

**PRINSIP PENENTUAN KAPASITAS DUKUNG FONDASI DANGKAL  
BERDASARKAN METODE ANALITIK RASIONAL**

**Fitriana Sarifah<sup>1)</sup>, Iman Handiman<sup>2)</sup>, Zakwan Gusnadi<sup>3)</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

e-mail: [fitriana.sarifah@unsil.ac.id](mailto:fitriana.sarifah@unsil.ac.id)

**Abstrak**

Metode analitik rasional penentuan kapasitas dukung fondasi dangkal yaitu persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal dari Terzaghi, Meyerhof, Hansen, dan Vesic. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji prinsip penggunaan keempat persamaan tersebut agar tidak terjadi kesalahan penggunaan dalam perancangan fondasi dangkal. Penelitian ini dilakukan dengan studi literatur terhadap penelitian dari Terzaghi (1943), Meyerhof (1955), Hansen (1970), dan Vesic (1975). Penelitian ini dilakukan dengan memperbandingkan keempat persamaan tersebut sekaligus hingga menghasilkan prinsip penggunaan persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal yang sesuai, berdasarkan kondisi yang ada di lapangan. Penggunaan keempat persamaan tersebut pada penelitian ini yaitu pada kondisi fondasi *plane strain* (regangan pada arah  $z = 0$ ), dasar fondasi kasar, dan kondisi tanah homogen. Lokasi muka air tanah mempengaruhi nilai parameter kuat geser tanah yang digunakan dengan menyesuaikan jenis tanah, jenis tes laboratorium, dan analisis stabilitas kritis. Dari penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat 4 (empat) prinsip penggunaan persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal dimana kondisi pembeda di lapangan yaitu perbandingan kedalaman fondasi terhadap lebar fondasi (maksimal 4 (empat)), kondisi pembebanan, jenis tanah, dan faktor fondasi dangkal yang diperhitungkan. Kondisi pembebanan antara lain beban vertikal, beban miring, beban eksentris (momen), dan beban horizontal. Selanjutnya, jenis tanah antara lain tanah lempung kaku dan pasir padat dengan keruntuhan geser umum dan tanah lempung konsistensi medium dan pasir kepadatan medium dengan keruntuhan geser lokal. Terakhir, faktor fondasi dangkal yang diperhitungkan antara lain faktor bentuk fondasi, kedalaman fondasi, kemiringan beban, kemiringan dar fondasi, dan kemiringan permukaan tanah.

**Kata Kunci:** Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal, Metode Analitik Rasional, Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic

**Abstract**

*The rational analytical method for determining the bearing capacity of shallow foundations is the shallow foundation bearing capacity equation of Terzaghi, Meyerhof, Hansen, and Vesic. This study aims to examine the principles of using the four equations so that there are no misuses in designing shallow foundations. This research was conducted by means of a literature study on research from Terzaghi (1943), Meyerhof (1955), Hansen (1970), and Vesic (1975). This research was conducted by comparing the four equations at once to produce the principle of using the appropriate shallow foundation bearing capacity equation, based on the conditions in the field. The use of these four equations in this study is on plane strain foundation conditions (strain in the  $z$  direction = 0), rough foundation base, and homogeneous soil conditions. The location of the groundwater table affects the value of the soil shear strength parameter used by adjusting the soil type, type of laboratory test, and analysis of critical stability. This study concludes that there are 4 (four) principles of using the shallow foundation bearing capacity equation where the differentiating conditions in the field are the ratio of foundation depth to foundation width (maximum 4 (four)), loading conditions, soil type, and shallow foundation factors are taken into account. Loading conditions include vertical loads, inclined loads, eccentric loads (moments), and horizontal loads. Furthermore, soil types include stiff clay and dense sand with general shear failure and medium consistency clay and medium density sand with local shear*

failure. Finally, the shallow foundation factors that are taken into account include the foundation shape factor, foundation depth, load slope, foundation slope, and ground surface slope.

**Keywords:** *Bearing Capacity of Shallow Foundation, Rational Analytic Method, Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic*

## I. PENDAHULUAN

Persyaratan dasar dalam perancangan fondasi dangkal, yaitu memenuhi persyaratan kekuatan (salah satunya kapasitas dukung izin) dan penurunan. Kapasitas dukung izin fondasi dangkal adalah kapasitas ultimit tanah dengan faktor keamanan minimum 3 (tiga) dimana penurunan fondasi akibat beban yang dikenakan pada fondasi masih dalam batas-batas yang diizinkan.

Persamaan yang sudah baku digunakan untuk menghitung kapasitas dukung fondasi dangkal adalah persamaan yang dihasilkan dari penelitian Terzaghi (1943), Meyerhof (1955), Hansen (1970), dan Vesic (1975). Keempat persamaan tersebut merupakan metode analitik rasional untuk menghitung kapasitas dukung fondasi dangkal sesuai SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik [7]. Kondisi yang ada di lapangan sangat mempengaruhi persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal yang mana yang dapat digunakan. Keempat persamaan tersebut memiliki ketentuannya masing-masing yang harus dipenuhi dalam penggunaannya. Oleh karena itu, perlu adanya kajian prinsip penentuan dalam menggunakan kapasitas dukung fondasi dangkal dari Terzaghi, Meyerhof, Hansen, dan Vesic agar tidak terjadi kesalahan penggunaan dalam perancangan fondasi dangkal.

