

## BAB V

### DESAIN DAN ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH AKIBAT BEBAN GEMPA

#### 5.1. Uraian Umum

Desain dinding penahan tanah untuk kondisi gempa (dinamik) pada prinsipnya adalah sama, seperti ketika kita mendesain dinding penahan tanah untuk kondisi statis. Dalam kedua kasus itu, kemungkinan kerusakan telah diidentifikasi, dan dinding telah didesain dengan menjauhi kemungkinan kerusakan itu. Meskipun respon pada dinding penahan tanah dibawah kondisi pembebanan gempa adalah lebih kompleks daripada pembebanan statis, prosedur desain konvensional menggunakan asumsi yang sederhana, sebenarnya telah bisa mengatasi permasalahan gempa ini.

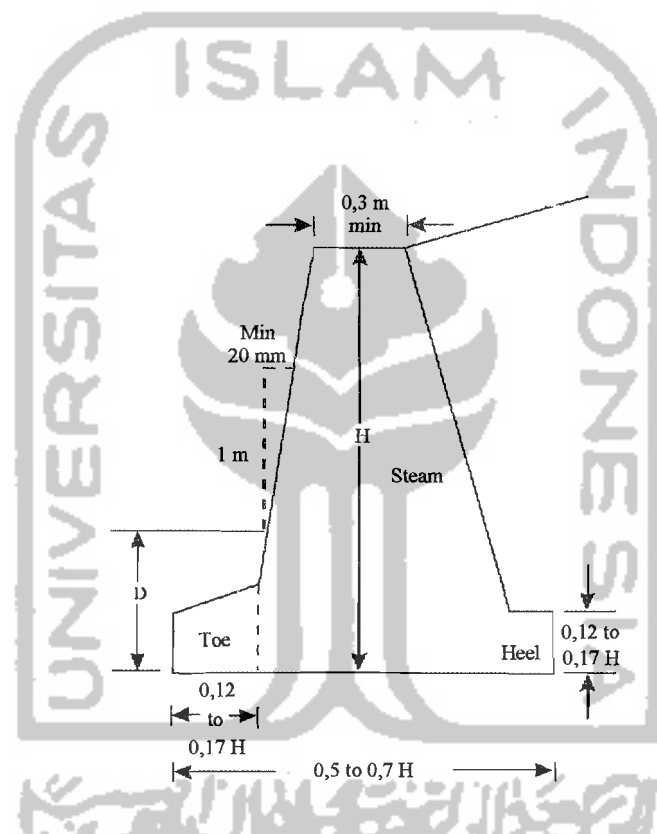
Dinding gravitasi merupakan tipe yang paling sederhana, dan perhatian yang besar telah dicurahkan untuk desain ini dibandingkan untuk mendesain tipe dinding yang lain. Meskipun prosedur dinding gravitasi diorientasikan untuk mencegah kerusakan gelincir, kemungkinan guling yang terjadi dikarenakan kerusakan daya dukung dibawah pondasi dinding juga harus dipertimbangkan dalam desain.

#### 5.2. Pendimensian Dinding Penahan Tanah

Sewaktu mendisain dinding penahan tanah, hal yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah mengasumsikan dimensi dinding. Pendimensian harus

proporsional dan dilakukan secara berulang untuk mengecek kestabilan. Jika hasil pengecekan kestabilan tidak seperti yang diinginkan, maka dimensi dapat dirubah dan dicek ulang.

Gambar 5.1. menunjukkan perbandingan yang umum terhadap variasi komponen dinding penahan tanah yang dapat digunakan untuk awal pengecekan.



Gambar 5.1. Perkiraan Dimensi dinding gravitasi untuk mengawali pengecekan kestabilan

(sesuai dengan Das,1990).

### 5.3. Data Tanah

Dalam setiap perencanaan, data yang lengkap mutlak diperlukan agar didapatkan ketepatan dan kesesuaian dengan kenyataan. Sehingga perlu dilakukan penyelidikan tanah, baik di lapangan maupun di laboratorium. Data sifat tanah

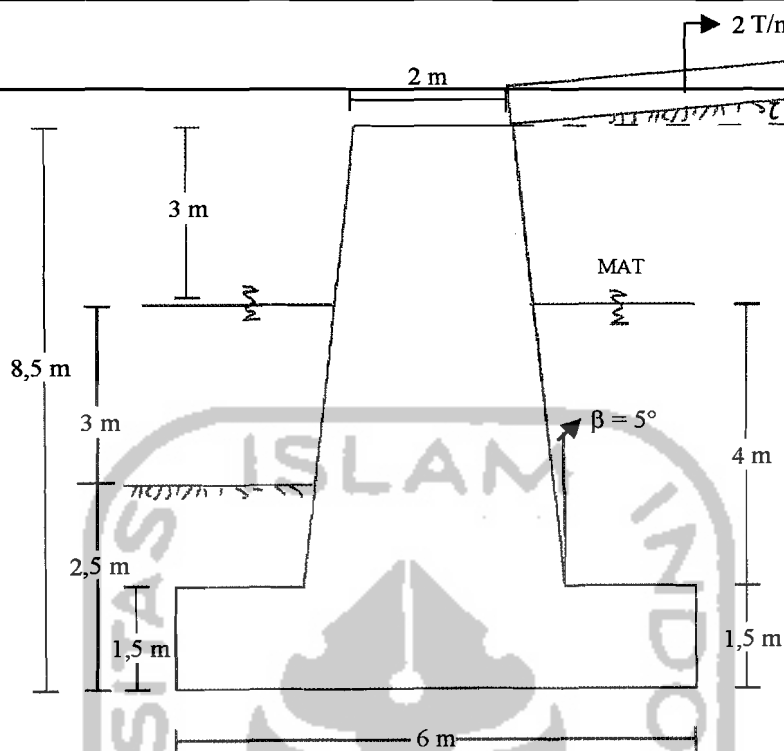
yang dibutuhkan adalah seperti sudut geser tanah, kadar air, berat jenis tanah, kohesitas tanah, porositas tanah, *specific gravity* ( $G_s$ ) dan lain sebagainya (Hardiyatmo, 1996).

Kekuatan geser dinamik pada tanah dideskripsikan dengan parameter kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) seperti yang digunakan pada analisis statik. Secara umum, nilai-nilai parameter yang diasumsikan adalah sama antara kondisi statik dan dinamik. Asumsi lain adalah bahwa angka pori tanah tidak berubah ketika gempa dan tekanan air pori berubah sebagai hasil dari efek inersia. Catatan bahwa asumsi ini mengabaikan terjadinya likuifaksi pada massa tanah. Potensi likuifaksi harus dipertimbangkan secara terpisah (Ellis et al, 1993).

Data tanah diambil dari hasil test laboratorium UGM pada tanah di Taman Tirto, Yogyakarta pada proyek pembuatan gedung ruang kuliah dan kantor administrasi fakultas pada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada titik sondir BH(SND 21) pada kedalaman 0,6 – 1,5 m. Berikut ini nilai propertis tanah hasil uji laboratorium pada Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Gajah Mada Yogyakarta adalah sebagai berikut :  $\delta = 20^\circ$  ;  $\phi = 38.31^\circ$  ;  $c = 0^\circ$  ;  $\gamma = 18.90$  KN/m<sup>3</sup> ;  $\gamma_k = 16.3$  KN/m<sup>3</sup> ;  $w = 15.61\%$  ;  $G_s = 2,75$  ;  $e = 0.71$   $S = 61.63\%$   $k_h = 0,15$   $k_v = 0,075$  ;  $a = 0,168$  g. Muka air tanah asli mempunyai kedalaman 0,4 m diasumsikan mempunyai kedalaman 3m, dikarenakan akan digunakan untuk dinding penahan tanah, sedangkan jenis tanah adalah tanah pasir.

#### 5.4. Data Perencanaan

Dinding penahan tanah dengan ketinggian 8,5 m direncanakan untuk menahan beban merata sebesar 2 t/m<sup>2</sup> menggunakan dinding tipe gravitasi dari



Gbr. 5.2. Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah

Dipakai  $\gamma$  pasangan batu =  $2,5 \text{ T/m}^3$  dan dipakai beton dengan ketentuan  $K_{125}$

## 5.5 Analisis Kestabilan Struktur

### 5.5.1. Kestabilan Internal

Dinding penahan tanah akan ditinjau kerusakannya dari dua tempat

- Kerusakan pada puncak dinding
- Kerusakan pada badan dinding

### 5.5.2. Kestabilan Eksternal

Dinding penahan tanah akan ditinjau kerusakannya dari tiga keruntuhan

- Kestabilan geser
- Kestabilan guling
- Kestabilan daya dukung

## 5.6. Desain Dinding Penahan Tanah Akibat Beban Statik

### 5.6.1 Metode Rankine

#### 1. Menghitung Koefisien Tekanan Tanah

##### a. Tekanan Tanah Aktif ( $K_a$ )

Koefisien tekanan tanah aktif dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}}$$

$$K_a = \cos 5^\circ \frac{\cos 5^\circ - \sqrt{\cos^2 5^\circ - \cos^2 38,31^\circ}}{\cos 5^\circ + \sqrt{\cos^2 5^\circ - \cos^2 38,31^\circ}}$$

$$K_a = 0,237$$

##### b. Tekanan Tanah Pasif ( $K_p$ )

$$K_p = 1/K_a = 1/0,237 = 4,22$$

Cara lain untuk mendapatkan harga  $K_a$  yaitu dengan menggunakan tabel 5.1 berikut ini

Tabel 5.1 Koefisien Tekanan Tanah Aktif, ( $K_a$ )

$i$ (deg)	$\phi$ (deg) →						
	28	30	32	34	36	38	40
0	0.361	0.333	0.307	0.283	0.260	0.238	0.217
5	0.366	0.337	0.311	0.286	0.262	0.240	0.219
10	0.380	0.350	0.321	0.294	0.270	0.246	0.225
15	0.409	0.373	0.341	0.311	0.283	0.258	0.235
20	0.461	0.414	0.374	0.338	0.306	0.277	0.250
25	0.573	0.494	0.434	0.385	0.343	0.307	0.275

Note: With  $i = \phi$ ,  $K_a = \cos i$ . So,  $i = \phi = 28^\circ$ ,  $K_a = 0.883$   
 $i = \phi = 30^\circ$ ,  $K_a = 0.866$   
 $i = \phi = 32^\circ$ ,  $K_a = 0.848$   
 $i = \phi = 34^\circ$ ,  $K_a = 0.829$   
 $i = \phi = 36^\circ$ ,  $K_a = 0.809$   
 $i = \phi = 38^\circ$ ,  $K_a = 0.788$   
 $i = \phi = 40^\circ$ ,  $K_a = 0.866$

Sedangkan untuk mendapatkan harga  $K_p$  yaitu dengan menggunakan

tabel 5.2

Tabel 5.2 Koefisien Tekanan Tanah Pasif, ( $K_p$ )

$i$ (deg)	$\phi$ (deg) →						
	28	30	32	34	36	38	40
0	2.770	3.000	3.255	3.537	3.852	4.204	4.599
5	2.715	2.943	3.196	3.476	3.788	4.136	4.527
10	2.551	2.775	3.022	3.295	3.598	3.937	4.316
15	2.284	2.502	2.740	3.003	3.293	3.615	3.977
20	1.918	2.132	2.362	2.612	2.886	3.189	3.526
25	1.434	1.664	1.894	2.135	2.394	2.676	2.987

Note: With  $i = \phi$ ,  $K_p = \cos^2 i$  So,  $i = \phi = 28^\circ$ ,  $K_p = 0.883$   
 $i = \phi = 30^\circ$ ,  $K_p = 0.866$   
 $i = \phi = 32^\circ$ ,  $K_p = 0.848$   
 $i = \phi = 34^\circ$ ,  $K_p = 0.829$   
 $i = \phi = 36^\circ$ ,  $K_p = 0.809$   
 $i = \phi = 38^\circ$ ,  $K_p = 0.788$   
 $i = \phi = 40^\circ$ ,  $K_p = 0.766$

