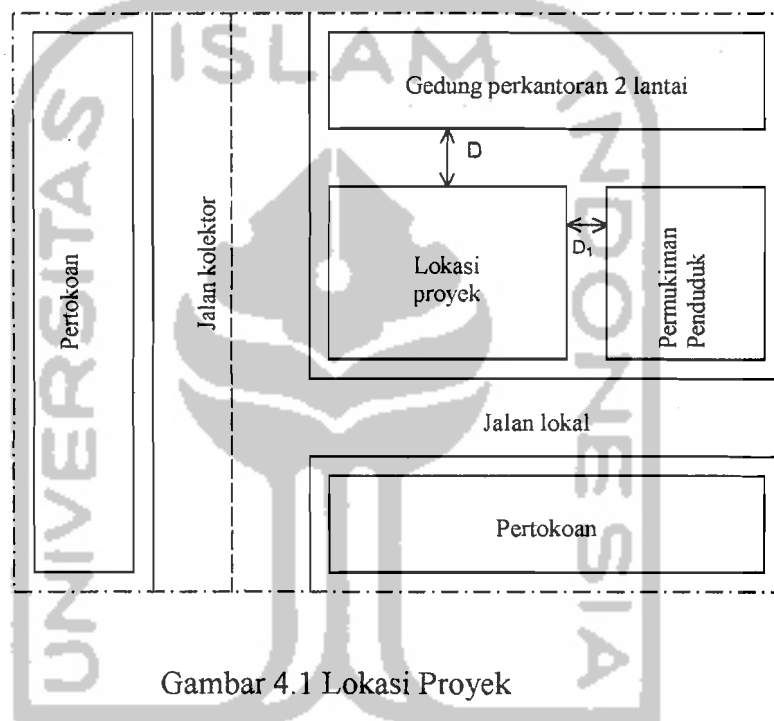


BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1. Lokasi proyek



Gambar 4.1 Lokasi Proyek

Keterangan :

- ◇ D = Jarak antara lokasi proyek dengan gedung perkantoran 2 meter.
- ◇ D₁ = Jarak antara lokasi proyek dengan permukiman penduduk 1 meter.
- ◇ Jarak antara lokasi proyek dengan tepi jalan adalah 4 meter.

4.2. Perhitungan beban di sekitar lokasi proyek

a) Beban di sebelah utara proyek (gedung perkantoran lantai dua)

| | | | | |
|---|---------------------------------------------|---|------|-------------------|
| 1 | berat atap genteng | : | 50 | kg/m ² |
| 2 | eternit + pengantung (11+7) | : | 17 | kg/m ² |
| 3 | dinding pasangan ½ batu bata | : | 250 | kg/m ² |
| 4 | plat 0,12 x 2400 | : | 288 | kg/m ² |
| 5 | lantai keramik | : | 24 | kg/m ² |
| 6 | pondasi pasangan batu kali 0,4 x 0,5 x 2200 | : | 528 | kg/m ² |
| 7 | pondasi foot plat 0,15 x 2400 | : | 360 | kg/m ² |
| 8 | tangga 0,15 x 2400 | : | 360 | kg/m ² |
| 9 | beban hidup | : | 250 | kg/m ² |
| | Jumlah | : | 2127 | kg/m ² |

b) Beban sebelah timur gedung merupakan rumah penduduk satu lantai

| | | | | |
|---|---------------------------------------------|---|------|-------------------|
| 1 | berat atap genteng | : | 50 | kg/m ² |
| 2 | eternit + pengantung (11+7) | : | 17 | kg/m ² |
| 3 | dinding pasangan ½ batu bata | : | 250 | kg/m ² |
| 4 | lantai keramik | : | 24 | kg/m ² |
| 5 | pondasi pasangan batu kali 0,4 x 0,5 x 2200 | : | 528 | kg/m ² |
| 6 | sloof 0,15 x 0,20 x 2400 | : | 72 | kg/m ² |
| 7 | beban hidup | : | 200 | kg/m ² |
| | Jumlah | : | 1141 | kg/m ² |

c) Beban Jalan Raya (kolektor) pada sebelah barat lokasi proyek

| | | | | |
|---|------------------------------|---|------|-------------------|
| 1 | Aspal | : | 14 | kg/m ² |
| 2 | Batu belah 0,2 x 1500 | : | 300 | kg/m ² |
| 3 | Pasir 0,05 x 1600 | : | 80 | kg/m ² |
| 4 | kerikil 0,1 x 1650 | : | 165 | kg/m ² |
| 5 | selokan pasangan ½ batu | : | 250 | kg/m ² |
| 6 | beban hidup (tekanan gandar) | : | 7000 | kg/m ² |
| | Jumlah | : | 7809 | kg/m ² |

d) Beban jalan kolektor di sebelah selatan lokasi proyek

| | | | | |
|---|------------------------------|---|------|-------------------|
| 1 | Aspal | : | 14 | kg/m ² |
| 2 | Batu belah 0,2 x 1500 | : | 300 | kg/m ² |
| 3 | Pasir 0,05 x 1600 | : | 80 | kg/m ² |
| 4 | kerikil 0,1 x 1650 | : | 165 | kg/m ² |
| 5 | selokan pasangan ½ batu | : | 250 | kg/m ² |
| 6 | beban hidup (tekanan gandar) | : | 3500 | kg/m ² |
| | Jumlah | : | 4309 | kg/m ² |

4.3. Bidang kelongsoran tanah

Jarak yang berpengaruh terhadap kelongsoran tanah sepanjang :

$$L = 2(H \cdot \sin(90 - (45 + \phi/2))) = 2(12 \cdot \sin(90 - (45 + 22/2))) = 13,42 \text{ meter.}$$

Maka beban lajur akan berpengaruh sepanjang 13,42 meter dari tepi dinding penahan tanah.