## II. BAHAN DAN METODE/METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan studi literatur terhadap penelitian kapasitas dukung fondasi dangkal oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955), Hansen (1970), dan Vesic (1975). Kajian prinsip penentuan kapasitas dukung fondasi dangkal dilakukan dengan membandingkan keempat persamaan tersebut sekaligus [2]. Hasil penelitian akan memetakan persamaan mana yang dapat

digunakan berdasarkan kondisi yang ada di lapangan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada prinsipnya kapasitas dukung fondasi dangkal adalah sebagai berikut:

$$\frac{P_p}{A} = \frac{P_{pc}}{A} + \frac{P_{pq}}{A} + \frac{P_{py}}{A}$$

$$q_u = q_c + q_q + q_y$$

di mana:

- $P_p$  : Tahanan pasif tanah total (kN)
- $P_{pc}$  : Tahanan pasif tanah dari komponen kohesi, c (kN)
- $P_{pq}$  : Tahanan pasif tanah akibat beban terbagi merata di atas dasar fondasi (kN)
- $P_{py}$  : Tahanan pasif tanah akibat berat tanah (kN)
- A : Luas fondasi (m<sup>2</sup>)
- $q_c$  : Kapasitas dukung fondasi dangkal dari komponen kohesi (kN/m<sup>2</sup>)
- $q_q$  : Kapasitas dukung fondasi dangkal akibat beban terbagi merata di atas dasar fondasi (kN/m<sup>2</sup>)
- $q_y$  : Kapasitas dukung fondasi dangkal akibat berat tanah (kN/m<sup>2</sup>)

Penemuan  $q_c$  didapatkan dari penelitian Prandtl (1920), penemuan  $q_q$  didapatkan dari penelitian Reissner (1924), dan penemuan  $q_y$  didapatkan dari penelitian Buisman (1940) [10]. Dari penelitian Terzaghi (1943) didapatkan bahwa kapasitas dukung fondasi dangkal adalah kombinasi dari ketiga komponen tersebut. Berikut ini adalah penjabaran keempat persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal yang dikaji dalam artikel ini.

**Tabel 1.** Persamaan Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal dari Terzaghi, Meyerhof, Hansen, dan Vesic

Terzaghi (1943) / {T} [3]	$q_u\{T\} = \frac{Q_u}{B'L'} = s_c c N_c + s_q p_0 N_q + 0.5 s_\gamma \gamma B N_\gamma$
Meyerhof (1955) / {Me} [8]	$q_u\{Me\} = \frac{Q_u}{B'L'} = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q p_0 N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0.5 B' \gamma N_\gamma$
Hansen (1970) / {Ha} [5] [9]	$q_u\{Ha, \phi = 0\} = 5.14 c_u (1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + p_0$ $q_u\{Ha, \phi > 0\} = \frac{Q_u}{B'L'}$ $= s_c d_c i_c g_c b_c c N_c + s_q d_q i_q g_q b_q p_0 N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma 0.5 B' \gamma N_\gamma$
Vesic (1975) / {Ve} [11] [12]	$q_u\{Ve\} = \frac{Q_u}{B'L'} = s_c d_c i_c g_c b_c c N_c + s_q d_q i_q g_q b_q p_0 N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma 0.5 B \gamma N_\gamma$

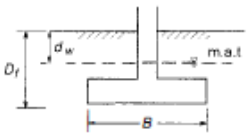

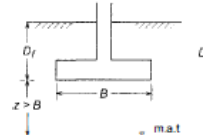
di mana:

- $Q_u$  : Kapasitas dukung fondasi dangkal ultimit secara terpusat (kN)
- $q_u$  : Kapasitas dukung fondasi dangkal ultimit secara terbagi merata (kN/m<sup>2</sup>)
- $B'$  : Lebar efektif fondasi (m)
- $L'$  : Panjang efektif fondasi (m)
- $c$  : kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)
- $p_0$  : Tekanan overburden di dasar fondasi (kN/m<sup>2</sup>)
- $\gamma$  : Berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)
- $N_c, N_q, N_\gamma$  :  $f(\phi)$  = Faktor-faktor kapasitas dukung
- $s_c, s_q, s_\gamma$  : Faktor-faktor bentuk (*shape*) fondasi pada komponen  $c$ ,  $q$ , dan  $\gamma$  (tanpa satuan)
- $d_c, d_q, d_\gamma$  : Faktor-faktor kedalaman (*depth*) fondasi (tanpa satuan)
- $i_c, i_q, i_\gamma$  : Faktor-faktor kemiringan (*inclination*) beban (tanpa satuan)
- $b_c, i_q, i_\gamma$  : Faktor-faktor kemiringan dasar (*base*) (tanpa satuan)
- $b_c, i_q, i_\gamma$  : Faktor-faktor kemiringan permukaan (*ground*) (tanpa satuan)

Nilai  $p_0$  dan  $\gamma$  dipengaruhi oleh lokasi muka air tanah (MAT),  $d_w$  yang dijabarkan pada **Tabel 2**. Parameter kuat geser kuat geser tanah ( $c$ ,  $\phi$ ) dapat diambil dari uji laboratorium yang dijabarkan pada **Tabel 3**. Jenis tanah di bawah fondasi dangkal menentukan jenis keruntuhan geser yang terjadi. Jenis-jenis keruntuhan geser di bawah fondasi dangkal dijabarkan pada **Tabel 4**. Jenis keruntuhan geser yang terjadi menentukan persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal mana yang dapat dipakai. Keempat persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal dari Terzaghi (1943), Meyerhof

(1955), Hansen (1970), dan Vesic (1975) mengakomodasi kondisi fondasi *plane strain* (ps) (regangan pada arah  $z = 0$ ) dimana dasar fondasi kasar dan kondisi tanah di bawah dasar fondasi dalam kondisi homogen. Persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal untuk tanah berlapis tidak dibahas dalam artikel ini. Untuk kondisi *plane strain*, dari nilai  $\phi_{tr}$  (tr: triaksial) dilakukan penyesuaian terhadap nilai  $\phi_{ps}$  yang akan digunakan dalam persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal (ditunjukkan pada **Tabel 5**.)

