

Bab 2

Daya Dukung Fundasi Dangkal

2.1 KAPASITAS DAYA DUKUNG FUNDASI DANGKAL

2.1.1. U M U M

Didalam teknik pondasi terdapat bermacam-macam cara untuk menghitung besarnya kapasitas daya dukung tanah pondasi dangkal, yang dapat disebut pionir dan paling terkenal dikemukakan oleh Terzaghi (1943), kemudian disusul oleh peneliti lainnya seperti :

Meyerhof, Hansen, Bala dan lain-lainnya.

Didalam lingkup penulisan buku ini, analisa kapasitas daya dukung tanah pondasi dangkal diterangkan terbatas pada tiga peneliti saja yaitu :

- Terzaghi
- Meyerhof dan
- Hansen

2.1.2. KAPASITAS DAYA DUKUNG TERZAGHI

2.1.2.1. Anggapan dan dasar teori yang dipakai Terzaghi

- a. Menghilangkan tahanan geser tanah diatas bidang horizontal yang melewati dasar pondasi.
- b. Menggantikan butir a dengan seolah-olah ada beban sebesar
 $q = \gamma D_f$
- c. membagi distribusi tegangan dibawah pondasi menjadi tiga bagian (lihat Gbr. 2.1).
- d. Tanah adalah homogen dan isotropic, kekuatan geser direpresentasikan oleh persamaan Coulomb ;

$$\gamma = \sigma + s \tan \phi$$

Apabila bagian bawah pondasi mulai akan turun, maka :

Zone I

Zone yang langsung dibawah pondasi dicegah untuk bergerak lateral oleh gaya friksi dan adhesi antara tanah dan dasar pondasi. Jadi boleh dikatakan zone I tetap dalam keadaan keseimbangan elastis, dan bekerja *sebagai bagian dari pondasi*.

Batasnya adalah ab dan ac yang dianggap suatu bidang permukaan datar dengan sudut yang dibuat dengan bidang horizontal $\angle\beta = \angle\phi$

(Gbr. 2 ib).

Zone II

Disebut zone dari geser radial, karena pada zone ini terbentuk dari satu set gaya-gaya geser radial dengan ujung dari dasar pondasi sebagai titik pusat spiral logaritma yang membentuk gaya geser radial tadi. (Pada Gbr. 2.1. zone yang dibatasi acd).

Zone III

Disebut zone dari gaya geser linear, batas dari zone III ini dengan horizontal bersudut $45.0^\circ - \phi / 2$. Pada Gbr. 2.1, adalah zone yang dibatasi oleh bidang cde. Seperti yang diterangkan dalam anggapan/dasar teori maka bidang tegangan adalah bidang longsor yang hanya sampai daerah ec. Hal ini mengakibatkan tegangan geser diatas bidang horizontal tidak ada dan diganti dengan beban sebesar $q = \gamma D_r$.

Akibat beban ini maka pondasi cenderung untuk mendorong segi tiga ABC *kebawah dengan pergerakan lateral (lateral Displacement)* dari zone I dan zone II.

Pergerakan lateral ini akan ditahan oleh gaya-gaya yang bekerja pada bidang ab dan ac.

Gaya-gaya tersebut adalah :

- a. resultante dari tekanan pasif P_p dan
- b. total kohesi yang bekerja sepanjang bidang ab dan ac

yang terdiri dari :

- gaya kohesi $c \times \overline{ab}$ (2.2a)

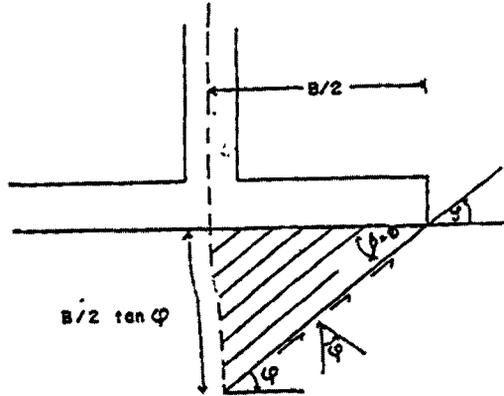
- gaya kohesi $c \times \overline{ac}$ (2.2b)

Apabila dianggap bidang ab dan ac memotong bidang horizontal dengan $\angle\phi$, maka tekanan pasif P_p bekerja tegak lurus.

Tepat *sebelum runtuh, keseimbangan gaya vertikal terjadi* dengan gaya-gaya sebagai berikut :

gaya-gaya kebawah.

1. Beban = $q_{ult} \cdot B = q_f \cdot B$
2. Berat segi tiga gaya = $\frac{1}{2} \gamma B^2 \tan \phi$



Gambar 2.1b Zone I dari zone keruntuhan Terzaghi

$$\text{Luas zone I} = B \times \frac{1}{2} \times \frac{B}{2} \tan \phi$$

$$\text{Berat zone} = \gamma_t \times \text{luas zone I}$$

$$= \frac{1}{4} \gamma B^2 \tan \phi$$

gaya-gaya ke atas,

1. Adalah resultante tekanan pasif P_p pada bidang ab dan ac .
2. Komponenen vertikal gaya kohesi yang bekrja pada bidang ab dan ac

$$\text{Panjang } ab = \text{panjang } ac = \frac{B/2}{\cos \phi}$$

Sehingga komponen vertikal dari gaya kohesi pada bidng ab dan ac adalah =

$$c \frac{B/2}{\cos \phi} \sin \phi = c \frac{B}{2} \tan \phi$$

Persamaan keseimbangan menjadi ;

$$q_{ult} B + \frac{1}{4} \gamma B^2 \tan \phi = 2 P_p + 2 \frac{B}{2} c \tan \phi$$

atau,

$$q_{ult} B = 2 P_p + B c \tan \phi - \frac{1}{4} \gamma B^2 \tan \phi \dots\dots\dots (2.3)$$

Menurut Terzaghi sebetulnya total tekanan pasif P_p dapat dibagi dalam tiga komponen :

1. $P_{p\gamma}$: Yaitu total tekanan aktif yang diproduksi oleh shear zone (daerah geser) a.c.e.d.
2. P_{pc} : Yaitu total tekanan pasif yang diproduksi oleh kohesi tanah.
3. P_{pq} : Yaitu total tekanan pasif yang diproduksi oleh muatan

Apabila tiga komponen pembentuk total tekanan pasif P_p ini dihitung secara terpisah maka :

$$q_{ult} B = 2(P_{p\gamma} + P_{pc} + P_{pq}) + Bc \tan \phi - 1/4 \gamma B^2 \tan \phi \dots\dots\dots (2.4)$$

$$q_{ult} B = (2P_{p\gamma} - 1/4 \gamma B^2 \tan \phi) + (2P_{pc} + Bc \tan \phi) + 2P_{pq} \dots\dots\dots (2.5)$$