4.4. Tekanan tanah akibat beban lajur

a) Beban bagian utara

Dari hasil perhitungan beban diperoleh $q = 2127 \text{ kg/m}^2$

dengan $b' = 2 \text{ m}$ sehingga $a' = L - b = 13,42 - 2 = 11,42 \text{ m}$, $H = 12 \text{ m}$.

$$\text{maka: } \theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{2'}{12}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{2'}{12}\right) = 9,4623^\circ$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} = \tan^{-1}\left(\frac{2'+11,42}{12}\right) = 48,2^\circ$$

Gaya yang bekerja (P) :

$$P = \frac{q}{90} (H(\theta_2 - \theta_1)) = \frac{2127}{90} (12(48,2 - 9,4623)) = 10986 \text{ kg/m}$$

Letak resultan P :

$$(H - z) = \frac{H^2(\theta_2 - \theta_1) - (R - Q) + 57,30 \cdot a' \cdot 13}{2 \cdot H(\theta_2 - \theta_1)}$$

$$R = (a+b)^2 \cdot (90 - \theta_2) = (11,42+2)^2 \cdot (90 - 48,2) = 7528,0295 \text{ m.}$$

$$Q = b^2(90 - \theta_1) = 4(90 - 9,4623) = 322,1508 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} (H - z) &= \frac{12^2(48,2 - 9,4623) - (7528,0295 - 322,1508) + 57,30 \cdot 11,42 \cdot 12}{2 \cdot 12(48,2 - 9,4623)} \\ &= 6,6954 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$z = H - (H - z) = 12 - 6,6954 = 5,3046 \text{ m.}$$

b) beban bagian timur

Dari hasil perhitungan beban diperoleh $q = 1141 \text{ kg/m}^2$

dengan $b = 1 \text{ m}$. maka $a = L - b = 13,42 - 1 = 12,42 \text{ m}$.

$$\text{maka: } \theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{b'}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1}{12}\right) = 4,7636^\circ$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{b'+a'}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1+12,42}{12}\right) = 48,2^\circ$$

Gaya yang bekerja (P) :

$$P = \frac{q}{90}(H(\theta_2 - \theta_1)) = \frac{1141}{90}(12(48,2 - 4,7636)) = 6608,1243 \text{ kg/m}$$

Menghitung letak resultan P :

$$(H-z) = \frac{H^2(\theta_2 - \theta_1) - (R-Q) + 57,30 \cdot a' \cdot 13}{2 \cdot H(\theta_2 - \theta_1)}$$

$$R = (a'+b')^2 \cdot (90 - \theta_2) = (11,42+1)^2 \cdot (90 - 48,2) = 7528,0295 \text{ m.}$$

$$Q = b'^2 \cdot (90 - \theta_1) = 1(90 - 4,7636) = 85,2364 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} (H-z) &= \frac{12^2(48,2 - 4,7636) - (7528,0295 - 85,2364) + 57,30 \cdot 11,42 \cdot 12}{2 \cdot 12(48,2 - 4,7636)} \\ &= 6,3929 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$z = H - (H-z) = 12 - 6,3929 = 5,6071 \text{ m.}$$

c) Bagian barat (jalan kolektor)

Dari hasil perhitungan beban diperoleh $q=7809 \text{ kg/m}^2$
dengan $b = 4 \text{ m}$. maka $a = L - b = 13,42 - 4 = 9,42 \text{ m}$.

$$\text{maka: } \theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{b'}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{4}{12}\right) = 18,4349^\circ$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{b'+a'}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1+12,42}{12}\right) = 48,2^\circ$$

Gaya yang bekerja (P) :

$$P = \frac{q}{90}(H(\theta_2 - \theta_1)) = \frac{5809}{90}(12(48,2 - 18,4349)) = 30991,4221 \text{ kg/m}$$

Menghitung letak resultan P :

$$(H - z) = \frac{H^2(\theta_2 - \theta_1) - (R - Q) + 57.30.a'.12}{2.H(\theta_2 - \theta_1)}$$

$$R = (a' + b')^2 \cdot (90 - \theta_2) = (9,42 + 4)^2 \cdot (90 - 48,2) = 7528,0295 \text{ m.}$$

$$Q = b'^2 \cdot (90 - \theta_1) = 16 \cdot (90 - 18,4349) = 1145,0416 \text{ m.}$$

$$(H - z) = \frac{12^2(48,2 - 18,4349) - (7528,0295 - 1145,0416) + 57,30 \cdot 9,42 \cdot 12}{2 \cdot 12(48,2 - 18,4349)}$$

$$= 6,1319 \text{ m.}$$

$$z = H - (H - z) = 12 - 6,1319 = 5,8681 \text{ m.}$$

d) bagian selatan (jalan lokal)

Dari hasil perhitungan beban diperoleh $q = 4309 \text{ kg/m}^2$

dengan $b = 4 \text{ m}$. maka $a = L - b = 13,42 - 4 = 9,42 \text{ m}$.

$$\text{maka: } \theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{b'}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{4}{12}\right) = 18,4349^\circ$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{b' + a'}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{4 + 9,42}{12}\right) = 48,2^\circ$$

Gaya yang bekerja (P) :

$$P = \frac{q}{90} (H(\theta_2 - \theta_1)) = \frac{4309}{90} (12(48,2 - 18,4349)) = 17101,04212 \text{ kg/m}$$

Menghitung letak resultan P :

$$(H - z) = \frac{H^2(\theta_2 - \theta_1) - (R - Q) + 57.30.a'.12}{2.H(\theta_2 - \theta_1)}$$

$$R = (a' + b')^2 \cdot (90 - \theta_2) = (9,42 + 4)^2 \cdot (90 - 48,2) = 7528,0295 \text{ m.}$$

$$Q = b^2 \cdot (90 - \theta_1) = 16 \cdot (90 - 18,4349) = 1145,0416 \text{ m.}$$

$$(H - z) = \frac{12^2(48,2 - 18,4349) - (7528,0295 - 1145,0416) + 57,30 \cdot 9,42 \cdot 12}{2 \cdot 12(48,2 - 18,4349)}$$

