

PENGARUH TINGKAT KEPADATAN TANAH TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH

Martini *

Abstract

To get flat land at hilly area is by doing "cut and fill", so that possibility that building slithered at area "cut and fill". Density difference of insitu soil and ground with fill soil is influence to the value bearing capacity that soil with that condition. Result of this research shows density of fill soil lower than of 13% - 39% from density insitu soil, bearing capacity of fill soil lower until 50% from bearing capacity insitu soil. But if when density of fill soil is higher (with percentage 13% - 39%) from density of insitu, value of bearing capacity increase very significant, from insitu condition, that is 55% - 848%.

Key word: : fill, density, bearing capacity

Abstrak

Untuk mendapatkan lahan yang datar pada daerah perbukitan adalah dengan melakukan "cut and fill", sehingga kemungkinan bangunan dilatakan pada daerah "cut and fill". Perbedaan kepadatan tanah asli dengan tanah timbunan akan berpengaruh pada daya dukung tanahnya. Hasil penelitian ini menunjukkan, kepadatan tanah timbunan lebih rendah 13% - 39% dari kepadatan tanah ditempat, daya dukung tanah timbunan lebih rendah hingga 50% dari daya dukung tanah asli. Tetapi bila kepadatan tanah timbunan lebih tinggi (dengan persentase 13% - 39%) dari tanah ditempat, nilai daya dukung tanah perubahan/peningkatannya sangat signifikan terhadap kondisi setempat yaitu 55% - 848%.

Kata kunci: timbunan, kepadatan, daya dukung

1. Pendahuluan

Suatu konstruksi atau bangunan dapat berdiri dengan kokoh bila ditunjang dengan daya dukung tanah yang memenuhi syarat keamanan. Beban dari suatu konstruksi akan diteruskan ke tanah melalui pondasi bangunan. Apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan (daya dukung) tanah maka tanah tersebut maka bangunan tersebut aman terhadap daya dukung tanahnya. Namun apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi. Oleh karena itu sebelum membangun suatu konstruksi perlu direncanakan

suatu pondasi disertai dengan evaluasi daya dukung tanah dasar pondasinya.

Bangunan umumnya dibangun pada tanah dasar yang merupakan tanah asli atau bisa juga tanah dasarnya merupakan tanah timbunan. Untuk kondisi bangunan yang berada di atas tanah timbunan, hal ini kemungkinan disebabkan lahan yang tidak rata/berbukit, sehingga perlu penimbunan atau pemotongan untuk mendapatkan lahan yang datar/rata. Bila tidak terjadi kesamaan pada tingkat kepadatan tanah timbunan (*remolded*) dengan tanah aslinya, maka hal ini akan menimbulkan perbedaan daya dukung serta penurunan.

-
- Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

Lahan yang berada di sepanjang jalan Soekarno-Hatta topografinya adalah perbukitan, sehingga untuk mendapatkan lahan yang rata, perlu dilakukan pemotongan ataupun penimbunan (*cut and fill*). Permasalahannya bangunan yang akan dibangun kemungkinan ada yang berada diatas tanah hasil pemotongan dan sebagian di atas tanah timbunan. Jika kondisi kepadatan tanah timbunan dan tanah asli sama, diperkirakan daya dukung dan penurunannya relatif sama, tetapi bila kepadatannya tidak sama maka daya dukungnya jelas berbeda, demikian halnya dengan penurunannya. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh kepadatan tanah timbunan terhadap daya dukung tanah. Kepadatan tanah divariasikan terhadap kondisi asli tanah dasar pondasi. Sehingga dapat diperoleh perbandingan nilai daya dukung tanah timbunan terhadap daya dukung tanah ditempat/insitu.

2. Metode Penelitian

2.1. Pondasi

Tanah harus mampu memikul beban dari setiap konstruksi teknik yang diletakkan pada tanah tanpa kegagalan (*shear failure*) geser dan dengan penurunan (*settlement*) yang dapat ditolerir untuk konstruksi tersebut. . Bagian paling bawah suatu konstruksi dinamakan "pondasi". Fungsi pondasi ini adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi. Suatu peencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi, kedua hal tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas pondasi tadi. Oleh karena itu, para insinyur sipil yang merencanakan pondasi harus

mengevaluasi daya dukung tanah yang pondasinya akan dibangun.