Apabila diambil :

$$\left. \begin{aligned} 2.P_{p\gamma} - 1/4 \gamma B \tan \phi &= B \times 1/2 \gamma B N_\gamma \\ 2.P_{pc} + Bc \tan \phi &= B \times c N_c \\ 2.P_{pq} &= B \times \gamma D_f N_q \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.6)$$

Maka persamaan (2.5) menjadi :

$$q_{ult} = cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots (2.17)$$

Persamaan (2.7) menjadi persamaan untuk pondasi menerus (continuous footing). Untuk bentuk pondasi lainnya persamaan (2.7) dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Kapasitas Daya Dukung Terzaghi

Tipe pondasi	Kapasitas daya dukung
- Menerus	$\left. \begin{aligned} q_{ult} &= cN_c + q\bar{N}_q + 0.5 B\gamma N_\gamma \\ q_{ult} &= 1.3 cN_c + q\bar{N}_q + 0.4 B\gamma N_\gamma \\ q_{ult} &= 1.3 cN_c + q\bar{N}_q + 0.3 B\gamma N_\gamma \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.7)$
- Empat persegi panjang	
- Lingkaran	

dimana,

$$q = \gamma D_f = \text{effective overburden pressure}$$

N_c , N_q , N_γ : faktor-faktor kapasitas daya dukung Terzaghi

dimana,

$$\left. \begin{aligned} N_q &= \frac{a^2}{2 \cos^2 (45^\circ + \phi/2)} \\ a &= e (0.75\pi - \phi/2) \tan \phi \\ -N_c &= (N_q - 1) \cotg \phi \\ N_\gamma &= \frac{\tan \phi}{2} \left\{ \frac{Kp\gamma}{\cos^2 \phi} - 1 \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dari tabel 2.1 N_c , N_q , N_γ disebut faktor kapasitas daya dukung Terzaghi (Terzaghi bearing capacity factors) yang merupakan fungsi sudut geser dalam (fungsi ϕ)

Harga N_c , N_q , N_γ Terzaghi bisa didapat dari :

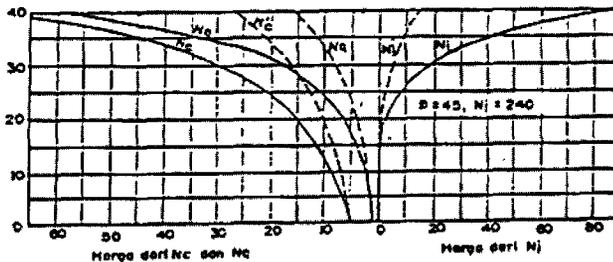
- a. Analitis ; Dengan memasukan harga $\angle\phi$ tanah pada persamaan (2.8).
- b. Tabel, dapat dilihat pada tabel 2.2
- c. Grafis, dapat dilihat pada Gbr. (2.2). Perlu diperhatikan pada cara grafis untuk $\angle\phi = 0$ harga $N_c = 5.4$, $N_q = 1$ dan $N_\gamma = 0$

Pada Gbr. (2.2) tanda aksen menandakan untuk keadaan local shear failure.

Tabel (2.2) Faktor Kapasitas Daya Dukung Terzaghi

ϕ , deg	N_c	N_q	N_γ	K_{py}
0	5.7+	1.0	10.8	
5	7.3	1.6	0.5	12.2
10	9.6	2.7	1.2	14.7
15	12.9	4.4	2.5	18.6
20	17.7	7.4	5.0	25.0
25	25.1	12.7	9.7	35.0
30	37.2	22.5	19.7	52.0
34	52.6	36.5	35.0	
35	57.8	41.4	42.4	82.0
40	95.7	81.3	100.4	141.0
45	172.3	173.3	297.5	298.0
48	258.3	287.9	780.1	
50	347.5	415.1	1153.2	800.0

$+ 15.\pi + 1$



2.1.3. Kapasitas Daya Dukung Meyerhof

2.1.3.1. Umum

Dari persamaan (2.7) dapat dilihat bahwa analisis kapasitas daya dukung Terzaghi hanya dipengaruhi faktor bentuk pondasi disamping faktor sifat-sifat tanah.

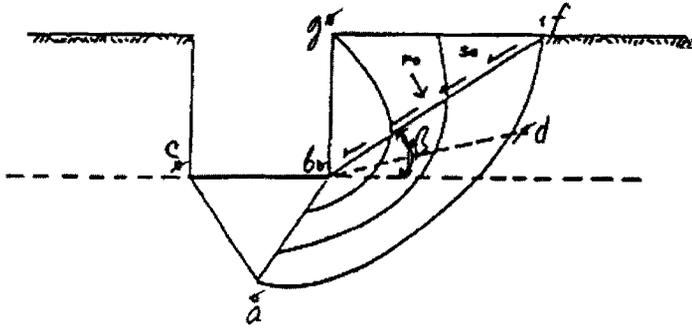
Oleh Meyerhof faktor-faktor yang berpegaruh, disamping faktor sifat-sifat tanah dan bentuk pondasi itu, ditambah dengan faktor kedalaman pondasi dan faktor pembebanan.

Dibedakan kapasitas daya dukung pondasi dangkal akibat beban vertikal dan akibat berinklinasi. Sehingga kapasitas daya dukung, Meyerhof ditinjau dari faktor yang berpengaruh pada analisis kapasitas daya dukung, lebih lengkap dibandingkan dengan cara Terzaghi.

2.1.3.2. Analisa Meyerhof

Perbedaan zone tegangan yang terjadi dibandingkan dengan cara Terzaghi, maka pada Meyerhof adalah : (lihat Gbr. 2.1a dan Gbr. 2.3).

- abc merupakan zone elastis.
- abd merupakan zone geser radial (radial shear zone).
- Zone diatas ab'd' merupakan gabungan zone geser dari geser radial dan geser bidang (plane shear). Terjadinya zone ini tergantung dari kedalaman pondasi dan dari kekasaran dari permukaan pondasi.



Gambar 2.3. Mobilisasi Zone tegangan pada cara menyerhof.

