

BAB IV

ANALISIS METODA PELAKSANAAN DINDING DIAFRAGMA

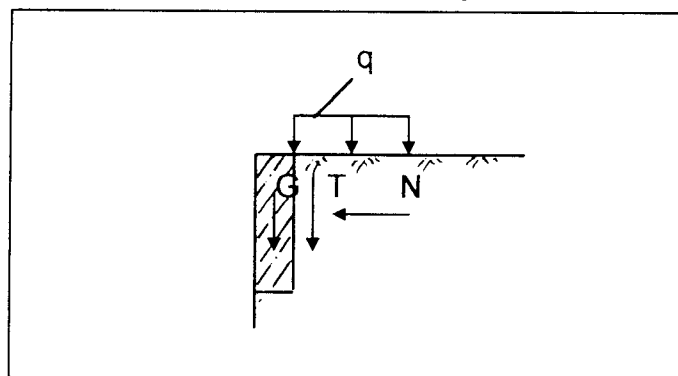
Analisa dari metoda konstruksi sangat diperlukan agar dapat diketahui bahwa metoda yang akan digunakan benar-benar aman dan tepat. Pada bab ini merupakan uraian analisa metoda konstruksi dinding diafragma dengan tinjauan aspek keamanan struktur pada waktu pelaksanaan.

4.1 Pada Pembuatan *Guide Wall*

Guide wall (dinding pengarah) harus direncanakan sedemikian rupa sehingga fungsi *guide wall* sebagai dinding pengarah dapat optimal. Untuk itu, maka harus dilihat beban-beban yang bekerja diatas *guide wall* pada saat pelaksanaan pekerjaan dinding diafragma.

4.1.1 Perencanaan struktur *guide wall*

Adapun gaya yang bekerja dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Gaya-gaya pada *guide wall*

Dimana G adalah berat mati *guide wall* serta gaya N dan T merupakan komponen-komponen tekanan tanah.

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

- a. tanah berpasir dengan $\varphi = 35^\circ$
- b. berat jenis tanah, $\gamma = 21 \text{ KN/m}^3$
- c. *specific gravity slurry*, $\gamma_s = 10.8 \text{ KN/m}^3$
- d. beban yang bekerja , $q = 8 \text{ KN/m}^2$
- e. tinggi *slurry* dari atas *guide wall* , $h_s = 0.5 \text{ m}$
- f. panjang panel , $\ell = 6.250 \text{ m}$
- g. Lebar mulut *grab* pada saat terbuka (L) = 2.20 m

Dari data diatas maka dapat dihitung tinggi *guide wall* dengan menggunakan rumus 2.1 yaitu :

$$K_a = \tan^2(45 - \varphi/2)$$

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

$$K_a = 0.27$$

a) Tinggi *guide wall*

$$h_g > \frac{h_s \cdot \gamma_s + K_a \cdot q - 2c\sqrt{K_a}}{\gamma_s - K_a \cdot \gamma} \longrightarrow c = 0$$

$$h_g > \frac{0.5 \cdot 10.8 + 0.27 \cdot 8}{10.8 - 0.27 \cdot 21}$$

$$h_g > 1.47 \text{ m} , h_g \text{ diambil} = 1.5 \text{ m}$$

Berarti dengan $h_g = 1.5 \text{ m}$ aman terhadap gaya luar sebesar 8 KN/m^2

b) Beban-beban pada *guide wall*

1. gaya normal (N)

$$N = P \times hg$$

$$P = \rho ((hg \times \gamma) + q) K_a$$

$$\rho = 0.6 \text{ (faktor density)}$$

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

$$= \tan^2 (45 - 17.5) = 0.27$$

$$P = 0.6 ((1.5 \times 21) + 8) 0.27 = 6.399 \text{ KN/m}^2$$

$$N = 6.399 \times 1.5 = 9.5985 \text{ KN/m}$$

2. gaya tangensial (T)

$$T = N \tan \delta \text{ ————— } \delta = 35^\circ$$

$$T = 9.5985 \tan 35^\circ = 9.5985 \times 0.700$$

$$T = 5.9978 \text{ KN/m}$$

3. berat mati *guide wall*

$$G = hg \times b \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$G = 1.5 \times 0.3 \times 24 = 10.8 \text{ KN/m}$$

c) Tegangan pada *guide wall*

Dalam merancang *guide wall*, juga diperhitungkan tegangan yang terjadi akibat beban-beban alat berat, *truck mixer* dan sebagainya pada waktu *trenching* dilaksanakan, serta tegangan yang terjadi pada *guide wall* akibat beban *grab* yang masuk ke parit.

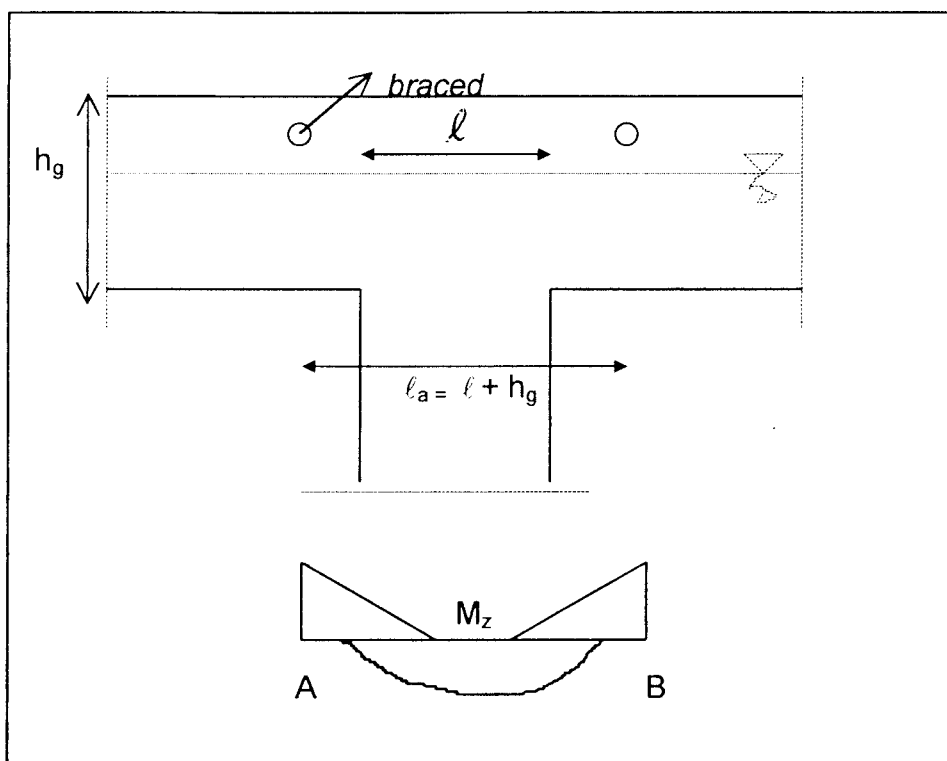
1. Beban vertikal

Beban vertikal yang diterima oleh *guide wall*, yaitu sepanjang $l_a = l + h_g$

l = panjang panel ; h_g = tinggi *guide wall* l_a = jarak antar *braced*

$$l_a = 6.25 + 1.5 = 7.75 \text{ m}$$

Dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini



Gambar 4.2 Tegangan akibat beban vertikal

Maka beban vertikal yang dipikul oleh *guide wall* menurut rumus 2.5,

2.6, 2.7 adalah:

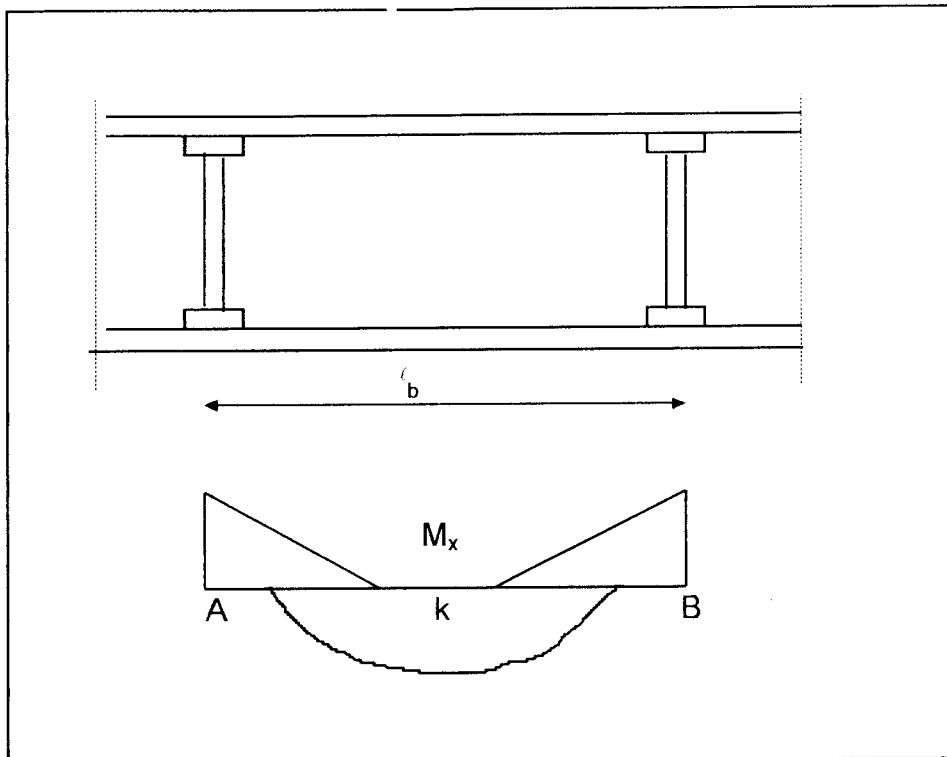
$$M_K = ((0.037 \times 10.8) + (0.08 \times 5.9978)) \times 7.75^2 = 52.8404 \text{ KN.m}$$

$$M_{AB} = - ((0.07 \times 10.8) + (0.11 \times 5.9978)) \times 7.75^2 = -85.034 \text{ KN.m}$$

$$R = ((0.053 \times 10.8) + 0.6 \times 5.9978) \times 7.75 = 72.2508 \text{ KN.m}$$

