatan dengan Diagram Interaksi P- $M_y$  (untuk arah y).

Dimensi penampang Column Pier yang digunakan untuk analisis P- $M_y$  adalah sebagai berikut :

Lebar Column Pier,	$b =$	1200	mm
Tinggi Column Pier,	$h =$	11885	mm
Rasio baja tulangan,	$\rho =$	1.636%	
Mutu Beton :	K - 300	$f'_c =$	24.9 MPa
Mutu Baja :	U - 39	$f_y =$	390 MPa

Persamaan yang digunakan untuk analisis, dan hasil analisis Column Pier disajikan pada Program Analisis Dinding Pier dengan Diagram Interaksi P-M pada halaman berikutnya.

## 2.2. TULANGAN GESER COLUMN PIER (ARAH Y)

Perhitungan tulangan geser untuk Column Pier didasarkan atas momen dan gaya aksial ultimit untuk kombinasi beban yang menentukan dalam perhitungan tulangan aksial tekan dan lentur.

Gaya aksial ultimit rencana,	$P_u =$	26959.4	kN
Momen ultimit rencana,	$M_u =$	38676.4	kNm
Mutu Beton : K - 300	$f'_c =$	24.9	MPa
Mutu Baja : U - 39	$f_y =$	390	MPa
Lebar dinding pier,	$b =$	1200	mm
Gaya aksial ultimit rencana,	$P_u =$	2.70E+07	N
Momen ultimit rencana,	$M_u =$	3.87E+10	Nmm
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.6	
Tinggi dinding pier,	$L = L_c =$	7000	mm
Tebal dinding pier,	$h =$	11885	mm
Luas tulangan longitudinal column pier,	$A_s =$	19635	mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	100	m
Gaya geser ultimit akibat momen,	$V_u = M_u / L =$	5525199	N
Gaya geser ultimit akibat gaya lateral,	$V_u = T_{uy} * 10^3 =$	6503966	N
Diambil, gaya geser ultimit rencana,	$V_u =$	6503966	N
	$d = h - d' =$	11785	mm
	$V_{cmax} = 0.2 * f'_c * b * d =$	697517096	N
	$\phi * V_{cmax} =$	418510258	N > Vu (OK)
	$\beta_1 = 1.4 - d / 2000 =$	-4.49248	< 1 maka diambil
	$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f'_c * b * h) =$	1.005	$\beta_1 =$ <input type="text" value="1"/>
	$\beta_3 =$	1	
	$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * \sqrt{[A_s * f'_c / (b * d)]} =$	8320051	N
	$V_c = V_{uc} + 0.6 * b * d =$	92358256	N
	$V_c = 0.3 * (\sqrt{f'_c}) * b * d * \sqrt{[1 + 0.3 * P_u / (b * d)]} =$	21176505	N
	Diambil, $V_c =$	21176505	N
	$\phi * V_c =$	12705903	N

$\phi * V_c > Vu$  (hanya perlu tul. Geser min.)

Gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser :

$$V_s = V_u / \phi = 10839944 \text{ N}$$

Untuk tulangan geser digunakan sengkang berpenampang :

4	D	13
---	---	----

$$A_{sv} = n * \pi / 4 * D^2 = 530.93 \text{ mm}^2$$

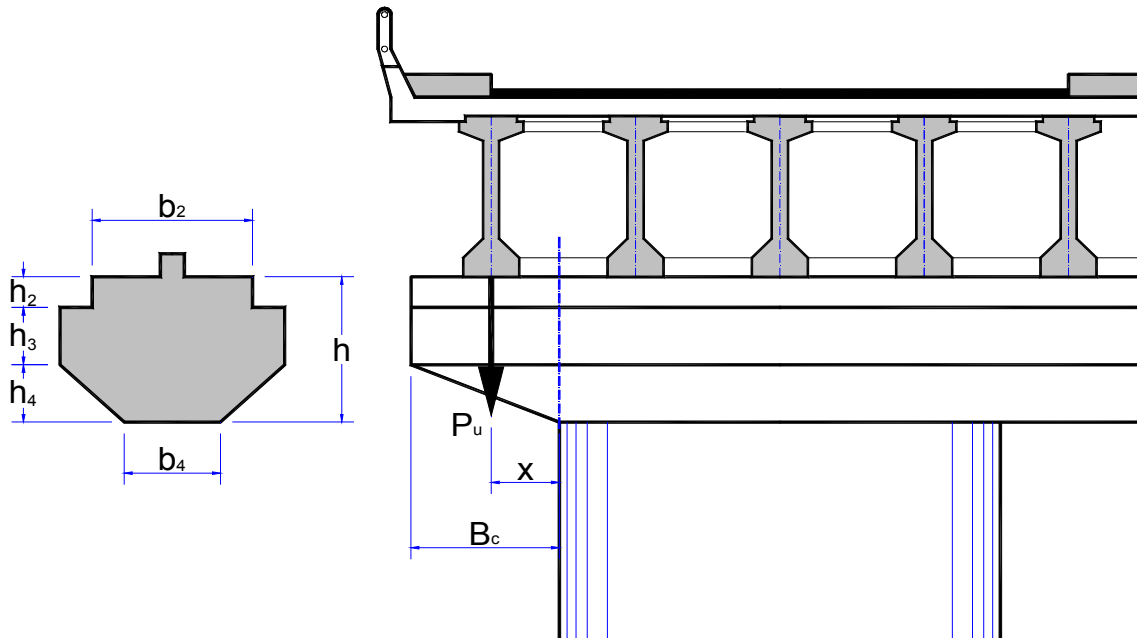
Jarak tul. geser yang diperlukan,

$$S = A_{sv} * f_y * d / V_s = 225 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan geser (senggang) :

4	D	13	-	200
---	---	----	---	-----

### 3. TINJAUAN PIER HEAD



$b_2 =$	1.90	m
$b_4 =$	1.20	m
$B_c =$	1.40	m

$h_2 =$	0.40	m
$h_3 =$	0.75	m
$h_4 =$	0.75	m

$B_a =$	18.00	m
$s =$	1.80	m
$n =$	10	girder

Tinggi pier head,

$$h = h_2 + h_3 + h_4 = 1.90 \text{ m}$$

Lebar pier head,

$$b = (b_2 + b_4) / 2 = 1.55 \text{ m}$$

Lengan gaya reaksi girder terhadap tepi dinding pier,

$$x = B_c - [B_a - (n - 1) * s] / 2 = 0.50 \text{ m}$$

#### 3.1. MOMEN DAN GAYA GESER ULTIMIT PIER HEAD

No	Reaksi girder akibat	P (kN)	Faktor beban	$V_u$ (kN)	$M_u$ (kNm)
1	Berat sendiri (MS)	1379.93	1.30	1793.91	896.96
2	Beban mati tambahan (MA)	165.24	2.00	330.48	165.24
3	Beban lajur "D" (TD)	372.00	2.00	744.00	372.00
4	Beban pedestrian (TP)	24.00	2.00	48.00	24.00
5	Beban angin (EW)	8.06	1.20	9.68	4.84
				2926.07	1463.03

## 3.2. PEMBESIAN PIER HEAD

### 3.2.1. TULANGAN LENTUR PIER HEAD

Momen rencana ultimit,	$M_u =$	1463.03	kNm
Mutu beton, K - 300	Kuat tekan beton, $f'_c =$	24.90	MPa
Mutu baja, U - 39	Kuat leleh baja, $f_y =$	390	MPa
Tinggi pier head	$h =$	1900	mm
Lebar pier head,	$b =$	1550	mm
Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	150	mm
Modulus elastis baja,	$E_s =$	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	$\beta_1 =$	0.85	
	$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) =$	0.027957	
	$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] =$	6.597664	
Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80	
Tinggi efektif pier head,	$d = h - d' =$	1750	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	1828.79	kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	0.38526	
$R_n < R_{max}$ (OK)			

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] =$	0.00100	
Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 1.4 / f_y =$	0.00359	
Rasio tulangan yang digunakan, $\rho =$	0.00359	
Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho * b * d =$	9737	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 25	mm
Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s / (\pi / 4 * D^2) =$	19.836	buah
Digunakan tulangan,	24 D 25	
$A_s = n * \pi / 4 * D^2 =$	11781	mm <sup>2</sup>

### 3.2.2. TULANGAN GESER PIER HEAD

Gaya geser ultimit,	$V_u =$	2926070	N
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.60	
Kapasitas geser ultimit, $V_{ucmax} = 0.5 * \phi * (\sqrt{f'_c}) * b * d =$	4060604	N	
$V_u < V_{ucmax}$ Dimensi aman thd geser			
$V_c = 1/6 * (\sqrt{f'_c}) * b * d =$	2255891	N	

Gaya geser yang ditahan oleh beton,

$$\phi.V_c = 1353535 \text{ N}$$

$$V_u > \phi.V_c$$

Perlu tulangan geser

$$\phi.V_s = V_u - \phi.V_c = 1572535 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser,

$$V_s = 2620892 \text{ N}$$

Untuk tulangan geser digunakan sengkang,

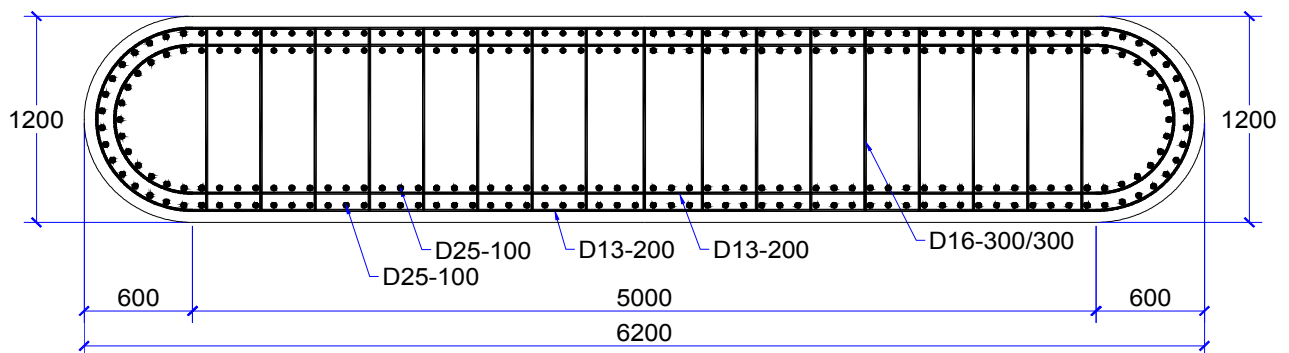
$$A_v = \pi / 4 * D^2 * n = 804.25 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan :

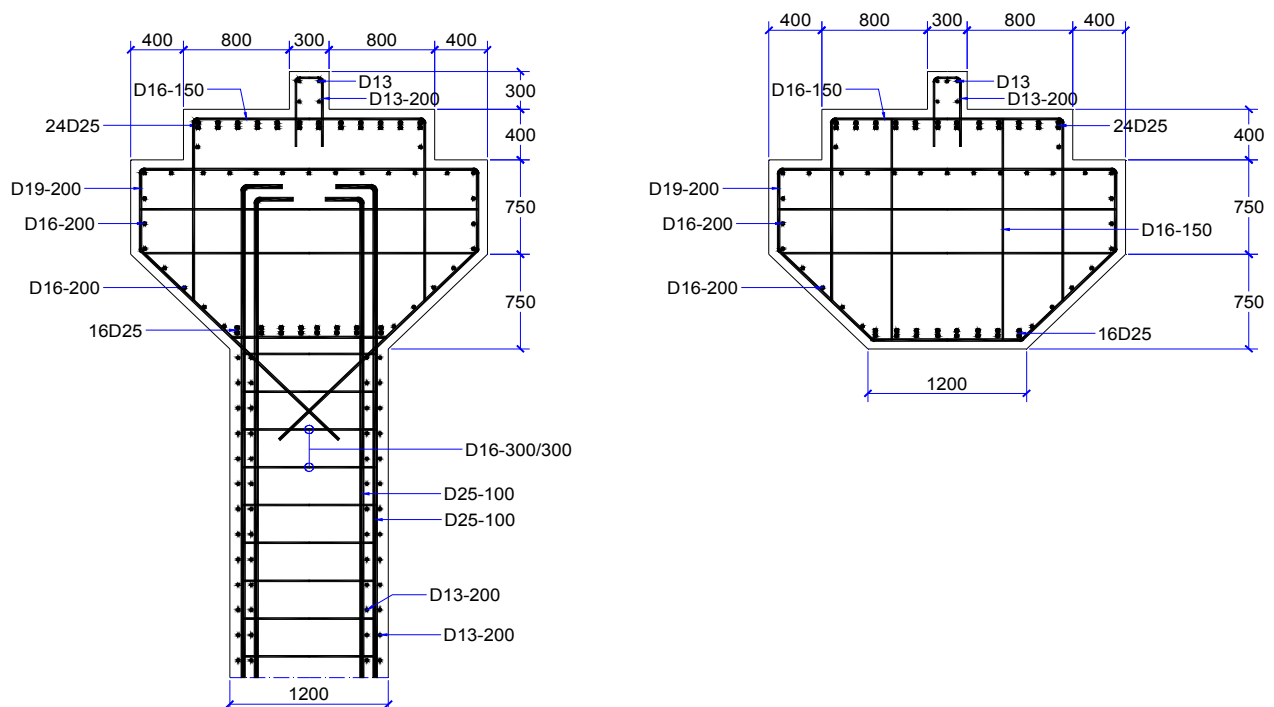
$$s = A_v * f_y * d / V_s = 209.43 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang,

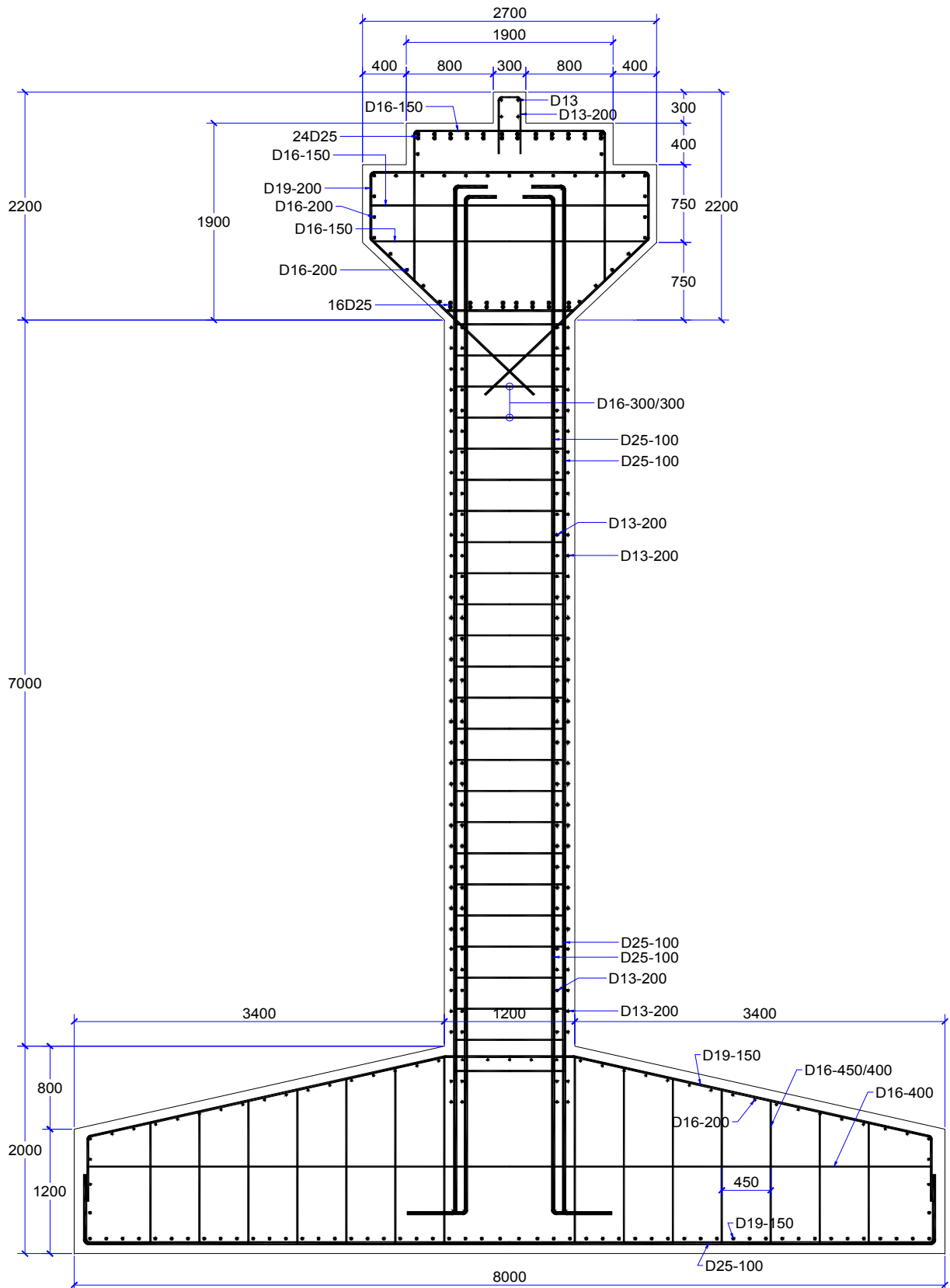
$$4 \text{ D } 16 - 150$$



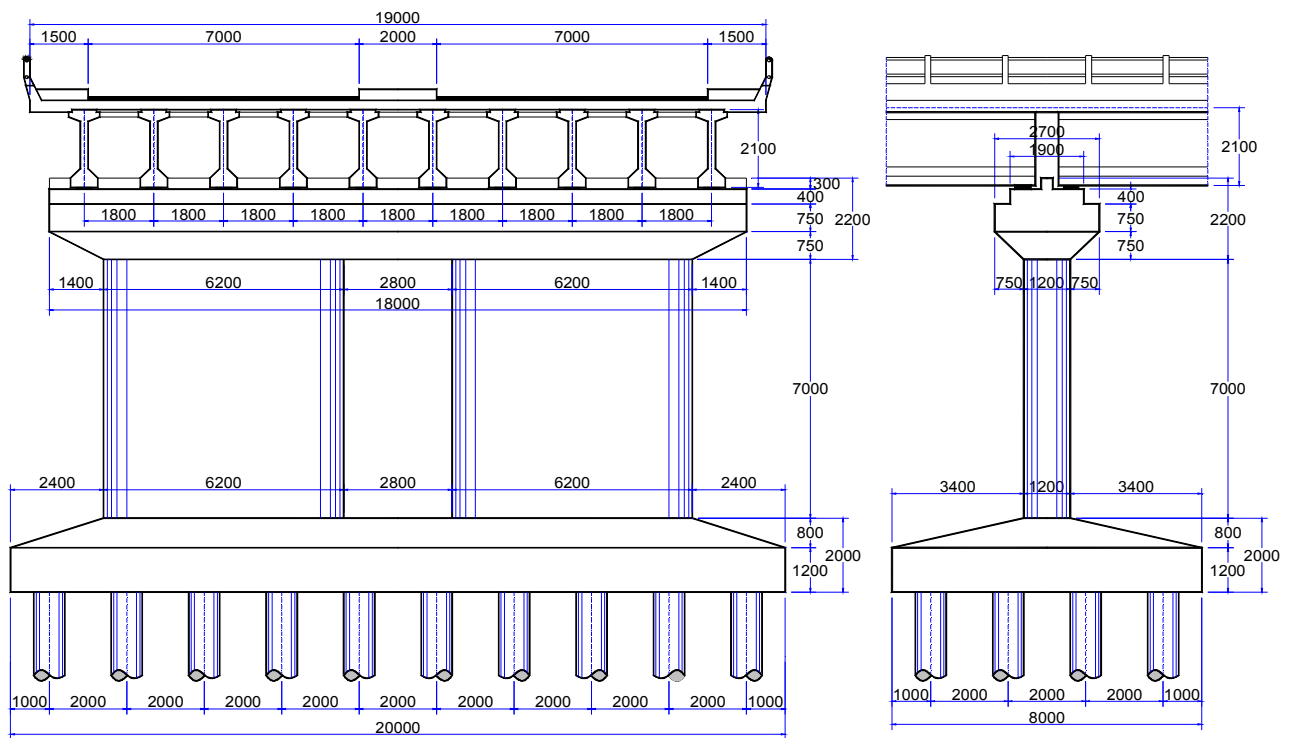
PEMBESIAN DINDING PIER



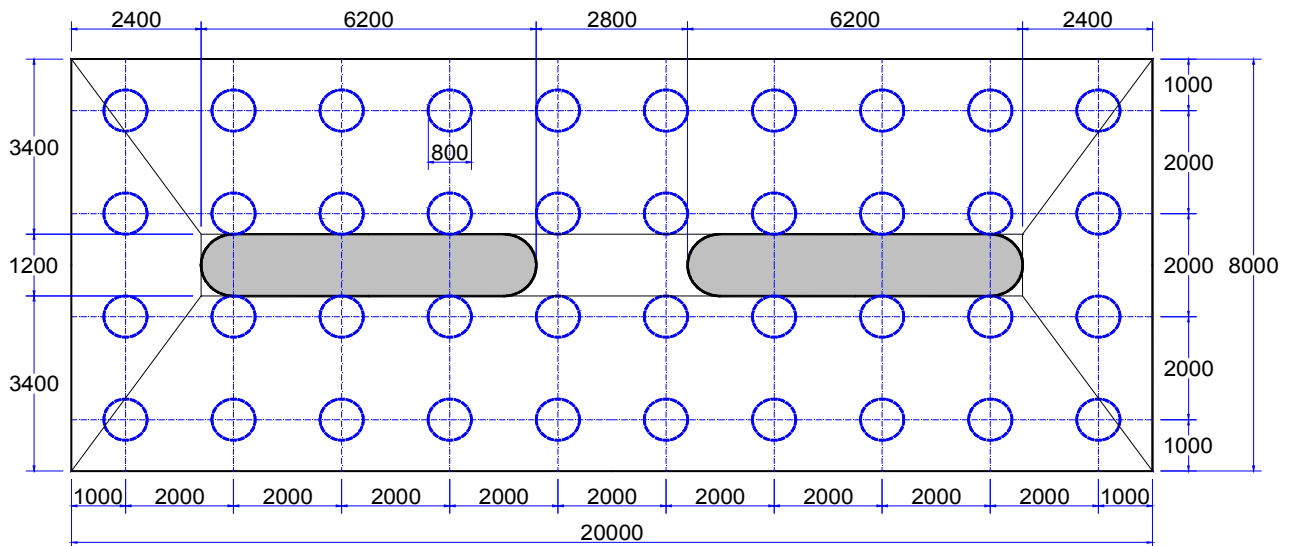
PEMBESIAN PIER HEAD DAN CORBEL



PEMBESIAN PIER



DIMENSI PIER



DENAH FONDASI BORE PILE

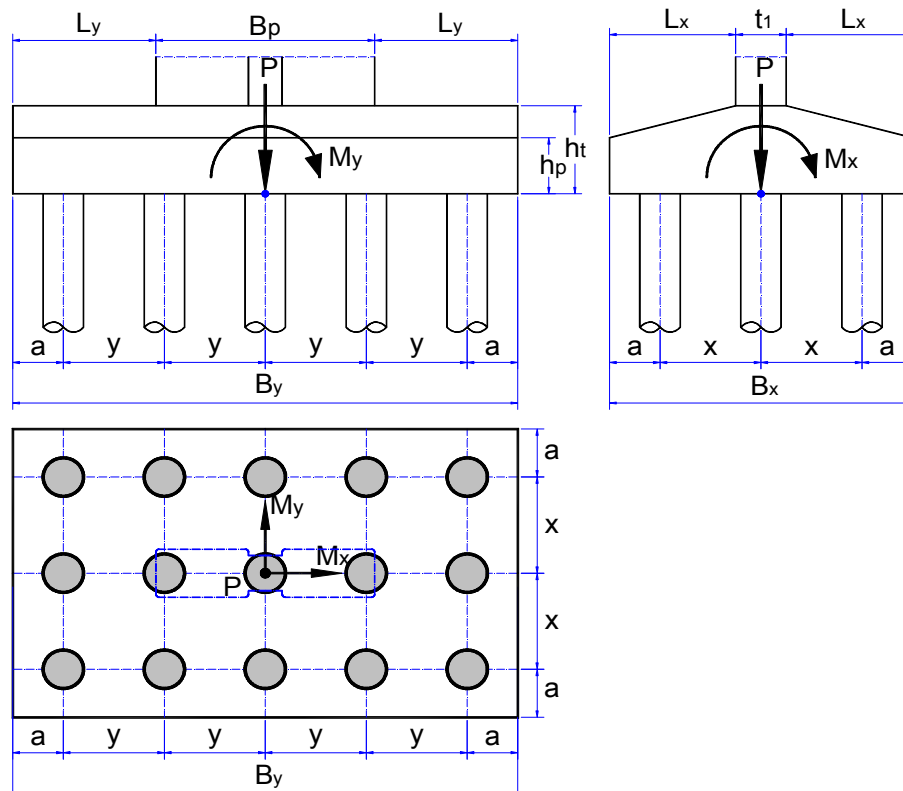


# PERHITUNGAN FONDASI PIER KENTUNGAN FLY OVER YOGYAKARTA

[C]2010 : MNI-BE

## 1. DATA FONDASI TIANG BOR

BAHAN / MATERIAL FONDASI				FONDASI (END BEARING)	
Mutu beton,	K -	300		Berat volume tanah,	
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9	MPa	$w_s =$	18.0 kN/m <sup>3</sup>
Mutu baja tulangan,	U -	39		Sudut gesek dalam,	
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390	MPa	$\phi =$	32 °
Modulus elastis beton,	$E_c =$	23453	MPa	Kohesi tanah,	
Berat beton bertulang,	$w_c =$	25	kN/m <sup>3</sup>	C =	12 kPa
DIMENSI PILE CAP					
Lebar arah x,	$B_x =$	9.00	m	Tebal,	$h_p =$ 1.75 m
Lebar arah y,	$B_y =$	15.00	m	Tebal,	$h_t =$ 2.75 m
Lebar dinding,	$B_p =$	6.50	m	Tebal,	$t_1 =$ 1.50 m
DIMENSI TIANG BOR (BORE PILE)					
Diameter,	D =	1.20	m	Panjang,	L = 20.00 m
Jarak pusat tiang bor terluar terhadap sisi luar Pile-cap				a =	1.50 m



DATA SUSUNAN TIANG BOR (BORE PILE)			
Jumlah baris tiang bor,	$n_y =$	5	buah
Jumlah tiang bor dalam satu baris,	$n_x =$	3	buah
Jarak antara tiang bor arah x,	$X =$	3.00	m
Jarak antara tiang bor arah y,	$Y =$	3.00	m

## 2. DAYA DUKUNG AKSIAL IJIN TIANG BOR

### 2.1. BERDASARKAN KEKUATAN BAHAN

Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9	MPa
Tegangan ijin beton,	$f_c = 0.3 * f'_c * 1000 =$	7470	kN/m <sup>2</sup>
Luas tampang tiang bor,	$A = \pi / 4 * D^2 =$	1.13097	m <sup>2</sup>
Panjang tiang bor,	$L =$	20.00	m
Berat tiang,	$W = A * L * w_c =$	565.49	kN
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * f_c - W =$	7883	kN

### 2.2. BERDASARKAN KEKUATAN TANAH

#### 2.2.1. MENURUT TERZAGHI DAN THOMLINSON (PENGUJIAN LAB)

$$q_{ult} = 1.3 * C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.6 * \gamma * R * N_\gamma$$

$$D_f = \text{kedalaman tiang bor} \quad D_f = L = 20.00 \text{ m}$$

$$R = \text{jari-jari penampang tiang bor} \quad R = D / 2 = 0.60 \text{ m}$$

Parameter kekuatan tanah di ujung tiang bor (end bearing) :

$$\gamma = \text{berat volume tanah,} \quad \gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = \text{sudut gesek dalam,} \quad \phi = 32^\circ$$

$$C = \text{kohesi,} \quad C = 12 \text{ kN/m}^2$$

Faktor daya dukung menurut Thomlinson :

$N_c = (228 + 4.3 * \phi) / (40 - \phi)$	=	46	
$N_q = (40 + 5 * \phi) / (40 - \phi)$	=	25	
$N_\gamma = (6 * \phi) / (40 - \phi)$	=	24	
$q_{ult} = 1.3 * C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.6 * \gamma * R * N_\gamma$	=	9868	kN/m <sup>2</sup>
Luas penampang tiang bor,	$A = \pi / 4 * D^2 =$	1.13097	m <sup>2</sup>
Angka aman,	SF =	3	
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * q_{ult} / SF =$	3720	kN

### 2.2.2. MENURUT MEYERHOFF (DATA PENGUJIAN SPT)

$q_{ult} = 40 * N'$  ( dalam  $\text{Ton/m}^2$  ) dengan,  $N'$  = nilai SPT terkoreksi,

Nilai SPT hasil pengujian,	$N =$	43	pukulan/30 cm
Nilai SPT terkoreksi,	$N' = 15 + 1/2 * ( N' - 15 ) =$	29	pukulan/30 cm
$q_{ult} = 40 * N' =$	1160	$\text{Ton/m}^2$	$=$ 11600 $\text{kN/m}^2$
Luas penampang tiang bor,	$A = \pi / 4 * D^2 =$	1.13097	$\text{m}^2$
Angka aman,	$SF =$	3	
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * q_{ult} / SF =$	4373	kN

### 2.2.3. MENURUT BAGEMENT (PENGUJIAN CPT)

$P_{ijin} = A * q_c / 3 + K * L * q_f / 5$

$q_c =$ nilai konus rata-rata	92.00	$\text{kg/cm}^2$	$q_c =$	9200	$\text{kN/m}^2$
$q_f =$ nilai hambatan lekat rata-rata	0.25	$\text{kg/cm}^2$	$q_f =$	25	$\text{kN/m}^2$
$A =$ luas penampang tiang bor			$A =$	1.13097	$\text{m}^2$
$K =$ keliling penampang tiang bor			$K = \pi * D =$	3.76991	m
$L =$ panjang tiang bor			$L =$	20.00	m
Daya dukung ijin tiang bor,	$P_{ijin} = A * q_c / 3 + K * L * q_f / 5 =$			3845	kN

### 2.2.4. REKAP DAYA DUKUNG AKSIAL TIANG BOR

No	Uraian Daya Dukung Aksial Tiang Bor	P (kN)
1	Berdasarkan kekuatan bahan	7883
2	Pengujian Lab. Hasil boring (Terzaghi dan Thomlinson)	3720
3	Pengujian SPT (Meyerhoff)	4373
4	Pengujian CPT (Bagement)	3845
Daya dukung aksial terkecil,		$P =$ 3720 kN
Diambil daya dukung aksial ijin tiang bor :		$P_{ijin} =$ 3500 kN

### 3. DAYA DUKUNG LATERAL IJIN TIANG BOR

Kedalaman ujung tiang,

$$L_a = h_p = 1.80 \text{ m}$$

Sudut gesek,

$$\phi = 32^\circ$$

Panjang tiang bor,

$$L = 20.00 \text{ m}$$

Panjang jepitan tiang bor,

$$L_d = 1/3 * L = 6.667 \text{ m}$$

$$B_y = 15.00 \text{ m}$$

$$w_s = 18.00 \text{ kN/m}^3$$

Koefien tekanan tanah pasif,

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) = 3.255$$

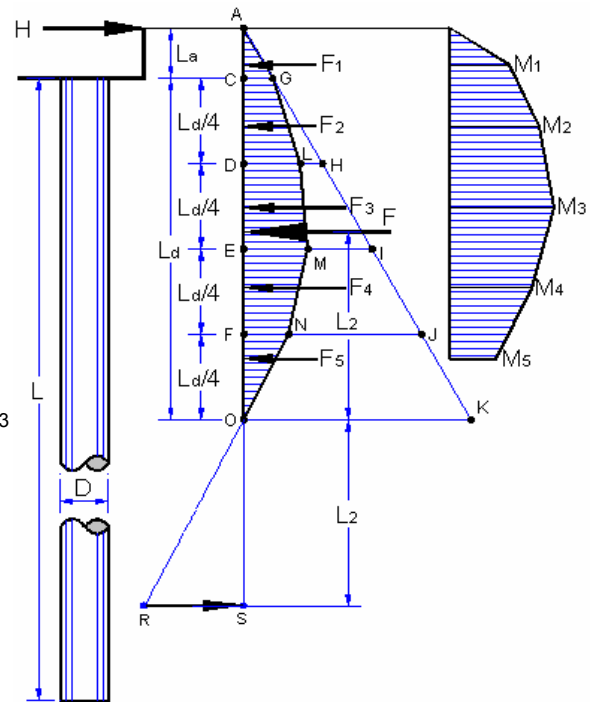


Diagram Tekanan Tanah Pasif Efektif :

BAG	KEDALAMAN	H (m)	$H * w_s * K_p$ (kN/m <sup>2</sup> )	BAGIAN	p (kN/m <sup>2</sup> )
OK	$L_a + L_d =$	8.467	495.999	O	0.000
FJ	$L_a + 3/4 * L_d =$	6.800	398.362	FN = 1/4 * FJ	99.590
EI	$L_a + 1/2 * L_d =$	5.133	300.724	EM = 1/2 * EI	150.362
DH	$L_a + 1/4 * L_d =$	3.467	203.086	DL = 3/4 * DH	135.391
CG	$L_a =$	1.800	105.449	CG	105.449

KODE	$p_1$ (kN/m <sup>2</sup> )	$p_2$ (kN/m <sup>2</sup> )	Panjang bagian		F (kN)	Lengan thd.O (m)	M (kNm)
			Notasi	(m)			
F1	0.000	99.590	$L_a =$	1.80	1344	7.27	9770
F2	99.590	150.362	$L_d / 4 =$	1.67	3124	5.83	18226
F3	150.362	135.391	$L_d / 4 =$	1.67	3572	4.17	14883
F4	135.391	105.449	$L_d / 4 =$	1.67	3010	2.50	7526
F5	105.449	0.000	$L_d / 4 =$	1.67	1318	1.11	1465
Total,					F =	12369	M = 51869

$$L_2 = M / F = 4.193 \text{ m}$$

Jumlah momen terhadap titik S :  $\Sigma M_S = 0$  maka :  $F * (2 * L_2) = H * (L_2 + L_d + L_a)$

Gaya lateral,  $H = F * (2 * L_2) / (L_2 + L_d + L_a) = 9833.0 \text{ kN}$

Jumlah baris tiang,	$n_y =$	5	bh
Jumlah tiang per baris,	$n_x =$	3	bh
Gaya lateral satu tiang bor,	$h = H / (n_x * n_y) =$	655.535	kN
Angka aman,	SF =	1.2	
Daya dukung ijin lateral tiang bor,	$h_{ijin} = h / SF =$	546.3	kN

Diambil daya dukung lateral ijin tiang bor :	$h_{ijin} =$	500	kN
--	--------------	-----	----

### 3.1. MOMEN PADA TIANG BOR AKIBAT GAYA LATERAL

#### 3.1.1. PERHITUNGAN DENGAN CARA BENDING MOMENT DIAGRAM

$h_i$  = jarak gaya lateral H terhadap gaya  $F_i$  yang ditinjau

$y_i$  = jarak gaya  $F_i$  terhadap titik yang ditinjau

Momen akibat gaya lateral H,  $M_{hi} = H * h_i$

Besarnya momen di suatu titik,  $M_i = M_{hi} - \sum (F_i * y_i)$

Kode	$h_i$ (m)	$M_{hi}$ (kNm)	$F_i * y_i$ (kNm)					Diagram $M_i$ (kNm)
			$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	
			1344	3124	3572	3010	1318	
$M_1$	1.20	11800						11800
$M_2$	2.63	25894	1927					23967
$M_3$	4.30	42282	4168	5207				32907
$M_4$	5.97	58670	6409	10415	5953			35894
$M_5$	7.63	75059	8649	15622	11906	5017		33863
	10.00	98330	11831	23016	20360	12142	3120	27861
	11.00	108163	13176	26141	23932	15153	4438	25324
	12.00	117996	14520	29265	27504	18163	5756	22788
	13.00	127829	15865	32390	31076	21174	7074	20252
	14.00	137662	17209	35514	34648	24184	8392	17715
	15.495	152363	19219	40185	39988	28685	10363	13923

Momen terbesar,  $M =$  35894 kNm

Jumlah baris tiang,  $n_y =$  5 bh

Jumlah tiang per baris,  $n_x =$  3 bh

Angka aman, SF = 3

Momen maksimum yang diijinkan untuk satu tiang bor,

$$M_{\max} = M / (SF * n_x * n_y) = 798 \text{ kNm}$$

### 3.1.2. PERHITUNGAN DENGAN RUMUS EMPIRIS

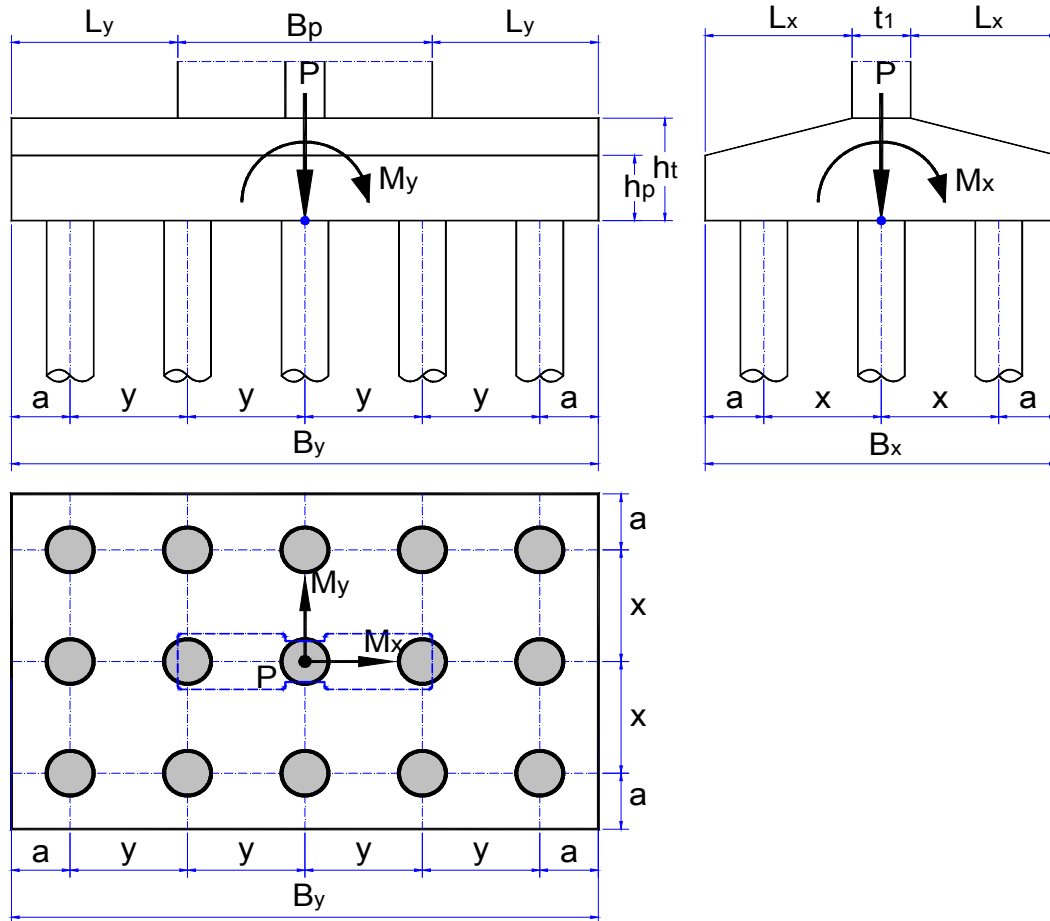
Beban maksimum pada bore pile,	$P_{\max} = P_{\text{ijin}} =$	3500	kN
Kedalaman bor pile,	$Z = L + L_a =$	21800	mm
Diameter bor pile,	$D =$	1200	mm
Mutu Beton : K - 300	Kuat tekan beton, $f'_c =$	24.9	MPa
Modulus elastik beton,	$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$	23453	MPa
Inersia penampang tiang bor,	$I_c = \pi / 64 * D^4 =$	1E+11	mm <sup>4</sup>
Untuk tanah berpasir maka nilai,	$kl =$	550.00	MPa
	$K = kl * Z / D =$	9991.67	MPa
	$\lambda = 40 \sqrt{[D * K / (4 * E_c * I_c)]} =$	0.00142	
Eksentrisitas,	$e = 0,322 / \lambda =$	227.176	mm
	$e =$	0.22718	m
Momen maksimum pada tiang bor,	$M_{\max} = P_{\max} * e =$	795	kNm

### 3.1.3. MOMEN MAKSIMUM YANG DIJINKAN PADA TIANG BOR

Dari hasil perhitungan momen maksimum pada tiang bor akibat beban lateral yang dilakukan dengan cara Bending Momen dan Rumus Empiris dipilih nilai yang terbesar, maka diambil :

Momen maksimum yang diijinkan pada tiang bor,	$M_{\max} =$	798	kNm
---	--------------	-----	-----

## 4. GAYA YANG DITERIMA TIANG BOR



### 4.1. GAYA AKSIAL PADA TIANG BOR

Jumlah bor-pile :		n =	15	buah					
No	$X_{\max} =$	3.00	m		$Y_{\max} =$	6.00	m		
1	$X1 =$	3.00	$X1^2 =$	90.00	$Y1 =$	6.00	$Y1^2 =$	216.00	
2	$X2 =$	0.00	$X2^2 =$	0.00	$Y2 =$	3.00	$Y2^2 =$	54.00	
3	$X3 =$	tdk.ada	$X3^2 =$	tdk.ada	$Y3 =$	0.00	$Y3^2 =$	0.00	
4	$X4 =$	tdk.ada	$X4^2 =$	tdk.ada	$Y4 =$	tdk.ada	$Y4^2 =$	tdk.ada	
5	$X5 =$	tdk.ada	$X5^2 =$	tdk.ada	$Y5 =$	tdk.ada	$Y5^2 =$	tdk.ada	
6					$Y6 =$	tdk.ada	$Y6^2 =$	tdk.ada	
7					$Y7 =$	tdk.ada	$Y7^2 =$	tdk.ada	
8					$Y8 =$	tdk.ada	$Y8^2 =$	tdk.ada	
9					$Y9 =$	tdk.ada	$Y9^2 =$	tdk.ada	
10					$y10 =$	tdk.ada	$Y10^2 =$	tdk.ada	
$\Sigma X^2 =$				90.00	$\Sigma Y^2 =$				270.00