2. Menghitung gaya aktif per unit panjang dari dinding (Pa)

$$Pa = \frac{1}{2} \cdot Ka \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$H' = H_1 + (H_2 + H_3)$$

$$= H_1 + 8,5$$

$$= 1,5 \tan 5^\circ + (8,5)$$

$$H' = 8,6312 \text{ m}$$

$$Pv = Pa \sin 5^\circ$$

$$= 1,254 \text{ T/m}$$

$$Pa = \frac{1}{2} \times 1,63 \times (H')^2 \times 0,237$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,63 \times 8,6312^2 \times 0,237$$

$$= 14,39 \text{ T/m}$$

$$Ph = Pa \cos 5^\circ$$

$$= 14,335 \text{ T/m}$$

### 3. Karakteristik Tanah

$$e = 0,71$$

$$n = \frac{e}{1+e} = \frac{0,71}{1+0,71} = 0,415$$

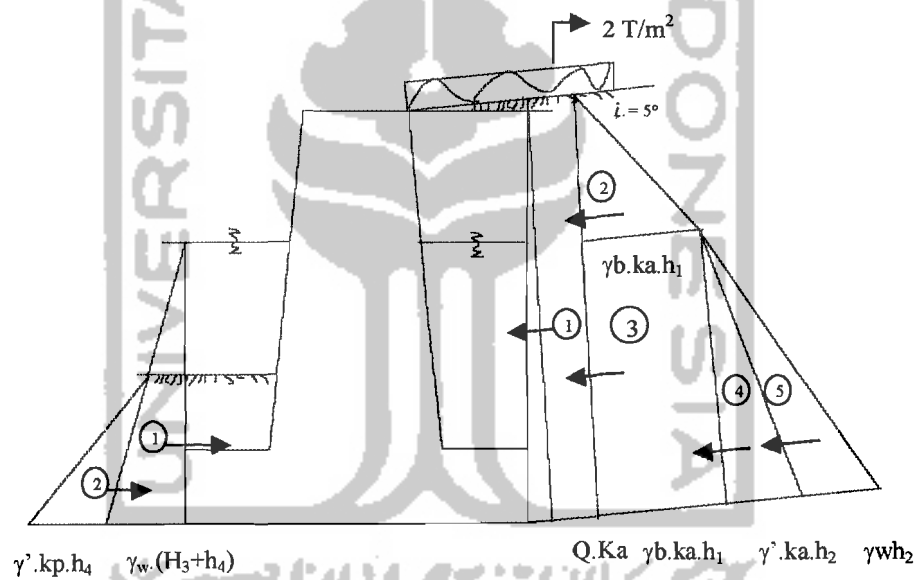
$$\gamma_k = 1,63 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_b = \gamma_k (1+w) = 1,63 (1+0,1561) = 1,884 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_k + n = 1,63 + 0,415 = 2,045 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 2,045 - 1 = 1,045 \text{ T/m}^3$$

- Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral Pada Dinding Penahan Tanah.



Gbr 5.3 Diagram Tekanan Tanah Akibat Tanah Urugan dan Beban Merata

#### 4. Tinjauan Gaya Horizontal

Tabel 5.3 Tinjauan Gaya horizontal Untuk Tanah Aktif dan Pasif

Lapisan tnh	Diagram No	$\sigma$ (T/m <sup>2</sup> )	Pa (T)	Lengan (jarak ke titik A) m	Momen Tm
Aktif	1	$Q. K_a = 2 \times 0,237 = 0,474$	$0,474 \times 8,5 = 4,029$	4,25	17,2325
	2	$\gamma_b. K_a. h_1 = 1,884 \times 0,237 \times 3 = 1,339$	$\frac{1}{2} \times 1,339 \times 3 = 2,0085$	6,5	13,055
	3	$\gamma_b. K_a. h_1 = 1,884 \times 0,237 \times 3 = 1,339$	$1,339 \times 5,5 = 7,3645$	2,75	20,25
	4	$\gamma. K_a. h_2 = 1,045 \times 0,237 \times 5,5 = 1,362$	$\frac{1}{2} \times 1,362 \times 5,5 = 3,7455$	1,833	6,866
	5	$\gamma_w. h_2 = 1 \times 5,5 = 5,5$	$\frac{1}{2} \times 5,5 \times 5,5 = 15,125$	1,833	27,724
			$\Sigma Pa = 32,2725$		$\Sigma MPa = 85,02$
Pasif	1	$\gamma_w. (h_3 + h_4) = 1 \times 5,5 = 5,5$	$\frac{1}{2} \times 5,5 \times 5,5 = 15,125$	1,833	27,724
	2	$\gamma. K_p. h_4 = 1,045 \times 4,22 \times 2,5 = 11,02475$	$\frac{1}{2} \times 11,02475 \times 2,5 = 13,781$	0,833	11,48
			$\Sigma Pp = 28,906$		$\Sigma MPp = 39,204$

##### Keterangan Diagram Tekanan Tanah Aktif

Diagram 1 berbentuk segi empat adalah akibat beban merata.

Diagram 2 berbentuk segi tiga adalah akibat beban tanah di atas muka air tanah.

Diagram 3 berbentuk segi empat adalah akibat beban di atasnya.

Diagram 4 berbentuk segi tiga adalah akibat tanah di bawah muka air tanah.

Diagram 5 berbentuk segi tiga adalah akibat air.

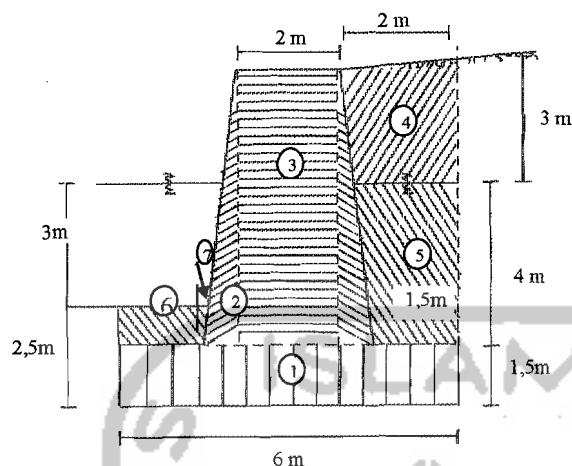
##### Keterangan Diagram Tekanan Tanah Pasif

Diagram 1 berbentuk segi tiga adalah akibat air.

Diagram 2 berbentuk segi tiga adalah akibat tanah di bawah muka air tanah.



## 5. Tinjauan Gaya Berat/ Gaya Vertikal



Diketahui  $\gamma$  pasangan batu  
 $= 2,5 \text{ T/m}^2$

Gaya berat sendiri ( $W_{bs}$ )

$$W(1) \ 6,5 \times 1,5 \times 2,5 = 22,5 \text{ T}$$

$$W(2) \ \frac{1}{2} \times 1 \times 7 \times 2,5 = 8,75 \text{ T}$$

$$W(3) \ 2 \times 7 \times 2,5 = 35 \text{ T}$$

$$W_{bs} = 66,25 \text{ T}$$

Gbr 5.4 Tinjauan Gaya Berat

Gaya Berat Akibat Tanah ( $W_{bt}$ )

$$W(4) \ 2 \times 3 \times 1,884 = 11,304 \text{ T}$$

$$W(5) \ 2 \times 4 \times 1,045 = 8,36 \text{ T}$$

$$W(6) \ 2 \times 4 \times 1,045 = 8,36 \text{ T}$$

$$W(7) \ \frac{1}{2} \times 0,143 \times 3 = 0,2145 \text{ T}$$

$$W(8) \ \frac{1}{2} \times 0,429 \times 1 = 0,2145 \text{ T}$$

$$W_{bt} = 28,453 \text{ T}$$

Gaya Berat Akibat Air ( $W_a$ )

$$W(9) \ 5,5 \times 6 = 33 \text{ T}$$

Akibat Muatan Terebagi Rata  $q = 2 \text{ T/m}^2$  ( $q$ )

$$q = 2 \times 2,5 / \cos 5^\circ$$

$$= 5,02 \text{ T}$$

$$W(\text{total}) = W_{bs} + W_{tnh} - W_{air}$$

$$= 66,25 \text{ T} + 28,453 \text{ T} - 33 \text{ T} = 61,703 \text{ T}$$

## 6. Tinjauan Terhadap Stabilitas Eksternal

### a. Tinjauan Terhadap Stabilitas Geser

$$\bullet \text{ Gaya Pendorong} = \Sigma Pa_{tnh}$$

$$= 32,2725 \text{ T}$$

$$\bullet \text{ Gaya Penahan} = V \times \frac{2}{3} \tan \phi + Pp + \frac{2}{3} \times c \cdot B$$

$$= 61,703 \times 2/3 \tan 38,31^\circ + 28,906 + 2/3 \times 0 \times 6$$

$$= 61,703 \times 0,527 + 28,906 + 0$$

$$= 61,404 \text{ T}$$

$$FS_{(sliding)} = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Pendorong}} = \frac{61,404}{32,2725} = 1,902 \geq 1,5 \text{ (Aman) !!}$$

Jadi FS hasil hitungan > FS patokan, maka konstruksi cukup stabil.

#### b. Tinjauan Terhadap Stabilitas Guling

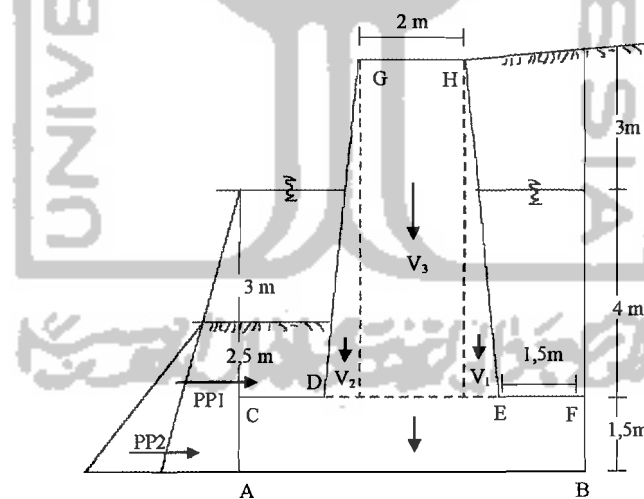
##### Momen Penahan

Terdiri dari :

- Momen Akibat Berat Sendiri

- Momen Akibat Berat Tanah

- Momen Akibat Tekanan Tanah Pasif



Gbr 5.5 Stabilitas Dinding yang Bekerja Sebagai Momen Penahan

Tabel 5.4 Stabilitas dinding yang bekerja sebagai momen penahan berdasarkan gambar 5.5 diatas

No	Gaya (T)	Jarak ke titik A (m)	Momen (Tm)
1	W1 = 22,5	3	67,5
2	W2 = 8,75	4,25	37,1875
3	W3 = 35	3	105
4	Pp1 = 15,125	1,833	27,724
5	Pp2 = 13,781	0,833	11,48
6	Wtnh 4 = 11,304	5	56,25
7	Wtnh 5 = 8,36	5	41,8
8	Wtnh 6 = 8,36	0,75	6,27
9	Wtnh 7 = 0,2145	1,677	0,35
10	Wtnh 8 = 0,2145	1,6	0,34
	$\Sigma Wb = 94,703$		$\Sigma Mp = 353,9015$

Jumlah momen gaya berat akibat beban sendiri dinding penahan tanah dan berat tanah disimbolkan dengan  $\Sigma Mwb$ .

