

## ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH PONDASI DANGKAL DENGAN BEBERAPA METODE

Martini\*

### **Abstract**

*This analysis aim to obtain variation of bearing capacity of soil foundation for the same case based on methods is Terzaghi, Meyerhof, Vesic, Hansen and Ohsaki. And gets comparison of bearing capacity value from some the methods.*

*Method Terzaghi and Ohsaki to have bearing capacity value of soil foundation which approximately equal. Method Hansen and Vesic also has value tending to same, only Meyerhof having different value x'self. For incline load, method Hansen, Vesic is tnding to same and just Meyerhof tending to value differs in. But method Hansen and Vesic at various foundation breadth ( B ) at foundation square and circular that is  $B > 0,5$  m happened decrease of bearing capacity of soil foundation and at  $B \geq 1,5$  m increases returns to its the value.*

**Keyword:** *Methods, bearing capacity, foundation*

### **1. Pendahuluan**

Pemilihan jenis dan desain bentuk fondasi tergantung pada jenis lapisan tanah yang ada di bawahnya. Apabila lapisan tanah tersebut keras maka daya dukung tanah tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang ada, tetapi bila tanah lunak maka diperlukan penanganan khusus agar mempunyai daya dukung yang baik. Hal ini memerlukan studi yang lebih terperinci terhadap sifat dan kondisi dasar tanah.

Metode untuk mendapatkan daya dukung suatu tanah dasar fondasi selain dari hanya sebagai suatu perkiraan, seperti teori-teori daya dukung dan juga melalui hasil uji lapangan. Secara teoritis, beberapa ahli mekanika tanah mengembangkan metode- metode untuk menganalisis daya dukung tanah khususnya untuk fondasi dangkal. Metode-metode tersebut mempunyai anggapan/ asumsi yang berbeda. Metode untuk menganalisis daya dukung tanah pondasi khususnya pondai dangkal antara lain ; Terzaghi, Meyerhof, Vesic, Hansen, dan Ohsaki. Kelima metode tersebut mempunyai rumusan yang berbeda dan anggapan-anggapan yang berbeda pula dan beberapa metode mempunyai keterbatasan dalam penggunaannya. Apakah dari beberapa metode tersebut akan menghasilkan nilai daya dukung yang hampir sama

atau sangat berbeda. Selain itu masalah yang ditinjau adalah ketepatan penggunaan metode berdasarkan kondisi yang ada.

Hasil dari analisis ini bertujuan untuk memperoleh nilai daya dukung tanah untuk kasus yang sama berdasarkan metode-metode Terzaghi, Meyerhof, Vesic, Hansen dan Ohsaki. Serta mendapatkan perbandingan besaran nilai daya dukung tanah dari beberapa metode tersebut.

### **2. Tinjauan Pustaka**

#### **2.1 Pondasi dangkal**

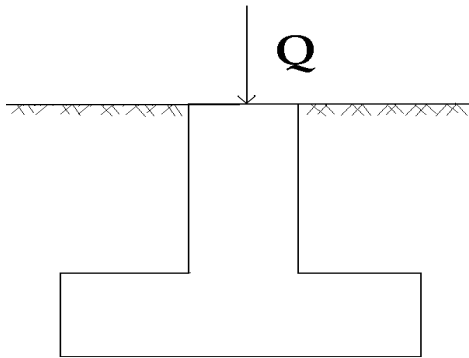
Pengertian dari fondasi dangkal sampai sekarang ini masih sulit didefinisikan dengan jelas, karena dalam menginterpretasikannya tergantung dari masing- masing ahli tanah. Sebagai contoh fondasi dangkal menurut Terzaghi (1943) dalam Das (2004) adalah :

- 1) Apabila kedalaman fondasi lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi, maka fondasi tersebut bisa dikatakan sebagai fondasi dangkal.
- 2) Anggapan bahwa penyebaran tegangan pada struktur fondasi ke lapisan tanah di bawahnya yang berupa lapisan penyangga lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi ke lapisan tanah

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

dibawahnya yang berupa lapisan penyangga lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi.



Dengan :  
 $D_f$  = kedalaman fondasi dangkal dari permukaan tanah  
 $B$  = lebar fondasi

Gambar 1. Pondasi dangkal

Pada umumnya pondasi dangkal berupa :

- Pondasi telapak, yaitu fondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.
- Pondasi memanjang, yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat, sehingga bila dipakai fondasi telapak sisi- sisinya akan berimpit satu sama lain.
- Pondasi rakit (*Raft Foundation atau mat foundation*), yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-

kolom jaraknya dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi- sisinya akan berimpit satu sama lain.

## 2.2 Daya Dukung Tanah

### a. Analisis Daya Dukung Terzaghi

Menurut Terzaghi (1943) dalam Das (1995) suatu pondasi dangkal ditentukan dari :

$$D_f \leq B \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

$D_f$  = Kedalaman pondasi dangkal dari permukaan tanah (m)  
 $B$  = Lebar pondasi (m)

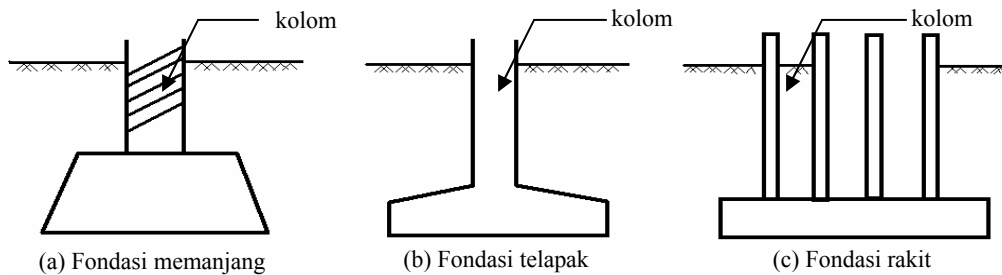
Persamaan daya dukung untuk pondasi memanjang menurut Terzaghi (1943) dinyatakan sebagai berikut :

