

BAB IV

ANALISIS PERHITUNGAN

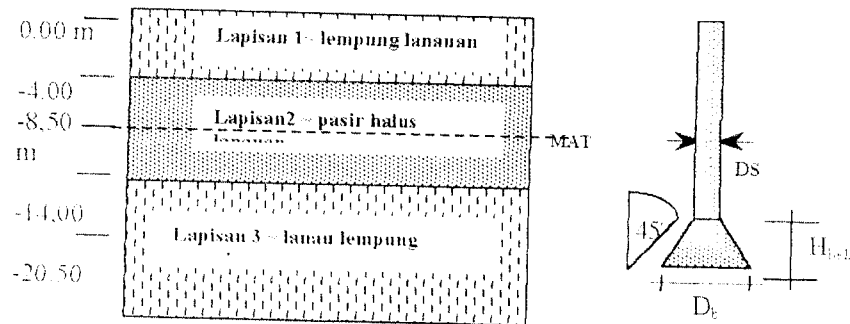
PONDASI TIANG BOR TUNGGAL

4.1. Umum

Pada bab berikut akan dilakukan perhitungan tiang bor tunggal. Perhitungannya terdiri dari perhitungan/desain dimensi tiang bor, perhitungan daya dukung, kemudian perhitungan kapasitas tariknya berdasarkan data tanah yang dipakai yaitu tanah pasir homogen, tanah lempung homogen dan tanah kombinasi (tidak homogen). Data tanah yang digunakan berturut-turut adalah data dari Proyek Kampus ISI Yogyakarta, Proyek Kampus USM Semarang dan Proyek Bank Indonesia Gedung Blok C Jakarta.

4.2 Data Tanah Campuran

Data tanah yang digunakan adalah sama dengan data tanah yang digunakan pada perhitungan tiang pancang, yaitu diambil dari laporan hasil uji tanah yang dilakukan oleh laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Indonesia untuk proyek perkantoran Bank Indonesia Gedung C Jakarta(data terlampir). Data yang dipakai yaitu data bor BH1 dan data sondir S1 menunjukkan bahwa: muka air berada pada kedalaman 8,5 m di bawah muka tanah. Kedalaman tiang bor adalah 15 m ditentukan berdasarkan sondir S1.



Gambar 4.1 Sketsa Lapisan Tanah Campuran

Adapun data tanah tiap lapisan seperti gambar di atas adalah sebagai berikut :

Lapisan 1: $c = 3,4 \text{ t/m}^2 = 34 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,64 \text{ t/m}^3 = 16,4 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 1,01 \text{ t/m}^3 = 10,1 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 1,96$$

$$P_o = 0,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 2,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,987$$

$$w = 54,62 \%$$

Lapisan 2: $c = 2,7 \text{ t/m}^2 = 27 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 12^\circ$$

$$\gamma_b = 1,4 \text{ t/m}^3 = 14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 0,538 \text{ t/m}^3 = 5,38 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 0,43$$

$$P_o = 0,40 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,45$$

$$w = 186,6\%$$

Lapisan 3: $c = 10,4 \text{ t/m}^2 = 104 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,77 \text{ t/m}^3 = 17,7 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 1,2 \text{ t/m}^3 = 12,0 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 1,065$$

$$P_o = 1,656 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 3,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,477$$

$$w = 46,82 \%$$

4.3. Desain dan Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Tunggal

4.3.1 Penentuan Nilai-Nilai Faktor Daya Dukung Berdasarkan Data Tanah

1. Nilai Berat Volume Apung Tanah

$$\begin{aligned}\text{Lapisan 1 : } \gamma' &= \frac{(G_s - 1) \cdot \gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,987 - 1) \cdot 9,81}{1 + 1,96} \\ &= 6,585 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lapisan 2 : } \gamma' &= \frac{(G_s - 1) \cdot \gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,45 - 1) \cdot 9,81}{1 + 0,43} \\ &= 9,95 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lapisan 3 : } \gamma' &= \frac{(G_s - 1) \cdot \gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,477 - 1) \cdot 9,81}{1 + 1,065} \\ &= 7,02 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

2. Nilai Tegangan Efektif Vertikal Tanah (σ_v' ; q')

Nilai tegangan efektif tersebut dibedakan notasinya karena terdapat perbedaan dalam pemakaiannya maupun cara mendapatkan nilainya. Perbedaannya adalah sebagai berikut :

- q' : Digunakan pada perhitungan daya dukung tahanan ujung .
Nilainya adalah : jumlah total dari perkalian tebal lapisan dan berat volume tanah per lapis.
- σ_v' : Digunakan pada perhitungan daya dukung gesekan kulit .
Nilainya adalah: jumlah total dari perkalian tebal lapisan dan berat volume tanah tiap lapis, akan tetapi terdapat nilai batasnya. (nilai maksimum).

Pada dasarnya, semakin besar kedalaman, semakin besar pula nilai tegangan efektif. Pada kenyataannya di lapangan, tegangan efektif tidak demikian, sehingga peningkatan tegangan efektif dibatasi hingga

kedalaman tertentu saja (L') yang selanjutnya dianggap konstan. (Das,1990).

Penentuan besar L' berbeda-beda antara peneliti yang satu dengan yang lain, namun yang akan digunakan hanya dari Meyerhof yaitu $L'=15D$, dengan D adalah diameter badan tiang, (gambar 3.13).

Kedua nilai tersebut digunakan perhitungan kapasitas pada tanah yang sama, yaitu pada perhitungan di tanah pasir saja.

Nilai tegangan efektif untuk masing-masing lapisan dari data tanah yang dipakai, sampai dengan kedalaman 15 meter adalah :

a. Nilai q'

$$- q'_1 = H_{1,\gamma b1} = 4.16,4 = 32,8 \text{ kN/m}^2$$

$$- q'_{2a} = \Sigma(H\gamma) = (4.16,4) + (4,5.14) = 128,6 \text{ kN/m}^2$$

$$- q'_{2b} = \Sigma(H\gamma) = (2.16,4) + (4,5.14) + (5,5.9,95) = 183,325 \text{ kN/m}^2$$

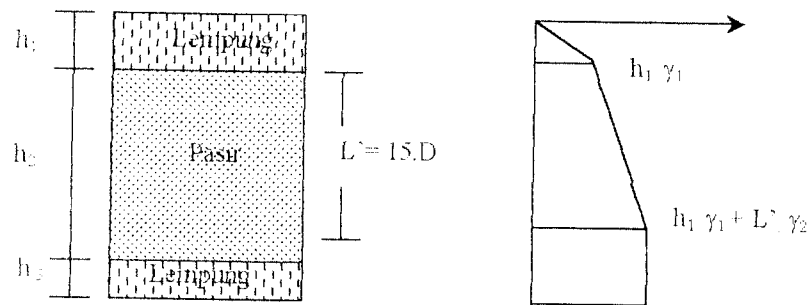
$$- q'_3 = \Sigma(H\gamma) = (2.16,4) + (4,5.14) + (5,5.9,95) + (1.7,02) \\ = 190,43 \text{ kN/m}^2$$

b. Nilai σ'_v ,

Penentuan besarnya nilai σ'_v tergantung dari dimensi tiang, karena nilai $L' (=15D)$ akan berbeda untuk tiang dengan diameter badan yang berbeda.

Pengambilan titik awal $L' (L'=0)$ dimulai dari permukaan lapisan pasir.

Penggambaran pemakaian nilai σ'_v adalah seperti berikut :



Gambar 4.2 Pengambilan Nilai σ_v untuk Perhitungan Daya Dukung pada Tanah Campuran (tidak Homogen)

Dalam perhitungan berikut akan dipakai dimensi badan (*shaft*) tiang bor yang bermacam-macam, yaitu : 0,75 m; 1,0 m; 1,25 m ; 1,5 m ; 1,75 m. Untuk penyederhanaan hitungan yang dilakukan, L' yang digunakan adalah dasarkan diameter yang terkecil yaitu 0,75 m. Nilai kedalaman batas (L') adalah sebesar $= 15.D = 15.0,75 = 11,25$ m dihitung dari permukaan lapisan 2 (tanah pasir). Nilai σ_v untuk masing-masing lapisan dari data tanah campuran tersebut adalah sebagai berikut :

- $\sigma_{v1} = 0$ (tanah lempung)
- $\sigma_{v2a} = \Sigma(H\gamma) = (4.16,4) + (1/2.4,5.14) = 97,1 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma_{v2a} = \Sigma(H\gamma) = (4.16,4) + (4,5.14) + (1/2.5,5.9,95)$
 $= 155,96 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma_{v3} = 0$ (tanah lempung)

Nilai ($h_2\gamma_2$) pada tanah pasir dikalikan $\frac{1}{2}$ dikarenakan tebal lapisan tersebut kurang dari $L' = 11,25$ m. Hal tersebut apabila dilihat pada gambar 4.2, mempunyai bentuk segitiga.

Perhitungan di atas adalah digunakan dalam perhitungan daya dukung, sedangkan perhitungan σ_v' pada kapasitas tarik tiang bor pada pasir adalah berdasarkan nilai $(L/D_b)_{critic}$ sebesar $= 0,107.c_u + 2,5 \leq 7$ persamaan (3.60) atau dari gambar (3.22).