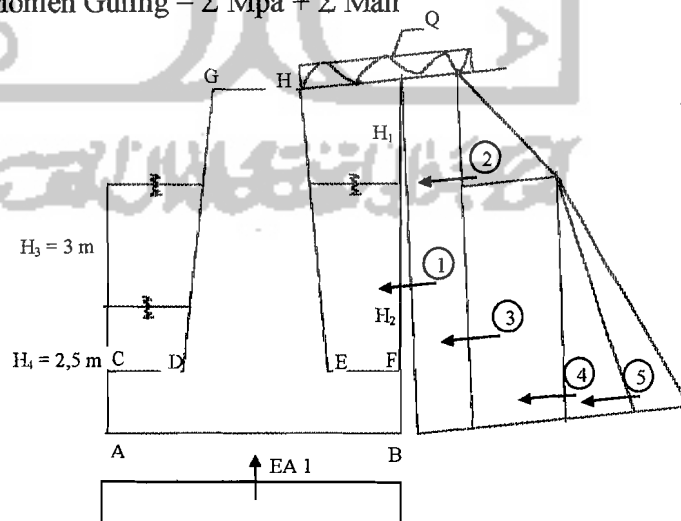
$$\begin{aligned}\Sigma Mwb &= \Sigma Mp - \Sigma Mpp \\ &= 353,9015 - 39,204 = 314,6975\end{aligned}$$

Momen Guling

Terdiri dari : • Momen Akibat Air

• Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif

$$\Sigma \text{Momen Guling} = \Sigma Mpa + \Sigma Mair$$



Gbr. 5.6 Stabilitas Dinding yang Bekerja Sebagai Momen Guling

$$H1 = \gamma_w \cdot (h_2)$$

$$W_{A1} = 5,5 \times 6 = 33 \text{ T}$$

$$= 1 \times 5,5 = 5,5 \text{ T/m}^2$$

$$H2 = \gamma_w \cdot (h_3 + h_4)$$

$$= \gamma_w \cdot (3 + 2,5) = 5,5 \text{ T/m}$$

Tabel 5.5 Stabilitas Dinding yang Bekerja Sebagai Momen Guling berdasarkan gambar 5.6

No	Gaya (T)	Jarak ke titik A (m)	Momen (Tm)
1	Pa1 = 4,029	4,25	17,12325
2	Pa2 = 2,0085	6,5	13,055
3	Pa3 = 7,3645	2,75	20,25
4	Pa4 = 3,7455	1,833	6,866
5	Pa5 = 15,125	1,833	27,724
6	W <sub>A</sub> = 33	3	99
			ΣMg = 184,02

$$FS_{(overturning)} = \frac{\text{Momen Penahan } (\Sigma Mp)}{\text{Momen guling } (\Sigma Mg)} \geq 1,5 \text{ (Syarat)}$$

$$FS_{(overturning)} = \frac{353,9015}{184,02} = 1,923 \geq 1,5 \text{ (Aman !!!)}$$

Jadi FS hasil hitungan > FS patokan, maka konstruksi cukup stabil !

#### c. Tinjauan Terhadap Daya Dukung/ Kekuatan Tanah

Tinjauan terhadap daya dukung tanah ini dapat di tinjau dari dua kondisi, yaitu :

##### • General Shear

Daya Dukung Ijin menurut Persamaan Terzaghi =

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + \gamma' \cdot d \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma$$

Nilai-nilai dari  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ , dapat diperoleh dengan persamaan-persamaan yang telah dikemukakan oleh Terzaghi berikut ini :

$$Nc = \cot \phi \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] = \cot 38,31 \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan 38,31}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{38,31}{2} \right)} - 1 \right] = 80$$

$$Nq = \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)} \right] = \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - 38,31/2) \tan 38,31}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{38,31}{2} \right)} \right] = 70$$

$$N_\gamma = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \quad K_{p\gamma} = \text{koefisien tekanan tanah pasif}$$

$$N_\gamma = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 38,31} - 1 \right) \tan 38,31 = 60$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \sigma_{ult} &= 0 \times 80 + 1,045 \times 2,5 \times 70 + 0,5 \times 1,045 \times 6 \times 60 \\ &= 370,975 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

• *Local Shear*

$$\sigma_{ult} = c' Nc' + \gamma' \cdot d \cdot Nq' + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma'$$

$$\text{Nilai dari } c' = 2/3 \cdot c$$

$$= 2/3 \times 0 = 0$$

$$\text{Nilai dari } \phi' = \tan^{-1} (2/3 \text{ tg } \phi)$$

$$= \tan^{-1} (2/3 \text{ tg } 38,31^\circ) = 27,775^\circ$$

$$\begin{aligned} Nc &= \cot \phi \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] \\ &= \cot 27,775 \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan 27,775}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{27,775}{2} \right)} - 1 \right] = 30 \end{aligned}$$

$$Nq = \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} = \frac{e^{2(3\pi/4 - 27,775/2) \tan 27,775}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{27,775}{2}\right)} = 16$$

$$N_\gamma = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \quad K_{p\gamma} = \text{koefisien tekanan tanah pasif}$$

$$N_\gamma = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 27,775} - 1 \right) \tan 27,775 = 15$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \sigma_{ult} &= 0 \times 30 + 1,045 \times 2,5 \times 16 + 0,5 \times 1,045 \times 6 \times 15 \\ &= 88,825 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya di pakai hasil yang terkecil dari kedua daya dukung ijin hasil perhitungan di atas. Dengan demikian yang di pakai adalah daya dukung ijin pada keadaan *Local Shear*, dengan  $\sigma_{ult} = 88,825 \text{ T/m}^2$ .

Tinjauan Terhadap Eksentrisitas (e)

$$\begin{aligned} \Sigma M &= \Sigma MPa - \Sigma MPp - \Sigma MGb - \Sigma MGbq - \Sigma Mga \\ &= 85,02 - 39,204 - 314,6975 - 25,1 + 99 \\ &= -194,9815 \text{ Tm (-)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma V &= \Sigma Gb - \Sigma Gba + \Sigma Gbq \\ &= 94,703 - 33 + 5,02 \\ &= 66,723 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \\ &= \frac{6}{2} - \frac{194,9815}{66,723} = 0,0778 \leq \frac{1}{6} B = 1 \end{aligned}$$

$$\sigma_{ext} = \frac{\Sigma V}{B} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

$$\sigma_{max} = \frac{66,723}{6} \left( 1 + \frac{6 \cdot 0,0778}{6} \right) = 11,9056 < \bar{\sigma}_{tih} = 19,079 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{toe} = 11,9056 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{66,723}{6} \left( 1 - \frac{6 \cdot 0,0778}{6} \right) = 10,255 \geq 0 \text{ OK !}$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_{\text{heel}} = 10,255 \text{ T/m}^2$$

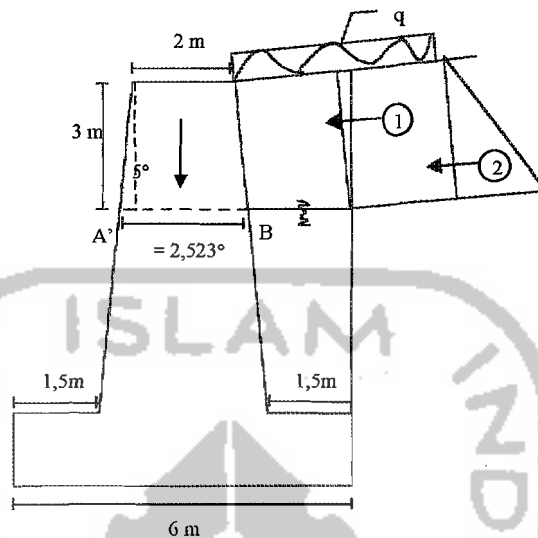
$$\begin{aligned} \text{SF} &= \frac{\sigma_{\text{ult}}}{\sigma_{\text{max}}} \\ &= \frac{88,825}{11,9056} \\ &= 7,461 \geq 3 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

Jadi konstruksi dapat dikatakan cukup aman !!



## Tinjauan Terhadap Gaya Internal

•Pot A' - B'



Gbr. 5.7 Tinjauan Terhadap Gaya Internal Pot A' - B'

$$\text{Gaya : } Pa_1 = Q \cdot Ka \cdot h_1$$

$$= 2 \times 0,237 \times 3 = 1,422 \text{ T}$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot Ka \cdot h_1^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,884 \times 0,237 \times 3^2 = 2,099 \text{ T}$$

$$\Sigma V = \text{Luas trapesium} \times \gamma \text{ (ps bt)}$$

$$\text{Luas trapesium} = \frac{(2 + 2,253)}{2} \times 3$$

$$= 6,7845 \times \gamma \text{ (ps bt)} = 6,7845 \times 2,5 = 16,96125 \text{ T}$$

$$\Sigma V = 16,96125 \text{ T}$$

Momen yang terjadi pada ttk A'

$$Ma_1 = Pa_1 \cdot 1,5 = 1,422 \times 1,5 = 2,133 \text{ Tm}$$

$$Ma_2 = Pa_2 \cdot 1 = 3,3879 \times 1 = 2,009 \text{ Tm}$$

$$\Sigma Ma = 4,142 \text{ Tm}$$

$$\Sigma Mp = V \cdot 1,2615$$

$$= 16,96125 \times 1,2615 = 21,3966 \text{ Tm}$$



$$\frac{\sum M(\text{total})}{\sum V} = \frac{\sum (Mp - Ma)}{\sum V} = \frac{(21,3966 - 4,142)}{16,96125} = 1,017 = x$$

$$e = \frac{b}{2} - x = \frac{(2,523)}{2} - 1,017 = 0,2445 \text{ m}$$

$$e = 0,2445 \text{ m} < b/6 = 0,4205 \Rightarrow \text{Mengalami desak !!!}$$

### Tinjauan Desak

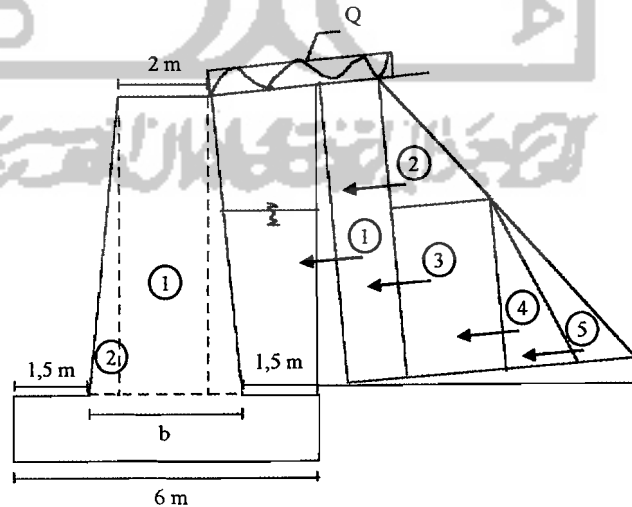
$$\begin{aligned} \sigma_{\text{dsk}} &= \frac{\sum V}{b \cdot h} + \frac{\sum M(\text{total})}{W} \leq \bar{\sigma}_{\text{dsk}} \\ &= \frac{16,9605}{2,523 \times 1} + \frac{17,2546}{\frac{1}{6} \times 2,523 \times 1} = 6,8 \text{ T/m}^2 \leq \sigma_{\text{dsk}} = 35 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

### Tinjauan Geser

$$D = Pa_1 + Pa_2 = 1,422 + 2,133 = 3,555 \text{ T}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{D}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \times \frac{3,555}{2,523 \times 1} = 2,114 < \bar{\tau} = 15 \text{ T/m}^2 \text{ (Aman!!!)}$$

### • Potongan A'' - B''



Gbr. 5.8 Tinjauan Terhadap Gaya Internal Pot A'' - B''

Tabel 5.6 Tekanan Tanah Aktif yang bekerja pada dinding Pot A'' - B''

No	$\sigma$ (T/m <sup>2</sup> )	Pa (T)
1	$Q \cdot K_a = 2 \times 0,237 = 0,474$	$0,474 \times 7 = 3,318$
2	$\gamma_b \cdot K_a \cdot h_1 = 1,884 \times 0,237 \times 3 = 1,339$	$\frac{1}{2} \times 1,339 \times 3 = 2,0085$
3	$\gamma_b \cdot K_a \cdot h_1 = 1,884 \times 0,237 \times 3 = 1,339$	$1,339 \times 4 = 5,356$
4	$\gamma \cdot K_a \cdot h_2 = 1,045 \times 0,237 \times 5,5 = 1,362$	$\frac{1}{2} \times 1,362 \times 4 = 2,724$
5	$\gamma_w \cdot h_2 = 1 \times 5,5 = 5,5$	$\frac{1}{2} \times 5,5 \times 4 = 11$
		$\Sigma Pa = 24,4065 T$

Tabel 5.7 Momen yang terjadi terhadap tdk A''