$$= 6,1319 \text{ m.}$$

$$z = H - (H - z) = 12 - 6,1319 = 5,8681 \text{ m.}$$

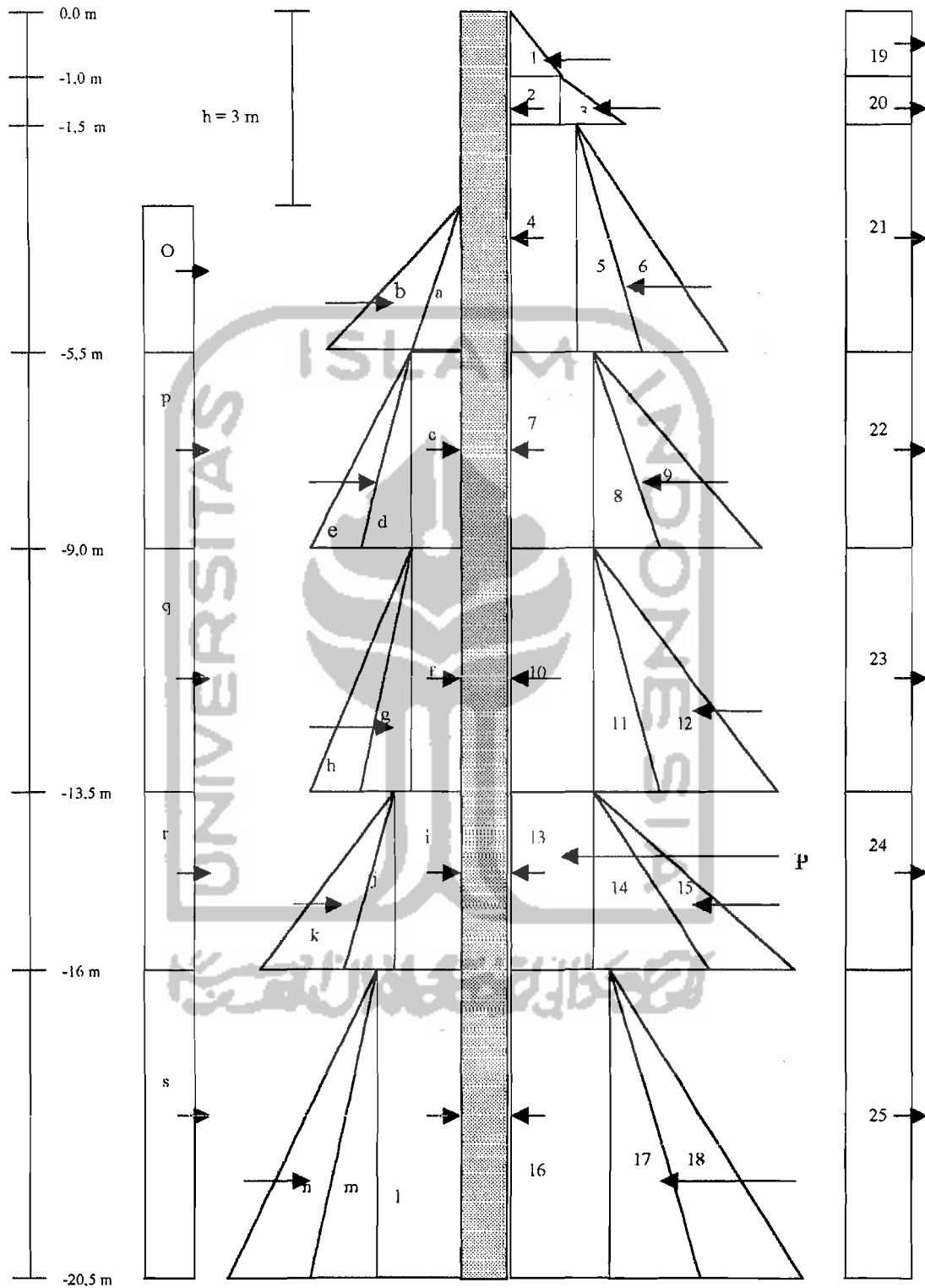
4.5. Tekanan Lateral tanah

Gaya lateral yang disebabkan oleh tanah pada lokasi merupakan tekanan tanah aktif dan pasif, yang dapat dihitung dengan diagram tekanan tanah aktif dan pasif. Data tanah diambil dari boring log I pada proyek Gedung Muhammadiyah Semarang, Jawa tengah. Karena data tanah urug tidak tersedia maka disamakan dengan data tanah pada kedalaman -1 meter.

Tabel 4.1. Data boring log I

| No | Dalam (m) | (Ww) (%) | Gs | γ_b (t/m ³) | γ_k (t/m ³) | γ' (t/m ³) | C (t/m ²) | Ka | Kp |
|----|-------------|----------|--------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------|--------|
| 1 | 0 - 1 | 52,54 | 2,4875 | 1,6448 | 1,0783 | 0,6448 | 1,8 | 0,7041 | 1,4203 |
| 2 | 1 - 1,5 | 52,54 | 2,4875 | 1,6448 | 1,0783 | 0,6448 | 1,8 | 0,7041 | 1,4203 |
| 3 | 1,5 - 5,5 | 52,54 | 2,4875 | 1,6448 | 1,0783 | 0,6448 | 1,8 | 0,7041 | 1,4203 |
| 4 | 5,5 - 9,0 | 48,78 | 2,4680 | 1,6661 | 1,1198 | 0,6661 | 0,8 | 0,7556 | 1,3233 |
| 5 | 9,0 - 13,5 | 37,82 | 2,4945 | 1,7690 | 1,2836 | 0,7690 | 1,5 | 0,7041 | 1,4203 |
| 6 | 13,5 - 15,5 | 32,63 | 2,5121 | 1,8310 | 1,3805 | 0,8310 | 1,6 | 0,5888 | 1,6984 |
| 7 | 15,5 - 20,5 | 35,59 | 2,5330 | 1,8063 | 1,3322 | 0,8063 | 0,7 | 0,4903 | 2,0396 |

Beban lajur yang ikut diperhitungkan terhadap kestabilan dinding diafragma adalah beban lajur yang terbesar yaitu di sebelah barat bangunan, $P = 30991,4221 \text{ kg/m}$.



Gambar 4.1 Diagram tekanan tanah aktif dan pasif

Tabel 4.2 tekanan tanah aktif :