**Tabel 2.** Pengaruh Lokasi Muka Air Tanah terhadap Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal [6]

Lokasi MAT	Parameter Kuat Geser	Komponen $q_q$	Komponen $q_y$
$d_w \leq D_f$ 	Tergantung jenis tanah	$p_0 = \gamma'(D_f - d_w) + \gamma_m d_w$	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ sat : saturated (jenuh) w : water (air)
$d_w - D_f < B$ 	Tergantung jenis tanah	$p_0 = \gamma D_f$ $\gamma: \gamma_m$ atau $\gamma_d$ ; di mana $D_f$ : Kedalaman fondasi (m) $m$ : moist (basah/lembab)	$\gamma = \gamma' + \frac{d_w - D_f}{B} (\gamma_b - \gamma')$
$d_w - D_f > B$ 	$c'$ dan $\phi'$	$d$ : dry (kering)	$\gamma: \gamma_m$ atau $\gamma_d$

Catatan: a) pengaruh lokasi muka air pada Tabel 2. di atas berlaku pada keempat persamaan kapasitas dukung dalam artikel ini; b) parameter kuat geser tanah ( $c, \phi$ ) pada Tabel 2. di atas bergantung pada jenis tanah dan analisis stabilitas kritisnya.

**Tabel 3.** Parameter Kuat Geser Tanah Berdasarkan Jenis Tes Laboratorium [1]

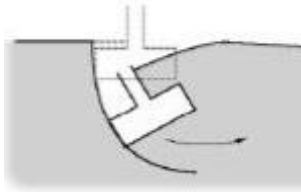
Analisis Stabilitas Kritis	Jenis Tes	Jenis Tanah	Parameter Kuat Geser Tanah
	Tes <i>Consolidated Undrained</i> (CU)	Pasir, Lempung <i>Normally Consolidated</i> (NC); Lempung <i>Overconsolidated</i> (OC)	$c$ dan $\phi$ $c$ : kohesi (kN/m <sup>2</sup> ) $\phi$ : sudut geser dalam
	Tes Triaksial		
Segera setelah konstruksi atau jangka pendek	Tes <i>Unconsolidated Undrained</i> (UU)	Tanah lempung jenuh ( <i>fully saturated</i> )	$c_u$ ( $\phi_u = 0$ ); $u$ : <i>undrained</i>
	<i>Unconfined Compression Test</i> (UCT)	$\sigma_3 = 0$ $\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma = q_u$	Tanah lempung jenuh ( <i>fully saturated</i> ) $c_u$ ( $\phi_u = 0$ ); $c_u = \frac{q_u}{2}$
		$\sigma_1$ : Tegangan prinsipal mayor ketika runtuh (total) $\sigma_3$ : Tegangan prinsipal minor ketika runtuh (total) $\Delta\sigma$ : Penambahan tegangan $q_u$ : <i>unconfined compression strength</i> (kuat tekan bebas) (kN/m <sup>2</sup> )	
Jangka panjang	Tes <i>Consolidated Undrained</i> (CU) dengan pengukuran tekanan air pori ( $u$ )	Pasir, Lempung <i>Normally Consolidated</i> (NC), Tanah $c - \phi$	$c'$ dan $\phi'$ $c'$ : efektif

	Tes CD ( <i>Consolidated Drained</i> )	Pasir dan Lempung <i>Normally Consolidated</i> (NC)	$\phi' (c' = 0)$
	Tes CD ( <i>Consolidated Drained</i> )	Lempung <i>Overconsolidated</i> , Tanah $c - \phi$	$c'$ dan $\phi'$
	Tes <i>Direct Shear</i> (DS)	Pasir, Lempung <i>Normally Consolidated</i> (NC)	$\phi' (c' = 0)$
		Lempung <i>Overconsolidated</i> (OC)	$c'$ dan $\phi'$

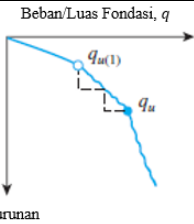
**Tabel 4.** Keruntuhan Fondasi Berdasarkan Jenis Tanah [4]

Keruntuhan Fondasi	Jenis Tanah	Penjelasan Fase Keruntuhan
Geser Umum	Lempung kaku dan pasir padat	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penerapan beban memberikan tekanan pada fondasi sehingga menyebabkan deformasi tanah di bawah dasar fondasi dengan daerah terpengaruh berbentuk triangular (zona A).</li> <li>• Pada fase 1, tanah masih bisa menahan beban dimana tanah masih dalam kondisi elastis karena penurunan tanah masih linear terhadap peningkatan beban.</li> <li>• Hingga, tanah di bawah dasar fondasi terpadatkan sehingga kapasitas dukung bertambah karena kuat geser meningkat</li> </ul> <p>Fase 2:</p> <p>Selanjutnya, pergerakan/ pergeseran tanah secara plastis hingga pada zona B dimana tanah masih sanggup menahan beban yang bekerja karena kuat geser sepenuhnya bekerja.</p>
		<p>Fase Keruntuhan Geser Umum (Vesic, 1973)</p> <p>Bidang Keruntuhan Geser Umum</p>
Geser Umum	Lempung kaku dan pasir padat	<p>Fase 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selanjutnya, pergerakan dari zona B ke zona C ditahan oleh tahanan tanah pasif di zona C.</li> <li>• Saat tahanan pasif zona C terlampaui dimana beban per luas fondasi (<math>q_u</math>), bidang longsor hingga permukaan tanah terbentuk seperti ditunjukkan pada gambar. Keruntuhan geser umum terjadi secara tiba-tiba dan mengakibatkan fondasi terguling.</li> </ul>
		<p>Beban/Luas Fondasi, <math>q</math></p> <p>Penurunan</p> <p>Beban/Luas Fondasi terhadap Penurunan Tanah pada Keruntuhan Geser Umum</p>
Geser Lokal	Lempung konsistensi medium dan pasir kepadatan medium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pada keruntuhan geser lokal, fase 3 tidak terjadi karena ketika beban/luas fondasi, <math>q_{u(1)}</math> terjadi keruntuhan pertama secara tiba-tiba.</li> <li>• Selanjutnya, ketika besar beban bertambah maka akan terjadi peningkatan penurunan fondasi dan pada beban/ luas fondasi, <math>q_u</math> akan terjadi sedikit pengembangan tanah di permukaan namun tidak sampai menggulingkan fondasi.</li> </ul>
		<p>Bidang Keruntuhan</p>