Gaya (T)	Lengan (m)	Momen (Tm)
Pa1 = 3,318	3,5	11,613
Pa2 = 2,0085	5	10,0425
Pa3 = 5,356	2	10,712
Pa4 = 2,724	1,333	3,6311
Pa5 = 11	1,333	14,663
		$\Sigma Ma = 50,6616$

$\Sigma V = \text{Luas Trapesium}$

$$\frac{(a+b)h}{2} \cdot \gamma_{psbt}$$

$$= \frac{(2+3) \times 7}{2} \times 2,5 = 43,75T$$

Momen terhadap A''

$$M_p = V \times 3$$

$$= 43,75 \times 3 = 131,25 Tm$$

$$x = \frac{\sum M \text{ total}}{\sum V} = \frac{(M_p - M_a)}{43,75} = \frac{(131,25 - 50,6616)}{43,75} = 1,842 \text{ m}$$

$$e = b/2 - x$$

$$= 3/2 - 1,842 = -0,342 < b/6 = 0,5 \Rightarrow \text{Mengalami desak !!!}$$

### Tinjauan Desak

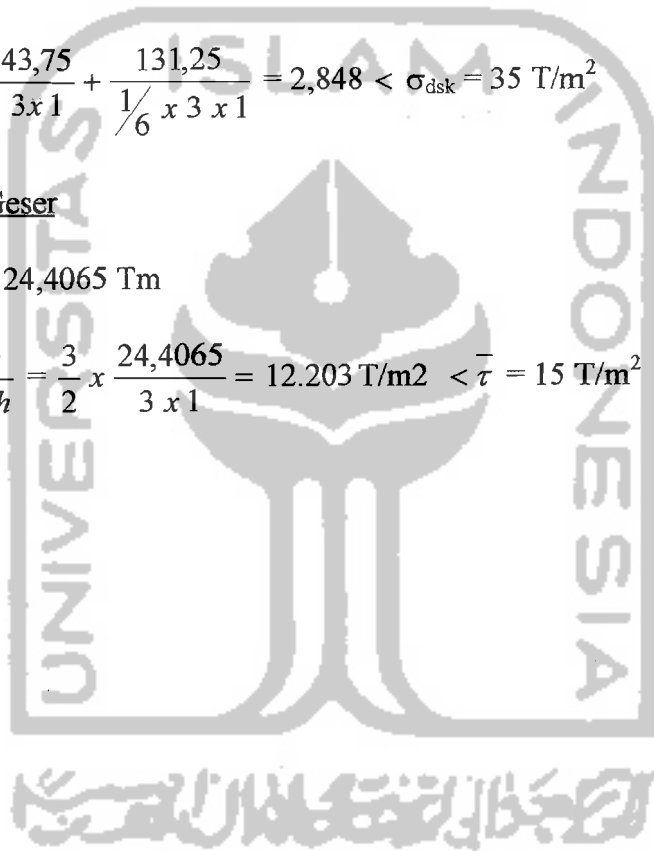
$$\sigma_{\text{dsk}} = \frac{\sum V}{b \cdot h} + \frac{\sum M(\text{total})}{W} < \bar{\sigma}_{\text{dsk}}$$

$$= \frac{43,75}{3 \times 1} + \frac{131,25}{\frac{1}{6} \times 3 \times 1} = 2,848 < \sigma_{\text{dsk}} = 35 \text{ T/m}^2$$

### Tinjauan Geser

$$D = \sum Pa = 24,4065 \text{ Tm}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{D}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \times \frac{24,4065}{3 \times 1} = 12,203 \text{ T/m}^2 < \bar{\tau} = 15 \text{ T/m}^2 \text{ (Aman!!!)}$$



## 5.6.2 Metode Coulomb

### I. Menghitung Koefisien Tekanan Tanah

#### a. Koefisien Tekanan Tanah Aktif ( $K_a$ )

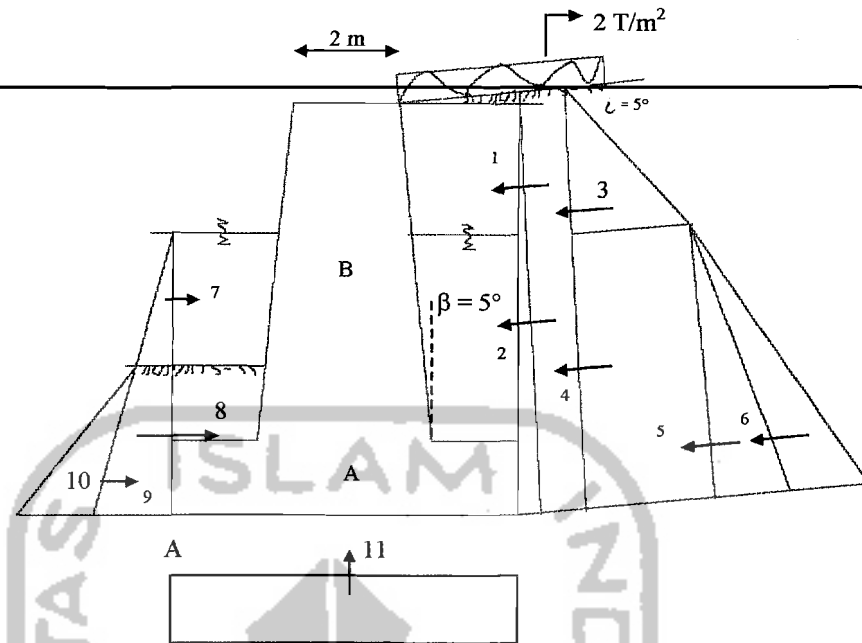
$$\begin{aligned}
 K_a &= \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - i)}{\cos(\delta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} \\
 &= \frac{\cos^2(38.31^\circ - 5^\circ)}{\cos^2(5^\circ) \cdot \cos(20^\circ + 5^\circ) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(20^\circ + 38.31^\circ) \cdot \sin(38.31^\circ - 5^\circ)}{\cos(20^\circ + 5^\circ) \cdot \cos(5^\circ - 5^\circ)}} \right]^2} \\
 &= \frac{0,6984}{0,992 \cdot 0,9063 \left[ 1 + \sqrt{\frac{0,8509 \cdot 0,5492}{0,906 \cdot 1}} \right]^2}
 \end{aligned}$$

$$K_a = 0.263$$

Karena sudut geser tanah adalah sama maka  $K_a$  juga sama untuk semua lapisan.

#### b. Koefisien Tekanan Tanah Pasif ( $K_p$ )

$$\begin{aligned}
 K_p &= \frac{\cos^2(\phi + \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta - \beta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta) \cdot \sin(\phi + i)}{\cos(\delta - \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2} \\
 &= \frac{\cos^2(38.31^\circ + 5^\circ)}{\cos^2 5^\circ \cdot \cos(20^\circ - 5^\circ) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(38.31^\circ - 20^\circ) \cdot \sin(38.31^\circ + 5^\circ)}{\cos(20^\circ - 5^\circ) \cdot \cos(5^\circ - 5^\circ)}} \right]^2} \\
 &= \frac{0,52947}{0,992 \cdot 0,9659 \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{0,31416 \cdot 0,6859}{0,965 \cdot 1}} \right]^2} \\
 &= 1.983792
 \end{aligned}$$



Gbr. 5.9 Diagram Tekanan Tanah Coulomb

Keterangan Diagram Tekanan Tanah Aktif

Diagram 1 berbentuk segi empat adalah akibat beban merata.

Diagram 2 berbentuk segi empat adalah akibat beban merata.

Diagram 3 berbentuk segi tiga adalah akibat beban tanah di atas muka air tanah.

Diagram 4 berbentuk segi empat adalah akibat tanah di atasnya sbg merata

Diagram 5 berbentuk segi tiga adalah akibat tanah

Diagram 6 berbentuk segi tiga adalah akibat air.

Keterangan Diagram Tekanan Tanah Pasif

Diagram 7 berbentuk segi tiga adalah akibat air (statis)

Diagram 8 berbentuk segi empat adalah akibat air sebagai beban merata

Diagram 9 berbentuk segi tiga adalah akibat tanah dibawah muka air tanah

Diagram 10 berbentuk segi tiga adalah akibat air (statis)

Diagram 11 berbentuk segi empat adalah akibat air dari bawah

## 2. Karakteristik Tanah

$$e = 0,71$$

$$n = \frac{e}{1+e} = \frac{0,71}{1+0,71} = 0,415$$

$$\gamma_k = 1,63 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_b = \gamma_k (1+w) = 1,63 (1+0,1561) = 1,884 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_k + n = 1,63 + 0,415 = 2,045 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 2,045 - 1 = 1,045 \text{ T/m}^3$$

## 3. Tinjauan Gaya Horizontal

Tabel 5.8 Tinjauan Gaya Horizontal Untuk Tanah Aktif

No	Tekanan Aktif Horizontal	PA (kN)	PA cos 25 (kN)	Lengan (m)	Momen PA (kN/m)
1	$Q \times K_a \times h_1 = 20 \times 0,263 \times 3$	15,786	14,3096	7	100,1488
2.	$Q \times K_a \times h_2 = 18,84 \times 0,263 \times 5,5$	28,941	26,2294	2,75	72,1309
3.	$\frac{1}{2} \times \gamma_b \times h_1^2 \times K_a =$ $\frac{1}{2} \times 18,84 \times 3^2 \times 0,263$	22,306	20,2158	6,5	131,4042
4.	$\gamma_b \times h_1 \times h_2 \times K_a =$ $18,84 \times 3 \times 5,5 \times 0,263$	81,787	74,1244	2,75	203,8422
5.	$\frac{1}{2} \times \gamma' \times h_2^2 \times K_a =$ $\frac{1}{2} \times 10,45 \times 5,5^2 \times 0,263$	41,698	37,7909	1,833	69,2833
6.	$\frac{1}{2} \times \gamma_w \times h_2^2 =$ $\frac{1}{2} \times 10 \times 5,5^2$	151,25	137,079	1,833	251,3116
			204,589		828,12

Tabel 5.9 Tinjauan Gaya Horizontal Untuk Tanah Pasif

No	Tekanan Pasif Vertikal	PP (kN)	PP Cos 25(kN)	Lengan (m)	Momen PP(kNm)
7.	$\frac{1}{2} \times \gamma_w \times h_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$	45	40,784	3,5	142,745
8.	$\gamma_w \times h_1 \times h_2 = 10 \times 2,5 \times 3$	75	67,973	1,25	84,966
9.	$\frac{1}{2} \times h_2^2 \times K_p \times \gamma'$ $\frac{1}{2} \times 2,5 \times 2,5 \times 1,984 \times 10,45$	64,957	58,873	0,833	49,061
10.	$\frac{1}{2} \times \gamma_w \times h_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 2,5^2$	31,25	28,322	0,833	23,602
		216,21	195,952		300,373

#### 4. Tinjauan Gaya Vertikal

Tabel 5.10 Tinjauan Gaya Vertikal Untuk Tanah Aktif

No	Tekanan Aktif Horizontal	PA (kN)	PA Sin 25 (kN)	Lengan (m)	Momen PA(kNm)
1.	$Q \times K_a \times h_1 = 20 \times 0,263 \times 3$	15,786	6,671	4,019	26,813
2.	$Q \times K_a \times h_2 = 18,84 \cdot 0,263 \times 5,5$	28,941	12,231	4,391	53,706
3.	$\frac{1}{2} \times \gamma_b \times h_1^2 \times K_a$ $= \frac{1}{2} \times 18,84 \times 3^2 \times 0,263$	22,306	9,4268	4,063	38,3009
4.	$\gamma_b \times h_1 \times h_2 \times K_a$ $18,84 \times 3 \times 5,5 \times 0,263$	81,787	34,5648	4,391	151,7739
5.	$\frac{1}{2} \times \gamma \times h_2^2 \times K_a$ $= \frac{1}{2} \times 10,45 \times 5,5^2 \times 0,263$	41,698	17,622	4,471	78,789
6.	$\frac{1}{2} \times \gamma_w \times h_2^2 =$ $\frac{1}{2} \times 10 \times 5,5^2$	151,25	63,921	4,471	285,791
			147,146		646,88