| No. | Pa (t/m) | Lengan (m) | Pa x L (T) |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|
| 1 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_{b1} \cdot h_1^2 \cdot ka_1$ = 0,5790 | 19,8333 | 11,8435 |
| 2 | $\gamma_{b1} \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot ka_2$ = 0,5790 | 19,25 | 11,1467 |
| 3 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_{b2} \cdot h_2^2 \cdot ka_2$ = 0,1448 | 19,1667 | 2,7734 |
| 4 | $(\gamma_{b1} \cdot h_1 + \gamma_{b2} \cdot h_2) \cdot h_3 \cdot ka_3$ = 6,9486 | 17,25 | 119,8633 |
| 5 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_3 \cdot h_3^2 \cdot ka_3$ = 3,6320 | 16,5 | 59,9280 |
| 6 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_3^2$ = 8 | 16,5 | 132 |
| 7 | $(\gamma_{b1} \cdot h_1 + \gamma_{b2} \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3) \cdot h_4 \cdot ka_4$ = 13,3457 | 13,25 | 176,8305 |
| 8 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_4 \cdot h_4^2 \cdot ka_4$ = 3,0827 | 12,6667 | 39,0476 |
| 9 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_4^2$ = 6,1250 | 12,6667 | 77,5835 |
| 10 | $(\gamma_{b1} \cdot h_1 + \gamma_{b2} \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 + \gamma_4 \cdot h_4) \cdot h_5 \cdot ka_5$ = 23,3760 | 9,25 | 216,2280 |
| 11 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_5 \cdot h_5^2 \cdot ka_5$ = 5,4822 | 8,5 | 46,5987 |
| 12 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_5^2$ = 10,1250 | 8,5 | 86,0625 |
| 13 | $(\gamma_{b1} \cdot h_1 + \gamma_{b2} \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 + \gamma_4 \cdot h_4 + \gamma_5 \cdot h_5) \cdot h_6 \cdot ka_6$ = 15,9539 | 5,75 | 91,7349 |
| 14 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_6 \cdot h_6^2 \cdot ka_6$ = 1,5290 | 5,3333 | 8,1546 |
| 15 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_6^2$ = 3,1250 | 5,3333 | 16,6666 |
| 16 | $(\gamma_{b1} \cdot h_1 + \gamma_{b2} \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 + \gamma_4 \cdot h_4 + \gamma_5 \cdot h_5 + \gamma_6 \cdot h_6) \cdot h_7 \cdot ka_7$ = 28,4965 | 2,25 | 64,1171 |
| 17 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_7 \cdot h_7^2 \cdot ka_7$ = 4,0027 | 1,5 | 6,0040 |
| 18 | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_7^2$ = 10,1250 | 1,5 | 15,1875 |
| 19 | $-2 \cdot c_1 \cdot \sqrt{ka_1} \cdot h_1$ = -3,0208 | 20 | -60,4160 |
| 20 | $-2 \cdot c_2 \cdot \sqrt{ka_2} \cdot h_2$ = -1,5104 | 19,25 | -29,0752 |
| 21 | $-2 \cdot c_3 \cdot \sqrt{ka_3} \cdot h_3$ = -12,0831 | 17,25 | -208,4335 |
| 22 | $-2 \cdot c_4 \cdot \sqrt{ka_4} \cdot h_4$ = -4,8678 | 13,25 | -64,4983 |
| 23 | $-2 \cdot c_5 \cdot \sqrt{ka_5} \cdot h_5$ = -11,3279 | 9,25 | -104,7831 |
| 24 | $-2 \cdot c_6 \cdot \sqrt{ka_6} \cdot h_6$ = -6,1387 | 5,75 | -35,2975 |
| 25 | $-2 \cdot c_7 \cdot \sqrt{ka_7} \cdot h_7$ = -4,4113 | 2,25 | -9,9254 |
| 26 | P (akibat beban lajur) = 30,9914 | 5,8681 | 181,8606 |
| | ΣPa = 132,2835 | $\Sigma Pa \times L$ = | 850,8420 |

Tabel 4.3 Tekanan tanah pasif:

| No. | Pp (t/m) | Lengan (m) | Pp x L |
|-----|------------------------------------------------------------|------------|---------|
| a | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_3 \cdot h^2 \cdot kp_3$ = 2,8619 | 15,8333 | 45,3133 |
| b | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$ = 3,1250 | 15,8333 | 49,4791 |
| c | $\gamma_3 \cdot h \cdot h_4 \cdot kp_4$ = 7,4660 | 13,25 | 98,9245 |

| | | | | |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------|-------------|
| d | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_4 \cdot h_4^2 \cdot kp_4$ | = 4,0798 | 12,6667 | 51,6776 |
| e | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_4^2$ | = 6,1250 | 12,6667 | 77,5835 |
| f | $(\gamma_3 \cdot h + \gamma_4 \cdot h_4) \cdot h_5 \cdot kp_5$ | = 25,2030 | 9,25 | 233,1278 |
| g | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_5 \cdot h_5^2 \cdot kp_5$ | = 11,0586 | 8,5 | 93,9981 |
| h | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_5^2$ | = 10,1250 | 8,5 | 86,0625 |
| i | $(\gamma_3 \cdot h + \gamma_4 \cdot h_4 + \gamma_5 \cdot h_5) \cdot h_6 \cdot kp_6$ | = 31,4365 | 5,75 | 180,7599 |
| j | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_6 \cdot h_6^2 \cdot kp_6$ | = 4,4105 | 5,3333 | 23,5225 |
| k | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_6^2$ | = 3,1250 | 5,3333 | 16,6666 |
| l | $(\gamma \cdot h_3 + \gamma_4 \cdot h_4 + \gamma_5 \cdot h_5 + \gamma_6 \cdot h_6) \cdot h_7 \cdot kp_7$ | = 87,0213 | 2,25 | 195,7979 |
| m | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_7 \cdot h_7^2 \cdot kp_7$ | = 16,6509 | 1,5 | 24,9763 |
| n | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_7^2$ | = 10,1250 | 1,5 | 15,1875 |
| o | $2 \cdot c_3 \cdot \sqrt{kp_3} \cdot h$ | = 10,7259 | 16,25 | 174,2959 |
| p | $2 \cdot c_4 \cdot \sqrt{kp_4} \cdot h_4$ | = 6,4419 | 13,25 | 85,3552 |
| q | $2 \cdot c_5 \cdot \sqrt{kp_5} \cdot h_5$ | = 16,0888 | 9,25 | 148,8214 |
| r | $2 \cdot c_6 \cdot \sqrt{kp_6} \cdot h_6$ | = 10,4258 | 5,75 | 59,9483 |
| s | $2 \cdot c_7 \cdot \sqrt{ka_7} \cdot h_7$ | = 8,9973 | 2,25 | 20,2439 |
| | ΣPp | = 275,4932 | $\Sigma Pp \times L$ | = 1681,7419 |

Angka keamanan:

$$SF = \frac{\Sigma \text{Momen Penahan}}{\Sigma \text{Momen Pengguling}} = \frac{1681,7419}{850,8420} = 1,98 > 1,5$$

perhitungan kestabilan dinding:

diketahui kedalaman dinding $D = 8,5$ meter dan dinding yang menahan tanah $H = 12$ meter.

$$Pp \times \frac{D}{3} = Pa \times \frac{(D+H)}{3}$$

$$P_p \times \frac{8,5}{3} = 132,2835 \times \frac{(8,5+12)}{3}$$

$$P_p \times 2,8333 = 903,9372$$

$$P_p = 319,0404 \text{ t/m} > P_a = 132,2835 \text{ t/m}$$

Gaya tekanan aktif lebih besar daripada tekanan pasif tanah oleh karena itu panjang dinding diafragma yang berfungsi sebagai dinding penahan tanah tidak perlu diperpanjang.

Karena angka keamanan lebih dari = 1,5, maka dinding galian masih stabil apabila tanah digali pada kedalaman = -3 meter tanpa pembuatan “strutting” yang berfungsi sebagai penopang terlebih dahulu.

Perhitungan terhadap kestabilan dinding diafragma terhadap gaya lateral bangunan sekitar hanya pada beban disebelah barat saja. Karena beban sebelah barat lokasi “basement” adalah beban yang terbesar dan dinding diafragma ternyata aman terhadap gaya lateral tanah, sehingga beban-beban yang lebih kecil tidak perlu diperhitungkan.