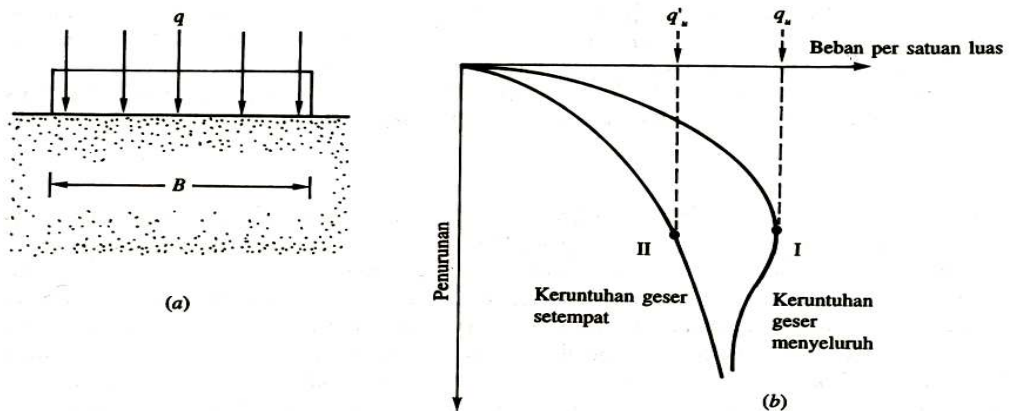
Secara umum, yang dinamakan pondasi dangkal adalah pondasi yang mempunyai perbandingan antara kedalaman dengan lebar sekitar kurang dari empat. Apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih besar dari empat, pondasi tersebut diklasifikasikan sebagai pondasi dalam. Suatu pondasi akan aman apabila:

- a. penurunan (*settlement*) tanah yang disebabkan oleh beban masih dalam batas yang diperbolehkan.
- b. keruntuhan geser dari tanah dimana pondasi berada tidak terjadi.

2.2 Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Dangkal

Untuk dapat memahami konsep daya dukung batas suatu tanah dan bentuk keruntuhan geser dalam tanah, marilah kita perhatikan model pondasi bentuk persegi yang memanjang dengan lebar B yang diletakkan pada permukaan lapisan tanah pasir padat (atau tanah yang kaku) seperti ditunjukkan dalam Gambar 1a.

Apabila beban terbagi rata q per satuan luas diletakkan di atas model pondasi. Maka pondasi tadi akan turun. Apabila beban terbagi rata (q) tersebut ditambah, tentu saja penurunan pondasi yang bersangkutan akan bertambah pula. Tetapi, bila besar $q = q_u$ (Gambar 1b) telah dicapai, maka keruntuhan daya dukung akan terjadi, yang berarti pondasi akan mengalami penurunan yang sangat besar tanpa penambahan beban q lebih lanjut. Tanah di sebelah kanan dan kiri pondasi akan menyumbul dan bidang longsor akan mencapai permukaan tanah. Hubungan antara beban dan penurunan akan seperti kurva I yang ditunjukkan dalam Gambar 1b. Untuk keadaan ini kita mendefinisikan q_u sebagai daya dukung batas dari tanah.



Gambar 1. Daya dukung batas tanah untuk kondisi dangkal:
a. Model pondasi; b. Grafik hubungan antara beban dengan penurunan (Das, 1998)

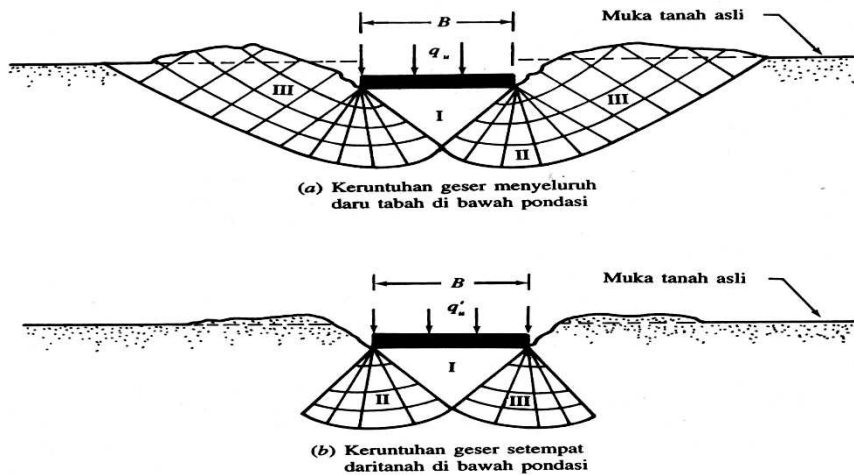
Keruntuhan daya dukung yang dijelaskan di atas dinamakan "keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*)", dan dapat dijelaskan dengan Gambar 2a. Apabila pondasi turun karena suatu beban yang diletakkan di atasnya, maka suatu zona keruntuhan blok segitiga dari tanah (zona I) akan tertekan ke bawah, dan selanjutnya, tanah dalam zona I menekan zona II dan zona III ke samping dan kemudian ke atas. Pada beban batas q_u , tanah berada dalam keseimbangan plastis dan keruntuhan terjadi dengan cara menggelincir.