#### 4.1.1. TINJAUAN TERHADAP KOMBINASI BEBAN KERJA ARAH X

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang bor :

$$P_{\max} = P / n + M_x * X_{\max} / \Sigma X^2$$

$$P_{\min} = P / n - M_x * X_{\max} / \Sigma X^2$$

NO	KOMBINASI BEBAN KERJA	P	M <sub>x</sub>	P/n	M <sub>x</sub> *X/ΣX <sup>2</sup>	P <sub>max</sub>	P <sub>min</sub>
		(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	KOMBINASI - 1	47572.70	0.00	3171.51	0.00	3171.51	3171.51
2	KOMBINASI - 2	47952.45	0.00	3196.83	0.00	3196.83	3196.83
3	KOMBINASI - 3	47952.45	5675.00	3196.83	189.17	3386.00	3007.66
4	KOMBINASI - 4	47826.45	8466.75	3188.43	282.22	3470.66	2906.21
5	KOMBINASI - 5	41513.95	73569.86	2767.60	2452.33	5219.93	315.27

#### 4.1.1. TINJAUAN TERHADAP KOMBINASI BEBAN KERJA ARAH Y

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang bor :

$$P_{\max} = P / n + M_y * Y_{\max} / \Sigma Y^2$$

$$P_{\min} = P / n - M_y * Y_{\max} / \Sigma Y^2$$

NO	KOMBINASI BEBAN KERJA	P	M <sub>y</sub>	P/n	M <sub>y</sub> *Y/ΣY <sup>2</sup>	P <sub>max</sub>	P <sub>min</sub>
		(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	KOMBINASI - 1	47572.70	0.00	3171.51	0.00	3171.51	3171.51
2	KOMBINASI - 2	47952.45	1883.90	3196.83	41.86	3238.69	3154.97
3	KOMBINASI - 3	47952.45	1883.90	3196.83	41.86	3238.69	3154.97
4	KOMBINASI - 4	47826.45	0.00	3188.43	0.00	3188.43	3188.43
5	KOMBINASI - 5	41513.95	73569.86	2767.60	1634.89	4402.48	1132.71

#### 4.2. GAYA LATERAL PADA TIANG BOR PILE

Gaya lateral yang diderita satu tiang bor :  $h = T / n$

No	KOMBINASI BEBAN KERJA	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	h <sub>x</sub>	h <sub>y</sub>	h <sub>max</sub>
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	KOMBINASI - 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	KOMBINASI - 2	0.00	182.83	0.00	12.19	12.19
3	KOMBINASI - 3	500.00	182.83	33.33	12.19	33.33
3	KOMBINASI - 4	819.06	0.00	54.60	0.00	54.60
3	KOMBINASI - 5	8593.4	8593.39	572.89	572.89	572.89



## 5. KONTROL DAYA DUKUNG IJIN TIANG BOR

### 5.1. DAYA DUKUNG IJIN AKSIAL (KOMBINASI BEBAN ARAH X)

No	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen $P_{ijin}$	$P_{max}$ (kN)	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	$P_{ijin}$ (kN)	Keterangan
1	KOMBINASI - 1	100%	3171.51	$< 100\% * P_{ijin} =$	3500	AMAN
2	KOMBINASI - 2	125%	3196.83	$< 125\% * P_{ijin} =$	4375	AMAN
3	KOMBINASI - 3	140%	3386.00	$< 140\% * P_{ijin} =$	4900	AMAN
4	KOMBINASI - 4	140%	3470.66	$< 140\% * P_{ijin} =$	4900	AMAN
5	KOMBINASI - 5	150%	5219.93	$< 150\% * P_{ijin} =$	5250	AMAN

### 5.2. DAYA DUKUNG IJIN AKSIAL (KOMBINASI BEBAN ARAH Y)

No	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen $P_{ijin}$	$P_{max}$ (kN)	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	$P_{ijin}$ (kN)	Keterangan
1	KOMBINASI - 1	100%	3171.51	$< 100\% * P_{ijin} =$	3500	AMAN
2	KOMBINASI - 2	125%	3238.69	$< 125\% * P_{ijin} =$	4375	AMAN
3	KOMBINASI - 3	140%	3238.69	$< 140\% * P_{ijin} =$	4900	AMAN
4	KOMBINASI - 4	140%	3188.43	$< 140\% * P_{ijin} =$	4900	AMAN
5	KOMBINASI - 5	150%	4402.48	$< 150\% * P_{ijin} =$	5250	AMAN

### 5.3. DAYA DUKUNG IJIN LATERAL

No	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen $P_{ijin}$	$H_{max}$ (kN)	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	$h_{ijin}$ (kN)	Keterangan
1	KOMBINASI - 1	100%	0.00	$< 100\% * h_{ijin} =$	500	AMAN
2	KOMBINASI - 2	125%	12.19	$< 125\% * h_{ijin} =$	625	AMAN
3	KOMBINASI - 3	140%	33.33	$< 140\% * h_{ijin} =$	700	AMAN
4	KOMBINASI - 4	140%	54.60	$< 140\% * h_{ijin} =$	700	AMAN
5	KOMBINASI - 5	150%	572.89	$< 150\% * h_{ijin} =$	750	AMAN

## 6. PEMBESIAN BORE PILE

### 6.1. TULANGAN LONGITUDINAL TEKAN LENTUR

Gaya aksial maksimum pada tiang bor,	$P_{\max} = P_{\text{ijin}} =$	3500	kN
Momen maksimum pada tiang bor,	$M_{\max} =$	798	kNm
Faktor beban ultimit,	$K =$	1.5	
Gaya aksial ultimit,	$\phi * P_n = P_u = K * P_{\max} =$	5250	kN
Momen ultimit,	$\phi * M_n = M_u = K * M_{\max} =$	1196.46	kNm
Luas penampang bore pile,	$A_g = \pi / 4 * D^2 =$	1130973	mm <sup>2</sup>
	$\phi * P_n / (f_c' * A_g) =$	0.186	
	$\phi * M_n / (f_c' * A_g * D) =$	0.035	

Plot nilai  $\phi * P_n / (f_c' * A_g)$  dan  $\phi * M_n / (f_c' * A_g * D)$  ke dalam Diagram Interaksi Kolom Lingk-

karan, diperoleh : Rasio tulangan,  $\rho = 0.50\%$

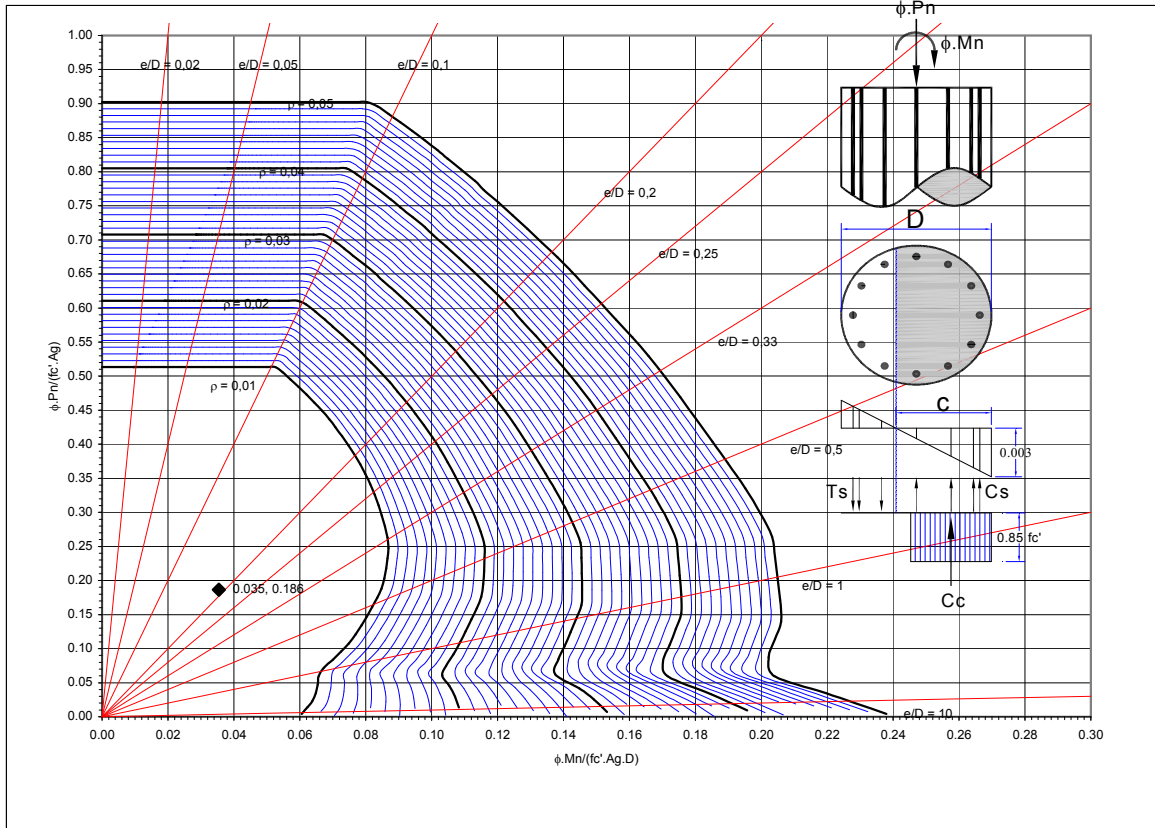
Luas tulangan yang diperlukan,  $A_s = \rho * A_g = 5655$  mm<sup>2</sup>

Diameter besi tulangan yang digunakan, D 19

$A_{s1} = 283.529$  mm<sup>2</sup> Jumlah tulangan yg diperlukan = 19.94

Digunakan tulangan :

20 D 19



Plot nilai  $\phi * P_n / (f_c' * A_g)$  dan  $\phi * M_n / (f_c' * A_g * D)$  ke dalam Diagram Interaksi

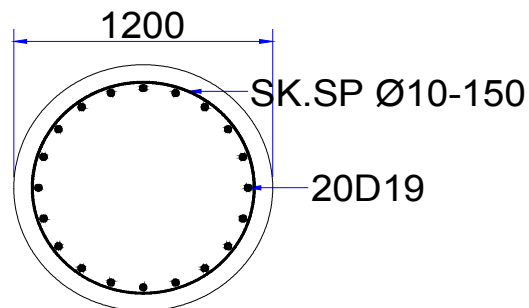
## 6.2. TULANGAN GESER

Perhitungan geser Bor pile didasarkan atas momen dan gaya aksial untuk kombinasi beban yang menentukan dalam perhitungan tulangan aksial tekan dan lentur.

Panjang Bor pile,	$L =$	20000	mm
Diameter Bor pile,	$D =$	1200	mm
Luas tulangan longitudinal Bor pile,	$A_s =$	5655	mm <sup>2</sup>
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9	MPa
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390.0	MPa
Gaya aksial ultimit,	$P_u =$	5250	kN
Momen ultimit,	$M_u =$	1196.46	kNm
Gaya lateral ijin,	$h_{ijin} =$	500	kN
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.6	
Gaya geser ultimit akibat momen,	$V_u = M_u / L =$	59823	N
Gaya geser ultimit akibat gaya lateral,	$V_u = K * h_{ijin} =$	750000	N
Diambil, gaya geser ultimit rencana,	$V_u =$	750000	N
Jarak tul. thd. sisi luar beton,	$d' =$	100	
Luas penampang tiang bor,	$A_g = \pi / 4 * D^2 =$	1130973	mm <sup>2</sup>
Tebal ekivalen penampang,	$h = \sqrt{A_g} =$	1063	mm
Lebar ekivalen penampang,	$b = h =$	1063	mm
Tebal efektif,	$d = h - d' =$	963.47	mm
$V_c = [ 1 + P_u / (14 * A_g) ] * [ (\sqrt{f'_c}) / 6 * b * d ] =$		1134694	N
$V_c > V_u$ Hanya perlu tul. Geser min			
$V_s = 0.5 * V_u =$		375000	N

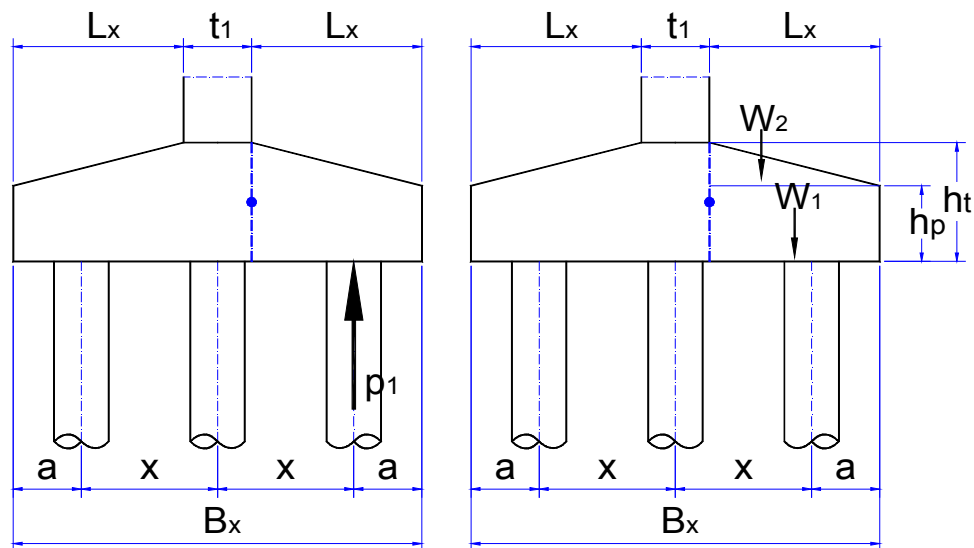
Untuk tulangan geser digunakan sengkang berpenampang :

		2	Ø	10
Luas tulangan geser (sengkang),	$A_{sv} = n * \pi / 4 * D^2 =$	157.08		mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan yang diperlukan,	$S = A_{sv} * f_y * d / V_s =$	157		mm
Digunakan sengkang :	2 Ø 10 - 150			



## 7. TINJAUAN PILE CAP ARAH X

### 7.1. MOMEN DAN GAYA GESER PADA PILECAP



#### 7.1.1. MOMEN DAN GAYA GESER AKIBAT REAKSI TIANG

$X_1 =$	3.00	m	$\Sigma X^2 =$	90.00	m <sup>2</sup>	$n_y =$	5	bh
$X_2 =$	0.00	m	$n =$	15	bh	$t_1 =$	1.50	m
$X_3 =$	tdk.ada	m	Gaya aksial ultimit yang diderita satu tiang bor :					
$X_4 =$	tdk.ada	m	$P_i = P_u / n + M_{ux} * X_i / \Sigma X^2$					

NO	KOMBINASI BEBAN KERJA	$P_u$ (kN)	$M_{ux}$ (kNm)	$P_1$ (kN)	$P_2$ (kN)	$P_3$ (kN)	$P_4$ (kN)
1	KOMBINASI - 1	68313.83	2791.75	4647.31	4554.26	---	---
2	KOMBINASI - 2	68313.83	7841.75	4815.65	4554.26	---	---
3	KOMBINASI - 3	67957.53	14141.75	5001.89	4530.50	---	---
4	KOMBINASI - 4	67957.53	19191.75	5170.23	4530.50	---	---
5	KOMBINASI - 5	55688.83	73569.86	6164.92	3712.59	---	---

Momen ultimit Pilecap akibat reaksi tiang,  $M_{up} = \Sigma [n_y * P_i * (X_i - t_1/2)]$

Gaya geser ultimit Pilecap akibat reaksi tiang,  $V_{up} = \Sigma [n_y * P_i]$

No	$X_i$ (m)	$X_i - h/2$ (m)	$P_i$ (kN)	$n_y * P_i$ (kN)	$M_{upi}$ (kNm)
1	3.00	2.25	6164.92	30824.6	69355.3
2	0.00				
3	tdk.ada				
4	tdk.ada				
				30824.6	69355.3

### 7.1.2. MOMEN DAN GAYA GESER AKIBAT BERAT SENDIRI

Gaya geser dan momen akibat berat sendiri Pilecap

KODE	PARAMETER BERAT BAGIAN BETON				VOLUME (m <sup>3</sup> )	BERAT (kN)	LENGAN x <sub>w</sub> (m)	MOMEN (kNm)
	b	h	Panjang	Shape				
W <sub>1</sub>	1.50	1.75	15.00	1	39.375	984.4	0.750	738.3
W <sub>2</sub>	1.50	1.00	15.00	0.5	11.25	281.3	0.500	140.6
V <sub>s</sub> =						1265.6	M <sub>s</sub> =	878.9

Faktor beban ultimit,

$$K = 1.30$$

Momen ultimit akibat berat pile cap,

$$M_{us} = K * M_s = 1142.6 \text{ kNm}$$

Gaya geser ultimit akibat berat pile cap,

$$V_{us} = K * V_s = 1645.3 \text{ KN}$$

### 7.1.3. MOMEN DAN GAYA GESER ULTIMIT RENCANA PILE CAP

Momen ultimit rencana Pile Cap,  $M_{ur} = M_{up} - M_{us} = 68212.7 \text{ kNm}$

untuk lebar pile-cap (B<sub>y</sub>) = 15.00 m

Momen ultimit rencana per meter lebar,  $M_u = M_{ur} / B_y = 4547.52 \text{ kNm}$

Gaya geser rencana Pile Cap,  $V_{ur} = V_{up} - V_{us} = 29559.0 \text{ kN}$

untuk lebar pile-cap (B<sub>y</sub>) = 15.000 m

Gaya geser ultimit rencana per meter lebar,  $V_u = V_{ur} / B_y = 1970.60 \text{ kN}$

### 7.1.4. TULANGAN LENTUR PILE CAP ARAH X

Momen rencana ultimit,		M <sub>u</sub> =	4547.52	kNm
Mutu beton, K - 300	Kuat tekan beton,	f <sub>c</sub> ' =	24.90	MPa
Mutu baja, U - 39	Tegangan leleh baja,	f <sub>y</sub> =	390	MPa
Tebal pile cap,		h = h <sub>t</sub> =	2750	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		d' =	100	mm
Modulus elastis baja,		E <sub>s</sub> =	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,		β <sub>1</sub> =	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) =$			0.02796	
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] =$			6.59766	
Faktor reduksi kekuatan lentur,		φ =	0.80	
Tebal efektif pile cap,		d = h - d' =	2650	mm
Lebar pile cap yang ditinjau,		b =	1000	mm
Momen nominal rencana,		M <sub>n</sub> = M <sub>u</sub> / φ =	5684.39	kNm
Faktor tahanan momen,		R <sub>n</sub> = M <sub>n</sub> * 10 <sup>-6</sup> / (b * d <sup>2</sup> ) =	0.80945	

$$R_n < R_{max} \text{ (OK)}$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [ 1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)} ]$	= 0.00212	
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 0.50 / f_y$	0.00128
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho$	0.00212
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d$	5610 mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	2 D 25	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = n * \pi / 4 * D^2 * b / A_s$	175.014 mm
Digunakan tulangan,	2 D 25 - 150	
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 3272 \text{ mm}^2$		

Untuk tulangan susut diambil 30% tulangan pokok.

$A_s' = 30\% * A_s$	= 1683 mm <sup>2</sup>	
Diameter tulangan yang digunakan,	D 19	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s$	168.480 mm
Digunakan tulangan,	D 19 - 150	
$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s = 1890 \text{ mm}^2$		

## 2.1. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit,	$V_u$	= 1970597 N
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi$	= 0.60
Kapasitas geser ultimit,	$V_{ucmax} = 0.5 * \phi * (\sqrt{f'_c}) * b * d$	= 3967042 N
$V_u < V_{ucmax}$ Dimensi aman thd geser		
	$V_c = 1/6 * (\sqrt{f'_c}) * b * d$	= 2203912 N
Gaya geser yang ditahan oleh beton,	$\phi.V_c$	= 1322347 N
$V_u > \phi.V_c$ Perlu tulangan geser		
	$\phi.V_s = V_u - \phi.V_c$	= 648250 N
Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser,	$V_s$	= 1080417 N
Diameter tul. yang digunakan,	D 16	Ambil jarak arah Y 400 mm
Luas tulangan geser,	$A_v = \pi / 4 * D^2 * b / S_y$	= 502.65 mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan geser yang diperlukan ( arah X ) :		
	$S_x = A_v * f_y * d / V_s$	= 480.83 mm
Digunakan tulangan,	D 16	Jarak arah X 400 mm
		Jarak arah Y 400 mm

## 2.2. KONTROL TERHADAP GESER PONS

Kuat geser pons yang disyaratkan,  $f_v = 0.3 * \sqrt{f_c'} = 1.497$  MPa

Faktor reduksi kekuatan geser,  $\phi = 0.60$

Jarak antara tiang bor arah x,  $X = 3000$  mm

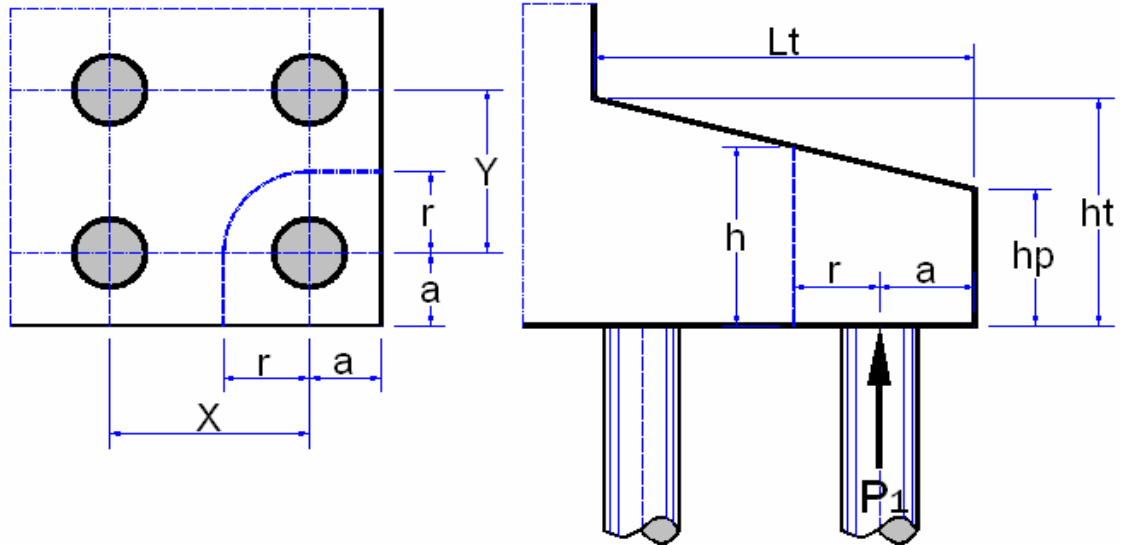
Jarak antara tiang bor arah y,  $Y = 3000$  mm

Jarak tiang bor terhadap tepi,  $a = 1500$  mm

$X = 3000$  mm

$Y = 3000$  mm

$a = 1500$  mm



$$r = X/2 = 1500 \text{ m}$$

$$r = Y/2 = 1500 \text{ m}$$

$$h_p = 1750 \text{ m}$$

maka diambil,  $h_t = 2750 \text{ m}$

$$r = 1500 \text{ m}$$

$$L_t = 1500 \text{ m}$$

Tebal bidang kritis geser pons,  $h = h_p + (r + a)/L_t * (h_t - h_p) = 3750 \text{ m}$

Tebal efektif bidang kritis geser pons,  $d = h - d' = 3650 \text{ mm}$

Panjang total bidang kritis,  $L_v = 2 * (r + a) + \pi / 2 * r = 8356.19 \text{ mm}$

Luas bidang kritis geser pons,  $A_v = L_v * h = 3.1E+07 \text{ mm}^2$

Gaya geser pons nominal,  $P_n = A_v * f_v = 4.7E+07 \text{ N}$

Kapasitas geser pons,  $\phi * P_n = 28145.7 \text{ kN}$

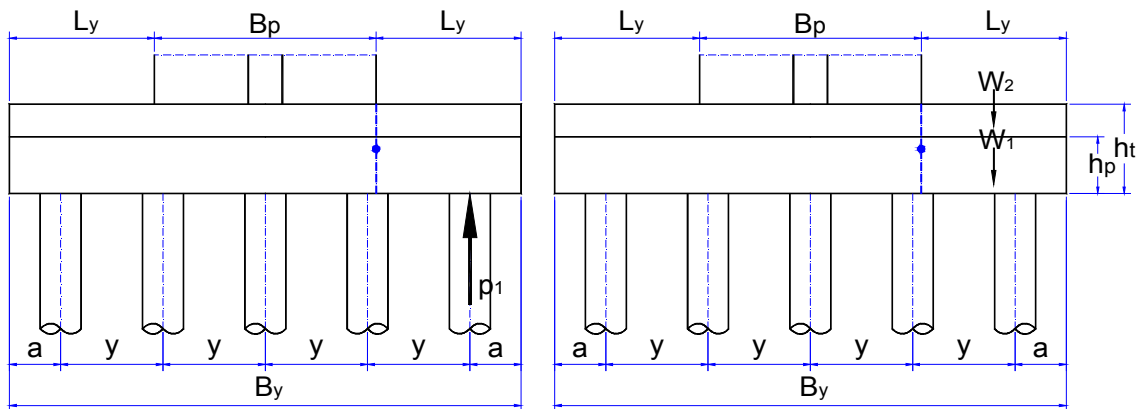
Reaksi ultimit satu tiang bor,  $P_1 = 6164.92 \text{ kN}$

$$< \phi * P_n$$

AMAN (OK)

## 8. TINJAUAN PILE CAP ARAH Y

### 8.1. MOMEN DAN GAYA GESER PADA PILECAP



$$B_p = 6.500 \text{ m}$$

$$L_y = (B_y - B_p)/2 = 4.25 \text{ m}$$

#### 8.1.1. MOMEN DAN GAYA GESER AKIBAT REAKSI TIANG

$$\begin{aligned} Y_1 &= 6.00 \text{ m} & \Sigma Y^2 &= 270.00 \text{ m}^2 & n_x &= 3 \text{ bh} \\ Y_2 &= 3.00 \text{ m} & n &= 15 \text{ bh} & B_p &= 6.50 \text{ m} \\ Y_3 &= 0.00 \\ Y_4 &= \text{tdk.ada} \end{aligned}$$

Gaya aksial ultimit yang diderita satu tiang bor :

$$P_i = P_u / n + M_{uy} * Y_i / \Sigma Y^2$$

NO	KOMBINASI BEBAN KERJA	$P_u$ (kN)	$M_{uy}$ (kNm)	$P_1$ (kN)	$P_2$ (kN)	$P_3$ (kN)	$P_4$ (kN)
1	KOMBINASI - 1	68313.83	0.00	4554.26	4554.26	4554.26	---
2	KOMBINASI - 2	68313.83	0.00	4554.26	4554.26	4554.26	---
3	KOMBINASI - 3	67957.53	2260.68	4580.74	4555.62	4530.50	---
4	KOMBINASI - 4	67957.53	2260.68	4580.74	4555.62	4530.50	---
5	KOMBINASI - 5	55688.83	73569.86	5347.47	4530.03	3712.59	---

Momen ultimit Pilecap akibat reaksi tiang,

$$M_{up} = \Sigma [n_y * P_i * (X_i - h/2)]$$

Gaya geser ultimit Pilecap akibat reaksi tiang,

$$V_{up} = \Sigma [n_y * P_i]$$

No	$Y_i$ (m)	$Y_i - B_e/2$ (m)	$P_i$ (kN)	$n_x * P_i$ (kN)	$M_{upi}$ (kNm)
1	6.00	2.75	5347.47	16042.4	44116.7
2	3.00				
3	0.00				
4	tdk.ada				
				16042.4	44116.7



### 8.1.2. MOMEN DAN GAYA GESER AKIBAT BERAT SENDIRI

Gaya geser dan momen akibat berat sendiri Pilecap

KODE	PARAMETER BERAT BAGIAN BETON				VOLUME (m <sup>3</sup> )	BERAT (kN)	LENGAN y <sub>w</sub> (m)	MOMEN (kNm)
	b	h	Panjang	Shape				
W <sub>1</sub>	4.25	1.75	9.00	1	66.9375	1673.4	2.125	3556.1
W <sub>2</sub>	4.25	1.00	9.00	0.5	19.125	478.1	1.417	677.3
V <sub>s</sub> =						2151.6	M <sub>s</sub> =	4233.4

Faktor beban ultimit,

$$K = 1.30$$

Momen ultimit akibat berat pile cap,

$$M_{us} = K * M_s = 5503.4 \text{ kNm}$$

Gaya geser ultimit akibat berat pile cap,

$$V_{us} = K * V_s = 2797.0 \text{ KN}$$

### 8.1.3. MOMEN DAN GAYA GESER ULTIMIT RENCANA PILE CAP

Momen ultimit rencana Pile Cap,  $M_{ur} = M_{up} - M_{us} = 38613.2 \text{ kNm}$

untuk lebar pile-cap (B<sub>x</sub>) = 9.00 m

Momen ultimit rencana per meter lebar,  $M_u = M_{ur} / B_x = 4290.36 \text{ kNm}$

Gaya geser rencana Pile Cap,  $V_{ur} = V_{up} - V_{us} = 13890.9 \text{ kN}$

untuk lebar pile-cap (B<sub>x</sub>) = 9.00 m

Gaya geser ultimit rencana per meter lebar,  $V_u = V_{ur} / B_x = 1543.43 \text{ kN}$

### 8.1.4. TULANGAN LENTUR PILE CAP ARAH Y

Momen rencana ultimit,	M <sub>u</sub> =	4290.36	kNm
Mutu beton, K - 300	Kuat tekan beton, f <sub>c</sub> ' =	24.90	MPa
Mutu baja, U - 39	Tegangan leleh baja, f <sub>y</sub> =	390	MPa
Tebal pile cap,	h = h <sub>t</sub> =	2750	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	d' =	100	mm
Modulus elastis baja,	E <sub>s</sub> =	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	β <sub>1</sub> =	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) =$		0.02796	
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] =$		6.59766	
Faktor reduksi kekuatan lentur,	φ =	0.80	
Faktor reduksi kekuatan geser,	φ =	0.60	
Tebal efektif pile cap,	d = h - d' =	2650	mm
Lebar pile cap yang ditinjau,	b =	1000	mm
Momen nominal rencana,	M <sub>n</sub> = M <sub>u</sub> / φ =	5362.95	kNm

Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n \cdot 10^{-6} / (b \cdot d^2) =$	0.76368
-----------------------	---	---------

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 \cdot f'_c / f_y \cdot [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot R_n / (0.85 \cdot f'_c)}]$	=	0.00199
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 0.50 / f_y =$	0.00128
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00199
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho \cdot b \cdot d =$	5286 mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	<b>2</b> D <b>25</b>	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s =$	185.716 mm
Digunakan tulangan,	<b>2 D 25 - 150</b>	
	$A_s = n \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / s =$	6545 mm <sup>2</sup>

Untuk tulangan susut diambil 30% tulangan pokok.

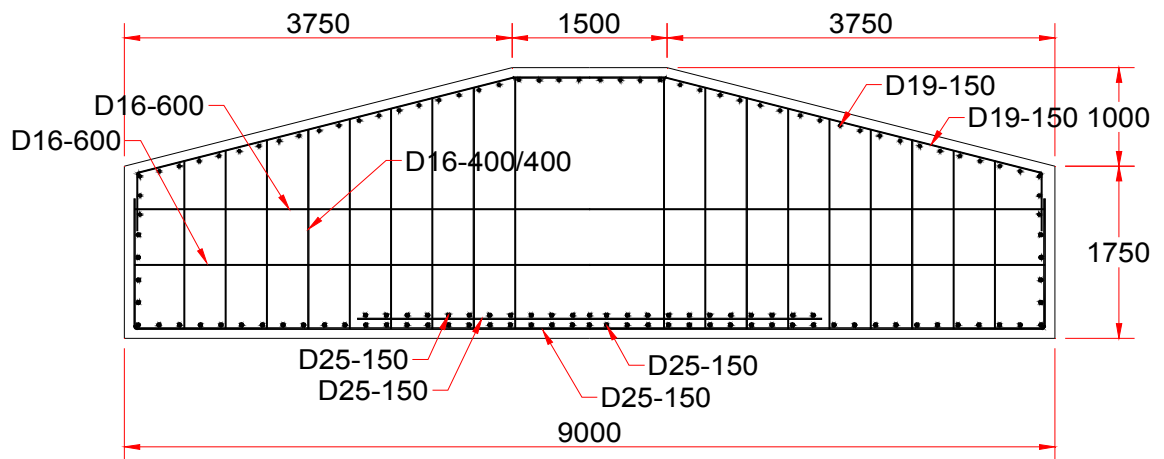
	$A_s' = 30\% \cdot A_s =$	1586 mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D <b>19</b>	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s =$	178.783 mm
Digunakan tulangan,	<b>D 19 - 150</b>	
	$A_s' = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / s =$	1890 mm <sup>2</sup>

## 2.1. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit,	$V_u =$	1543429 N
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.60
Kapasitas geser ultimit,	$V_{ucmax} = 0.5 \cdot \phi \cdot (\sqrt{f'_c}) \cdot b \cdot d =$	3967042 N
	$V_u < V_{ucmax}$	Dimensi aman thd geser
	$V_c = 1/6 \cdot (\sqrt{f'_c}) \cdot b \cdot d =$	2203912 N
Gaya geser yang ditahan oleh beton,	$\phi \cdot V_c =$	1322347 N
	$V_u > \phi \cdot V_c$	Hanya perlu tulangan geser min.

Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser,

	$V_s = 1/2 \cdot (V_u / \phi) =$	1286191 N
Diameter tul. yang digunakan,	D <b>16</b> Ambil jarak arah Y	<b>400</b> mm
Luas tulangan geser,	$A_v = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / S_y =$	502.65 mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan geser yang diperlukan ( arah X ) :	$S_x = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s =$	403.90 mm
Digunakan tulangan,	<b>D 16</b>	Jarak arah X <b>400</b> mm
		Jarak arah Y <b>400</b> mm



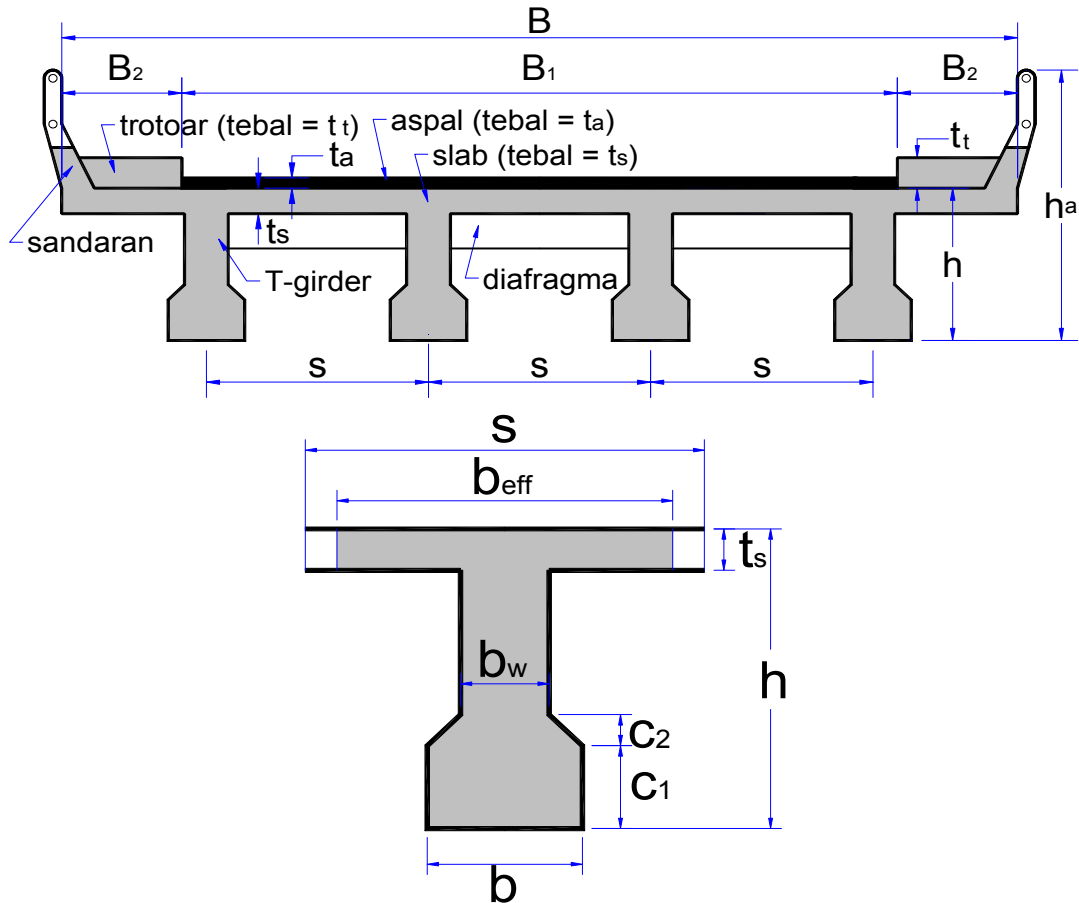
Pembesian Pile Cap

# PERHITUNGAN T-GIRDER BETON BERTULANG

JEMBATAN NGAWEN, GUNUNG KIDUL, D.I. YOGYAKARTA

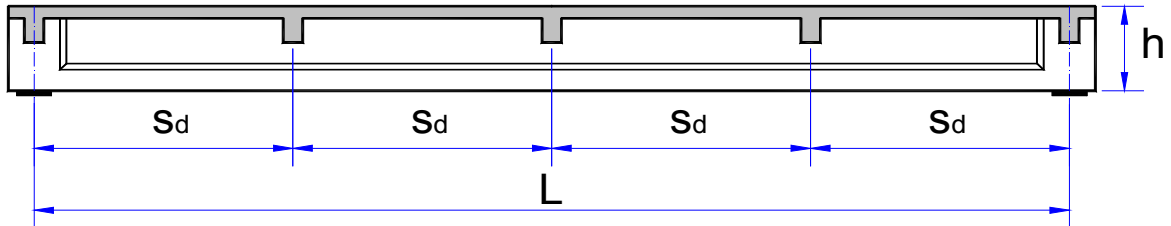
Oleh : Ir. M. Noer Ilham, MT.