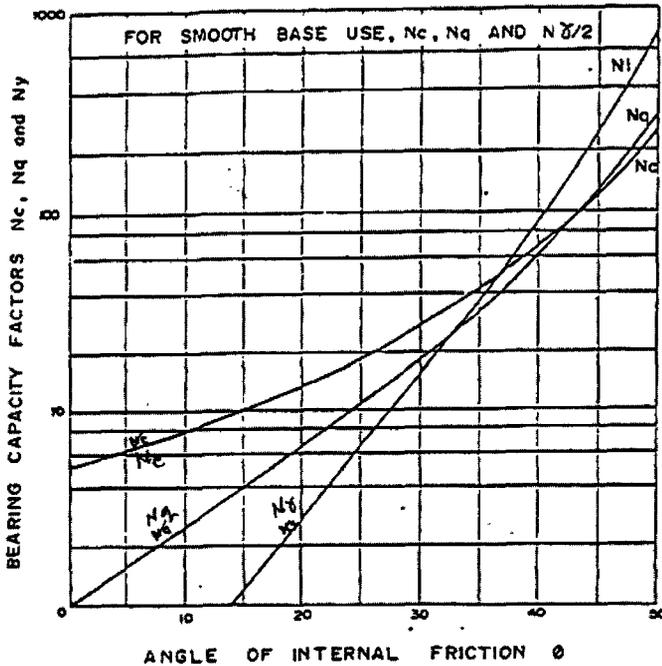
Untuk mempermudah analisis, Meyerhof mengintroduksi parameter β , yaitu sudut untuk menentukan garis bf dimana bf adalah bidang kelongsoran yang terjadi pada permukaan tanah. $\angle\beta$ akan bertambah dengan kedalaman dan mendekati 90° pada pondasi dalam.

- Pengaruh dari resultan tanah bgf diberikan oleh gaya normal P_o dan gaya tangensial S_o yang bekerja sepanjang bidang bf.
- Bidang bf biasa disebut aquivalent free surface.
- Sedang gaya P_o dan S_o disebut aquivalent free surface streses

Parameter β , P_o dan S_o disebut parameter kedalaman pondasi dari Meyerhof.

Dengan anggapan tadi Meyerhof menurunkan persamaan ;

$$q_{ult} = CN_c + P_o N_q + 0.5 \gamma BN \gamma \dots \dots \dots (2.9)$$



Gambar 2.4 Faktor kapasitas daya dukung meyerhof

Faktor-faktor bentuk kedalaman dan inklinasi didalam menggunakan persamaan Meyerhof, (2/9) dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 faktor kedalaman dan inclinasi

Factor	Value	For
Shape	$S_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B}{L}$	Any ϕ
	$S_c = s = 1 + 0.1 K_p \frac{B}{L}$	$\phi > 10^\circ$
	$S_c = S_p = 1$	$\phi = 0$
Dept :	$D_p = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	Any ϕ
	$d_c = d_p = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	$\phi > 10$
	$d_c = d_p = 1$	$\phi = 0$
Inclination :	$i_p = I_c = (1 - \frac{8^\circ}{90^\circ})^2$	Any ϕ
	$i_p = (1 - \frac{8^\circ}{\phi^2})^2$	$\phi > 0$
	$i_p = 0$	$\phi = 0$

Where $K_p = 1.2n_2 (45 + \phi/2) 25$ on Fig 4.2

ϕ = angle of resultant measured from vertical without a sign

B, \angle D = previously denoed

2.1.4. Kapasitas Daya Dukung Hansen

2.1.4.1. U m u m

Analisis daya dukung Hansen dibandingkan dengan Terzaghi dan Mayerhof adalah yang terlengkap. Faktor-faktor lain yang tidak diperhitungkan oleh Terzaghi dan Mayerhof adalah pengaruh permukaan tanah g_1 (ground factors). Dan pengaruh inklinasi dasar pondasi b_1 (base factors).

Didalam mengambil faktor-faktor yang berpengaruh pada Analisis kapasitas daya dukung, Hansen mengkombinasikan hasil yang diperolehnya sendiri dengan para peneliti lain seperti; De Beer (1970) dan Vesic (1973)

2.1.4.2. Analisis Hansen

Zone tegangan yang terjadi dibawah pondasi dangkal akibat pembebanan dimobilisasi serupa seperti yang diuraikan oleh Terzaghi (lihat Gbr. 2.1c). Dengan memasukkan semua faktor-faktor yang mempengaruhi analisa kapasitas daya dukung, oleh Hansen diajukan suatu persamaan umum untuk menghitung kapasitas daya dukung tanah sebagai berikut :

$$q_{ult} = CN_c c_e c_i g_e b_e + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \dots\dots\dots (2.11)$$

Untuk tanah berbutir halus, $\angle \phi = 0$. Persamaan (2.11) menjadi,

$$q_{ult} = 5.14 s_u (1 + s'c + d'c - i'c - b'c - g'c) + \bar{q} \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana,

N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas daya dukung

s_c, s_q, s_γ = faktor bentuk pondasi, tanda aksen khusus untuk tanah kohesif

d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman pondasi, tanda aksen khusus untuk tanah kohesif

i_c, i_q, i_γ = faktor inklinasi pembebanan, tanda aksen khusus untuk tanah kohesif

g_c, g_q, g_γ = faktor kemiringan permukaan tanah, tanda aksen khusus untuk tanah kohesif

b_c, b_q, b_γ = faktor inklinasi dasar pondasi, tanda aksen khusus untuk tanah kohesif

c = cohesi

s_u = kekuatan geser tanah kohesif didapat dari hasil percobaan U.U Triaxial atau hasil unconfined compressive strength test

$$s_u = c_u = q_u/2$$

γ = berat isi tanah

B = dimensi pondasi

$$\bar{q} = \gamma D_f = \sum \gamma_i h_i \text{ effective over burden pressure}$$

Pada persamaan (2.11) dan (2.12) dari Hansen, harga N_c , N_q dan N_γ , berbeda dengan Terzaghi biarpun mobilisasi tegangan dibawah pondasi serupa dengan Terzaghi.

Harga N_c dan N_q serupa dengan N_c dan N_q Meyerhof, (lihat persamaan 2.10 dan tabel 2.3 o), sedangkan harga N_γ menggunakan persamaan berikut :

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi \dots\dots\dots (2.13)$$

Faktor-faktor bentuk pondasi, kedalaman pondasi, inklinasi pembebanan, kemiringan permukaan dan inklinasi dasar pondasi dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 faktor-faktor pengaruh untuk fundasi dangkal menurut Hansen atau Vesic