Fase Keruntuhan Geser Lokal (Vesic, 1973)



Bidang Keruntuhan Geser Lokal

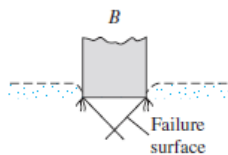


Beban/Luas Fondasi terhadap Penurunan Tanah pada Keruntuhan Geser Lokal

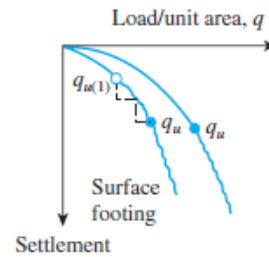
Penetrasi (*Punching*)

Lempung lunak dan pasir tidak padat

Penurunan fondasi bertambah hampir secara linear terhadap penambahan bebannya.



Fase Keruntuhan Geser Lokal (Vesic, 1973)  
Kuat geser ultimit tidak berkembang sehingga bidang runtuh geser tidak terjadi. Fondasi menembus ke bawah dan memampatkan tanah terbatas di dasar fondasi.



Beban/Luas Fondasi terhadap Penurunan Tanah pada Keruntuhan Penetrasi (Vesic, 1973)

**Tabel 5.** Perbandingan Persamaan Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal,  $q_u$  (kN/m<sup>2</sup>)

No.	Keterangan	Terzaghi (1943) [1]	Meyerhof (1955) [8]	Hansen (1970) [5]	Vesic (1975) [12]
1	Beban vertikal	V	V	V	V
2	Beban horizontal	X	X	V	V
3	Beban tidak sentris (momen)	X	V	V	V
4	Pada lereng	X	V <sup>a</sup>	V	V
5	Dasar fondasi miring	X	X	V	V
V <sup>a</sup> : Meyerhof memiliki persamaan tersendiri untuk fondasi dangkal pada lereng. Dalam artikel ini persamaan khusus tersebut tidak dibahas karena fokus penelitian ini membahas persamaan umum yang sebanding.					
6	Mengakomodasi jenis keruntuhan geser	Umum dan Lokal	Umum	Umum	Umum dan Lokal
7	$D_f / B$	$\leq 1$		Maks. 4	
8	Lebar fondasi pada $q_\gamma$	$B$	$B'$	$B$	$B$
9	$\phi_{ps}$	$= \phi_{tr}$	$= 1.1\phi_{tr}$	$= 1.1\phi_{tr}$	$= \phi_{tr}$

10 Faktor kapasitas dukung berdasarkan parameter tanah $\phi$				
$N_q$	$N_q\{T\}$	$N_q = e^{(\pi \tan \phi) K_p}$		
T : Terzaghi	$= \frac{e^{\frac{270-\phi}{180} \pi \tan \phi}}{2 \cos^2(45 + \frac{\phi}{2})}$	$N_q = e^{(\pi \tan \phi) \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})}$		
Me : Meyerhof		$N_q\{\phi = 0\} = 1.00$		
Ha : Hansen	Keruntuhan umum	Untuk		
Ve : Vesic		$N_q\{T, \phi > 0\} > N_q\{M/Ha/Ve, \phi > 0\}$		
G : General	$c, \phi\{T, G\} =$			
L : Lokal	$c, \phi$			
	Keruntuhan lokal			
	$c\{T, L\} = c'$			
	$= \frac{2}{3} c$			
	$\phi\{T, L\} = \phi'$			
	$= \text{atan}(\frac{2}{3} \tan \phi)$			
$N_c$	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$			
$N_\gamma$	$N_\gamma\{T\}$	$N_\gamma\{Me\}$	$N_\gamma\{Ha\}$	$N_\gamma\{Ve\}$
	$= \frac{\tan \phi}{2} \left[ \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right]$	$= (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$	$= 1.5(N_q - 1) \tan \phi$	$= 2(N_q + 1) \tan \phi$
	$K_{p\gamma}$			
	$= 3 \tan^2 \left\{ 45^\circ + \frac{1}{2}(\phi + 33^\circ) \right\}$			
	(Cernica, 1995)			
	Untuk $\phi = 0 \rightarrow N_\gamma = 0.00$			
	Untuk $\phi > 0 \rightarrow N_\gamma\{T\} > N_\gamma\{Ve\} > N_\gamma\{H\} > N_\gamma\{M\}$			
11 Faktor fondasi yang diperhitungkan				
a. Bentuk	V	V	V	V
b. Kedalaman	X	V	V	V
c. Kemiringan beban	X	V	V	V
d. Kemiringan dasar	X	X	V	V
e. Kemiringan permukaan	X	X	V	V
12 Faktor bentuk (shape) fondasi				
$s_c$	$s_c\{T, memanjang\}$	$s_c\{Me\}$	$s_c\{Ha, memanjang\}$	$s_c\{Ve, memanjang\}$
	$= 1$	$= 1$	$= 1.00$	$= 1$
	$s_c\{T, persegi\}$	$+ \frac{0.2B'}{L'} \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$	$s_c\{Ha, \phi = 0\}$	$s_c\{Ve\} = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$
	$= 1.3$		$= 0.2 \frac{B'}{L'}$	