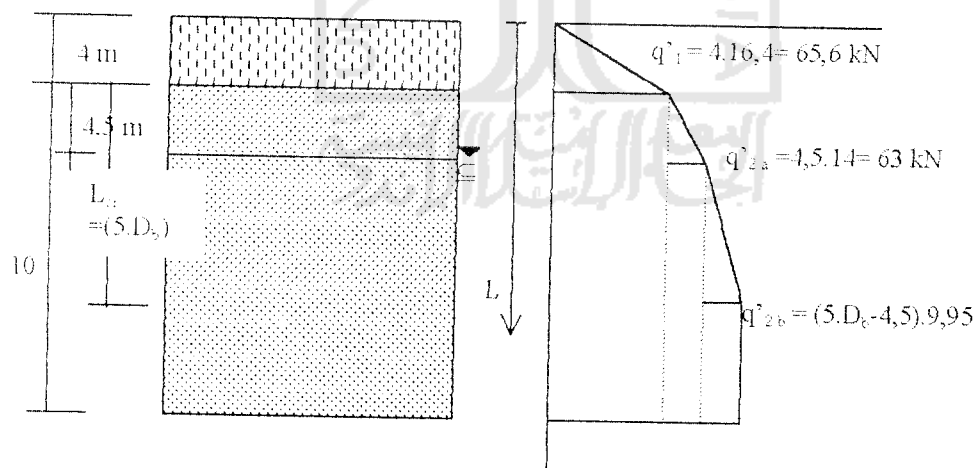
- Persamaan (3.60) $\rightarrow (L/D_b)_{cr} = 0,107.c_u + 2,5 \leq 7$
 $= 0,107.27 + 2,5$
 $= 5,389 \approx 5,5 \text{ m}$

- Gambar (3.22) \rightarrow Tanah pasir lepas, dari tabel (3.8) diperoleh $D_r = 20 \%$, maka dari gambar (3.22) diperoleh

$$(L/D_b)_{critis} = 6$$

\rightarrow dipakai $(L/D_b)_{cr} = 6 \text{ m}$. Jadi $L_{cr} = 6.D_b$

sehingga tanah pasir lapisan 2 mempunyai perhitungan sebagai berikut :



Gambar 4.3 Penentuan Nilai σ_v' pada Kapasitas Tarik Tiang Bor

Jadi nilai σ_v' :

- $L=0$ sampai $L = (L)_{cr}$, σ_v' adalah : $65,6 + 63 + \frac{1}{2}.(5.D_b - 4,5).9,95$
- pada $L > L_{cr}$, σ_v' adalah : $65,6 + 63 + (5.D_b - 4,5).9,95$

3. Nilai Faktor Adhesi (α) pada Perhitungan Daya Dukung

Ada banyak metode untuk menentukan nilai α . Penentuan nilai α masing-masing lapisan adalah sebagai berikut

Lapisan 1: $S_u = C_u = 34 \text{ kN/m}^2$ ($C_u \leq 80 \text{ kN/m}^2$)

▪ *Down ward load*, (tiang pancang) $\alpha = 0.9$ (API, 1984)

▪ *Uplift load*, (tiang pancang & bor) $\alpha' = 0.9 \sim 0.00625 \cdot C_u$

(Das, 1990)

$$= 0.9 \sim 0.00625 \cdot 34$$

$$= 0.9 \sim 0.2125$$

$$= 0.55 \text{ (rata-rata)}$$

▪ *Down ward load*, (Bor) $\alpha^* = 0.4$ (Das, 1990)

Lapisan 2: $S_u = C_u = 27 \text{ kN/m}^2$ ($C_u \leq 80 \text{ kN/m}^2$)

▪ *Down ward load*, (tiang pancang) $\alpha = 0.95$ (API, 1984)

▪ *Uplift load*, (tiang pancang & bor) $\alpha' = 0.9 \sim 0.00625 \cdot C_u$

(Das, 1990)

$$= 0.9 \sim 0.00625 \cdot 27$$

$$= 0.9 \sim 0.169$$

$$= 0.53 \text{ (rata-rata)}$$

▪ *Down ward load*, (Bor) $\alpha^* = 0.4$ (Das, 1990)

Lapisan 3: $S_u = C_u = 104 \text{ kN/m}^2$ ($C_u \geq 80 \text{ kN/m}^2$)

▪ *Down ward load*, (tiang pancang) $\alpha = 0.5$ (API, 1984)

▪ *Uplift load*, (tiang pancang & bor) $\alpha' = 0.4$ (Das, 1990)

▪ *Down ward load*, (Bor) $\alpha^* = 0.4$ (Das, 1990)

4. Nilai Faktor Daya Dukung (N_c^* , N_q^*)

Lapisan 1 : $\phi = 0^\circ$, $N_c^* = 9$

$N_q^* = 0$ (Meyerhof, 1976)

Lapisan 2 : $\phi = 12^\circ$, $N_c^* = 18$

$N_q^* = 5$ (Meyerhof, 1976)

Lapisan 3 : $\phi = 0^\circ$, $N_c^* = 9$

$N_q^* = 0$ (Meyerhof, 1976)

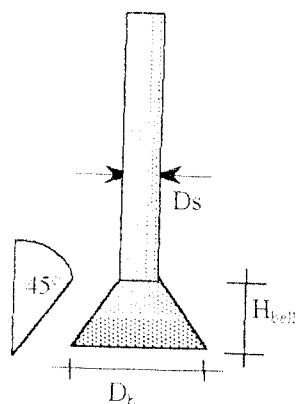
4.3.2 Desain Tiang Bor Tunggal

Dalam perhitungan yang dilaksanakan, diasumsikan bahwa beban kolom adalah 200 ton = 2000 kN dan nilai kuat desak beton (f_c') = 21 kN/m³.

1. Menghitung Diameter Badan Tiang (D_s), dengan persamaan (3.35)

$$D_s = 2,257 \cdot \sqrt{\frac{Q_w}{f_c'}}$$

$$\begin{aligned} D_s &= 2,257 \cdot \sqrt{(2000 / 21000)} \\ &= 0,696 \text{ m} \approx \text{dipakai } 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$



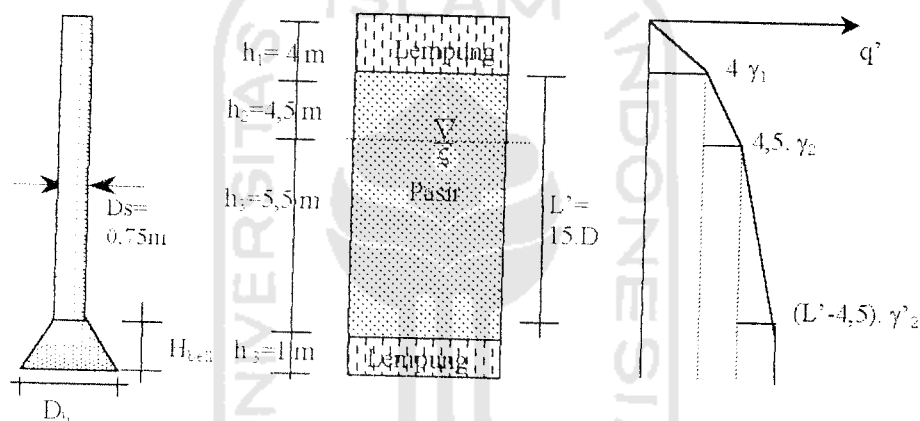
D_s = Diameter tiang bor.

D_b = Diameter dasar/ujung tiang.

Gambar 4.4 Dimensi Tiang Bor Tunggal

Hasil hitungan tersebut menunjukkan bahwa diameter badan tiang (*shaft*) minimum adalah 0,696 m. Diameter badan tiang yang dipakai dapat disesuaikan dengan spesifikasi bor yang ada di lapangan. Variasi besar diameter badan (D_s) akan menghasilkan diameter ujung (D_b) yang bervariasi pula.

2. Menghitung Tahanan Kulit Tiang Bor (Q_s), dengan menggunakan persamaan (3.23) dan persamaan (3.32) .



Gambar 4.5 Perhitungan Nilai Tegangan Efektif pada Tanah Campuran (Tiang Bor Diameter 0,75 m)

Perhitungan tahanan kulit tiang bor pada lapisan lempung (*clay*), terdapat koreksi panjang kontak (L_e) seperti disebutkan pada bab 3.5.2 sub 2. Hal tersebut berarti terdapat pengabaian (*ignore*) gesekan kulit (Q_s). Pada perhitungan berikut, koreksi panjang kontak (L_e) adalah pada daerah-daerah :

- Lapisan 1 : Lempung (permukaan tanah) ; $h = 4$ m

Pada kedalaman 0 m ~ 1,5 m dari permukaan tanah, gesekan kulitnya diabaikan .

- Lapisan 2 : Pasir ; $h = 10\text{m}$

Pada tanah pasir tidak terdapat koreksi panjang kontak (L_e).

- Lapisan 3 : Lempung (ujung tiang bor) ; $h = 1\text{ m}$

Koreksi sebesar lapisan dikurangi tinggi ujung (H_{bell}) dan diameter badan tiang (D_s). H_{bell} diasumsikan = 1 m.

Jadi koreksi panjang kontak $(L_e)_3 = h_3 - (H_{bell} + D_s) = 1 - (1 + 0,75) = -0,75\text{ m} \leq 0$. Hal tersebut berarti lapisan pasir yang diperhitungkan adalah sepanjang kedalaman $4 \sim 13,25\text{ m}$ dan seluruh lapisan 3 tidak memberikan kontribusi terhadap tahanan gesek.