2. Beban horisontal

Pada waktu penggalian parit, *guide wall* akan menerima beban-beban dan untuk perkuatan dipasang *bracing* (penopang). dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini



Gambar 4.3 Tegangan akibat beban horisontal

Jarak maksimum yang dipakai antara *bracing* adalah lebar mulut *grab* ditambah 1 m dimana mulut *grab* dalam keadaan terbuka adalah 2.20 m, maka jarak yang didapat adalah $l_b = 2.20 \text{ m} + 1.0 \text{ m} = 3.20 \text{ m}$.

Beban yang ditahan oleh *bracing* ini adalah untuk menahan beban horisontal . Menurut rumus (2.8), (2.9), dan (2.10) didapat:

$$M_k = 0.08 \times 9.5985 \times 3.20^2 = 7.8361 \text{ KN.m}$$

$$M_{AB} = - 0.107 \times 9.5985 \times 3.20^2 = - 10.5169 \text{ KN.m}$$

$$R = 0.6 \times 9.5985 \times 3.20 = 18.4291 \text{ KN.}$$

3. Beban pada *bracing*

$$P_A = 1.14 \times 9.5985 \times 3.2 = 35.0153 \text{ KN}$$

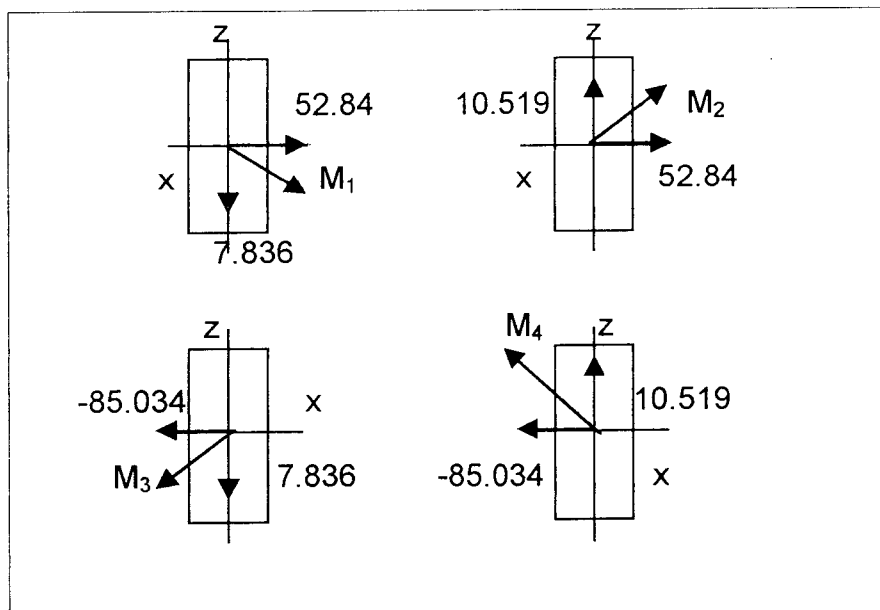
Dipakai 2 batang *bracing* timber dengan $\phi = 0.15 \text{ m}$ maka

$$- A = \frac{2\pi d^2}{4} = 35343 \text{ mm}^2$$

$$- \sigma = P/A$$

$$- \sigma = 350153/35343 = 0.9907 \text{ N/mm}^2 = 990.7 \text{ KN/m}^2$$

Dari perhitungan tegangan akibat beban-beban horisontal dan vertikal didapat beberapa kemungkinan momen yang akan terjadi terlihat pada gambar 4.4 berikut ini



Gambar 4.4 Momen yang terjadi

Sehingga resultan momen yang terjadi dari gambar 4.4 dapat dihitung sebagai berikut :

$$- M_1 = (52.8204^2 + 7.8631^2)^{0.5} = 53.4025 \text{ KN.m}$$

- $M_2 = (52.8204^2 + 10.5169^2)^{0.5} = 53.8572 \text{ KN.m}$
- $M_3 = - (85.034^2 + 7.8631^2)^{0.5} = - 85.3968 \text{ KN.m}$
- $M_4 = - (85.034^2 + 10.5169^2)^{0.5} = - 85.6819 \text{ KN.m}$

- **Untuk axis z**

$$* z_i = \sum \frac{Mx_i \cdot b'}{Mz_i} \Rightarrow b' = \frac{\ell_g - t_s}{2} = \frac{300 - 56}{2} = 122 \text{ mm}$$

$$* z_1 = \frac{52.8204 \times 122}{7.8631} = 819.5354 \text{ mm}$$

$$* z_2 = \frac{52.8204 \times 122}{10.5169} = 612.7315 \text{ mm}$$

$$* z_3 = \frac{85.034 \times 122}{7.8631} = 1319.3458 \text{ mm}$$

$$* z_4 = \frac{85.034 \times 122}{10.5169} = 986.4264 \text{ mm}$$

- **Untuk koordinat q**

$$* q_i = 2(z_i^2 + b'^2)^{1/2}$$

$$* q_1 = 2(819.5354^2 + 122^2)^{1/2} = 1657.1328 \text{ mm}$$

$$* q_2 = 2(612.7365^2 + 122^2)^{1/2} = 1249.5279 \text{ mm}$$

$$* q_3 = 2(1319.3458^2 + 122^2)^{1/2} = 2649.9489 \text{ mm}$$

$$* q_4 = 2(986.4264^2 + 122^2)^{1/2} = 1987.8843 \text{ mm}$$

- Untuk luas penampang Ast

$$* A_{st,i} = \sum \frac{Mx_i}{q_i \left(\frac{lg - 2b'}{2} \right)} \Rightarrow \left(\frac{lg - 2b'}{2} \right) = \left(\frac{300 - 2 \times 122}{2} \right) = 280 \text{ mm}$$

$$* A_{st,1} = \frac{53402500}{1657.1328 \times 280} = 115.0923 \text{ mm}^2$$

$$* A_{st,2} = \frac{53857200}{1249.5279 \times 280} = 153.9359 \text{ mm}^2$$

$$* A_{st,3} = \frac{85396800}{2649.9489 \times 280} = 115.0922 \text{ mm}^2$$

$$* A_{st,4} = \frac{85681900}{1987.8843 \times 280} = 153.9359 \text{ mm}^2$$

$$\bullet \bar{z}_c = \frac{\sum A_{st,i} \cdot \bar{z}_i}{\sum A_{st}} = \frac{(115.1 \times 819.5) + (153.9 \times 612.7) + (115.1 \times 1319.3) + (153.9 \times 986.4)}{(115.1 + 153.9 + 115.1 + 153.9)}$$

$$= 916.9908 \text{ mm}$$

$$\bullet x_c = \frac{\sum A_{st,i} \cdot x_i}{\sum A_{st}} = 122 \text{ mm}$$

$$\bullet q_{oz} = \frac{x_{oz}}{2} + \bar{z}_c = \frac{1500}{2} + 916.9908 = 1291.9908 \text{ mm}$$

$$\bullet q_{ox} = \frac{x_{ox}}{2} + x_c = \frac{300}{2} + 122 = 197 \text{ mm}$$

$$\bullet \mathbf{Rx = 18.4291 \text{ KN} \qquad \mathbf{Rz = 72.2508 \text{ KN}}$$

$$\tau_{iz} = \frac{Rz}{(lg \cdot q_{oz})} = \frac{72250,8}{(300 \times 1291.9908)} = 0.18641 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{ix} = \frac{Rx}{(hg \cdot q_{ox})} = \frac{18429.1}{(1500 \times 197)} = 0.0624 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\max} = \left(\tau_{iz}^2 + \tau_{ix}^2 \right)^{0.5} = \left(0.18641^2 + 0.0624^2 \right)^{0.5} = 0.1966 \text{ N/mm}$$

- $P_A \text{ bracing} = 35,0153 \text{ KN}$
 - $\tau_{al} = 4/3 \ Q/r^2 \rightarrow r = 0,075 \text{ m}$
- $$\tau_{al} = \frac{4 \times 350153}{3 \times \pi \times 0.075^2} = 2463.28 \text{ KN} / \text{m}^2 = 2.46 \text{ N} / \text{mm}^2$$
- $\tau_{al} = 2,46 \text{ N/mm}^2 > \tau_{max} = 0,1966 \text{ N/mm}^2$

Berarti struktur *guide wall* aman terhadap pengaruh pada waktu pelaksanaan dinding diafragma.