4.6. Gaya Angkat (“Uplift”)

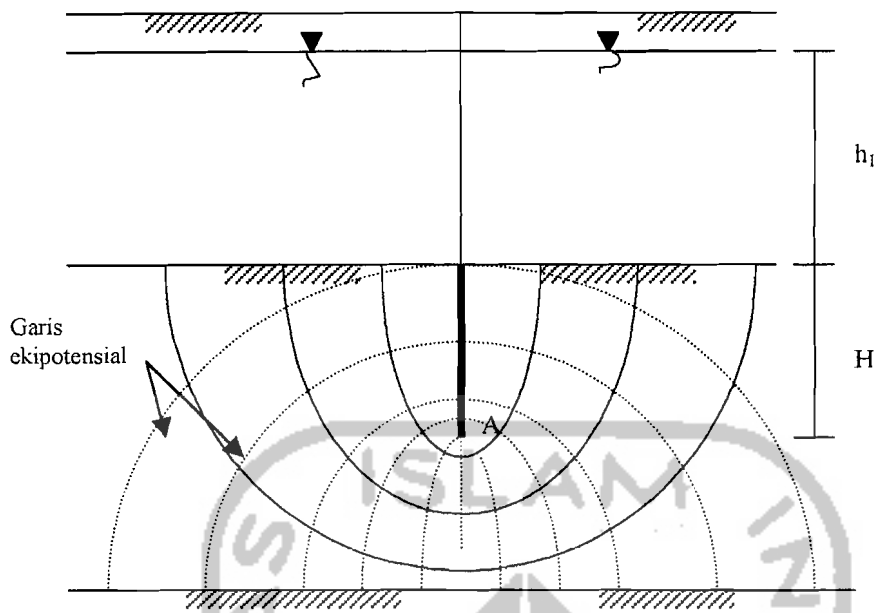
4.6.1. “Uplift” pada “bored pile”

Kedalaman muka air tanah, $h' = -1,5$ meter.

Ketinggian “bored pile”, $H = 8,5$ meter.

Kedalaman galian untuk “basement”, $h = 12$ meter.

Ketinggian air pada galian untuk “basement”, $h_1 = h - h' = 12 - 1,5 = 10,5$ meter.



Gambar 4.2. Jaringan aliran pada bored pile

Jumlah garis ekipotensial dari gambar diatas = $Nd = 10$.

Kehilangan tinggi energi untuk tiap-tiap penurunan energi potensial dikemukakan oleh Joseph E. Bowles pada Buku Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, adalah h_1/Nd . Tapi pada gambar diatas permukaan air adalah sama maka tidak terdapat beda potensial.

Ditinjau tekanan efektif di titik A, berdasarkan rumus (2-17) – (2-18) adalah :

$$\sigma'_A = \sigma_{\text{total kebawah}} - u$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{total kebawah}} &= W_{\text{bored pile}} + (h_1 \cdot \gamma_w) + (H \cdot \gamma') \\ &= (8,5,2,4) + (10,5,1) + (8,5,0,8063) \\ &= 37,75 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u &= (h_1 \cdot \gamma_w) + (H \cdot \gamma_w) \\ &= (10,5,1) + (8,5,1) \end{aligned}$$

$$= 19 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Maka, } \sigma'_A = 37,75 - 19 = 18,75 \text{ t/m}^2$$

Karena $\sigma'_A > 0$, berarti keadaan di titik A tidak dalam keadaan apung atau aman terhadap gaya angkat.

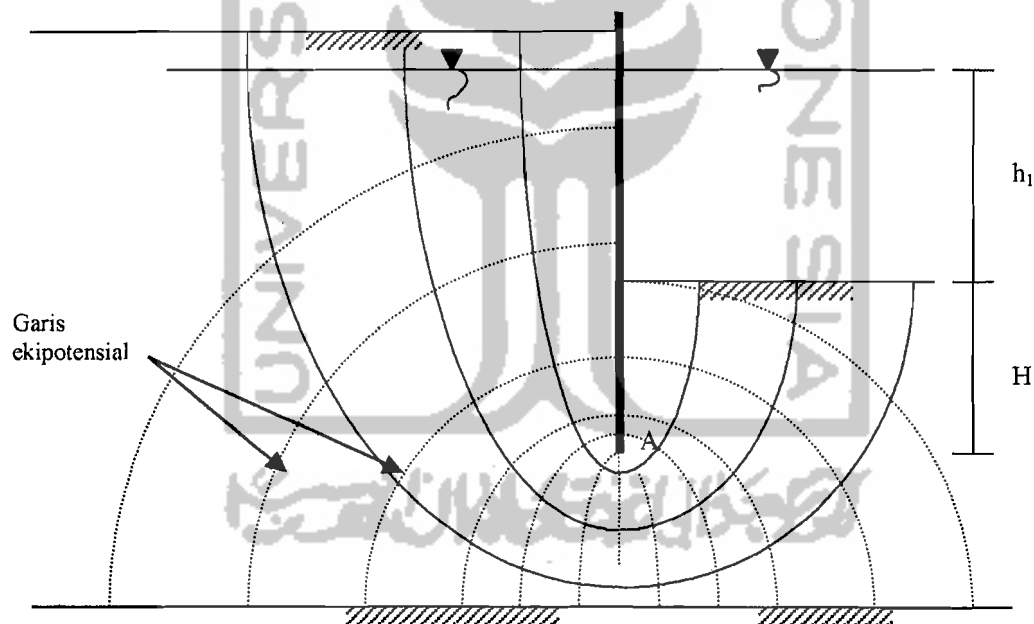
4.6.1. "Uplift" pada dinding diafragma

Kedalaman muka air tanah, $h' = -1,5$ meter.

Ketinggian dinding diafragma, $H = 20,5$ meter.

Kedalaman galian untuk "basement", $h = 12$ meter.

Ketinggian air pada galian untuk "basement", $h_1 = h - h' = 12 - 1,5 = 10,5$ meter.



Gambar 4.2. Jaringan aliran pada dinding diafragma

Jumlah garis ekuipotensial dari gambar diatas = $Nd = 10$.

Kehilangan tinggi energi untuk tiap-tiap penurunan energi potensial dikemukakan oleh Joseph E. Bowles pada Buku Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, adalah h_1/Nd . Tapi pada gambar diatas permukaan air adalah sama maka tidak terdapat beda potensial.

Ditinjau tekanan efektif di titik A, berdasarkan rumus (2-17) – (2-19) adalah :

$$\sigma'_A = \sigma_{\text{total kebawah}} - u$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{total kebawah}} &= W_{\text{dinding diafragma}} + (h_1 \cdot \gamma_w) + (H \cdot \gamma') \\ &= (20,5 \cdot 2,4) + (10,5 \cdot 1) + (8,5 \cdot 0,8063) \\ &= 66,55 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u &= (h_1 \cdot \gamma_w) + (H \cdot \gamma_w) \\ &= (10,5 \cdot 1) + (8,5 \cdot 1) \\ &= 19 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Maka, } \sigma'_A = 66,55 - 19 = 47,55 \text{ t/m}^2$$

Karena $\sigma'_A > 0$, berarti keadaan di titik A tidak dalam keadaan apung atau aman terhadap gaya angkat.