Perhitungan gesekan kulitnya (Q_s) menjadi :

$$\begin{aligned}
 Q_{s\text{ total}} &= Q_{s\text{ lempung}} + Q_{s\text{ pasir}} \\
 &= \left\{ \left(\sum_{L=1,5}^{L=4} f_s \cdot A_s \right) + \left(\sum_{L=14}^{L=15} f_s \cdot A_s \right) \right\} + \left(\sum_{L=4}^{L=14} f_s \cdot A_s \right) \\
 &= \left\{ \left(\sum_{L=1,5}^{L=4} f_s \cdot A_s \right) + 0 \right\} + \left(\sum_{L=4}^{L=13,25} f_s \cdot A_s \right) \\
 \blacksquare f_s \text{ lempung} &= \alpha \cdot c_u \\
 \blacksquare f_s \text{ pasir} &= K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta
 \end{aligned}$$

Dengan asumsi yang dipakai :

- Metode yang digunakan adalah lubang terbuka (*casing* sementara). Dari tabel (3.4) diperoleh $(\delta/\phi) = 1,0$
- *Dry method* (tanpa *slurry*). Dari tabel (3.5) diperoleh $(K/K_0) = 1,0$ dan $K_0 = (1 - \sin \phi)$

maka , $f_s \text{ pasir} = K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta$

$$= 1 \cdot (1 - \sin \phi) \cdot \sigma_v' \cdot \tan (1 \cdot \phi)$$

- $A_s = \text{luas bidang gesek} = p \cdot \Delta L$;
- $p = \text{perimeter} = \text{keliling} = \pi \cdot D_s = \pi \cdot 0,75 = 2,356 \text{ m}$

$$Q_{s(ult)total} = \left\{ \left(\sum_{L=1,5}^{L=4} \alpha^* \cdot c_u \cdot A_s \right) + 0 \right\} + \left(\sum_{L=4}^{L=13,25} (1 \cdot (1 - \sin \phi) \cdot \sigma_v' \cdot \tan(1 \cdot \phi) \cdot A_s) \right)$$

σ_v' = tegangan efektif pada pasir dengan memperhatikan kedalaman kritis,
dari Bab 5.3.1 sub 2.b, sehingga gesekan kulitnya (Q_s) adalah :

$$\begin{aligned} Q_{s(ult)total} &= \{0,4 \cdot 34 \cdot (2,356 \cdot 2,5)\} + \{1 \cdot (1 - \sin 12^\circ) \cdot 90,1 \cdot \tan(1 \cdot 12^\circ) \cdot (2,356 \cdot 3,5)\} \\ &\quad + \{1 \cdot (1 - \sin 12^\circ) \cdot 138,2 \cdot \tan(1 \cdot 12^\circ) \cdot (2,356 \cdot 4,75)\} \\ &= (80,104) + (125,09) + (260,45) \\ &= 465,64 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan lebih lengkap dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Gesekan Kulit (Q_s) Bor Tunggal Diameter=0,75 m
pada Tanah Campuran

Tanah	Depth (m)	Tebal (m)	γ (kN/m ³)	C_u (kN/m ²)	α^*	γ	Q'	σ_v'	f_s	As	QS (kN)
Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-
Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	5,89	80,10
Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	8,25	125,09
Sand	8,5~13,25	4,75	9,95	27	-	47,26	161,86	138,2	23,27	11,19	260,45
Sand	13,25~14	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$$\Sigma Q_{s(ult)} = 465,64 \text{ kN}$$

$$SF = 2,5 \text{ (Beban tekan)}$$

$$Q_{s(all)} = 465,64 / 2,5 = 186,256 \text{ kN.}$$

3. Menghitung Diameter Ujung (D_b) ,Pada persamaan (3.36)

$$\begin{aligned} Q_{ult(net)} &= Q_{all} \text{ (mobilisasi penuh)} \\ &= (Q_{p(net)} + Q_s) / FS = Q_{p(net-all)} + Q_{s(all)} \\ Q_{p(all)} &= Q_{ult(net)} - Q_{s(all)} \end{aligned}$$

Perhitungan diameter ujung (D_b) untuk diameter badan (D_s) = 0,75 m

tersebut adalah dengan memakai $Q_{ult(net)} = Q_w$ = Beban kerja

$$= 2000 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_{p(all)} &= 2000 - 186,256 \\ &= 1813,744 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pada kedalaman 14~15 m adalah lapisan tanah lempung, sehingga perhitungan tahanan ujungnya berdasarkan perhitungan tanah lempung. Berdasarkan persamaan (3.24), tahanan ujung tiang bor pada tanah lempung adalah :

$$Q_{p(ult)} = A_p \cdot q_p = C_u \cdot N_c^* \cdot A_p$$

$$q_p = \text{unit tahanan ujung} = N_c^* \cdot C_u \leq (3905,9 \text{ kN/m}^2 = 4000 \text{ kPa})$$

$$N_c^* = 6[1 + 0,2 (D/B_b)] \leq 9$$

$$= \text{dipakai} = 9. (\text{karena } D_b \text{ belum diketahui})$$

$$q_p = N_c^* \cdot C_u = 9 \cdot 104 = 936 \text{ kN/m}^2 \leq 3905,9 \text{ kN/m}^2 \sim \text{oke}$$

$$Q_{p(ult)} = q_p \cdot A_p$$

$$Q_{p(all)} \cdot SF = q_p \cdot A_p$$

$$(1813,744 \cdot 2,5) = (104 \cdot 9) \cdot A_p \rightarrow A_p = 4,84 \text{ m}^2 ;$$

$$D_b = \sqrt{\frac{4,84}{\pi/4}} = 2,48 \text{ m}$$

Jadi tiang tersebut membutuhkan pembesaran pada ujungnya sebesar = 2,48 m. Pada pelaksanaan di lapangan pembuatan pembesaran ujungnya membentuk sudut antara 30-45° terhadap arah vertikal. Dengan asumsi $H_{bell} = 1$ m dan dengan sudut 45°, maka diameter ujung (D_b) yang terbentuk sebesar : $D_s + 2.H_{bell} = 0,75 + 2.1 = 2,75 \text{ m} \approx 2,8 \text{ m}$.

Jadi untuk pemakaian diameter badan tiang (D_s) = 0,75 m, diameter ujungnya (D_b) adalah = 2,8 meter.

Kontrol dari perhitungan dimensi diatas adalah dengan berdasarkan persamaan (3.28) dan (3.29), yang menyebutkan bahwa jika diameter dasar *bored pile* lebih besar dari 75 inch ($D_b \geq 1900 \text{ mm}$), maka untuk menjaga agar penurunan yang terjadi tetap dalam kategori penurunan yang diijinkan (=maksimum 2,54 cm), q_p diubah menjadi q'_p

$$q'_p = F_r \cdot q_p$$

$$F_r = \frac{25}{120 \cdot \psi_1 \cdot \frac{D_b}{D_r} + \psi_2} \leq 1,0$$

$$\psi_1 = 0,0071 + 0,0021 (L / D_b) \leq 0,015$$

$$= 0,0071 + 0,0021 (15/2,8) = 0,0185 \sim \text{dipakai} = 0,015$$

$$\psi_2 = 1,59 \cdot (S_u / \sigma_r)^{1/2} \quad 0,5 \leq \psi_2 \leq 1,5$$

$$D_r = \text{Reference width} = 1,0 \text{ ft} = 12 \text{ inch} = 0,30 \text{ m} = 300 \text{ mm}$$

$$\sigma_r = \text{Reference stress} = 2000 \text{ lb / ft}^2 = 100 \text{ kPa} = 97,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\psi_2 = 1,59 \cdot (104 / 97,7)^{1/2} = 1,64 > 1,5 \sim \text{dipakai} = 1,5$$

$$F_r = \frac{2,5}{120 \cdot 0,015 \cdot \frac{2,8}{0,3} + 1,5} = 1,38 > 1 \rightarrow \text{dipakai} = 1$$

Jadi tidak ada koreksi pada tahanan ujungnya (Q_p) ~ oke.

Apabila terdapat koreksi terhadap Q_p maka hitungan tersebut diulang kembali.

4.4 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal pada Tanah Campuran

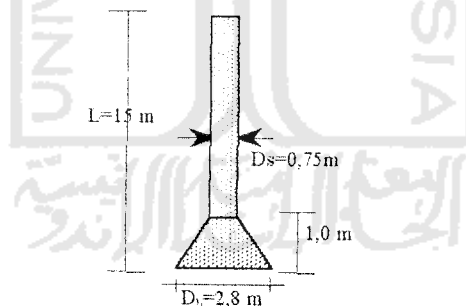
Perhitungan kapasitas tarik tiang bor tunggal dengan pembesaran ujung pada tanah campuran berdasarkan persamaan (3.57) dan (3.60) :

$$P_{au} = 0,9 W_f + P_{ub} + Q_s \text{ lempung} + Q_s \text{ pasir}$$

$$P_{au} = 0,9 W_f + \left(\frac{P_{ub} + R \sum f_s A_s + \int_0^{L_e} (\pi D_s) \sigma_v' K_u \tan \delta \cdot dz}{F} \right)$$

1'. W_f = Berat pondasi

$$W_f = \text{Volume} \cdot \text{Berat volume beton} (= 24 \text{ kN/m}^3)$$



Gambar 4.6. Dimensi Tiang Bor Tunggal Terpakai

$$W_f = \left[\frac{\pi \cdot (0,75)^2}{4} (14) + \frac{\pi \cdot [(0,75 + 2,8)/2]^2}{4} (1,0) \right] (24) = 207 \text{ kN}$$

2. Kontribusi Ujung Tiang Terhadap Tapasitas Tarik (P_{ub}) :

$$P_{ub} = (S_u \cdot B_q + q') (\pi/4) (D_b^2 - D_s^2)$$

$$\bullet \text{ Break out factor } (B_q) = 2((L/D_b) - 0,5) \leq 9$$

$$= 2((15/2,8) - 0,5) = 9,7 \text{ ----- dipakai} = 9$$

- $q' =$ Tegangan efektif tanah.