$$q_u = cN_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots\dots(2)$$

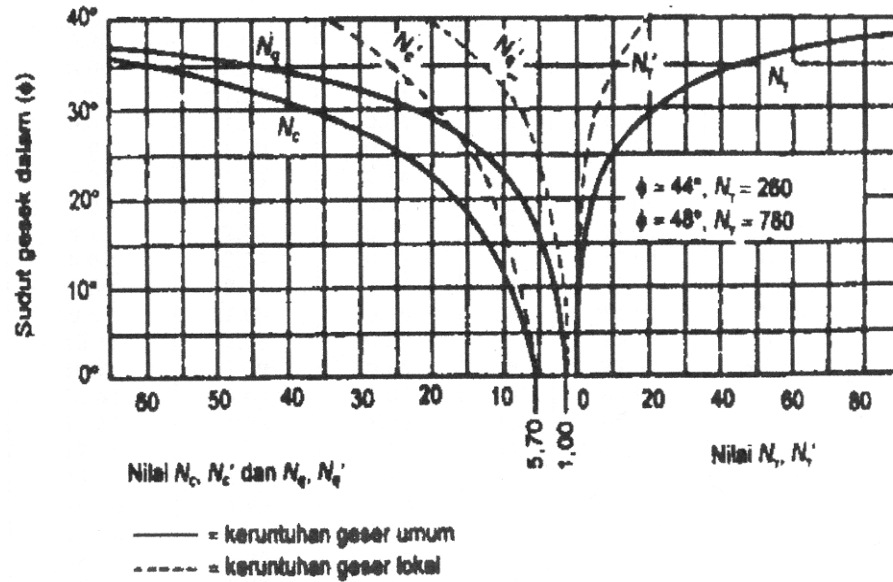
dengan :

$q_u$  = Daya dukung ultimit pada pondasi memanjang ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $c$  = Kohesi tanah  
 $D_f$  = Kedalaman pondasi (m)  
 $\gamma$  = Berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung Terzaghi

Nilai- nilai  $N_c, N_q, N_\gamma$  adalah fungsi dari besarnya sudut geser dalam ( $\phi$ ) yang diberikan Terzaghi dalam bentuk grafik pada Gambar 3.



Gambar 2. Macam- Macam Tipe Pondasi Dangkal  
 (Sumber : Hardiyatmo,2002a)



Gambar. 3. Hubungan  $\phi$  dan Faktor Daya Dukung Terzaghi (Sumber Hardiyatmo, 2002b)

Untuk bentuk-bentuk pondasi yang lain, Terzaghi (1943) dalam Das, (2004) memberikan pengaruh faktor bentuk terhadap daya dukung ultimit yang didasarkan pada analisis pondasi memanjang, sebagai berikut :

a) Pondasi bujur sangkar

$$q_u = 1,3 cN_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots(3)$$

b) Pondasi lingkaran

$$q_u = 1,3 cN_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,3 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots(4)$$

c) Pondasi empat persegi panjang

$$q_u = cN_c (1 + 0,3 B/L) + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma (1 - 0,2 B/L) \dots(5)$$

b. Analisis Daya Dukung Meyerhof

Meyerhof (1951, 1963) dalam Bowles (1992) menyarankan persamaan daya dukung yang mirip dengan rumus Terzaghi tetapi memasukkan suatu faktor bentuk  $s_q$ , faktor kedalaman  $d_i$  dan faktor kemiringan  $i_i$ .

Beban vertikal:

$$q_u = c N_c s_c d_c + D_f \gamma N_q s_q d_q + 0,5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma \dots(6)$$

Beban miring:

$$q_u = c N_c d_c i_c + D_f \gamma N_q d_q i_q + 0,5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma \dots(7)$$

Dengan :

$$N_q = e^{m \tan \phi} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan (1,4 \phi)$$

c. Analisa Daya Dukung Hansen

Hansen (1970) dalam Bowles (1992) menyarankan persamaan daya dukung sebagai berikut :

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0,5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \dots(8)$$

Bila,  $\phi = 0$

$$q_u = 5.14 S_u(1 + S'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

.....(9)

Dengan :

$$N_q = s^{ntan\phi} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot\phi$$

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

Persamaan Hansen secara mutlak memberi kelonggaran suatu  $D/B$  dan dapat dipakai baik untuk alas yang dangkal (telapak) maupun alas yang dalam (tiang pancang, kaisan bor). Pemeriksaan atas ketentuan  $q/N_q$  mengandung arti suatu penambahan yang besar dalam  $q_{ult}$  seiring dengan kedalaman yang jauh. Untuk membuat batas-batas yang sederhana atas hal ini, Hansen menggunakan persamaan:

$$\left. \begin{aligned} d'_c &= 1 + 0.4 \frac{D_f}{B} \\ d'_q &= 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \tan^{-1} \frac{D_f}{B} \end{aligned} \right\} \frac{D_f}{B} \leq 1$$

$$\left. \begin{aligned} d'_c &= 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D_f}{B} \\ d'_q &= 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \tan^{-1} \frac{D_f}{B} \end{aligned} \right\} \frac{D_f}{B} > 1$$

Hal ini menghasilkan suatu keputusan pada  $D_f/B = 1$ ; namun demikian, perhatikanlah pemakaian  $\leq$  dan  $>$ . Untuk  $\phi = 0$  diperoleh:

$D_f/B$	0	1	1,1	2	5	10	20	100
$d'_c$	0	0,4	0,33	0,44	0,55	0,59	0,61	0,62

#### d. Analisa Daya Dukung Vesic

Metode Vesic (1973, 1974) dalam Bowles (1992) yang pada dasarnya pengembangan metode Hansen, memiliki perbedaan pada pemakaian  $N_\gamma$ . menggunakan persamaan  $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$ , dan variasi atas beberapa faktor  $i_b$ ,  $b_b$ , dan  $g_i$ . Beberapa faktor Vesic itu kurang konservatif daripada faktor-faktor Hansen dan kedua metode tersebut tidak ada yang telah diuji kebenarannya secara luas memakai pengujian-pengujian lapangan berskala penuh, maka harus sangat berhati-hati dalam pemakaiannya.