Tabel 5.11 Tinjauan Gaya Vertikal Untuk Tanah Pasif

No	Tekanan Pasif Vertikal	PP (kN)	PP Sin 25 (kN)	Lengan (m)	Momen PP (kNm)
7.	$\frac{1}{2} \times \gamma_w \times h_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$	45	19,018	1,675	31,854
8.	$\gamma_w \times h_1 \times h_2 = 10 \times 2,5 \times 3$	75	31,696	1,478	46,851
9.	$\frac{1}{2} \times h_2^2 \times K_p \times \gamma$ $\frac{1}{2} \times 2,5 \times 2,5 \times 1,984 \cdot 10,45$	64,957	27,452	1,442	39,577
10.	$\frac{1}{2} \times \gamma_w \times h_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 2,5^2$	31,25	13,207	1,422	19,309
		216,21	91,373		137,32

#### 5. Tinjauan Terhadap Stabilitas Eksternal

##### a. Tinjauan Geser

$$SF = \frac{(P_a \sin 25 + P_p \sin 25 + W_{pas} - V_{air statis}) \tan 2/3\phi + P_p \cos 25}{P_a \cos 25}$$

$$= \frac{(144,437 + 91,373 + 662,5 - 330) \tan 25,54 + 195,952}{309,747}$$

$$= 1,5093 \geq 1,5 \text{ (Aman)}$$

##### b. Terhadap Guling

$$SF = \frac{M_{pas}}{(-MP_a \sin 25 + MP_a \cos 25 - MP_p \cos 25 + M_{air} + MP_p \sin 25)}$$

$$= \frac{1987,5}{(-635,173 + 828,119 - 195,952 + 990 + 137,322)}$$

$$= 1,5846 \geq 1,5 \text{ (aman)}$$

### c. Terhadap Daya Dukung

Daya Dukung Ijin menurut Persamaan Terzaghi =

$Q_u = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$  sedang  $c=0$  maka persamaan menjadi

$$Q_u = q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

sedangkan  $q$  yang digunakan adalah pada bagian tanah pasif (Das, 1990)

$$\begin{aligned} \gamma_3 = \gamma' &= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w & q &= H_w \cdot \gamma_w + H_3 \cdot \gamma_3 \\ &= 20,45 - 10 & &= 3 \cdot 10 + 2,5 \cdot 10,45 \\ &= 10,45 \text{ T/m}^2 & &= 56,125 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{ult}} = c \cdot N_c + \gamma' \cdot d \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma$$

Nilai-nilai dari  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  dapat diperoleh dengan persamaan-persamaan yang telah dikemukakan oleh Terzaghi dan telah dilakukan perhitungan sebelumnya didapatkan :

$$\begin{aligned} N_c &= \cot \phi \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] \\ &= \cot 38,31 \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan 38,31}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{38,31}{2} \right)} - 1 \right] = 80 \\ N_q &= \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)} \right] = \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - 38,31/2) \tan 38,31}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{38,31}{2} \right)} \right] = 70 \end{aligned}$$



$$N_{\gamma} = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \quad K_{p\gamma} = \text{koefisien tekanan tanah pasif}$$

$$N_{\gamma} = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 38,31} - 1 \right) \tan 38,31 = 60$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \sigma_{ult} &= 0 \times 80 + 1,045 \times 2,5 \times 70 + 0,5 \times 1,045 \times 6 \times 60 \\ &= 370,975 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

• *Local Shear*

$$\sigma_{ult} = c' Nc' + \gamma' \cdot d \cdot Nq' + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma}'$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai dari } c' &= 2/3 \cdot c \\ &= 2/3 \times 0 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai dari } \phi' &= \tan^{-1} (2/3 \text{ tg } \phi) \\ &= \tan^{-1} (2/3 \text{ tg } 38,31^\circ) = 27,775^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nc &= \cot \phi \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] \\ &= \cot 27,775 \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan 27,775}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{27,775}{2} \right)} - 1 \right] = 30 \end{aligned}$$

$$Nq = \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)} \right] = \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - 27,775/2) \tan 27,775}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{27,775}{2} \right)} \right] = 16$$

$$N_{\gamma} = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \quad K_{p\gamma} = \text{koefisien tekanan tanah pasif}$$

$$N_{\gamma} = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 27,775} - 1 \right) \tan 27,775 = 15$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \sigma_{ult} &= 0 \times 30 + 1,045 \times 2,5 \times 16 + 0,5 \times 1,045 \times 6 \times 15 \\ &= 88,825 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya di pakai hasil yang terkecil dari kedua daya dukung ijin hasil

perhitungan di atas. Dengan demikian yang di pakai adalah daya dukung ijin pada keadaan *Local Shear*, dengan  $\sigma_{ult} = 88,825 \text{ T/m}^2$ .

$$Nq = \left\{ \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right\} e^{\pi \cdot \tan \phi}$$

$$Nq = \left\{ \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{38,31^\circ}{2} \right) \right\} e^{\pi \cdot \tan \phi} = 50,995$$

$$e = B/2 - \Sigma M / \Sigma V$$

$$= 6/2 - (MPa \sin 25 + MPp \cos 25 - MPa \cos 25 - MPp \sin 25 - M_{air} -$$

$$M_{pas}) / (Pa \sin 25 + Pp \sin 25 + V_{pas} - V_{air-statis})$$

$$= 3 - (635,173 + 300,373 - 828,119 - 137,322 - 990 +$$

$$1987,5) / (144,437 + 91,373 + 662,5 - 330)$$

$$= 1,2974$$

$$\sigma_{max} = 4\Sigma V / 3(B - 2e)$$

$$= \frac{4 \times (Pa \sin 25 + Pp \sin 25 + W - V_{air\ statis})}{3(B - 2e)}$$

$$= \frac{4 \times (144,437 + 91,373 + 662,5 - 330)}{3 \times (6 - 2 \times 1,2974)}$$

$$= 222,5266 \text{ KN/m}^2$$

$$= 22,527 \text{ T/m}^2$$

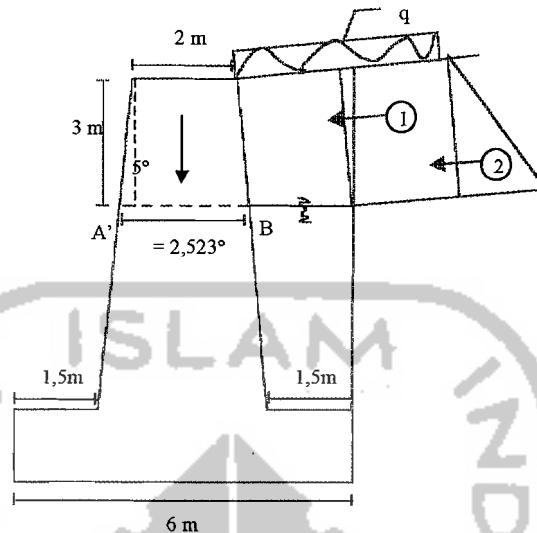
$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{max}}$$

$$= \frac{88,825}{22,527}$$

$$= 3,992 \geq 3 \text{ (aman)}$$

## 6. Tinjauan Terhadap Stabilitas Internal

## •Pot A' - B'



Gbr. 5.10 Tinjauan terhadap Gaya Internal Potongan A' - B'

Tabel 5.12 Tekanan Tanah Aktif Horizontal yang bekerja pada dinding potongan A' - B'

No	Tekanan Aktif Horizontal	$P_A$ (kN)	$P_A \cos 25$ (kN)	Jarak (m)	Momen (kN-m)
1	$q \cdot k_a \cdot h_1 = 20 \times 0,263 \times 3$	15,789	14,309	1,5	10,732
3	$\frac{1}{2} \cdot \gamma b \cdot h_1^2 \cdot k_a =$ $\frac{1}{2} \times 18,84 \times 3^2 \times 0,263$	22,309	20,219	1	10,109
			34,529		20,842

Tabel 5.13 Tekanan Tanah Aktif Vertikal yang bekerja pada dinding potongan A' - B'

No	Tekanan Aktif Vertikal	$P_A$ (kN)	$P_A \sin 25$ (kN)	Jarak (m)	Momen (kN-m)
1	$q \cdot k_a \cdot h_1 = 20 \times 0,263 \times 3$	15,789	6,6727	2,169	14,473
3	$\frac{1}{2} \cdot \gamma b \cdot h_1^2 \cdot k_a =$ $\frac{1}{2} \times 18,84 \times 3^2 \times 0,263$	22,309	9,429	2,213	20,866
			16,101		35,339

Tabel 5.14 Berat bangunan pada potongan A' - B'

No	Berat Bangunan (kN)	Jarak Thd A' (m)	Momen (kN-m)
1	150	1,262	189,370
2	19,685	1,262	24,852
	169,685		214,221

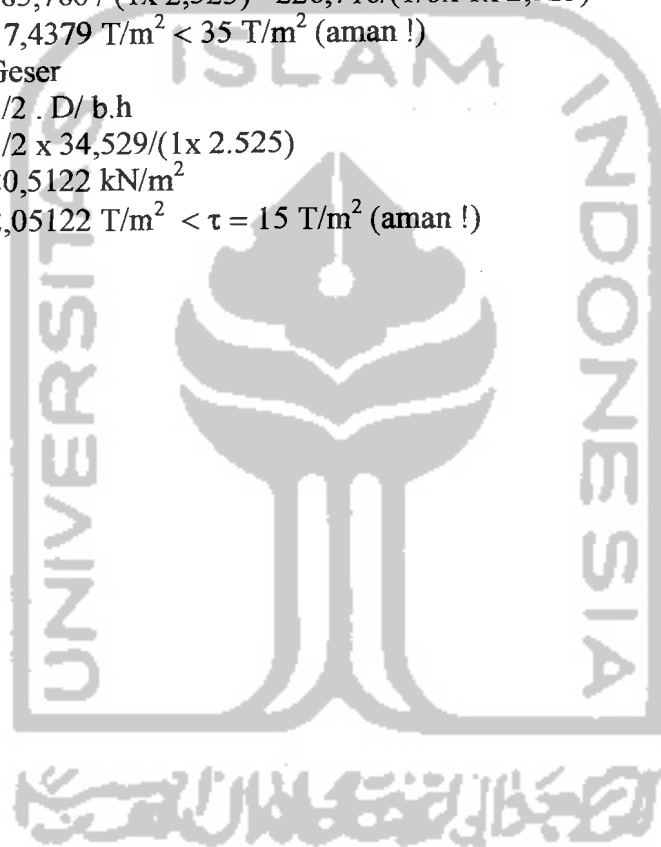
$$\begin{aligned}
 X &= M_{\text{total}} / V_{\text{total}} \\
 &= (MPa \cos 25 - MP_{\text{asin } 25} - M_{\text{pas}}) / (P_{\text{asin } 25} + W_{\text{pas}}) \\
 &= (20,842 - 35,339 - 214,221) / (16,101 + 169,685) \\
 &= -228,718 / 185,786 \\
 &= -1,231 \text{ m} \\
 e &= b/2 - x \\
 &= 2,525/2 + 1,231 \\
 &= 2,493 \text{ m } e > b/6
 \end{aligned}$$

Tinjauan desak

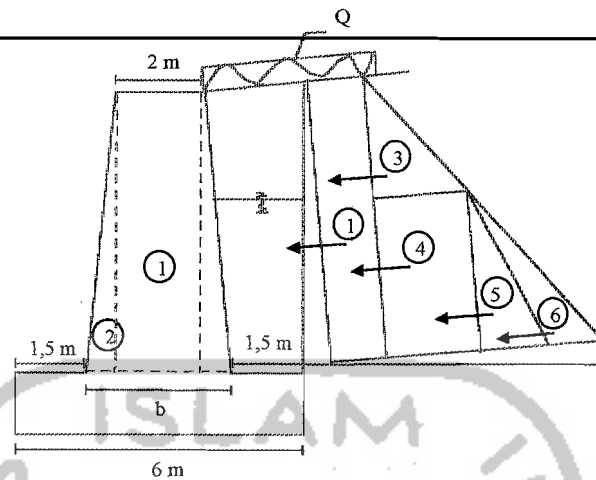
$$\begin{aligned}
 &= V_{\text{tot}} / (b \cdot h) + M_{\text{tot}} / w \\
 &= 185,786 / (1 \times 2,525) - 228,718 / (1/6 \times 1 \times 2,525) \\
 &= -7,4379 \text{ T/m}^2 < 35 \text{ T/m}^2 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$