## A. DATA STRUKTUR ATAS



Panjang bentang jembatan	$L =$	18.00	m
Lebar jalan (jalur lalu-lintas)	$B_1 =$	6.00	m
Lebar trotoar	$B_2 =$	0.50	m
Lebar total jembatan	$B = B_1 + 2 * B_2 =$	7.00	m
Jarak antara Girder	$s =$	2.00	m
Dimensi Girder :	Lebar sisi bawah,	$b =$	0.60 m
	Tinggi total,	$h =$	1.50 m
	Lebar badan,	$b_w =$	0.30 m
		$c_1 =$	0.35 m
		$c_2 =$	0.15 m

Dimensi Diafragma :	Lebar diafragma,	$b_d =$	0.30	m
	Tinggi diafragma,	$h_d =$	0.50	m
	Tebal slab lantai jembatan	$t_s =$	0.20	m
	Tebal lapisan aspal	$t_a =$	0.05	m
	Tinggi genangan air hujan	$t_h =$	0.05	m
	Tinggi bidang samping,	$h_a =$	2.50	m



Jumlah balok diafragma sepanjang L,	$n_d =$	5	bh
Jarak antara balok diafragma,	$s_d = L / (n_d - 1) =$	4.50	m

## B. BAHAN STRUKTUR

<b>Mutu beton :</b>	<b>K - 250</b>		
Kuat tekan beton	$f'_c = 0.83 * K / 10 =$	20.75	MPa
Modulus elastik	$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$	21410	MPa
Angka poisson	$\nu =$	0.2	
Modulus geser	$G = E_c / [2 * (1 + \nu)] =$	8921	MPa
Koefisien muai panjang untuk beton,	$\alpha =$	1.0E-05	/ °C
<b>Mutu baja :</b>			
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing > 12 \text{ mm}$ :	<b>U - 32</b>		
Tegangan leleh baja,	$f_y = U * 10 =$	320	MPa
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing \leq 12 \text{ mm}$ :	<b>U - 24</b>		
Tegangan leleh baja,	$f_y = U * 10 =$	240	MPa

<b>Specific Gravity</b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>	
Berat beton bertulang	$w_c =$	25.00
Berat beton tidak bertulang (beton rabat)	$w'_c =$	24.00
Berat aspal padat	$w_a =$	22.00
Berat jenis air	$w_w =$	9.80

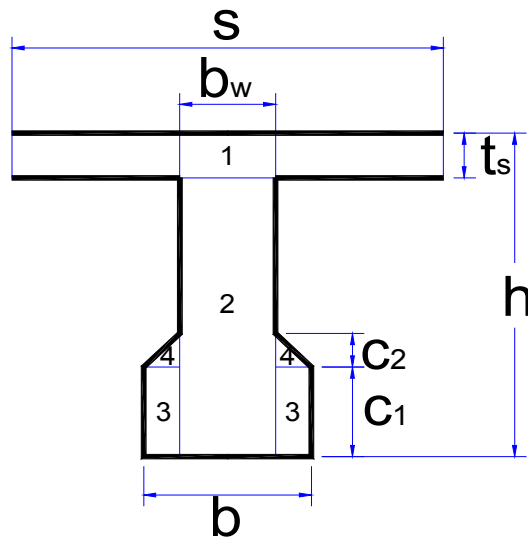
## C. ANALISIS BEBAN

### 1. BERAT SENDIRI (MS)

Faktor beban ultimit :  $K_{MS} = 1.3$

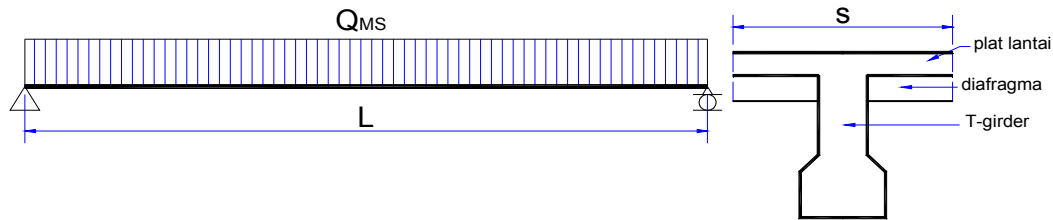
Berat sendiri ( *self weight* ) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Beban berat sendiri balok diafragma pada Girder dihitung sbb. :

Panjang bentang Girder,	$L =$	18.00	m
Berat satu balok diafragma,	$W_d = b_d * (h_d - t_s) * s * w_c =$	4.500	kN
Jumlah balok diafragma sepanjang bentang L,	$n_d =$	5	
Beban diafragma pada Girder,	$Q_d = n_d * W_d / L =$	1.250	kN/m



Beban berat sendiri pada Girder

NO	JENIS	LEBAR (m)	TEBAL (m)	BERAT (kN/m <sup>3</sup> )	BEBAN kN/m
1	Plat lantai	2.00	0.20	25.00	10.00
2	Girder bagian 2	0.30	1.30	25.00	9.75
3	Girder bagian 3	0.30	0.35	25.00	2.63
4	Girder bagian 4	0.15	0.15	25.00	0.56
5	Diafragma $Q_d =$				1.25
$Q_{MS} =$					24.19 kN/m



Gaya geser dan momen pada T-Gider akibat berat sendiri (MS) :

$$V_{MS} = 1 / 2 * Q_{MS} * L = 217.688 \text{ kN}$$

$$M_{MS} = 1 / 8 * Q_{MS} * L^2 = 979.594 \text{ kNm}$$

## 2. BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)

Faktor beban ultimit :  $K_{MA} = 2.0$

Beban mati tambahan ( *superimposed dead load* ), adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Jembatan dianalisis harus mampu memikul beban tambahan seperti :

- 1) Penambahan lapisan aspal ( *overlay* ) di kemudian hari,
- 2) Genangan air hujan jika sistim drainase tidak bekerja dengan baik,

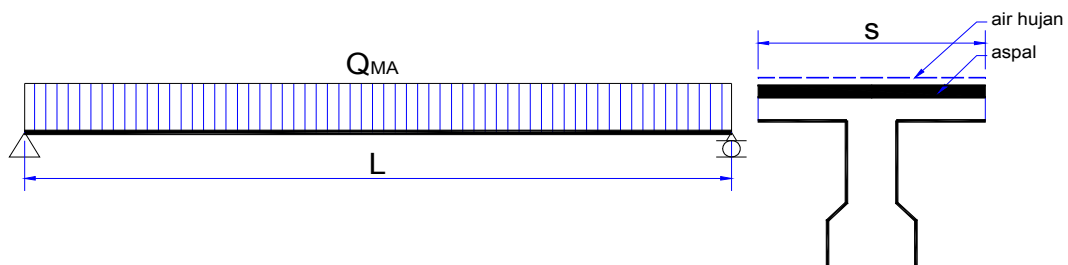
Panjang bentang Girder,

$$L = 18.00 \text{ m}$$

Beban mati tambahan pada Girder

NO	JENIS	LEBAR (m)	TEBAL (m)	BERAT (kN/m <sup>3</sup> )	BEBAN kN/m
1	Lapisan aspal	2.00	0.05	22.00	2.20
2	Air hujan	2.00	0.05	9.80	0.98

Beban mati tambahan :  $Q_{MA} = 3.18$



Gaya geser dan momen pada T-Gider akibat berat sendiri (MS) :

$$V_{MA} = 1 / 2 * Q_{MA} * L = 28.620 \text{ kN}$$

$$M_{MA} = 1 / 8 * Q_{MA} * L^2 = 128.790 \text{ kNm}$$

## 4. BEBAN LALU-LINTAS

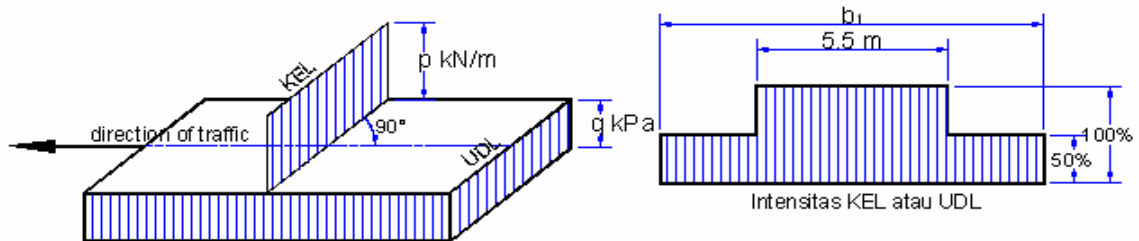
### 4.1. BEBAN LAJUR "D" (TD)

Faktor beban ultimit :  $K_{TD} = 2.0$

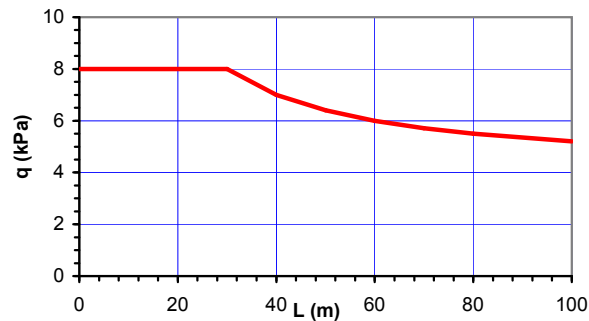
Beban kendaraan yg berupa beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata (*Uniformly Distributed Load*), UDL dan beban garis (*Knife Edge Load*), KEL seperti pd Gambar 1. UDL mempunyai intensitas  $q$  (kPa) yg besarnya tergantung pd panjang bentang  $L$  yg dibebani lalu-lintas seperti Gambar 2 atau dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$q = 8.0 \quad \text{kPa} \quad \text{untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 8.0 * (0.5 + 15 / L) \quad \text{kPa} \quad \text{untuk } L > 30 \text{ m}$$



Gambar 1. Beban lajur "D"



Gambar 2. Intensitas Uniformly Distributed Load (UDL)

Untuk panjang bentang,  $L = 18.00 \text{ m}$

KEL mempunyai intensitas,

$q = 8.00 \text{ kPa}$

$p = 44.0 \text{ kN/m}$

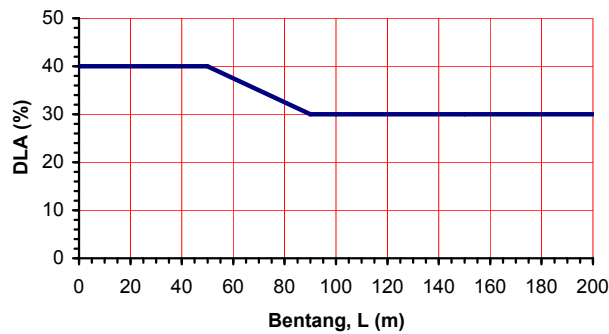
Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance) untuk KEL diambil sebagai berikut :

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

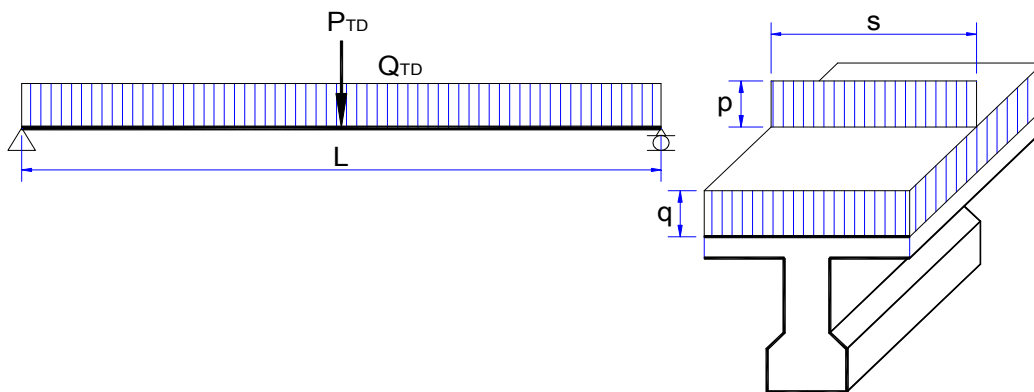
$$DLA = 0.4 - 0.0025 * (L - 50) \quad \text{untuk } 50 < L < 90 \text{ m}$$

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





Gambar 3. Faktor beban dinamis (DLA)



Jarak antara Girder,  
Untuk panjang bentang,  
Beban lajur pada Girder,

$$\begin{aligned}
 s &= 2.00 \text{ m} \\
 L &= 18.00 \text{ m} \\
 \text{maka, } DLA &= 0.4 \\
 Q_{TD} &= q * s = 16.00 \text{ kN/m} \\
 P_{TD} &= (1 + DLA) * p * s = 123.2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya geser dan momen pada T-Girder akibat beban lajur "D" :

$$\begin{aligned}
 V_{TD} &= 1 / 2 * ( Q_{TD} * L + P_{TD} ) = 205.600 \text{ kN} \\
 M_{TD} &= 1 / 8 * Q_{TD} * L^2 + 1 / 4 * P_{TD} * L = 1202.400 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

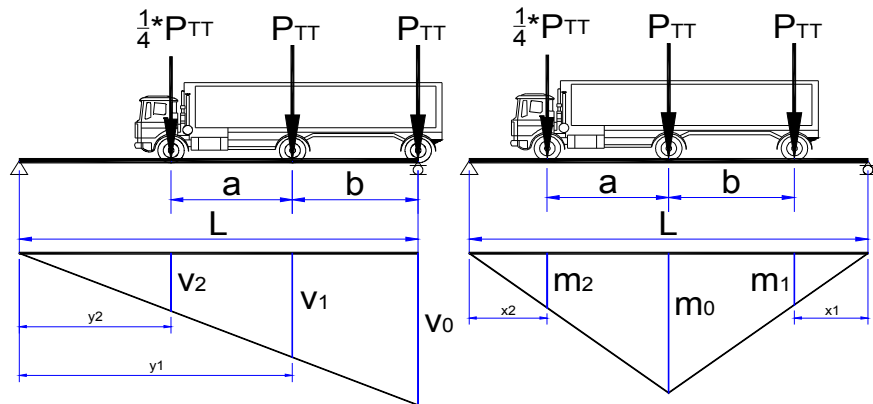
## 4.2. BEBAN TRUK "T" (TT)

Faktor beban ultimit :  $K_{TT} = 2.0$

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh Truk (beban T) yang besarnya,  $T = 100 \text{ kN}$

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,  $DLA = 0.4$   
Beban truk "T" :  $P_{TT} = (1 + DLA) * T = 140.00 \text{ kN}$

a =	5.00	m
b =	4.00	m
L =	18.00	m



Gaya geser (kN)				Momen (kNm)			
p	y	v	v * P	p	x	m	m * P
1	18.00	1.000	1.000	1	9.00	4.500	4.50
1	9.00	0.500	0.500	1	5.00	2.5	2.50
0.25	14.00	0.778	0.194	0.25	4.00	2	0.50
$\Sigma (v * p) =$			1.694	$\Sigma (m * p) =$			7.500

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

$$V_{TT} = \Sigma (v * p) * P_{TT} = 237.222 \text{ kN}$$

$$M_{TT} = \Sigma (m * p) * P_{TT} = 1050.000 \text{ kNm}$$

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

Gaya geser maksimum akibat beban "T",

$$V_{TT} = 237.222 \text{ kN}$$

Momen maksimum akibat beban "D",

$$M_{TD} = 1202.400 \text{ kNm}$$

#### 4. GAYA REM (TB)

Faktor beban ultimit :

$$K_{TB} = 2.00$$

Pengaruh pengereman dari lalu-lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada jarak 1.80 m di atas lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan ( $L_t$ ) sebagai berikut :

Gaya rem,  $H_{TB} = 250 \text{ kN}$

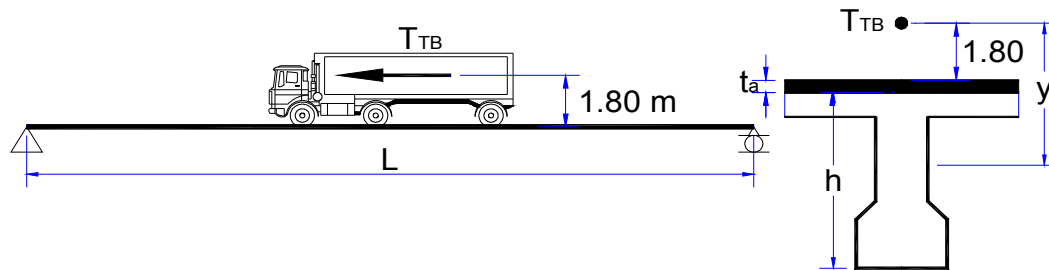
untuk  $L_t \leq 80 \text{ m}$

Gaya rem,  $H_{TB} = 250 + 2.5*(L_t - 80) \text{ kN}$

untuk  $80 < L_t < 180 \text{ m}$

Gaya rem,  $H_{TB} = 500 \text{ kN}$

untuk  $L_t \geq 180 \text{ m}$



Panjang bentang Girder,

Jumlah Girder,

Gaya rem,

Jarak antara Girder,

Gaya rem untuk  $L_t \leq 80$  m :

$$T_{TB} = H_{TB} / n_{girder}$$

Gaya rem juga dapat diperhitungkan sebesar 5% beban lajur "D" tanpa faktor beban dinamis.

Gaya rem,  $T_{TB} = 5\%$  beban lajur "D" tanpa faktor beban dinamis,

$$Q_{TD} = q * s = 16 \text{ kN/m}$$

$$P_{TD} = p * s = 88 \text{ kN}$$

$$T_{TB} = 0.05 * (Q_{TD} * L + P_{TD}) = 18.8 \text{ kN}$$

$$< 62.50 \text{ kN}$$

Diambil gaya rem,

$$T_{TB} = 62.50 \text{ kN}$$

Lengan thd. Titik berat balok,

$$y = 1.80 + t_a + h / 2 = 2.600 \text{ m}$$

Beban momen akibat gaya rem,

$$M = T_{TB} * y = 162.500 \text{ kNm}$$

Gaya geser dan momen maksimum pada balok akibat gaya rem :

$$V_{TB} = M / L = 9.028 \text{ kN}$$

$$M_{TB} = 1/2 * M = 81.250 \text{ kNm}$$

## 6. BEBAN ANGIN (EW)

Faktor beban ultimit :

$$K_{EW} = 1.20$$

Gaya angin tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat beban angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan dihitung dengan rumus :

$$T_{EW} = 0.0012 * C_w * (V_w)^2 \text{ kN/m}^2 \quad \text{dengan,} \quad C_w = 1.2$$

Kecepatan angin rencana,

$$V_w = 35 \text{ m/det}$$

Beban angin tambahan yang meniup bidang samping kendaraan :

$$T_{EW} = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 = 1.764 \text{ kN/m}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2.00 m di atas lantai jembatan.

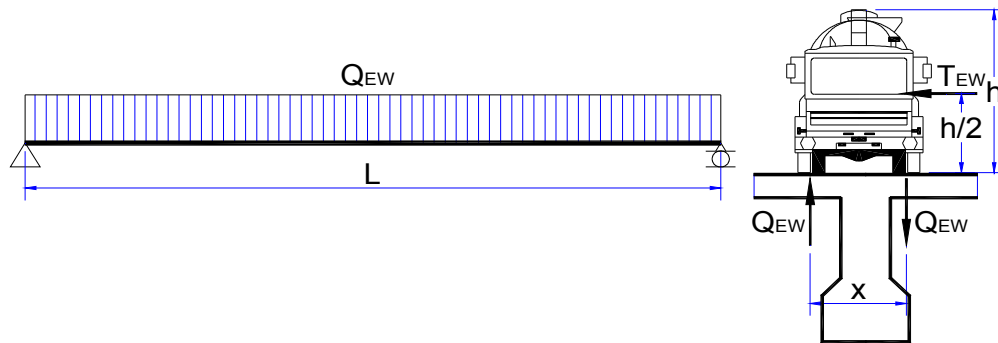
$$h = 2.00 \text{ m}$$

Jarak antara roda kendaraan

$$x = 1.75 \text{ m}$$

Beban akibat transfer beban angin ke lantai jembatan,

$$Q_{EW} = 1/2 \cdot h / x \cdot T_{EW} = 1.008 \text{ kN/m}$$



Panjang bentang Girder,

$$L = 18.00 \text{ m}$$

Gaya geser dan momen pada Girder akibat beban angin (EW) :

$$V_{EW} = 1/2 \cdot Q_{EW} \cdot L = 9.072 \text{ kN}$$

$$M_{EW} = 1/8 \cdot Q_{EW} \cdot L^2 = 40.824 \text{ kNm}$$

## 7. PENGARUH TEMPERATUR (ET)

Gaya geser dan momen pada Girder akibat pengaruh temperatur, diperhitungkan terhadap gaya yang timbul akibat pergerakan temperatur (temperatur movement) pada tumpuan (elastomeric bearing) dengan perbedaan temperatur sebesar :

$$\Delta T = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Koefisien muai panjang untuk beton,

$$\alpha = 1.0\text{E-}05 \text{ / } ^\circ\text{C}$$

Panjang bentang Girder,

$$L = 18.00 \text{ m}$$

*Shear stiffness of elastomeric bearing,*

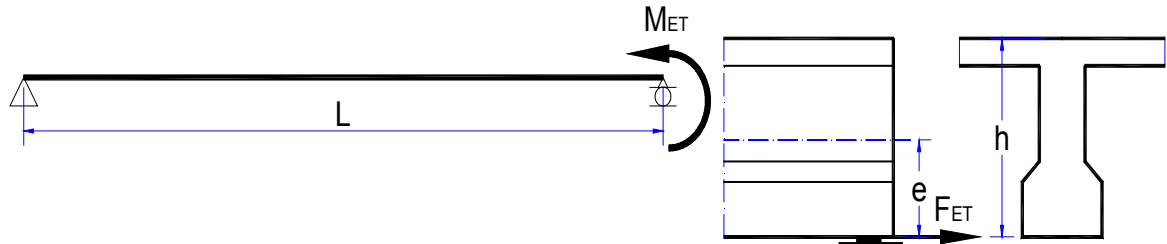
$$k = 15000 \text{ kN/m}$$

Temperatur movement,

$$\delta = \alpha \cdot \Delta T \cdot L = 0.0036 \text{ m}$$

Gaya akibat temperatur movement,

$$F_{ET} = k \cdot \delta = 54.000 \text{ kN}$$



Tinggi Girder,

Eksentrisitas,

Momen akibat pengaruh temperatur,

Gaya geser dan momen pada Girder akibat pengaruh temperatur (ET) :

$h =$	1.50	m
$e = h / 2 =$	0.75	
$M = F_{ET} * e =$	40.500	kNm
$V_{ET} = M / L =$	2.250	kN
$M_{ET} = M =$	40.500	kNm

## 8. BEBAN GEMPA (EQ)

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

Koefisien beban gempa horisontal :  $K_h = C * S$

$K_h$  = 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 :

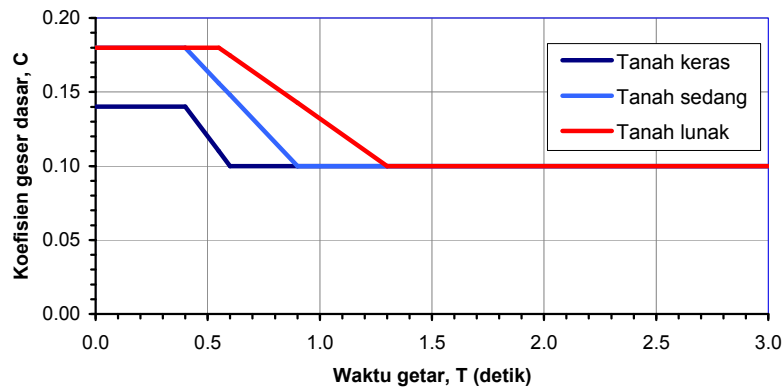
$$T = 2 * \pi * \sqrt{[ W_t / ( g * K_p ) ]}$$

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

$K_p$  = kekakuan struktur yang merupakan gaya horisontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan.

$g$  = percepatan grafitasi bumi,

$$g = 9.81 \text{ m/det}^2$$



Berat total yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan :  $W_t = P_{MS} + P_{MA}$

Berat sendiri,  $Q_{MS} = 24.188$  kN/m

Beban mati tambahan,  $Q_{MA} = 3.180$  kN/m

Panjang bentang,  $L = 18.00$  m

Berat total,  $W_t = (Q_{MS} + Q_{MA}) * L = 492.615$  kN

Ukuran Girder,  $b = 0.60$  m  $h = 1.50$  m

Momen inersia penampang Girder,  $I = 1/12 * b * h^3 = 0.1688$  m<sup>4</sup>

Modulus elastik beton,  $E_c = 21410$  MPa

$E_c = 21409519$  kPa

Kekakuan lentur Girder,  $K_p = 48 * E_c * I / L^3 = 29735$  kN/m

Waktu getar,  $T = 2 * \pi * \sqrt{W_t / (g * K_p)} = 0.2582$  detik

Kondisi tanah dasar termasuk sedang (medium). Lokasi di wilayah gempa 3.

Koefisien geser dasar,  $C = 0.18$

Untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis beton bertulang, maka faktor tipe struktur dihitung dengan rumus,  $S = 1.0 * F$

dengan,  $F = 1.25 - 0.025 * n$  dan  $F$  harus diambil  $\geq 1$

$F$  = faktor perangkaan,

$n$  = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi struktur.

Untuk nilai,  $n = 1$  maka :

$F = 1.25 - 0.025 * n = 1.225$

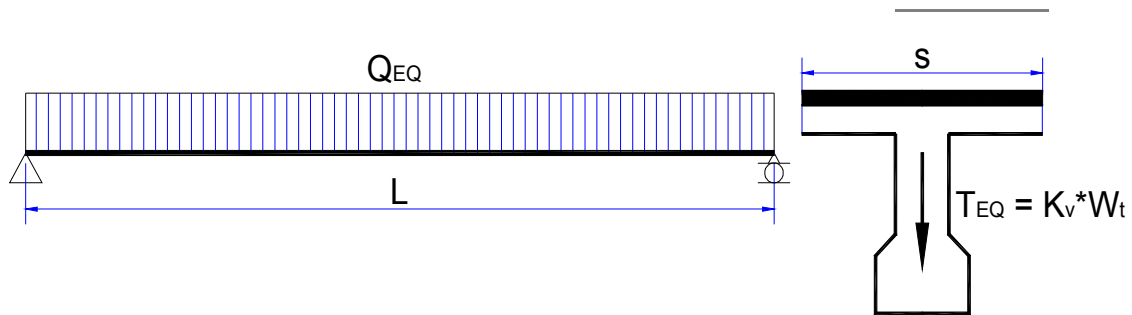
Faktor tipe struktur,  $S = 1.0 * F = 1.225$

Koefisien beban gempa horisontal,  $K_h = C * S = 0.221$

Koefisien beban gempa vertikal,  $K_v = 50\% * K_h = 0.110$  > 0.10

Diambil koefisien gempa vertikal,  $K_v = 0.110$

Gaya gempa vertikal,  $T_{EQ} = K_v * W_t = 54.3108$  kN



Beban gempa vertikal,

$$Q_{EQ} = T_{EQ} / L = 3.017 \text{ kN/m}$$

Gaya geser dan momen pada Girder akibat gempa vertikal (EQ) :

$$V_{EQ} = 1 / 2 * Q_{EQ} * L = 27.155 \text{ kN}$$

$$M_{EQ} = 1 / 8 * Q_{EQ} * L^2 = 122.199 \text{ kNm}$$

## 9. KOMBINASI BEBAN ULTIMIT

No	Jenis Beban	Faktor Beban	KOMB-2	KOMB-1	KOMB-2
1	Berat sendiri (MS)	1.30	√	√	√
2	Beban mati tambahan (MA)	2.00	√	√	√
3	Beban lajur "D" (TD)	2.00	√	√	√
4	Gaya rem (TB)	2.00	√	√	
5	Beban angin (EW)	1.20	√		
6	Pengaruh temperatur (ET)	1.20		√	
7	Beban gempa (EQ)	1.00			√

KOMBINASI MOMEN ULTIMIT				KOMB-1	KOMB-2	KOMB-3
No	Jenis Beban	Faktor Beban	M (kNm)	M <sub>u</sub> (kNm)	M <sub>u</sub> (kNm)	M <sub>u</sub> (kNm)
1	Berat sendiri (MS)	1.30	979.594	1273.472	1273.472	1273.472
2	B. mati tamb. (MA)	2.00	128.790	257.580	257.580	257.580
3	B. lalulintas (TD/TT)	2.00	1202.400	2404.800	2404.800	2404.800
4	Gaya rem (TB)	2.00	81.250	162.500	162.500	
5	Beban angin (EW)	1.20	40.824	48.989		
6	Temperatur (ET)	1.20	40.500		48.600	
7	Beban gempa (EQ)	1.00	122.20			122.199
				4147.341	4146.952	4058.051

KOMBINASI GAYA GESER ULTIMIT				KOMB-1	KOMB-2	KOMB-3
No	Jenis Beban	Faktor Beban	V (kNm)	$V_u$ (kNm)	$V_u$ (kNm)	$V_u$ (kNm)
1	Berat sendiri (MS)	1.30	217.688	282.994	282.994	282.994
2	Beb.mati tamb (MA)	2.00	28.620	57.240	57.240	57.240
3	B. lalulintas (TD/TT)	2.00	237.222	474.444	474.444	474.444
4	Gaya rem (TB)	2.00	9.028	18.056	18.056	
5	Beban angin (EW)	1.20	9.072	10.886		
6	Temperatur (ET)	1.20	2.250		2.700	
7	Beban gempa (EQ)	1.00	27.155			27.155
				843.620	835.434	841.834

Momen ultimit rencana Girder,

$$M_u = 4147.341 \text{ kNm}$$

Gaya geser ultimit rencana Girder,

$$V_u = 843.620 \text{ kN}$$

## 10. PEMBESIAN T - GIRDER

### 10.1. TULANGAN LENTUR

Momen rencana ultimit Girder,

$$M_u = 4147.341 \text{ kNm}$$

Mutu beton : K - 250 Kuat tekan beton,

$$f'_c = 20.75 \text{ MPa}$$

Mutu baja tul. : U - 32 Kuat leleh baja,

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

Tebal slab beton,

$$t_s = 200 \text{ mm}$$

Lebar badan Girder,

$$b_w = 600 \text{ mm}$$

Tinggi Girder,

$$h = 1500 \text{ mm}$$

Lebar sayap T-Girder diambil nilai yang terkecil dari :

$$L/4 = 4500 \text{ mm}$$

$$s = 2000 \text{ mm}$$

$$12 * t_s = 2400 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 2000 \text{ mm}$$

Diambil lebar efektif sayap T-Girder,

$$d' = 140 \text{ mm}$$

Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,

Modulus elastis baja,

$$E_s = 2.00E+05 \text{ MPa}$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.030554$$

$$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] = 5.808599$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0.80$$



Tinggi efektif T-Girder,	$d = h - d' =$	1360	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	5184.176	kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^6 / (b_{eff} * d^2) =$	1.40143	

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] = 0.00457$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0.00438$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0.00457$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b_{eff} * d = 12427.23 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$$D \text{ 32} \text{ mm}$$

$$A_{s1} = \pi / 4 * D^2 = 804.25 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / A_{s1} = 15.45$$

Digunakan tulangan,

$$16 \text{ D } 32$$

$$A_s = A_{s1} * n = 12867.96 \text{ mm}^2$$

Tebal selimut beton,

$$t_d = 30 \text{ mm}$$

Diameter sengkang yang digunakan,

$$d_s = 12 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan tiap baris,

$$n_t = 7$$

Jarak bersih antara tulangan,

$$x_s = (b - n_t * D - 2 * t_d - 2 * d_s) / (n_t - 1) = 48.67 \text{ mm}$$

Kontrol jarak bersih :

$$x_s > 1.5 * D \text{ (OK)}$$

$$x_s > 35 \text{ mm (OK)}$$

Untuk menjamin agar Girder bersifat daktail, maka tulangan tekan diambil 30% tulangan tarik, sehingga :

$$A_s' = 30\% * A_s = 3728.17 \text{ mm}^2$$

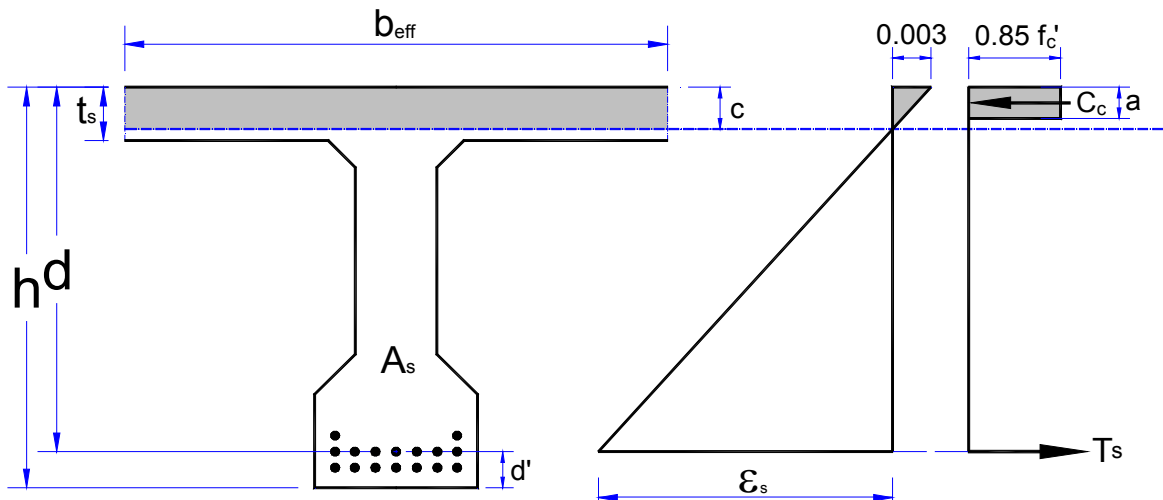
Jumlah tulangan tekan yang diperlukan,

$$n' = A_s' / A_{s1} = 4.64$$

Digunakan tulangan,

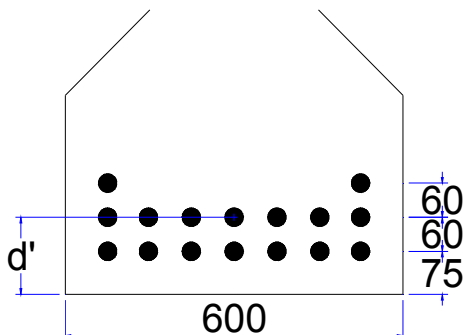
$$5 \text{ D } 32$$

## 10.2. KONTROL KAPASITAS MOMEN ULTIMIT



Tebal slab beton,  
Lebar efektif sayap,  
Lebar badan Girder,  
Tinggi Girder,

$t_s$	=	200	mm
$b_{eff}$	=	2000	mm
$b$	=	600	mm
$h$	=	1500	mm



Baris ke	Jum. Tul. n	y (mm)	n * y
1	7	75.00	525.00
2	7	135.00	945.00
3	2	195.00	390.00
$\Sigma n$	= 16	$\Sigma n*y$	= 1860.00

Letak titik berat tulangan tarik terhadap sisi bawah T-Girder,

$$d' = \Sigma n*y / \Sigma n = 116.25 \text{ mm}$$

Tinggi efektif T-Girder,

$$d = h - d' = 1383.75 \text{ mm}$$

Luas tulangan,

$$A_s = 12867.96 \text{ mm}^2$$

Kuat tekan beton,

$$f'_c = 20.75 \text{ MPa}$$

Kuat leleh baja,

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

Untuk garis netral berada di dalam sayap T-Girder, maka :

$$C_c > T_s$$

Gaya internal tekan beton pada sayap,

$$C_c = 0.85 * f'_c * b_{eff} * t_s = 7055000 \text{ N}$$

Gaya internal tarik baja tulangan,

$$T_s = A_s * f_y = 4117748 \text{ N}$$

$C_c > T_s$  garis netral di dalam sayap

$$a = A_s \cdot f_y / (0.85 \cdot f'_c \cdot b_{\text{eff}}) = 116.733 \text{ mm}$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas,  $c = a / \beta_1 = 137.333 \text{ mm}$

Regangan pada baja tulangan tarik,  $\varepsilon_s = 0.003 \cdot (d - c) / c = 0.027228$

Momen nominal,  $M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2) \cdot 10^{-6} = 5457.596 \text{ kNm}$

Kapasitas momen ultimit,  $\phi \cdot M_n = 4366.077 \text{ kNm}$

$> M_u = 4147.341 \text{ kNm}$

**AMAN (OK)**

### 10.3. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,  $V_u = 843.620 \text{ kN}$

Mutu beton : K - 250 Kuat tekan beton,  $f'_c = 20.75 \text{ MPa}$

Mutu baja tul. : U - 24 Kuat leleh baja,  $f_y = 240 \text{ MPa}$

Faktor reduksi kekuatan geser,  $\phi = 0.75$

Lebar badan Girder,  $b_w = 600 \text{ mm}$

Tinggi efektif Girder,  $d = 1384 \text{ mm}$

Kuat geser nominal beton,  $V_c = (\sqrt{f'_c}) / 6 \cdot b_w \cdot d \cdot 10^{-3} = 630.328 \text{ kN}$

$\phi \cdot V_c = 472.746 \text{ kN}$

**Perlu tulangan geser**

$\phi \cdot V_s = V_u - \phi \cdot V_c = 370.874 \text{ kN}$

Gaya geser yang dipikul tulangan geser,  $V_s = 494.499 \text{ kN}$

Kontrol dimensi Girder terhadap kuat geser maksimum :

$V_{s\text{max}} = 2 / 3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot [b_w \cdot d] \cdot 10^{-3} = 2521.312 \text{ kN}$

$V_s < V_{s\text{max}}$

**Dimensi balok memenuhi persyaratan kuat geser (OK)**

Digunakan sengkang berpenampang :  $2 \text{ } \emptyset \text{ } 12$

Luas tulangan geser sengkang,  $A_v = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot n = 226.19 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan geser (sengkang) yang diperlukan :

$$S = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s = 152 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang, **2  $\emptyset$  12 - 100**

Pada badan girder dipasang tulangan susut minimal dengan rasio tulangan,

$$\rho_{sh} = 0.0014$$

Luas tulangan susut,  $A_{sh} = \rho_{sh} \cdot b_w \cdot d = 1162.35 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan,	D 16	mm
Jumlah tulangan susut yang diperlukan,	$n = A_{sh} / (\pi / 4 * D^2) =$	5.781055
Digunakan tulangan,	6 D 16	

#### 10.4. LENDUTAN BALOK

Mutu beton :	K - 250	Kuat tekan beton,	20.75	MPa
Mutu baja :	U - 24	Tegangan leleh baja,	240	MPa
Modulus elastis beton,		$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$	21410	MPa
Modulus elastis baja,		$E_s =$	2.00E+05	MPa
Tinggi balok,		$h =$	1.50	m
Lebar balok,		$b =$	0.60	m
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	0.140	m
Tinggi efektif balok,		$d = h - d' =$	1.360	m
Luas tulangan balok,		$A_s =$	0.012868	m <sup>2</sup>
Inersia brutto penampang balok,		$I_g = 1/12 * b * h^3 =$	0.168750	m <sup>3</sup>
Modulus keruntuhan lentur beton,		$f_r = 0.7 * \sqrt{f'_c} * 10^3 =$	3188.652	kPa
Nilai perbandingan modulus elastis,		$n = E_s / E_c =$	9.34	
		$n * A_s =$	0.120208	mm <sup>2</sup>
Jarak garis netral terhadap sisi atas beton,		$c = n * A_s / b =$	0.200	m
Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton dihitung sbb. :				
		$I_{cr} = 1/3 * b * c^3 + n * A_s * (d - c)^2 =$	0.163263	m <sup>4</sup>
		$y_t = h / 2 =$	0.75	m
Momen retak :		$M_{cr} = f_r * I_g / y_t =$	717.447	Nmm

Momen akibat beban mati dan beban hidup ( $M_{D+L}$ )

No	Jenis Beban	Momen (kNm)
1	Berat sendiri (MS)	217.688
2	Beban mati tambahan (MA)	28.620
3	Beban lalu-lintas (TD / TT)	237.222
4	Gaya rem (TB)	9.028
$M_{D+L} =$		492.558 kNm

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan,

$$I_e = (M_{cr} / M_{D+L})^3 * I_g + [1 - (M_{cr} / M_{D+L})^3] * I_{cr} = 0.180218 \text{ m}^4$$

Panjang bentang balok,

$$L = 18.00 \text{ m}$$

#### 10.4.1. LENDUTAN AKIBAT BEBAT SENDIRI (MS)

Beban akibat berat sendiri,

$$Q_{MS} = 24.19 \text{ kN/m}$$

Lendutan akibat berat sendiri (MS) :

$$\delta_{MS} = 5/384 * Q_{MS} * L^4 / (E_c * I_e) = 0.0086 \text{ m}$$

#### 10.4.2. LENDUTAN AKIBAT BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)

Beban akibat beban mati tambahan,

$$Q_{MA} = 3.18 \text{ kN/m}$$

Lendutan akibat beban mati tambahan (MA) :

$$\delta_{MA} = 5/384 * Q_{MA} * L^4 / (E_c * I_e) = 0.0011$$

#### 10.4.2. LENDUTAN AKIBAT BEBAN LAJUR "D" (TD)

Beban lajur "D" :

Beban terpusat,

$$P_{TD} = 123.20 \text{ kN}$$

Beban merata,

$$Q_{TD} = 16.00 \text{ kN/m}$$

Lendutan akibat beban lajur "D" (TD) :

$$\delta_{TD} = 1/48 * P_{TD} * L^3 / (E_c * I_e) + 5/384 * Q_{TD} * L^4 / (E_c * I_e) = 0.0095 \text{ m}$$

#### 10.4.3. LENDUTAN AKIBAT GAYA REM (TB)

Momen akibat gaya rem,

$$M_{TB} = 162.50 \text{ kNm}$$

Lendutan akibat gaya rem (TB) :

$$\delta_{TB} = 0.0642 * M_{TB} * L^2 / (E_c * I_e) = 0.0009$$

#### 10.4.4. LENDUTAN AKIBAT BEBAN ANGIN (EW)

Beban akibat transfer beban angin pada kendaraan,

$$Q_{EW} = 1.01 \text{ kN/m}$$

Lendutan akibat beban angin (EW) :

$$\delta_{EW} = 5/384 * Q_{EW} * L^4 / (E_c * I_e) = 0.0004 \text{ m}$$

#### 10.4.5. LENDUTAN AKIBAT PENGARUH TEMPERATUR (ET)

Momen akibat temperatur movement,

$$M_{ET} = 40.50 \text{ kNm}$$

Lendutan akibat pengaruh temperatur (ET) :

$$\delta_{ET} = 0.0642 * M_{ET} * L^2 / (E_c * I_e) = 0.0002 \text{ m}$$

#### 10.4.6. LENDUTAN AKIBAT BEBAN GEMPA (EQ)

Beban gempa vertikal,

$$Q_{EQ} = 3.02 \text{ kN/m}$$

Lendutan akibat beban gempa (EQ) :

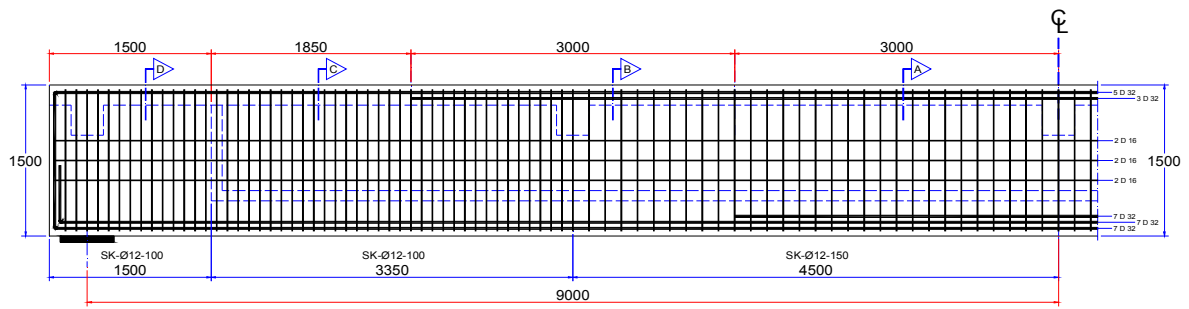
$$\delta_{EQ} = 5/384 * Q_{EQ} * L^4 / (E_c * I_e) = 0.0011 \text{ m}$$

#### 10.5. KONTROL LENDUTAN BALOK

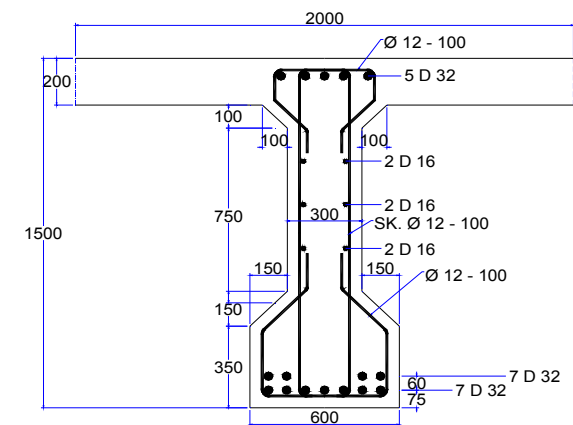
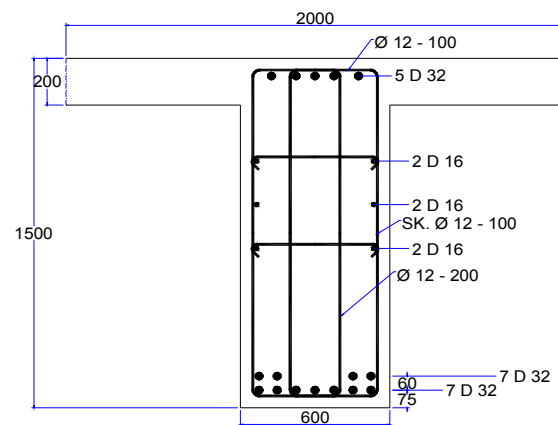
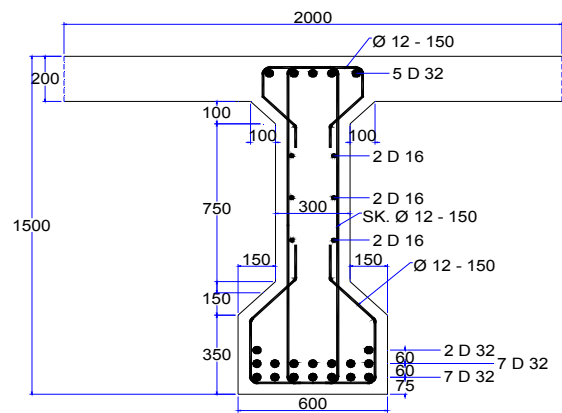
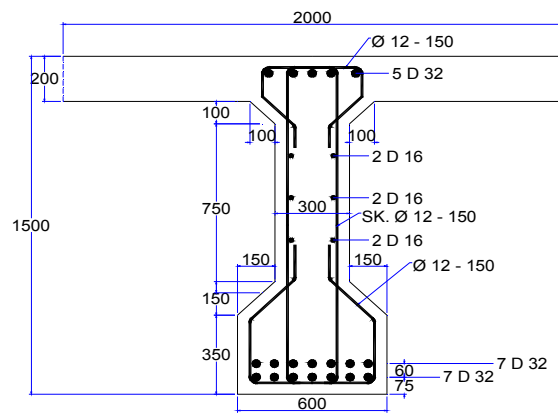
Lendutan maksimum,  $\delta_{max} = L / 240 = 0.075 \text{ m}$