Shape factors	Depth factors	Depth factors	Ground factors (base on slope)
$s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}$ $s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$ $s_e = 1$ for strip $s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$ $s_r = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$	$d'_c = 0.4k$ $d_c = 1 + 0.4k$ $d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)k$ $d_r = 100$ for all ϕ $k = \frac{D}{B}$ for $\frac{D}{B} \leq 1$ $k = \tan^{-1} \frac{D}{B}$ for $\frac{D}{B} > 1$ (rad)	$i_{c(H)} = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_c f_a}}$ $i_{c(V)} = 1 - \frac{mH}{A_c N_c}$ $ic = i_j \cdot \frac{1 - i_j}{N_q - 1}$ (Hansen and Vesic) $i_{q(H)} = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_c f_a \cot \phi}\right)^s$ $i_{q(V)} = \left(1 - \frac{H}{V + A_c f_a \cot \phi}\right)^m$	$g'_c = \frac{\beta^p}{147^\circ}$ for Vesic use $N'_r = -2 \sin \beta$ for $\phi = 0$ $g'_c = 1 - \frac{\beta^p}{147^\circ}$ $g_{q(H)} = 9$ $g_{q(V)} = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$ Base factors (titled base) $b'_c = \frac{\eta^p}{147^\circ}$ $b'_l = 1 - \frac{\eta^p}{147^\circ}$
Where A_t = effective footing area $B' \times L'$ (see Fig. 4-4) c_a = adhesion to base = cohesion of a reduced value D = depth of footing in ground (used with B and not B') $e_{\mu} e_L$ = eccentricity of load with respect to center of footing area H = horizontal component of footing load with $H \leq V \tan \delta + c_a A_t$ V = total vertical load on footing β = slope of ground away from base with downward = (+) δ = friction angle between base and soil - usually $\delta = \phi$ for concrete on soil η = tilt angle of base from horizontal with (+) upward as usual case	$i_{q(H)} = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_c f_a \cot \phi}\right)^s$ ($\eta = 0$) $i_{q(V)} = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^p/450)H}{V + A_c f_a \cot \phi}\right)^s$ ($\eta = 0$) $i_{q(H)} = \left(1 - \frac{H}{V + A_c f_a \cot \phi}\right)^{m+1}$ $m = m_\beta = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$ H parallel to B $m = m_L = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$ H parallel to L	$b_{q(H)} = \exp(-2\eta \tan \phi)$ $b_{q(V)} = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$ $b_{q(V)} = b_{q(H)} = (1 - \eta \tan \phi)^2$ Notes : $\beta + \eta \leq 90^\circ$ $\beta \leq \phi$	
General: 1. Do not use s_r in combination with i_r . 2. Can use s_r in combination with d_r , g_r , and b_r . 3. For $L/B \leq 2$ use ϕ_{tr} . For $L/B > 2$ use $\phi_{pr} = 1.5\phi_{tr} - 17$. For $\phi \leq 34^\circ$ use $\phi_{pr} = \phi_{tr}$.			Note : $i_q, i_r > 0$

2.2. PENGARUH MUKA AIR TANAH

2.2.1. Umum

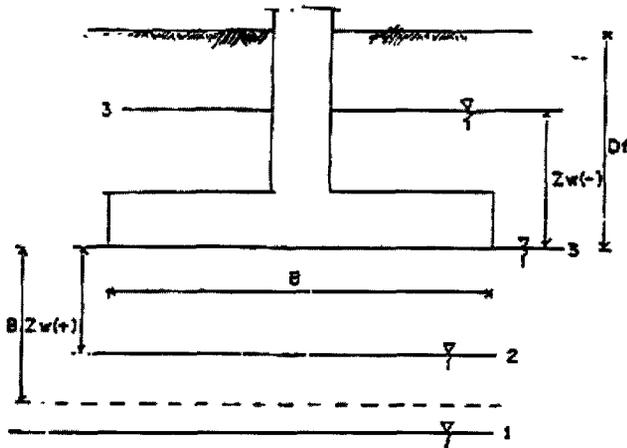
Kapasitas daya dukung berkurang dengan adanya muka air tanah yang tinggi. Hal ini disebabkan karena berkurangnya overburden pressures dan rusaknya ikatan kohesi didalam struktur tanah dengan adanya air tersebut.

Didalam penggunaan persamaan kapasitas daya dukung Terzaghi keberadaan muka air tanah dihubungkan dengan dimensi atau lebar pondasi B.

2.2.2 Pengaruh Muka Air Tanah Pada Kapasitas Daya Dukung

Letak muka air tanah (m.a.t) didalam perhitungan kapasitas daya dukung berpengaruh untuk penentuan besaran berat isi γ . Besaran γ yang digunakan dapat berupa γ total, γ terendam sepenuhnya = γ_b atau γ yang merupakan transisi dari γ_b dan γ total.

Dengan memperhatikan letak muka air tanah dibedakan : (lihat Gambar 4.1)



Gambar 4.1. Pengaruh muka air tanah

Daerah $Z_w > B$

Muka air tanah jika berada pada daerah ini tidak berpengaruh pada penggunaan persamaan untuk menghitung kapasitas daya dukung.

Didalam perhitungan digunakan :

$$\gamma = \gamma_t = \gamma_m \dots \dots \dots (4.1)$$

Daerah $Z_w \leq B$

Jika muka air tanah pada daerah ini, gunakan persamaan kapasitas daya dukung dengan :

$$\gamma = \gamma_b + (Z_w/B) (\gamma_t - \gamma_b) \dots\dots\dots (4.2)$$

dimana : $\gamma_b = \gamma - \gamma_w$

Daerah $Z_w \leq 0$

Untuk kasus ini, gunakan persamaan kapasitas daya dukung dengan :

$$\gamma = \gamma_b \dots\dots\dots (4.3)$$

dimana, $Z_w =$ kedalam muka air tanah dari dasar pondasi

$\gamma = \gamma_t = \gamma_m =$ berat isi tanah

$\gamma_b = \gamma - \gamma_w = \gamma$ terendam = γ efektif

Untuk keperluan praktis, para perencana pada umumnya menggunakan $\gamma = \gamma_b$ untuk lapis tanah yang terletak dibawah muka air tanah.

Contoh penggunaan cara praktis dengan persamaan Terzaghi (2.7), untuk pondasi menerus sebagai berikut :

Untuk $Z_w > B$,

$$q_{ult} = CN_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N \gamma \dots\dots\dots (2.7)$$

\swarrow sifat tanah diatas pondasi
 \searrow sifat tanah dibawah pondasi

dimana,

$N_c, N_q, N\gamma =$ dicari dari $f(\phi)$ dimana $\angle \phi$ adalah sudut geser dalam, langsung dibawah pondasi

$c =$ kohesi dibawah dasar pondasi

$\gamma =$ untuk harga γ yang dibawah pondasi, tidak menggunakan harga $\gamma_b = \gamma = \gamma - \gamma_w$

Harga γ tetap, karena harga $Z_w > B$

$\bar{q} = \gamma D_f = \gamma$ disini adalah γ diatas pondasi. Apabila tanah diatas pondasi berlapis-lapis maka :

$$q = \sum_{i=1}^{i=n} \gamma_i D_i \quad \text{dimana } i = \text{banyak lapis}$$

Jika $Z_w \leq B$ maka,

Persamaan (2.7) menjadi persamaan berikut :

$$q_{ult} = CN_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N \gamma \dots\dots\dots (4.4)$$

dimana, $\gamma = \gamma_b = \gamma - \gamma_w$, adalah harga γ' dibawah pondasi notasi yang lain, mempunyai arti yang sama.