Tabel 1. Faktor- faktor daya dukung untuk persamaan daya dukung Meyerhof, Hansen, dan Vesic (Bowles, 1992)

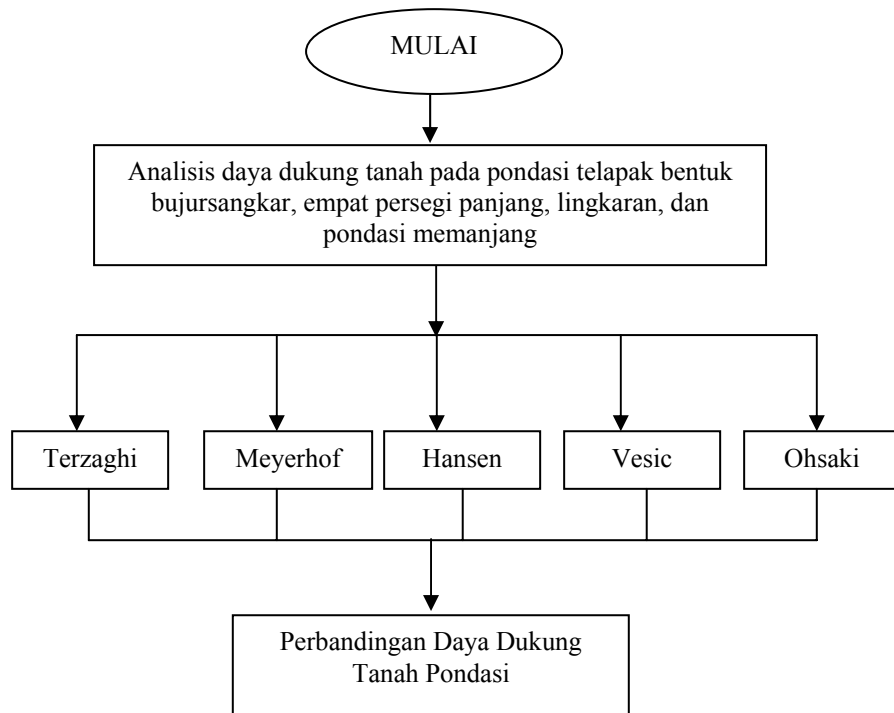
$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_{\gamma(H)}$	$N_{\gamma(M)}$	$N_{\gamma(V)}$	$N_q/N_c$	$2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2$
0	5,14	1,0	0,0	0,0	0,0	0,195	0,000
5	6,49	1,6	0,1	0,1	0,4	0,242	0,146
10	8,34	2,5	0,4	0,4	1,2	0,296	0,241
15	10,97	3,9	1,2	1,1	2,6	0,359	0,294
20	14,83	6,4	2,9	2,9	5,4	0,431	0,315
25	20,71	10,7	6,8	6,8	10,9	0,514	0,311
26	22,25	11,8	7,9	8,0	12,5	0,533	0,308
28	25,79	14,7	10,9	11,2	16,7	0,570	0,299
30	30,13	18,4	15,1	15,7	22,4	0,610	0,289
32	35,47	23,2	20,8	22,0	30,2	0,653	0,276
34	42,14	29,4	28,7	31,1	41,0	0,698	0,262
36	50,55	37,7	40,0	44,4	56,2	0,746	0,247
38	61,31	48,9	56,1	64,0	77,9	0,797	0,231
40	75,25	64,1	79,4	93,6	109,3	0,852	0,214
45	133,73	134,7	200,5	262,3	271,3	1,007	0,172
50	266,50	318,5	567,4	871,7	761,3	1,195	0,131

Tabel 2. Koefisien daya dukung dari Ohsaki (Sosrodarsono, 1990)

$\phi$	$N_c$	$N_\gamma$	$N_q$	$\phi$	$N_c$	$N_\gamma$	$N_q$
0	5,3	0	1,0	28	11,4	4,4	7,1
5	5,3	0	1,4	32	20,9	10,6	14,1
10	5,3	0	1,9	36	42,2	30,5	31,6
15	6,5	1,2	2,7	40	95,7	115,7	81,3
20	7,9	2,0	3,9	45	172,3	325,8	173,3
25	9,9	3,3	5,6	50	347,5	1073,4	415,1

Tabel 3. Faktor bentuk (Sosrodarsono, 1990)

Faktor bentuk	Bentuk fondasi			
	Menerus	Bujur Sangkar	Persegi	Lingkaran
$\alpha$	1,0	1,3	$1,0 + 0,3 (B/L)$	1,3
$\beta$	0,5	0,4	$0,5 - 0,1 (B/L)$	0,3



Gambar 4 . Bagan Alir Analisis

e. Analisa Daya Dukung Ohsaki

Analisis daya dukung Ohsaki merupakan modifikasi dari rumus Terzaghi. Ohsaki dalam

Sosrodarsono (1990) mengusulkan rumus daya dukung batas yaitu;

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + \beta \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots (10)$$

Dengan  $\alpha$ ,  $\beta$  adalah suatu faktor bentuk yang mempunyai harga seperti diberikan pada Tabel 3.

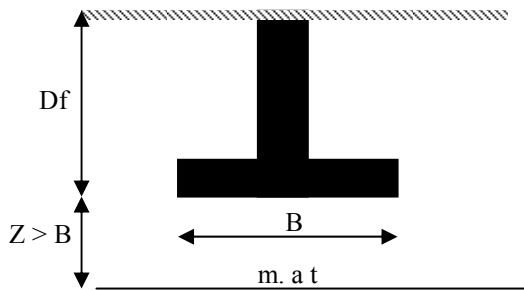
### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Bagan alir penelitian

Sistematika prosedur penelitian lebih terinci dapat dilihat pada diagram alir penelitian. pada Gambar 4.

#### 3.2 Model Fondasi yang akan dianalisis

Model fondasi yang akan dianalisis dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 . Model pondasi yang akan di analisis

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Pondasi dangkal terhadap beban sentris

#### a. Pondasi memanjang

Grafik hubungan variasi lebar Pondasi terhadap daya dukung tanah pada fondasi memanjang diilustrasikan pada Gambar 6. Sementara grafik hubungan variasi kedalaman pondasi terhadap daya dukung tanah diilustrasikan pada Gambar 7.