4.1.2 Pelaksanaan *guide wall*

Pada pembuatan *guide wall* atau dinding pengarah ini terdiri dari beberapa tahap pekerjaan yaitu :

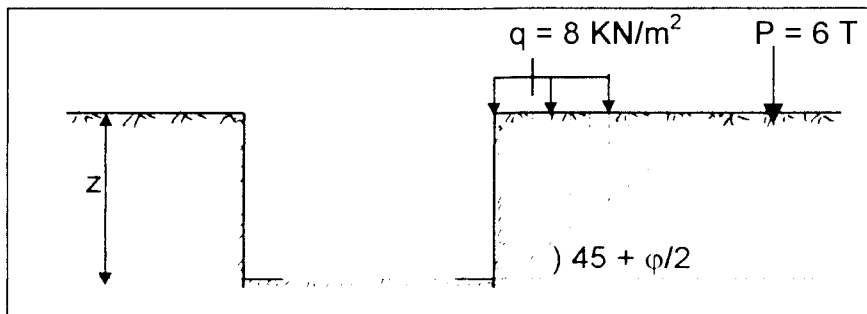
- a) penggalian tanah
- b) pembuatan *bekisting*
- c) pembetonan

a) penggalian tanah

analisa pada tahap penggalian ini dibagi dalam 2 tahap tinjauan yaitu pada tahap separuh galian rencana sebesar 0.75 m dan pada tahap penyelesaian galian sebesar 1.5 m.

1. Pada saat galian mencapai 0.75 m

Dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut ini



Gambar 4.5 Pada saat kedalaman galian mencapai 0.75 m

Analisa dengan ketinggian galian sebesar 0.75 m dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$:

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \phi/2) - 2c \tan(45 - \phi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \phi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \phi/2), c = 0$$

$$\Rightarrow \sigma_z = 0$$

$$\Rightarrow q = \gamma \cdot z$$

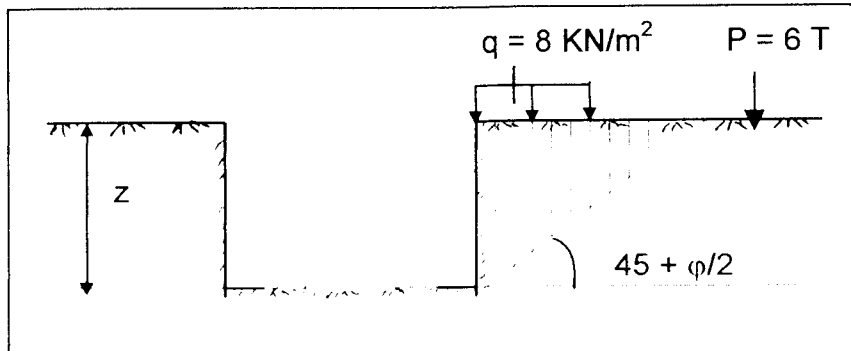
$$\Rightarrow \bar{q} = 21 \times 0.75$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 15.75 \text{ KN/m}^2 \geq q = 8 \text{ KN/m}^2 (\text{OK})$$

Beban ijin lebih besar dari beban yang bekerja berarti selama pelaksanaan, tanah tidak mengalami kelongsoran.

2. Pada saat galian mencapai 1.5 m

Dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini



Gambar 4.6 Pada saat galian mencapai kedalaman 1.5 m

Analisa dengan ketinggian galian sebesar 1.5 m dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$:

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \varphi/2) - 2c \tan(45 - \varphi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \varphi/2)$$

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma \cdot z \cdot \tan^2(45 - \varphi/2) + q \cdot \tan^2(45 - \varphi/2), c = 0$$

$$\Rightarrow \sigma_z = 0$$

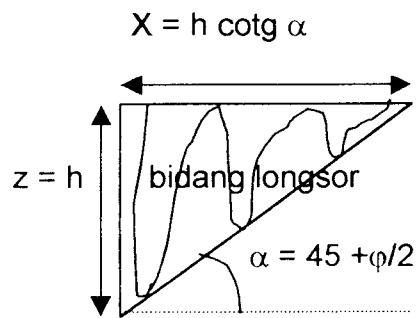
$$\Rightarrow q = \gamma \cdot z$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 21 \times 1.5$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 31.5 \text{ KN/m}^2 \geq q = 8 \text{ KN/m}^2 (\text{OK})$$

Beban ijin lebih besar dari beban yang bekerja berarti selama pelaksanaan, tanah tidak mengalami kelongsoran.

Untuk beban alat berat sebesar 6 ton pada saat penggalian mencapai 0.75 m dan 1.5 m, posisi alat berat harus berada diluar bidang longsor dan dapat diperkirakan jarak aman sebagai berikut :

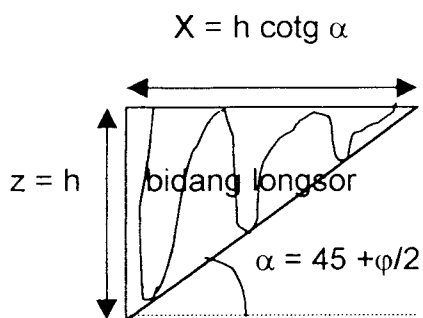


$$h = 0.75 \text{ m}$$

$$\varphi = 35^\circ$$

$$x = 0.75 \cotg 62.5^\circ = 0.846 \text{ m}$$

$$x \approx 1 \text{ m}$$



$$h = 1.5 \text{ m}$$

$$\varphi = 35^\circ$$

$$x = 1.5 \cotg 62.5^\circ = 1.69 \text{ m}$$

$$x \approx 2 \text{ m}$$

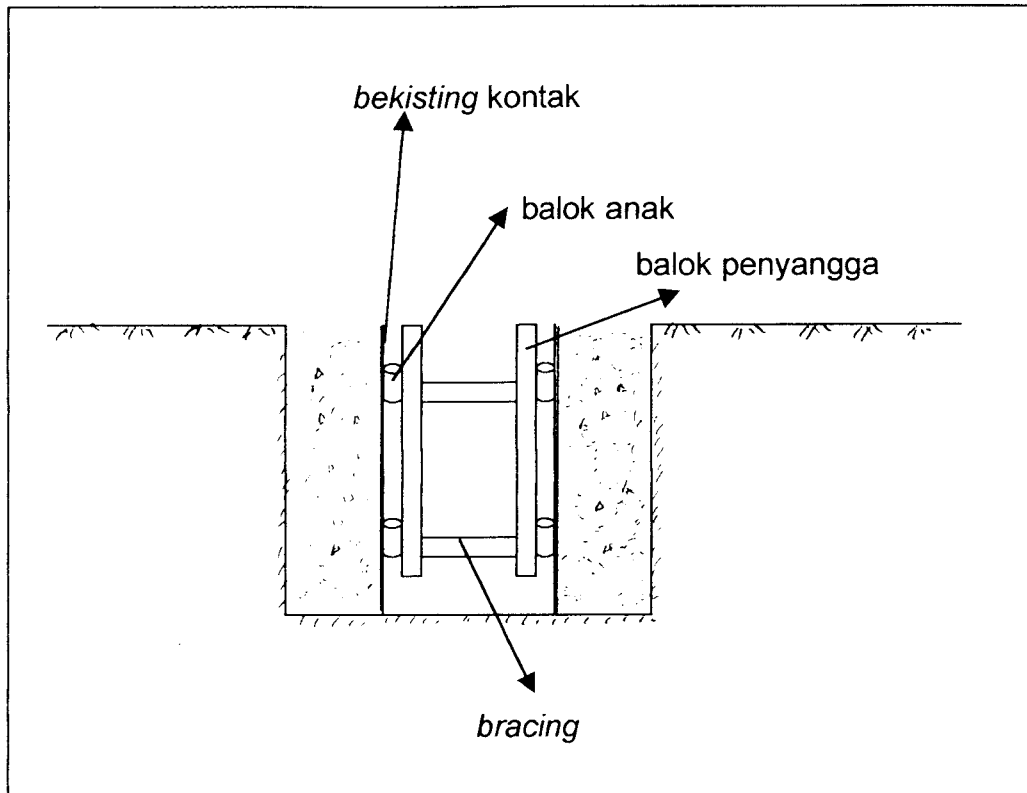
diambil jarak aman alat berat rata-rata minimal yaitu 2 m .

b. Pembuatan *bekisting*

Untuk kotak cor (*bekisting*) *guide wall* terdiri dari :

- 1) *bekisting* kontak
- 2) balok anak
- 3) balok penyangga
- 4) *bracing*

Analisa perhitungan dengan menggunakan per meter panjang dan untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar sketsa rancangan *bekisting* berikut ini ;



Gambar. 4.8. Gambar bekisting guide wall

1. Bekisting kontak

bahan yang digunakan merupakan *multiplex* sehingga perhitungannya perhitungan *bekisting kontak*.