	$s_c\{T, \text{lingkaran}\}$ = 1.3		$s_c\{Ha, \phi > 0\}$ = $1 + \frac{N_q B'}{N_c L}$	
	$s_c\{T, \text{persegi panjang}\}$ = $1 + \frac{0.3B}{L}$			
$s_q$	$s_q = 1.00$	$s_q\{Me, \phi = 0\} =$ $s_\gamma\{Me, \phi = 0\} = 1$	$s_q\{Ha\}$ = $1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi$	$s_q\{Ve, \text{memanjang}\}$ = 1.0
		$s_q\{Me, \phi > 0\} =$ $s_\gamma\{Me, \phi > 0\} =$		$s_c\{Ve\} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$
		$1 + \frac{0.1B'}{L'} \tan^2(45$		
$s_\gamma$	$s_\gamma\{T, \text{memanjang}\}$ = 1	$+ \frac{\phi}{2})$	$s_\gamma\{H\} = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma\{Ve, \text{memanjang}\}$ = 1.0
	$s_\gamma\{T, \text{persegi}\}$ = 0.8	$0 < \phi \leq 10:$ interpolasi		$s_\gamma\{Ve\} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
	$s_\gamma\{T, \text{lingkaran}\}$ = 0.6			
	$s_\gamma\{T, \text{persegi panjang}\}$ = $(1 - \frac{0.2B}{L})$			

13 Faktor kedalaman (depth) fondasi

$d_c$	X	$d_c\{Me\} = 1$ $+ \frac{0.2D}{B} \tan(45$ $+ \frac{\phi}{2})$	$d_c\{Ha, \frac{D}{B} \leq 1, \phi$ = 0 = $0.4 \frac{D}{B}$	$d_c\{Ve\} = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$
			$d_c\{Ha, \frac{D}{B} \leq 1, \phi$ > 0 = $1 + 0.4 \frac{D}{B}$	
			$d_c\{Ha, \frac{D}{B} > 1, \phi$ = 0 = $0.4 \text{atan}(\frac{D}{B})$	
			$d_c\{Ha, \frac{D}{B} \leq 1, \phi$ > 0 = $1 + 0.4 \text{atan}(\frac{D}{B})$	
$d_q$	X	$d_q\{Me, \phi = 0\}$ = $d_\gamma\{M, \phi = 0\}$ = 1	$d_q\{Ha, \frac{D}{B} \leq 1\}$ = 1	$d_q\{Ve\} = d_q\{Ha\}$
		$d_q\{Me, \phi > 0\} =$ $d_\gamma\{Me, \phi > 0\} =$	$+ 2 \tan \phi (1$ $- \sin \phi)^2 \frac{D}{B}$	
			$d_q\{Ha, \frac{D}{B} \leq 1\} =$	

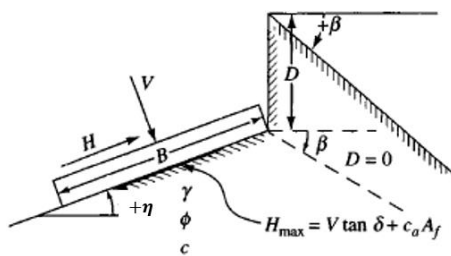


		$1 + \frac{0.1D}{B} \tan(45 + \frac{\phi}{2})$	$1 + 2 \tan \phi (1 - \frac{D}{\sin \phi})^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$	
$d_\gamma$	X	$d_q\{Me, 0 < \phi \leq 10\} =$ $d_q\{Me, 0 < \phi \leq 10\} =$ interpolasi	$d_\gamma\{Ha\} = 1.00$	$d_\gamma\{Ve\} = d_\gamma\{Ha\} = 1.00$
14 Faktor kemiringan ( <i>inclination</i> ) beban, $\theta$				
$i_c$	X	$i_c\{Me, \phi = 0\} =$ $i_q\{Me, \phi = 0\} = [1 - \frac{\theta}{90}]$ $i_c\{Me, \phi > 0\} =$ $i_q\{Me, \phi > 0\} = [1 - \frac{\theta}{90}]^2$	$i_c\{Ha, \phi = 0\} = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{B'L'c_a}}$ $i_c\{Ha, \phi = 0\} = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$i_c\{Ve, \phi = 0, H_B\} = 1 - \frac{m_B H_B}{B'L'c_a N_c}$ $i_c\{Ve, \phi = 0, H_L\} = 1 - \frac{m_L H_L}{B'L'c_a N_c}$ $i_c\{Ve, \phi > 0\} = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$
$i_q$	X		$i_q\{H\} = [1 - \frac{0.5H}{V+B'L'c_a \cot \phi}]^5$ di mana: $c_a = (0.6 \text{ s/d } 1)c$ H : beban horizontal V : beban vertikal	$i_q\{Ve, H_B\} = [1 - \frac{H_B}{V + B'L'c_a \cot \phi}]^{m_B}$ $H_B$ : H sejajar ke B $m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{\frac{B}{L} + 1}$ $i_q\{V, H_L\} = [1 - \frac{H_L}{V + B'L'c_a \cot \phi}]^{m_L}$ $H_L$ : H sejajar ke L $m_L = \frac{2 + \frac{B}{L}}{\frac{B}{L} + 1}$
$i_\gamma$	X	$i_\gamma\{Me, \phi = 0\} = 1$ $i_\gamma\{Me, \phi > 0, \delta \leq \phi\} = [1 - \frac{\delta}{\phi}]^2$ $i_\gamma\{Me, \phi > 0, \delta > \phi\} = 0$	Horizontal Ground ( $\eta = 0$ ) $i_\gamma = (1 - \frac{0.7H}{V+B'L'c_a \cot \phi})^5$	$i_\gamma\{V, H_B\} = [1 - \frac{H_B}{V+B'L'c_a \cot \phi}]^{m_B+1}$
			Sloping Ground ( $\eta > 0$ )	$i_\gamma\{V, H_L\} = [1 - \frac{H_B}{V+B'L'c_a \cot \phi}]^{m_L+1}$

$$i_\gamma = (1 - \frac{(0.7 - \frac{\eta^\circ}{450^\circ})H}{V + B'L'c_a \cot \phi})^5$$