Jika $Z_w \leq 0$ maka,

Misal untuk muka air tanah dimana Z_w berjarak a dari dasar pondasi, persamaan (2.7) menjadi persamaan berikut :

$$q_{ult} = CN_c + \left\{ \underbrace{\gamma(D_f - a) + (\gamma - \gamma_w)a}_{\substack{\text{sifat tanah} \\ \text{diatas pondasi}}} \right\} N_q + 0.5 \underbrace{(\gamma - \gamma_w)BN}_{\substack{\text{sifat tanah} \\ \text{dibawah pondasi}}} \gamma \dots\dots\dots(4.5)$$

- dimana,
- $\gamma = \gamma - \gamma_w = \gamma_b$
 - notasi yang lain, mempunyai arti yang sama

2.3. TEGANGAN KONTAK

2.3.1. Umum

Tegangan kontak yang bekerja dibawah pondasi akibat beban struktur diatasnya (upper structure load) diberi nama tegangan kontak (contact pressure).

Menghitung tegangan kontak memakai persamaan (6.1) sbb. :

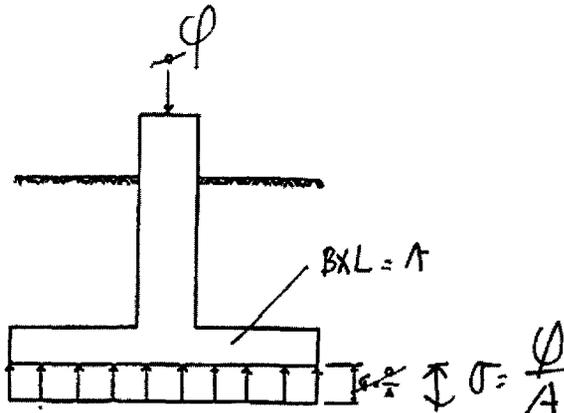
$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_x} \dots\dots\dots(6.1).$$

- dimana,
- σ = tegangan kontak (kg/cm² atau ton/m²)
 - Q = beban aksial total (ton)
 - M_x, M_y = momen total sejajar respektif terhadap sumbu x dan sumbu y (ton m)
 - x, y = jarak dari titik berat pondasi ketitik dimana tegangan kontak dihitung sepanjang respektif sumbu x dan sumbu y (m)
 - I_x, I_y = momen inersia respektif terhadap sumbu x dan sumbu y (m)

Dari persamaan (6.1) apabila yang bekerja adalah beban aksial saja dan tepat pada titik beratnya maka persamaan (6.1) menjadi persamaan (6.2) yaitu (lihat Gambar 6.1) :

$$\sigma = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (6.2)$$

dimana, A = luas bidang pondasi



Gambar 6.1. tegangan kontak akibat beban aksial

Pengertian tegangan kontak ini akan sangat berguna terutama didalam penentuan faktor keamanan S.F (safety factor).

Secara umum faktor keamanan didefinisikan sebagai berikut :

$$S.F = \frac{\text{KAPASITAS}}{\text{BEBAN}} = \frac{\text{KAPASITAS DAYA DUKUNG}}{\text{TEGANGAN KONTAK}} \dots\dots\dots (6.3)$$

Kapasitas daya dukung dihitung didasarkan atas sifat-sifat tanah dan dimensi pondasi. Sedangkan tegangan kontak dihitung didasarkan beban struktur diatas pondasi. (upper structure load) dan dimensi pondasi.

Hubungan antara keduanya dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan diman :

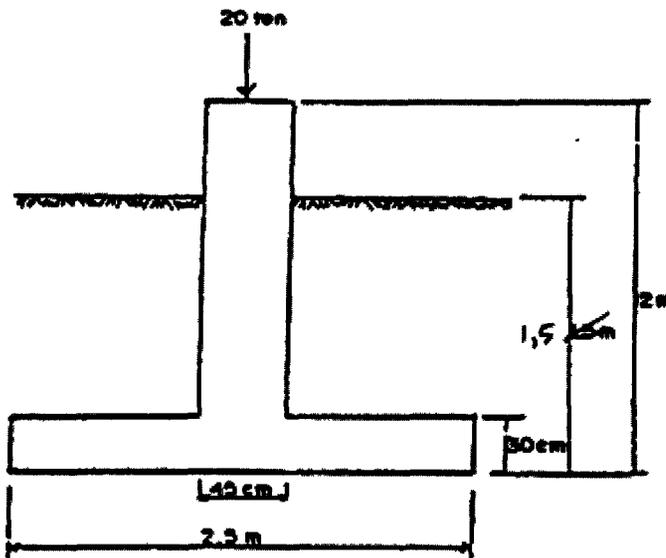
- S.F = 1, artinya tegangan kontak sama dengan kapasitas daya dukung (bearing capacity). Lapis tanah tepat dalam seimbang menerima beban.
- S.F > 1, artinya tegangan kontak lebih kecil dari mobilisasi kapasitas daya dukung. Lapis tanah dapat menerima beban.
- S.F < 1, artinya tegangan kontak lebih besar dari mobilisasi kapasitas daya dukung. Lapis tanah tidak dapat menerima beban.

Kapasitas daya dukung yang digunakan biasanya kapasitas daya dukung ultimate, tetapi apabila dikehendaki S.F lebih konservatif, kapasitas daya dukung yang digunakan adalah kapasitas daya dukung izin (allowable bearing capacity).

Pengertian S.F tidak hanya dihubungkan dengan tegangan kontak saja, tetapi dapat dengan arti lain (lihat bab 8).