- Pembebanan

$$\text{berat beton} \quad 1.5 \times 25 = 37,5 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{berat kerja} \quad = 1,5 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{berat sendiri bekisting} \quad = \underline{0,45 \quad \text{KN/m}^2}$$

$$= 39,45 \quad \text{KN/m}^2$$

$$q = 39.45 \text{ N/mm}^1$$

$$W \text{ x per m}' = 1/6 \cdot bh^2 = 1/6 \cdot 1000 \cdot 20^2 = 66,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I \text{ x per m}' = 1/12 \cdot Bh^2 = 1/12 \cdot 1000 \cdot 20^3 = 666,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

a. Kekuatan

$$\sigma \geq \frac{M_{\max}}{W} \longrightarrow \text{dipakai kayu kelas II sebagai balok anak } 60/120 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 10 \text{ } \phi = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \leq \frac{\sigma}{W}$$

$$M_{\max} \leq \frac{10}{66.7 \times 10^3}$$

$$\frac{1 \cdot qL^2}{10} \leq \frac{10}{66.7 \times 10^3}$$

$$L \leq \sqrt{\frac{10 \times 10 \times 6.67 \times 10^3}{39.45}}$$

$$L \leq 411,1 \text{ mm} \dots \dots \dots (1)$$

b. Kekakuan

$$\delta_{AB} \leq 0,003 \text{ L (pekerjaan bersih)}$$

$$\frac{5qL^4}{384EI} - \frac{1qL^2 \times L^2}{10 \times EI} \leq 0,003 \text{ L}$$

$$E = 10.000 \text{ N/mm}^2, I = 666,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^4, q = 39,45 \text{ N/m}'$$

$$qL^4 \left(\frac{5}{384} - \frac{1}{10} \right) \leq 0,003 \text{ L}$$

$$q \cdot L^3 \cdot 0,00677 \leq 0,003 \text{ EI}$$

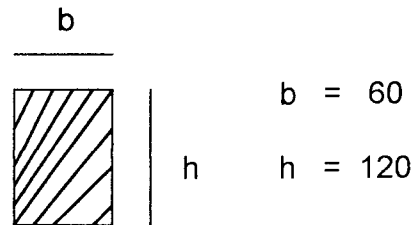
$$L^3 \leq \frac{0,003 \times 10000 \times 666,67 \times 10^3}{0,00677 \times 39,45}$$

$$L \leq 421 \text{ mm} \dots \dots \dots (2)$$

Dari hasil (1) dan (2) yang dipakai hasil (1) atau yang terkecil sehingga jarak antara balok anak sebesar $L = 411 \text{ mm}$.

2. balok anak

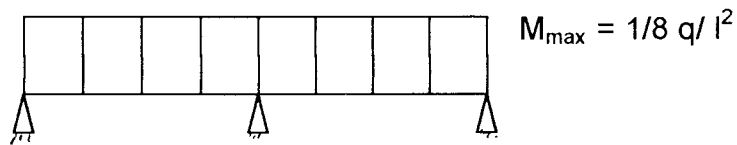
balok anak menggunakan kayu kelas II dengan ukuran 60 x 120 mm



jarak antara balok anak $L = 411 \text{ mm}$

beban merata balok $q = 411 \times 39,45 / 10^3 \text{ mm}^1 = 16,214 \text{ N/mm}^1$

balok anak ditumpu oleh 3 penyangga



a. Kekuatan

$$\sigma \geq M/W \longrightarrow M \leq \sigma W$$

$$W = 1/6 bh^2 = 1/6 \cdot 60 \cdot 120^2 = 144 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I = 1/12 bh^3 = 1/12 \cdot 60 \cdot 120^3 = 8640 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$10 \leq \frac{1/8 \times 16.214 \times L^2}{144 \times 10^3}$$

$$L \leq \sqrt{\frac{10 \times 144 \times 10^3 \times 8}{16.214}}$$

$$L \leq 842,91 \text{ mm} \dots\dots\dots(1)$$

b. Kekakuan

$$\delta_{12} \leq 0,003 L$$

$$L^3 \leq 1.003EI \times \frac{1}{0.00677 \times 33.256}$$

$$L \leq 1311,64 \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

Hasil (1) dan (2) diambil jarak 843 mm (hasil (1) untuk jarak antar balok penyangga.

3. balok penyangga

balok yang digunakan ukuran 80 x 140 mm dengan beban penyangga
 $= 843 \times 39,45 \cdot 10^{-3} = 33,256 \text{ N/mm}$ dan penyangga bertumpu pada
 4 bracing sehingga $M_{\max} = 1/10 ql^2$.

a. Kekuatan

$$W = 1/6 \cdot (80) \cdot (140)^2 = 261,33 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I = 1/12 \cdot (80) \cdot (140)^3 = 18,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$10 \leq \frac{1/10 \times 33,256 \times L^2}{261,33 \times 10^3}$$

$$L \leq 886,5 \approx 887 \text{ mm} \dots\dots\dots (1)$$

b. Kekakuan

$$\delta = 0,003 L$$

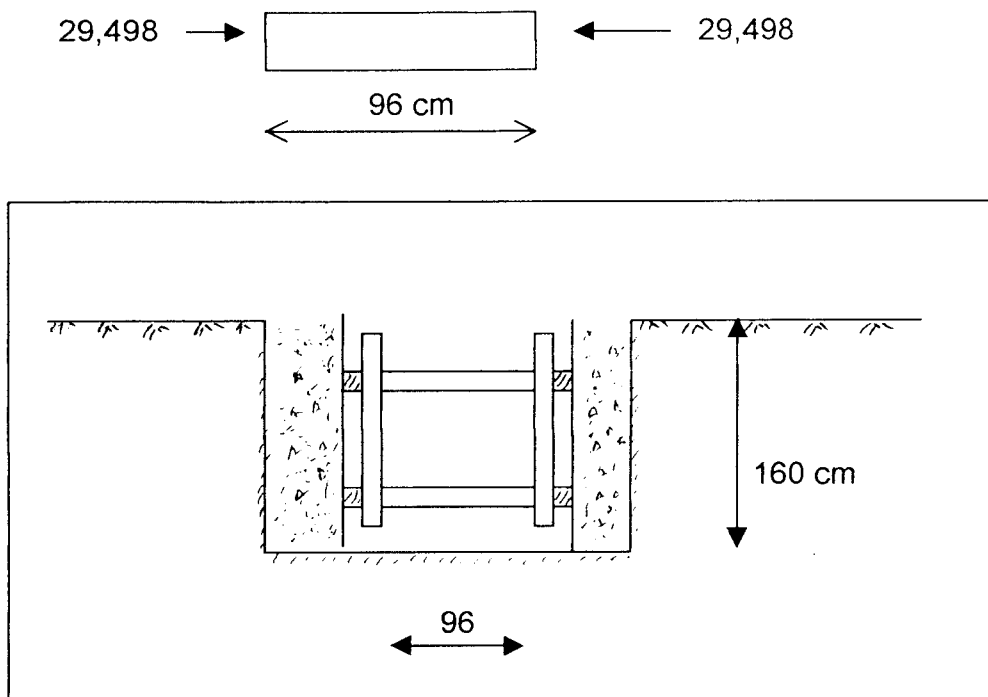
$$L^3 \leq 0,003 E \cdot I \frac{1}{0,00677,33,256}$$

$$L \leq 1345,97 \approx 13,46 \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

diambil hasil (1), maka jarak bracing $L = 897 \text{ mm}$

4. bracing

digunakan empat (4) buah *bracing* dengan beban terpusat
 $= 0,887 \times 0,843 \times 39,45 = 29,498$ KN dan kayu yang digunakan
 ukuran (80 x 80) mm².