4.7. Stabilitas Dinding Galian

Karena tanah terdiri dari lapisan dengan karakteristik yang berbeda, maka dari berbagai γ_{slurry} yang dihasilkan dari hitungan dipakai yang terbesar.

Dengan memakai persamaan (3-06) - (3-09) maka :

Untuk tanah lapisan 1:

$$\begin{aligned}P_{\text{slurry}} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{slurry}} \cdot (H + \Delta H)^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{slurry}} \cdot (20,5 + 1)^2 = 231,125 \cdot \gamma_{\text{slurry}}\end{aligned}$$

$$P_{\text{soil}} = \frac{1}{2}(\gamma_{\text{soil}} - \gamma_{\text{water}}) \cdot k_a \cdot H^2 - 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a} \cdot H$$

$$= \frac{1}{2} (1,6448 - 1) 0,7041 \cdot 20,5^2 - 2 \cdot 1,8 \cdot \sqrt{0,7041} \cdot 20,5 = 33,471 \text{ t/m}^3$$

$$P_{\text{water}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{water}} \cdot H^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 20,5^2 = 210,25 \text{ t/m}^3$$

Posisi tegangan = 0 didapat dari persamaan tekanan dibawah ini :

$$P_{\text{slurry}} = P_{\text{soil}} + P_{\text{water}}$$

$$231,125 \cdot \gamma_{\text{slurry}} = 33,471 + 210,25$$

$$\gamma_{\text{slurry}} = 1,05395 \text{ t/m}^3$$

Dengan analog dan perhitungan yang sama maka untuk lapisan tanah berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.4 Perhitungan berat volume "slurry" untuk tiap lapisan

| Lapisan tanah | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| H (meter) | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 |
| γ (t/m ³) | 1,6448 | 1,6661 | 1,7690 | 1,8310 | 1,8063 |
| c (t/m ²) | 1,8 | 0,8 | 1,5 | 1,6 | 0,7 |
| SF | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| γ_{slurry} (t/m ³) | 1,0539 | 1,2434 | 1,1781 | 1,1362 | 1,1816 |

Pada galian sedalam 20,5 meter dengan SF = 1 diperlukan "slurry" dengan $\gamma \geq 1,2434$ t/m³

4.8. “Dewatering”

Perhitungan pelaksanaan pemompaan air tanah atau “dewatering” menggunakan rumus (2-20) – (2-26).

Perhitungan koefisien permeabilitas menggunakan persamaan (2-20):

$$k = D_s^2 \cdot \frac{\gamma_w}{\eta} \cdot \frac{e}{1+e} \cdot C$$

Tabel 4.5 Porositas dan angka pori per lapisan tanah

| Lapisan | η (%) | e |
|-----------|------------|--------|
| Lapisan 1 | 56,65 | 1,3069 |
| Lapisan 2 | 56,65 | 1,3069 |
| Lapisan 3 | 54,63 | 1,2039 |
| Lapisan 4 | 48,54 | 0,9434 |
| Lapisan 5 | 45,04 | 0,8197 |
| Lapisan 6 | 47,41 | 0,9014 |

Tabel 4.6 Hasil perhitungan koefisien permeabilitas tanah

| Lapisan | k (cm/det) |
|-----------|-------------------------|
| Lapisan 1 | $6,8322 \times 10^{-6}$ |
| Lapisan 2 | $6,8322 \times 10^{-6}$ |
| Lapisan 3 | $5,7971 \times 10^{-6}$ |
| Lapisan 4 | $3,5603 \times 10^{-6}$ |
| Lapisan 5 | $2,6880 \times 10^{-6}$ |
| Lapisan 6 | $1,7093 \times 10^{-6}$ |

Koefisien permeabilitas searah bidang lapisan (k_x) menurut persamaan (2-21) :

$$\bar{k}_x = \frac{\sum_1^n Z_j \cdot k_{xj}}{\sum Z_j}$$

$$\bar{k}_x = \frac{(1,6,8322 \times 10^{-6})}{2050} + \frac{(4,5,6,8322 \times 10^{-6})}{2050} + \frac{(3,5,5,7971 \times 10^{-6})}{2050} + \frac{(4,5,3,5603 \times 10^{-6})}{2050}$$

$$+ \frac{(2,5,2,6880 \times 10^{-6})}{2050} + \frac{(4,5,1,7093 \times 10^{-6})}{2050}$$

$$= 4,3073 \times 10^{-6} \text{ cm/detik}$$

Koefisien permeabilitas pada arah tegak lurus bidang lapisan (k_z) menurut persamaan

(2-22) :

$$\bar{k}_z = \frac{\sum \frac{Z_j}{k_j}}{\sum \frac{Z_j}{k_j}}$$

$$\bar{k}_z = \frac{\frac{2050}{1} + \frac{2050}{4,5} + \frac{2050}{3,5} + \frac{2050}{4,5} + \frac{2050}{2,5}}{6,8322 \times 10^{-6} + 6,8322 \times 10^{-6} + 5,7971 \times 10^{-6} + 3,5603 \times 10^{-6} + 2,6880 \times 10^{-6}}$$

$$+ \frac{2050}{4,5}$$

$$\frac{1,7093 \times 10^{-6}}$$

$$= 3,2877 \times 10^{-6} \text{ cm/detik}$$

$$k_{\text{ekuivalen}} = k = \sqrt{\bar{k}_x \cdot \bar{k}_z}$$

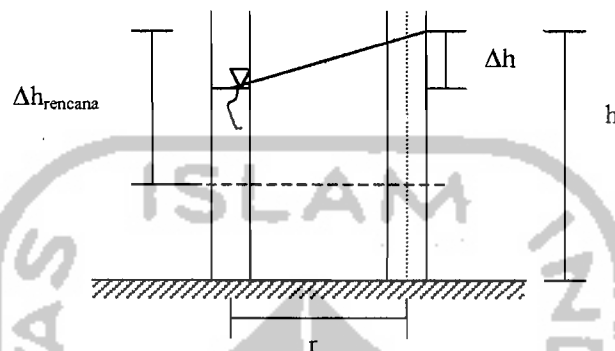
$$k = \sqrt{(4,3073 \times 10^{-6}) \cdot (3,2877 \times 10^{-6})} = 3,7631 \times 10^{-6} \text{ cm} = 3,7631 \times 10^{-8}$$

$$k = 3,7631 \times 10^{-6} \text{ cm/det} = 3,7631 \times 10^{-8} \text{ m/det.}$$

Rumus Darcy menurut persamaan (2-23) dan (2-24):

$$v = k \times i$$

$$q = A \times v = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot k \cdot i$$



Gambar 4.3. Sketsa penurunan muka air tanah

h = ketinggian air mula-mula sebelum pemompaan = 20,5 – m.a.t = 20,5–1,5 = 19 m

Penurunan muka air tanah setelah pemompaan dianggap kecil karena koefisien permeabilitas yang kecil.