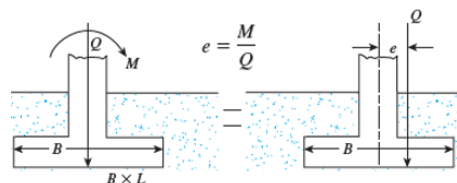
15 Faktor Kemiringan Permukaan ( <i>Ground</i> ), $\beta$				
$g_c$	X*	X	$g_c\{H, \phi = 0\} = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c\{Ve, \phi = 0\} = \frac{\beta(rad)}{5.14}$
			$g_c\{H, \phi > 0\} = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c\{Ve, \phi > 0\} = i_q - \frac{1 - i_q}{5.14 \tan \phi}$
$g_q$	X	X	$g_q\{H\} = g_\gamma\{H\}$	$g_q\{Ve\} = g_\gamma\{Ve\}$
$g_\gamma$	X	X	$= [1 - 0.5 \tan \beta]^5$	$= (1 - \tan \beta)^2$
16 Faktor Kemiringan Dasar ( <i>Base</i> ), $\eta$				
$b_c$	X	X	$b_c\{H, \phi = 0\} = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c\{Ve, \phi = 0\} = g_c\{Ve, \phi = 0\}$
			$b_c\{H, \phi > 0\} = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$g_c\{Ve, \phi > 0\} = 1 - \frac{2\beta(rad)}{5.14 \tan \phi}$
$b_q$	X	X	$b_q\{H\} = e^{-2\eta(rad) \tan \phi}$	$b_q\{Ve\} = b_\gamma\{Ve\} = (1 - \eta(rad) \tan \phi)^2$
$b_\gamma$	X	X	$b_\gamma\{H\} = e^{-2.7\eta(rad) \tan \phi}$	

Catatan: fondasi pada lereng dan dasar miring fondasi dangkal dapat diilustrasikan pada **Gambar 1**.

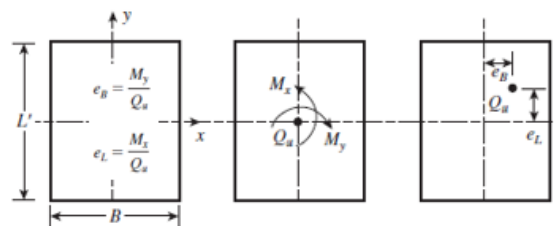


**Gambar 1.** Fondasi pada Lereng dan Dasar Miring Fondasi Dangkal [3]

Nilai lebar dan panjang efektif fondasi dangkal tergantung arah eksentrisitasnya. Eksentrisitas pada fondasi dangkal terdiri dari eksentrisitas satu arah (**Gambar 2.**) dan dua arah (**Gambar 3.**). Untuk eksentrisitas satu arah tergantung arah momen yang bekerja. Pengaruh eksentrisitas pada fondasi dangkal dangkal dijabarkan pada **Tabel 6**.

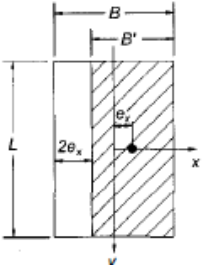
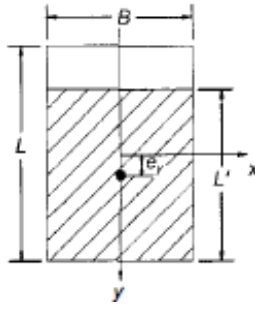
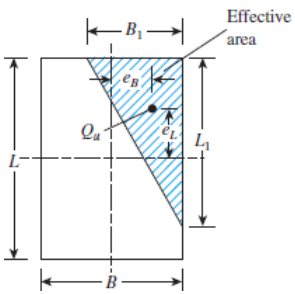
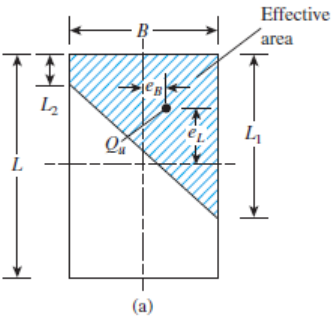
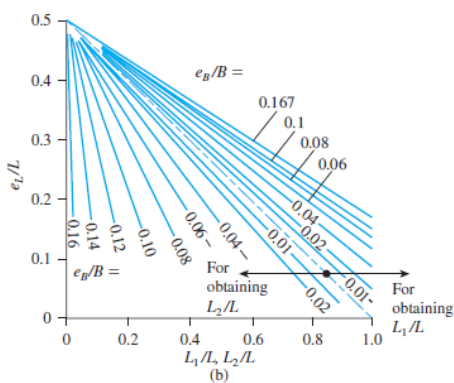


**Gambar 2.** Eksentrisitas Satu Arah pada Fondasi Dangkal

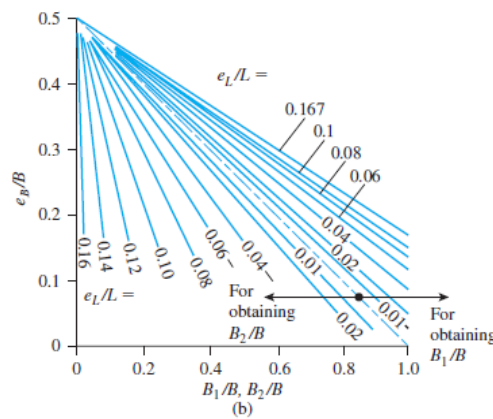
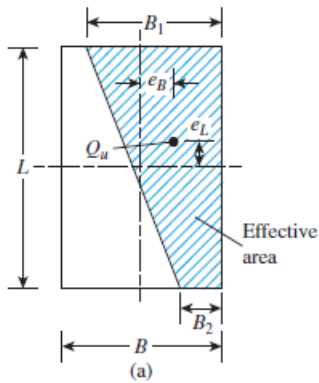