#### b. Pondasi bujur sangkar

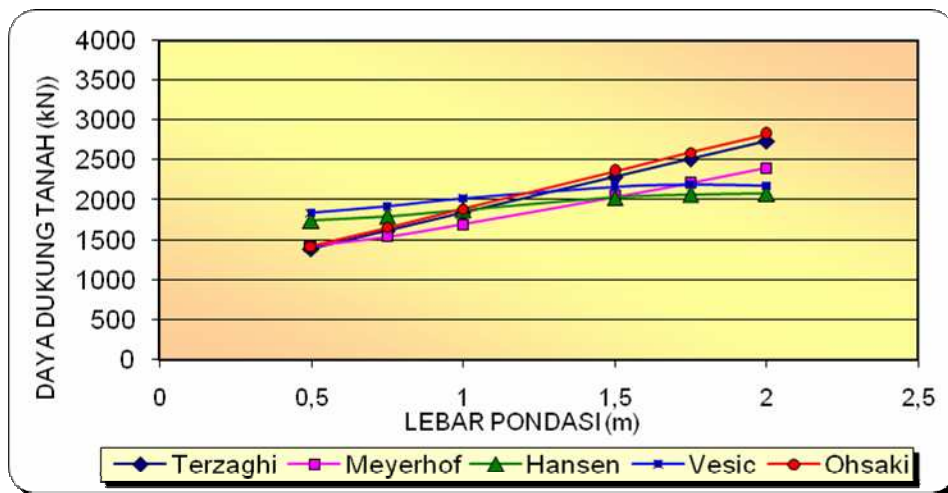
Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah pada pondasi bujur sangkar diilustrasikan pada Gambar 8. Sementara grafik hubungan variasi kedalaman pondasi terhadap daya dukung tanah diilustrasikan pada Gambar 9.

#### c. Pondasi empat persegi panjang

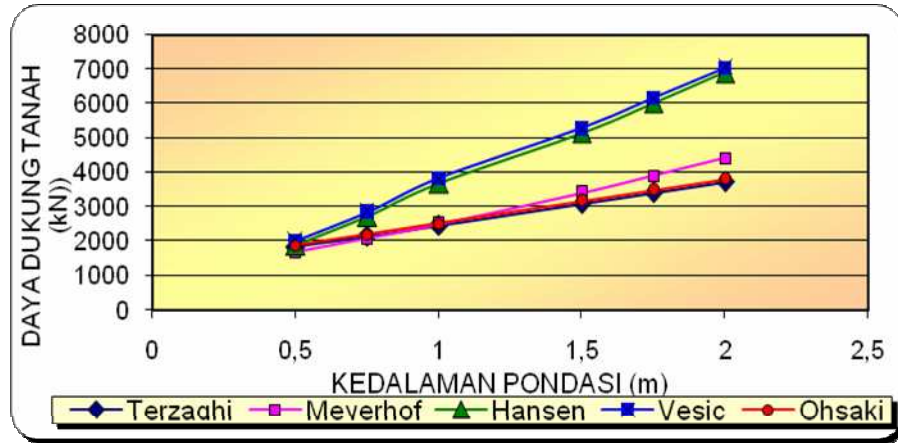
Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah pada pondasi empat persegi panjang diilustrasikan pada Gambar 10. Sementara grafik hubungan variasi kedalaman pondasi terhadap daya dukung tanah diilustrasikan pada Gambar 11.

#### d. Pondasi lingkaran

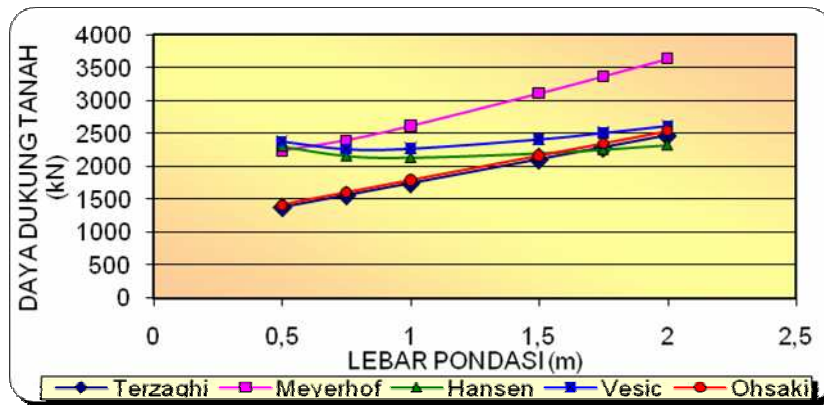
Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah pada pondasi lingkaran diilustrasikan pada Gambar 12. Sementara grafik hubungan variasi kedalaman pondasi terhadap daya dukung tanah diilustrasikan pada Gambar 13.



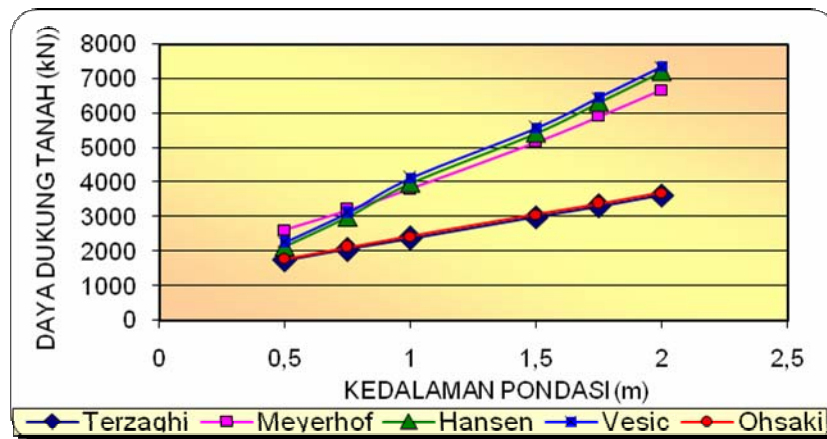
Gambar 6. Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah



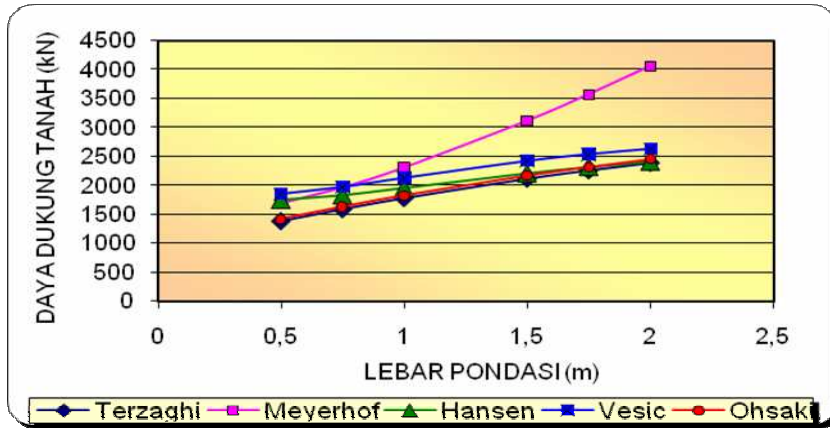
Gambar 7. Grafik hubungan variasi kedalaman fondasi terhadap daya dukung tanah



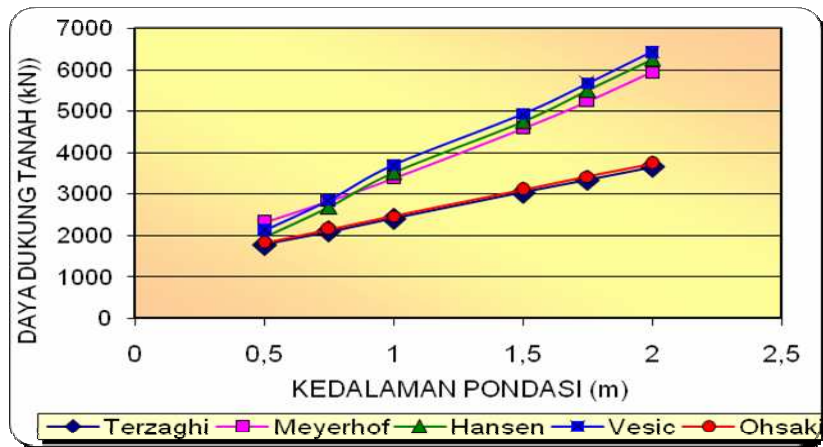
Gambar 8. Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah



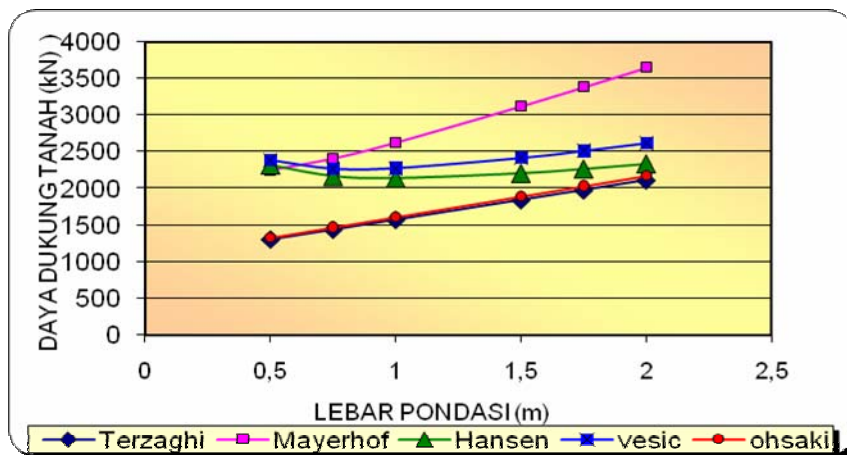
Gambar 9. Grafik hubungan variasi kedalaman fondasi terhadap daya dukung tanah



Gambar 10. Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah

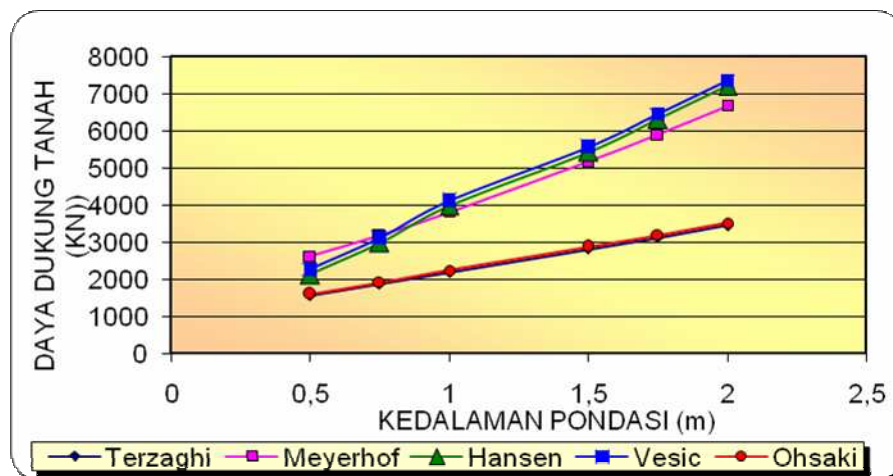


Gambar 11. Grafik hubungan variasi kedalaman fondasi terhadap daya dukung tanah



Gambar 12. Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah





Gambar 13. Grafik hubungan variasi kedalaman fondasi terhadap daya dukung tanah

Dari gambar 6, 8, 10, dan 12 memperlihatkan bahwa untuk variasi lebar pondasi (B) dari kelima metode untuk pengaruh bentuk dalam hal ini bentuk bujur sangkar, empat persegi panjang, dan lingkaran, metode Terzaghi dan Ohsaki mempunyai nilai yang cenderung sama dan paling rendah. Tetapi pada pondasi bentuk memanjang, kedua metode ini mempunyai nilai paling tinggi bila semakin besar lebar pondasi, Meyerhof paling rendah. Hansen dan Vesic berada di antara ketiga metode tersebut nilainya.