No	Jenis Beban	KOMB-1 $\delta \text{ (m)}$	KOMB-2 $\delta \text{ (m)}$	KOMB-3 $\delta \text{ (m)}$
1	Berat sendiri (MS)	0.0086	0.0086	0.0086
2	Beban mati tambahan (MA)	0.0011	0.0011	0.0011
3	Beban lajur "D" (TD)	0.0095	0.0095	0.0095
4	Gaya rem (TB)	0.0009	0.0009	
5	Beban angin (EW)	0.0004		
6	Pengaruh temperatur (ET)		0.0002	
7	Beban gempa (EQ)			0.0011
Lendutan total (kombinasi) :		0.0205	0.0203	0.0203

< L/240 (OK) < L/240 (OK) < L/240 (OK)



## PEMBESIAN T-GIRDER BENTANG 18 M



## 11. BALOK DIAFRAGMA

### 11.1. BEBAN PADA BALOK DIAFRAGMA

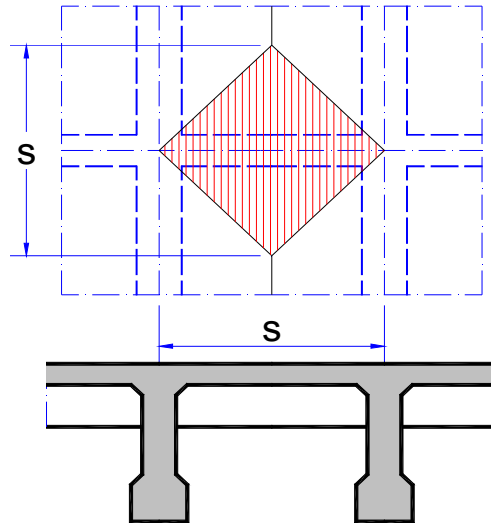
Distribusi beban lantai pada balok diafragma adalah sebagai berikut :

Ukuran balok diafragma,

Lebar,  $b_d = 0.30$  m

Tinggi,  $h_d = 0.50$  m

Panjang bentang balok diafragma,  
 $s = 2.00$  m



Berat sendiri (MS) :

No	Jenis	Lebar	Tebal	Berat (kN/m <sup>3</sup> )	Beban (kN/m)
1	Plat lantai	2.00	0.20	25.00	10.00
2	Balok diafragma	0.30	0.30	25.00	2.25
$Q_{MS} =$					12.25

Gaya geser dan momen akibat berat sendiri,

$$V_{MS} = 1 / 2 * Q_{MS} * s = 12.250 \text{ kN}$$

$$M_{MS} = 1 / 12 * Q_{MS} * s^2 = 4.083 \text{ kNm}$$

Beban mati tambahan (MA) :

No	Jenis	Lebar	Tebal	Berat (kN/m <sup>3</sup> )	Beban (kN/m)
1	Lap. Aspal + overlay	2.00	0.05	22.00	2.20
2	Air hujan	2.00	0.05	9.80	0.98
$Q_{MA} =$					3.18

Gaya geser dan momen akibat beban mati tambahan,

$$V_{MA} = 1 / 2 * Q_{MA} * s = 3.180 \text{ kN}$$

$$M_{MA} = 1 / 12 * Q_{MA} * s^2 = 1.060 \text{ kNm}$$



Beban truk "T" (TT) :

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh Truk (beban T) yang besarnya,  $T = 100$  kN

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,  $DLA = 0.4$

Beban truk "T" :  $P_{TT} = (1 + DLA) * T = 140.00$  kN

Gaya geser dan momen akibat beban "T",

$$V_{TT} = 1 / 2 * P_{TT} = 70.000 \text{ kN}$$

$$M_{TT} = 1 / 8 * P_{TT} * s = 35.000 \text{ kNm}$$

Kombinasi Beban Ultimit

No	Jenis Beban	Faktor Beban	V (kNm)	M (kNm)	$V_u$ (kNm)	$M_u$ (kNm)
1	Berat sendiri (MS)	1.30	12.250	4.083	15.925	5.308
2	Beb.mati tamb (MA)	2.00	3.180	1.060	6.360	2.120
3	Beban truk "T" (TT)	2.00	70.000	35.000	140.000	70.000
					162.285	77.428

## 11.2. MOMEN DAN GAYA GESER RENCANA BALOK DIAFRAGMA

Momen ultimit rencana balok diafragma,  $M_u = 77.428$  kNm

Gaya geser ultimit rencana balok diafragma,  $V_u = 162.285$  kN

## 12. PEMBESIAN BALOK DIAFRAGMA

### 12.1. TULANGAN LENTUR

Momen rencana ultimit balok diafragma,  $M_u = 77.428$  kNm

Mutu beton : K - 250 Kuat tekan beton,  $f'_c = 20.75$  MPa

Mutu baja tul. : U - 32 Kuat leleh baja,  $f_y = 320$  MPa

Lebar balok,  $b = b_d = 300$  mm

Tinggi balok,  $h = h_d = 500$  mm

Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,  $d' = 50$  mm

Modulus elastis baja,  $E_s = 2.00E+05$  MPa

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,  $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.030554$$

$$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] = 5.808599$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80	
Tinggi efektif balok,	$d = h - d' =$	450	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	96.785	kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) =$	1.59318	

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [ 1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / ( 0.85 * f_c' ) } ] =$	0.00523		
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 1.4 / f_y =$	0.00438	
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00523	
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d =$	705.57	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 16		mm
	$A_{s1} = \pi / 4 * D^2 =$	201.06	mm <sup>2</sup>
Jumlah tulangan yang diperlukan,	$n = A_s / A_{s1} =$	3.51	
Digunakan tulangan,	4 D 16		

## 12.2. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,	$V_u =$	162.285	kN
Mutu beton : K - 250	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	20.75 MPa
Mutu baja tul. : U - 24	Kuat leleh baja,	$f_y =$	240 MPa
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.75	
Lebar balok diafragma,	$b =$	300	mm
Tinggi efektif balok diafragma,	$d =$	450	mm
Kuat geser nominal beton,	$V_c = (\sqrt{f'_c}) / 6 * b * d * 10^{-3} =$	102.492	kN
	$\phi * V_c =$	76.869	kN

Perlu tulangan geser

	$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c =$	85.416	kN
Gaya geser yang dipikul tulangan geser,	$V_s =$	113.888	kN
Kontrol dimensi balok terhadap kuat geser maksimum :			
	$V_{smax} = 2 / 3 * \sqrt{f'_c} * [b * d] * 10^{-3} =$	409.970	kN
	$V_s < V_{smax}$		

Dimensi balok memenuhi persyaratan kuat geser (OK)

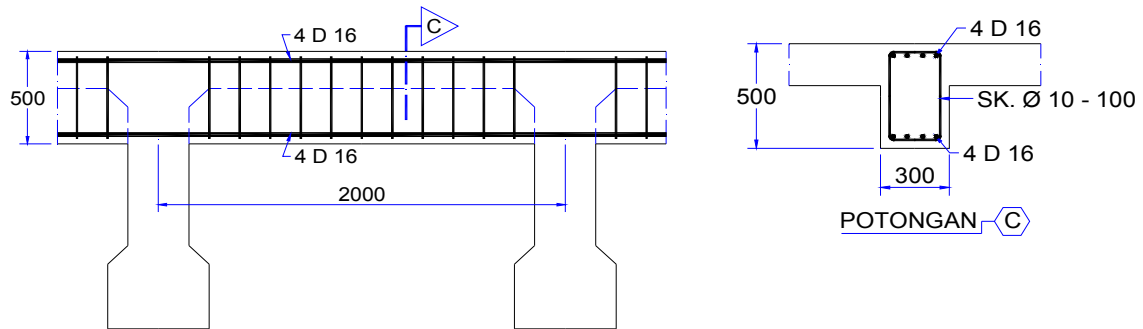
Digunakan sengkang berpenampang :	2 Ø 10	
Luas tulangan geser sengkang,	$A_v = \pi / 4 * D^2 * n =$	157.08 mm <sup>2</sup>

Jarak tulangan geser (senggang) yang diperlukan :

$$S = A_v * f_y * d / V_s = 148.96 \text{ mm}$$

Digunakan senggang,

**2   Ø   10   -   100**



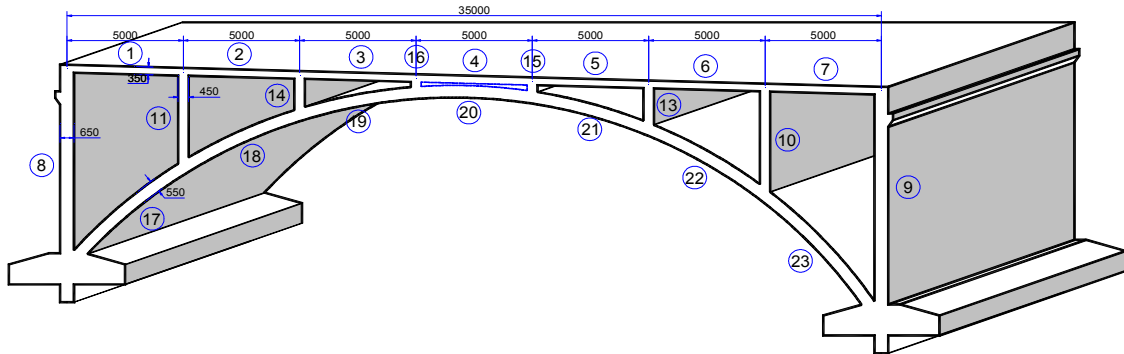
PEMBESIAN BALOK DIAFRAGMA

# ANALISIS KEKUATAN PLAT

JEMBATAN WANAGAMA GUNUNG KIDUL D.I. YOGYAKARTA

[C]2008:MNI-EC

## A. DIMENSI PLAT



Tebal plat lantai	$h_s =$	<b>0.40</b>	m
Tebal plat dinding	$h_w =$	<b>0.45</b>	m
Tebal plat lengkung	$h_c =$	<b>0.50</b>	m
Tebal dinding abutment	$h_a =$	<b>0.65</b>	m
Jarak antara dinding penyangga	$L =$	<b>5.00</b>	m
Lebar jalur lalu-lintas	$b_1 =$	<b>4.00</b>	m
Lebar trotoar	$b_2 =$	<b>0.50</b>	m
Panjang bentang jembatan	$L =$	<b>35.00</b>	m
Lebar total jembatan	$b =$	<b>5.00</b>	m

## B. BAHAN STRUKTUR

<b>Mutu beton :</b>	<b>K - 300</b>	
Kuat tekan beton	$f'_c = 0.83 * K / 10 =$	<b>24.90</b> MPa
Modulus elastik	$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$	<b>23453</b> MPa
Angka poisson	$u =$	<b>0.2</b>
Modulus geser	$G = E_c / [2 * (1 + u)] =$	<b>9772</b> MPa
Koefisien muai panjang untuk beton,	$\varepsilon =$	<b>1.0E-05</b> / °C
<b>Mutu baja :</b>		
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing > 12$ mm :	<b>U - 39</b>	
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	<b>390</b> MPa
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing \leq 12$ mm :	<b>U - 24</b>	
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	<b>240</b> MPa

# 1. PLAT LANTAI UJUNG

Elemen :	1	7
Momen rencana ultimit,	$M_u =$	1386.1 kNm
Mutu beton : K - 300	Kuat tekan beton, $f'_c =$	24.90 MPa
Mutu baja : U - 39	Tegangan leleh baja $f_y =$	390 MPa
Tebal slab beton,	$h =$	400 mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	35 mm
Modulus elastis baja,	$E_s =$	2.0E+06 MPa
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	$\beta_1 =$	0.85
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / ( 600 + f_y ) =$		0.02796
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [ 1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / ( 0.85 * f'_c ) ] =$		6.59766
Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80
Tebal efektif slab beton,	$d = h - d' =$	365 mm
Ditinjau slab beton selebar 1 m,	$b =$	4000 mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	1732.57 kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^{-6} / ( b * d^2 ) =$	3.2512

$R_n < R_{max}$  (OK)

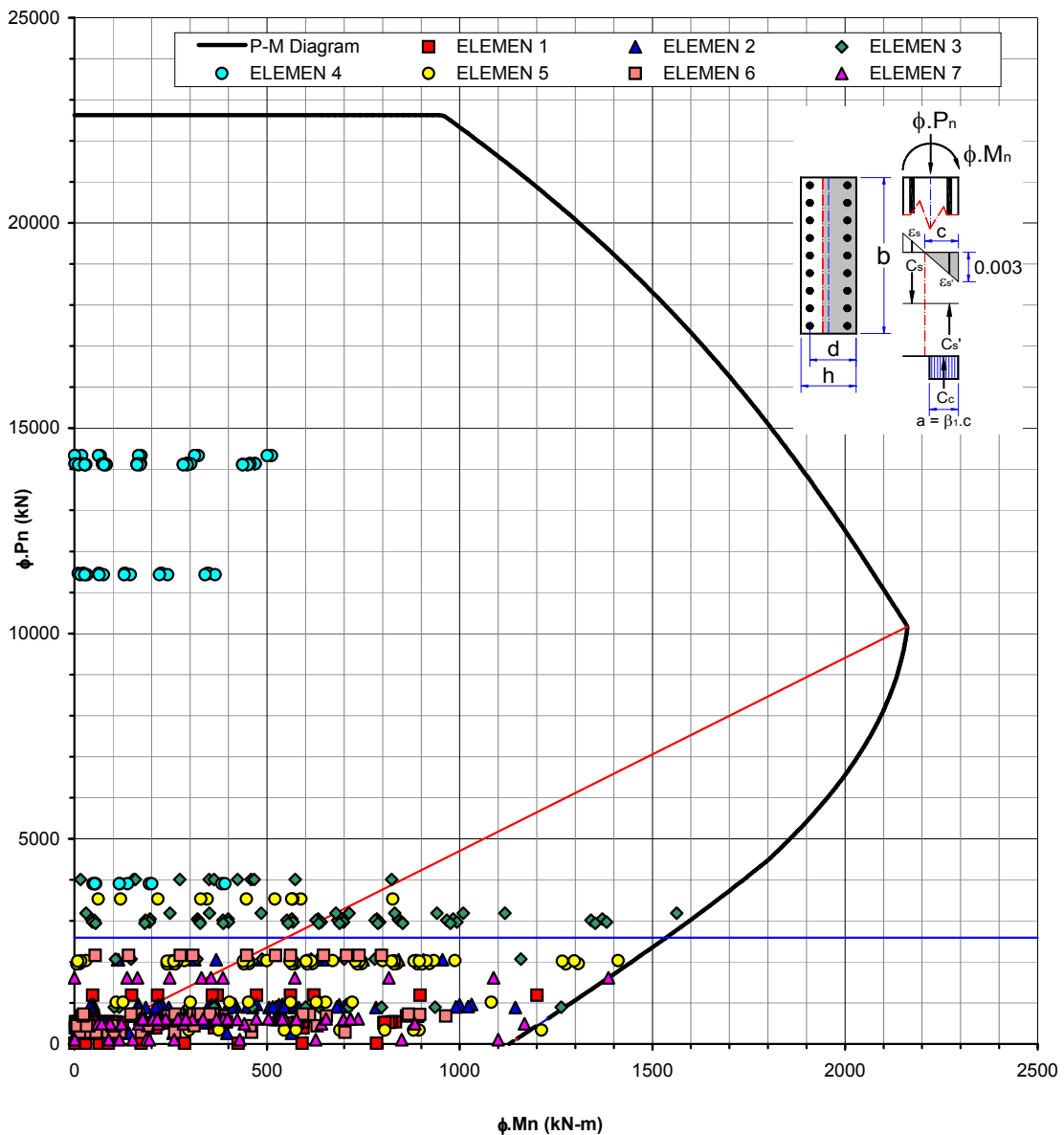
Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [ 1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / ( 0.85 * f'_c ) } ] =$		0.00910
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 0.5 / f_y =$	0.00128
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00910
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d =$	13285 mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 25	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	147.799 mm
Digunakan tulangan,	D 25 - 100	
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$		19635 mm <sup>2</sup>

Untuk tulangan bagi diambil 25% tulangan pokok.

$A_s' = 25\% * A_s =$		3321.22 mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 13	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s' =$	159.860 mm
Digunakan tulangan,	D 13 - 150	
$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s =$		885 mm <sup>2</sup>

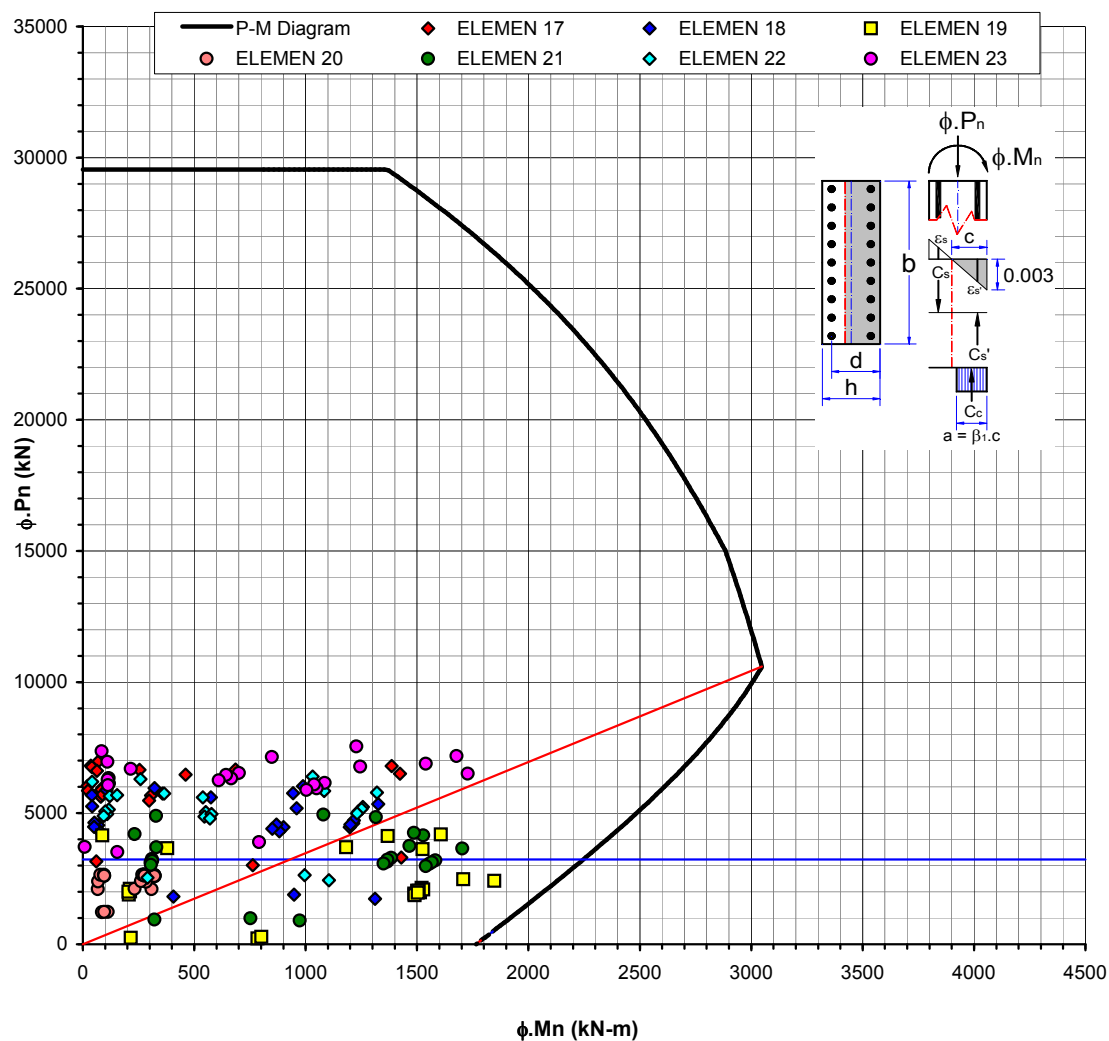
Elemen :	1	2	3	4	5	6	7
Mutu beton,	K - 300		Mutu baja tulangan,		U - 39		MPa
Kuat tekan beton,					$f_c' =$	24.9	
Kuat leleh baja tulangan,					$f_y =$	390	MPa
DIMENSI PLAT BETON							
Tebal plat,					$h =$	400	mm
Lebar plat,					$b =$	4000	mm
TULANGAN PLAT BETON							
Tulangan tekan,	1	D	25	-	150		
Tulangan tarik,	1	D	25	-	150		
Rasio tulangan total,					$\rho_t =$	1.64	%



KONTROL KOMBINASI BEBAN ULTIMIT DENGAN DIAGRAM INTERAKSI P-M

## 2. PLAT LENGKUNG

Elemen :	17	18	19	20	21	22	23	
Mutu beton,	K - 300							
Mutu baja tulangan,	U - 39							
Kuat tekan beton,	$f'_c =$					24.9	MPa	
Kuat leleh baja tulangan,	$f_y =$					390	MPa	
DIMENSI PLAT BETON								
Tebal plat,	$h =$					500		mm
Lebar plat,	$b =$					4000		mm
TULANGAN PLAT BETON								
Tulangan tekan,	1	D	25	-	100			
Tulangan tarik,	1	D	25	-	100			
Rasio tulangan total,	$\rho_t =$					1.96	%	



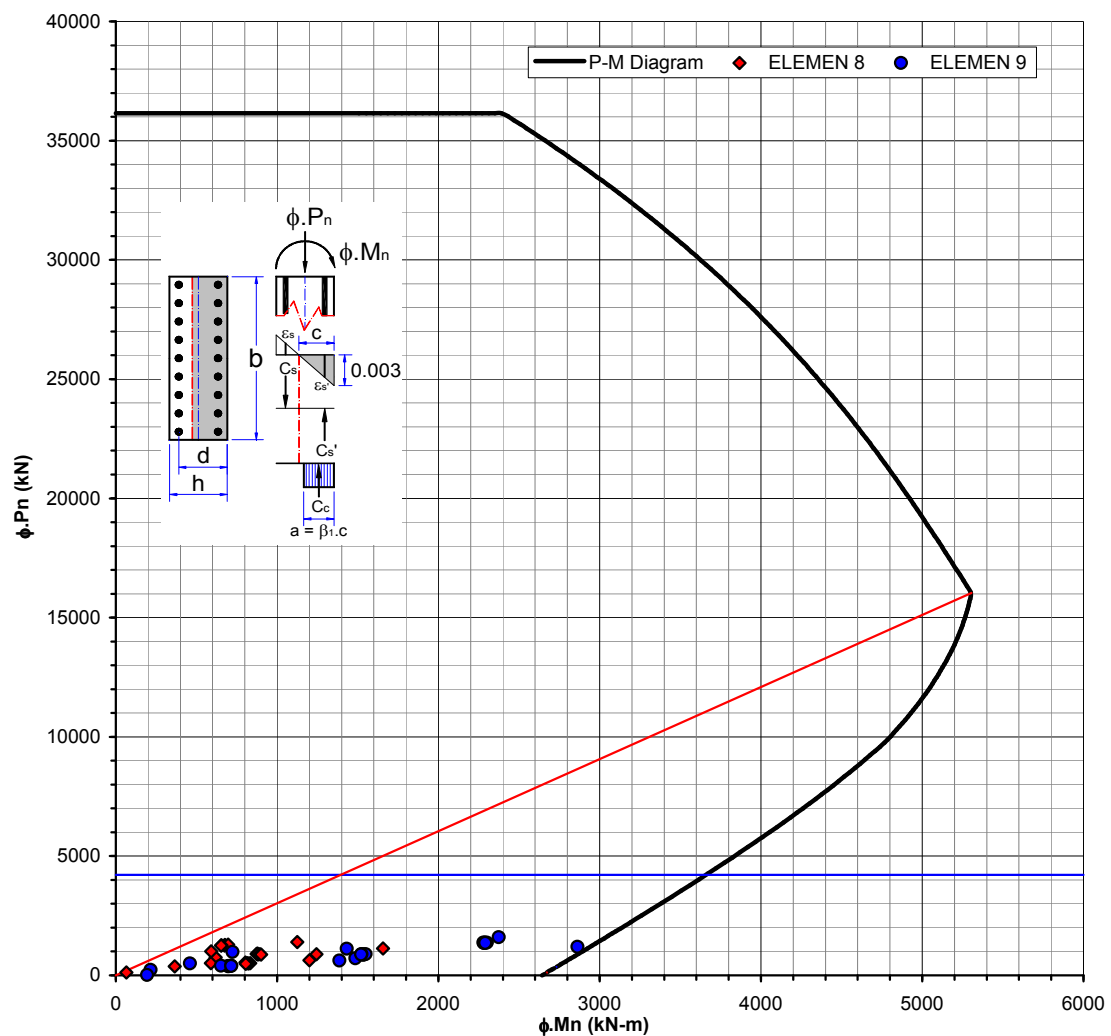
KONTROL KOMBINASI BEBAN ULTIMIT DENGAN DIAGRAM INTERAKSI P-M

TULANGAN GESER				
Mutu Beton :	K - 300	$f'_c =$	24.9	MPa
Mutu Baja :	U - 39	$f_y =$	390	MPa
Tebal plat,		$h =$	500	mm
Lebar plat,		$b =$	4000	mm
Gaya geser ultimit rencana,		$V_u =$	771.78	kN
Gaya aksial ultimit,		$P_u =$	7173.11	kN
Luas tulangan longitudinal,		$A_s =$	39270	mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	100	mm
Faktor reduksi kekuatan geser,		$\phi =$	0.6	
		$d = h - d' =$	400	mm
		$V_{cmax} = 0.2 * f'_c * b * d * 10^{-3} =$	7968	kN
		$\phi * V_{cmax} =$	4780.8	kN
		> $V_u$ (OK)		
		$\beta_1 = 1.4 - d / 2000 =$	1.2	1.2
Digunakan,		$\beta_1 =$	1.00	
		$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f'_c * b * h) =$	1.000	
		$\beta_3 =$	1	
		$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * [A_s * f'_c / (b * d)]^{1/3} =$	1358	kN
		$V_c = V_{uc} + 0.6 * b * d =$	2318	kN
		$V_c = 0.3 * (\sqrt{f'_c}) * b * d * \sqrt{[1 + 0.3 * P_u / (b * d)]} =$	2397	kN
Diambil,	$V_c = 2318$ N	maka,	$\phi * V_c =$	1391 kN
		$\phi * V_c > V_u$ (hanya perlu tul. Geser min.)		
Gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser :				
		$V_s = V_u / 2 =$	385.89	kN
Untuk tulangan geser digunakan besi tulangan :				
	D 13	Jarak arah y, $S_y =$	500	mm
Luas tulangan geser,		$A_{sv} = \pi/4 * D^2 * (b / S_x) =$	1061.86	mm <sup>2</sup>
Jarak tul. geser yang diperlukan,		$S_x = A_{sv} * f_y * d / V_s =$	429	mm
Digunakan tulangan geser :		D 13		
		Jarak arah x, $S_x =$	400	mm
		Jarak arah y, $S_y =$	500	mm



### 3. PLAT DINDING ABUTMENT

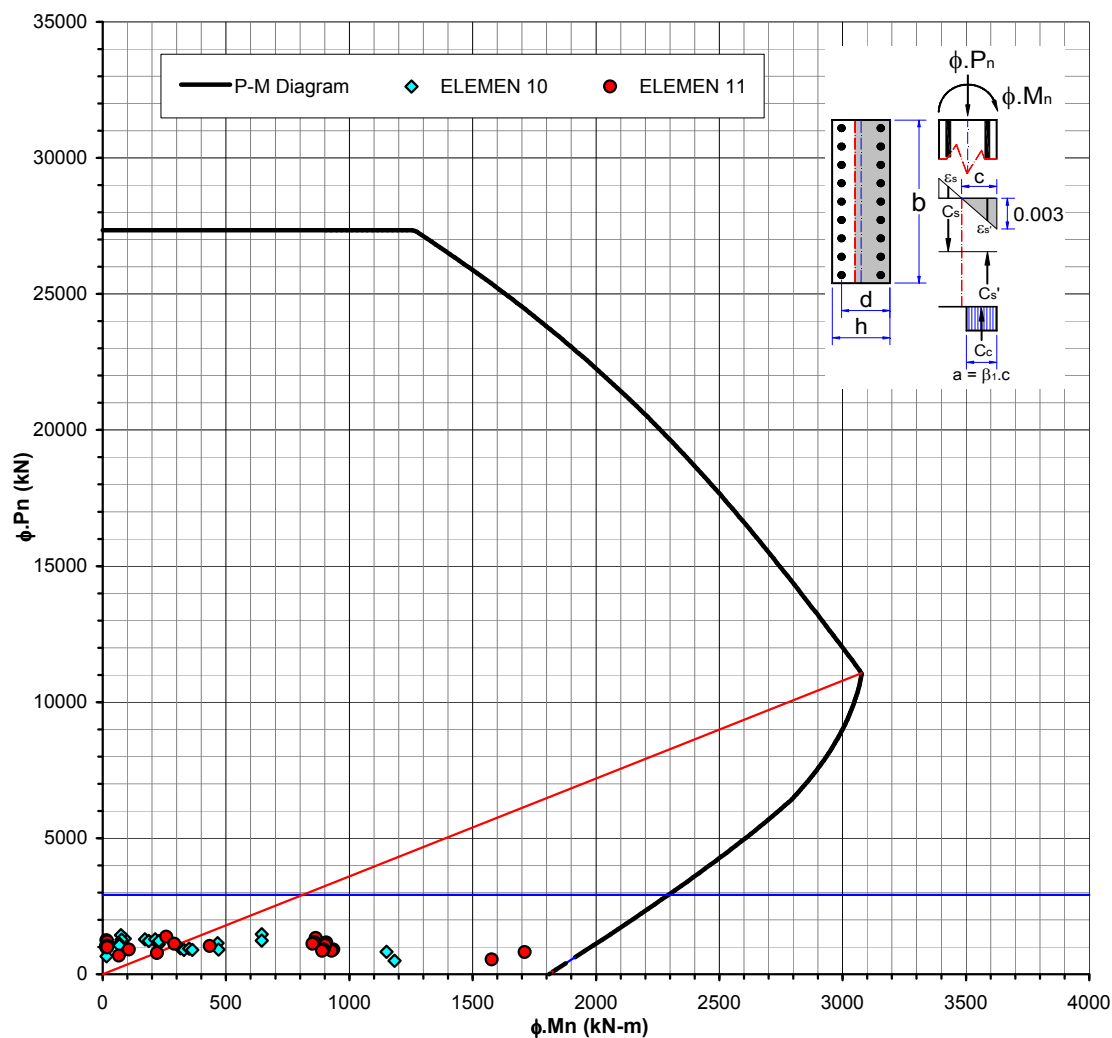
Elemen :	8	9
Mutu beton,	K - 300	
Mutu baja tulangan,	U - 39	
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9 MPa
Kuat leleh baja tulangan,	$f_y =$	390 MPa
DIMENSI PLAT BETON		
Tebal plat,	$h =$	650 mm
Lebar plat,	$b =$	4000 mm
TULANGAN PLAT BETON		
Tulangan tekan,	1 D 25	- 100
Tulangan tarik,	1 D 25	- 100
Rasio tulangan total,	$\rho_t =$	1.51 %



TULANGAN GESER				
Mutu Beton :	K - 300	$f'_c =$	24.9	MPa
Mutu Baja :	U - 39	$f_y =$	390	MPa
Tebal plat,		$h =$	650	mm
Lebar plat,		$b =$	4000	mm
Gaya geser ultimit rencana,		$V_u =$	1598.98	kN
Gaya aksial ultimit,		$P_u =$	1199.58	kN
Luas tulangan longitudinal,		$A_s =$	39270	mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	100	mm
Faktor reduksi kekuatan geser,		$\phi =$	0.6	
		$d = h - d' =$	550	mm
		$V_{cmax} = 0.2 * f'_c * b * d * 10^{-3} =$	10956	kN
		$\phi * V_{cmax} =$	6573.6	kN
		> $V_u$ (OK)		
		$\beta_1 = 1.4 - d / 2000 =$	1.125	1.125
Digunakan,		$\beta_1 =$	1.00	
		$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f'_c * b * h) =$	1.000	
		$\beta_3 =$	1	
		$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * [A_s * f'_c / (b * d)]^{1/3} =$	1679	kN
		$V_c = V_{uc} + 0.6 * b * d =$	2999	kN
		$V_c = 0.3 * (\sqrt{f'_c}) * b * d * \sqrt{[1 + 0.3 * P_u / (b * d)]} =$	3294	kN
Diambil,	$V_c = 2999$ N	maka,	$\phi * V_c =$	1799 kN
		$\phi * V_c > V_u$ (hanya perlu tul. Geser min.)		
Gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser :				
		$V_s = V_u / 2 =$	799	kN
Untuk tulangan geser digunakan besi tulangan :				
	D 13	Jarak arah y, $S_y =$	400	mm
Luas tulangan geser,		$A_{sv} = \pi/4 * D^2 * (b / S_x) =$	1327.32	mm <sup>2</sup>
Jarak tul. geser yang diperlukan,		$S_x = A_{sv} * f_y * d / V_s =$	356	mm
Digunakan tulangan geser :		D 13		
		Jarak arah x, $S_x =$	300	mm
		Jarak arah y, $S_y =$	400	mm

## 4. PLAT DINDING TEPI

Elemen :	10	11
Mutu beton,	K - 300	
Mutu baja tulangan,	U - 39	
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9 MPa
Kuat leleh baja tulangan,	$f_y =$	390 MPa
DIMENSI PLAT BETON		
Tebal plat,	$h =$	450 mm
Lebar plat,	$b =$	4000 mm
TULANGAN PLAT BETON		
Tulangan tekan,	1 D 25	- 100
Tulangan tarik,	1 D 25	- 100
Rasio tulangan total,	$\rho_t =$	2.18 %

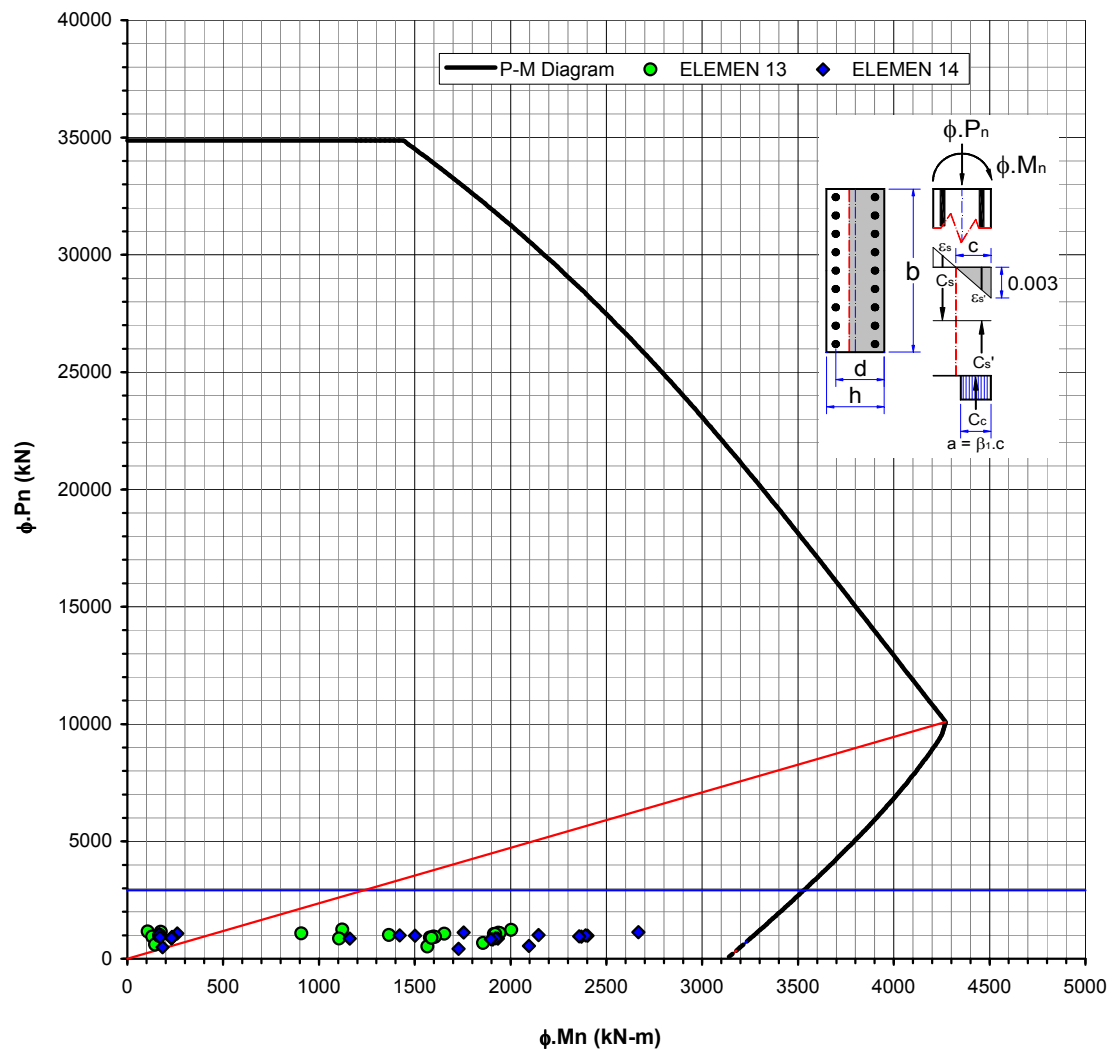


KONTROL KOMBINASI BEBAN ULTIMIT DENGAN DIAGRAM INTERAKSI P-M

TULANGAN GESER				
Mutu Beton :	K - 300	$f'_c =$	24.9	MPa
Mutu Baja :	U - 39	$f_y =$	390	MPa
Tebal plat,		$h =$	450	mm
Lebar plat,		$b =$	4000	mm
Gaya geser ultimit rencana,		$V_u =$	736.02	kN
Gaya aksial ultimit,		$P_u =$	807.50	kN
Luas tulangan longitudinal,		$A_s =$	39270	mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	100	mm
Faktor reduksi kekuatan geser,		$\phi =$	0.6	
		$d = h - d' =$	350	mm
		$V_{cmax} = 0.2 * f'_c * b * d * 10^{-3} =$	6972	kN
		$\phi * V_{cmax} =$	4183.2	kN
		> $V_u$ (OK)		
		$\beta_1 = 1.4 - d / 2000 =$	1.225	1.225
Digunakan,		$\beta_1 =$	1.00	
		$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f'_c * b * h) =$	1.000	
		$\beta_3 =$	1	
		$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * [A_s * f'_c / (b * d)]^{1/3} =$	1242	kN
		$V_c = V_{uc} + 0.6 * b * d =$	2082	kN
		$V_c = 0.3 * (\sqrt{f'_c}) * b * d * \sqrt{[1 + 0.3 * P_u / (b * d)]} =$	2096	kN
Diambil,	$V_c = 2082 \text{ N}$	maka, $\phi * V_c =$	1249	kN
		$\phi * V_c > V_u$ (hanya perlu tul. Geser min.)		
Gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser :				
		$V_s = V_u / 2 =$	368	kN
Untuk tulangan geser digunakan besi tulangan :				
	D 13	Jarak arah y, $S_y =$	500	mm
Luas tulangan geser,		$A_{sv} = \pi/4 * D^2 * (b / S_x) =$	1061.86	mm <sup>2</sup>
Jarak tul. geser yang diperlukan,		$S_x = A_{sv} * f_y * d / V_s =$	394	mm
Digunakan tulangan geser :		D 13		
		Jarak arah x, $S_x =$	400	mm
		Jarak arah y, $S_y =$	500	mm

## 5. PLAT DINDING TENGAH

Elemen :	13	14
Mutu beton,	K - 300	
Mutu baja tulangan,	U - 39	
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9 MPa
Kuat leleh baja tulangan,	$f_y =$	4000 MPa
DIMENSI PLAT BETON		
Tebal plat,	$h =$	450 mm
Lebar plat,	$b =$	4000 mm
TULANGAN PLAT BETON		
Tulangan tekan,	2 D 25	- 100
Tulangan tarik,	2 D 25	- 100
Rasio tulangan total,	$\rho_t =$	4.36 %