Gambar 4.9 Ukuran *bracing*

a. panjang bracing 96 cm = 0,96 m

b. $r_{\min} = 0,298$, $b = 2,312$ cm

c. $\lambda = \frac{96}{2,312} = 41,52$

ω (faktor tekuk) = 1,38 $\longrightarrow \lambda = 41$

1,39 $\longrightarrow \lambda = 42$

ω interpolasi = 1,385

$\sigma_{tk} // = 110$ kg/cm²

$$\sigma_{tk} // \geq \frac{P \cdot \omega}{b \cdot h}$$

$$\sigma_{tk} // \geq \frac{29,498 \cdot 1,385}{8 \cdot h}$$

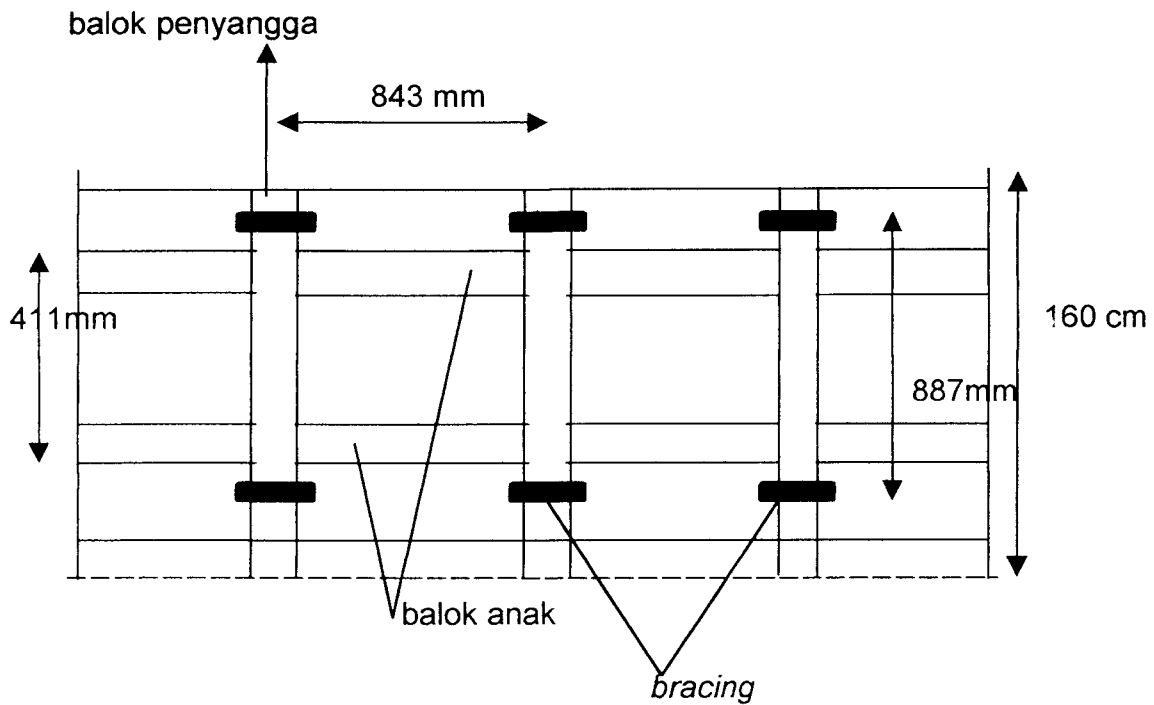
$$110 \geq \frac{29,498 \cdot 1,385}{8 \cdot h}$$

$$h \geq \frac{29,498 \cdot 1,385}{110 \cdot 8}$$

$$h \geq 4,64 \text{ cm}$$

berarti ukuran 80 x 80 mm untuk bracing aman atau dapat menahan gaya sebesar 29,448 KN.

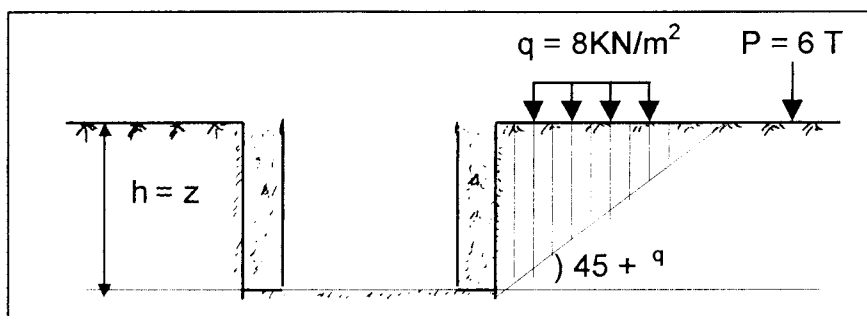
Dari hasil perhitungan struktur bekisting diatas maka dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.10 Komposisi *bekisting*

3. Pembetonan *guide wall*

Tinjauan pada saat pembetonan *guide wall*, beban yang bekerja adalah *truck mixer* sebesar 6 T, kemudian pekerja dan lainnya di perkirakan total beban yang bekerja adalah $q = 8 \text{ KN/m}^2$. Dapat dilihat pada gambar berikut 4.11 berikut ini :



Gambar 4.11 Gambar pada saat pengecoran

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma.z.\tan^2(45 - \varphi/2) - 2c \tan(45 - \varphi/2) + q.\tan^2(45 - \varphi/2)$$

$$\Rightarrow \sigma_z = \gamma.z.\tan^2(45 - \varphi/2) + q.\tan^2(45 - \varphi/2), c = 0$$

$$\Rightarrow \sigma_z = 0$$

$$\Rightarrow q = \gamma.z$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 21 \times 1.5$$

$$\Rightarrow \bar{q} = 31.5 \text{ KN/m}^2 \geq q = 8 \text{ KN/m}^2 (\text{OK})$$

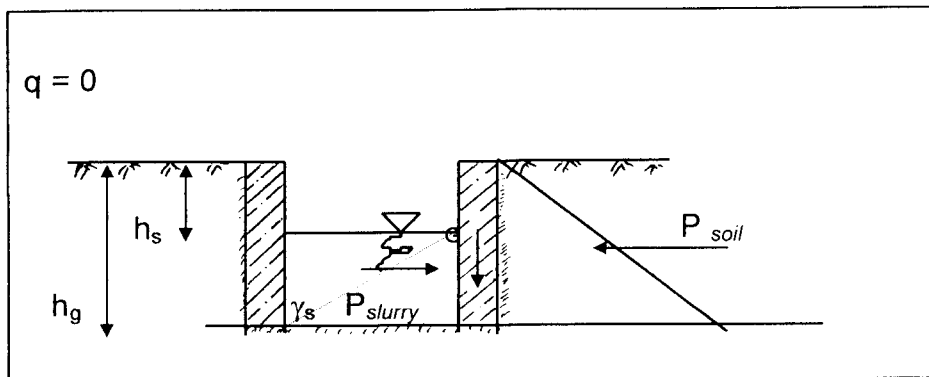
Beban ijin lebih besar dari beban yang bekerja berarti selama pelaksanaan, tanah tidak mengalami kelongsoran.

Setelah *guide wall* jadi maka akan dilihat gaya-gaya yang bekerja baik pada *guide wall* itu sendiri dan gaya-gaya luar pada saat dimulai proses pembuatan parit. Untuk beban alat besar sebesar 6T untuk *truck mixer*, maka posisi *truck mixer* harus diluar bidang longsor yaitu dengan jarak antara 1 – 2 meter dan dapat dilihat dari perhitungan kedalaman galian pada saat mencapai $h=1,5$ m pada halaman 78.

4. 2 Pada Pembuatan Parit

Analisa pelaksanaan struktur pada waktu penggalian parit yang terisi *slurry* dilakukan dengan melihat beberapa tinjauan pias-pias kedalaman galian, beban –beban yang bekerja dan pengaruh muka air tanah pada waktu penggalian.

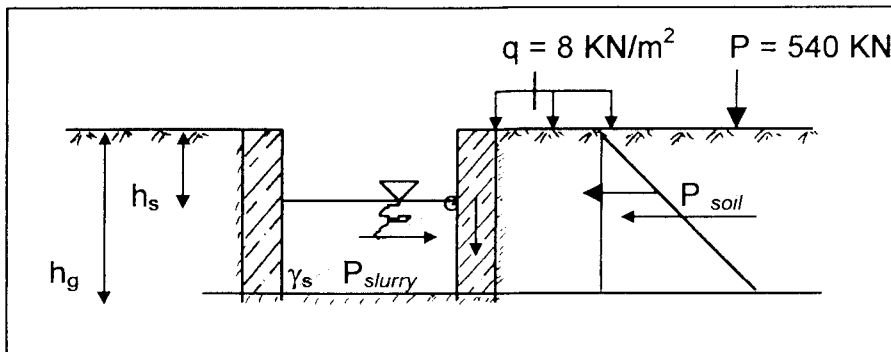
a) Fase sebelum ada gaya luar dan parit terisi *slurry*