CONTOH SOAL 1

Diketahui : Pondasi tampak ukuran 2.50m x 2.50m seperti terlihat pada gambar. (6.2) dengan ultimate bearing capacity 18 ton/m².



gambar 6.2 Pondasi tapak

- Soal : (1) Gambar diagram tegangan kontak
(2) S.F kapasitas daya dukung ultimate (bearing capacity ultimate)

Jawab : (1) tegangan kontak

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_x}$$

beban kolom sentris terhadap titik berat pondasi $M_x = 0, M_y = 0$

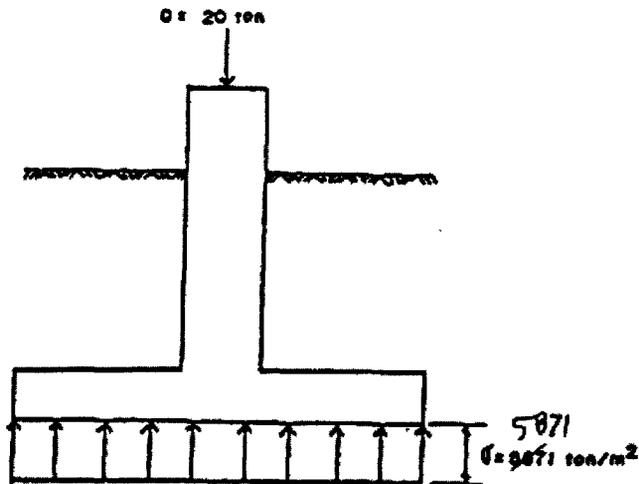
Q = beban aksial total yang bekerja pada dasar pondasi

$$Q = 20 + \frac{2.50 \times 2.50 \times 0.3 \times 2.4}{\text{berat beton pondasi}} + \frac{0.45 \times 0.45 \times 1.20 \times 2.4}{\text{berat tiang kolom}}$$

$$+ \frac{\{ (2.50 \times 2.50) - (0.45 \times 0.45) \} \times 1.20 \times 1.6}{\text{berat tanah}}$$

$$Q = 20 + 4.5 \cdot 0.583 + 11.6122 = 36.6942 \text{ ton}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{36.6942}{2.5 \times 2.5} = 5.871 \text{ ton/m}^2$$



Gambar 6.3 diagram tegangan akibat beban terpusat q

(2) S.F = 18/5.871 = 3.066

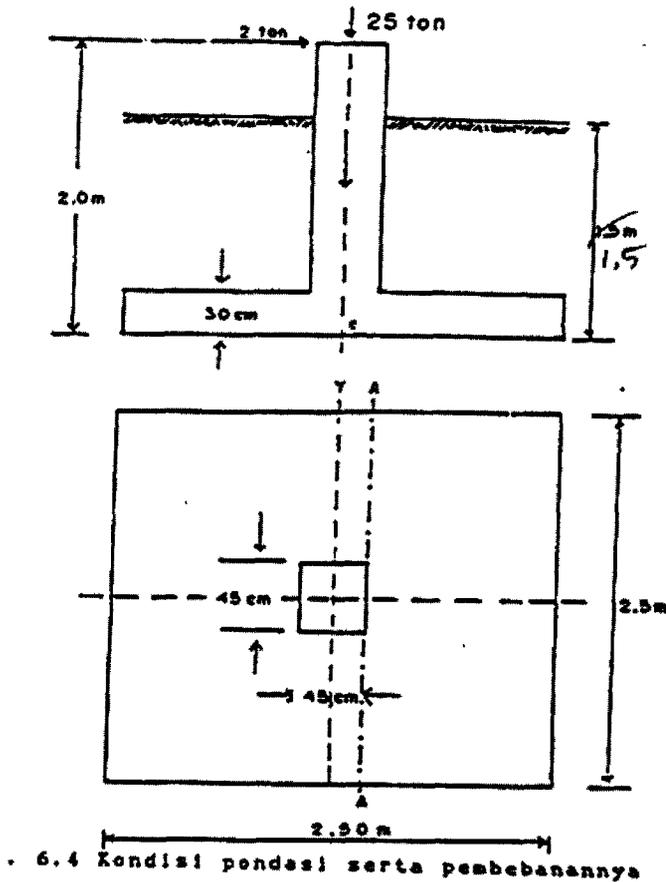
CONTOH SOAL 2

Diketahui : Soal seperti pada gambar (6.4) dengan kapasitas daya dukung izin (allowable bearing capacity) = 20 ton/m²

- Soal :
- (1) Buat diagram bidang kontak
 - (2) Hitung momen dengan gaya lintang pada pot A-A
 - (3) Hitung S.F terhadap gelincir (sliding) kalau koefisien gesekan dari dasar pondasi dan tanah = 0,4
 - (4) Hitung S.F terhadap guling (overturning)

Jawab :

(1) diagram bidang kontak



Gambar. 6.4 Kondisi pondasi serta pembebanannya

$$Q = 25 + 2.50 \times 2.50 \times 0.30 \times 2.4 + 0.45 \times 0.45 \times 1.70 \times 2.4 + \{ (2.50 \times 2.50) - (0.45 \times 0.45) \} \times \{ 1.50 \times 0.30 \} \times 1.60$$

$$Q = 25 + 4.5 + 0.8262 + 11.6112 = 41.94 \text{ ton}$$

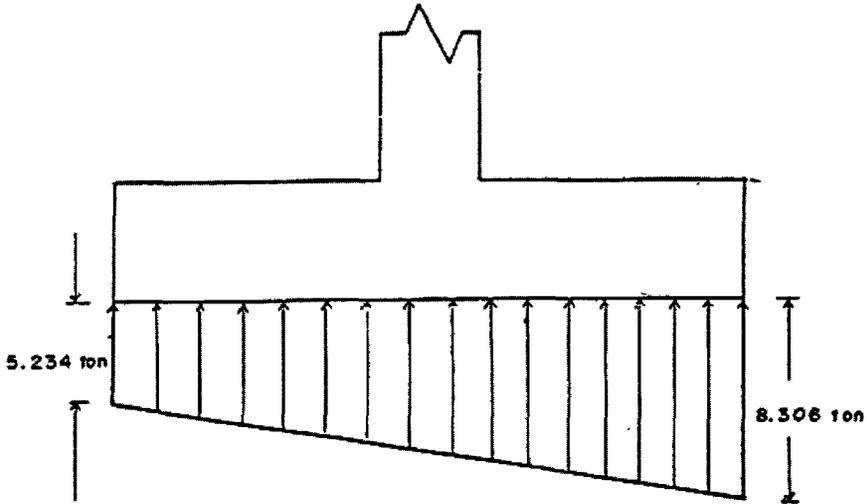
$$\sigma = \frac{41.94}{2.50 \times 2.50} \pm \frac{2 \times 2 \cdot 250/2}{1/12 \times 2.50 \times (2.50)^3} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_x}$$