Karena lapisan 3 diabaikan, maka tegangan efektif tanahnya adalah pada dasar lapisan 2. Besar q_2' dari perhitungan sebelumnya (bab 5.3.1 sub2) adalah :

- $$q'_3 = \Sigma(H\gamma) = (2.16,4) + (4.5.14) + (5.5.9,95) + (1.7,02)$$

$$= 190,43 \text{ kN/m}^2$$

- $S_u = \text{undrained shear strength tanah di atas ujung}$

$$= C_{u2} = 27 \text{ kN/m}^2$$

Maka , $P_{ub} = (27. 9 + 190,43)(\pi/4)(2,8^2 - 0,75^2) = 2476,115 \text{ kN}$

3. Gesekan Kulit

Pada saat perhitungan daya dukung menggunakan nilai faktor adhesi empiris desak (α^*), namun pada saat perhitungan kapasitas tariknya nilai faktor adhesi tariknya menggunakan nilai α' . Masing-masing nilainya terdapat pada bab 5.3.1 sub 3.

Perhitungan kapasitas gesek beban *uplift* memakai pembagian lapisan tanah sebagai berikut dengan mengabaikan pada daerah-daerah yang seperti pada bab 3.5.3 sub 2 yang berbeda pada perhitungan daya dukung, yaitu : 1,5 m pada permukaan tanah dan sebesar $2.D_b$ pada ujung tiang $= 2.2,8 = 5,6 \text{ m}$, maka :

- Lapisan 1 : Lempung ;

$$\text{Depth : } 0 \sim 1,5 \text{ m} \quad \rightarrow \text{ diabaikan}$$

$$\text{Depth : } 1,5 \sim 4 \text{ m (di atas MAT)} \quad \rightarrow \text{ As } = 5,89 \text{ m}^2$$

- Lapisan 2 : Pasir ;

$$Depth : 4 \sim 8,5 \text{ m (di atas MAT)} \rightarrow As = 10,6 \text{ m}^2$$

$$Depth : 8,5 \sim 9,4 \text{ m (di bawah MAT)} \rightarrow As = 2,12 \text{ m}$$

$$Depth : 9,4 \sim 14 \text{ m (di bawah MAT)} \rightarrow \text{diabaikan}$$

- Lapisan 3 : Lempung

$$Depth : 14 \sim 15 \text{ m} \rightarrow \text{diabaikan}$$

Keterangan : As = luas bidang kontak tiang-tanah

= keliling penampang .tinggi

sehingga perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Perhitungan Gesekan Kulit ($\sum f_s, A_s$) Tiap Lapis,

Tiang dengan $D_s=0,75\text{m}$ & $D_b = 2,8 \text{ m}$

Tanah	Depth	Tebal (m)	γ (kN/m^3)	$S_u=c_u$ (kN/m^2)	α'	$h.\gamma$	q'	σ_v'	As (m^2)	f_s	$f_s.as$ (kN)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-			-
Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,55	41	65,6	-	5,89	18,7	110,1
Sand	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	10,6	18,58	196,9
Sand	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,96	137,56	133,07	2,12	25,46	53,98
Sand	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,48	10,84	28,98	314,1
Clay	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-			-

Keterangan : Tanah pasir $\rightarrow f_s = K_u . \sigma_v' . \tan(1.\phi)$; $K_u = 0,9$

Tanah lempung $\rightarrow f_s = \alpha' . C_u$

Jadi : * Gesekan pada lempung ($\sum f_s . A_s$)_{Lempung} = 110,1 kN ,

* Gesekan pada pasir adalah :

$$\int_0^{L-L_p} (\pi D_s) \sigma_v' K_u \tan \delta . dz = \sum (f_s . A_s)_{pasir}$$

Cek $(L/D_b)_{cr}$:

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ Persamaan (3.58)} \rightarrow (L/D_b)_{cr} &= 0,107.c_u + 2,5 \leq 7 \\ &= 0,107. 27 + 2,5 = 5,389 \approx 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$

▪ Gambar (3.23) \rightarrow Tanah pasir lepas, dari tabel (3.8) diperoleh

$D_r = 20 \%$, maka dari gambar (3.23) diperoleh $(L/D_b)_{critis} = 6$

\rightarrow dipakai $(L/D_b)_{cr} = 6 \text{ m}$.

$$\text{Jadi } L_{cr} = 6.D_b = 6. 2,8 = 16,8 \text{ m}$$

(berarti seluruh lapisan pasir ($L=10 \text{ m}$) $< L_{cr}$)

$$(L/D_b)_{critis} = 6 > (L/D_b) = (15 / 2,8) = 5,3 \rightarrow \text{shallow foundation,}$$

gesekan kulit pasirnya diabaikan (bab .3.6.3. sub1)

$$4. R = \text{Faktor reduksi} = (2+\gamma):(3\gamma)$$

berlaku apabila rasio kedalaman - diameter ujung $(L/D_b) < 6$

Cek faktor reduksi kapasitas tarik P_{au} :

$$L/D_b = 15/2,8 = 5,3 < 6 \text{ (ada reduksi)}$$

$$\gamma = \alpha_{av}.S_{uav}$$

$$\alpha_{av} = (0,55.2 + 0,53.10) : 15 = 0,43$$

$$S_{uav} = (34.2 + 27.10) : 15 = 22,5$$

$$\gamma = 0,43. 22,53 = 9,68 > 1 \sim \text{oke}$$

$$\text{Jadi } R = (2-\gamma) : (3\gamma) = (2+ 9,68) : (3.9,68) = 0,4$$

5. F =Angka aman untuk tarik/*uplift* lihat tabel (3.1)

$$= 1,5.2.5 = 3,75$$

Kapasitas tarik tiang bor dengan pembesaran ujung pada tanah campuran menggunakan persamaan (3.59) dan (3.62)

$$P_{uz} = 0,9 Wf + \left(\frac{P_{ub} + R \sum f_s A_s + \int_0^{L-L_u} (\pi D_s) \sigma_v' K_u \tan \delta \cdot dz}{F} \right)$$

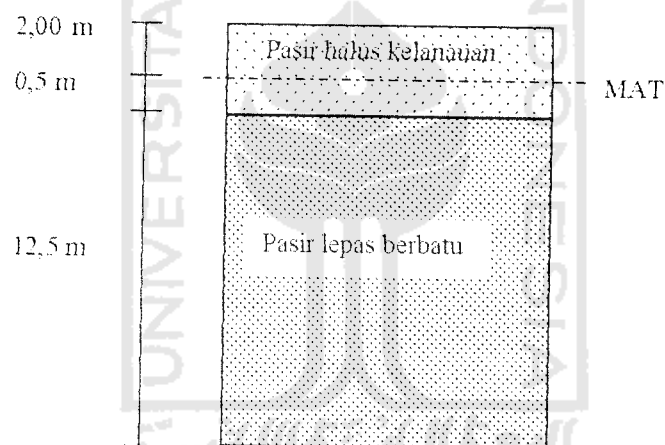
$$P_{uz} = 0,9 \cdot 207,82 + \left(\frac{2476,155 + 0,4 \cdot 110,14 + 0}{3,75} \right) = 859,09 \text{ kN}$$

Jadi kapasitas tariknya = 859,09 kN

4.5 Perhitungan Tiang Bor pada Tanah Pasir Homogen

4.5.1 Data tanah Pasir Homogen

Data tanah Pasir homogen yang dipakai adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Lapisan Tanah Pasir Homogen

- Lapisan tanah 1

$$W = 18,39 \%$$

$$\gamma_b = 17,19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 29^\circ 35'$$

$$e = 0,7785$$

$$S_r = 0,6314$$

$$G_s = 2,672$$

$$\begin{aligned} \gamma' &= (G_s - 1) \cdot \gamma_w / (1 + e) \\ &= ((2,672 - 1) \cdot 9,81) / (1 + 0,7785) \\ &= 9,2222 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