Apabila model pondasi yang kita jelaskan di atas kita letakkan di atas tanah pasir yang setengah padat, maka hubungan antara beban dan penurunan akan berbentuk seperti kurva II gambar 1b. Sementara itu, apabila harga $q = q'_u$, maka hubungan antara beban dan penurunan menjadi curam dan lurus. Dalam keadaan ini, q'_u kita definisikan sebagai daya dukung batas dari tanah. Tipe keruntuhan ini dinamakan sebagai "keruntuhan geser setempat (*local shear failure*)" sebagaimana dapat kita lihat dalam Gambar 2b. Zona keruntuhan blok

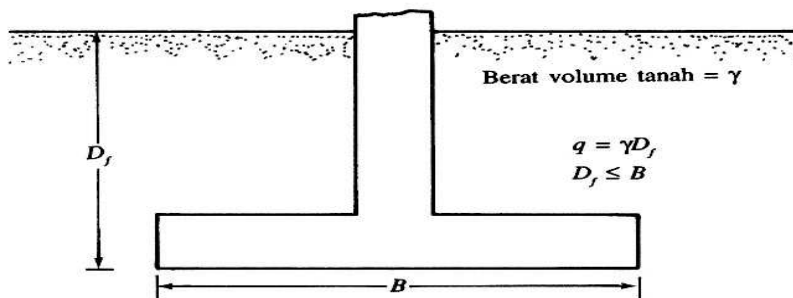
segitiga (zona I) di bawah pondasi akan bergerak ke bawah; tetapi, tidak seperti keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*), bidang keruntuhan berakhir di suatu tempat di dalam tanah.

2.3 Daya Dukung Batas Menurut Terzaghi

Teori keruntuhan plastis yang dikembangkan Prandtl digunakan oleh Terzaghi (1943) dalam Das, 1998 untuk mengevaluasi besarnya daya dukung tanah di bawah pondasi dangkal yang memanjang. Untuk pertimbangan praktis, pondasi yang mempunyai rasio antara panjang dan lebar lebih besar 5 dinamakan *pondasi lajur (strip footing)*. Menurut Terzaghi, suatu pondasi didefinisikan sebagai pondasi dangkal apabila kedalaman D_f , adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi B (Gambar 3). Disamping itu, untuk perhitungan daya dukung batas dari tanah, Terzaghi menganggap bahwa berat tanah di sebelah kanan dan kiri pondasi sampai dengan kedalaman dasar pondasi, diganti dengan beban terbagi rata (*surchage*), $q = \gamma D_f$.



Gambar 2. Bentuk keruntuhan daya dukung tanah di bawah pondasi dangkal (Das, 1998)



Gambar 3. Pondasi dangkal (Das, 1998)

$$q_u = \underbrace{c[\tan \phi(K_c + 1)]}_I + \underbrace{q[\tan \phi(K_q)]}_II + \underbrace{\gamma \cdot \frac{B}{2} \left[\frac{1}{2} \tan \phi(K_\gamma \tan \phi - 1) \right]}_III \dots\dots\dots(1)$$

Tanda-tanda I, II dan III dalam Persamaan (1) secara berurutan merupakan kontribusi dari kohesi beban luar (*surcharge*), dan berat volume tanah untuk daya dukung batas. Karena cara untuk mengevaluasi harga K_c , K_q , dan K_γ adalah sangat rumit, maka Terzaghi menggunakan suatu metode pendekatan untuk menentukan daya dukung batas q_u .

Prinsip metode pendekatannya diberikan di bawah:

a. Apabila $c = 0$ dan beban luar (*surcharge*) $q = 0$ (yaitu, $D_f = 0$), Persamaan (5) menjadi:

$$q_u = q_\gamma \cdot \frac{1}{2} \gamma B \left[\frac{1}{2} \tan \phi(K_\gamma \tan \phi - 1) \right] = \frac{1}{2} B \gamma N_\gamma \dots(2)$$

b. Apabila $\gamma = 0$ (yaitu, tanah tidak mempunyai berat) dan $q = 0$, Persamaan (1) menjadi:

$$q_u = q_c = \underbrace{c[\tan \phi(K_c + 1)]}_{N_c} = cN_c \dots\dots(3)$$

c. Apabila $\gamma = 0$ (tanah tidak mempunyai berat) dan $c = 0$ maka:

$$q_u = q_v \underbrace{\frac{1}{2} \gamma B \left[\frac{1}{2} \tan \phi (K_\gamma \cdot \tan \phi - 1) \right]}_{N_q} \dots\dots(4)$$