$\Delta h = 0,5$ meter

$r = 7$ meter

Gradien hidrolik menurut persamaan (2-26) :

$$i = \frac{\Delta h}{r}$$

$$= \frac{0,5}{7} = 0,07$$

$$Q_{\text{air tanah}} = 2 \cdot \pi \cdot 7 \cdot 19 \cdot 3,7631 \times 10^{-8} \cdot 0,07$$

$$= 2,1644 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{det}$$

$$v_{\text{air tanah}} = \frac{2,1644 \times 10^{-6}}{2 \cdot \pi \cdot 7 \cdot 19}$$

$$= 2,59 \times 10^{-9} \text{ m/det}$$

v_{pompa} harus $< v_{\text{air tanah}} = 2,00 \times 10^{-9}$ m/det, maka q_{pompa} :

$$q_{\text{pompa}} = 2 \cdot \pi \cdot 7 \cdot 19 \cdot 2,00 \times 10^{-9}$$

$$= 1,6713 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{det}$$

Penurunan muka air tanah yang direncanakan 2 meter dibawah lantai "basement" adalah $\Delta h = 1,5 + 2 = 3,5$ meter

$$\text{Gradien hidrolis} = i = \frac{3,5}{7} = 0,5$$

Debit air yang dipompa sampai kedalaman = -5 meter, adalah :

$$q_{\text{rencana}} = 2 \cdot \pi \cdot 7 \cdot 19 \cdot 3,7631 \times 10^{-8} \cdot 0,5$$

$$= 1,5723 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det}$$

Waktu yang diperlukan untuk penurunan muka air tanah sampai kedalaman -5 meter dengan menggunakan 6 buah pompa :

$$T = (q_{\text{rencana}} \times 24 \times 60 \times 60) / (n_{\text{pompa}} \times q_{\text{pompa}})$$

$$= (1,5723 \times 10^{-5} \times 24 \times 60 \times 60) / (6 \times 1,6713 \times 10^{-6})$$

$$= 1,3585 / (1,0026 \times 10^{-5})$$

$$= 135497,706 \text{ detik} = 1,5683 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} = 38 \text{ jam} = 2 \text{ hari}$$

4.9. Daya Dukung Vertikal

4.9.1. Daya dukung vertikal pada “diaphragma wall”

Perhitungan daya dukung dinding diafragma berdasarkan hasil uji laboratorium adalah sebagai berikut :

1. Daya dukung ujung

Digunakan persamaan (2-11) untuk tanah lempung :

$$\begin{aligned} Q_b &= S_u \cdot N_c \cdot A_p \\ &= 0,7 \times 9 \times 2 \times 0,6 \\ &= 7,56 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Daya dukung gesekan sepanjang badan dinding diafragma memakai persamaan

(2-13) :

$$Q_s = f \times A_s$$

f dicari dengan menggunakan metoda alpha (Tomlinson) persamaan (2-14) :

$$f = \alpha \times S_u \quad \text{-----} \quad \alpha \text{ dicari dengan rekomendasi dari API (1984)}$$

$$f_1 = 1 \times 1,8 = 1,8 \text{ t/m}^2$$

$$f_2 = 1 \times 0,8 = 0,8 \text{ t/m}^2$$

$$f_3 = 1 \times 1,5 = 1,5 \text{ t/m}^2$$

$$f_4 = 1 \times 1,6 = 1,6 \text{ t/m}^2$$

$$f_5 = 1 \times 0,7 = 0,7 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{s1} = 1,8 \times 2 \times 3,5 = 12,6 \text{ ton}$$

$$Q_{s2} = 0,8 \times 2 \times 3,5 = 5,6 \text{ ton}$$

$$Q_{s3} = 1,5 \times 2 \times 4,5 = 13,5 \text{ ton}$$

$$Q_{s4} = 1,6 \times 2 \times (2 + 0,6) \times 2,5 = 20,8 \text{ ton}$$

$$Q_{s5} = 0,7 \times 2 \times (2 + 0,6) \times 4,5 = 16,38 \text{ ton}$$

$$Q_{s \text{ total}} = 68,88 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ult}} = Q_{\text{total}} + Q_b = 68,88 + 7,56 = 76,44 \text{ ton}$$

4.9.2. Daya dukung vertikal pada "bored pile"

Perhitungan daya dukung "bored pile" berdasarkan hasil uji laboratorium adalah :

1. Daya dukung ujung

Digunakan persamaan (2-11) untuk tanah lempung :

$$\begin{aligned} Q_b &= S_u \cdot N_c \cdot A_p \\ &= 0,7 \times 9 \times 0,25 \times \pi \times 1^2 \\ &= 4,95 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Daya dukung gesekan sepanjang badan "bored pile"

Dari persamaan (2-13):

$$Q_s = f \times A_s$$

f dicari dengan menggunakan metoda alpha (Tomlinson) persamaan (2-14) :

$$f = \alpha \times S_u \text{ ----- } \alpha \text{ dicari dengan rekomendasi dari API}$$

$$f_4 = 1 \times 1,6 = 1,6 \text{ t/m}^2$$

$$f_5 = 1 \times 0,7 = 0,7 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{s4} = 1,6 \times 2 \times (2 \times \pi \times 0,5) \times 2,5 = 25,1327 \text{ ton}$$

$$Q_{s5} = 0,7 \times 2 \times (2 \times \pi \times 0,5) \times 4,5 = 19,7920 \text{ ton}$$

$$Q_{s \text{ total}} = 44,9247 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ult}} = Q_{s \text{ total}} + Q_b = 4,95 + 44,9247 = 49,8747 \text{ ton}$$

4.10. Peralatan Pekerjaan Tanah

Penggalian tanah dilakukan perantai, kedalaman setiap lantai adalah 3 meter.