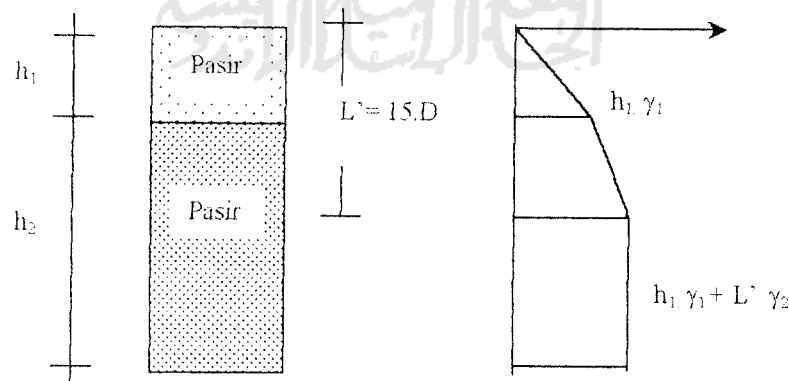
- Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 \gamma_b &= 19,404 \text{ kN/m}^3 & \text{-----} & \gamma' = (G_s - 1) \cdot \gamma_w / (1 + e) \\
 \phi &= 30^\circ 43' & & = ((2,6128 - 1) \cdot 9,81) / (1 + 0,6604) \\
 e &= 0,6604 & & = 9,5287 \text{ kN/m}^3 \\
 S_r &= 0,8233 \text{ ;} \\
 w &= 20,305 \% \\
 G_s &= 2,6128
 \end{aligned}$$

4.5.2 Desain tiang bor pada pasir

1. Nilai Tekanan Tanah Efektif (q') dan Nilai σ_v'

Nilai tekanan tanah efektif adalah sebesar $q' = \Sigma h_i \cdot \gamma_i$, yang dihitung tiap lapis, sedangkan nilai tegangan efektif untuk friksi (σ_v') adalah mengikuti prinsip seperti pada bab 3.4.4, yaitu nilai σ_v' konstan setelah kedalaman $= L' = 15 \cdot D_s$. Jadi besarnya nilai σ_v' tergantung dari dimensi tiang, karena nilai $L' (= 15D_s)$ akan berbeda untuk tiang dengan diameter badan yang berbeda. Pengambilan titik awal L' ($L'=0$) dimulai dari permukaan lapisan pasir. Penggambaran pemakaian nilai σ_v' adalah seperti berikut :



Gambar 4.8 Pengambilan Nilai σ_v' pada Lapisan Pasir Homogen

Dalam perhitungan berikut akan dipakai dimensi badan (shaft) tiang bor yang bermacam-macam, yaitu : 0,75 m; 1,0 m; 1,25 m ; 1,5 m ; 1,75 m.

Untuk penyederhanaan hitungan yang dilakukan, L' yang digunakan adalah berdasarkan diameter yang terkecil yaitu 0,75 m. Nilai kedalaman batas (L') adalah sebesar $= 15.D = 15.0,75 = 11,25$ m dihitung dari permukaan lapisan 2 (tanah pasir).

2. Perhitungan Gesekan Kulit (Q_s) dan Desain Diameter Ujung (D_b).

Perhitungan gesekan ujung pada tiang bor adalah dengan mengabaikan daerah-daerah tertentu seperti pada bab 3.5.2 sub 2 :

- Kedalaman 0~ 1,5 m \rightarrow akibat ketergangguan cuaca dan mesin saat pelaksanaan.
- Daerah setinggi ujung (h_{bell}) ditambah 1.Diameter badan (D_s)

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Perhitungan Dimensi Ujung (D_b)

Tanah	Depth (m)	H (=tebal)	γ (kN/m ³)	ϕ	q' (=h. γ)	q' kum	σ_v'	f_s (kN/m ²)	A_s (m ²)	QS (kN)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Sand	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-
Sand	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,18	10,19
Sand	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,18	12,42
Sand	2,5~13,25	10,75	9,52	30,71	102,34	141,33	90,16	26,20	25,33	663,68
Sand	13,25~15	1,75	9,52		16,66	-				

Total = 686,29 kN

sehingga :

- $Q_{s \text{ all}} = Q_{s \text{ ult}} / SF = 686,29 / 2,5 = 274,52 \text{ kN}$
- $Q_p = Q_w - Q_{s \text{ all}} = 2000 - 274,52 \text{ kN} = 1725,48 \text{ kN}$
- Luas ujung perlu $A_p = (Q_p.SF) / (9.S_u)$

$$= (1725,48.2,5) / (9.104) = 4,61 \text{ m}^2$$
- Diameter ujung (D_b) = $\sqrt{\{A_p / (1/4.\pi)\}} = \sqrt{\{4,61 / (1/4.\pi)\}} = 2,42 \text{ m}$

keterangan tabel :

- Dalam penentuan Nilai σ_v' , $(h_2 \gamma_2)$ yang pada tanah pasir dikalikan $\frac{1}{2}$ dikarenakan tebal lapisan tersebut kurang dari $L'=11,25$ m. Hal tersebut apabila dilihat pada gambar 4.8 , mempunyai bentuk segitiga.
- Lapisan atas (0~1,5m) diabaikan gesekannya
- Lapisan pada ujung yang diabaikan gesekannya sebesar $= h_{bell} + D_s$
 $= 1 + 0,75 = 1,75$ m, Jadi sepanjang kedalaman 13,5 ~ 15 m.
 Diasumsikan $h_{bell}=1$ m.

4.5.3 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal pada Tanah Pasir

Perhitungan kapasitas tarik tiang bor tunggal dengan pembesaran ujung pada pasir berdasarkan persamaan (3.59) :

$$P_{au} = 0,9 W_f + P_{ub} + Q_s \text{ pasir}$$

$$P_{su} = 0,9 W_f + \left(\frac{\int_{L=0}^{L=L_u} A_s \cdot k \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta}{F} + \frac{P_{ub}}{F} \right)$$

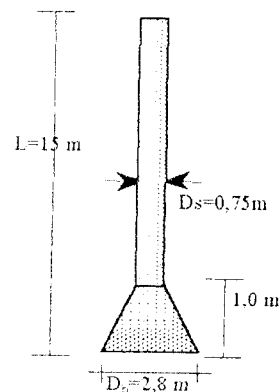
Cek $(L/D_b)_{cr}$:

Gambar (3.22) \rightarrow Tanah pasir lepas, dari tabel (3.8) diperoleh $D_r = 20$

%, maka dari gambar (3.21) diperoleh $(L/D_b)_{critis} = 6$

Jadi $L_{cr} = 6 \cdot D_b = 6 \cdot 2,8 = 16,8,4$ m, seluruh lapisan pasir $L=15$ m $< L_{cr}$

1. W_f = Berat pondasi = Volume. Berat volume beton (= 24 kN/m^3)



Gambar 4.9. Dimensi Tiang Bor Tunggal Terpakai

$$W_f = \left[\frac{\pi \cdot (0,75)^2}{4} (14) + \frac{\pi \cdot [(0,75 + 2,8) / 2]^2}{4} (1,0) \right] (24) = 207 \text{ kN}$$

2. Kontribusi Ujung Tiang terhadap Kapasitas Tarik (P_{ub}) :

$$P_{ub} = (B_q \cdot A_b \cdot \gamma \cdot L),$$

- B_q dari grafik Coduto, 1990 (gambar 3.21) :

$$L/D_b = 15/2,8 = 5,35 ; \text{ Tanah pasir lepas } D_r = 20 \% \text{ (tabel 3.8)}$$

→ gambar 3.21 diperoleh $B_q = 3$

- γ dipakai rata-rata = $(17,19,2 + 9,22,13) / 15 = 10,28$

$$P_{ub} = 3 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 2,8^2) \cdot 10,28 \cdot 15 = 2848,46 \text{ kN}$$

3. Gesekan Kulit

Perhitungan kapasitas gesek beban *uplift* memakai pembagian lapisan tanah sebagai berikut dengan mengabaikan pada daerah-daerah :

- $0 \sim 1,5 \text{ m}$ pada permukaan tanah
- $2 \cdot D_b = 2 \cdot 2,8 = 5,6 \text{ m}$ dari ujung tiang, sehingga

Perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.4 Tabel Hitungan Gesekan Kulit Tanah
Pasir Homogen Tiang Bor $D_s = 0,75$ m

		Depth (m)	Tebal (m)	γ (kN/m ³)	ϕ	q' (=h. γ)	q'_{kum}	σ_v'	Fs	As	Qs
1	Pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-
2	Pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,18	10,19
3	Pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,18	12,42
4	Pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	16,256	339,40
5	Pasir	9,4~15	5,6	9,52	30,71	53,31	-	-	-	-	-

Total $Q_s = 362,01$ kN

Chek L/D_b :

Gambar (3.22) \rightarrow Tanah pasir lepas, dari tabel (3.8) diperoleh

$D_r = 20$ %, maka dari gambar (3.22) diperoleh

$$(L/D_b)_{critis} = 6 > (L/D_b) = (15/2,8) = 5,3$$

\rightarrow *shallow foundation*, gesekan kulit diabaikan (bab .3.6.3. sub1)

Jadi besarnya kapasitas tarik dihitung dengan persamaan 3.57, dan angka

aman $F = 1,5.2,5 = 3,75$:

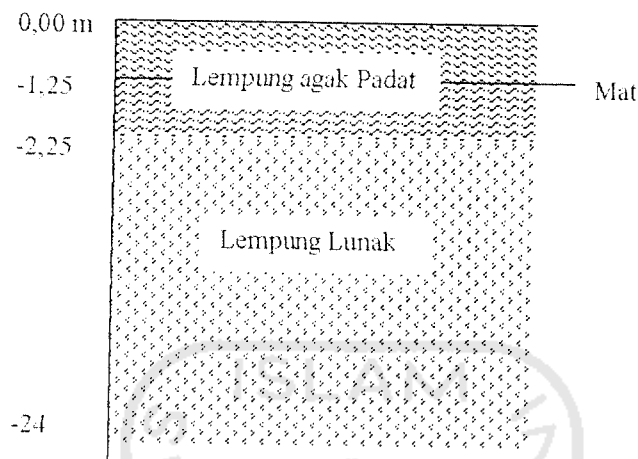
$$P_{au} = 0,9 W_f + \left(\frac{\int_{L=0}^{L=L_{av}} A_s \cdot k \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta}{F} + \frac{P_{ub}}{F} \right)$$

$$= 0,9.207,82 + 0 + (2848,46 / 3,75)$$

$$= 945,889 \text{ kN}$$

4.6 Perhitungan Tiang Bor pada Tanah Lempung Homogen

4.6.1 Data Tanah Lempung Homogen



Gambar 4.10 Sketsa Lapisan Tanah Lempung Homogen

Adapun data tanah tiap lapisan seperti gambar di atas adalah sebagai berikut :

Lapisan 1: $n = 0,4765$

Lapisan 2: $n = 0,50325$

$$\gamma_d = 1,0765 \text{ t/m}^3 = 10,765 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 1,1025 \text{ t/m}^3 = 11,025 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_b = 1,55 \text{ t/m}^3 = 15,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_b = 1,624 \text{ t/m}^3 = 16,24 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_s = 0,553 \text{ t/m}^3 = 5,53 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_s = 0,624 \text{ t/m}^3 = 6,24 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 0,915$$

$$e_o = 1,0305$$

$$G_s = 2,058$$

$$G_s = 2,2495$$

$$Su = 96 \text{ kN/m}^2$$

$$Su = 42 \text{ kN/m}^2$$

4.6.2 Desain Tiang Bor pada Lempung

1. Nilai Tekanan Tanah Efektif (q') dan Nilai Nilai σ_v'

Nilai adalah sebesar $q' = \sum h_i \cdot \gamma_i$, yang dihitung tiap lapis, sedangkan nilai tegangan efektif untuk friksi (σ_v') = 0 untuk lempung .

$$q'_{1a} = \sum h_i \cdot \gamma_i = 1,25 \cdot 15,55 = 19,43 \text{ kN/m}^2$$

$$q'_{1b} = \Sigma h \cdot \gamma' = 1,25 \cdot 15,55 + 1 \cdot 5,53 = 24,96 \text{ kN/m}^2$$

$$q'_{2b} = \Sigma h \cdot \gamma' = 1,25 \cdot 15,55 + 1 \cdot 5,53 + 11 \cdot 6,24 = 93,60 \text{ kN/m}^2$$

2. Perhitungan Gesekan Kulit (Q_s) dan Desain Diameter Ujung (D_b).

Perhitungan gesekan kulit pada kapasitas daya dukung untuk lempung adalah dengan menggunakan persamaan 3.32

$$Q_s = \alpha^* \cdot C_u \cdot p \rightarrow \alpha^* = 0,4$$

Perhitungan gesekan ujung pada tiang bor adalah dengan mengabaikan daerah-daerah tertentu seperti pada Bab 3.5.2 sub 2 :

- Kedalaman 0~ 1,25 m \rightarrow akibat ketergangguan cuaca dan mesin saat pelaksanaan.
- Daerah setinggi ujung (H_{bell}) ditambah 1. Diameter badan (D_s)

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Perhitungan Dimensi Ujung (D_b) untuk Tanah Lempung dengan Diameter Badan $D_s = 0,75 \text{ m}$

Tanah	Depth (m)	Tebal (m)	γ (kN/m ³)	$S_u=c$ (kN/m ²)	α^*	$Q' (=h \cdot \gamma)$	$q' \text{ kum}$	F_s	a_s	Q_s (kN)
clay	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,438	19,43	-	-	-
clay	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,96	38,40	2,36	90,47
clay	2,25~13,25	11	6,24	42	0,4	68,64	93,60	16,8	25,92	435,39
clay	13,25~15	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-

sehingga :

- $Q_{s \text{ all}} = Q_{s \text{ ult}} / SF = 525,86 / 2,5 = 210,344 \text{ kN}$
- $Q_p = Q_w - Q_{s \text{ all}} = 2000 - 210,344 \text{ kN} = 1789,66 \text{ kN}$
- Luas ujung perlu $A_p = (Q_p \cdot SF) / (9 \cdot S_u)$

$$= (1789,66 \cdot 2,5) / (9 \cdot 42) = 5,394 \text{ m}^2$$

- Diameter ujung (D_b) = $\sqrt{\{A_p / (1/4 \cdot \pi)\}} = \sqrt{\{5,39 / (1/4 \cdot \pi)\}} = 2,6214 \text{ m}$

Keterangan tabel :

- Lapisan atas (0~1,5m) diabaikan gesekannya
- Lapisan pada ujung yang diabaikan gesekannya sebesar $= h_{bell} + D_s$
 $= 1 + 0,75 = 1,75$ m, jadi sepanjang kedalaman 13,5 ~ 15 m .

Asumsi : $h_{bell} = 1$ m .

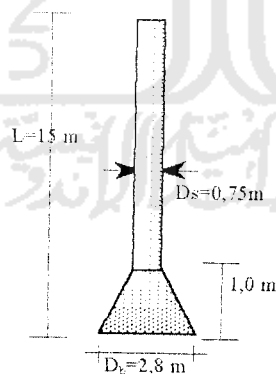
- $f_s = \alpha^* \cdot s_u$; $A_s = \pi \cdot D_s \cdot \text{Tebal}$; $Q_s = f_s \cdot A_s$

4.6.3 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal pada Tanah Lempung

Perhitungan kapasitas tarik tiang bor tunggal dengan pembesaran ujung pada lempung berdasarkan persamaan (3.62) :

$$P_{ult} = 0,9 H_f + \frac{P_{teb} + R \sum f_s \cdot A_s}{F}$$

1. $W_f = \text{Berat pondasi} = \text{Volume} \cdot \text{Berat volume beton} (= 24 \text{ kN/m}^3)$



Gambar 4.11 Dimensi Tiang Bor Tunggal
Terpakai

$$W_f = \left[\frac{\pi \cdot (0,75)^2}{4} (14) + \frac{\pi \cdot [(0,75 + 2,8) / 2]^2}{4} (1,0) \right] (24) = 207 \text{ kN}$$

2. Kontribusi Ujung Tiang terhadap Kapasitas Tarik (P_{ub})

Kontribusi ujung tiang terhadap kapasitas tarik dari (P_{ub}) dengan

persamaan 3.59 : $P_{ub} = (S_u \cdot B_q + q')(\pi/4)(D_b^2 - D_s^2)$

Dengan $S_u = \text{Undrained shear strength tanah di atasnya} = 42 \text{ kN/m}^2$

$B_q = \text{break out factor}$ dengan persamaan 3.55

$$= 2(L/D_b - 0,5) \leq 9 \text{ (pada lempung)}$$

$$= 2(15/2,8 - 0,5) = 9 \rightarrow \text{dipakai} = 9$$

$q' = \text{tegangan efektif dengan mengabaikan sepanjang } 2 \cdot D_b$

($= 2 \cdot 2,8 = 5,6 \text{ m}$) dari ujung tiang.

sehingga q'_2 berubah menjadi :

$$= \Sigma h \cdot \gamma' = 1,25 \cdot 15,55 + 1 \cdot 5,3 + 6,9 \cdot 6,24 = 68,0235 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{ub} = (42 \cdot 9 + 68,0235)(\pi/4)(2,8^2 - 0,75^2) = 2548,06 \text{ kN}$$

3. $R = \text{Faktor reduksi,}$

berlaku apabila rasio kedalaman- diameter ujung (L/D_b) < 6

$$R = (2 + \chi) / (3\chi) \quad (3.61)$$

$$\chi = (\alpha_{av} \cdot S_{uav}) / q' > 1 \quad (3.62)$$

$\alpha' = \text{koefisien adhesi tiang bor untuk perhitungan tarik}$

$$\alpha' = 0,9 - 0,00625 \cdot C_u \rightarrow (\text{untuk } C_u \leq 80 \text{ kN/m}^2)$$

$$\alpha' = 0,4 \rightarrow (\text{untuk } C_u > 80 \text{ kN/m}^2)$$

$\alpha'_{av} = \text{rata-rata nilai } \alpha' \text{ sepanjang pondasi}$

$$= (1 \cdot 0,4 + 6,9 \cdot 0,75) / (1 + 6,9) = 0,724$$

$S_{uav} = \text{rata-rata nilai } S_u \text{ sepanjang pondasi}$

$$= (1 \cdot 96 + 6,9 \cdot 42) / (1 + 6,9) = 50,16$$

q' = tegangan efektif tanah pada ujung pondasi

$$= \Sigma h_i \cdot \gamma' = 1,25 \cdot 15,55 + 1 \cdot 5,3 + 11 \cdot 6,24 = 93,60 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = (\alpha_{av} \cdot S_{uav}) / q' = (0,724 \cdot 50,16) / 93,6 = 0,38 < 1 \rightarrow \text{dipakai} = 1$$

$$R = (2 + \gamma) / (3\gamma) = 1 \quad (\text{tidak ada faktor reduksi})$$

4. $F = SF = \text{angka aman}$, untuk tarik $= 1,5 \cdot 2,5 = 3,75$

5. Gesekan Kulit

Perhitungan kapasitas gesek beban *uplift* memakai pembagian lapisan tanah sebagai berikut dengan mengabaikan pada daerah-daerah :

- 0 ~ 1,5 m pada permukaan tanah
- $2 \cdot D_b = 2 \cdot 2,8 = 5,6$ m dari ujung tiang.