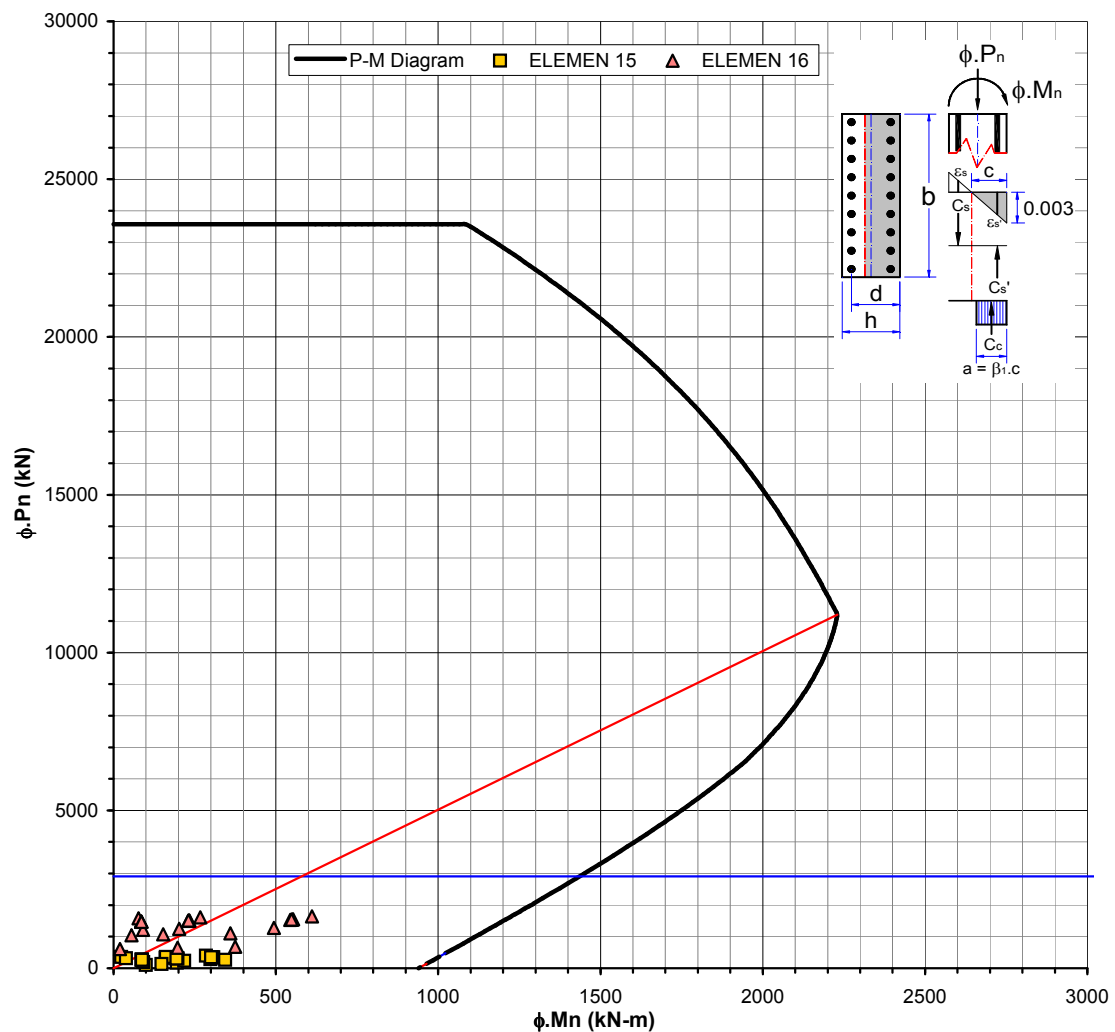


KONTROL KOMBINASI BEBAN ULTIMIT DENGAN DIAGRAM INTERAKSI P-M

TULANGAN GESER				
Mutu Beton :	K - 300	$f'_c =$	24.9	MPa
Mutu Baja :	U - 39	$f_y =$	390	MPa
Tebal plat,		$h =$	450	mm
Lebar plat,		$b =$	4000	mm
Gaya geser ultimit rencana,		$V_u =$	2308.12	kN
Gaya aksial ultimit,		$P_u =$	1131.73	kN
Luas tulangan longitudinal,		$A_s =$	78540	mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	100	mm
Faktor reduksi kekuatan geser,		$\phi =$	0.6	
		$d = h - d' =$	350	mm
		$V_{cmax} = 0.2 * f'_c * b * d * 10^{-3} =$	6972	kN
		$\phi * V_{cmax} =$	4183.2	kN
		> $V_u$ (OK)		
		$\beta_1 = 1.4 - d / 2000 =$	1.225	1.225
Digunakan,		$\beta_1 =$	1.00	
		$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f'_c * b * h) =$	1.000	
		$\beta_3 =$	1	
		$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * [A_s * f'_c / (b * d)]^{1/3} =$	1565	kN
		$V_c = V_{uc} + 0.6 * b * d =$	2405	kN
		$V_c = 0.3 * (\sqrt{f'_c}) * b * d * \sqrt{[1 + 0.3 * P_u / (b * d)]} =$	2096	kN
Diambil,	$V_c = 2096$ N	maka, $\phi * V_c =$	1258	kN
		$\phi * V_c < V_u$ Perlu tulangan geser		
Gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser :				
		$V_s = V_u / 2 =$	1154	kN
Untuk tulangan geser digunakan besi tulangan :				
	D 13	Jarak arah y, $S_y =$	300	mm
Luas tulangan geser,		$A_{sv} = \pi/4 * D^2 * (b / S_x) =$	1769.76	mm <sup>2</sup>
Jarak tul. geser yang diperlukan,		$S_x = A_{sv} * f_y * d / V_s =$	209	mm
Digunakan tulangan geser :		D 13		
		Jarak arah x, $S_x =$	200	mm
		Jarak arah y, $S_y =$	300	mm

## 6. PLAT DINDING TENGAH

Elemen :	15	16
Mutu beton,	K - 300	
Mutu baja tulangan,	U - 39	
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9 MPa
Kuat leleh baja tulangan,	$f_y =$	390 MPa
DIMENSI PLAT BETON		
Tebal plat,	$h =$	450 mm
Lebar plat,	$b =$	4000 mm
TULANGAN PLAT BETON		
Tulangan tekan,	1 D 25 - 200	
Tulangan tarik,	1 D 25 - 200	
Rasio tulangan total,	$\rho_t =$	1.09 %

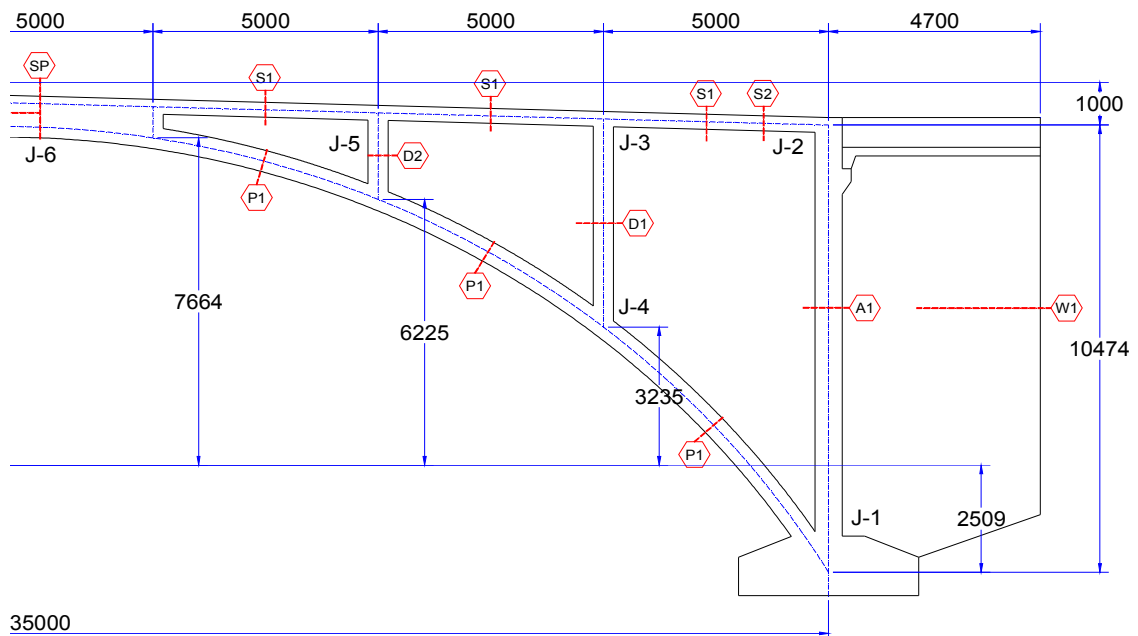
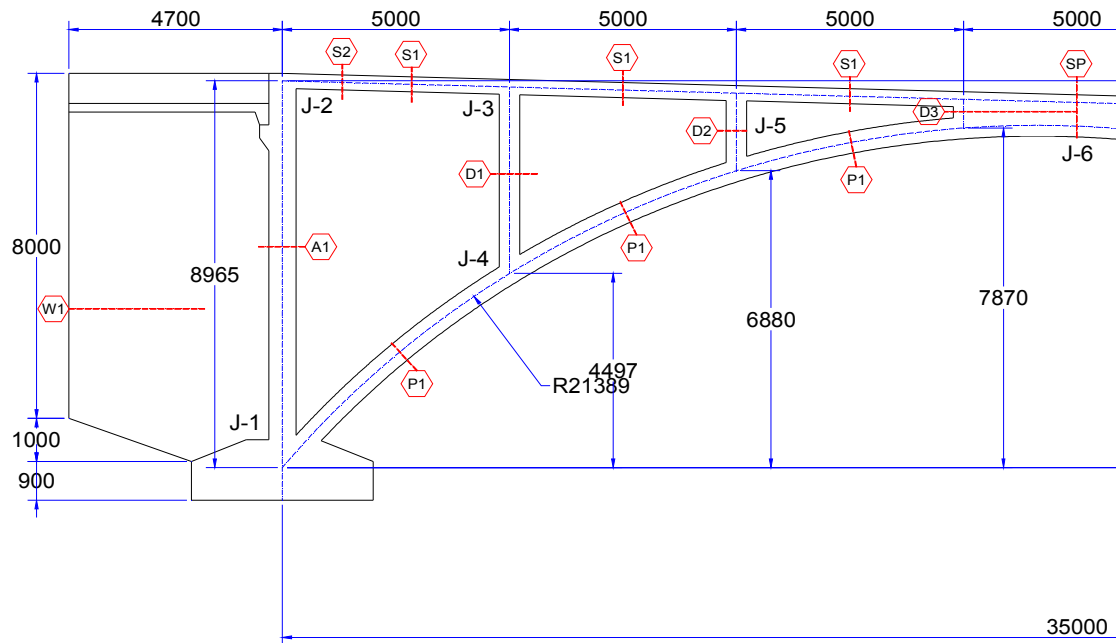
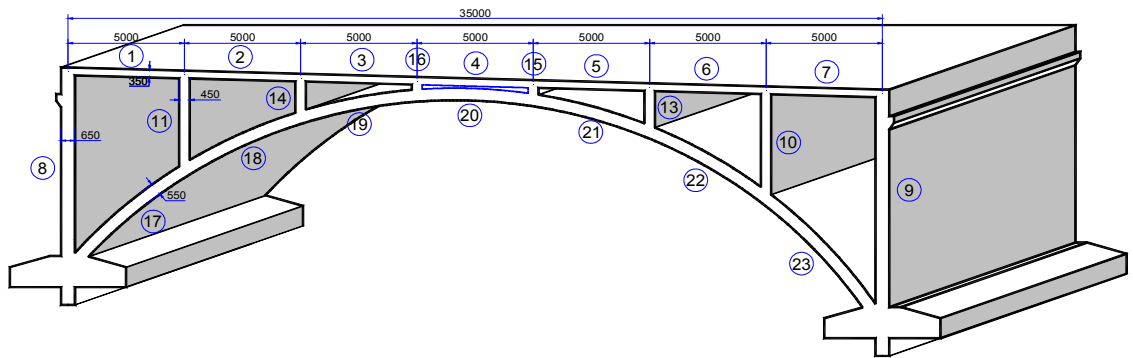


KONTROL KOMBINASI BEBAN ULTIMIT DENGAN DIAGRAM INTERAKSI P-M

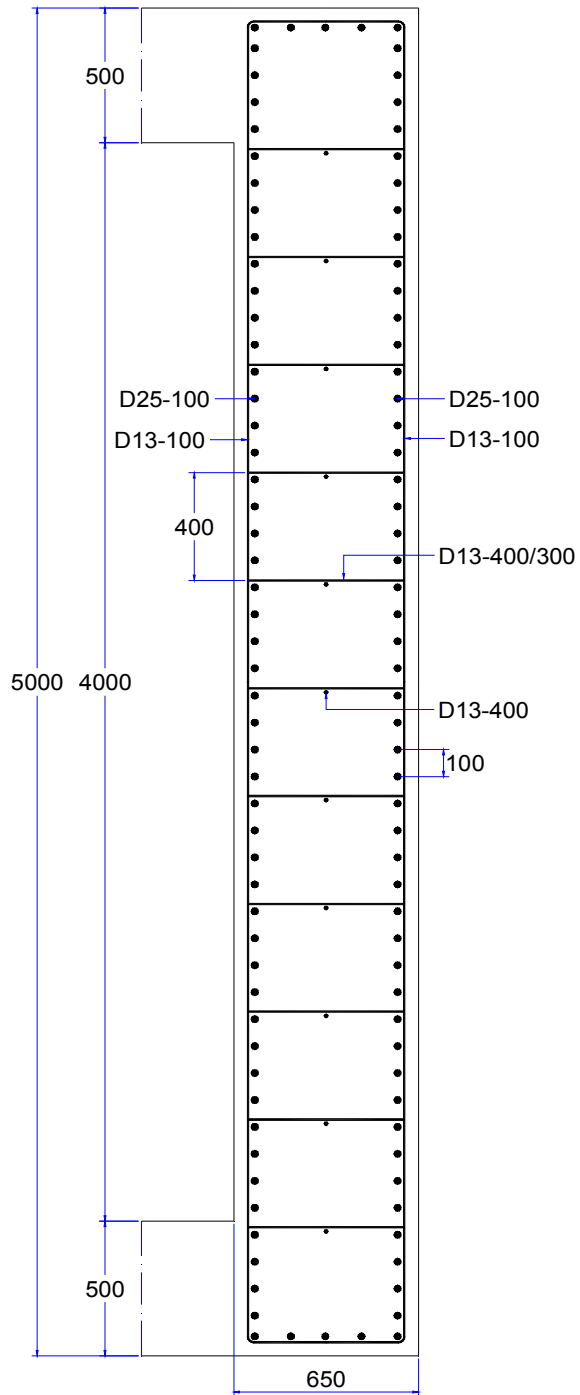
TULANGAN GESER				
Mutu Beton :	K - 300	$f'_c =$	24.9	MPa
Mutu Baja :	U - 39	$f_y =$	390	MPa
Tebal plat,		$h =$	450	mm
Lebar plat,		$b =$	4000	mm
Gaya geser ultimit rencana,		$V_u =$	584.06	kN
Gaya aksial ultimit,		$P_u =$	1546.99	kN
Luas tulangan longitudinal,		$A_s =$	19635	mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	100	mm
Faktor reduksi kekuatan geser,		$\phi =$	0.6	
		$d = h - d' =$	350	mm
		$V_{cmax} = 0.2 * f'_c * b * d * 10^{-3} =$	6972	kN
		$\phi * V_{cmax} =$	4183.2	kN
		$> V_u$ (OK)		
		$\beta_1 = 1.4 - d / 2000 =$	1.225	1.225
Digunakan,		$\beta_1 =$	1.00	
		$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f'_c * b * h) =$	1.000	
		$\beta_3 =$	1	
		$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * [A_s * f'_c / (b * d)]^{1/3} =$	986	kN
		$V_c = V_{uc} + 0.6 * b * d =$	1826	kN
		$V_c = 0.3 * (\sqrt{f'_c}) * b * d * \sqrt{[1 + 0.3 * P_u / (b * d)]} =$	2096	kN
Diambil,	$V_c = 1826$ N	maka, $\phi * V_c =$	1096	kN
		$\phi * V_c > V_u$ (hanya perlu tul. Geser min.)		
Gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser :				
		$V_s = V_u / 2 =$	292	kN
Untuk tulangan geser digunakan besi tulangan :				
	D 16	Jarak arah y, $S_y =$	600	mm
Luas tulangan geser,		$A_{sv} = \pi/4 * D^2 * (b / S_x) =$	1340.41	mm <sup>2</sup>
Jarak tul. geser yang diperlukan,		$S_x = A_{sv} * f_y * d / V_s =$	627	mm
Digunakan tulangan geser :		D 16		
		Jarak arah x, $S_x =$	600	mm
		Jarak arah y, $S_y =$	600	mm



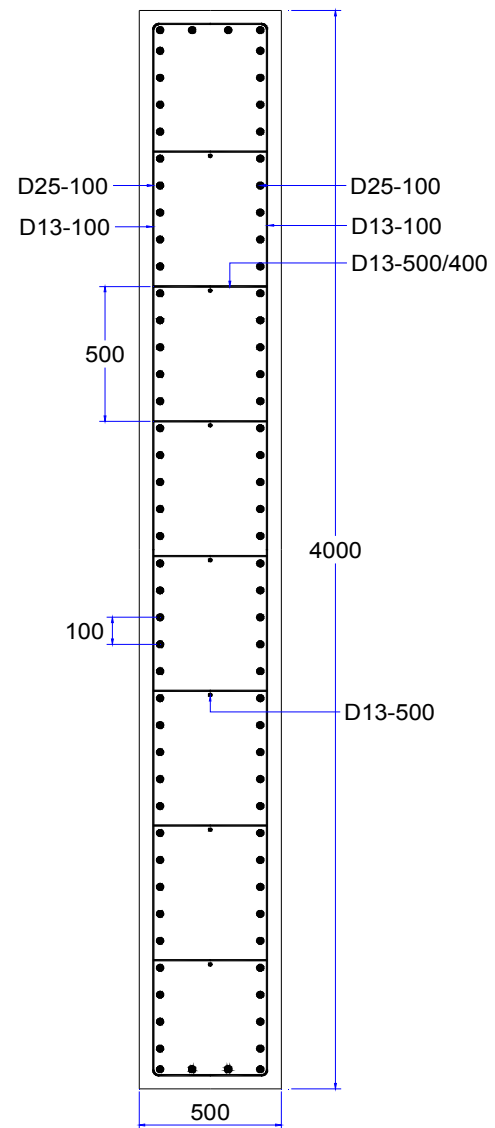
## 7. DIMENSI DAN PEMBESIAN PLAT



## PEMBESIAN DINDING ABUTMENT DAN PLAT LINGKUNG

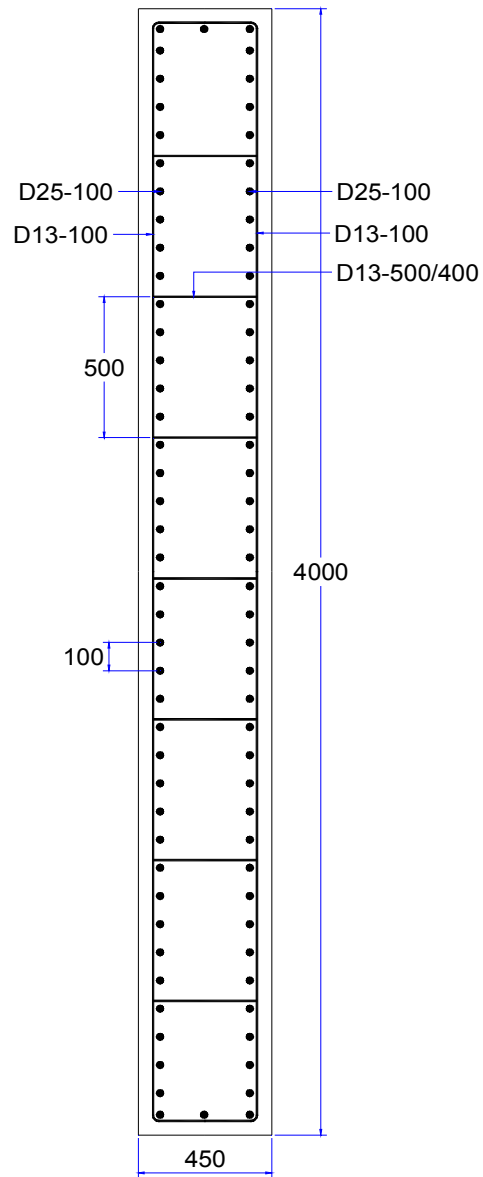


**POTONGAN A1**  
DINDING ABUTMENT

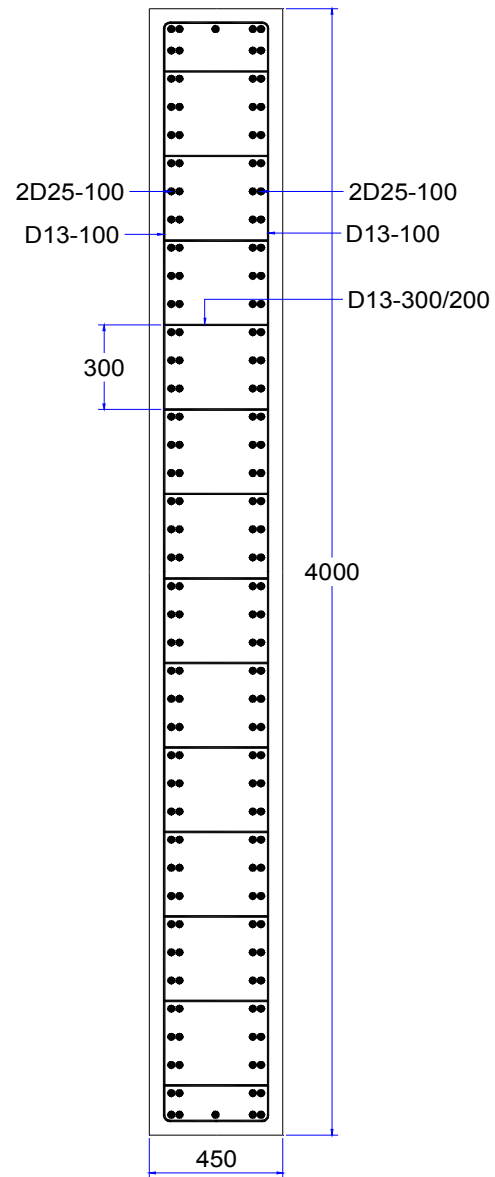


**POTONGAN P1**  
PLAT LINGKUNG

PEMBESIAN DINDING TEPI (ELM 10-11) DAN TENGAH (ELM 13-14)

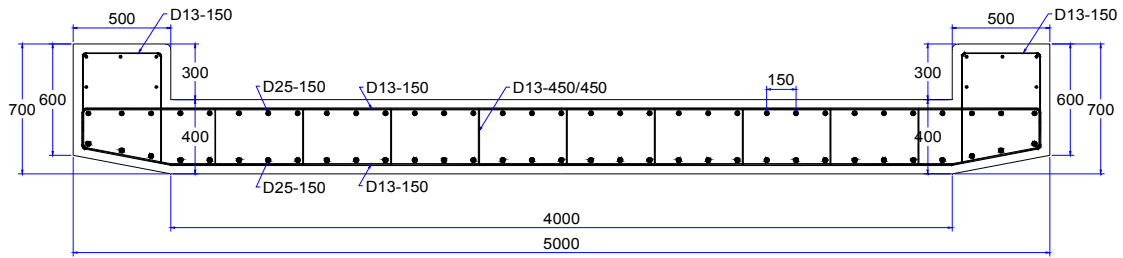


POTONGAN D1  
DINDING TEPI

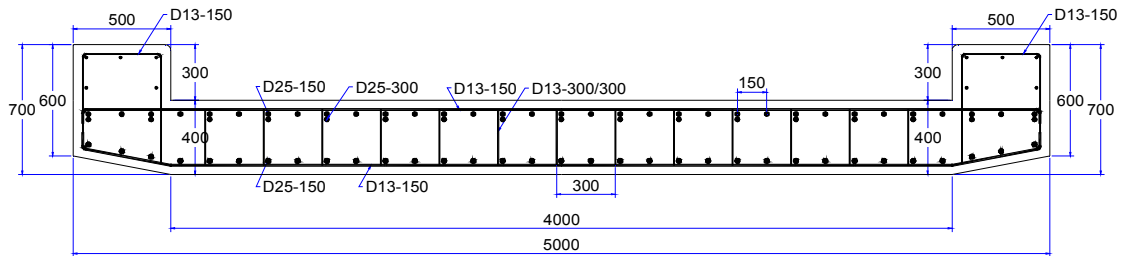


POTONGAN D2  
DINDING TENGAH

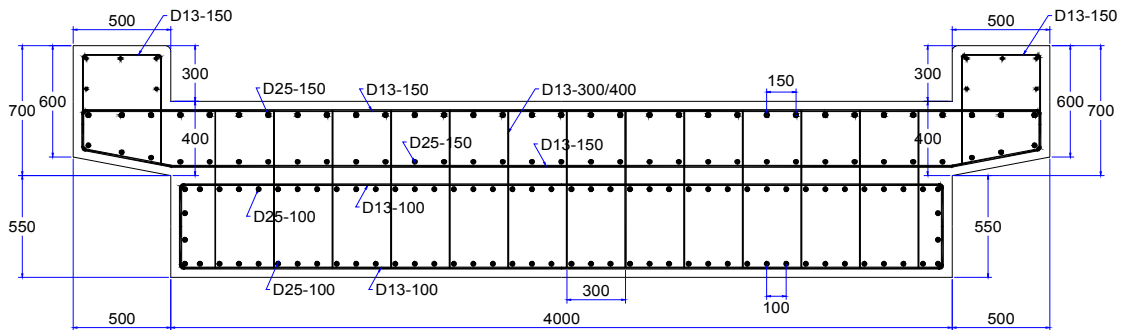
## PEMBESIAN PLAT LANTAI JEMBATAN (ELMEN 1-7)



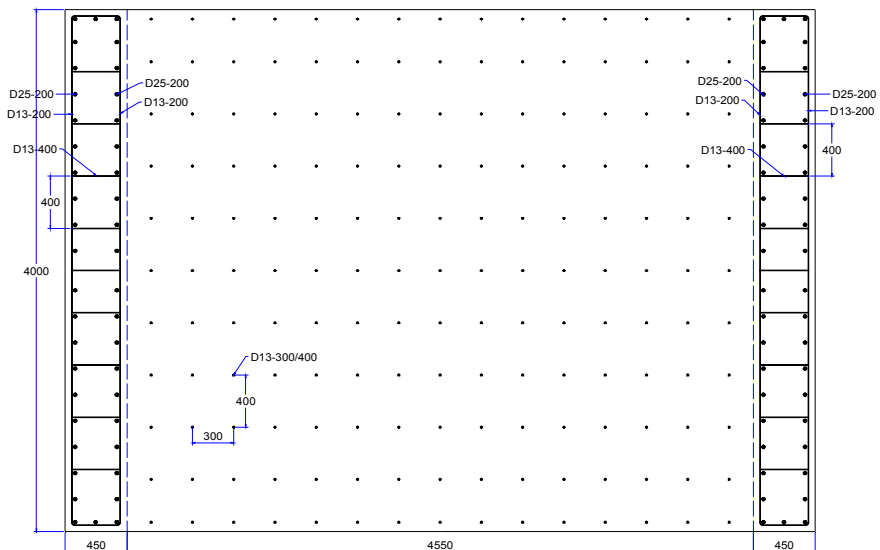
POTONGAN S1



POTONGAN S2

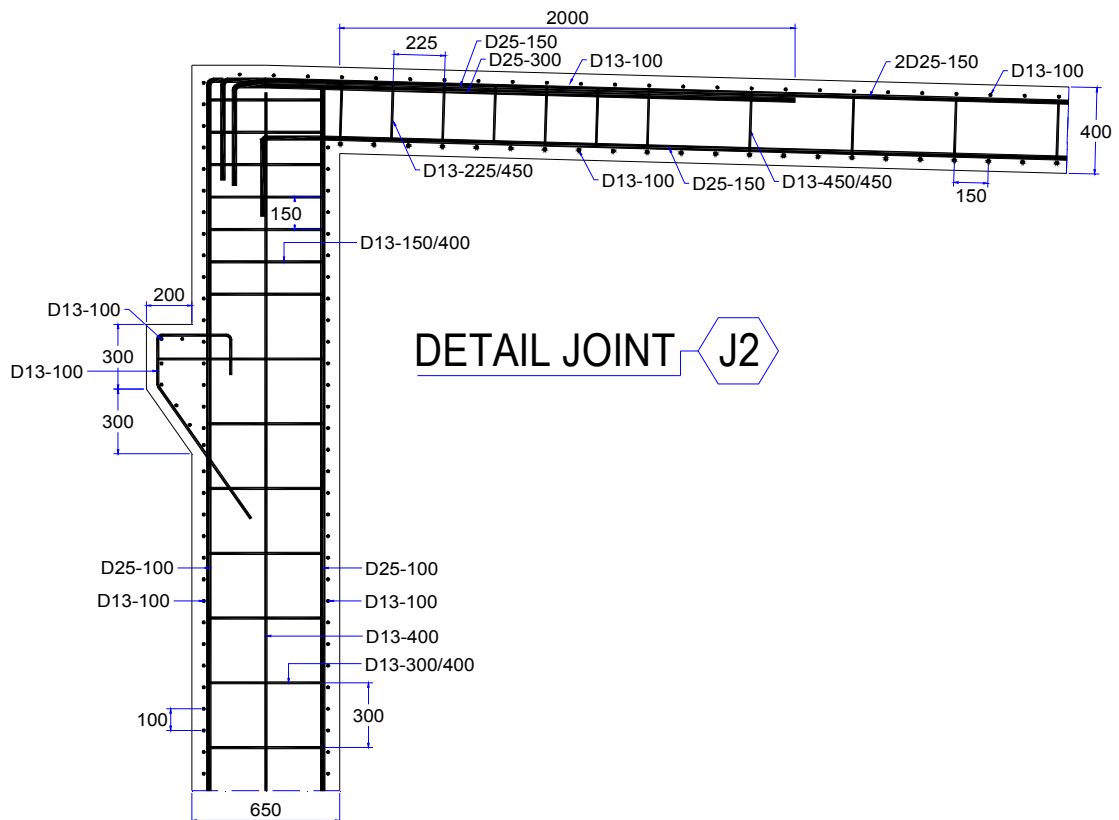
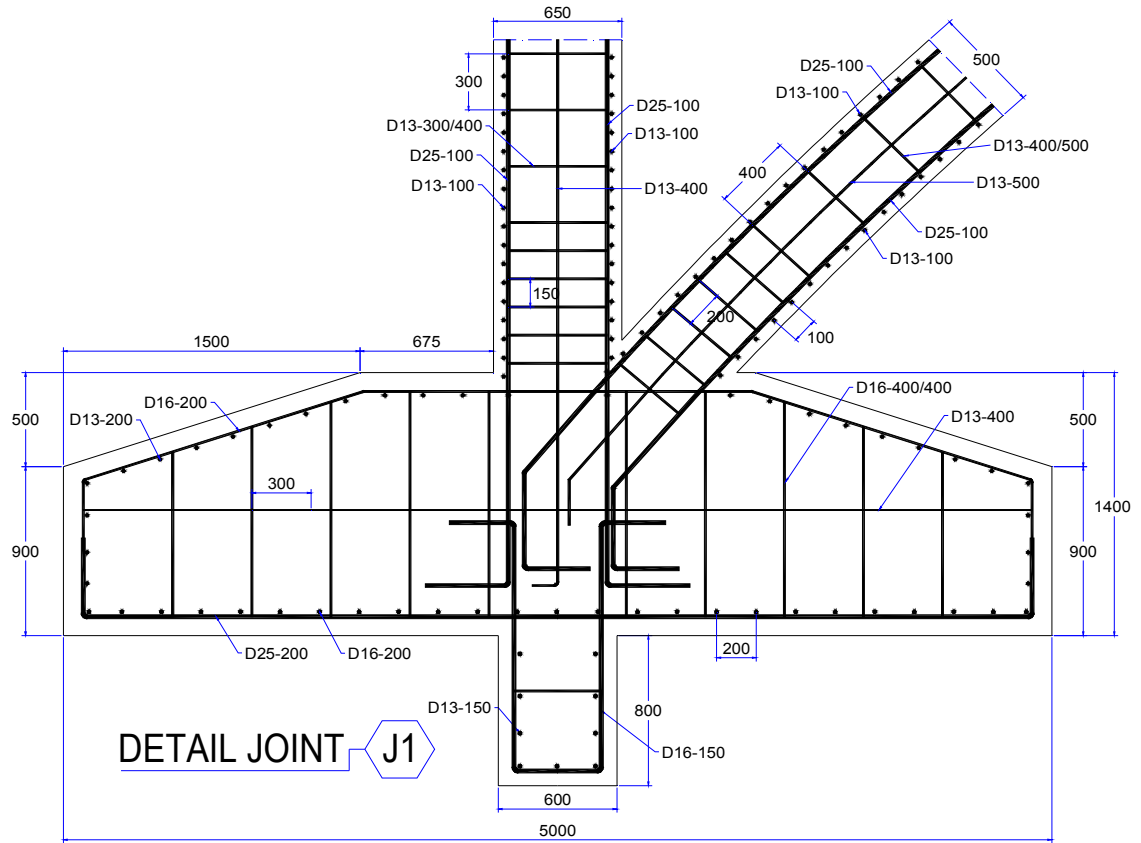


POTONGAN SP

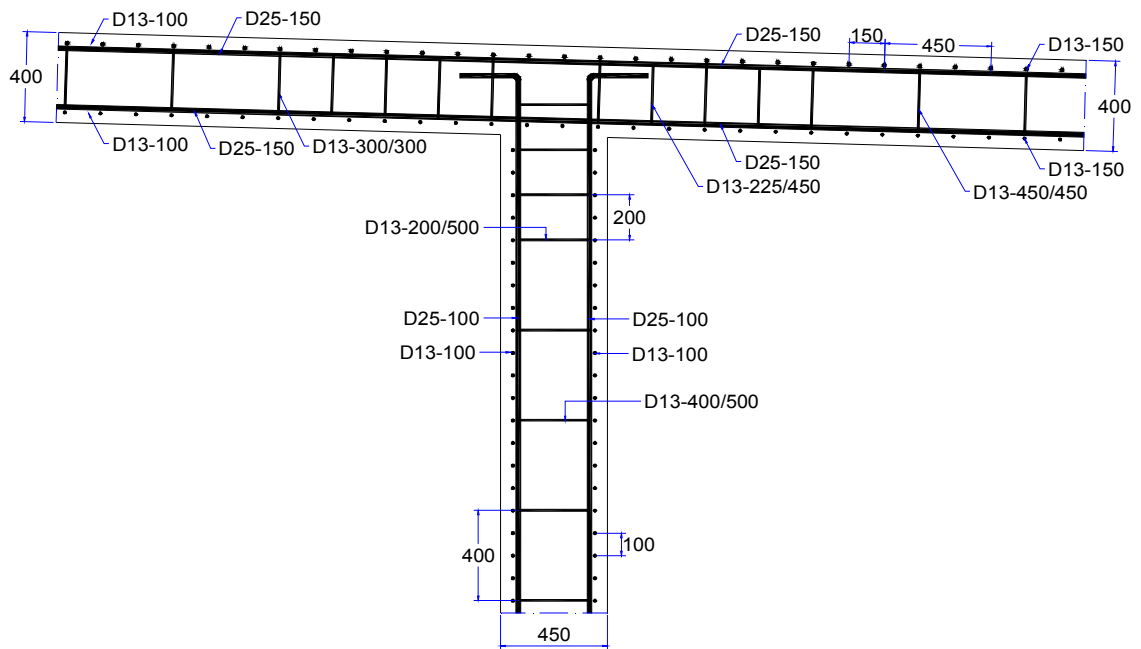


POTONGAN D3

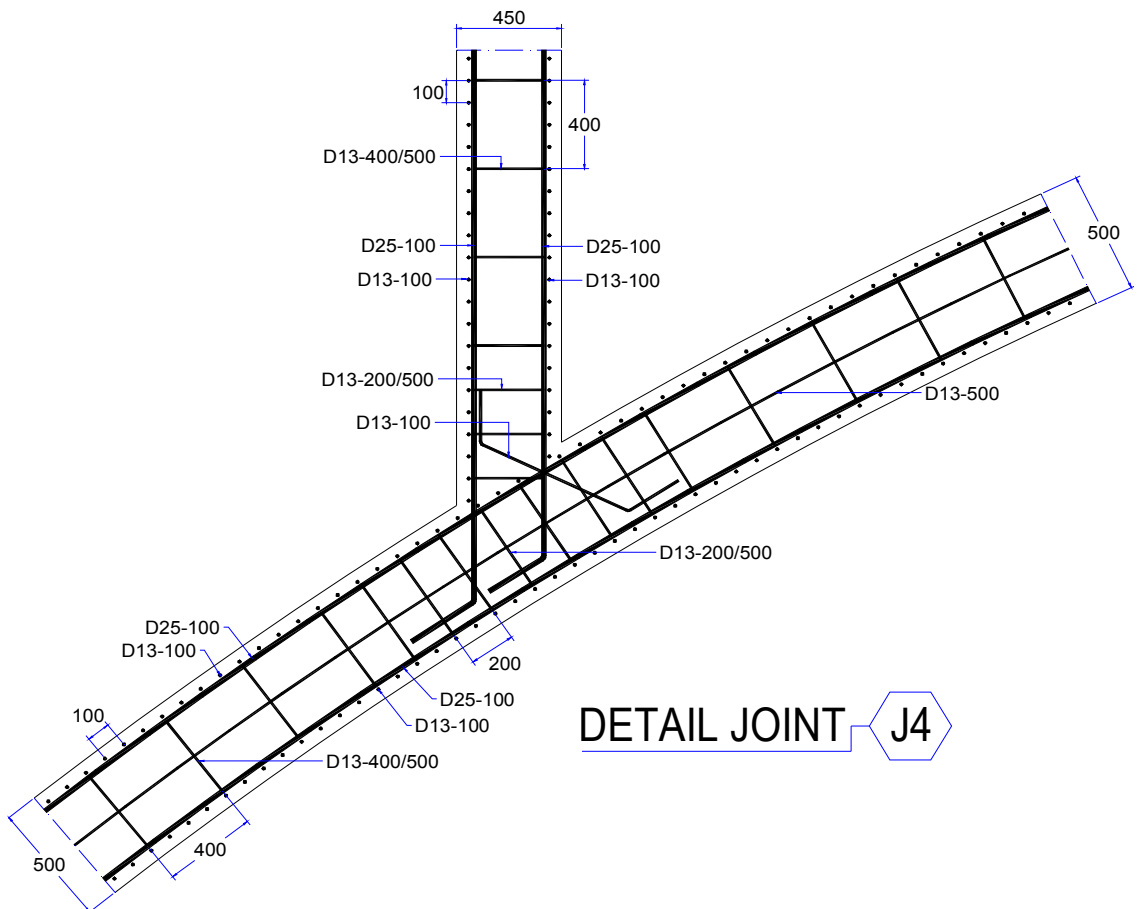
## DETAIL JOINT J1 DAN J2



## DETAIL JOINT J3 DAN J4

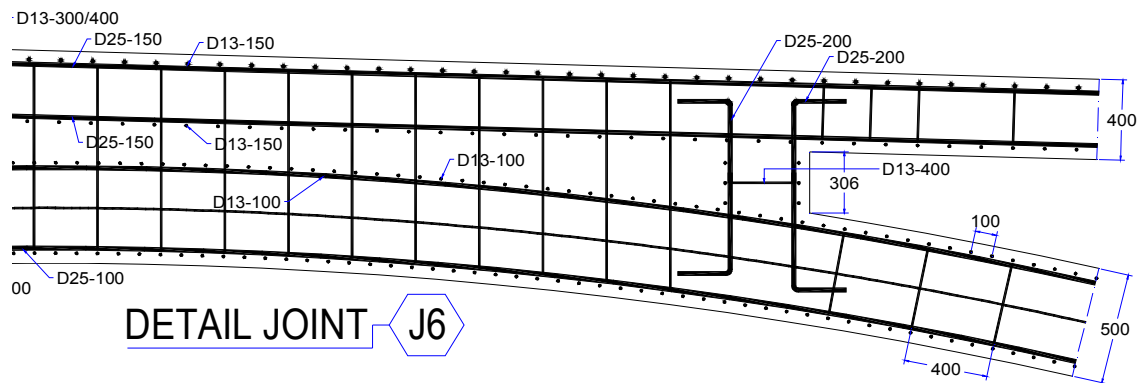
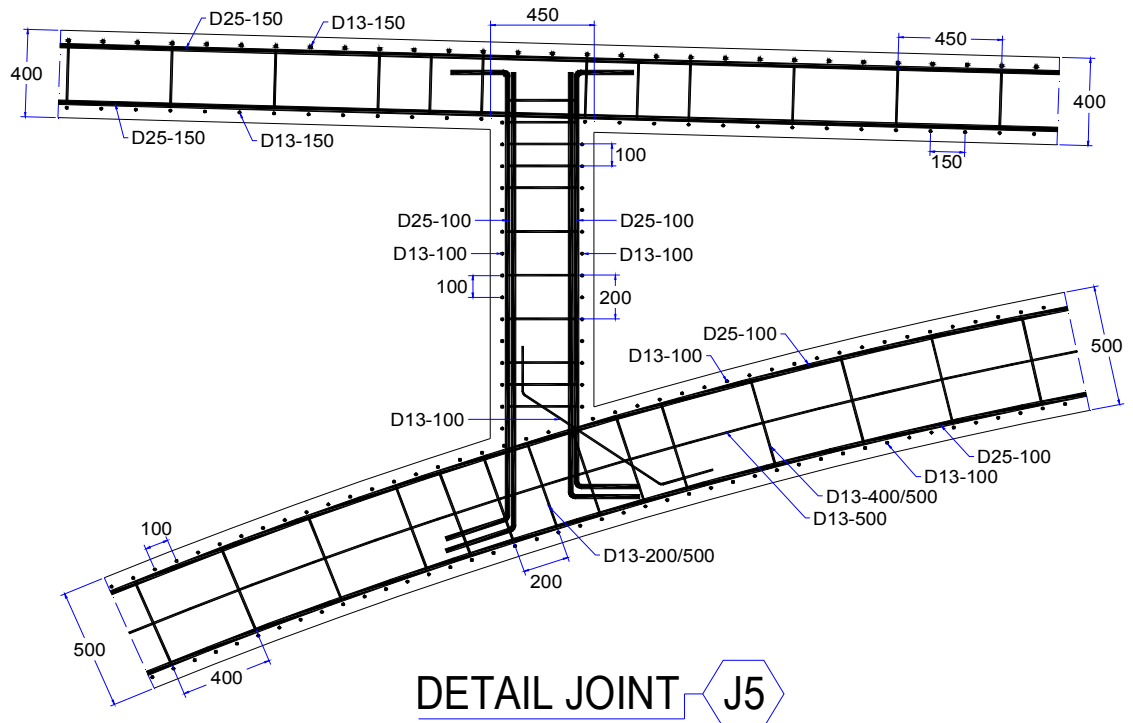