**Gambar 3.** Eksentrisitas Dua Arah pada Fondasi Dangkal

**Tabel 6.** Eksentrisitas Fondasi Dangkal [4]

1. Eksentrisitas satu arah pada arah B		2. Eksentrisitas satu arah pada arah L	
	$e_B = e_x = \frac{M_y}{Q}$ $B' = B - 2e_B$ $L' = L$		$e_L = e_y = \frac{M_x}{Q}$ <p>Jika <math>L - 2e_y &lt; B</math> maka <math>B' = L - 2e_y</math>; <math>L' = B</math></p> <p>Jika <math>L - 2e_y &lt; B</math> maka <math>B' = B</math>; <math>L' = L - 2e_y</math></p>
Case (Segi Empat)	$\frac{e_B}{B}$	$\frac{e_L}{L}$	$\frac{e_L}{L}$
	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$
I	$\frac{e_B}{B} \geq \frac{1}{6}$		$\frac{e_L}{L} \geq \frac{1}{6}$
II	$0 < \frac{e_B}{B} < \frac{1}{6}$		$\frac{e_L}{L} < \frac{1}{2}$
III	$0 < \frac{e_B}{B} < \frac{1}{2}$		$\frac{e_L}{L} < \frac{1}{6}$
IV	$\frac{e_B}{B} < \frac{1}{6}$		$\frac{e_L}{L} < \frac{1}{6}$
3. Eksentrisitas dua arah (Case I: $\frac{e_B}{B} \geq \frac{1}{6}$ dan $\frac{e_L}{L} \geq \frac{1}{6}$ )			
	$A' = \frac{1}{2} B_1 L_1$ $B_1 = B(1.5 - \frac{3e_B}{B})$ $L_1 = L(1.5 - \frac{3e_L}{L})$	$L' = \max(B_1, L_1)$ $B' = \frac{A'}{L'}$	
4. Eksentrisitas dua arah (Case II: $0 < \frac{e_B}{B} < \frac{1}{6}$ dan $\frac{e_L}{L} < \frac{1}{2}$ )			
		$A' = \frac{1}{2} (L_1 + L_2) B$ $L' = \max(L_1, L_2)$ $B' = \frac{A'}{L'}$ $= \frac{A'}{\max(L_1, L_2)}$	

5. Eksentrisitas dua arah (Case III)

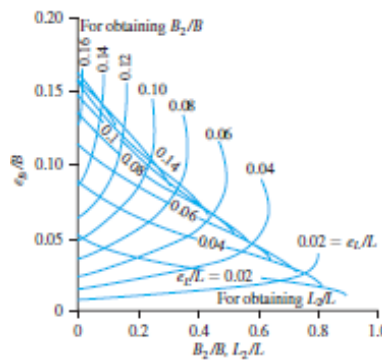
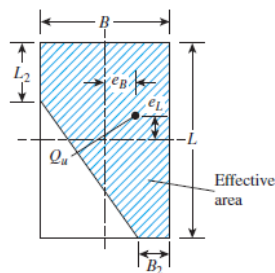


$$A' = \frac{1}{2}(B_1 + B_2)L$$

$$L' = L$$

$$B' = \frac{A'}{L}$$

6. Eksentrisitas dua arah (Case IV)

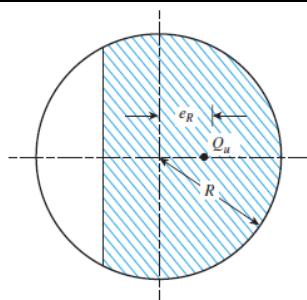


$$A' = L_2B + \frac{1}{2}(B + B_2)(L - L_2)$$

$$L' = L$$

$$B' = \frac{A'}{L}$$

7. Eksentrisitas pada Fondasi Lingkaran



$e_R/R$	$A'/R^2$	$B'/R$
0.1	2.8	1.85
0.2	2.4	1.32
0.3	2.0	1.2
0.4	1.61	0.80
0.5	1.23	0.67
0.6	0.93	0.50
0.7	0.62	0.37
0.8	0.35	0.23
0.9	0.12	0.12
1.0	0	0

$A'$ : interpolasi berdasarkan  $e_R/R$

$B'$ : interpolasi berdasarkan  $e_R/R$

$L' = \frac{A'}{B'}$

**Tabel 7.** Prinsip Penggunaan Persamaan Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal

Prinsip	Persamaan yang Dapat Digunakan	Kondisi Pembeda di Lapangan
1	Terzaghi Meyerhof Hansen Vesic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\frac{D_f}{B} \leq 1</math></li> <li>• Hanya mengakomodasi beban vertikal</li> <li>• Jenis tanah: lempung kaku dan pasir padat (keruntuhan geser umum)</li> <li>• Faktor fondasi yang diperhitungkan hanya faktor bentuk</li> </ul>