Metode Hansen dan Vesic mempunyai nilai daya dukung tanah yang cenderung sama. Tetapi pada pondasi bujur sangkar dan lingkaran pada  $B > 0,5$  m memperoleh nilai daya dukung tanah yang menurun. Namun bila  $B \geq 1,5$  m nilai daya dukung tanah akan meningkat. Kondisi ini berbeda dengan 3 metode lainnya. Tetapi untuk fondasi bujur sangkar memanjang dan empat persegi panjang, metode Hansen dan Vesic memiliki nilai daya dukung tanah yang cenderung meningkat untuk terhadap penambahan lebar, sama seperti pada metode Terzaghi dan Ohsaki. Dari kelima metode tersebut nilai daya dukung tanah yang paling rendah adalah metode Terzaghi. Sedangkan nilai daya dukung tanah yang paling tinggi adalah Meyerhof. Kondisi ini disebabkan karena metode Terzaghi hanya mempertimbangkan faktor pengaruh bentuk sedangkan pada Meyerhof mempertimbangkan faktor pengaruh bentuk pondasi (B) dan faktor kedalaman ( $D_f$ ).

Untuk variasi kedalaman pondasi ( $D_f$ ) pada gambar 7, 9, 11 dan 13 dari kelima metode

tersebut memiliki bentuk grafik yang cenderung sama yaitu semakin bertambah kedalaman maka nilai daya dukung tanah akan semakin tinggi. Pada variasi kedalaman ( $D_f$ ) metode Terzaghi dan Ohsaki selain memiliki nilai yang mendekati sama, seperti halnya pada variasi lebar pondasi (B) metode Terzaghi memiliki nilai daya dukung tanah yang paling rendah. Nilai daya dukung tanah yang paling tinggi adalah metode Vesic.

#### 4.2 Pondasi Dangkal terhadap Beban Miring

##### a. Pondasi memanjang

Grafik hubungan variasi lebar pondasi terhadap daya dukung tanah pada fondasi memanjang diilustrasikan pada Gambar 14. Sementara grafik hubungan variasi kedalaman pondasi terhadap daya dukung tanah diilustrasikan pada Gambar 15.

##### b. Pondasi bujur sangkar

Grafik hubungan variasi lebar pondasi terhadap daya dukung tanah pada fondasi bujur sangkar diilustrasikan pada Gambar 16. Sementara grafik hubungan variasi kedalaman pondasi terhadap daya dukung tanah diilustrasikan pada Gambar 17.

##### c. Pondasi empat persegi panjang

Grafik hubungan variasi lebar pondasi terhadap daya dukung tanah pada pondasi empat persegi panjang diilustrasikan pada Gambar 18. Sementara grafik hubungan variasi kedalaman

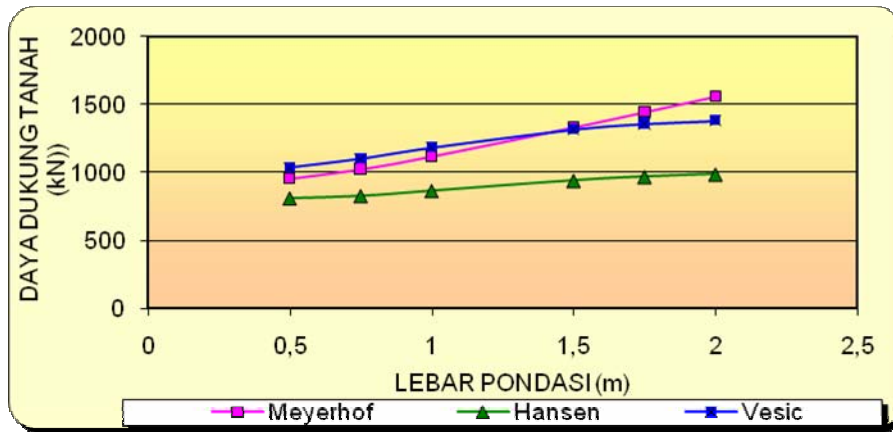
pondasi terhadap daya dukung tanah diilustrasikan pada Gambar 19.

d. Pondasi lingkaran

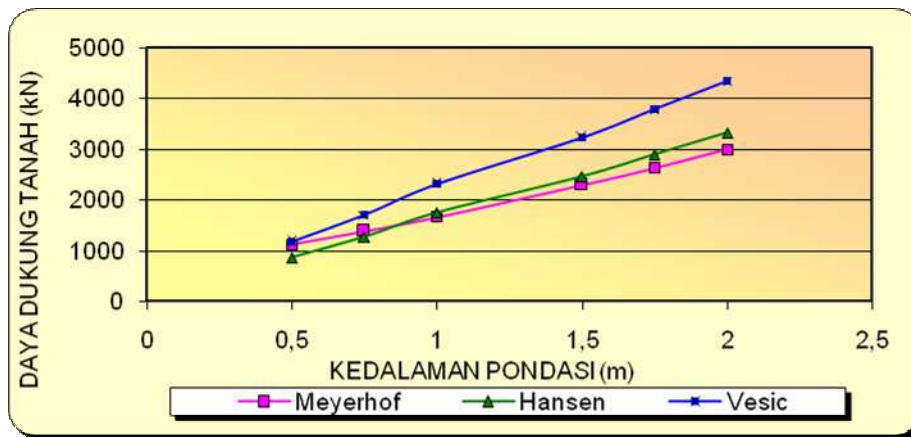
Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah pada pondasi lingkaran diilustrasikan pada Gambar 20. Sementara grafik hubungan variasi kedalaman pondasi terhadap daya dukung tanah diilustrasikan pada Gambar 21.