### DETAIL JOINT J3



### DETAIL JOINT J4

## DETAIL JOINT J5 DAN J6

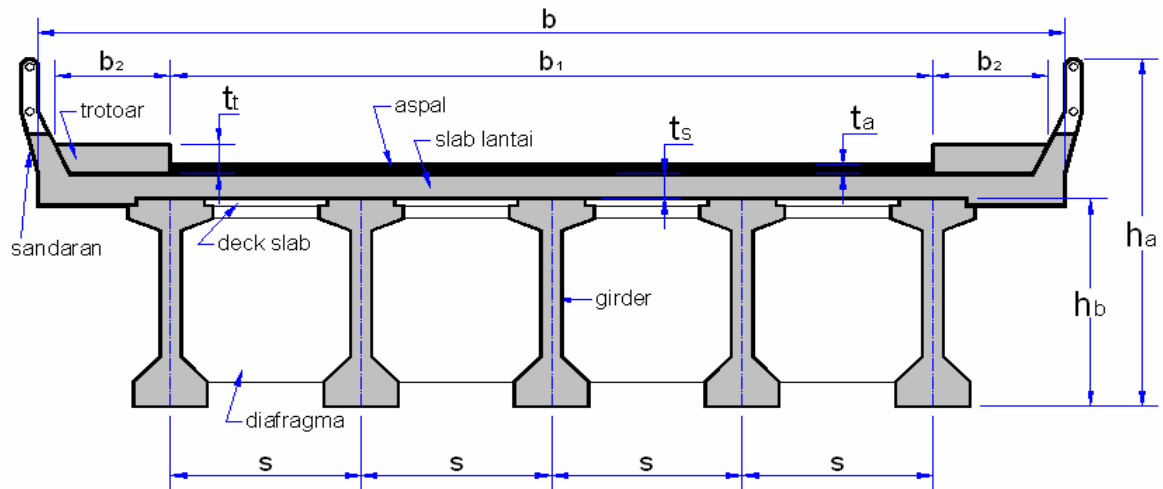


# PERHITUNGAN SLAB LANTAI JEMBATAN

JEMBATAN SEI. TEBING RUMBIH (RAY 15), BARITO KUALA, KALSEL

[C]2010: PT PANJI BANGUN PERSADA

## A. DATA SLAB LANTAI JEMBATAN



Tebal slab lantai jembatan	$t_s =$	0.20	m
Tebal lapisan aspal + overlay	$t_a =$	0.05	m
Tebal genangan air hujan	$t_h =$	0.025	m
Jarak antara balok prategang	$s =$	1.85	m
Lebar jalur lalu-lintas	$b_1 =$	7.00	m
Lebar trotoar	$b_2 =$	1.25	m
Lebar total jembatan	$b =$	9.50	m
Panjang bentang jembatan	$L =$	50.00	m

## B. BAHAN STRUKTUR

Mutu beton :	K - 350		
Kuat tekan beton	$f'_c = 0.83 * K / 10 =$	29.05	MPa
Modulus elastik	$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$	25332	MPa
Angka poisson	$\nu =$	0.2	
Modulus geser	$G = E_c / [2 * (1 + \nu)] =$	10555	MPa
Koefisien muai panjang untuk beton,	$\alpha =$	1.0E-05	/ °C



<b>Mutu baja :</b>	
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing > 12 \text{ mm}$ :	U - 39
Tegangan leleh baja, $f_y = U \cdot 10 =$	390 MPa
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing \leq 12 \text{ mm}$ :	U - 24
Tegangan leleh baja, $f_y = U \cdot 10 =$	240 MPa

Specific Gravity		kN/m <sup>3</sup>
Berat beton bertulang	$w_c =$	25.00
Berat beton tidak bertulang (beton rabat)	$w'_c =$	24.00
Berat aspal	$w_a =$	22.00
Berat jenis air	$w_w =$	9.80
Berat baja	$w_s =$	77.00

## C. ANALISIS BEBAN SLAB LANTAI JEMBATAN

### 1. BERAT SENDIRI (MS)

Faktor beban ultimit :  $K_{MS} = 1.3$

Ditinjau slab lantai jembatan selebar,

Tebal slab lantai jembatan,

Berat beton bertulang,

Berat sendiri,  $Q_{MS} = b \cdot h \cdot w_c$

$b =$	1.00	m
$h = t_s =$	0.20	m
$w_c =$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
$Q_{MS} =$	5.000	kN/m

### 2. BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)

Faktor beban ultimit :  $K_{MA} = 2.0$

NO	JENIS	TEBAL (m)	BERAT (kN/m <sup>3</sup> )	BEBAN kN/m
1	Lapisan aspal + overlay	0.05	22.00	1.100
2	Air hujan	0.03	9.80	0.245
Beban mati tambahan :			$Q_{MA} =$	1.345 kN/m

### 2. BEBAN TRUK "T" (TT)

Faktor beban ultimit :  $K_{TT} = 2.0$

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh Truk (beban T) yang besarnya,

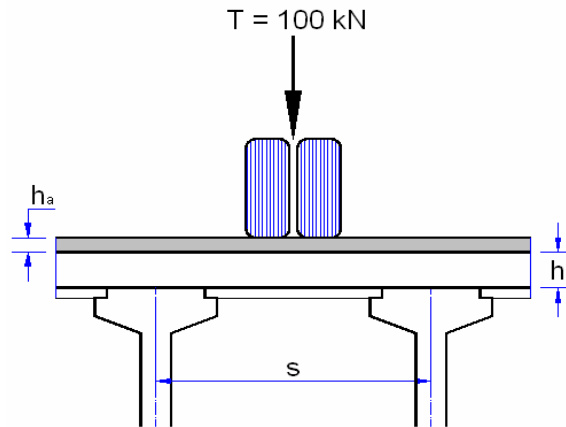
$$T = 100 \text{ kN}$$

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,

$$DLA = 0.3$$

Beban truk "T" :

$$P_{TT} = (1 + DLA) * T = 130.000 \text{ kN}$$



#### 4. BEBAN ANGIN (EW)

Faktor beban ultimit :

$$K_{EW} = 1.2$$

Beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas jembatan dihitung dengan rumus :

$$T_{EW} = 0.0012 * C_w * (V_w)^2 \quad \text{kN/m}$$

dengan,

$C_w$  = koefisien seret

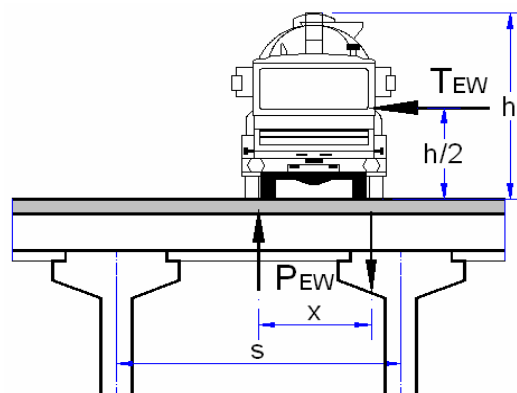
$V_w$  = Kecepatan angin rencana

$$T_{EW} = 0.0012 * C_w * (V_w)^2$$

=	1.20
=	35
=	1.764

m/det (PPJT-1992,Tabel 5)

kN/m



Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2.00 m di atas lantai jembatan.

Jarak antara roda kendaraan

Transfer beban angin ke lantai jembatan,

$$h = 2.00 \text{ m}$$

$$x = 1.75 \text{ m}$$

$$P_{EW} = [1/2 \cdot h / x \cdot T_{EW}]$$

$$P_{EW} = 1.008 \text{ kN}$$

## 5. PENGARUH TEMPERATUR (ET)

Faktor beban ultimit :

$$K_{ET} = 1.2$$

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai jembatan.

Temperatur maksimum rata-rata  $T_{max} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatur minimum rata-rata  $T_{min} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$

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

Perbedaan temperatur pada slab,

$$\Delta T = 12.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Koefisien muai panjang untuk beton,

$$\alpha = 1.0\text{E-}05 \text{ / }^{\circ}\text{C}$$

Modulus elastis beton,

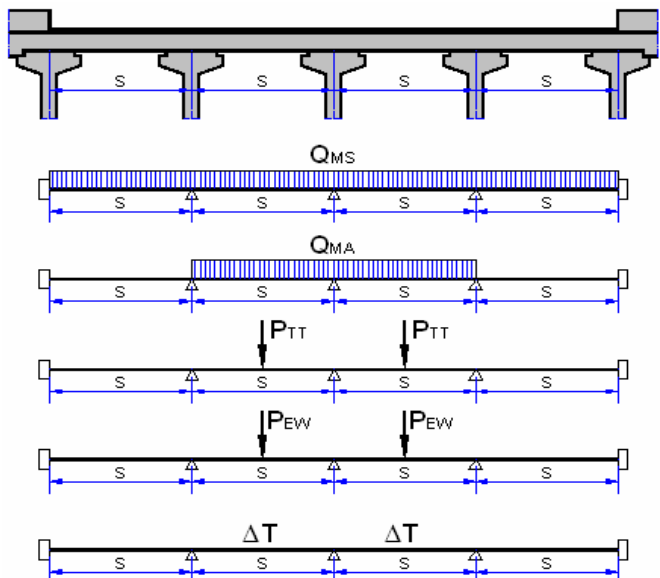
$$E_c = 25332084 \text{ kPa}$$

## 6. MOMEN PADA SLAB LANTAI JEMBATAN

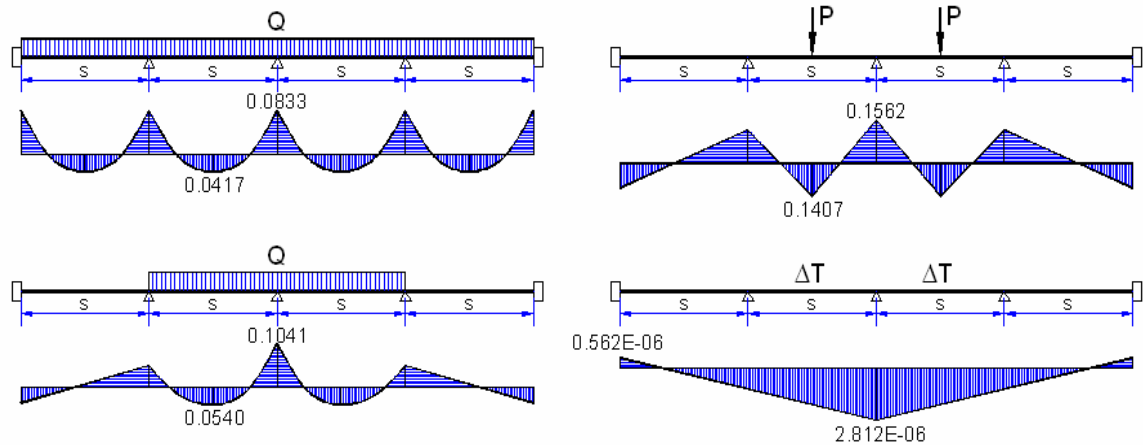
Formasi pembebanan slab untuk mendapatkan momen maksimum pada bentang menerus dilakukan seperti pd gambar.

Momen maksimum pd slab dihitung berdasarkan metode one way slab dengan beban sebagai berikut :

$Q_{MS}$	5.000	kN/m
$Q_{MA}$	1.345	kN/m
$P_{TT}$	130.000	kN
$P_{EW}$	1.008	kN
$\Delta T$	12.5	$^{\circ}\text{C}$



Koefisien momen lapangan dan momen tumpuan untuk bentang menerus dengan beban merata, terpusat, dan perbedaan temperatur adalah sebagai berikut :



k = koefisien momen

$$s = 1.85 \text{ m}$$

Untuk beban merata Q :

$$M = k * Q * s^2$$

Untuk beban terpusat P :

$$M = k * P * s$$

Untuk beban temperatur,  $\Delta T$  :

$$M = k * \alpha * \Delta T * E_c * s^3$$

**Momen akibat berat sendiri (MS) :**

Momen tumpuan,	$M_{MS} = 0.0833$	$* Q_{MS} * s^2$	$= 1.425$	kNm
Momen lapangan,	$M_{MS} = 0.0417$	$* Q_{MS} * s^2$	$= 0.714$	kNm

**Momen akibat beban mati tambahan (MA) :**

Momen tumpuan,	$M_{MA} = 0.1041$	$* Q_{MA} * s^2$	$= 0.479$	kNm
Momen lapangan,	$M_{MA} = 0.0540$	$* Q_{MA} * s^2$	$= 0.249$	kNm

**Momen akibat beban truck (TT) :**

Momen tumpuan,	$M_{TT} = 0.1562$	$* P_{TT} * s$	$= 37.566$	kNm
Momen lapangan,	$M_{TT} = 0.1407$	$* P_{TT} * s$	$= 33.838$	kNm

**Momen akibat beban angin (EW) :**

Momen tumpuan,	$M_{EW} = 0.1562$	$* P_{EW} * s$	$= 0.291$	kNm
Momen lapangan,	$M_{EW} = 0.1407$	$* P_{EW} * s$	$= 0.262$	kNm

**Momen akibat temperatur (ET) :**

Momen tumpuan,	$M_{ET} = 5.62E-07$	$* \alpha * \Delta T * E_c * s^3$	$= 0.011$	kNm
Momen lapangan,	$M_{EW} = 2.81E-06$	$* \alpha * \Delta T * E_c * s^3$	$= 0.056$	kNm

## 6.1. MOMEN SLAB

No	Jenis Beban	Faktor Beban	daya layan	keadaan ultimit	M <sub>tumpuan</sub> (kNm)	M <sub>lapangan</sub> (kNm)
1	Berat sendiri	K <sub>MS</sub>	1.0	1.3	1.425	0.714
2	Beban mati tambahan	K <sub>MA</sub>	1.0	2.0	0.479	0.249
3	Beban truk "T"	K <sub>TT</sub>	1.0	2.0	37.566	33.838
4	Beban angin	K <sub>EW</sub>	1.0	1.2	0.291	0.262
5	Pengaruh temperatur	K <sub>ET</sub>	1.0	1.2	0.011	0.056

## 6.2. KOMBINASI-1

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M <sub>tumpuan</sub> (kNm)	M <sub>lapangan</sub> (kNm)	M <sub>u tumpuan</sub> (kNm)	M <sub>u lapangan</sub> (kNm)
1	Berat sendiri	1.3	1.425	0.714	1.853	0.928
2	Beban mati tambahan	2.0	0.479	0.249	0.958	0.497
3	Beban truk "T"	2.0	37.566	33.838	75.132	67.677
4	Beban angin	1.0	0.291	0.262	0.291	0.262
5	Pengaruh temperatur	1.0	0.011	0.056	0.011	0.056
Total Momen ultimit slab, M <sub>u</sub> =					78.246	69.420

## 6.3. KOMBINASI-2

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M <sub>tumpuan</sub> (kNm)	M <sub>lapangan</sub> (kNm)	M <sub>u tumpuan</sub> (kNm)	M <sub>u lapangan</sub> (kNm)
1	Berat sendiri	1.3	1.425	0.714	1.853	0.928
2	Beban mati tambahan	2.0	0.479	0.249	0.958	0.497
3	Beban truk "T"	1.0	37.566	33.838	37.566	33.838
4	Beban angin	1.2	0.291	0.262	0.350	0.315
5	Pengaruh temperatur	1.2	0.011	0.056	0.014	0.068
Total Momen ultimit slab, M <sub>u</sub> =					40.741	35.646

## 7. PEMBESIAN SLAB

### 7.1. TULANGAN LENTUR NEGATIF

Momen rencana tumpuan :		$M_u =$	78.246	kNm
Mutu beton :	K - 350	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	29.05 MPa
Mutu baja :	U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Tebal slab beton,		$h =$	200	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	30	mm
Modulus elastis baja, $E_s$		$E_s =$	2.00E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,		$\beta_1 =$	0.85	
		$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) =$	0.032616	
		$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] =$	7.697275	
Faktor reduksi kekuatan lentur,		$\phi =$	0.80	
Momen rencana ultimit,		$M_u =$	78.246	kNm
Tebal efektif slab beton,		$d = h - d' =$	170	mm
Ditinjau slab beton selebar 1 m,		$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana,		$M_n = M_u / \phi =$	97.808	kNm
Faktor tahanan momen,		$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	3.38435	

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

		$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] =$	0.00937	
Rasio tulangan minimum,		$\rho_{min} = 0.5 / f_y =$	0.00090	
Rasio tulangan yang digunakan,		$\rho =$	0.00937	
Luas tulangan yang diperlukan,		$A_s = \rho * b * d =$	1593.13	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,		$D$	16	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,		$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	126.205	mm

Digunakan tulangan, D 16 - 100  
 $A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 2011$  mm<sup>2</sup>

Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 50% tulangan pokok.

$$A_s' = 50\% * A_s = 797 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan, D 13  
 Jarak tulangan yang diperlukan,  $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 166.630$  mm

Digunakan tulangan, D 13 - 150  
 $A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s = 885$  mm<sup>2</sup>

## 7.2. TULANGAN LENTUR POSITIF

Momen rencana lapangan :

$$M_u = 69.420 \text{ kNm}$$

Mutu beton :	K - 350	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	29.05	MPa
Mutu baja :	U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390	MPa
Tebal slab beton,		$h =$	200		mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	35		mm
Modulus elastis baja, $E_s$		$E_s =$	2.00E+05		
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,		$\beta_1 =$	0.85		
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) =$					0.032616
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] =$					7.697275
Faktor reduksi kekuatan lentur,		$\phi =$	0.80		
Momen rencana ultimit,		$M_u =$	69.420		kNm
Tebal efektif slab beton,		$d = h - d' =$	165		mm
Ditinjau slab beton selebar 1 m,		$b =$	1000		mm
Momen nominal rencana,		$M_n = M_u / \phi =$	86.775		kNm
Faktor tahanan momen,		$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	3.18734		

$$R_n < R_{max} \text{ (OK)}$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] =$					0.00878
Rasio tulangan minimum,		$\rho_{min} = 0.5 / f_y =$	0.00128		
Rasio tulangan yang digunakan,		$\rho =$	0.00878		
Luas tulangan yang diperlukan,		$A_s = \rho * b * d =$	1448.98		mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,		$D$	16		mm
Jarak tulangan yang diperlukan,		$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	138.761		mm

Digunakan tulangan,	D 16	-	100
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$	2011		mm <sup>2</sup>

Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 50% tulangan pokok.

$$A_s' = 50\% * A_s = 724 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	183.208	mm
---------------------------------	---------	----

Digunakan tulangan,	D 13	-	150
$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s =$	885		mm <sup>2</sup>

## 8. KONTROL LENDUTAN SLAB

Mutu beton :	K - 350	Kuat tekan beton, $f'_c =$	29.05	MPa
Mutu baja :	U - 39	Tegangan leleh baja, $f_y =$	390	MPa
Modulus elastis beton,	$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} =$		25332.08	MPa
Modulus elastis baja,	$E_s =$		2.00E+05	MPa
Tebal slab,	$h =$		200	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$		30	mm
Tebal efektif slab,	$d = h - d' =$		170	mm
Luas tulangan slab,	$A_s =$		2011	mm <sup>2</sup>
Panjang bentang slab,	$L_x =$	1.85 m	= 1850	mm
Ditinjau slab selebar,	$b =$	1.00 m	= 1000	mm
Beban terpusat,	$P = T_{TT} =$		130.000	kN
Beban merata,	$Q = P_{MS} + P_{MA} =$		6.345	kN/m
Lendutan total yang terjadi ( $\delta_{tot}$ ) harus $< L_x / 240 =$			7.708	mm
Inersia brutto penampang plat,	$I_g = 1/12 \cdot b \cdot h^3 =$		6.67E+08	mm <sup>3</sup>
Modulus keruntuhan lentur beton,	$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} =$		3.772864	MPa
Nilai perbandingan modulus elastis,	$n = E_s / E_c =$		7.90	
	$n \cdot A_s =$		15874.09	mm <sup>2</sup>

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton,

$$c = n \cdot A_s / b = 15.874 \text{ mm}$$

Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton dihitung sbb. :

$I_{cr} = 1/3 \cdot b \cdot c^3 + n \cdot A_s \cdot (d - c)^2 =$	3.78E+08	mm <sup>4</sup>
$y_t = h / 2 =$	100	mm
Momen retak : $M_{cr} = f_r \cdot I_g / y_t =$	2.52E+07	Nmm

Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban) :

$$M_a = 1/8 \cdot Q \cdot L_x^2 + 1/4 \cdot P \cdot L_x = 62.839 \text{ kNm}$$

$$M_a = 6.28E+07 \text{ Nmm}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan,

$$I_e = (M_{cr} / M_a)^3 \cdot I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] \cdot I_{cr} = 3.97E+08 \text{ mm}^4$$

$$Q = 6.345 \text{ N/mm} \quad P = 130000 \text{ N}$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup :

$$\delta_e = 5/384 \cdot Q \cdot L_x^4 / (E_c \cdot I_e) + 1/48 \cdot P \cdot L_x^3 / (E_c \cdot I_e) = 1.802 \text{ mm}$$



Rasio tulangan slab lantai jembatan :

$$\rho = A_s / ( b * d ) = 0.011827$$

Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 tahun), nilai :

$$\zeta = 2.0$$

$$\lambda = \zeta / ( 1 + 50 * \rho ) = 1.2568$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut :

$$\delta_g = \lambda * 5 / 384 * Q * L_x^4 / ( E_c * I_e ) = 0.121 \text{ mm}$$

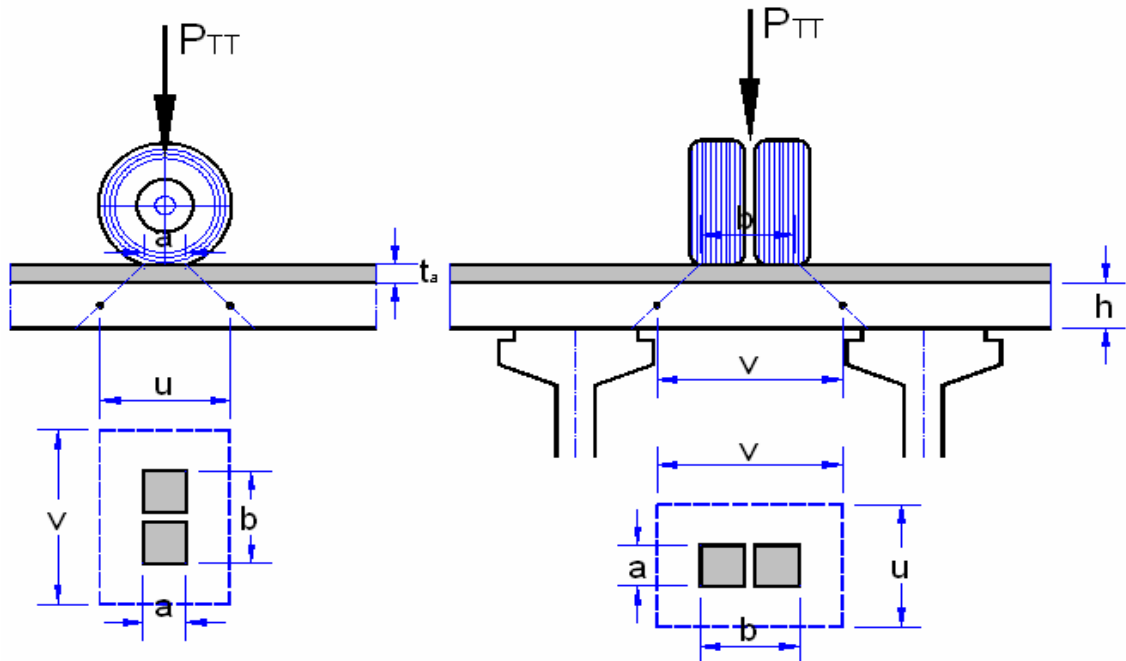
Lendutan total pada plat lantai jembatan :

$$L_x / 240 = 7.708 \text{ mm}$$

$$\delta_{tot} = \delta_e + \delta_g = 1.923 \text{ mm}$$

<  $L_x/240$  (aman) OK

## 9. KONTROL TEGANGAN GESER PONS



Mutu Beton : K - 350

Kuat tekan beton,

$$f'_c = 29.05 \text{ MPa}$$

Kuat geser pons yang disyaratkan,

$$f_v = 0.3 * \sqrt{f'_c} = 1.617 \text{ MPa}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0.60$$

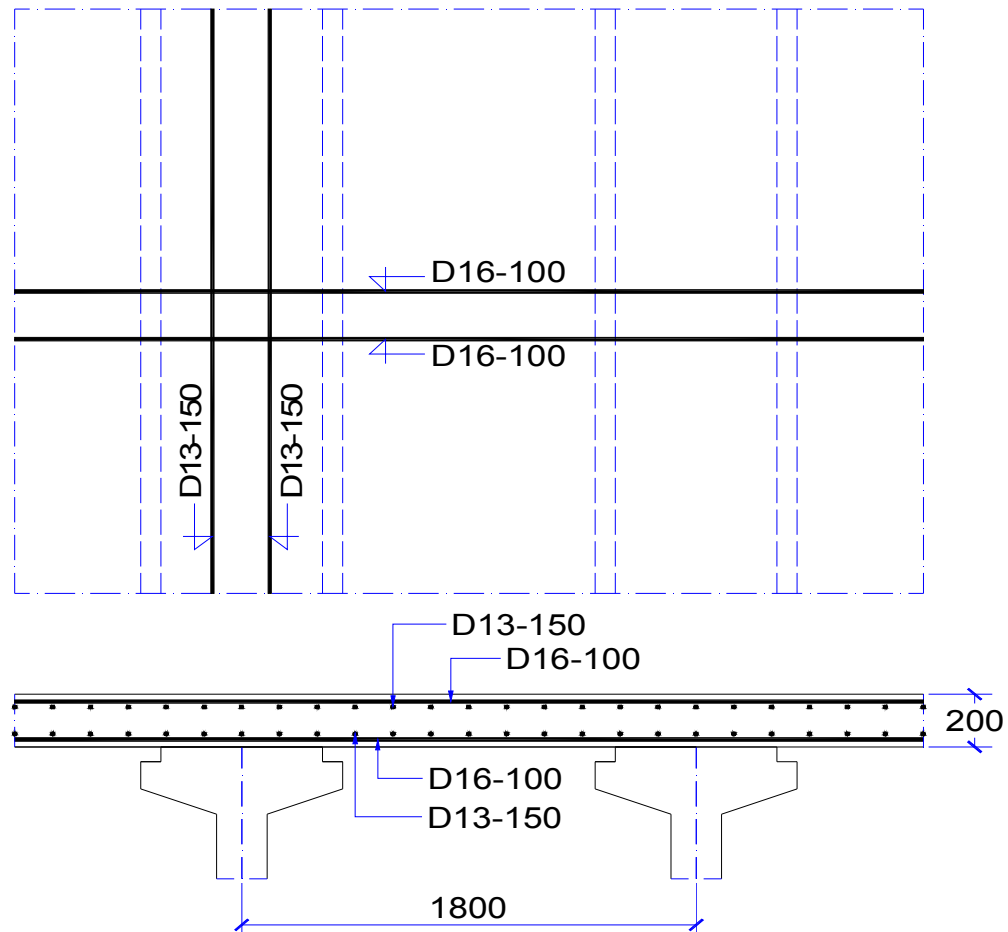
Beban roda truk pada slab,

$$P_{TT} = 130.000 \text{ kN} = 130000 \text{ N}$$

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

$$a = 0.30 \text{ m}$$

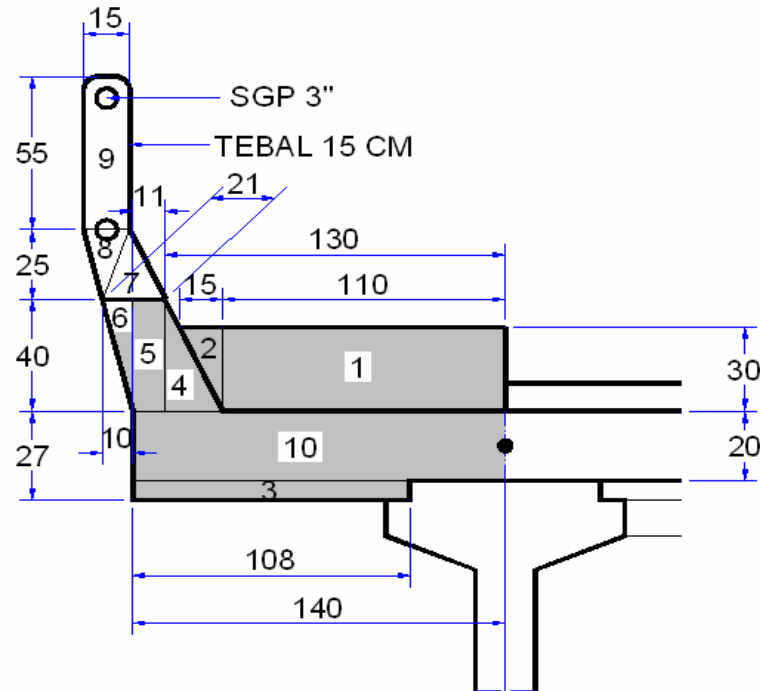
$t_a =$	0.05	m	$b =$	0.50	m	
$u = a + 2 * t_a + h =$	0.6	m	$=$	600	mm	
$v = b + 2 * t_a + h =$	0.8	m	$=$	800	mm	
Tebal efektif plat,				$d =$	170	mm
Luas bidang geser :				$A_v = 2 * ( u + h ) * d =$	476000	mm <sup>2</sup>
Gaya geser pons nominal,				$P_n = A_v * f_v =$	769664.2	N
				$\phi * P_n =$	461798.5	N
Faktor beban ultimit,				$K_{TT} =$	2.0	
Beban ultimit roda truk pada slab,				$P_u = K_{TT} * P_{TT} =$	260000	N
						$< \phi * P_n$
						AMAN (OK)



PEMBESIAN SLAB LANTAI JEMBATAN

## II. PERHITUNGAN SLAB TROTOAR

### 1. BERAT SENDIRI TROTOAR



Jarak antara tiang railing :

$$L = 2.00 \text{ m}$$

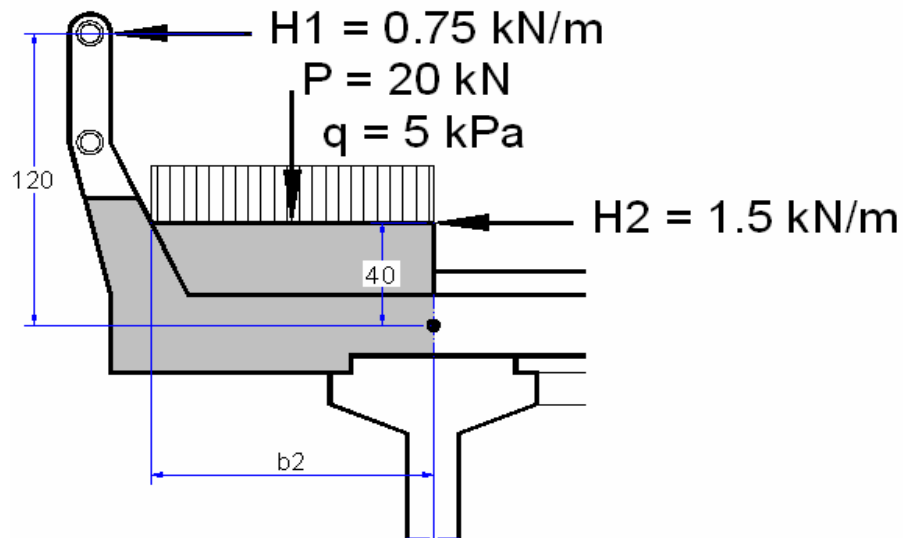
Berat beton bertulang :

$$w_c = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

Berat sendiri Trotoar untuk panjang  $L = 2.00$  m

NO	b (m)	h (m)	Shape	L (m)	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
1	1.10	0.30	1	2.00	16.500	0.550	9.075
2	0.15	0.30	0.5	2.00	1.125	1.247	1.403
3	1.08	0.07	0.5	2.00	1.890	0.360	0.680
4	0.20	0.40	0.5	2.00	2.000	1.233	2.467
5	0.11	0.40	1	2.00	2.200	1.345	2.959
6	0.10	0.40	0.5	2.00	1.000	1.433	1.433
7	0.21	0.25	0.5	0.15	0.098	1.405	0.138
8	0.15	0.25	0.5	0.15	0.070	1.375	0.097
9	0.15	0.55	1	0.15	0.309	1.475	0.456
10	1.40	0.20	1	2.00	14.000	0.700	9.800
11	SGP 3" dengan berat/m =		0.63	4	2.52	1.330	3.352
Total :					41.713		31.860
Berat sendiri Trotoar per m lebar					P <sub>MS</sub> = 20.857	M <sub>MS</sub> =	15.930

## 2. BEBAN HIDUP PADA PEDESTRIAN



Beban hidup pada pedestrian per meter lebar tegak lurus bidang gambar :

NO	Jenis Beban	Gaya (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
1	Beban horisontal pada railing ( $H_1$ )	0.75	1.200	0.900
2	Beban horisontal pada kerb ( $H_2$ )	1.50	0.400	0.600
3	Beban vertikal terpusat ( $P$ )	20.00	0.625	12.500
4	Beban vertikal merata = $q \cdot b_2$	6.25	0.625	3.906

Momen akibat beban hidup pada pedestrian :

$$M_{TP} = 17.906$$

## 3. MOMEN ULTIMIT RENCANA SLAB TROTOAR

Faktor beban ultimit untuk berat sendiri pedestrian

$$K_{MS} = 1.3$$

Faktor beban ultimit untuk beban hidup pedestrian

$$K_{TP} = 2.0$$

Momen akibat berat sendiri pedestrian :

$$M_{MS} = 15.930 \text{ kNm}$$

Momen akibat beban hidup pedestrian :

$$M_{TP} = 17.906 \text{ kNm}$$

Momen ultimit rencana slab trotoar :

$$M_u = K_{MS} \cdot M_{MS} + K_{TP} \cdot M_{TP}$$

$$M_u = 56.521 \text{ kNm}$$

#### 4. PEMBESIAN SLAB TROTOAR

Mutu beton :	K - 350	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	29.05	MPa
Mutu baja :	U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390	MPa
Tebal slab beton,		$h =$	200		mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	30		mm
Modulus elastis baja,		$E_s =$	2.00E+05		
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,		$\beta_1 =$	0.85		
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / ( 600 + f_y ) =$					0.032616
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [ 1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / ( 0.85 * f'_c ) ] =$					7.697275
Faktor reduksi kekuatan lentur,		$\phi =$	0.80		
Faktor reduksi kekuatan geser,		$\phi =$	0.60		
Momen rencana ultimit,		$M_u =$	56.521		kNm
Tebal efektif slab beton,		$d = h - d' =$	170		mm
Ditinjau slab beton selebar 1 m,		$b =$	1000		mm
Momen nominal rencana,		$M_n = M_u / \phi =$	70.652		kNm
Faktor tahanan momen,		$R_n = M_n * 10^{-6} / ( b * d^2 ) =$	2.44470		

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [ 1 - \sqrt{ 1 - 2 * R_n / ( 0.85 * f'_c ) } ] =$					0.00661
Rasio tulangan minimum,		$\rho_{min} = 0.5 / f_y =$			0.00128
Rasio tulangan yang digunakan,		$\rho =$			0.00661
Luas tulangan yang diperlukan,		$A_s = \rho * b * d =$	1124.36		mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,		$D$	16		mm
Jarak tulangan yang diperlukan,		$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	178.823		mm
Digunakan tulangan,		$D$	16	-	100
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$					2011 mm <sup>2</sup>

Untuk tulangan longitudinal diambil 30% tulangan pokok.

$A_s' = 30\% * A_s =$					337.31 mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,		$D$	13		mm
Jarak tulangan yang diperlukan,		$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	393.504		mm
Digunakan tulangan,		$D$	13	-	150
$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s =$					885 mm <sup>2</sup>

### III. PERHITUNGAN TIANG RAILING

#### 1. BEBAN TIANG RAILING

Jarak antara tiang railing,	$L =$	2	m
Beban horisontal pada railing.	$H_1 =$	0.750	kN/m
Gaya horisontal pada tiang railing,	$H_{TP} = H_1 * L =$	1.5	kN
Lengan terhadap sisi bawah tiang railing,	$y =$	0.8	m
Momen pada tiang railing,	$M_{TP} = H_{TP} * y =$	1.2	kNm
Faktor beban ultimit :	$K_{TP} =$	2.0	
Momen ultimit rencana,	$M_u = K_{TP} * M_{TP} =$	2.4	kNm
Gaya geser ultimit rencana,	$V_u = K_{TP} * H_{TP} =$	3.0	kN

#### 2. PEMBESIAN TIANG RAILING

##### 2.1. TULANGAN LENTUR

Mutu beton :	K - 350	Kuat tekan beton,	$f_c' =$	29.05	MPa
Mutu baja :	U - 24	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	240	MPa
Tebal tiang railing,			$h =$	150	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,			$d' =$	35	mm
Modulus elastis baja, $E_s$			$E_s =$	2.00E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,			$\beta_1 =$	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / ( 600 + f_y ) =$				0.062466	
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [ 1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / ( 0.85 * f_c' ) ] =$				8.68391	
Faktor reduksi kekuatan lentur,			$\phi =$	0.80	
Faktor reduksi kekuatan geser,			$\phi =$	0.60	
Momen rencana ultimit,			$M_u =$	2.400	kNm
Tebal efektif tiang railing,			$d = h - d' =$	115	mm
Lebar tiang railing,			$b =$	150	mm
Momen nominal rencana,			$M_n = M_u / \phi =$	3.000	kNm
Faktor tahanan momen,			$R_n = M_n * 10^{-6} / ( b * d^2 ) =$	1.51229	

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] =$	0.00651
---	---------

Rasio tulangan minimum,	$\rho_{\min} = 1.4 / f_y =$	0.00583	
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00651	
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d =$	112.25	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	$D$	13	mm
Jumlah tulangan yang diperlukan,	$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) =$	0.846	

Digunakan tulangan, 2 D 13

## 2.2. TULANGAN GESER

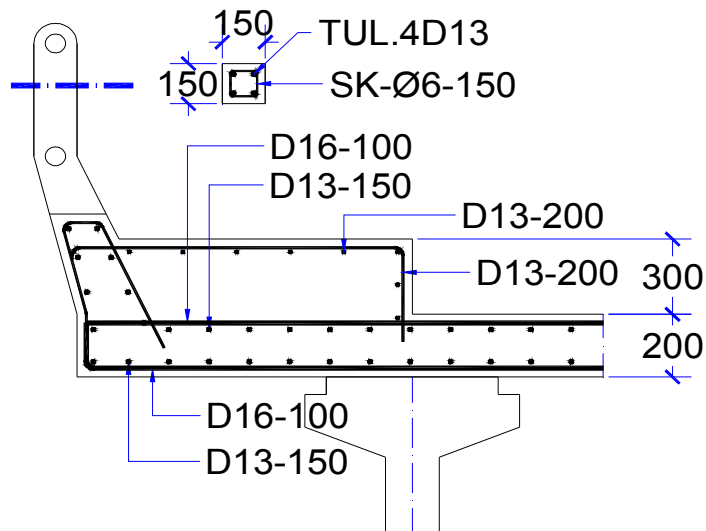
Gaya geser ultimit rencana,	$V_u =$	3.00	kN	
Gaya geser ultimit rencana,	$V_u =$	3000	N	
$V_c = (\sqrt{f'_c}) / 6 * b * d =$		3149	N	
$\phi * V_c =$		1890	N	
$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c =$		1110	N	Perlu tulangan geser
$V_s =$		1851	N	

Digunakan sengkang berpenampang : 2  $\phi$  6

Luas tulangan geser sengkang,  
 $A_v = \pi / 4 * \phi^2 * 2 =$  56.55 mm<sup>2</sup>

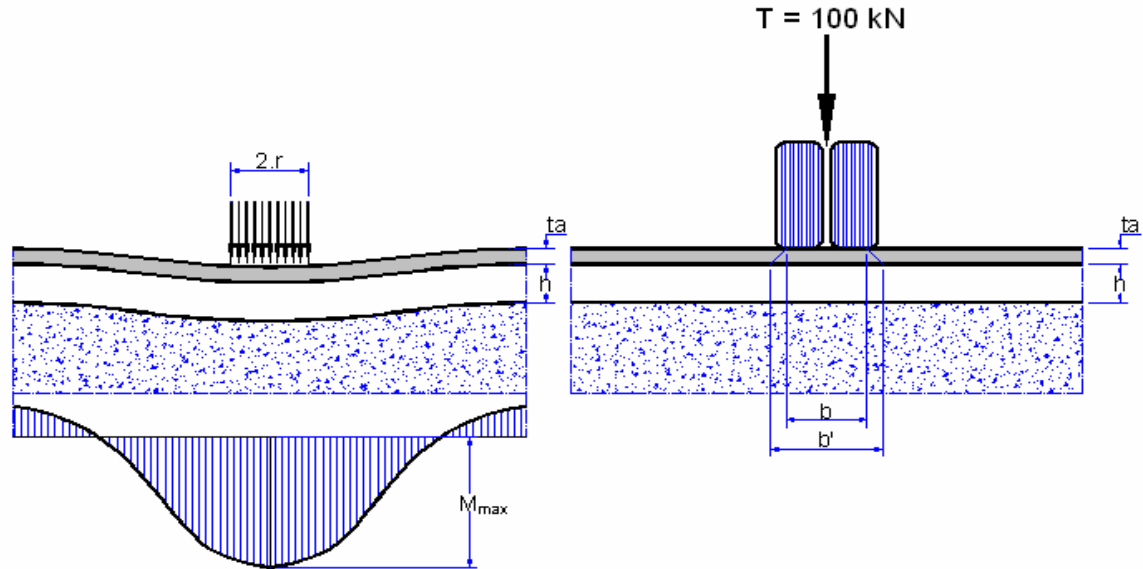
Jarak tulangan geser (sengkang) yang diperlukan :  
 $S = A_v * f_y * d / V_s =$  843 mm