Maka volume tanah yang akan digali setiap lantai adalah :

$$\begin{aligned} \text{Volume tanah} &= \text{Luas lokasi basement} \times \text{Dalam penggalian rencana} \\ &= (53 \times 34) \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} \\ &= 5406 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan produksi penggalian tanah oleh peralatan berat menurut rumus (2-27) – (2-36), adalah :

4.10.1. Backhoe

-Kapasitas bucket (q') = 0,95 m³

-Kondisi tanah agak sulit, maka faktor bucket (k) = 0,55

-Kondisi operasi sedang dan pemeliharaan mesin sedang, maka efisiensi kerja (E) = 0,65

-Kondisi galian agak sulit dan kedalaman 3 meter, maka waktu gali (T_{gali}) = 17 detik

-Sudut putar = 180°, maka waktu putar (T_{putar}) = 2 x 8 = 16 detik

-Pembuangan tanah galian kedalam dumptruck, maka waktu buang (T_{buang}) = 8 detik

Maka waktu siklus backhoe = $C_m = T_{\text{gali}} + T_{\text{putar}} + T_{\text{buang}}$

$$= 17 + 16 + 8 \text{ detik}$$

$$= 41 \text{ detik} = 0,68 \text{ menit}$$

Produksi backhoe :

$$Q = \frac{q \cdot 60 \cdot E}{Cm} = \frac{(q' \cdot xk) \cdot 60 \cdot E}{Cm}$$

$$Q = \frac{(0,95 \times 0,55) \cdot 60 \cdot 0,65}{0,68}$$

$$= 30 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi 1 buah backhoe = $Q = 30 \text{ m}^3/\text{jam}$

Digunakan 2 buah backhoe maka produksi backhoe dalam 1 hari kerja (8 jam) :

$$Q_{\text{backhoe}} = (2 \times 30) \times 8 \text{ jam}$$

$$= 480 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu yang diperlukan untuk menggali tanah lokasi tanpa memperhitungkan tenaga manusia adalah :

$$T = \text{Volume tanah galian} / Q_{\text{backhoe}}$$

$$= 5406 / 480$$

$$= 11,26 \approx 12 \text{ hari}$$

4.10.2. Bulldozer

-Lebar blade (L) = 2 meter

-Tinggi blade (H) = 0,8 meter

-Penggusuran agak sulit, maka faktor blade (a) = 0,65

-Jarak angkut (D) = 25 meter

-Kecepatan maju (F) = 4 km/jam = 66,67 m/menit

-Kecepatan mundur (R) = 5 km/jam = 83,33 m/menit

-Mesin gerak langsung tongkat tunggal, maka waktu ganti persnelling (Z) = 0,1 menit

-Kondisi operasi sedang dan pemeliharaan mesin baik, maka efisiensi kerja (E) =
0,65

Maka produksi per siklus bulldozer :

$$q = L \times H^2 \times a$$

$$q = 2 \times 0,8^2 \times 0,65$$

$$= 0,832 \text{ m}^3$$

Waktu siklus bulldozer :

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z$$

$$Cm = \frac{25}{66,67} + \frac{25}{83,33} + 0,1$$

$$Cm = 0,77 \text{ menit}$$

Produksi bulldozer :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm}$$

$$Q = \frac{0,832 \times 60 \times 0,65}{0,77}$$

$$= 42,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi 1 buah bulldozer = Q = 42,14 m³/jam

Digunakan 2 buah bulldozer maka produksi bulldozer dalam 1 hari kerja (8 jam) :

$$Q_{\text{bulldozer}} = (2 \times 42,14) \times 8 \text{ jam}$$

$$= 674,24 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu yang diperlukan untuk menggosur tanah galian tanpa memperhitungkan tenaga manusia :

$$T = \text{Volume tanah galian} / Q_{\text{bulldozer}}$$

$$= 5406 / 674,24$$

$$= 8,02 \approx 9 \text{ hari}$$

4.10.3. Dumptruck

-Volume bak (q) = 5 m³

-Kondisi operasi sedang dan pemeliharaan baik, maka efisiensi kerja (E) = 0,72

-Jarak angkut (D) = 1000 meter

-Kecepatan kosong (V₁) = 60 km/jam = 60 · (1000/60) = 1000 m/menit

-Kecepatan bermuatan (V₂) = 45 km/jam = 45 · (1000/60) = 750 m/menit

-Kapasitas backhoe (q') = 0,95 m³

-Faktor bucket backhoe (k) = 0,55

-Waktu siklus backhoe (Cms) = 0,68 menit

-Waktu muat dumptruck = (q : (q' x k)) · Cms = (5 : (0,95 x 0,55)) · 0,68 = 6,5 menit

-Waktu angkut = D / V₁ = 1000 / 750 = 1,33 menit

-Kondisi operasi kerja sedang maka waktu buang = 1,3 menit

-Kondisi operasi kerja sedang maka waktu tunggu/putar = 0,35 menit

-Waktu kembali = D / V₂ = 1000 / 1000 = 1 menit

Maka waktu siklus dumptruck :

$$C_m = T_{\text{muat}} + T_{\text{angkut}} + T_{\text{buang}} + T_{\text{tunggu}} + T_{\text{kembali}}$$

$$= 6,5 + 1,33 + 1,3 + 0,35 + 1$$

$$= 10,48 \text{ menit}$$

Produksi Dumptruck :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{C_m}$$

$$Q = \frac{5 \times 60 \times 0,72}{10,48}$$

$$Q = 20,61 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi 1 buah dumptruck = $Q = 20,61 \text{ m}^3/\text{jam}$

Untuk pekerjaan kombinasi dumptruck dengan pemuatnya (backhoe), jumlah dumptruck yang dibutuhkan agar efisiensi kerja maksimum adalah :

$$M = \frac{C_{mt}}{n \cdot C_{ms}}$$

$$M = \frac{10,48}{6,5} = 1,61 \approx 2 \text{ buah dumptruck untuk 1 backhoe.}$$

Digunakan 4 buah dumptruck maka produksi dumptruck dalam 1 hari kerja (8 jam) :

$$\begin{aligned} Q_{\text{dumptruck}} &= (4 \times 20,61) \times 8 \text{ jam} \\ &= 659,52 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Waktu yang diperlukan untuk mengangkut tanah galian tanpa memperhitungkan tenaga manusia :

$$\begin{aligned} T &= \text{Volume tanah galian} / Q_{\text{dumptruck}} \\ &= 5406 / 659,52 \\ &= 8,2 \approx 9 \text{ hari} \end{aligned}$$

Dibawah ini adalah tabel jumlah peralatan berat yang digunakan untuk penggalian satu lantai lokasi basement, dengan mengabaikan perhitungan waktu yang dibutuhkan tenaga manusia dalam pelaksanaan penggalian tersebut.

Tabel 4.8. Jumlah peralatan berat yang digunakan

| Nama peralatan berat | Jumlah produksi per hari (m ³) | Jumlah peralatan | Waktu (hari) |
|----------------------|--------------------------------------------|------------------|--------------|
| Backhoe | 480 | 2 | 12 |
| Bulldozer | 674,24 | 2 | 9 |
| Dumptruck | 659,52 | 4 | 9 |