Gambar 4.12 Tanpa gaya luar

- $P_{slurry} = \frac{\gamma_s}{2} \cdot (h_g - h_s)^2$
- $P_{slurry} = \frac{10.8 \times 1^2}{2} = 5.4 \text{ KN / m}$
- $P_G = 0.3 \times 1.5 \times 24$
- $P_G = 10.8 \text{ KN/m}$
- $P_{soil} = 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$
- $P_{soil} = 6.378 \text{ KN/m}^2$
- Syarat kesetimbangan $P_{slurry} + P_G > P_{soil}$
Berarti $(5.4 + 10.8) \text{ KN/m} > 6.378 \text{ KN/m} \text{ (OK)}$

b) Fase setelah ada gaya luar



Gambar 4.13 Dengan gaya luar

- $P_{slurry} = \frac{\gamma_s}{2} (h_g - h_s)^2$
- $P_{slurry} = \frac{10.8 \times 1^2}{2} = 5.4 \text{ kN / m}$
- $P_G = 0.3 \times 1.5 \times 24$
- $P_G = 10.8 \text{ kN/m}$
- $P_{soil} = 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a + q \cdot K_a \cdot H$
- $P_{soil} = 9.618 \text{ kN/m}^2$
- Syarat kesetimbangan $P_{slurry} + P_G > P_{soil} + P_t$

Bila Beban $P = 540 \text{ kN}$ dianggap bekerja beban titik dengan jarak sejauh

$x = 3 \text{ m}$ maka dipakai rumus Bousinesg yaitu :

- $X = m \cdot H$ $x = \text{jarak}$
- $3 = m \cdot H \rightarrow m = 3/1.5 = 2$
- $z = n \cdot H$ $z = \text{kedalaman tinjauan}$
- $n = z/H$ $H = \text{kedalaman total}$

$$R_1 \rightarrow m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0.28xn^2xP}{(0.16 + n^2)^3 xH^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1.77xm^2xn^2xP}{(m^2 + n^2)^3 xH^2}$$

- $P_t(z) = 0.5 (\sigma_{x(z-1)} - \sigma_{x(z)}) \cdot 1 \text{ m}$

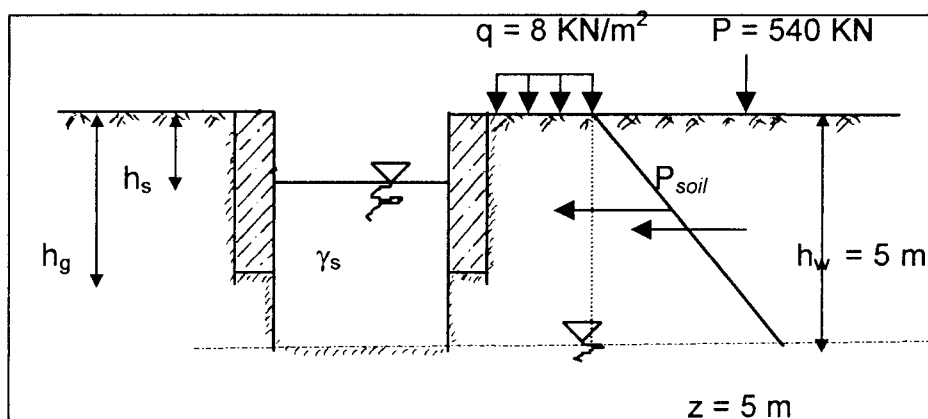
ditabelkan dengan variasi kedalaman sebagai berikut :

Tabel 4.1 kedalaman galian 1.5 m

no	Z(meter)	n	$R_2 \quad \sigma_x \quad (\text{KN/m}^2)$	$P_t \quad (\text{KN/m})$
1	0,5	0,33	$\sigma_{x1} = 2,71225$	$P_{t1} = 1/2 (0 + \sigma_{x1}) \cdot 1\text{m} = 1,356$
2	0,75	0,5	$\sigma_{x2} = 5,5337$	$P_{t2} = 1/2 (\sigma_{x1} + \sigma_{x2}) \cdot 1\text{m} = 4,123$
3	1,5	1	$\sigma_{x3} = 13,5936$	$P_{t3} = 1/2 (\sigma_{x2} + \sigma_{x3}) \cdot 1\text{m} = 9,564$
			$\sum \sigma_x = 21.8385$	$\sum P_t = 15,043$

$P_{\text{tot}} = 15,043 \text{ KN/m} + 9.618 \text{ KN/m} < P_{\text{slurry}} + P_{\text{guide}} = 16,2 \text{ KN/m}$
 tidak aman, namun diperkuat oleh bracing dengan $P = 35.0153 \text{ KN}$ dan
 $\sigma_x = 990.7 \text{ KN/m}^2$ sehingga aman.

c) Fase pada saat penggalian mencapai 5 m (H_w)



Gambar 4.14 Saat penggalian parit sedalam 5 m

1. Dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$ akan diperoleh tekanan tanah yaitu :

$$\bullet P_{soil} = 0.5 (\gamma_{soil} - \gamma_{water}) \cdot Ka \cdot H^2 + q \cdot Ka \cdot H$$

$$P_{soil} = 0,5 (21-10) \cdot 0,27 \cdot 5^2 + 8 \cdot 0,27 \cdot 5$$

$$P_{soil} = 47.925 \text{ KN/m}$$

$$\bullet P_{water} = 0,5 \cdot \gamma_{water} \cdot (H - H_w)^2$$

$$P_{water} = 0,5 \cdot 10 (5 - 5)^2$$

$$P_{water} = 0 \text{ KN/m}$$

2. Dengan beban titik sebesar $P = 540 \text{ KN}$, berlaku persamaan Boussinesq

$$R_1 \rightarrow m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0.28 \cdot x n^2 \cdot x P}{(0.16 + n^2)^3 \cdot x H^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1.77 \cdot x m^2 \cdot x n^2 \cdot x P}{(m^2 + n^2)^3 \cdot x H^2}$$

Diperoleh tekanan tanah dalam tabel perhitungan di bawah ini :

Tabel 4.2 pada kedalaman 5 m

No	Z (m)	n	$R_1 \quad m < 0.4 \quad x = 1 \text{ m}$	$R_2 \quad m > 0.4 \quad x = 3 \text{ m}$	$P_{11} \text{ (KN/m)}$	$P_{12} \text{ (KN/m)}$
			$\sigma_{x1} \text{ (KN/m}^2\text{)}$	$\sigma_{x2} \text{ (KN/m}^2\text{)}$		
1	1	0.2	30.240	8.6022	15.1200	4.3011
2	2	0.4	29.533	15.6617	29.8865	12.1320
3	3	0.6	15.485	13.275	22.5090	14.4684
4	4	0.8	7.560	8.8087	11.5225	11.0419
5	5	1.0	3.875	5.4716	5.7175	7.1402
					$\Sigma P_{11} = 84.7555$	$\Sigma P_{12} = 49.0836$

$$\text{Jadi } P_{tot} = P_{soil} + P_{water} + P_{titik}$$

$$= 47.925 + 0 + 84.7555$$

$$= 132.681 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned}
 P_{slurry} &= 0.5 \gamma_{slurry} \cdot (H - h_s)^2 \\
 &= 0.5 \times 10.8 \times 4.5^2 \\
 &= 109.35 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

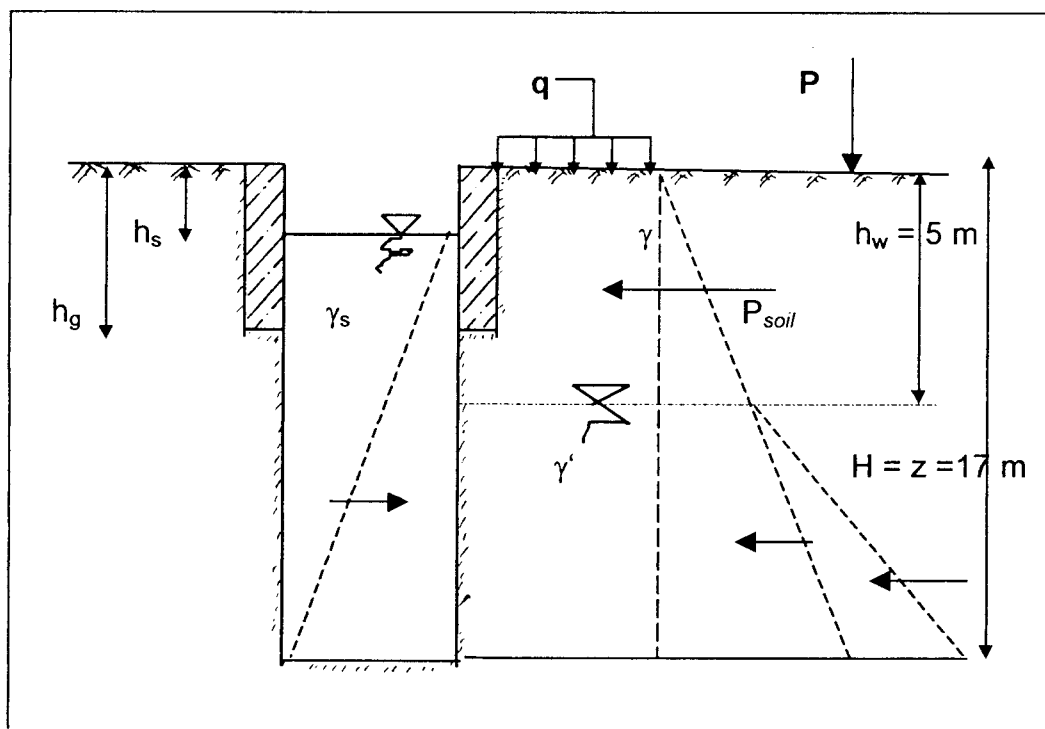
dapat dilihat $P_{slurry} = 109.35 \text{ KN/m} < P_{tot} = 132.681 \text{ KN/m}$