Tinjauan Geser

$$\begin{aligned}
 &= 3/2 \cdot D / b \cdot h \\
 &= 3/2 \times 34,529 / (1 \times 2,525) \\
 &= 20,5122 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 2,05122 \text{ T/m}^2 < \tau = 15 \text{ T/m}^2 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$



## •Potongan A''-B''



Gbr. 5.11 Tinjauan Terhadap Gaya Internal Pot A'' - B''

Tabel 5.15 Tekanan Tanah Aktif Horizontal pada dinding Pot A'' - B''

No	Tekanan Aktif Horizontal	$P_A$ (kN)	$P_A \cos 25$ (kN)	Lengan (m)	Momen $P_A$ (kN-m)
1	$q \cdot k_a \cdot h_1 = 20 \times 0,263 \times 3$	15,789	14,3096	5,5	39,352
2	$q \cdot k_a \cdot h_2 = 20 \times 0,263 \times 5,5$	21,052	19,0795	2	19,079
3	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h^2 \cdot k_a$ $= \frac{1}{2} \times 18,84 \times 3^2 \times 0,263$	22,3098	20,2196	5	50,5489
4	$\gamma_b \cdot h_1^2 \cdot k_a$ $= 18,84 \times 3^2 \times 0,263$	59,493	53,9189	2	53,9189
5	$\frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot h_2^2 \cdot k_a =$ $0,5 \times 10,45 \times 5,5^2 \times 0,263$	22,059	19,992	1,333	13,323
6	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2^2 = 0,5 \times 10 \times 5,5^2$	80	72,505	1,333	48,336
			200,025		224,564

Tabel 5.16 Tekanan Tanah Pasif Horizontal pada dinding Pot A'' - B''

No	Tekanan Pasif Horizontal	$P_p$ (kN)	$P_p \cos 25$ (kN)	Lengan (m)	Momen $P_p$ (kN)
7	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_1^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$	45	40,784	2,5	101,959
8	$\gamma_w \cdot h_1 \cdot h_2 = 10 \times 1 \times 3$	30	27,189	0,5	13,595
9	$\frac{1}{2} \cdot h_2^2 \cdot K_p \cdot \gamma' =$ $\frac{1}{2} \times 1^2 \times 1,984 \times 10,45$	10,393	9,419	0,5	4,7097
10	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2$	5	4,5316	0,5	2,2658
		90,393	81,924		122,530

Tabel 5.17 Tekanan Tanah Aktif Vertikal pada dinding potongan A'' - B''

No	Tekanan Aktif Vertikal	PA (kN)	PA Sin 25 (kN)	Lengan (m)	Momen PA (kN-m)
1	$Q k_a h_1 = 20 \times 0,263 \times 3$	15,789	6,673	2,519	16,809
2	$Q k_a h_2 = 20,0,263 \times 5,5$	21,052	8,897	2,891	25,271
3	$\frac{1}{2} \gamma_b h_1^2 k_a = 0,5 \times 18,84 \times 3^2 \times 0,263$	22,309	9,4286	2,563	24,1654
4	$\gamma_b h_1 h_2 k_a = 18,84 \times 3 \times 3 \times 0,263$	59,493	25,1428	2,891	72,6878
5	$\frac{1}{2} \gamma' h_2^2 k_a = 0,5 \times 10,45 \times 5,5^2 \times 0,263$	22,059	9,322	2,971	27,697
6	$\frac{1}{2} \gamma_w h_2^2 = 0,5 \times 10 \times 5,5^2$	80	33,809	2,971	100,448
Jumlah			93,2731		267,528

Tabel 5.18 Tekanan Tanah Pasif Vertikal pada dinding potongan A'' - B''

No	Tekanan Pasif Vertikal	PP (kN)	PP Sin 25 (kN)	Lengan (m)	Momen PP (kN-m)
7	$\frac{1}{2} \gamma_w h_1^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$	45	19,018	0,175	3,328
8	$\gamma_w h_1 h_2 = 10 \times 1 \times 3$	30	12,678	-0,022	-0,2773
9	$\frac{1}{2} h_2^2 K_p \gamma' = \frac{1}{2} \times 1^2 \times 1,984 \times 10,45$	10,393	4,3923	-0,058	-0,2562
10	$\frac{1}{2} \gamma_w h_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2$	5	2,1131	-0,058	-0,1232
Jumlah		90,393	38,202		2,6709

Tabel 5.19 Berat Bangunan pada dinding potongan A'' - B''

Nomer	Berat Bangunan	Jarak Thd A	Momen
1	437,5	1,612	705,434

$$\begin{aligned}
 X &= M_{\text{total}} / V_{\text{total}} \\
 &= ((M_{pa} \cos 25 - M_{pa} \sin 25 - M_{pp} \cos 25 + M_{pp} \sin 25 - M_{pas}) / (P_a \sin 25 \\
 &\quad + P_p \sin 25 + W_{pas})) \\
 &= (224,5638 - 267,528 - 122,5297 + 2,6079) / (93,2731 + 38,2018 + \\
 &\quad 437,5) \\
 &= -162,823 / 568,975 \\
 &= -0,286 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= b/2 - x \\
 &= 3/2 + 0,286 \\
 &= 1,786 \quad c > b/6
 \end{aligned}$$

Tinjauan desak

$$\begin{aligned}
 &= V_{\text{tot}} / (b \cdot h) + M_{\text{tot}} / w \\
 &= 568,975 / (1 \times 3,225) - 162,823 / (1/6 \times 1 \times 3,225) \\
 &= 176,426 - 302,9265 \\
 &= -126,5 \text{ KN/m}^2 = -12,65 \text{ T/m}^2 < 35 \text{ T/m}^2 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$

Tinjauan Geser

$$\begin{aligned}
 &= 3/2 \cdot D / b \cdot h \\
 &= 3/2 \times (200,025 - 81,924) / (1 \times 3,225) \\
 &= 101,268 \text{ kN/m}^2 = 10,127 \text{ T/m}^2 < \tau = 15 \text{ T/m}^2 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$

### 5.6.3 Beban Gempa (Metode Mononobe – Okabe)

#### 1. Menghitung Koefisien Tekanan Tanah

Pada metode Mononobe-Okabe, untuk tanah kering,  $K_{AE}$  mempunyai variabel tambahan yaitu yang berbeda dikarenakan ada

variabel  $\theta = \tan^{-1} \left( \frac{k_h}{1 - k_v} \right)$ .

$$\begin{aligned}
 K_{AE1} &= \frac{\cos^2(\phi - \beta - \theta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - i - \theta)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} \\
 &= \frac{\cos^2(38,31^\circ - 5^\circ - 9,2^\circ)}{\cos 9,2^\circ \cdot \cos^2 5^\circ \cdot \cos(20^\circ + 5^\circ + 9,2^\circ) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(20^\circ + 38,31^\circ) \cdot \sin(30^\circ - 5^\circ - 38,31^\circ)}{\cos(20^\circ + 5^\circ + 9,2^\circ) \cdot \cos(5^\circ - 5^\circ)}} \right]^2} \\
 &= \frac{0,9744}{0,987 \cdot 0,9924 \cdot 0,82708 \left[ 1 + \sqrt{\frac{0,8509 \cdot 0,4085}{0,8271 \cdot 1}} \right]^2} \\
 &= 0,596284
 \end{aligned}$$

Untuk tanah terendam variabel  $\theta$  menjadi  $= \tan^{-1} \left( \frac{\gamma_{sat} \cdot k_h}{\gamma_b (1 - r_u) \cdot (1 - k_v)} \right)$ .

Sedangkan  $r_u$  = rasio tekanan air pori.

$\gamma_{sat} = 20,4784$  (sama pada perhitungan sebelumnya Rankine dan Coulomb)

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{20,4784 \cdot 0,15}{10,4784 \cdot (1 - 0,25) (1 - 0,075)} \right] = 22,907$$

$$K_{AE2} = \frac{\cos^2(\phi - \beta - \theta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - i - \theta)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\cos^2(3831^\circ - 5^\circ - 22907)}{\cos 22907 \cdot \cos^2 5^\circ \cdot \cos(20^\circ + 5^\circ + 22907) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(20^\circ + 3831^\circ) \cdot \sin(3831^\circ - 5^\circ - 22907)}{\cos(20^\circ + 5^\circ + 22907) \cos(5^\circ - 5^\circ)}} \right]^2} \\
 &= \frac{0,9674}{0,9211 \cdot 0,992 \cdot 0,6703 \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{0,8509 \cdot 0,6859}{0,6703 \cdot 1}} \right]^2} \\
 &= 0,422456 \\
 K_{PE} &= \frac{\cos^2(\phi + \beta - \theta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta - \beta + \theta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \cdot \sin(\phi + i - \theta)}{\cos(\delta - \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2} \\
 &= \frac{\cos^2(38,3 P + 5^\circ - 22907)}{\cos 22907 \cdot \cos^2 5^\circ \cdot \cos(20^\circ - 5^\circ + 22907) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(20^\circ + 383 P) \cdot \sin(383 P + 5^\circ - 22907)}{\cos(20^\circ - 5^\circ + 22907) \cdot \cos(5^\circ - 5^\circ)}} \right]^2} \\
 &= \frac{0,8785}{0,9211 \cdot 0,992 \cdot 0,789 \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{0,851 \cdot 0,346}{0,789 \cdot 1}} \right]^2} \\
 &= 8,139
 \end{aligned}$$

## 2. Karakteristik Tanah

$$e = 0,71 \quad n = \frac{e}{1+e} = \frac{0,71}{1+0,71} = 0,415$$

$$\gamma_k = 1,63 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_b = \gamma_k (1 + w) = 1,63 (1 + 0,1561) = 1,884 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_k + n = 1,63 + 0,415 = 2,045 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 2,045 - 1 = 1,045 \text{ T/m}^3$$



### 3. Tinjauan Gaya Horisontal

Tabel 5.20. Tinjauan Gaya Horisontal Untuk Tanah Aktif

No	Tekanan Aktif Horisontal	PAE (kN)	PAE cos 25 (kN)	Lengan (m)	Momen PAE (kN-m)
1	$Q \cdot K_{ae} \cdot h_1 \cdot (1-k_v) =$ $20 \times 0,596 \cdot 3 \times (1-0,075)$	33,094	29,993	7	132,522
2.	$Q \cdot K_{ae} \cdot h_2 \cdot (1-k_v) =$ $18,84 \times 0,422 \times 5,5(1-0,075)$	42,984	38,957	2,75	108,019
3.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h_1^2 \cdot K_{ae}(1-k_v) =$ $\frac{1}{2} \times 18,84 \times 3^2 \times 0,596(1-0,075)$	46,762	33,400	6,5	187,253
4.	$\gamma_b \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot K_{ae} (1-k_v) =$ $18,84 \times 3 \times 5,5 \times 0,596(1-0,075)$	121,475	122,467	2,75	239,874
5.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h_2^2 \cdot K_{ae} (1-k_v) =$ $\frac{1}{2} \times 10,45 \times 5,5^2 \times 0,422(1-0,075)$	61,932	56,129	1,833	155,632
6.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2^2 \cdot (1-k_v) =$ $\frac{1}{2} \times 15 \times 5,5 \times 5,5(1-0,075)$	209,859	190,197	1,833	424,699
			467,752		1247,99