Pada perhitungan gesekan kulit pada kapasitas *uplift* dari pondasi tiang dengan pembesaran ujung pada *clay* O'Neill merekomendasikan untuk mengabaikan gesekan kulit setinggi $2 \cdot D_b$ dari dasar ujung (Coduto, 1994)

Koreksi panjang kontak untuk tarik (L_e') adalah pada daerah-daerah :

- Pada 0 m ~ 1,5 m dari permukaan tanah,
gesekan kulitnya diabaikan, sehingga panjang kontak terkoreksi pada tarik $(L_e')_1 = h_1 - 1,5$

- Ujung tiang bor,

Koreksinya adalah sebesar kedalaman pondasi pada lapisan tersebut dikurangi dua kali diameter ujung tiang $(D_b) = 2 \cdot D_b = 2 \cdot 2,8 = 5,6$, sehingga perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut:

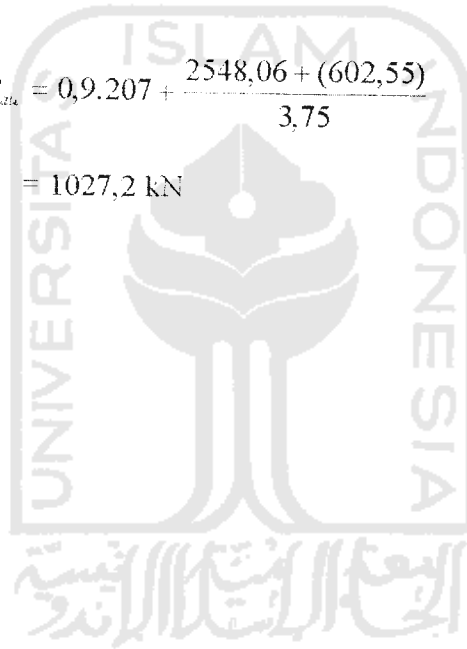
Tabel 4.6 Tabel Hitungan Gesekan Kulit Tanah pada Tarik
Lempung Homogen Tiang Bor $D_s = 0,75$ m

	Depth (m)	Tebal (m)	γ (kN/m ³)	$su=cu$ (kN/m ²)	α'	$h \cdot \gamma$	q'	As (m ²)	f_s (kN/m ²)	$f_s \cdot As$
Clay	0~1,25	1.25	15.55	-	-	19.44	19.43	-	-	-
Clay	1,25~2,25	1	5.53	96	0.4	5.53	24.96	2.35	38.4	90.4704
Clay	2,5~9.4	6.9	6.24	42	0.75	43.05	68.02	16.25	31.5	512.0766
Clay	9.4~15	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-

= 602,55

Jadi besarnya kapasitas tariknya, dengan persamaan 3.62 dan SF=3,75 :

$$\begin{aligned}
 P_{ula} &= 0,9.207 + \frac{2548,06 + (602,55)}{3,75} \\
 &= 1027,2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Tabel (4.7) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal $D_s=0,75$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=0,75$ m 15.D = 11,25 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α^*	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	As (m ²)	Q_s	Q_s all	q_p	Ap (m ²)	Db (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,6	5,89	80,10	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	8,246	125,09	-	-	-	-
4	Sand	8,5~13,25	4,75	9,95	27	-	47,26	161,9	138	23,27	11,191	260,45	-	-	-	-
5	Sand	13,25~14	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												465,64	186,26	1813,7	4,814	<u>2,484</u>

Tabel (4.8) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal $D_s=1$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=1$ m 15.D = 15 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α^*	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	As (m ²)	Q_s	Q_s all	q_p	Ap (m ²)	Db (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	7,85	106,76	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	10,99	166,71	-	-	-	-
4	Sand	8,5~13	4,5	9,95	27	-	44,78	159,4	137	23,06	14,13	325,89	-	-	-	-
5	Sand	13~14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												599,4	239,75	1760,3	4,7015	<u>2,447</u>

Tabel (4.9) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal $D_s=1,25$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=1,25$ m $15.D = 18,75$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α^*	$q'=h.\gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	A_s (m ²)	Q_s	Q_s all	q_p	A_p (m ²)	Db (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	9,83	133,62	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	13,8	208,66	-	-	-	-
4	Sand	8,5~12,75	4,25	9,95	27	-	42,29	156,9	136	22,85	16,70	381,72	-	-	-	-
5	Sand	12,75~14	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												724,0	289,6	1710,4	4,5684	<u>2,412</u>

Tabel (4.10) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal $D_s=1,50$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=1,50$ m $15.D = 22,5$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α^*	$q'=h.\gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	A_s (m ²)	Q_s	Q_s all	q_p	A_p (m ²)	Db (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	11,8	160,14	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	16,5	250,07	-	-	-	-
4	Sand	8,5~12,5	4	9,95	27	-	39,80	154,4	135	22,64	18,8	426,63	-	-	-	-
5	Sand	12,5~14	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												836,84	334,74	1665,3	4,4478	<u>2,38</u>

Tabel (4.11) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal $D_s=1,75$ m pada Tanah Campuran

Tabel (4.11) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal $D_s=1,75$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=1,75$ m $L=26,25$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α^*	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	A_s (m ²)	Q_s	Q_s all	qp	A_p (m ²)	Db (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	13,73	186,66	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	19,22	291,48	-	-	-	-
4	Sand	8,5~12,25	3,75	9,95	27	-	37,31	151,9	133	22,44	20,59	461,89	-	-	-	-
5	Sand	12,25~14	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												940,03	376,0	1624	4,3376	<u>2,351</u>

Tabel (4.12) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s=0,75$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=0,75$ m 15.D = 11,25 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α'	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	As (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	5,89	18,7	110	110,14	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	10,602	18,58	197	307,08	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	2,1204	25,46	54	361,06	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	10,838	28,98	314	621,14	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	2424,47	845,312

Tabel (4.13) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s=1,00$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=1$ m 15.D = 15 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α'	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	As (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	7,85	18,7	147	146,80	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	14,13	18,58	262	409,26	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	2,826	25,46	71,9	481,21	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	14,444	28,98	419	827,84	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	2278,72	922,063

Tabel (4.14) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s=1,25$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=1,25$ m $15.D = 18,75$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α'	$q'=h.\gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	As (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	9,8	18,7	183	183,26	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	17,64	18,58	328	510,93	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	3,528	25,46	89,8	600,74	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	18,032	28,98	523	1033,48	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	2091,32	1017,89

Tabel (4.15) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s=1,50$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=1,50$ m $15.D = 22,5$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α'	$q'=h.\gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	As (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	11,78	18,7	220	220,29	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	21,204	18,58	394	614,16	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	4,2408	25,46	108	722,12	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	21,675	28,98	628	1242,29	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	1862,29	1132,91

Tabel (4.16) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s=1,75$ m pada Tanah Campuran

Keterangan: $D_s=1,75$ m $15.D = 26,25$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α'	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	σ_v'	A_s (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	13,743	18,7	257	256,98	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	24,737	18,58	459	716,47	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	4,9473	25,46	126	842,42	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	25,286	28,98	733	1449,25	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	1591,61	1267

Tabel (4.17) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal $D_s = 0,75$ m pada Tanah Pasir

Keterangan: $D_s = 0,75$ m $L = 15D = 11,25$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal γ (kN/m ³)	ϕ	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	A_s (m ²)	Q_s (kN)	Q_{sall} (kN)	q_p (kN)	A_p (m ²)	D_b (m)
1	pasir	0~1,5	1,5	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5~2	0,5	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,18	10,19	-	-	-	-
3	pasir	2~2,5	0,5	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,18	12,42	-	-	-	-
4	pasir	2,5~13,25	10,75	30,71	102,34	141,33	90,16	26,20	25,327	663,68	-	-	-	-
5	pasir	13,25~15	1,75	9,52	16,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										686,29	274,52	1725,48	4,61	<u>2,4230</u>

Tabel (4.18) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal $D_s = 1,00$ m pada Tanah Pasir

Keterangan: $D_s = 1$ m $L = 15D = 15$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal γ (kN/m ³)	ϕ	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	A_s (m ²)	Q_s (kN)	Q_{sall} (kN)	q_p (kN)	A_p (m ²)	D_b (m)
1	pasir	0~1,5	1,5	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5~2	0,5	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,57	13,57	-	-	-	-
3	pasir	2~2,5	0,5	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,57	16,55	-	-	-	-
4	pasir	2,5~14	11,5	30,71	109,48	148,47	93,73	27,24	36,11	983,71	-	-	-	-
5	pasir	14~15	1	9,52	9,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										1013,84	405,54	1594,46	4,26	<u>2,33</u>

Tabel (4.19) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal $D_s = 1,25$ m pada Tanah Pasir

Keterangan: $D_s = 1,25$ m $L' = 15D = 18,75$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	ϕ	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	σ_v'	f_s	A_s (m ²)	Q_s (kN)	Q_{sall} (kN)	q_p (kN)	A_p (m ²)	D_b (m)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
1	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,96	16,95	-	-	-	-
2	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,96	20,67	-	-	-	-
4	pasir	2,5~13,25	11,5	9,52	30,71	109,48	148,47	93,73	27,24	45,08	1228,08	-	-	-	-
4	pasir	14~15	1	9,52	-	9,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											1265,69	506,28	1493,72	3,99	<u>2,254</u>