$$\frac{M_y \cdot Y}{I_x} = 0, \text{ karena } M_y = 0$$

$$\sigma = 6.77 \pm 1.536 \text{ ton/m}^2$$

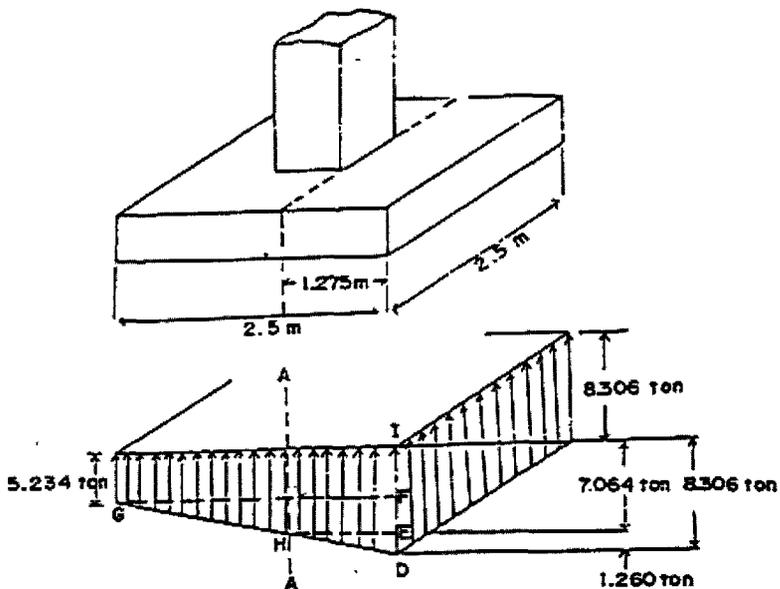
$$\sigma_{\text{kanan}} = 6.77 + 1.536 = 8.306 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\text{kiri}} = 6.77 - 1.536 = 5.234 \text{ ton/m}^2$$



Gbr. 65. diagram tegangan bidang kontak

(2) Momen gaya lintang pada potongan A.A



Gbr. 6.6 Potongan melintang A-A dengan keadaan diagram tegangan kontak

$$\text{dari Gbr. (6.6)} \quad \frac{DE}{DF} = \frac{EH}{FG}$$

$$DF = 8.306 - 5.234 = 3.072 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Untuk } EH = 2.50/2 - 0.45/2 = 1.025 \text{ m}$$

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

$$DE = \frac{3.072 \times 1.025}{2.50} = 1.260 \text{ ton/m}^2$$

$$EI = 8.306 - 1.26 = 7.046 \text{ ton/m}^2$$

Gaya lintang pada pot A. A,

$$V_{AA} = 1.025 \times 2.50 \times 7.046 + 1.025 \times 2.50 \times 1/2 \times 1.260$$

$$V_{AA} = 18.055 + 1.614 = 19.67 \text{ ton}$$

Momen pada pot A-A,

$$M_{AA} = 18.055 \times 1.025/2 + 1.614 \times 2/3 \times 1.025$$

$$M_{AA} = 9.253 + 1.103 = 10.356 \text{ ton m}$$

(3) S.F terhadap gelincir

$$\text{S.F gel} = \frac{\text{ gaya } \perp \text{ total} \times \text{ koef. gesekan antara dasar pon dengan tanah}}{\sum = \text{ gaya horizontal}}$$

$$\text{S.F gelincir} = \frac{41.94 \times 0.4}{2} = 8.388$$

(4) S.F terhadap guling

Lihat Gbr. (6,4(dengan mengambil $\sum M$ terhadap titik K,

$$\text{S.F} = \frac{\text{momen yang melawan guling}}{\text{momen guling}} = \frac{25 \cdot 1.25}{2.2} = 7.813$$

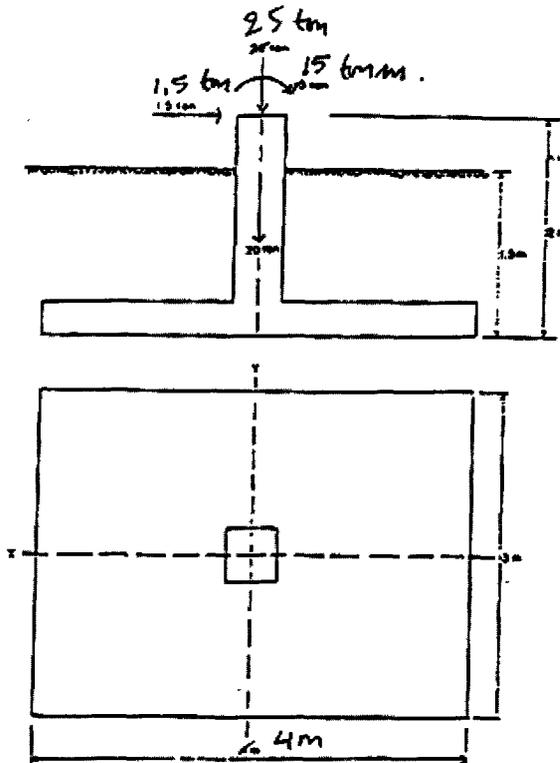
CONTOH SOAL 3

Diketahui : Soal seperti Gbr. (6.7) dengan allowable bearing capacity = 20 ton/m²

- Soal : (1) Diagram bidang kontak
 (2) S,f terhadap overturning (guling)

Jawab :

- (1) Diagram tegangan kontak



Gbr. 6.7 Pondasi dengan sistim pembebanannya

Gbr. 6.7 Fundasi dengan sistem pembebanannya

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_x}$$

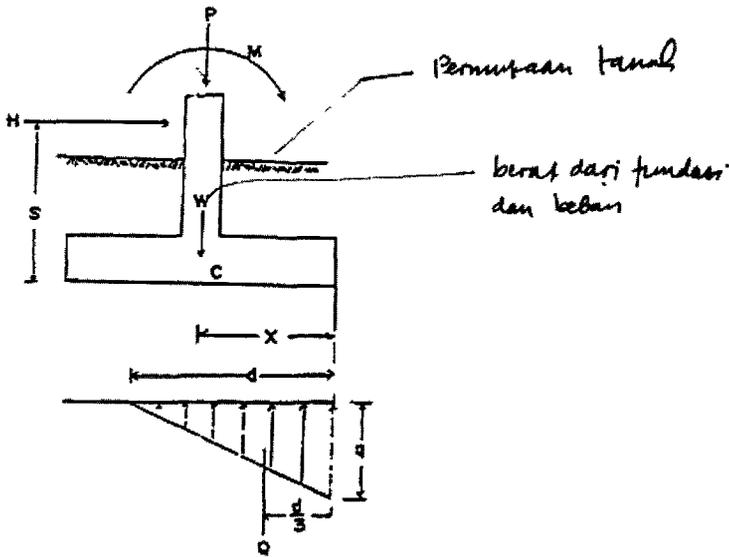
$$\sigma = \frac{(20 + 25)}{3 \times 4} \pm \frac{(1.5 \cdot 2 + 15) \cdot 4/2}{1/12 \cdot 3 \cdot (4)^3} + 0 = (3.75 \pm 2.25) \text{ ton/m}^2$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\text{kanan}} &= 3.75 + 2.25 = 6 \text{ ton/m}^2 \\ \sigma_{\text{kiri}} &= 3.75 - 2.25 = 1.5 \text{ ton/m}^2 \end{aligned} \right\} \sigma \text{ terjadi} < 20 \text{ ton/m}^2$$

(2) S.F terhadap guling

$$\text{S.F} = \frac{\text{momen yang melawan guling}}{\text{momen guling}} = \frac{(20 + 25) \times 2}{1.5 \times 2 + 15} \frac{90}{45} = 2$$

2.3.2. Tegangan Kontak Negatif



Gbr. 6.8 Tegangan kontak negatif

Ada kalanya tegangan kontak yang terjadi berharga negatif, hal ini terjadi bila pada pondasi bekerja moment yang cukup besar, sehingga mengakibatkan *tegangan tarik* pada tanah. Seperti diketahui tanah tidak bisa *menahan tarik*, sehingga pemecahannya mengganti diagram tegangan kontak seperti pada Gbr. (6.8) dan mendapatkan besaran-besaran q dan d berdasarkan persamaan keseimbangan.