Dari gambar 14, 16, 18, dan 20 terlihat bahwa untuk variasi lebar fondasi (B) dari ke tiga metode (Terzaghi dan Ohsaki tidak dapat digunakan untuk beban miring) untuk pengaruh

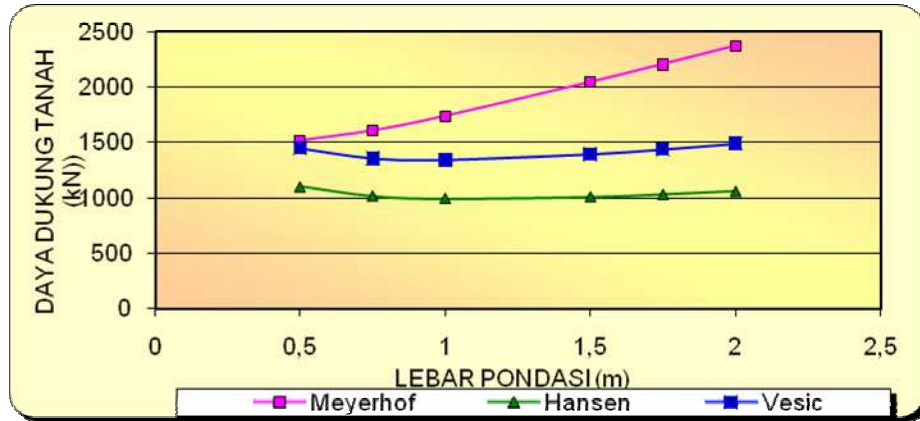
bentuk dalam hal ini bentuk memanjang, bujur sangkar, empat persegi panjang dan lingkaran mempunyai nilai yang signifikan terhadap perubahan dimensi pondasi. Tetapi pada metode Hansen dan Vesic, bentuk pondasi bujur sangkar dan lingkaran pada  $B > 0,5$  nilai daya dukung yang menurun. Namun bila  $B \geq 1,5$  m nilai daya dukung tanah akan meningkat kembali. Dari ketiga metode tersebut nilai daya dukung tanah yang paling rendah untuk variasi lebar fondasi (B) adalah metode Hansen. Sedangkan nilai daya dukung tanah yang paling tinggi adalah Meyerhof.



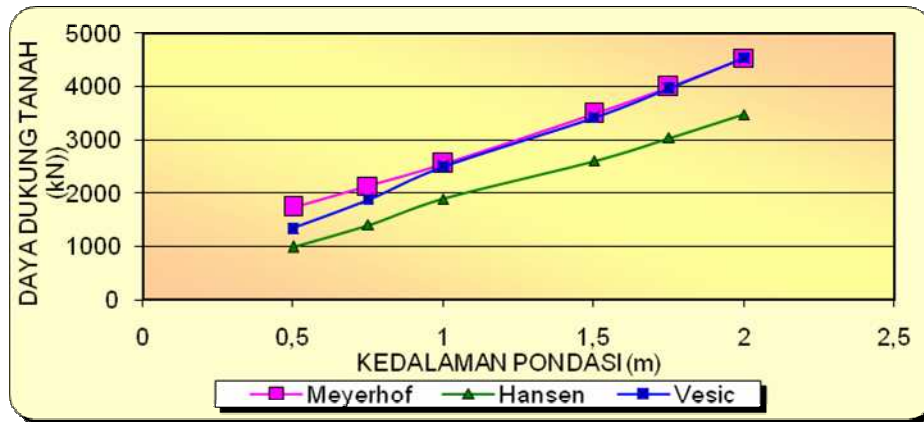
Gambar 14. Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah



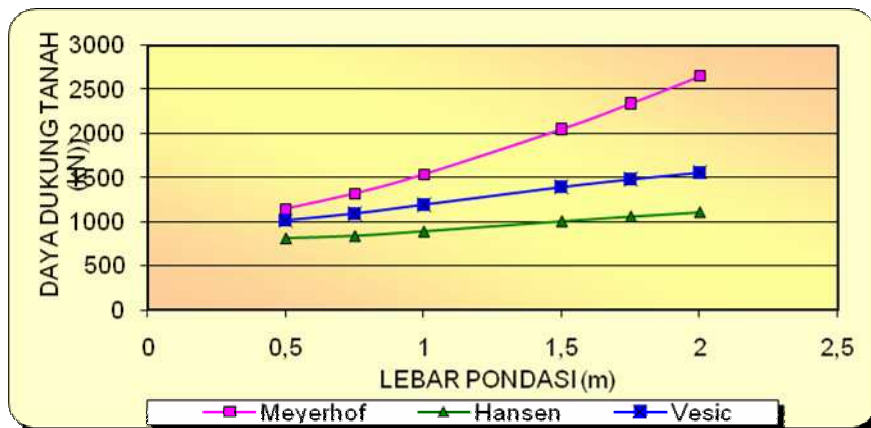
Gambar 15. Grafik hubungan variasi kedalaman fondasi terhadap daya dukung tanah



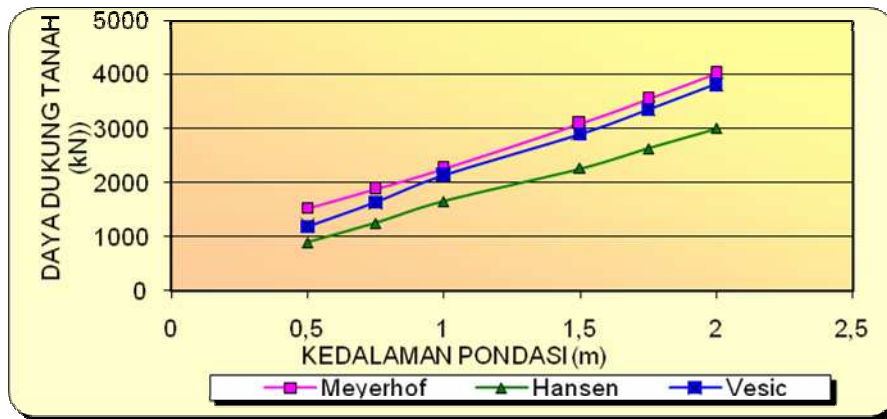
Gambar 16. Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah



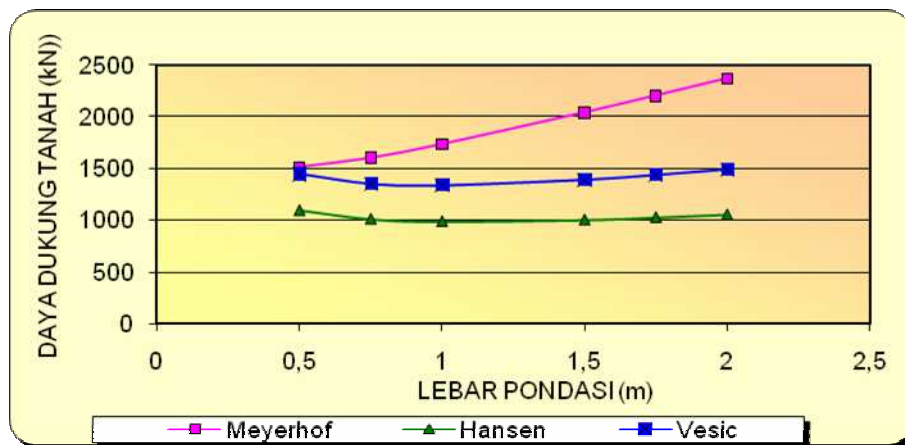
Gambar 17. Grafik hubungan variasi kedalaman fondasi terhadap daya dukung tanah



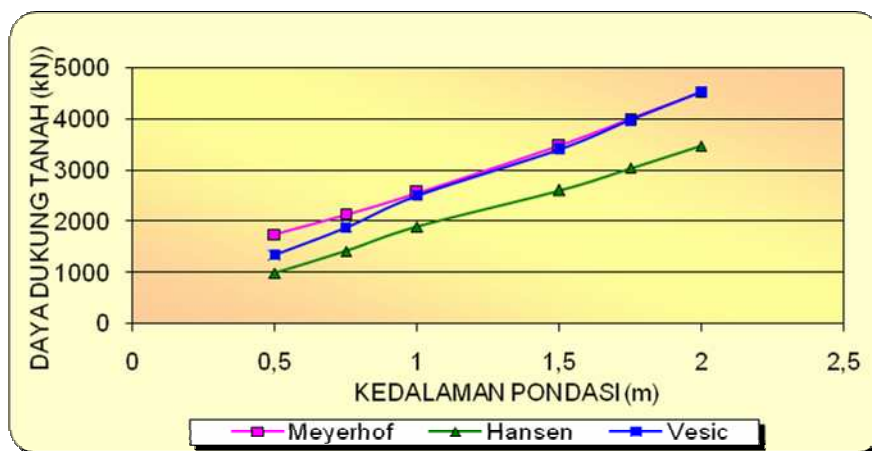
Gambar 18. Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah



Gambar 19. Grafik hubungan variasi kedalaman fondasiterhadap daya dukung tanah



Gambar 20. Grafik hubungan variasi lebar fondasi terhadap daya dukung tanah



Gambar 21. Grafik hubungan variasi kedalaman fondasiterhadap daya dukung tanah

Untuk variasi kedalaman fondasi ( $D_f$ ) pada gambar 15, 17, 19, dan 21 dari ketiga metode tersebut memiliki bentuk grafik yang cenderung sama yaitu semakin bertambah kedalaman maka nilai daya dukung tanah akan semakin tinggi. Nilai daya dukung tanah yang paling tinggi pada pondasi memanjang adalah metode Vesic, sedangkan nilai daya dukung tanah yang paling rendah adalah metode Meyerhof. Namun pada pondasi bujur sangkar, empat persegi panjang dan lingkaran nilai daya dukung tanah yang paling tinggi adalah metode Meyerhof dan yang paling rendah adalah metode Hansen.

## 5. Kesimpulan

Perhitungan daya dukung tanah untuk pondasi memanjang, bujur sangkar, empat persegi panjang dan lingkaran dengan beban sentris, Metode Terzaghi dan Ohsaki memiliki nilai daya dukung tanah yang hampir sama. Metode Hansen dan Vesic juga memiliki nilai yang cenderung sama, hanya Meyerhof yang memiliki nilai yang berbeda sendiri. Untuk beban miring, metode Hansen, Vesic dan Meyerhof mempunyai nilai yang cenderung berbeda. Tetapi metode Hansen dan Vesic pada variasi lebar fondasi ( $B$ ) pada fondasi bujursangkar dan lingkaran yaitu  $B > 0,5$  m terjadi penurunan nilai daya dukung tanah dan pada  $B \geq 1,5$  m meningkat kembali nilainya.

Daya dukung tanah pada pondasi dengan beban sentris diperoleh hasil bahwa sebaiknya yang digunakan metode Terzaghi karena selain rumusnya yang sederhana, nilai daya dukung tanah yang relatif lebih kecil dibanding metode yang lain, sehingga dapat dikatakan lebih aman. Untuk beban miring sebaiknya digunakan perhitungan daya dukung tanah pada pondasi dangkal dengan metode Meyerhof karena memperoleh nilai daya dukung tanah yang relatif lebih stabil kenaikannya yaitu semakin besar lebar fondasi maka semakin besar pula daya dukungnya.

## 6. Daftar Pustaka

- Bowles, J, E. 1992, *Analisis dan Desain Fondasi*, Jilid 1, Edisi keempat, Erlangga. Jakarta
- Craig, R, F, 1991, *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Erlangga. Jakarta
- Das, B, M, 1995, *Principles Of Geotechnical Engineering*, Third Edition. PWS Publishing Company. Boston

Das, B, M, 1997, *Principles Of Foundation Engineering*, Third Edition. PWS Publishing Company. Boston

Fijihastuti, 2006, *Studi Variasi Daya Dukung Tanah Terhadap Fondasi Dangkal Beberapa Jenis Tanah Pada Lokasi Jalan Soekarno – Hatta*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako. Palu

Gunawan, R, 1985, *Pengantar Teknik Fondasi*, Kanisius. Yogyakarta

Hardiyatmo, H, C, 2002a, *Teknik Fondasi I*, Edisi Kedua. PT. Gramedia. Jakarta

Hardiyatmo, H, C, 2002b, *Mekanika Tanah II*, Edisi Kedua. PT. Gramedia. Jakarta

Sosrodarsono, S, Nakazawa, K, 1990, *Mekanika Tanah dan Teknik Fondasi*, Pt. Pradnya Paramita. Jakarta.