(pada jarak beban titik $x = 1 \text{ m}$), berarti tidak aman. Namun bila jarak alat berat diambil $x = 3 \text{ m}$ maka $P_{titik} = 49.0836 \text{ KN/m}$, sehingga

$$\begin{aligned}
 P_{total} &= P_{soil} + P_{water} + P_{titik} \\
 &= 97.011 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

$P_{slurry} = 109.35 \text{ KN/m} > P_{total} = 97.011 \text{ KN/m}$ (aman)

d) Pada saat galian mencapai kedalaman 17 m



Gambar 4.16 Saat alat galian mencapai kedalaman 17 m

1. Dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$ diperoleh

- $P_{soil} = 0.5 (\gamma_{soil} - \gamma_{water}) \cdot Ka \cdot H^2 + q \cdot Ka \cdot H$
 $P_{soil} = 0,5 (21-10) \cdot 0,27 \cdot 17^2 + 8 \cdot 0,27 \cdot 17$
 $P_{soil} = 465,885 \text{ KN/m}$
- $P_{water} = 0,5 \cdot \gamma_{water} \cdot (H - h_w)^2$
 $P_{water} = 0,5 \cdot 10 (17 - 5)^2$
 $P_{water} = 720 \text{ KN/m}$

3. Dengan beban titik sebesar $P = 540 \text{ KN}$, berlaku persamaan Boussinesq

$$R_1 \rightarrow m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0.28xn^2 xP}{(0.16 + n^2)^3 xH^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1.77xm^2 xn^2 xP}{(m^2 + n^2)^3 xH^2}$$

Tabel 4.3 pada kedalaman 17 m

No	z(m)	n	$R_1 \quad m < 0.4 \quad x = 3 \text{ m}$	$R_2 \quad m > 0.4 \quad x = 7 \text{ m}$	$P_{t1} \text{ (KN/m)}$	$P_{t2} \text{ (KN/m)}$
			$\sigma_{x1} \text{ (KN/m}^2\text{)}$	$\sigma_{x2} \text{ (KN/m}^2\text{)}$		
1	1	0.06	0.4301	0.3954	0.2151	0.1977
2	2	0.12	1.4203	1.3171	0.9252	0.8563
3	3	0.18	2.3800	2.2348	1.9002	1.7760
4	4	0.24	2.9248	2.7853	2.6524	2.5101
5	5	0.29	3.0252	2.9147	2.9750	2.8500
6	6	0.35	2.8427	2.7752	2.9340	2.8450
7	7	0.41	2.4900	2.4593	2.6664	2.6173
8	8	0.47	2.0913	2.0863	2.2907	2.2728
9	9	0.53	1.7147	1.7252	1.9030	1.9058
10	10	0.59	1.3884	1.4070	1.5516	1.5661
11	11	0.65	1.1184	1.1402	1.2534	1.2736
12	12	0.71	0.9005	0.9227	1.0095	1.0315
13	13	0.76	0.7530	0.7744	0.8268	0.8486
14	14	0.82	0.6099	0.6269	0.6815	0.7020
15	15	0.88	0.4966	0.5142	0.5533	0.5719
16	16	0.94	0.4067	0.4223	0.4517	0.4683
17	17	1.00	0.3352	0.3488	0.3710	0.3856
					$\Sigma P_{t1} = 25.161$	$\Sigma P_{t2} = 24.6786$

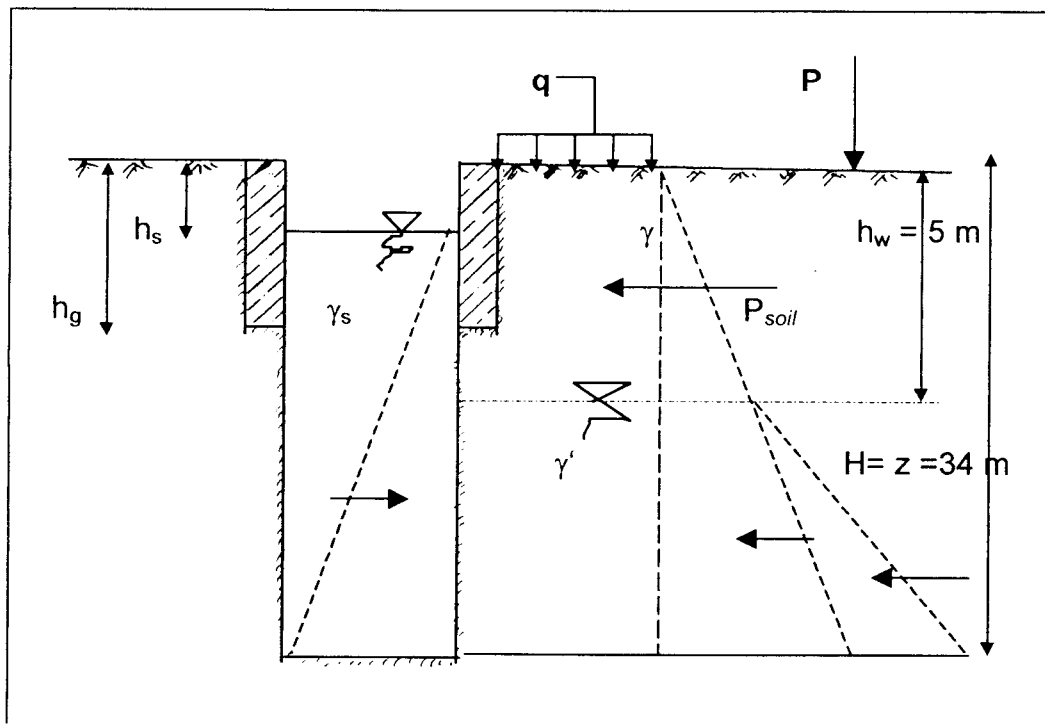
Diambil $P_{titik} = 25.161 \text{ KN/m}$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{\text{tot}} &= P_{\text{soil}} + P_{\text{water}} + P_{\text{titik}} \\
 &= 465.885 + 720 + 25.161 \\
 &= 1174.326 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{slurry}} &= 0.5 \gamma_{\text{slurry}} \cdot (H-h_s)^2 \\
 &= 0.5 \times 10.8 \times 16.5^2 \\
 &= 1470.15 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

dapat dilihat $P_{\text{slurry}} = 1470.15 \text{ KN/m} > P_{\text{tot}} = 1174.326 \text{ KN/m}$ berarti aman.

e) Pada galian mencapai kedalaman 34 m



Gambar 4.17 Saat alat galian mencapai kedalaman 34 m

1. Dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$ diperoleh

$$P_{\text{soil}} = 0.5 (\gamma_{\text{soil}} - \gamma_{\text{water}}) \cdot K_a \cdot H^2 + q \cdot K_a \cdot H$$

$$P_{\text{soil}} = 0,5 (21-10) \cdot 0,27 \cdot 34^2 + 8 \cdot 0,27 \cdot 34$$

$$P_{soil} = 1790.1 \text{ KN/m}$$

$$\bullet P_{water} = 0,5 \cdot \gamma_{water} \cdot (H - h_w)$$

$$P_{water} = 0,5 \cdot 10 \cdot (34 - 5)^2$$

$$P_{water} = 4205 \text{ KN/m}$$

2. Dengan beban titik sebesar $P = 540 \text{ KN}$, berlaku persamaan Boussinesq

$$R_1 \rightarrow m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0.28xn^2 xP}{(0.16 + n^2)^3 xH^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0.4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1.77xm^2 xn^2 xP}{(m^2 + n^2)^3 xH^2}$$