Lihat Gbr. (6.8)

$\Sigma V = 0$ (gaya arah ke atas berharga positif)

$$(q/2) \cdot dL - P - W = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$\Sigma Mc = 0$ (moment searah jarum jam berharga positif)

$$M + H.S - (q/2) \cdot d \cdot L \cdot (X - d/3) = 0 \dots\dots\dots (2)$$

Bilangan anu yang tidak diketahui adalah q dan d

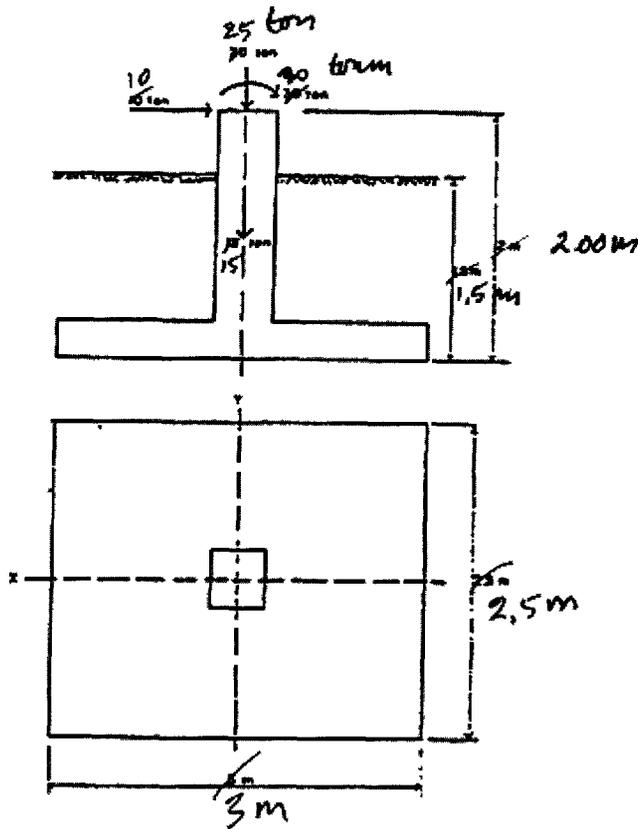
Dua anu dengan dua persamaan, maka besaran q dan d dapat dicari.

CONTOH SOAL

Diketahui : Suatu pondasi tapak dengan dimensi 2.50 x 3.00 m seperti terlihat pada gambar.

Soal : Buat diagram kontakannya.

Jawab:



Gbr. 6.9 Sistem fundasi dengan pembebanannya

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_x}$$

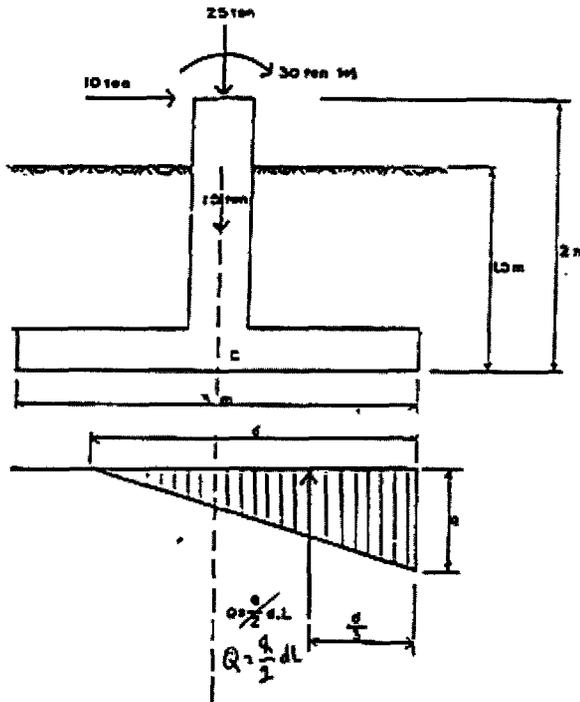
$$\sigma = \frac{25 + 15}{2.50 \times 3} \pm \frac{(10. 2 + 30) \cdot 3/2}{2.50 \times (3)} + 0$$

$$12$$

$\sigma = 5.333 \pm 13.333$ (ton/m²)

$\sigma_{maks} = 5.333 + 13.333 = 18.67$
 $\sigma_{min} = 5.333 - 13.333 = -8$ } Jadi σ mempunyai harga negatif

Harga σ negatif tidak boleh, berarti harus dicari σ yang tidak menimbulkan tarik. dari persamaan keseimbangan :



Gbr. 6.10 Diagram tegangan setelah disesuaikan

$\Sigma V = 0,$ $(q/2) \cdot d \cdot L - P - W = 0$

$(q/2) \times 2.50 = 40 \dots\dots\dots (1)$

$$\begin{aligned}\sum M_c = 0, \quad M + (H) (S) - (q/2) (d) (L) (X - d/3) &= 0 \\ 30 + 10 \cdot 2 - qd/2 \times 2.50 (150 - d/3) &= 0\end{aligned}$$

$$50 - 40 (1.50 - d/3) = 0$$

$$50 - 60 + 40/3 d = 0$$

$$40/30 d = 10$$

$$40 d = 30$$

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

masuk (1),

$$q \cdot 0.75/2 \times 2.50 = 40$$

$$0.9375 q = 40$$

$$q = 42.67$$

KAPASITAS DAYA DUKUNG BERDASARKAN CPT DAN SPT

Tujuan Instruksional Umum

Setelah membaca/mengikuti kuliah bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami dan mengerti tentang :

- 1). Kapasitas Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data CPT dan SPT

Tujuan Instruksional Khusus

- 1). Mahasiswa dapat menghitung kapasitas daya dukung berdasarkan data CPT
- 2). Mahasiswa dapat menghitung kapasitas daya dukung berdasarkan data SPT