Digunakan sengkang, 2  $\phi$  6 - 150



## IV. PERHITUNGAN PLAT INJAK (APPROACH SLAB)

### 1. PLAT INJAK ARAH MELINTANG JEMBATAN



#### 1.1. BEBAN TRUK "T" (TT)

Faktor beban ultimit :  $K_{TT} = 2.0$

Beban hidup pada plat injak berupa beban roda ganda oleh Truk (beban T) yang besarnya,  $T = 100$  kN

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,  $DLA = 0.3$   
Beban truk "T" :  $T_{TT} = (1 + DLA) * T = 130.000$  kN

#### 1.2. MOMEN PADA PLAT INJAK

Tebal plat injak,  $h = 0.20$  m  
Tebal lapisan aspal,  $t_a = 0.05$  m  
Lebar bidang kontak roda truk,  $b = 0.50$  m  
 $b' = b + t_a = 0.55$  m

Mutu Beton : K - 350

Kuat tekan beton,  $f_c' = 29.05$  MPa

Momen max. pada plat injak akibat beban roda dihitung dengan rumus :

$$M_{\max} = T_{TT} / 2 * [1 - (r * \sqrt{2} / \lambda)^{0.6}]$$



dengan,  $\lambda = [E_c \cdot h^3 / \{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot k_s\}]^{0.25}$

$\nu$ = angka Poisson,	$\nu =$	0.15	
$k_s$ = <i>standard modulus of soil reaction</i> ,	$k_s =$	81500	kN/m <sup>3</sup>
$E_c$ = modulus elastik beton = 25332.08 MPa	$E_c =$	25332084	kN/m <sup>2</sup>
$r$ = Lebar penyebaran beban terpusat,	$r = b' / 2 =$	0.275	m
$\lambda = [E_c \cdot h^3 / \{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot k_s\}]^{0.25}$	$=$	0.67854	m
$M_{max} = T_{TT} / 2 \cdot [1 - (r \cdot \sqrt{2} / \lambda)^{0.6}]$	$=$	14.19589	kNm

Momen ultimit plat injak arah melintang jembatan :

$M_u = K_{TT} \cdot M_{max} =$  28.392 kNm

### 1.3. PEMBESIAN PLAT INJAK ARAH MELINTANG JEMBATAN

Mutu beton :	K - 350	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	29.05	MPa
Mutu baja :	U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390	MPa
Tebal plat injak,		$h =$	200		mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	30		mm
Modulus elastis baja,		$E_s =$	2.00E+05		
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,		$\beta_1 =$	0.85		
$\rho_b = \beta_1 \cdot 0.85 \cdot f'_c / f_y \cdot 600 / (600 + f_y)$				0.032616	
$R_{max} = 0.75 \cdot \rho_b \cdot f_y \cdot [1 - \frac{1}{2} \cdot 0.75 \cdot \rho_b \cdot f_y / (0.85 \cdot f'_c)]$				7.697275	
Faktor reduksi kekuatan lentur,		$\phi =$	0.80		
Faktor reduksi kekuatan geser,		$\phi =$	0.60		
Momen rencana ultimit,		$M_u =$	28.392		kNm
Tebal efektif plat injak,		$d = h - d' =$	170		mm
Ditinjau plat injak selebar 1 m,		$b =$	1000		mm
Momen nominal rencana,		$M_n = M_u / \phi =$	35.490		kNm
Faktor tahanan momen,		$R_n = M_n \cdot 10^{-6} / (b \cdot d^2) =$	1.22802		

$R_n < R_{max}$  (OK)

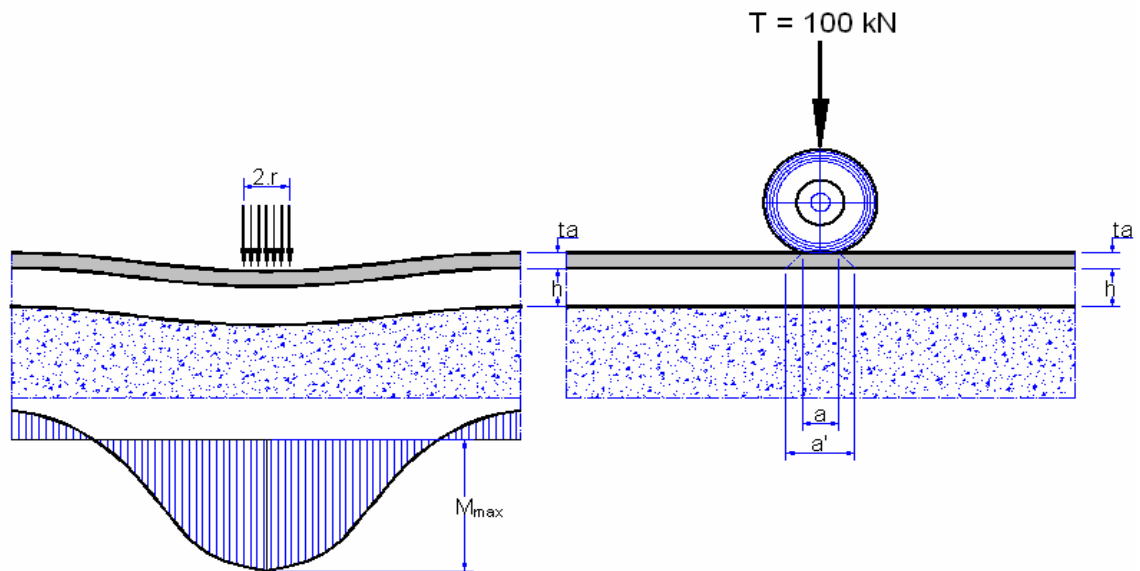
Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 \cdot f'_c / f_y \cdot [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot R_n / (0.85 \cdot f'_c)}]$	$=$	0.00323	
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 0.5 / f_y =$	0.00128	
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00323	
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho \cdot b \cdot d =$	549.31	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	$D$	13	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s =$	241.636	mm

Digunakan tulangan,

D 13	-	150
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$		885 mm <sup>2</sup>

## 2. PLAT INJAK ARAH MEMANJANG JEMBATAN



### 2.1. BEBAN TRUK "T" (TT)

Faktor beban ultimit :  $K_{TT} = 2.0$

Beban hidup pada plat injak berupa beban roda ganda oleh Truk (beban T) yang besarnya,  $T = 100$  kN

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,  $DLA = 0.3$

Beban truk "T" :  $T_{TT} = (1 + DLA) * T = 130.000$  kN

### 2.2. MOMEN PADA PLAT INJAK

Tebal plat injak,  $h = 0.20$  m

Tebal lapisan aspal,  $t_a = 0.05$  m

Lebar bidang kontak roda truk,  $a = 0.30$  m

$a' = a + t_a = 0.35$  m

Mutu Beton : K - 350

Kuat tekan beton,  $f_c' = 29.05$  MPa

Momen max. pada plat injak akibat beban roda dihitung dengan rumus :

$$M_{\max} = T_{TT} / 2 * [ 1 - ( r * \sqrt{2} / \lambda )^{0.6} ]$$

dengan,  $\lambda = [ E_c * h^3 / \{ 12 * ( 1 - \nu^2 ) * k_s \} ]^{0.25}$

$\nu$  = angka Poisson,

$$\nu = 0.15$$

$k_s$  = standard modulus of soil reaction,

$$k_s = 81500 \text{ kN/m}^3$$

$E_c$  = modulus elastik beton = 25332.08 MPa

$$E_c = 25332084 \text{ kN/m}^2$$

$r$  = Lebar penyebaran beban terpusat,

$$r = b' / 2 = 0.175 \text{ m}$$

$$\lambda = [ E_c * h^3 / \{ 12 * ( 1 - \nu^2 ) * k_s \} ]^{0.25} = 0.67854 \text{ m}$$

$$M_{\max} = T_{TT} / 2 * [ 1 - ( r * \sqrt{2} / \lambda )^{0.6} ] = 22.70042 \text{ kNm}$$

Momen ultimit plat injak arah melintang jembatan :

$$M_u = K_{TT} * M_{\max} = 45.401 \text{ kNm}$$

### 2.3. PEMBESIAN PLAT INJAK ARAH MEMANJANG JEMBATAN

Mutu beton :	K - 350	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	29.05	MPa
Mutu baja :	U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390	MPa
Tebal plat injak,		$h =$	200	mm	
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	30	mm	
Modulus elastis baja,		$E_s =$	2.00E+05		
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,		$\beta_1 =$	0.85		
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / ( 600 + f_y ) =$			0.032616		
$R_{\max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [ 1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / ( 0.85 * f'_c ) ] =$			7.697275		
Faktor reduksi kekuatan lentur,		$\phi =$	0.80		
Faktor reduksi kekuatan geser,		$\phi =$	0.60		
Momen rencana ultimit,		$M_u =$	45.401	kNm	
Tebal efektif plat injak,		$d = h - d' =$	170	mm	
Ditinjau plat injak selebar 1 m,		$b =$	1000	mm	
Momen nominal rencana,		$M_n = M_u / \phi =$	56.751	kNm	
Faktor tahanan momen,		$R_n = M_n * 10^{-6} / ( b * d^2 ) =$	1.96370		

$R_n < R_{\max}$  (OK)

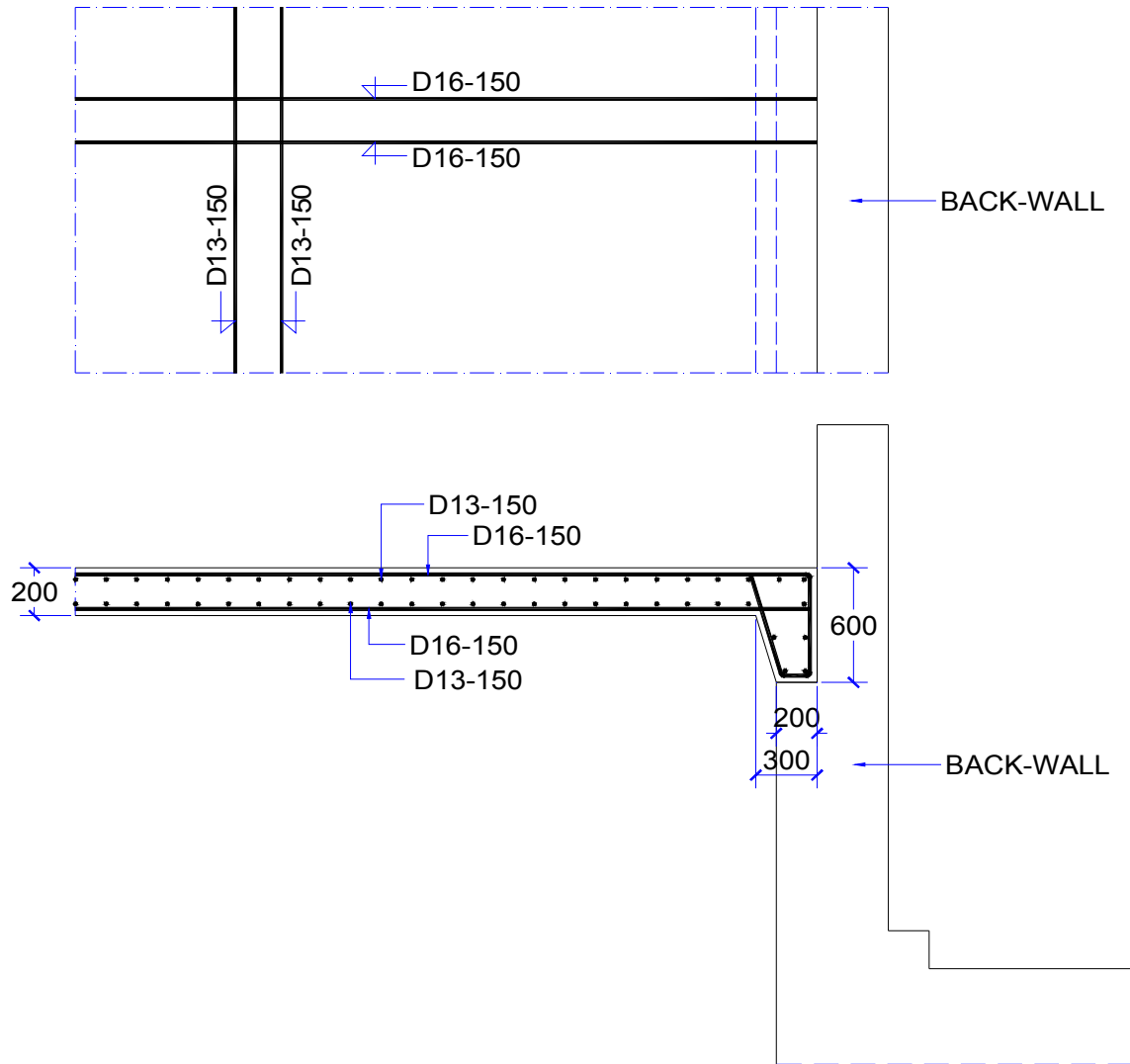
Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [ 1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / ( 0.85 * f'_c ) } ] =$		0.00525	
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{\min} = 0.5 / f_y =$	0.00128	
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00525	
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d =$	893.02	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	$D$	16	mm

Jarak tulangan yang diperlukan,  $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 225.148 \text{ mm}$

Digunakan tulangan, D 16 - 150

$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 1340 \text{ mm}^2$



PEMBESIAN PLAT INJAK

# ANALISIS KEKUATAN ABUTMENT

JEMBATAN SEI. TEBING RUMBIH (RAY 15), BARITO KUALA, KALSEL

[C]2010: PT PANJI BANGUN PERSADA

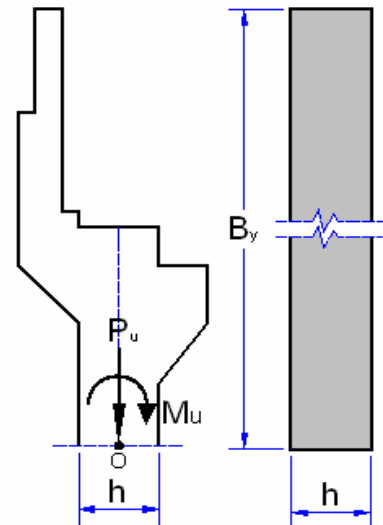
## 1. BREAST WALL

### 1.1. PEMBESIAN BREAST WALL

Mutu Beton :	K - 250	
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	20.75 MPa
Mutu Baja :	U - 39	
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Dimensi Breast Wall,	$B_y =$	9.00 m
	$b_7 =$	0.80 m

Ditinjau Breast Wall selebar 1 m :

Lebar Breast Wall,	$b =$	1000 mm
Tebal Breast Wall,	$h =$	800 mm



$$A_g = b * h = 800000 \text{ mm}^2$$

Luas penampang breast wall yang ditinjau,

$P_u$  = gaya aksial ultimit pada breast wall (kN)

$M_u$  = momen ultimit pada breast wall (kNm)

$$\phi.P_n = P_u \quad \alpha = \phi.P_n / (f'_c.A_g) = P_u * 10^4 / (f'_c * A_g)$$

$$\phi.M_n = M_u \quad \beta = \phi.M_n / (f'_c.A_g.h) = M_u * 10^7 / (f'_c * A_g * h)$$

HASIL ANALISIS BEBAN				UNTUK LEBAR 1 M			
No	KOMBINASI BEBAN U ULTIMIT	$P_u$ (kN)	$M_u$ (kN-m)	$P_u$ (kN)	$M_u$ (kN-m)	$\alpha$	$\beta$
1	KOMBINASI - 1	10256.7	3717.00	1139.64	413.00	0.069	0.0342
2	KOMBINASI - 2	9585.0	3142.00	1065.00	349.11	0.064	0.0289
3	KOMBINASI - 3	9201.7	3142.00	1022.42	349.11	0.062	0.0289
4	KOMBINASI - 4	8151.8	3142.00	905.75	349.11	0.055	0.0289
5	KOMBINASI - 5	8121.5	5247.98	902.39	583.11	0.054	0.0483

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d' = 100 \text{ mm}$$

$$h' = h - 2*d' = 600 \text{ mm}$$

$$h' / h = 0.75$$

Nilai  $\alpha = \phi.P_n / (f'_c.A_g)$  dan  $\beta = \phi.M_n / (f'_c.A_g.h)$  diplot ke dalam diagram interaksi diperoleh,

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 0.80\%$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_s = \rho * b * h = 6400 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$$D = 22 \text{ mm}$$

Tulangan tekan dibuat sama dengan tulangan tarik :

$$A_{s(\text{tekan})} = A_{s(\text{tarik})} = 1/2 * A_s = 3200 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

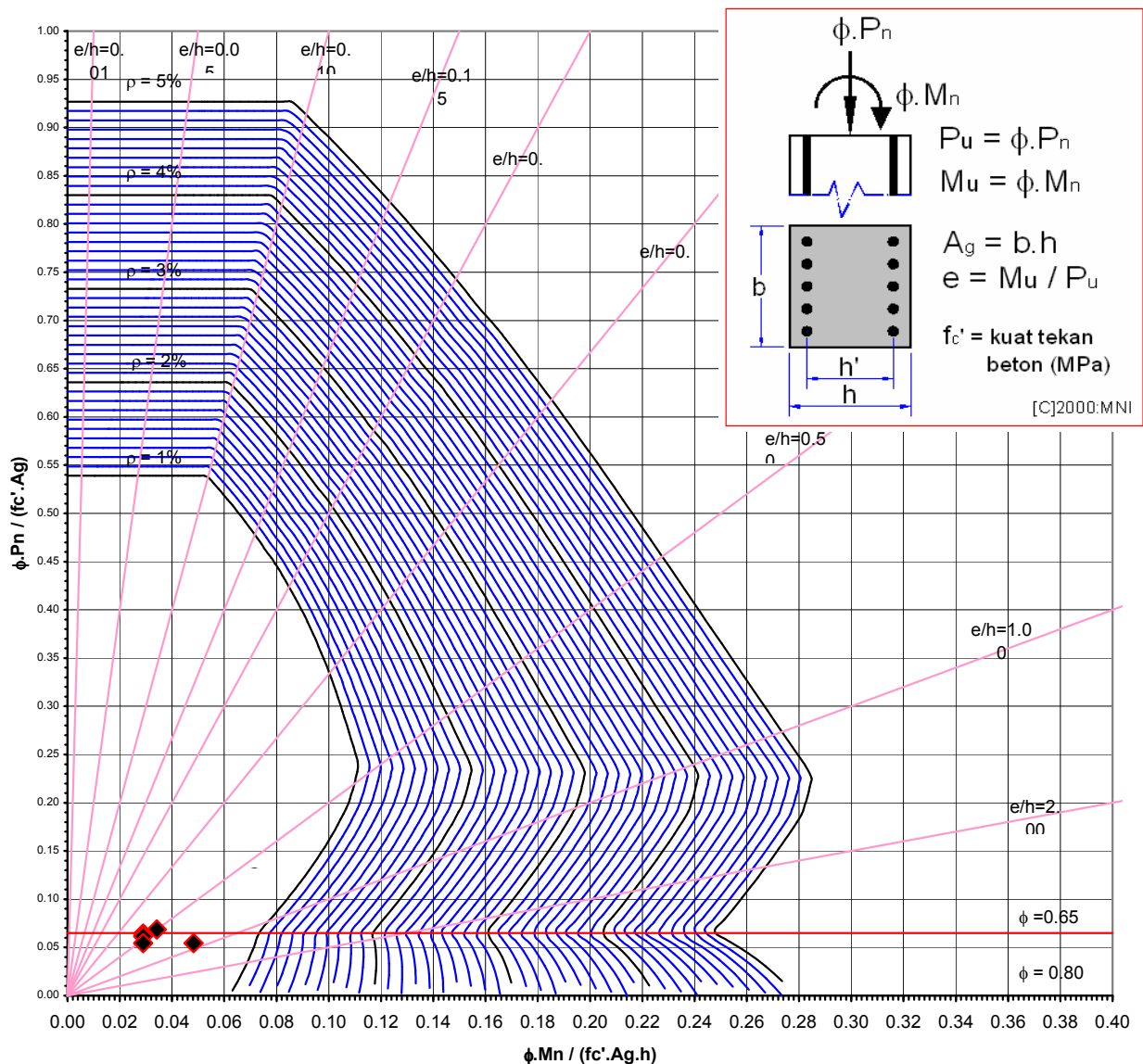
$$s = \pi/4 * D^2 * b / (1/2 * A_s) = 119 \text{ mm}$$

Digunakan :	Juml.Lapis	dia. Tulangan	Jarak
Tulangan tekan,	1	D 22	100
Tulangan tarik,	1	D 22	100

$$\rho = 0.48\%$$

$$\rho = 0.48\%$$

$$\text{Total} = 0.95\%$$



Plot nilai  $\phi.P_n / (f_c'.A_g)$  dan  $\phi.M_n / (f_c'.A_g.h)$  ke dalam diagram interaksi

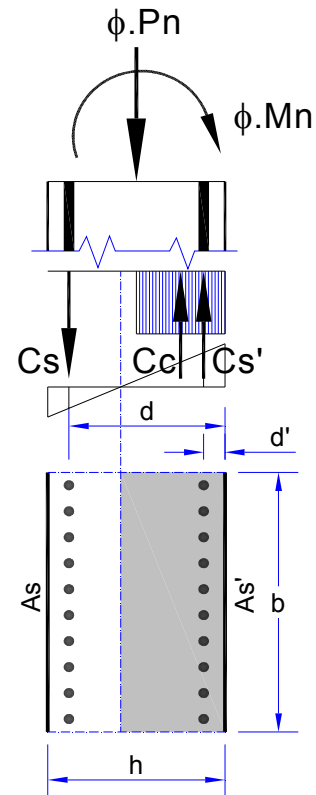
## 1.2. ANALISIS BREAST WALL DENGAN DIAGRAM INTERAKSI

Untuk mengontrol apakah tulangan Breast Wall yg ditetapkan dengan Diagram Interaksi (tak berdimensi) untuk Uniaxial Bending tsb. telah mencukupi, perlu dilakukan analisis kekuatan *Breast Wall* dengan Diagram Interaksi P-M untuk berbagai macam kombinasi pembebanan. Input data, persamaan yang digunakan untuk analisis, dan hasil analisis Breast Wall disajikan sebagai berikut.

### ANALISIS DINDING BETON BERTULANG DENGAN DIAGRAM INTERAKSI

#### DATA DINDING BETON BERTULANG

Mutu Beton,	K - 250		
Mutu Baja Tulangan,	U - 39		
Kuat tekan beton,	$f'_c =$	20.75	MPa
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390	MPa
Modulus elastik baja,	$E_s =$	2.E+05	MPa
Faktor distribusi teg.	$\beta_1 =$	0.85	
Ditinjau dinding selebar,	$b =$	1000	mm
Tebal dinding	$h =$	800	mm
Jarak tul. thd.tepi beton	$d' =$	100	mm
Baja tulangan tarik ( $A_s$ ) :			
1 lapis D 22	jarak	100	
Baja tulangan tekan ( $A_s'$ ) :			
1 lapis D 22	jarak	100	
Luas tulangan tarik,	$A_s =$	3801	mm <sup>2</sup>
Luas tulangan tekan,	$A_s' =$	3801	mm <sup>2</sup>
Faktor reduksi kekuatan ( $\Phi$ ) untuk :			
Tekan - Lentur	$\Phi =$	0.65	



### PERSAMAAN YANG DIGUNAKAN UNTUK PERHITUNGAN DIAGRAM INTERAKSI

Tinggi efektif,  $d = h - d'$

Pada kondisi tekan aksial sentris :

$$P_{no} = 0.80 * [ 0.85 * f'_c * b * h + ( A_s + A_s' ) * ( f_y - 0.85 * f'_c ) ] * 10^{-3}$$

kN

Gaya tekan aksial nominal,

$$P_n \text{ harus } \leq P_{no}$$

Pada kondisi balance :

$c_b = 600 / (600 + f_y) * d$	
$a_b = \beta_1 * c_b$	
$\epsilon'_s = 0.003 * (c_b - d') / c_b$	
Untuk, $\epsilon'_s \geq f_y / E_s$	maka $f'_s = f_y$
Untuk, $\epsilon'_s < f_y / E_s$	maka $f'_s = \epsilon'_s * E_s$

Gaya-gaya internal beton dan baja :

$C_c = 0.85 * f'_c * b * a_b * 10^{-3}$	kN
$C_s = A_s * f_y * 10^{-3}$	kN
$C'_s = A'_s * (f'_s - 0.85 * f'_c) * 10^{-3}$	kN

Gaya aksial tekan nominal kondisi balance :

$P_{nb} = C_c + C'_s - C_s$	kN	harus $\leq P_{no}$
-----------------------------	----	---------------------

Momen nominal kondisi balance :

$M_{nb} = [ C_c * (h/2 - a_b/2) + C_s * (d - h/2) + C'_s * (h/2 - d') ] * 10^{-3}$	kN-m
--	------

Pada kondisi garis netral terletak pada jarak c dari sisi beton tekan terluar :

$\epsilon_s = 0.003 * (c - d) / c$	
$\epsilon'_s = 0.003 * (c - d') / c$	
Untuk $[\epsilon_s] \geq f_y / E_s$	maka $f_s = [\epsilon_s] / \epsilon_s * f_y$
Untuk $[\epsilon_s] < f_y / E_s$	maka $f_s = \epsilon_s * E_s$
Untuk $\epsilon'_s \geq f_y / E_s$	maka $f'_s = f_y$
Untuk $\epsilon'_s < f_y / E_s$	maka $f'_s = \epsilon'_s * E_s$
$a = \beta_1 * c$	

Gaya-gaya internal beton dan baja :

$C_c = 0.85 * f'_c * b * a * 10^{-3}$	kN
$C_s = A_s * f_s * 10^{-3}$	kN
$C'_s = A'_s * (f'_s - 0.85 * f'_c) * 10^{-3}$	kN

Gaya aksial tekan nominal :

$P_n = C_c + C'_s - C_s$	kN	harus $\leq P_{no}$
--------------------------	----	---------------------

Momen nominal :

$M_n = [ C_c * (h/2 - a/2) - C_s * (d - h/2) + C'_s * (h/2 - d') ] * 10^{-3}$	kN-m
---	------

Faktor reduksi kekuatan :

$\Phi = 0.65$	untuk $P_n \geq 0.10 * f'_c * b * h$
$\Phi = 0.80 - 1.5 * P_n / (f'_c * b * h)$	untuk $0 < P_n < 0.10 * f'_c * b * h$



Tebal breast wall

$h = 800$  mm

	Juml.lapis	Diameter	Jarak	$\rho$
Tulangan tekan	1	22	100	0.48%
Tulangan tarik	1	22	100	0.48%
Rasio tulangan total				$\rho = 0.95\%$

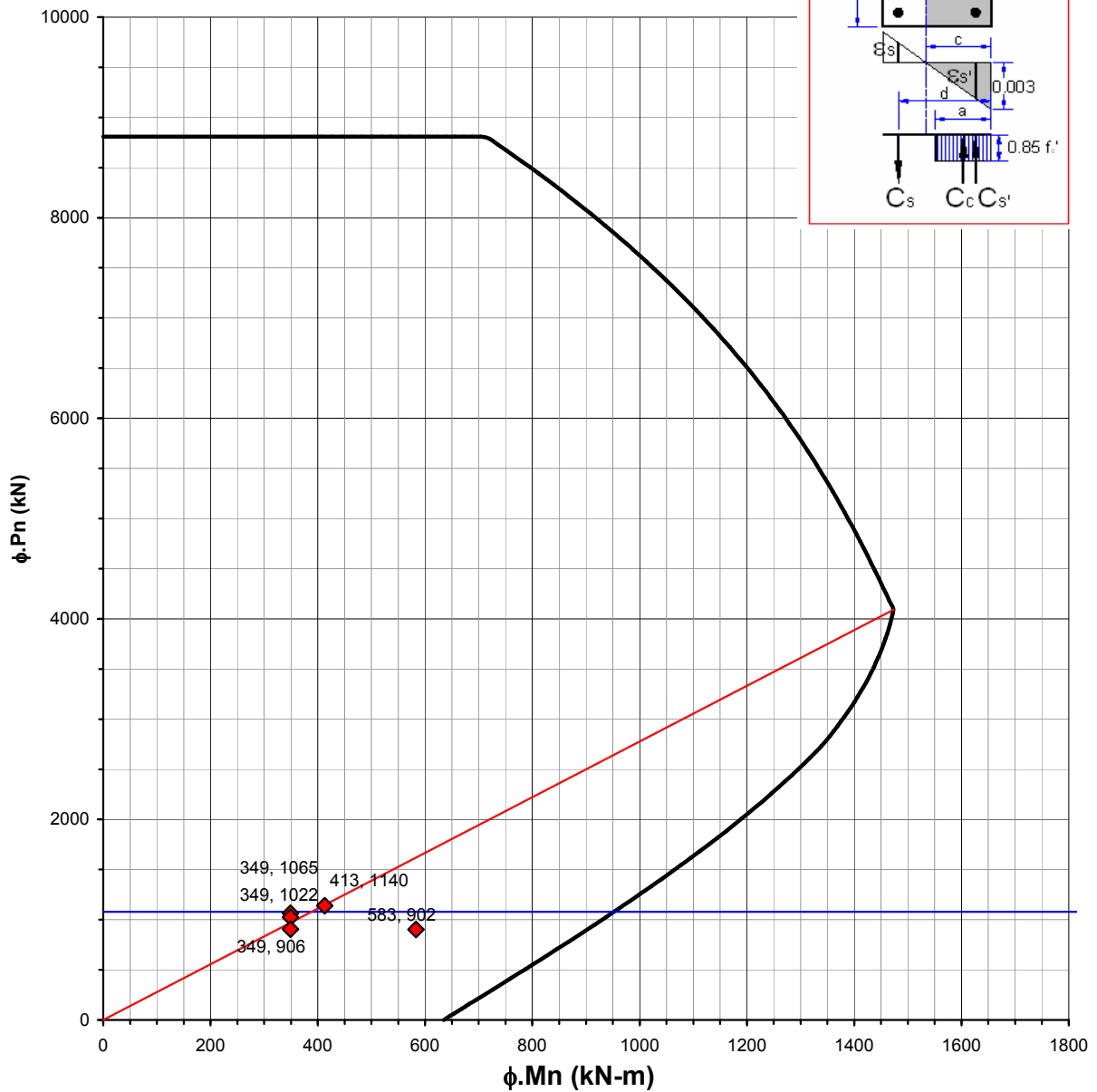
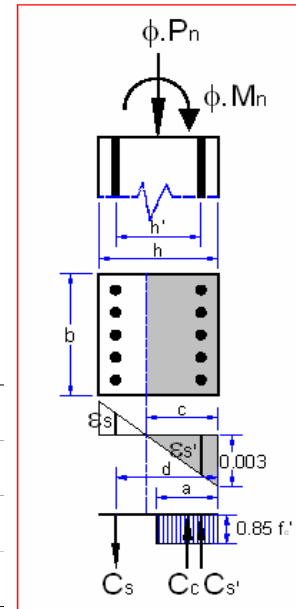


Diagram Interaksi P-M

### 1.3. TULANGAN GESER BREAST WALL

Perhitungan tulangan geser untuk Breast Wall didasarkan atas momen dan gaya aksial ultimit untuk kombinasi beban yang menentukan dalam perhitungan tulangan aksial tekan dan lentur.

Gaya aksial ultimit rencana,	$P_u =$	902.39	kN
Momen ultimit rencana,	$M_u =$	583.11	kNm
Mutu Beton : K - 250	$f'_c =$	20.8	MPa
Mutu Baja : U - 39	$f_y =$	390	MPa
Ditinjau dinding abutment selebar,	$b =$	1000	mm
Gaya aksial ultimit rencana,	$P_u =$	902394	N
Momen ultimit rencana,	$M_u =$	5.83E+08	Nmm
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.75	
Tinggi dinding abutment,	$L =$	4000	mm
Tebal dinding abutment,	$h =$	800	mm
Luas tulangan longitudinal abutment,	$A_s =$	7603	mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan thd. Sisi luar beton,	$d' =$	100	m
	$V_u = M_u / L =$	145777	N
	$d = h - d' =$	700.00	mm
	$V_{cmax} = 0.2 * f'_c * b * d =$	2324000	N
	$\phi * V_{cmax} =$	1743000	N
	$\beta_1 = 1.4 - d / 2000 =$	1.05	
	$\beta_2 = 1 + P_u / (14 * f'_c * b * h) =$	1.004	
	$\beta_3 =$	1	
	$V_{uc} = \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 * b * d * \sqrt{A_s * f'_c / (b * d)} =$	298379	N
	$V_c = V_{uc} + 0.6 * b * d =$	634379	N
	$\phi * V_c =$	475785	N

> Vu (OK)

1.05

$\beta_1 =$

$\phi * V_c > V_u$  (hanya perlu tul. Geser min.)

Geser pada beton sepenuhnya dipikul oleh tulangan geser, sehingga :

$$V_s = V_u = 145777 \text{ N}$$

Untuk tulangan geser digunakan besi beton :

	D <input type="text" value="13"/>	Jarak arah y, $S_y =$	<input type="text" value="600"/>	mm
Luas tulangan geser,	$A_{sv} = \pi/4 * D^2 * (b / S_x) =$	<input type="text" value="221.22"/>	<input type="text" value="221.22"/>	mm <sup>2</sup>
Jarak tul.geser yang diperlukan,	$S_x = A_{sv} * f_y * d / V_s =$	<input type="text" value="414"/>	<input type="text" value="414"/>	mm
Digunakan tulangan geser :	D <input type="text" value="13"/>	Jarak arah x, $S_x =$	<input type="text" value="400"/>	mm
		Jarak arah y, $S_y =$	<input type="text" value="600"/>	mm

## 2. BACK WALL

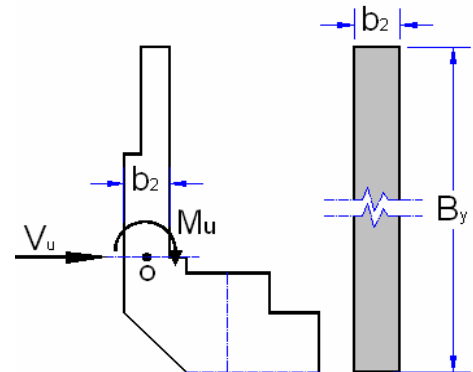
### 2.1. BACK WALL BAWAH

Dimensi :	Tebal, $h = b_2 =$	0.55	m
	Lebar, $B_y =$	9.00	m
Momen ultimit,	$M_u =$	450.28	kNm
Gaya geser ultimit,	$V_u =$	515.2184	kN

Ditinjau selebar 1 m, maka :

$$M_u = 50.03072 \text{ kNm}$$

$$V_u = 57.24649 \text{ kN}$$



#### 2.1.1. TULANGAN LENTUR

Momen rencana ultimit,	$M_u =$	50.03	kNm
Mutu beton, K - 250	Kuat tekan beton, $f'_c =$	20.75	MPa
Mutu baja, U - 39	Tegangan leleh baja, $f_y =$	390	MPa
Tebal beton,	$h =$	550	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	50	mm
Modulus elastis baja,	$E_s =$	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	$\beta_1 =$	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.0233$			
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] = 5.49805$			
Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80	
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.60	
Tebal efektif,	$d = h - d' =$	500	mm
Lebar yang ditinjau,	$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	62.54	kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	0.25015	

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] = 0.00065$			
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 0.50 / f_y =$	0.00128	
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00128	
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d =$	641	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	$D =$	16	mm

Jarak tulangan yang diperlukan,  $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 313.657$  mm

Digunakan tulangan,

D 16 - 200

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 1005 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan bagi diambil 50% tulangan pokok.

$$A_s' = 50\% * A_s = 321 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

D 13 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s' = \pi / 4 * D^2 * b / A_s' = 414.125 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan,

D 13 - 200

$$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s' = 664 \text{ mm}^2$$

## 2.1.2. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit,	$V_u =$	57246	N
$V_c = 1/6 * (\sqrt{f_c'}) * b * d =$		379601	N
$\phi.V_c =$		227761	N
$\phi.V_s = V_u - \phi.V_c =$		---	N
$V_s =$		---	N

>  $V_u$  Tdk. Perlu tul.geser

Diameter tul. yang digunakan, D

Ambil jarak arah Y --- mm

Luas tulangan geser,

$$A_v = \pi / 4 * D^2 * b / S_y = --- \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan ( arah X ) :

$$S_x = A_v * f_y * d / V_s = --- \text{ mm}$$

Digunakan tulangan,

D ---

Jarak arah X --- mm

Jarak arah Y --- mm

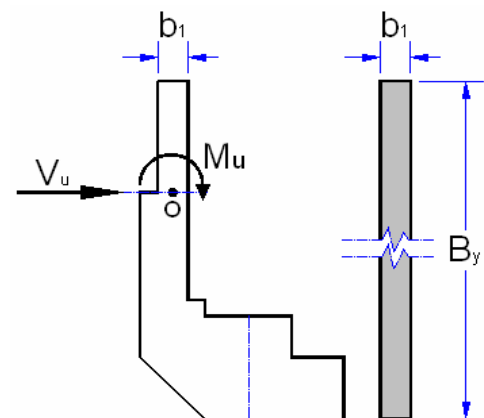
## 2.2. BACK WALL ATAS

Dimensi :	Tebal,	$h = b_1 =$	0.35	m
	Lebar,	$B_y =$	9.00	m
Momen ultimit,	$M_u =$	125.98	kNm	
Gaya geser ultimit,	$V_u =$	288.7953	kN	

Ditinjau selebar 1 m, maka :

$$M_u = 13.99757 \text{ kNm}$$

$$V_u = 32.08836 \text{ kN}$$



### 2.2.1. TULANGAN LENTUR

Momen rencana ultimit,	$M_u =$	14.00	kNm
Mutu beton, K - 250	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	20.75 MPa
Mutu baja, U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Tebal beton,	$h =$	350	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	50	mm
Modulus elastis baja,	$E_s =$	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	$\beta_1 =$	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) =$		0.0233	
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] =$		5.49805	
Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80	
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.60	
Tebal efektif,	$d = h - d' =$	300	mm
Lebar yang ditinjau,	$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	17.50	kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	0.19441	

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] =$	0.00050	
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 0.50 / f_y =$	0.00128
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00128
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d =$	385 mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 13	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	345.104 mm

Digunakan tulangan,

D 13	-	200
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$		
664	mm <sup>2</sup>	

Untuk tulangan bagi diambil 50% tulangan pokok.

$$A_s' = 50\% * A_s = 192 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

D 13	mm
------	----

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s' = \pi / 4 * D^2 * b / A_s' = 690.208 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan,

D 13	-	200
$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s' =$		
664	mm <sup>2</sup>	

### 2.2.2. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit,	$V_u =$	32088	N
$V_c = 1/6 * (\sqrt{f'_c}) * b * d =$		227761	N
$\phi \cdot V_c =$		136657	N
$\phi \cdot V_s = V_u - \phi \cdot V_c =$		---	N
$V_s =$		---	N
Diameter tul. yang digunakan, D	---	Ambil jarak arah Y	---
Luas tulangan geser,	$A_v = \pi / 4 * D^2 * b / S_y =$	---	mm <sup>2</sup>
Jarak tulangan geser yang diperlukan ( arah X ) :			
$S_x = A_v * f_y * d / V_s =$		---	mm
Digunakan tulangan,	D ---	Jarak arah X	---
		Jarak arah Y	---

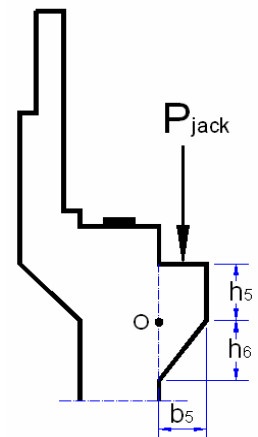
> Vu Tdk. Perlu tul.geser

## 3. CORBEL

Tebal,	$h = h_5 + h_6 =$	1.20	m
Eksentrisitas beban,	$e = b_5/2 =$	0.20	m
Lebar,	$B_y =$	9.00	m
Momen ultimit,	$M_u =$	1812.09	kNm
Gaya geser ultimit,	$V_u =$	9060.445	kN

Ditinjau selebar 1 m, maka :

$M_u =$	201.3432	kNm
$V_u =$	1006.716	kN



### 3.1. TULANGAN LENTUR

Momen rencana ultimit,	$M_u =$	201.34	kNm
Mutu beton, K - 250	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	20.75 MPa
Mutu baja, U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Tebal beton,	$h =$	1200	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	150	mm
Modulus elastis baja,	$E_s =$	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	$\beta_1 =$	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / ( 600 + f_y ) =$			
0.0233			
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [ 1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / ( 0.85 * f'_c ) ] =$			
5.49805			
Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80	

Tebal efektif,	$d = h - d' =$	1050	mm
Lebar yang ditinjau,	$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	251.68	kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	0.22828	

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [ 1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / ( 0.85 * f_c' ) } ] =$	0.00059
Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 0.50 / f_y =$	0.00128
Rasio tulangan yang digunakan, $\rho =$	0.00128
Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho * b * d =$	1346 mm <sup>2</sup>
Luas tulangan minimum, $A_{smin} = M_u / [ \phi * f_y * ( d - e/2 ) ] =$	679 mm <sup>2</sup>
Luas tulangan yang digunakan, $A_s =$	1346 mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 22 mm
Jarak tulangan yang diperlukan, $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	282.384 mm
Digunakan tulangan,	D 22 - 200
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$	1901 mm <sup>2</sup>

Untuk tulangan bagi diambil 50% tulangan pokok.