Tabel 4.4 pada kedalaman 34 m dengan $P = 540 \text{ KN}$

No	z(m)	n	R_1 $m < 0.4$	R_2 $m > 0.4$	P_{t1} (KN/m)	P_{t2} (KN/m)
			σ_{x1} (KN/m ²)	σ_{x2} (KN/m ²)		
1	1	0.03	0.0283	0.0259	0.0142	0.0130
2	2	0.06	0.1075	0.0989	0.0679	0.0624
3	3	0.09	0.2230	0.2058	0.1653	0.1524
4	4	0.12	0.3551	0.3293	0.2892	0.2076
5	5	0.15	0.4842	0.4516	0.4197	0.3905
6	6	0.18	0.5950	0.5587	0.5396	0.5052
7	7	0.21	0.6784	0.6415	0.6367	0.6001
8	8	0.24	0.7312	0.6963	0.7048	0.6689
9	9	0.27	0.7548	0.7239	0.7430	0.7101
10	10	0.29	0.7563	0.7287	0.7556	0.7263
11	11	0.32	0.7413	0.7191	0.7488	0.7239
12	12	0.35	0.7107	0.6938	0.7260	0.7065
13	13	0.38	0.6696	0.6577	0.6902	0.6758
14	14	0.41	0.6225	0.6148	0.6461	0.6363
15	15	0.44	0.5727	0.5686	0.5976	0.5917
16	16	0.47	0.5228	0.5216	0.5478	0.5451
17	17	0.50	0.4744	0.4754	0.4986	0.4985
18	18	0.53	0.4287	0.4313	0.4516	0.4534
19	19	0.56	0.3861	0.3899	0.4074	0.4106
20	20	0.59	0.3471	0.3571	0.3666	0.3708
21	21	0.62	0.3116	0.3168	0.3294	0.3343
22	22	0.65	0.2796	0.2851	0.2956	0.3101
23	23	0.68	0.2508	0.2564	0.2652	0.2708
24	24	0.71	0.2251	0.2307	0.2380	0.2436
25	25	0.74	0.2022	0.2076	0.2137	0.2192
26	26	0.77	0.1817	0.1869	0.1920	0.1973
27	27	0.79	0.1693	0.1745	0.1755	0.1807
28	28	0.82	0.1525	0.1574	0.1609	0.1660
29	29	0.85	0.1375	0.1422	0.1450	0.1498
30	30	0.88	0.1242	0.1286	0.1309	0.1354
31	31	0.91	0.1123	0.1164	0.1183	0.1225
32	32	0.94	0.1017	0.1056	0.1070	0.1110
33	33	0.97	0.0922	0.0959	0.0970	0.1001
34	34	1.00	0.0838	0.0872	0.0880	0.0916
					$\Sigma P_{t1} = 12.5731$	$\Sigma P_{t2} = 12.3324$

Diambil $P_{titik} = 12.5731 \text{ KN/m}$

Jadi $P_{tot} = P_{soil} + P_{water} + P_{titik}$

$$= 1790.1 + 4205 + 12.5731$$

$$= 6007.6731 \text{ KN/m}$$

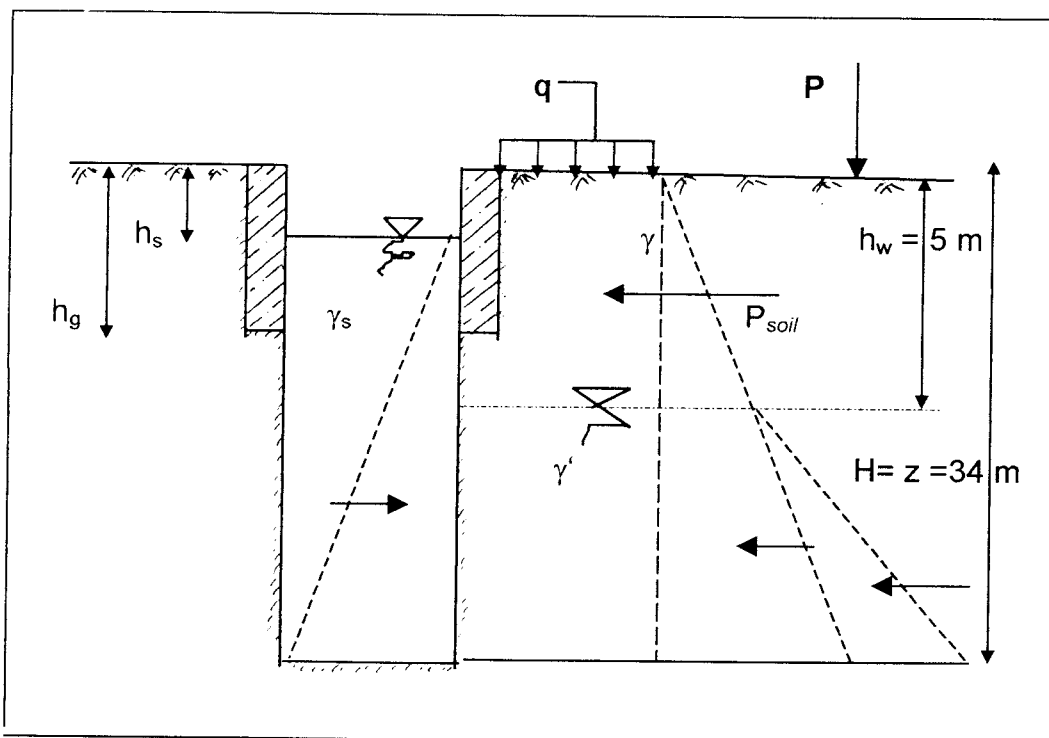
$$P_{slurry} = 0.5 \gamma_{slurry} \cdot (H-h_s)^2$$

$$= 0.5 \times 10.8 \times 33.5^2$$

$$= 6060.15 \text{ KN/m}$$

dapat dilihat $P_{slurry} = 6060.15 \text{ KN/m} > P_{tot} = 6007.6731 \text{ KN/m}$ (aman)

f) Pada galian kedalaman 34 m saat pemancangan ($P = 1000 \text{ KN}$)



Gambar 4.17 Saat alat galian mencapai kedalaman 34 m

1. Dengan beban merata sebesar $q = 8 \text{ KN/m}^2$ diperoleh

- $P_{soil} = 0.5 (\gamma_{soil} - \gamma_{water}) \cdot K_a \cdot H^2 + q \cdot K_a \cdot H$

$$P_{soil} = 0,5 (21-10) \cdot 0,27 \cdot 34^2 + 8 \cdot 0,27 \cdot 34$$

$$P_{soil} = 1790,1 \text{ KN/m}$$

- $P_{water} = 0,5 \cdot \gamma_{water} \cdot (H - h_w)$

$$P_{water} = 0,5 \cdot 10 (34 - 5)^2$$

$$P_{water} = 4205 \text{ KN/m}$$

3. Dengan beban titik sebesar $P = 1000 \text{ KN}$, berlaku persamaan

Boussinesq

$$R_1 \rightarrow m \leq 0,4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{0,28xn^2 xP}{(0,16 + n^2)^3 xH^2}$$

$$R_2 \rightarrow m \geq 0,4 \rightarrow \sigma_{x(z)} = \frac{1,77xm^2 xn^2 xP}{(m^2 + n^2)^3 xH^2}$$

Tabel 4.5 pada kedalaman 34 m dengan $P = 1000 \text{ KN}$

No	z(m)	n	R_1	$P_{t1} \text{ (KN/m)}$
			$m < 0.4$ $\sigma_{x1} \text{ (KN/m}^2\text{)}$	
1.	1	0.03	0.0523	0.0142
2.	2	0.06	0.1991	0.1257
3.	3	0.09	0.4130	0.3061
4.	4	0.12	0.6575	0.5353
5.	5	0.15	0.8966	0.7771
6.	6	0.18	1.1019	0.9993
7.	7	0.21	1.2564	1.1792
8.	8	0.24	1.3541	1.3053
9.	9	0.27	1.3977	1.3759
10.	10	0.29	1.14005	1.3991
11.	11	0.32	1.3725	1.3867
12.	12	0.35	1.3161	1.3445
13.	13	0.38	1.2400	1.2781
14.	14	0.41	1.1528	1.1964
15.	15	0.44	1.0604	1.1066
16.	16	0.47	0.9881	1.0243
17.	17	0.50	0.8786	0.9334
18.	18	0.53	0.7938	0.8362
19.	19	0.56	0.7151	0.7545
20.	20	0.59	0.6428	0.6790
21.	21	0.62	0.5771	0.6400
22.	22	0.65	0.5178	0.5475
23.	23	0.68	0.4645	0.4912
24.	24	0.71	0.4169	0.4407
25.	25	0.74	0.3774	0.3957
26.	26	0.77	0.3365	0.3555
27.	27	0.79	0.3136	0.3251
28.	28	0.82	0.2824	0.2980
29.	29	0.85	0.2546	0.2685
30.	30	0.88	0.2299	0.2423
31.	31	0.91	0.2079	0.2189
32.	32	0.94	0.1883	0.1981
33.	33	0.97	0.1708	0.1796
34.	34	1.00	0.1552	0.1630
				$\Sigma P_{t1} = 23.3330$

Diambil $P_{titik} = 23.330 \text{ KN/m}$

Jadi $P_{tot} = P_{soil} + P_{water} + P_{titik}$

$$= 1790.1 + 4205 + 23.3330$$

$$= 6018.4300 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned}P_{slurry} &= 0.5 \gamma_{slurry} \cdot (H - h_s)^2 \\ &= 0.5 \times 10.8 \times 33.5^2 \\ &= 6060.15 \text{ KN/m}\end{aligned}$$

dapat dilihat $P_{slurry} = 6060.15 \text{ KN/m} > P_{tot} = 6018.430 \text{ KN/m}$ (aman)