2	Meyerhof Hansen Vesic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\frac{D_f}{B} = \text{maks. } 4</math></li> <li>• Mengakomodasi beban eksentris (momen) dan beban miring</li> <li>• Jenis tanah: lempung kaku dan pasir padat (keruntuhan geser umum)</li> <li>• Faktor fondasi yang diperhitungkan: bentuk, kedalaman, dan kemiringan beban</li> </ul>
3	Hansen Vesic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\frac{D_f}{B} = \text{maks. } 4</math></li> <li>• Mengakomodasi beban vertikal, beban horizontal, beban eksentris (momen), dan beban miring</li> <li>• Jenis tanah: lempung kaku dan pasir padat (keruntuhan geser umum)</li> <li>• Faktor fondasi yang diperhitungkan: bentuk, kedalaman, dan kemiringan beban, kemiringan dasar fondasi, dan kemiringan permukaan tanah (pada lereng)</li> </ul>
4	Terzaghi Vesic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\frac{D_f}{B} \leq 1</math></li> <li>• Hanya mengakomodasi beban vertikal</li> <li>• Jenis tanah: lempung kaku dan pasir padat (keruntuhan geser umum) dan lempung konsistensi medium dan pasir kepadatan medium (keruntuhan geser local)</li> <li>• Faktor fondasi yang diperhitungkan hanya faktor bentuk</li> </ul>

Catatan: Nilai kapasitas dukung fondasi dangkal yang digunakan adalah rata-rata dari persamaan yang dapat digunakan pada masing-masing prinsip.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat 4 (empat) prinsip penggunaan persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal agar tidak terjadi kesalahan penggunaannya.
  - a. Prinsip 1: keempat persamaan digunakan.
  - b. Prinsip 2: persamaan Meyerhof, Hansen, dan Vesic yang digunakan.
  - c. Prinsip 3: persamaan Hansen dan Vesic yang digunakan.
  - d. Prinsip 4: persamaan Terzaghi dan Vesic yang digunakan.
2. Kondisi pembeda di lapangan antara keempat prinsip tersebut adalah  $D_f/B$ , kondisi pembebanan, jenis tanah di lapangan, dan faktor fondasi dangkal yang diperhitungkan.
3. Nilai  $D_f/B$  fondasi dangkal maksimal = 4 dimana pada persamaan Terzaghi  $D_f/B \leq 1$  (prinsip 1 dan 4).
4. Kondisi pembebanan vertikal diakomodasi oleh keempat persamaan. Beban eksentris

(momen) dan beban miring diakomodasi oleh persamaan Meyerhof, Hansen dan Vesic (prinsip 2). Sedangkan, beban horizontal diakomodasi oleh persamaan Hansen dan Vesic (prinsip 3).

5. Keruntuhan geser umum pada tanah lempung kaku dan pasir padat diakomodasi oleh keempat persamaan. Sedangkan, keruntuhan geser lokal pada tanah lempung konsistensi medium dan pasir kepadatan medium diakomodasi oleh persamaan Terzaghi dan Vesic (prinsip 4).

6. Faktor bentuk fondasi diakomodasi oleh keempat persamaan. Faktor kedalaman dan kemiringan beban diakomodasi oleh persamaan Meyerhof, Hansen, dan Vesic. Faktor kemiringan dasar fondasi dan kemiringan permukaan tanah diakomodasi oleh persamaan Hansen dan Vesic.

Nilai kapasitas dukung fondasi dangkal yang digunakan adalah rata-rata dari persamaan yang dapat digunakan pada masing-masing prinsip dengan kondisi fondasi *plane strain* (regangan pada arah  $z = 0$ ) dimana dasar fondasi kasar, dan kondisi tanah di bawah dasar fondasi dalam kondisi homogen.

7. Lokasi muka air tanah (MAT) mempengaruhi nilai parameter kuat geser tanah ( $c$  dan  $\phi$ ),  $p_0$ , dan  $\gamma$ . Parameter kuat geser tanah yang digunakan menyesuaikan jenis tanah, jenis tes laboratorium, dan analisis stabilitas kritis.

Saran dari penelitian ini adalah adanya tindak lanjut dengan mengimplementasi penggunaan persamaan kapasitas dukung fondasi dangkal. Implementasi tersebut dilakukan dengan mengambil contoh dari lapangan yang menyediakan data tanah baik lapangan maupun laboratorium.

[10] Van Baars, S. (2016). 100 year prandtl's wedge-intermediate report. University of Luxembourg.

[11] Vesić, A. S. (1973). Analysis of ultimate loads of shallow foundations. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 99(1), 45-73.

[12] Vesic, A. S. (1975). Bearing Capacity of Shallow Foundations, *Foundation Engineering Handbook*, ed. Winterkorn, FS and Fand, HY.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2001). *Slope stability and stabilization methods*. John Wiley & Sons.
- [2] Akbar, R. (2019). Analisis Perbandingan Daya Dukung Tanah Pada Pondasi Dangkal Dengan Menggunakan Metode Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Dan Metode Elemen Hingga.
- [3] Bowles, J. E. (1997). *Foundation analysis and design*, USA, Fifth. edition, 1, 145.
- [4] Das, B. M. (2014). *Principles of Foundation Engineering*, Eight Edition. Amerika Serikat: Global Engineering.
- [5] Hansen, J. B. (1970). A Revised And Extended Formula For Bearing Capacity. *Bulletin No. 28 The Danish Geotechnical Institute*. 5-11.
- [6] Hardiyatmo, Hary Christady, "Bab 3 Kapasitas Dukung dan Bab 4 Penurunan" dalam *Analisis & Perancangan Fondasi Bagian I*, Edisi ke-2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2011, Hal. 103-339.
- [7] Indonesia, S. N. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik*. SNI, 8460, 2017.
- [8] Meyerhof, G. G. (1951). The ultimate bearing capacity of foudations. *Geotechnique*, 2(4), 301-332.
- [9] Muka, I. W., Indriani, M. N., & Wintara, I. P. O. (2021). Analisis Daya Dukung Tanah Pada Perencanaan Proyek Gedung Dengan Metode Terzaghi, Meyerhof, Hansen Dan Vesic. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 10(2).