Tabel 5.21. Tinjauan Gaya Horisontal Untuk Tanah Pasif

No	Tekanan Pasif Horisontal	PPE (kN)	PPE Cos 25(kN)	Lengan (m)	Momen PPE(kN-m)
7.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$	45	40,784	3,5	142,745
8.	$\gamma_w \cdot h_1 \cdot h_2 = 10 \times 2,5 \times 3$	75	67,971	1,25	84,966
9.	$\frac{1}{2} \cdot h_2^2 \cdot K_{PE} \cdot \gamma \cdot (1-k_v)$ $\frac{1}{2} \times 2,5^2 \times 8,1391 \times 10,45(1-0,075)$	246,525	223,423	0,833	868,909
10.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_{eq} \cdot h_2^2 =$ $\frac{1}{2} \times 15 \times 2,5^2$	46,875	42,484	0,833	44,843
12	$\frac{7}{12} \cdot 0,15 \cdot \gamma_w \cdot h_3 \cdot h_3 =$ $\frac{7}{12} \times 0,15 \times 15 \times 3 \times 2,5$	7,875	7,137	0	30,689
13	$\frac{7}{8} \cdot 0,15 \cdot \gamma_{eq} \cdot h_3 \cdot h_4 =$ $\frac{7}{8} \times 0,15 \times 15 \times 3 \times 2,5$	9,844	8,921	0	13,382
			390,726		1185,533

### 4. Tinjauan Gaya Vertikal

Tabel 5.22. Tinjauan Gaya Vertikal Untuk Tanah Aktif

No	Tekanan Aktif Vertikal	PAE (kN)	PAE Sin 25 (kN)	Lengan (m)	Momen PAE(kNm)
1	$Q \cdot K_{ae} \cdot h_1(1-k_v) =$ $20 \times 0,596 \times 3 \times (1-0,075)$	33,094	13,986	4,134	57,812
2.	$Q \cdot K_{ae} \cdot h_2 \cdot (1-k_v) =$ $18,84 \times 0,422 \times 5,5(1-0,075)$	42,984	18,166	4,257	77,341
3.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h_1^2 \cdot K_{ae} (1-k_v) =$ $\frac{1}{2} \times 18,84 \times 3^2 \times 0,596(1-0,075)$	46,762	19,762	4,134	81,689
4.	$\gamma_b \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot K_{ae} (1-k_v) =$ $18,84 \times 3 \times 5,5 \times 0,596(1-0,075)$	121,475	53,795	4,309	231,819

5.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h_2^2 \cdot K_{ae} \cdot (1-k_v) =$ $\frac{1}{2} \times 10,45 \times 5,5^2 \times 0,422(1-0,075)$	61,932	26,174	4,257	111,431
6.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2^2 \cdot (1-k_v) =$ $\frac{1}{2} \times 15 \times 5,5 \times 5,5(1-0,075)$	209,859	88,694	4,305	381,777
			220,574		941,868

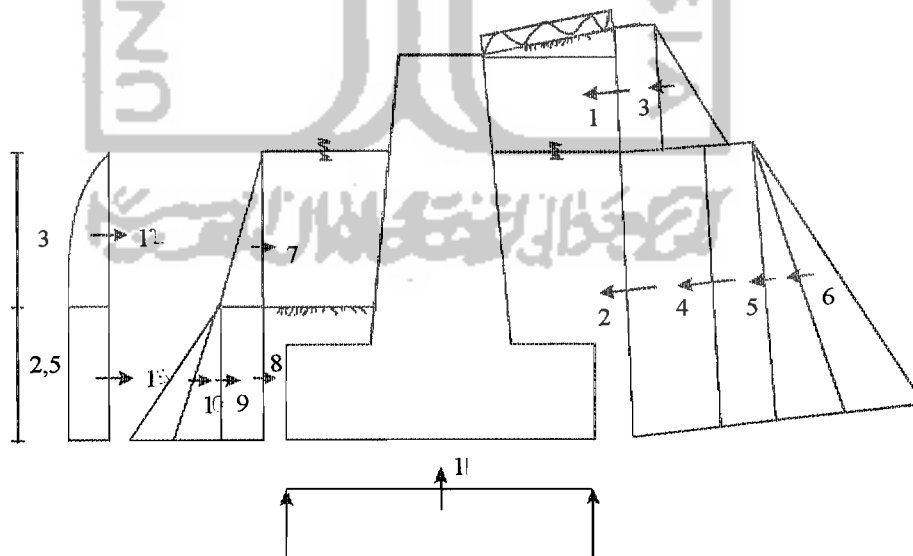
Tabel 5.23. Tinjauan Gaya Vertikal Untuk Tanah Pasif

No	Tekanan Pasif Vertikal	PPE (kN)	PP Sin 25 (kN)	Lengan (m)	Momen PP (kNm)
7.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$	45	19,018	1,675	31,854
8.	$\gamma_w \cdot h_1 \cdot h_2 = 10 \cdot 2,5 \times 3$	75	31,696	1,478	46,851
9.	$\frac{1}{2} \cdot h_2^2 \cdot K_{PE} \cdot \gamma \cdot (1-k_v)$ $\frac{1}{2} \times 2,5^2 \times 8,1391 \times 10,45(1-0,075)$	246,525	104,185	1,5	156,279
10.	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_{eq} \cdot h_2^2 =$ $\frac{1}{2} \times 15 \times 2,5^2$	46,875	19,8102	1,5	29,715
12.	$\frac{7}{12} \cdot 0,15 \cdot \gamma_w \cdot h_3 \cdot h_3 =$ $\frac{7}{12} \times 0,15 \times 15 \times 3 \times 2,5$	7,875	3,281	1,745	5,807
13.	$\frac{7}{8} \cdot 0,15 \cdot \gamma_{eq} \cdot h_3 \cdot h_4 =$ $\frac{7}{8} \times 0,15 \times 15 \times 3 \times 2,5$	9,844	4,160	1,5	6,24
			182,198		276,748

Tabel 5.24. Berat Bangunan pada dinding

No	Berat Bangunan (kN)	Lengan (m)	Momen (kN-(m))
1	437,5	1,61242	705,43403

- Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral Pada Dinding Penahan Tanah Dengan Metode Mononobe-Okabe



Gambar 5.12 Diagram Tek Mononobe - Okabe

---

### Keterangan Diagram Tekanan Tanah Aktif

---

Diagram 1 berbentuk segi empat adalah akibat beban merata.

Diagram 2 berbentuk segi empat adalah akibat beban merata.

Diagram 3 berbentuk segi tiga adalah akibat beban tanah di atas muka air tanah.

Diagram 4 berbentuk segi empat adalah akibat tanah di atasnya sbg merata

Diagram 5 berbentuk segi tiga adalah akibat tanah

Diagram 6 berbentuk segi tiga adalah akibat air.

### Keterangan Diagram Tekanan Tanah Pasif

Diagram 7 berbentuk segi tiga adalah akibat air (statis)

Diagram 8 berbentuk segi empat adalah akibat air sebagai beban merata

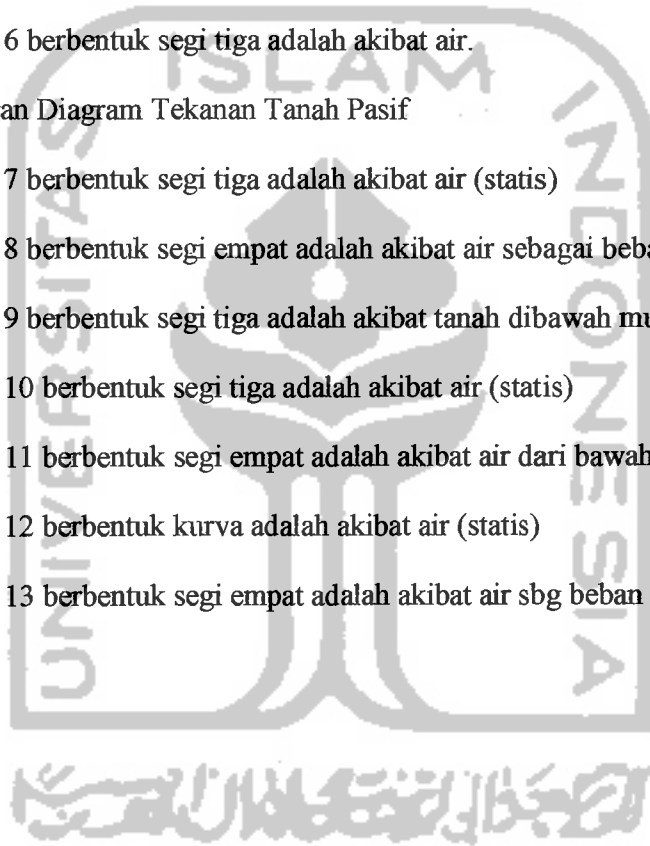
Diagram 9 berbentuk segi tiga adalah akibat tanah dibawah muka air tanah

Diagram 10 berbentuk segi tiga adalah akibat air (statis)

Diagram 11 berbentuk segi empat adalah akibat air dari bawah

Diagram 12 berbentuk kurva adalah akibat air (statis)

Diagram 13 berbentuk segi empat adalah akibat air sbg beban merata (dinamis)



## 5. Tinjauan Terhadap Stabilitas Eksternal

### a. Tinjauan Guling

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{M_{pas}}{(M_{PAE} \cos 25 - M_{PAE} \sin 25 - M_{PPE} \cos 25 + M_{air-gempa} + M_{PPE} \sin 25)} \\
 &= \frac{1987,5}{1247,999 - 941,868 - 1185,534 + 1485 + 276,748} \\
 &= 1,6058 \geq 1,5 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$

### b. Tinjauan Geser

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{(P_{ae} \sin 25 + P_{PE} \sin 25 + W_{pas} - V_{air\ gempa}) \tan 2/3 \phi + P_{PE} \cos 25}{P_{ae} \cos 25} \\
 &= \frac{(220,573 + 182,198 + 662,5 - 495) \tan 25,54 + 390,726}{467,7515} \\
 &= 1,4179 \geq 1,5 \text{ (Tidak Aman)}
 \end{aligned}$$

### c. Daya Dukung

$$\phi_{dy} = 38,31 - 2^0 \text{ (Vesic, 1973)}$$

Tinjauan terhadap daya dukung tanah ini dapat di tinjau dari dua kondisi, yaitu :

- *General Shear*

Daya Dukung Ijin menurut Persamaan Terzaghi –

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + \gamma' \cdot d \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma$$

Nilai-nilai dari  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  dapat diperoleh dengan persamaan-persamaan yang telah dikemukakan oleh Terzaghi berikut ini :

$$N_c = \cot \phi \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right]$$

$$= \cot 36,31 \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan 36,31}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{36,31}{2} \right)} - 1 \right] = 70$$

$$Nq = \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)} \right] = \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - 36,31/2) \tan 36,31}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{36,31}{2} \right)} \right] = 50$$

$$N_\gamma = 1/2 \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \quad K_{py} = \text{koefisien tekanan tanah pasif}$$

$$N_\gamma = 1/2 \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 36,31} - 1 \right) \tan 36,31 = 60$$

$$\text{Maka } \sigma_{ult} = 0 \times 70 + 1,045 \times 2,5 \times 50 + 0,5 \times 1,045 \times 6 \times 60 \\ = 318,725 \text{ T/m}^2$$

• *Local Shear*

$$\sigma_{ult} = c' Nc' + \gamma' \cdot d \cdot Nq' + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma'$$

$$\text{Nilai dari } c' = 2/3 \cdot c$$

$$= 2/3 \times 0 = 0$$

$$\text{Nilai dari } \phi' = \text{tg}^{-1} (\text{tg } 2/3 \phi)$$

$$= \text{tg}^{-1} (\text{tg } 2/3 \cdot 36,31^\circ) = 26,099$$

$$Nc = \cot \phi \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right]$$

$$= \cot 26,099 \left[ \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan 26,099}}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{26,099}{2} \right)} - 1 \right] = 19$$

$$N_q = \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} - \frac{e^{2(3\pi/4 - 25,54/2) \tan 25,54}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{25,54}{2}\right)} - 13$$

$$N_\gamma = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \quad K_{p\gamma} = \text{koefisien tekanan tanah pasif}$$

$$N_\gamma = 1/2 \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 38,31} - 1 \right) \tan 38,31 = 11$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \sigma_{ult} &= 0 \times 19 + 1,045 \times 2,5 \times 13 + 0,5 \times 1,045 \times 6 \times 11 \\ &= 68,4475 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya di pakai hasil yang terkecil dari kedua daya dukung ijin hasil perhitungan di atas. Dengan demikian yang di pakai adalah daya dukung ijin pada keadaan *Local Shear*, dengan  $\sigma_{ult} = 68,4475 \text{ T/m}^2$ .