Tabel (4.20) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal $D_s = 1,50$ m pada Tanah Pasir

Keterangan: $D_s = 1,50$ m $L' = 15D = 22,5$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	ϕ	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	σ_v'	f_s	A_s (m ²)	Q_s (kN)	Q_{sall} (kN)	q_p (kN)	A_p (m ²)	D_b (m)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
1	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	2,36	20,36	-	-	-	-
2	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	2,36	24,83	-	-	-	-
4	pasir	2,5~13,25	10,75	9,52	30,71	102,34	141,33	90,16	26,20	50,63	1326,80	-	-	-	-
4	pasir	13,25~15	1,75	9,52	-	16,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											1371,99	548,80	1451,20	3,88	<u>2,222</u>

Tabel (4.21) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal $D_s = 1,75$ m pada Tanah Pasir

Keterangan: $D_s = 1,75$ m $L' = 15D = 26,25$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	ϕ	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	σ_v'	f_s	A_s (m ²)	Q_s (kN)	Q_{sall} (kN)	q_r (kN)	A_p (m ²)	D_b (m)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	2,75	23,76	-	-	-	-
3	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	2,75	28,98	-	-	-	-
4	pasir	2,5~13,25	10,75	9,52	30,71	102,34	141,33	90,16	26,20	59,09	1548,50	-	-	-	-
5	pasir	13,25~15	1,75	9,52	-	16,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											1601,24	640,50	1359,50	3,63	<u>2,151</u>

Tabel (4.22) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal Ds= 0,75 m Pada Tanah Pasir

Keterangan: Ds=0,75 m 15.D = 11,25 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	ϕ	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	$as \text{ (m}^2\text{)}$	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-		-	-	-		
2	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,18	10,19	10,19		
3	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,18	12,42	22,61		
4	pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	16,2564	339,40	362,01		
5	pasir	9,4~15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	946,627

Tabel (4.23) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal Ds= 1,0 m Pada Tanah Pasir

Keterangan: Ds=1 m 15.D = 15 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	ϕ	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	$as \text{ (m}^2\text{)}$	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-		-	-	-		
1	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,57	13,57	13,57		
2	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,57	16,55	30,13		
4	pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	21,67	452,35	482,48		
4	pasir	9,4~15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	1058,34

Tabel (4.24) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal Ds= 1,25 m Pada Tanah Pasir

Keterangan: Ds=1,25 m 15.D = 18,75 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	ϕ	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	$a_s (\text{m}^2)$	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,96	16,95	16,95	-	-
3	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,96	20,67	37,61	-	-
4	pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	27,05	564,71	602,33	-	-
5	pasir	9,4~15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	1200,25

Tabel (4.25) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal Ds= 1,50 m Pada Tanah Pasir

Keterangan: D=1,50 m 15.D = 22,5 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	ϕ	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	$a_s (\text{m}^2)$	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	2,36	20,37	20,37	-	-
3	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	2,36	24,84	45,21	-	-
4	pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	32,51	678,81	724,02	-	-
5	pasir	9,4~15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	1372,39

Tabel (4.26) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal $D_s = 1,75$ m Pada Tanah Pasir

Keterangan: $D = 1,75$ m $15.D = 26,25$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma(kN/m^3)$	ϕ	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	f_s	$a_s (m^2)$	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	pasir	0-1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5-2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	2,75	23,77	23,77	-	-
3	pasir	2-2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	2,75	28,99	52,75	-	-
4	pasir	2,5-9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	37,94	792,04	844,79	-	-
5	pasir	9,4-15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	1574,75



Tabel (4.27) Desain Ujung Tiang Bor tunggal $D_s = 0.75$ m pada Tanah Lempung

Keterangan:		$D_s=0.75$ m		$L=15D=11.25$ m											
No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su(kN/m ²)	a*	σ_v' (kN/m ²)	$\Sigma\sigma_v'$	f _s	a _s	Q _s	Q _{s all}	q _p	a _p (m ²)	D _b (m)
1	lempung	0~1.25	1.25	15.55	-	-	19.4375	19.44	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1.25~2.25	1	5.53	96	0.4	5.53	24.97	38.40	2.36	90.47	-	-	-	-
3	lempung	2.25~13.25	11	6.24	24	0.4	68.64	93.61	9.60	25.92	248.79	-	-	-	-
4	lempung	13.25~15	1.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											339.26	135.71	1864.3	5.3944	2.6214

Tabel (4.28) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal $D_s = 1.00$ m pada Tanah Lempung

Keterangan:		Ds=1m	L _f = 15D= 15 m												
No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su(kN/m ²)	a *	σ _v ' (kN/m ²)	Σσ _v '	f _s	a _s	Q _s	Q _s all	q _p	a _p (m ²)	D _b (m)
1	lempung	0~1.25	1.25	15.55	-	-	19.4375	19.44	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1.25~2.25	1	5.53	96	0.4	5.53	24.97	38.40	3.14	120.58	-	-	-	-
3	lempung	2.25~13	10.75	6.24	24	0.4	67.08	92.05	9.60	33.76	324.05	-	-	-	-
4	lempung	13~15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											444.62	177.85	1822.2	5.2724	2.5916

Tabel (4.29) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal Ds= 1,25 m pada Tanah Lempung

Keterangan: Ds= 1,25m L= 15D= 18,75 m																
No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su(kN/m ²)	a*	σ_v' (kN/m ²)	$\Sigma \sigma_v'$	fs	as	Qs	Qs all	qp	ap (m ²)	Db (m)	
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,44	-	-	-	-	-	-	-	
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,97	38,40	3,92	150,53	-	-	-	-	
3	lempung	2,25~12,75	10,5	6,24	24	0,4	65,52	90,49	9,60	41,16	395,14	-	-	-	-	
4	lempung	12,75~15	2,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
												545,66	218,27	1781,7	5,1555	2,5627

Tabel (4.31) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal $D_s = 1.75$ m pada Tanah Lempung

Keterangan: $D_s = 1.75$ m

$L' = 1SD = 26.25$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	a^*	σ_v' (kN/m ²)	$\Sigma \sigma_v'$	f_s	A_s	Q_s	Q_s all	q_p	a_p (m ²)	D_b (m)
1	lempung	0-1.25	1.25	15.55	-	-	19.4375	19.44	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1.25-2.25	1	5.53	96	0.4	5.53	24.97	38.40	5.49	210.82	-	-	-	-
3	lempung	2.25-12.25	10	6.24	-	0.4	62.4	87.37	9.60	54.90	527.04	-	-	-	-
4	lempung	12.25-15	2.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
737.86												295.1	1705	4.933	<u>2.5068</u>

Tabel (4.32) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s = 0,75$ m Pada Tanah Lempung

Keterangan: $D_s = 0,75$ m $15.D = 11,25$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α	q' (kN/m ²)	$\Sigma q'$	A_s (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,438	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,968	2,355	38,4	90,43	90,43	-	-
3	lempung	2,5~9,4	6,9	6,24	24	0,75	43,056	68,024	16,25	18	292,5	382,92	-	-
4	lempung	9,4~15	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1622,58	721,84

Tabel (4.33) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s = 1,00$ m Pada Tanah Lempung

Keterangan: $D_s = 1$ m $15.D = 15$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α	q' (kN/m ²)	$\Sigma q'$	A_s (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,438	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,968	3,14	38,4	120,6	120,58	-	-
3	lempung	2,5~9,4	6,9	6,24	24	0,75	43,056	68,024	21,666	18	390	510,56	-	-
4	lempung	9,4~15	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1525,04	841,57

Tabel (4.34) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s = 1.25$ m Pada Tanah Lempung

Keterangan: $D_s = 1,25$ m $15.D = 18,75$ m														
No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α	q' (kN/m ²)	$\Sigma q'$	A_s (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,438	-	-	-	-		
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,968	3,925	38,4	150,7	150,72		
3	lempung	2,5~9,4	6,9	6,24	24	0,75	43,056	68,024	27,083	18	487,5	638,21		
4	lempung	9,4~15	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1399,62	984,08

Tabel (4.35) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s = 1.50$ m Pada Tanah Lempung

Keterangan: $D_s=1,50$ m $15.D = 22,5$ m														
No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α	q' (kN/m ²)	$\Sigma q'$	A_s (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,438	-	-	-	-		
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,968	4,71	38,4	180,9	180,86		
3	lempung	2,5~9,4	6,9	6,24	24	0,75	43,056	68,024	32,499	18	585	765,85		
4	lempung	9,4~15	5,6	-	-	-	-		-	-	-	-	1246,34	1149,38

Tabel (4.36) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal $D_s = 1,75$ m Pada Tanah Lempung

Keterangan: $D_s = 1,75$ m $15.D = 26,25$ m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	γ (kN/m ³)	su (kN/m ²)	α	q' (kN/m ²)	$\Sigma q'$	A_s (m ²)	f_s	Q_s	ΣQ_s	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,438	-	-	-	-		
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,968	5,495	38,4	211	211,01		
3	lempung	2,5~9,4	6,9	6,24	24	0,75	43,056	68,024	37,916	18	682,5	893,49		
4	lempung	9,4~15	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1065,18	1337,5