	$A_s' = 50\% * A_s =$	673	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	$D$	13	mm
Jarak tulangan yang diperlukan,	$s' = \pi / 4 * D^2 * b / A_s' =$	197.202	mm
Digunakan tulangan,	$D$	13	- 150
	$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s' =$	885	mm <sup>2</sup>

### 3.2. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit,	$V_u =$	1006716	N
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.60	
$V_u * d / M_u =$	5.25	>1 maka diambil = 1.00	
$\rho = A_s / (b * d) =$	0.18%		
$V_c = [\sqrt{f'_c} + 120 * \rho * V_u * d / M_u] * b * d / 7 =$	715865	N	
$V_c = 1/6 * (\sqrt{f'_c}) * b * d =$	797163	N	
Diambil,	$V_c =$	715865	N
$\phi * V_c =$	429519	N	< Vu Perlu tul.geser
$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c =$	577197	N	
$V_s =$	961995	N	
Diameter tul. yang digunakan, $D$	16	Ambil jarak arah Y	400 mm

Luas tulangan geser,  $A_v = \pi / 4 * D^2 * b / S_y = 502.65 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan geser yang diperlukan ( arah X ) :

$$S_x = A_v * f_y * d / V_s = 213.97 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan,

D 16

Jarak arah X 200 mm

Jarak arah Y 400 mm

## 4. WING WALL

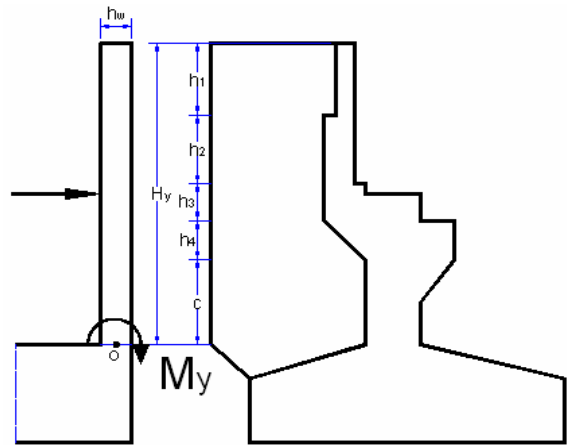
### 4.1. TINJAUAN WING WALL ARAH VERTIKAL

Tebal,	$h = h_w =$	0.50	m
Lebar arah x,	$H_x =$	3.80	m
Lebar arah y,	$H_y =$	4.60	m
Momen ultimit,	$M_u = M_{uy} =$	677.09	kNm
Gaya geser ultimit,	$V_u =$	762.43	kN

Ditinjau selebar 1 m, maka :

$$M_u = 178.1823 \text{ kNm}$$

$$V_u = 43.61746 \text{ kN}$$



#### 4.1.1. TULANGAN LENTUR

Momen rencana ultimit,	$M_u =$	178.18	kNm
Mutu beton, K - 250	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	20.75 MPa
Mutu baja, U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Tebal beton,	$h =$	500	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	45	mm
Modulus elastis baja,	$E_s =$	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	$\beta_1 =$	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / ( 600 + f_y ) = 0.0233$			
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [ 1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / ( 0.85 * f'_c ) ] = 5.49805$			
Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80	
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.75	
Tebal efektif,	$d = h - d' =$	455	mm
Lebar yang ditinjau,	$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	222.73	kNm



Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n \cdot 10^{-6} / (b \cdot d^2) =$	1.07585	$R_n < R_{max}$ (OK)
-----------------------	---	---------	----------------------

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 \cdot f'_c / f_y \cdot [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot R_n / (0.85 \cdot f'_c)}] =$	0.00285
---	---------

Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 0.50 / f_y =$	0.00128
-------------------------	-----------------------------	---------

Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00285
--------------------------------	----------	---------

Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho \cdot b \cdot d =$	1296	mm <sup>2</sup>
--------------------------------	--------------------------------	------	-----------------

Diameter tulangan yang digunakan,	D 16	mm
-----------------------------------	------	----

Jarak tulangan yang diperlukan,	$s = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s =$	155.144	mm
---------------------------------	---	---------	----

Tulangan arah vertikal pada sisi dalam Wing wall :

Digunakan tulangan,	D 16	-	150
---------------------	------	---	-----

$$A_s = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / s = 1340 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut diambil 50% tulangan pokok.

$$A_s' = 50\% \cdot A_s = 648 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,	D 13	mm
-----------------------------------	------	----

Jarak tulangan yang diperlukan,	$s' = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s' =$	204.839	mm
---------------------------------	---	---------	----

Tulangan arah vertikal pada sisi luar Wing wall :

Digunakan tulangan,	D 13	-	150
---------------------	------	---	-----

$$A_s' = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / s' = 885 \text{ mm}^2$$

#### 4.1.2. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit,	$V_u =$	43617	N
$V_c = 1/6 \cdot (\sqrt{f'_c}) \cdot b \cdot d =$		345437	N
$\phi \cdot V_c =$		259078	N
$\phi \cdot V_s = V_u - \phi \cdot V_c =$		---	N
$V_s =$		---	N

> Vu Tdk. Perlu tul.geser

Diameter tul. yang digunakan, D	-	Ambil jarak arah Y	-	mm
---------------------------------	---	--------------------	---	----

Luas tulangan geser,	$A_v = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / S_y =$	-	mm <sup>2</sup>
----------------------	---	---	-----------------

Jarak tulangan geser yang diperlukan ( arah X ) :

$$S_x = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s = \text{---} \text{ mm}$$

Digunakan tulangan,	D -	Jarak arah X	-	mm
---------------------	-----	--------------	---	----

Jarak arah Y	-	mm
--------------	---	----

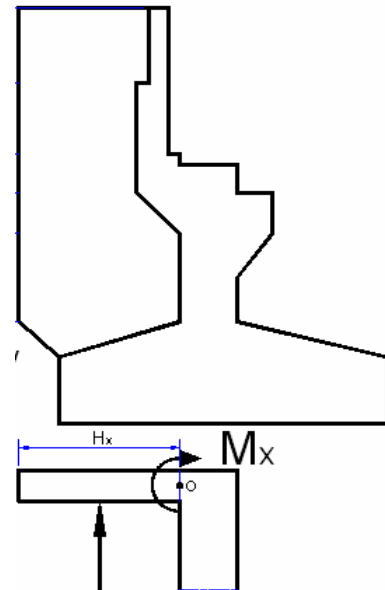
## 4.2. TINJAUAN WING WALL ARAH HORIZONTAL

Tebal,	$h = h_w =$	0.50	m
Lebar arah x,	$H_x =$	3.80	
Lebar arah y,	$H_y =$	4.60	m
Momen ultimit,	$M_u = M_{ux} =$	668.67	kNm
Gaya geser ultimit,	$V_u =$	762.43	kN

Ditinjau selebar 1 m, maka :

$$M_u = 145.3622 \text{ kNm}$$

$$V_u = 43.61746 \text{ kN}$$



### 4.2.1. TULANGAN LENTUR

Momen rencana ultimit,	$M_u =$	145.36	kNm
Mutu beton, K - 250	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	20.75 MPa
Mutu baja, U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Tebal beton,	$h =$	500	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,	$d' =$	50	mm
Modulus elastis baja,	$E_s =$	2.0E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,	$\beta_1 =$	0.85	
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.0233$			
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] = 5.49805$			
Faktor reduksi kekuatan lentur,	$\phi =$	0.80	
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	0.75	
Tebal efektif,	$d = h - d' =$	450	mm
Lebar yang ditinjau,	$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana,	$M_n = M_u / \phi =$	181.70	kNm
Faktor tahanan momen,	$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	0.89730	$R_n < R_{max} \text{ (OK)}$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] = 0.00236$			
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 0.50 / f_y =$	0.00128	
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$	0.00236	
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d =$	1063	mm <sup>2</sup>

Diameter tulangan yang digunakan,

D 16 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 189.126 \text{ mm}$$

Tulangan arah horisontal pada sisi dalam Wing wall :

Digunakan tulangan,

D 16 - 150

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 1340 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut diambil 30% tulangan pokok.

$$A_s' = 50\% * A_s = 532 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

D 13 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s' = \pi / 4 * D^2 * b / A_s' = 249.705 \text{ mm}$$

Tulangan arah horisontal pada sisi luar Wing wall :

Digunakan tulangan,

D 13 - 150

$$A_s' = \pi / 4 * D^2 * b / s' = 885 \text{ mm}^2$$

#### 4.2.2. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit,	$V_u =$	43617	N
$V_c = 1/6 * (\sqrt{f_c'}) * b * d =$		341641	N
$\phi.V_c =$		256231	N
$\phi.V_s = V_u - \phi.V_c =$		---	N
$V_s =$		---	N

>  $V_u$  Tdk. Perlu tul.geser

Diameter tul. yang digunakan, D

- Ambil jarak arah Y

Luas tulangan geser,

$$A_v = \pi / 4 * D^2 * b / S_y = - \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan ( arah X ) :

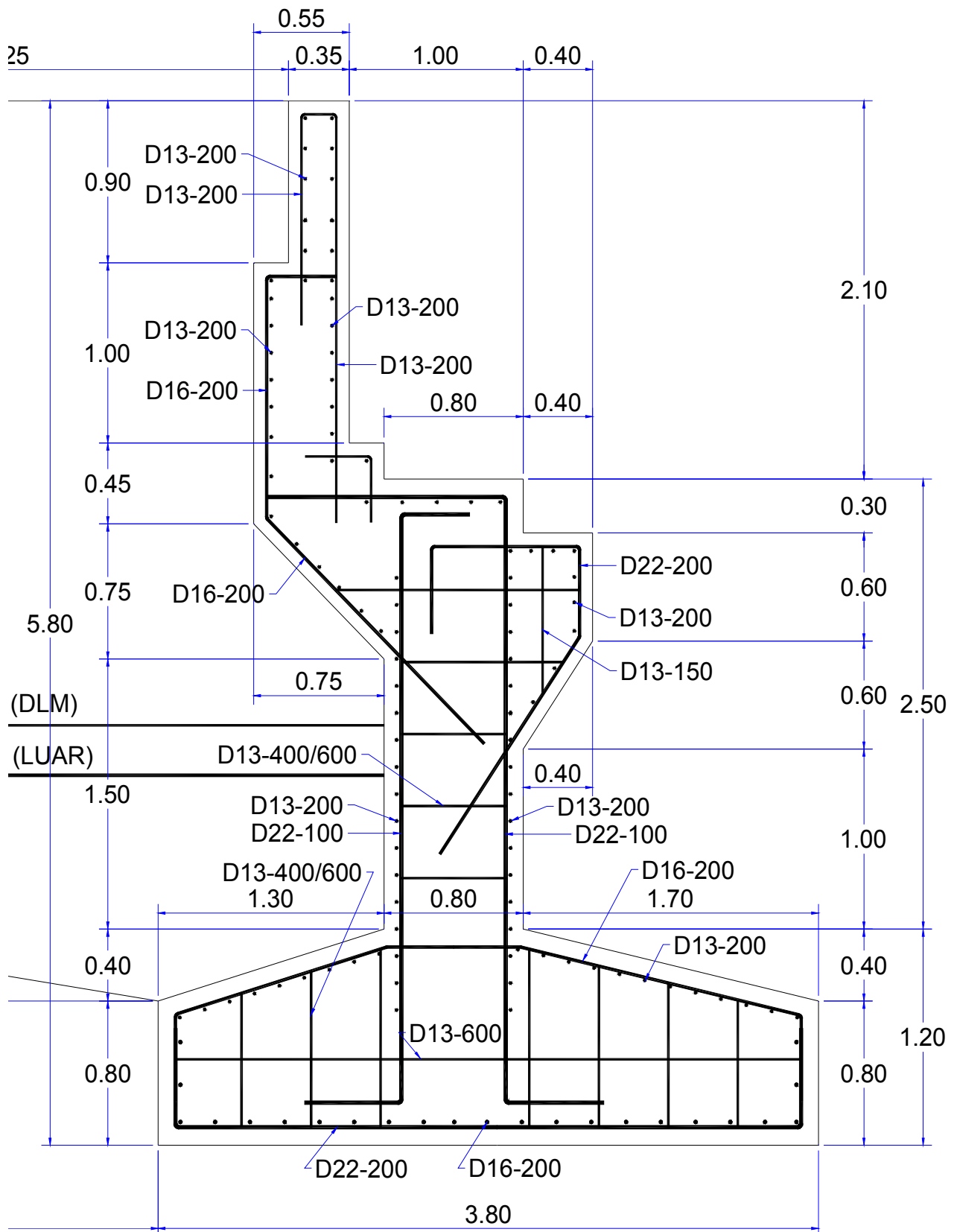
$$S_x = A_v * f_y * d / V_s = - \text{ mm}$$

Digunakan tulangan,

D -

Jarak arah X - mm

Jarak arah Y - mm



PEMBESIAN ABUTMENT

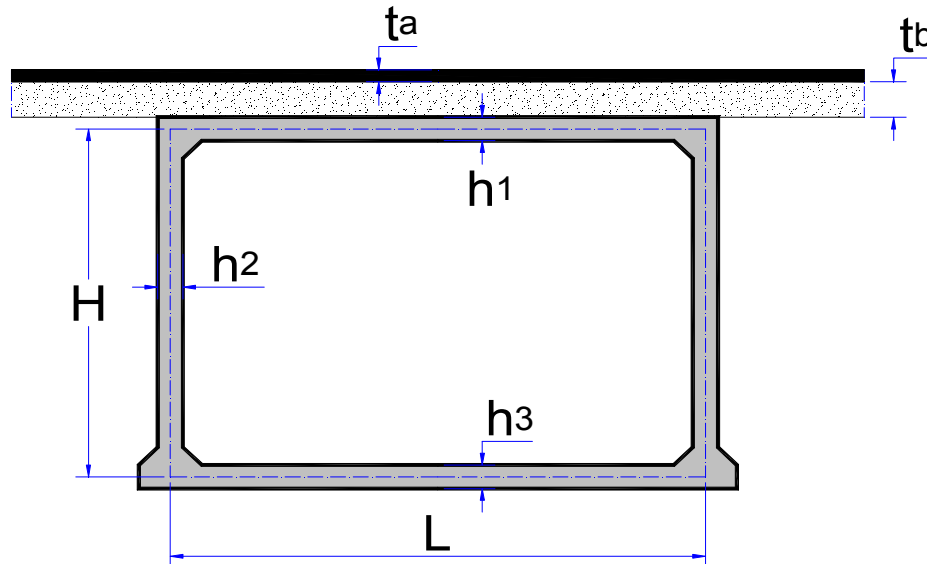


# PERHITUNGAN STRUKTUR UNDER PASS

GEJAYAN FLY OVER YOGYAKARTA

[C]2008 :MNI-EC

## A. DATA UNDER PASS



Tebal lapisan aspal + over lay	$t_a =$	0.10	m
Tebal base course	$t_b =$	0.60	m
Tinggi genangan air hujan	$t_h =$	0.05	m
Tebal plat atas	$h_1 =$	0.50	m
Tebal plat dinding	$h_2 =$	0.50	m
Tebal plat bawah	$h_3 =$	0.50	m
Lebar under pass	$L =$	8.50	m
Tinggi under pass	$H =$	6.00	m

## B. BAHAN STRUKTUR

<b>Mutu beton :</b>	<b>K - 300</b>		
Kuat tekan beton	$f'_c = 0.83 * K / 10 =$	24.90	MPa
Modulus elastik	$E_c = 0.043 * (w_c)^{1.5} * \sqrt{f'_c} =$	26821	MPa
Angka poisson	$\nu =$	0.2	
Modulus geser	$G = E_c / [2 * (1 + \nu)] =$	11175	MPa
Koefisien muai panjang untuk beton,	$\alpha =$	1.0E-05	/ °C

<b>Mutu baja :</b>		
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing > 12 \text{ mm}$ :	U - 39	
Tegangan leleh baja,	$f_y = U \cdot 10 =$	390 MPa
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing \leq 12 \text{ mm}$ :	U - 24	
Tegangan leleh baja,	$f_y = U \cdot 10 =$	240 MPa

<b>Specific Gravity</b>		kN/m <sup>3</sup>
Berat beton bertulang	$w_c =$	25.00
Berat beton tidak bertulang (beton rabat)	$w'_c =$	24.00
Berat base course	$w_b =$	20.00
Berat aspal padat	$w_a =$	22.00
Berat jenis air	$w_w =$	9.80
Berat tanah dipadatkan	$w_s =$	17.20

## I. ANALISIS BEBAN

### 1. BERAT SENDIRI (MS)

Faktor beban ultimit :  $K_{MS} = 1.3$

Ditinjau struktur under pass selebar,

Tebal plat atas,

Tebal plat dinding,

Tinggi plat dinding,

Berat beton bertulang,

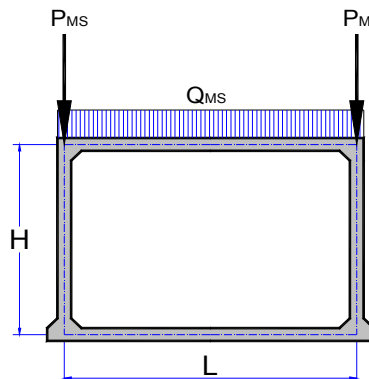
Berat sendiri plat atas,

Berat sendiri plat dinding,

$b =$	1.00	m
$h_1 =$	0.50	m
$h_2 =$	0.50	m
$H =$	6.00	m
$w_c =$	25.00	kN/m <sup>3</sup>

$$Q_{MS} = b \cdot h_1 \cdot w_c = 12.50 \text{ kN/m}$$

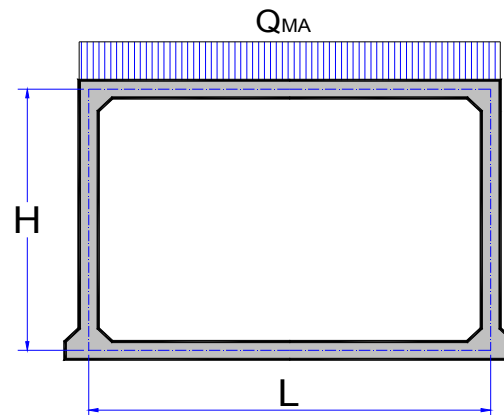
$$P_{MS} = b \cdot h_{12} \cdot H \cdot w_c = 75.00 \text{ kN}$$



## 2. BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)

Faktor beban ultimit :  $K_{MA} = 2.0$

NO	JENIS	TEBAL (m)	BERAT (kN/m <sup>3</sup> )	BEBAN kN/m
1	Lapisan aspal	0.10	22.00	2.200
2	Air hujan	0.05	9.80	0.490
3	Base course	0.60	20.00	12.000
Beban mati tambahan :				$Q_{MA} = 14.690$ kN/m



## 3. BEBAN TRUK "T" (TT)

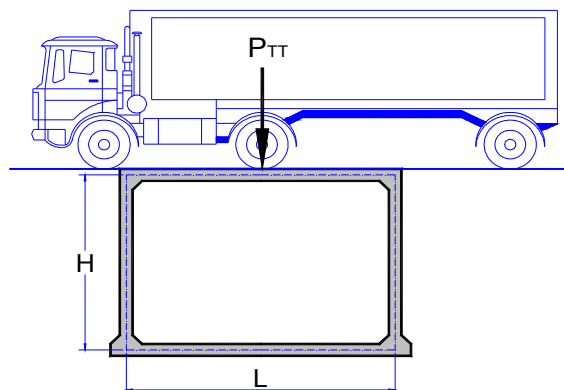
Faktor beban ultimit :  $K_{TT} = 2.0$

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh Truk (beban T) yang besarnya,

$$T = 100 \text{ kN}$$

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,  $DLA = 0.3$

$$\text{Beban truk "T" : } P_{TT} = (1 + DLA) * T = 130.000 \text{ kN}$$





#### 4. TEKANAN TANAH (TA)

Faktor beban ultimit :

$$K_{TA} = 1.25$$

Berat tanah dipadatkan,

$$w_s = 17.20 \text{ kN/m}^3$$

Sudut gesek dalam,

$$\phi = 35^\circ$$

Kohesi,

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

Faktor reduksi untuk sudut gesek dalam,

$$K_\phi^R = 0.7$$

$$\phi' = \tan^{-1} (K_\phi^R * \tan \phi) = 0.455733 \text{ rad} = 26.112^\circ$$

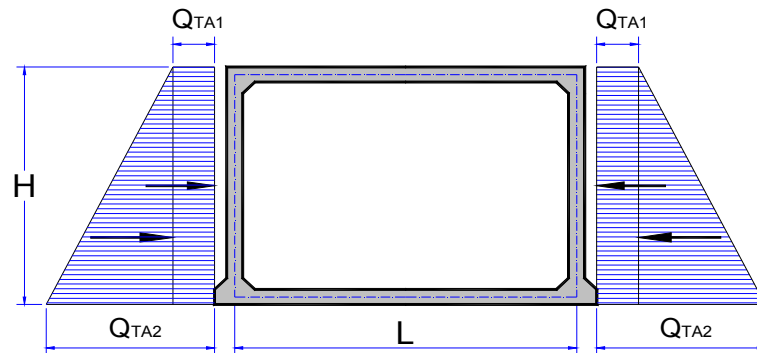
Koefisien tekanan tanah aktif,

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi' / 2) = 0.388773$$

Beban tekanan tanah pada plat dinding,

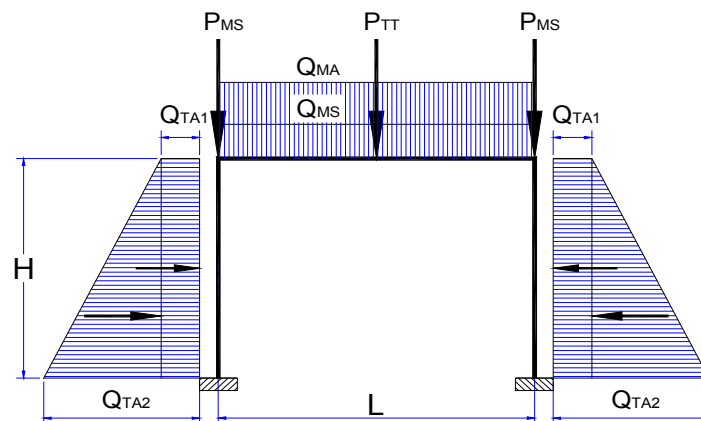
$$Q_{TA1} = Q_{MA} * K_a = 5.711 \text{ kN/m}$$

$$Q_{TA2} = Q_{TA1} + H * \gamma * K_a = 12.398 \text{ kN/m}$$



#### 5. ANALISIS MEKANIKA STRUKTUR

Analisis mekanika struktur dilakukan dgn komputer menggunakan Program SAP2000 dengan pemodelan Portal -2D untuk mendapatkan nilai momen, gaya aksial, dan gaya geser. Hasil analisis dapat dilihat pada halaman berikutnya



## 6. GAYA AKSIAL, MOMEN, DAN GAYA GESER ULTIMIT

Hasil Analisis Portal Under Pass dengan SAP2000

<b>TABLE: Element Forces - Frames</b>						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0	COMB1	Combination	-388.115	-52.729	-145.393
1	3	COMB1	Combination	-388.115	-92.952	76.2645
1	6	COMB1	Combination	-388.115	-120.634	399.779
2	0	COMB1	Combination	-388.115	52.729	145.3925
2	3	COMB1	Combination	-388.115	92.952	-76.2645
2	6	COMB1	Combination	-388.115	120.634	-399.779
3	0	COMB1	Combination	-120.634	-310.115	-399.779
3	0.47	COMB1	Combination	-120.634	-290.102	-258.061
3	0.94	COMB1	Combination	-120.634	-270.089	-125.794
3	1.42	COMB1	Combination	-120.634	-250.077	-2.9765
3	1.89	COMB1	Combination	-120.634	-230.064	110.39
3	2.36	COMB1	Combination	-120.634	-210.051	214.306
3	2.83	COMB1	Combination	-120.634	-190.038	308.7716
3	3.31	COMB1	Combination	-120.634	-170.026	393.7867
3	3.78	COMB1	Combination	-120.634	-150.013	469.3513
3	4.25	COMB1	Combination	-120.634	-130	535.4654
3	4.25	COMB1	Combination	-120.634	130	535.4654
3	4.72	COMB1	Combination	-120.634	150.013	469.3513
3	5.19	COMB1	Combination	-120.634	170.026	393.7867
3	5.67	COMB1	Combination	-120.634	190.038	308.7716
3	6.14	COMB1	Combination	-120.634	210.051	214.306
3	6.61	COMB1	Combination	-120.634	230.064	110.39
3	7.08	COMB1	Combination	-120.634	250.077	-2.9765
3	7.56	COMB1	Combination	-120.634	270.089	-125.794
3	8.03	COMB1	Combination	-120.634	290.102	-258.061
3	8.5	COMB1	Combination	-120.634	310.115	-399.779

Momen ultimit rencana untuk plat atas,

$$M_u = 535.465 \text{ kNm}$$

Untuk plat dinding,

$$P_u = 388.115 \text{ kN}$$

$$M_u = 399.779 \text{ kNm}$$

## 7. PEMBESIAN PLAT ATAS

Momen rencana ultimit slab,		$M_u =$	535.465	kNm
Mutu beton :	K - 300	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.90 MPa
Mutu baja :	U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 MPa
Tebal slab beton,		$h =$	500	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	45	mm
Modulus elastis baja,		$E_s =$	2.00E+05	
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,		$\beta_1 =$	0.85	
		$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f'_c / f_y * 600 / (600 + f_y) =$	0.027957	
		$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f'_c)] =$	6.597664	
Faktor reduksi kekuatan lentur,		$\phi =$	0.80	
Momen rencana ultimit,		$M_u =$	535.465	kNm
Tebal efektif slab beton,		$d = h - d' =$	455	mm
Ditinjau slab beton selebar 1 m,		$b =$	1000	mm
Momen nominal rencana,		$M_n = M_u / \phi =$	669.332	kNm
Faktor tahanan momen,		$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) =$	3.23310	

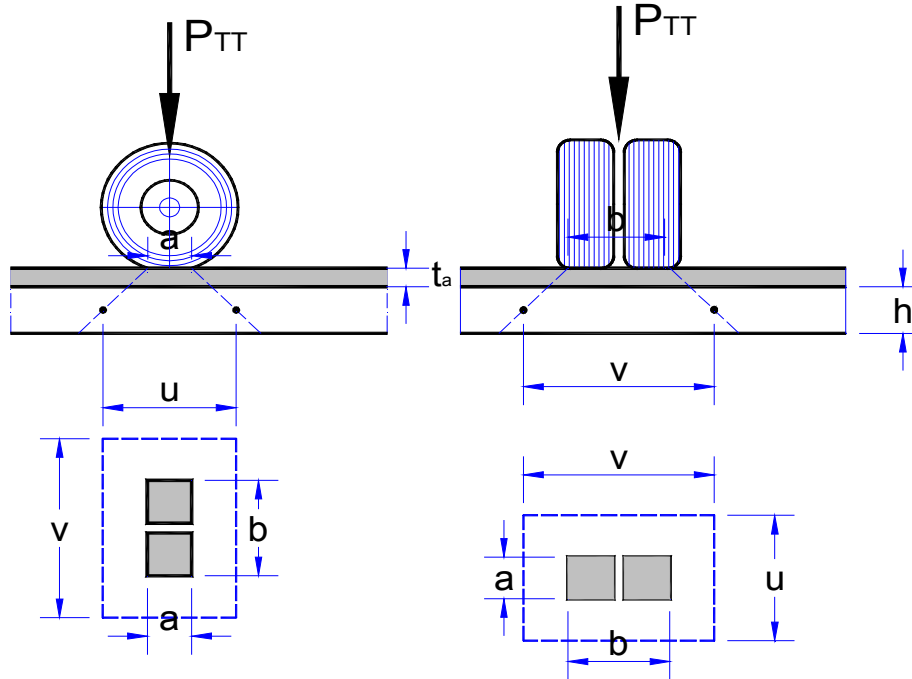
$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] =$	0.00904	
Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 25\% * (1.4 / f_y) =$	0.00090	
Rasio tulangan yang digunakan, $\rho =$	0.00904	
Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho * b * d =$	4114.79	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 25	mm
Jarak tulangan yang diperlukan, $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	119.295	mm
Digunakan tulangan,		<b>D 25 - 100</b>
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$		4909 mm <sup>2</sup>

Tulangan bagi diambil 30% tulangan pokok, $A_s' = 30\% * A_s =$	1234	mm <sup>2</sup>
Diameter tulangan yang digunakan,	D 16	mm
Jarak tulangan yang diperlukan, $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s =$	162.877	mm
Digunakan tulangan,		<b>D 16 - 150</b>
$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s =$		1340 mm <sup>2</sup>

## 8. KONTROL KUAT GESER PONS



Mutu Beton : K - 300	Kuat tekan beton,	$f'_c =$	24.9	MPa
Kuat geser pons yang disyaratkan,	$f_v = 0.3 * \sqrt{f'_c}$	$=$	1.497	MPa
Faktor reduksi kekuatan geser,	$\phi =$	$=$	0.60	
Beban roda truk pada slab,	$P_{TT} = 130.000$ kN	$=$	130000	N
$h =$ 0.50 m	$a =$	$=$	0.30	m
$t_a =$ 0.10 m	$b =$	$=$	0.50	m
$u = a + 2 * t_a + h =$ 1 m	$=$	$=$	1000	mm
$v = b + 2 * t_a + h =$ 1.2 m	$=$	$=$	1200	mm
Tebal efektif plat,	$d =$	$=$	455	mm
Luas bidang geser pons,	$A_v = 2 * (u + h) * d =$	$=$	2002000	mm <sup>2</sup>
Gaya geser pons nominal,	$P_n = A_v * f_v * 10^{-3} =$	$=$	2996.988	kN
Kekuatan slab terhadap geser pons,	$\phi * P_n =$	$=$	1798.193	kN
Faktor beban ultimit,	$K_{TT} =$	$=$	2.0	
Beban ultimit roda truk pada slab,	$P_u = K_{TT} * P_{TT} * 10^{-3} =$	$=$	260.000	kN
				$< \phi * P_n$
AMAN (OK)				

## 9. PEMBESIAN PLAT DINDING

Gaya aksial ultimit rencana,

Momen ultimit rencana,

Mutu Beton : K - 300 Kuat tekan beton,

Ditinjau dinding selebar 1 m,

Tebal dinding,

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$h' = h - 2 \cdot d' = 410 \text{ mm}$$

$$P_u = 388.115 \text{ kN}$$

$$M_u = 399.779 \text{ kNm}$$

$$f'_c = 24.9 \text{ MPa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$d' = 45 \text{ mm}$$

$$h' / h = 0.82$$

$$A_g = b \cdot h = 500000 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = P_u / (f'_c \cdot A_g) = 0.031174$$

$$\beta = M_u / (f'_c \cdot A_g \cdot h) = 0.064222$$

Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  diplot ke dalam diagram interaksi diperoleh,

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 1.0\%$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot h = 5000 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$$D = 25 \text{ mm}$$

Tulangan tekan dibuat sama dengan tulangan tarik :

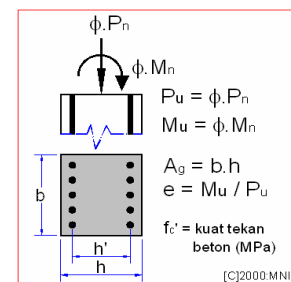
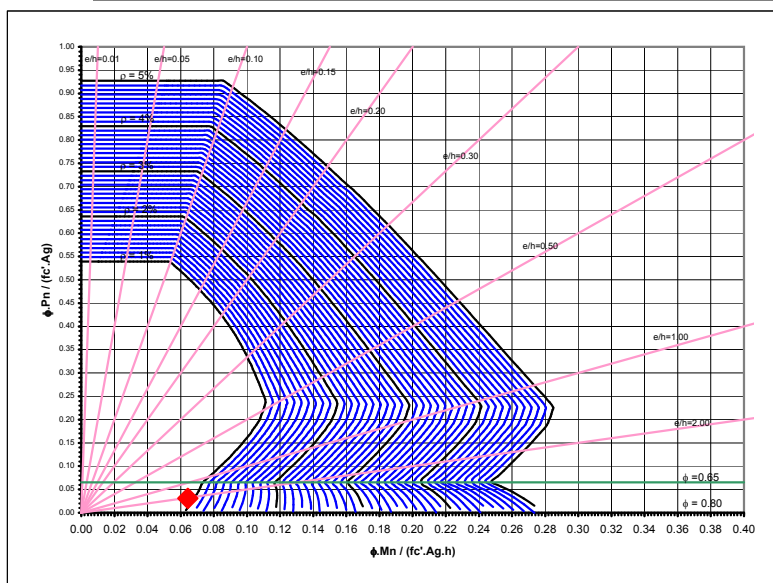
$$A_s (\text{tekan}) = A_s (\text{tarik}) = 1/2 \cdot A_s = 2500 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / (1/2 \cdot A_s) = 196 \text{ mm}$$

Digunakan :                      Juml.Lapis      dia.      Tulangan                      Jarak

Tulangan tekan,	1	D	25	-	150
Tulangan tarik,	1	D	25	-	150



$\beta$	$\alpha$
0.06422153	0.0311739

## 10. DAYA DUKUNG FONDASI

TANAH DASAR FOOTPLAT			
Berat volume tanah,	$W_s =$	16.8	kN/m <sup>3</sup>
Sudut gesek dalam,	$\phi =$	18	°
Kohesi tanah,	$C =$	0.01	kg/cm <sup>2</sup>
DIMENSI FONDASI			
Lebar fondasi	$B =$	9.00	m
Kedalaman fondasi,	$H =$	6.00	m

### 10.1. MENURUT MEYERHOFF (DATA PENGUJIAN SONDIR)

Daya dukung ijin tanah,  $q_a = q_c / 33 * [ ( B + 0.30 ) / B ]^2 * K_d$  kg/cm<sup>2</sup>  
 dan  $K_d = 1 + 0.33 * H / B \leq 1.33$

$q_c =$ nilai konus pada kedalaman H,	$q_c =$	84	kg/cm <sup>2</sup>
$B =$ Lebar fondasi footplat,	$B =$	9.00	m
$H =$ Kedalaman fondasi footplat,	$H =$	6.00	m
$K_d = 1 + 0.33 * H / B =$		1.22	
Diambil,		$K_d =$	1.22
$q_a = q_c / 33 * [ ( B + 0.30 ) / B ]^2 * K_d =$		3.316	kg/cm <sup>2</sup>
Daya dukung ijin tanah,	$q_a =$	331.5935	kN/m <sup>2</sup>

### 10.2. MENURUT BOWLES (DATA PENGUJIAN SPT)

Daya dukung ijin tanah,  $q_a = 12.5 * N * [ ( B + 0.3 ) / B ]^2 * K_d$  kN/m<sup>2</sup>  
 dan  $K_d = 1 + 0.33 * H / B \leq 1.33$

$N =$ nilai SPT hasil pengujian (pukulan/30 cm),	$N =$	21	
$B =$ Lebar fondasi footplat,	$B =$	9.00	m
$H =$ Kedalaman fondasi footplat,	$H =$	6.00	m
$K_d = 1 + 0.33 * H / B =$		1.22	
Diambil,		$K_d =$	1.22
$q_a = 12.5 * N * [ ( B + 0.3 ) / B ]^2 * K_d =$		341.9558	kN/m <sup>2</sup>

### 10.3. MENURUT TERZAGHI DAN THOMLINSON (PENGUJIAN LAB)

$$q_{ult} = 1.3 * C * N_c + \gamma * H * N_q + 0.6 * \gamma * B * N_\gamma$$

H = Kedalaman fondasi footplat,

H = 6.00 m

B = Lebar fondasi footplat,

B = 9.00 m

Parameter kekuatan tanah di dasar sumuran,

$\gamma$  = berat volume tanah,

$\gamma$  = 16.80 kN/m<sup>3</sup>

$\phi$  = sudut gesek dalam,

$\phi$  = 18 °

C = kohesi,

C = 0.01 kg/cm<sup>2</sup>

C = 1 kN/m<sup>2</sup>

Faktor daya dukung menurut Thomlinson :

$N_c = (228 + 4.3 * \phi) / (40 - \phi)$	=	14	
$N_q = (40 + 5 * \phi) / (40 - \phi)$	=	6	
$N_\gamma = (6 * \phi) / (40 - \phi)$	=	5	
$q_{ult} = 1.3 * C * N_c + \gamma * H * N_q + 0.6 * \gamma * B * N_\gamma$	=	1059	kN/m <sup>2</sup>
Angka aman,	SF =	3	
$q_a = q_{ult} / SF$	=	353.0118	kN/m <sup>2</sup>

### 10.4. KONTROL DAYA DUKUNG FONDASI

No	Uraian Kapasitas Dukung Tanah	$q_a$ (kN/m <sup>2</sup> )	
1	Pengujian Sondir (Meyerhoff)	332	
2	Pengujian SPT (Bowles)	342	
3	Pengujian Lab. Hasil boring (Terzaghi dan Thomlinson)	353	
	Daya dukung tanah terkecil,	$q_a =$ 332	kN/m <sup>2</sup>
	Diambil daya dukung ijin tanah :	$q_a =$ 330	kN/m <sup>2</sup>

Ditinjau plat dasar selebar,

b = 1.00 m

Gaya reaksi satu dinding,

$P_1 =$  388.115 kN

Beban ultimit pada tanah dasar,

$P_u = 2 * P_1 =$  776.230 kN

Panjang plat dasar,

L = 6.00 m

Tegangan ultimit pada dasar fondasi,

$Q_u = P_u / (b * L) =$  129.3717 kN/m<sup>2</sup>

<  $q_a$  (AMAN)

## 11. PEMBESIAN PLAT BAWAH

Momen ultimit rencana pada plat bawah,

$$M_u = 1/12 * Q_u * L^2 = 388.115 \text{ kNm}$$

Mutu beton :	K - 300	Kuat tekan beton,	$f_c' =$	24.90	MPa
Mutu baja :	U - 39	Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390	MPa
Tebal slab beton,		$h =$	500	mm	
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,		$d' =$	45	mm	
Modulus elastis baja,		$E_s =$	2.00E+05		
Faktor bentuk distribusi tegangan beton,		$\beta_1 =$	0.85		
$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / ( 600 + f_y ) =$			0.027957		
$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / ( 0.85 * f_c' ) ] =$			6.597664		
Faktor reduksi kekuatan lentur,		$\phi =$	0.80		
Momen rencana ultimit,		$M_u =$	388.115	kNm	
Tebal efektif slab beton,		$d = h - d' =$	455	mm	
Ditinjau slab beton selebar 1 m,		$b =$	1000	mm	
Momen nominal rencana,		$M_n = M_u / \phi =$	485.144	kNm	
Faktor tahanan momen,		$R_n = M_n * 10^{-6} / ( b * d^2 ) =$	2.34341		

$R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)}] =$				
Rasio tulangan minimum,	$\rho_{min} = 25\% * (1.4 / f_y) =$			0.00090
Rasio tulangan yang digunakan,	$\rho =$			0.00638
Luas tulangan yang diperlukan,	$A_s = \rho * b * d =$			2904.84

Diameter tulangan yang digunakan,  $D$  25 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,  $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 168.985$  mm

Digunakan tulangan, **D 25 - 150**

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 3272 \text{ mm}^2$$

Tulangan bagi diambil 30% tulangan pokok,  $A_s' = 30\% * A_s = 871$  mm<sup>2</sup>

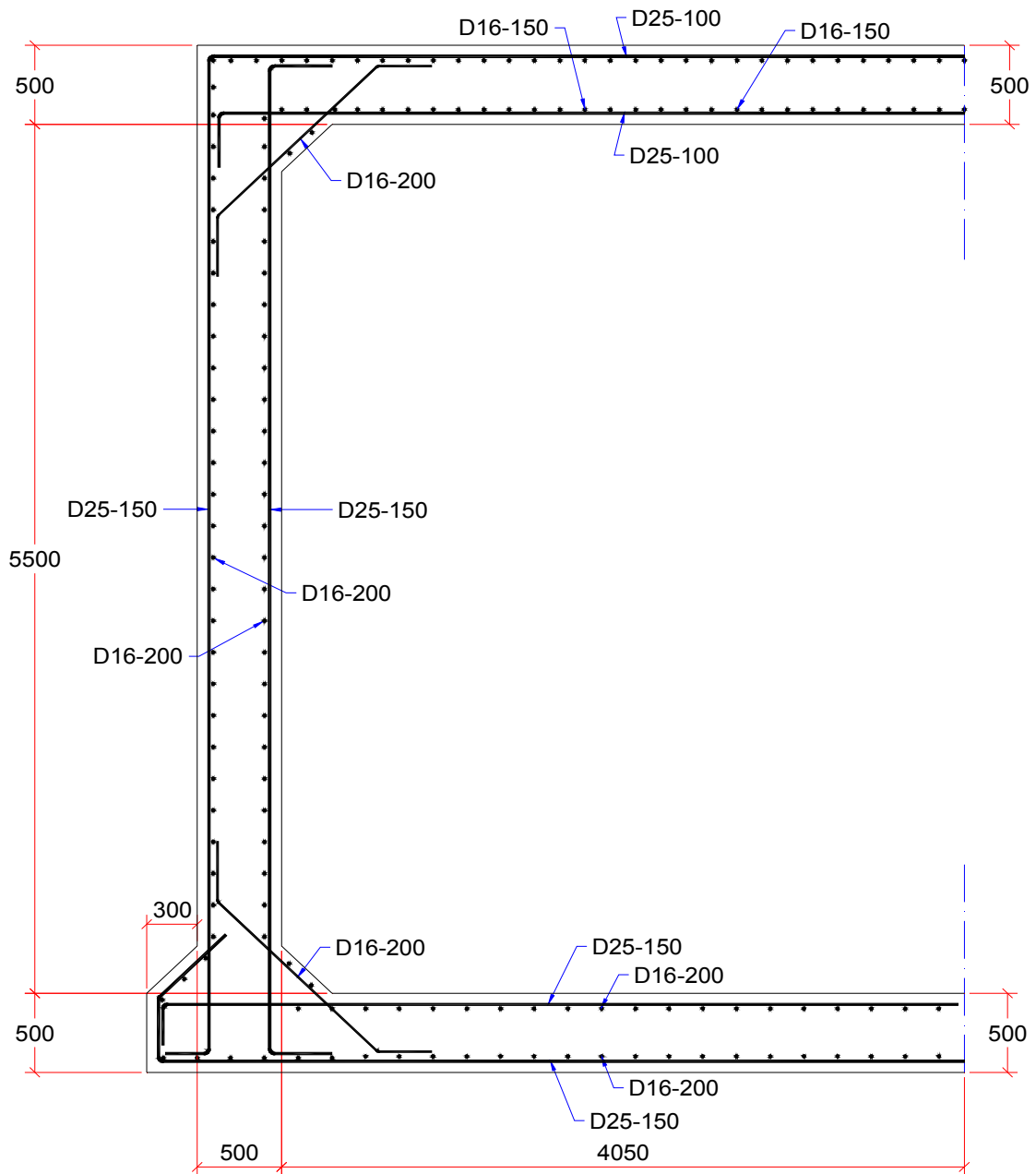
Diameter tulangan yang digunakan,  $D$  16 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,  $s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 230.721$  mm

Digunakan tulangan, **D 16 - 200**

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 1005 \text{ mm}^2$$





Pembesian Under Pass