$$e = B/2 - \Sigma M / \Sigma V$$

$$\begin{aligned} &= 6/2 - (M_{PAE} \sin 25 + M_{PPE} \cos 25 - M_{PAE} \cos 25 - M_{PPE} \sin 25 - M_{\text{air-gempa}}) / \\ &\quad (P_{AE} \sin 25 + P_{PE} \sin 25 + V_{\text{pas}} - V_{\text{air-gempa}}) \\ &= 3 - ((941,868 + 1185,5339 - 1247,999 - 276,7475 + 1987,5 - 1485) / \\ &\quad (220,5734 + 182,1985 + 662,5 - 495)) \\ &= 1,062016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= 4 \Sigma V / 3(B - 2e) \\ &= \frac{4 \times (P_{ae} \sin 25 + P_{pe} \sin 25 + W - V_{\text{air gempa}})}{3(B - 2e)} \\ &= \frac{4 \times (220,573 + 182,198 + 662,5 - 495)}{3 \times (6 - 2 \times 1,06206)} \end{aligned}$$

$$= 195,5027 \text{ KN/m}^2$$

$$= 19,55027 \text{ T/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{SF} &= \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{\max}} \\ &= \frac{68,4475}{19,55027} = 3,5011 \geq 3 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

## 6. Tinjauan Terhadap Stabilitas Internal

## a. Potongan A'-B'

Tabel 5.25. Tekanan Tanah Aktif Horizontal Potongan A'-B'

No	Tekanan Aktif Horizontal	$P_{AE}$ (kN)	$P_{AE} \cos 25$ (kN)	Jarak (m)	Momen (kN-m)
1	$Q \cdot k_{ae1} \cdot h1 \cdot (1-kv) =$ $20 \times 0,596 \times 3 \times (1-0,075)$	33,0938	29,9931	1.188	35,645
3	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h1 \cdot h1 \cdot k_{ae1} \cdot (1-kv) =$ $\frac{1}{2} \times 18,84 \times 3 \times 3 \times 0,596 \times (1-0,075)$	46,7615	42,3803	1.188	50,3664
Jumlah			72,3734		86,0115

Tabel 5.26. Tekanan Tanah Aktif Vertikal Potongan A'-B'

No	Tekanan Aktif Vertikal	$P_{AE}$ (kN)	$P_{AE} \sin 25$ (kN)	Jarak (m)	Momen (kN-m)
1	$Q \cdot k_{ae1} \cdot h1 \cdot (1-kv) =$ $20 \times 0,596 \times 3 \times (1-0,075)$	33,0938	6,674	2.284	31,939
3	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h1 \cdot h1 \cdot k_{ae1} \cdot (1-kv) =$ $\frac{1}{2} \times 18,84 \times 3 \times 3 \times 0,596 \times (1-0,075)$	46,7621	42,383	2.284	47,908
Jumlah			72,373		79,846

Tabel 5.27. Berat Bangunan Potongan A'-B'

Nomer	Berat Bangunan	Jarak Thd A	Momen
1	150	1.262465991	189.370
2	19.68494929	1.262465991	24.852
169.6849493			214.221

$$\begin{aligned}
 X &= M \text{ total} / V \text{ total} \\
 &= ((86.011 - 79.846 - 214.221) / (169.685 + 34.965)) \\
 &= -208.056 / 204.38 \\
 &= -1.0166 \\
 e &= b/2 - x \\
 &= 2.523/2 + 1.0166 \\
 &= 2.2781
 \end{aligned}$$

$$e > b/6$$

## Tinjauan desak

$$\begin{aligned}
 &= V \text{ tot} / (b \cdot h) + M \text{ tot} / w \\
 &= 186.367 / (1 \times 2.523) - 208.056 / (1/6 \times 1 \times 2.523) \\
 &= 73.809 - 494.390 \\
 &= -420,5813 \text{ kN/m}^2 \\
 &= -42,0581 \text{ T/m}^2 < 35 \text{ T/m}^2 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$

## Tinjauan Geser

$$\begin{aligned}
 &= 3/2 \cdot D / b \cdot h \\
 &= 3/2 \times 72,373 / (1 \times 2,523) \\
 &= 43,0279 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 4,3028 \text{ T/m}^2 < \tau = 15 \text{ T/m}^2 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$

## b. Potongan A''-B''

Tabel 5.28. Tekanan Tanah Aktif Horizontal Potongan A''-B''

No	Tekanan Aktif Horizontal	$P_{AE}$ (kN)	$P_{AE} \cos 25$ (kN)	Lengan (m)	Momen $P_{AE}$ (kN-m)
1	$q \cdot k_{ae} \cdot h_1 \cdot (1-k_v) =$ $20 \times 0,596 \times 3 \times (1-0,075)$	33.094	29.993	4.188	132.519
2	$q \cdot k_{ae} \cdot h_2 \cdot (1-k_v) =$ $20 \times 0,422 \times 4 \times (1-0,075)$	31.262	28.333	2.017	57.134
3	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h_1 \cdot h_1 \cdot k_{ae} \cdot (1-k_v) =$ $0,5 \times 18,84 \times 3 \times 3 \times 0,596 \times (1-0,075)$	49.641	44.9897	4.188	199.775
4	$\gamma_b \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot k_{ae} \cdot (1-k_v) =$ $18,84 \times 3 \times 4 \times 0,422 \times (1-0,075)$	93.785	84.998	1.585	134.687
5	$\frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot h_2 \cdot h_2 \cdot k_{ae} \cdot (1-k_v) =$ $0,5 \times 10,45 \times 4 \times 4 \times 0,422 \times (1-0,075)$	32.757	29.688	2.017	59.867
6	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_{eq} \cdot h_2 \cdot h_2 \cdot (1-k_v) =$ $0,5 \times 15 \times 4 \times 4 \times (1-0,075)$	111	100.600	1.631	164.102
			318.602		748.085

Tabel 5.29. Tekanan Tanah Pasif Horizontal Potongan A''-B''

No	Tekanan Pasif Horizontal	PPE (kN)	$P_{PE} \cos 25$ (kN)	Lengan (m)	Momen $P_{Pe}$ (kN-m)
7	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_1 \cdot h_1 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3 \times 3$	45	40.7838	3.5	142.74347
8	$\gamma_w \cdot h_1 \cdot h_2 = 10 \times 1 \times 3$	30	27.1892	1.25	33.98654
9	$\frac{1}{2} \cdot h_2 \cdot h_2 \cdot K_{PE} \cdot \gamma' =$ $\frac{1}{2} \times 1,5 \times 1,5 \times 8,139 \times 10,45$	39.444	35.7483	3.889	139.025
10	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2 \cdot h_2 = \frac{1}{2} \times 15 \times 1,5 \times 1,5$	7.5	6.7973	0.633	4.30496
12	$\frac{7}{12} \cdot 0,15 \cdot \gamma_w \cdot h_3 \cdot h_3 =$ $\frac{7}{12} \times 0,15 \times 10 \times 3 \times 3$	7.875	7.13717	3.3	23.552673
13	$\frac{7}{8} \cdot 0,15 \cdot \gamma_w \cdot h_3 \cdot h_4 =$ $\frac{7}{8} \times 0,15 \times 15 \times 3 \times 1$	3.9375	3.56858	0.75	2.6764401
		133.757	121.225		346.289

Tabel 5.30. Tekanan Tanah Aktif Vertikal Potongan A''-B''

No	Tekanan Aktif Vertikal	$P_{AE}$ (kN)	$P_{AE} \sin 25$ (kN)	Lengan (m)	Momen $P_{AE}$ (kN-m)
1	$q \cdot k_{ae} \cdot h_1 \cdot (1-k_v) =$ $20 \times 0,596 \times 3 \times (1-0,075)$	33.094	13.986	2.634	36.833
2	$q \cdot k_{ae} \cdot h_2 \cdot (1-k_v) =$ $20 \times 0,422 \times 4 \times (1-0,075)$	31.262	13.212	2.757	36.430
3	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h_1 \cdot h_1 \cdot k_{ae} \cdot (1-k_v) =$ $0,5 \times 18,84 \times 3 \times 3 \times 0,596 \times (1-0,075)$	49.641	20.979	2.634	55.250
4	$\gamma_b \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot k_{ae} \cdot (1-k_v) =$ $18,84 \times 3 \times 4 \times 0,422 \times (1-0,075)$	93.785	39.635	2.809	111.348
5	$\frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot h_2 \cdot h_2 \cdot k_{ae} \cdot (1-k_v) = 0,5 \times 10,45 \times$ $4 \times 4 \times 0,422 \times (1-0,075)$	32.757	13.844	2.757	38.173
6	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_{eq} \cdot h_2 \cdot h_2 \cdot (1-k_v) =$ $0,5 \times 15 \times 4 \times 4 \times (1-0,075)$	111	46.911	2.805	131.565
			48,566		409,599



Tabel 5.30. Tekanan Tanah Aktif Vertikal Potongan A''-B''

No	Tekanan Pasif Vertikal	$P_{PE}$ (kN)	$P_{PE} \sin 25$ (kN)	Lengan (m)	Momen $P_{PE}$ (kN-m)
7	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_1 \cdot h_1 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3 \times 3$	45	19.018	0.175	3.327687
8	$\gamma_w \cdot h_1 \cdot h_2 = 10 \times 1 \times 3$	30	12.679	-0.022	-0.277307
9	$\frac{1}{2} \cdot h_2 \cdot h_2 \cdot K_{PE} \cdot \gamma' =$ $\frac{1}{2} \times 1.5 \times 1.5 \times 8.139 \times 10.45$	39.444	16.6697	0	0
10	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2 \cdot h_2 = \frac{1}{2} \times 15 \times 1.5 \times 1.5$	7.5	3.1696	0	0
12	$\frac{7}{12} \cdot 0,15 \cdot \gamma_w \cdot h_3 \cdot h_3 =$ $\frac{7}{12} \times 0,15 \times 10 \times 3 \times 3$	7.875	3.328	0.245	0.815
13	$\frac{7}{8} \cdot 0,15 \cdot \gamma_w \cdot h_3 \cdot h_4 =$ $\frac{7}{8} \times 0,15 \times 15 \times 3 \times 1$	3.9375	1.664	0	0
Jumlah			56.528		3.866

Tabel 5.31. Berat Bangunan pada Potongan A''-B''

No	Berat Bangunan	Jarak Thd A	Momen
1	437.5	1.612420645	705.434032
	225		705.434032

$$\begin{aligned}
 X &= M \text{ total} / V \text{ total} \\
 &= M_{AE} \cos 25 - M_{PE} \cos 25 - M_{AE} \sin 25 + M_{PE} \sin 25 + M_{pas} / \\
 &\quad (V_{pas} + P_{PE} \sin 25 + P_{AE} \sin 25) \\
 &= (748.08521 - 346.289 - 1409.599 + 3.866 + 705.434) / (225 + 56,52 + 148.567) \\
 &= -298.50279 / 430.087 \\
 &= -0,694
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= b/2s - x \\
 &= 3/2 + 0.694 \\
 &= 2,194
 \end{aligned}$$

$e > b/6$

Tinjauan desak

$$\begin{aligned}
 &= V \text{ tot} / (b \cdot h) + M \text{ tot} / w \\
 &= 430.087 / (1 \times 3.225) - 298.503 / (1/6 \times 1 \times 3.225) \\
 &= 133.360 - 555.354 \text{ kN/m}^2 \\
 &= -421.994 \text{ kN/m}^2 \\
 &= -42,199 \text{ T/m}^2 < 35 \text{ T/m}^2 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$

Tinjauan Geser

$$\begin{aligned}
 &= 3/2 \times D / b \cdot h \\
 &= 3/2 \times (318.602 - 121.225) / (1 \times 3.225) \\
 &= 91,80225 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 9,180 \text{ T/m}^2 < \tau = 15 \text{ T/m}^2 \text{ (aman !)}
 \end{aligned}$$