Dengan cara superposisi, apabila pengaruh berat volume tanah, kohesi dan beban luar (surcharge) diperhitungkan, maka diperoleh:

$$q_u = q_c + q_q + q_\gamma = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \dots\dots(5)$$

Persamaan (5) ini dinamakan "persamaan daya dukung menurut Terzaghi". Sedangkan parameter-

parameter N_c , N_q , dan N_γ dinamakan "faktor daya dukung". Harga-harga daya dukung tersebut akan diberikan dalam Gambar 4.

Untuk pondasi bentuk lingkaran dan bujur sangkar, persamaan daya dukung batas yang disyaratkan oleh Terzaghi adalah sebagai berikut:

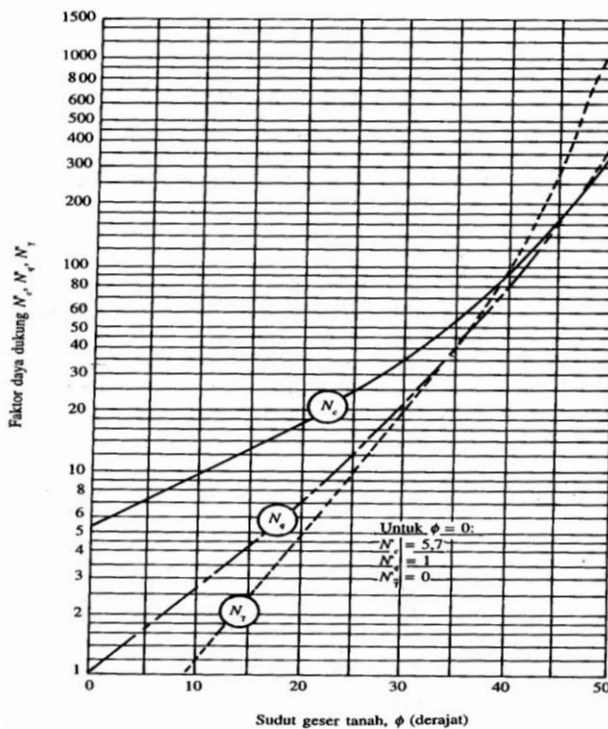
a. Pondasi bentuk bujur sangkar:

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,4 \gamma B N_\gamma \dots\dots(6)$$

b. Pondasi lingkaran

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,3 \gamma B N_\gamma \dots\dots(7)$$

B = diameter pondasi



Gambar 4. Faktor daya dukung untuk keruntuhan geser menyeluruh menurut Terzaghi (Das, 1998)

2.4 Angka keamanan

Umumnya, angka keamanan F_s , yang besarnya sekitar 3 digunakan untuk menghitung daya dukung yang diijinkan untuk tanah di bawah pondasi. Hal ini dilakukan mengingat bahwa dalam keadaan yang sesungguhnya, tanah tidak homogen dan tidak isotropis sehingga pada saat mengevaluasi parameter-parameter dasar dari kekuatan tanah ini kita menemukan banyak ketakpastian.

Tiga definisi yang berbeda mengenai daya dukung yang diijinkan untuk pondasi dangkal, yaitu: daya dukung ijin *gross*, daya dukung ijin *netto*, dan daya dukung ijin *gross* dengan memberikan angka keamanan terhadap keruntuhan geser.

Daya dukung ijin *gross*, q_{ijin} dapat dihitung sebagai berikut:

$$q_{ijin} = \frac{q_u}{F_s} \dots\dots\dots(8)$$

q_{ijin} yang didefinisikan oleh Persamaan (8) adalah beban per satuan luas yang diijinkan untuk dibebankan pada tanah di bawah

pondasi, agar kemungkinan terjadinya keruntuhan dapat dihindari. Beban tersebut termasuk (Gambar 9); (a) beban mati dan beban hidup di atas permukaan tanah, $W_{(D+L)}$; (b) berat pondasi itu sendiri W_F , dan (c) berat tanah yang terletak tepat di atas pondasi W_s . Jadi,

$$q_{ijin} = \frac{q_u}{F_s} = \left[\frac{W_{(D+L)} + W_F + W_s}{A} \right] \frac{1}{F_s} \dots\dots(9)$$

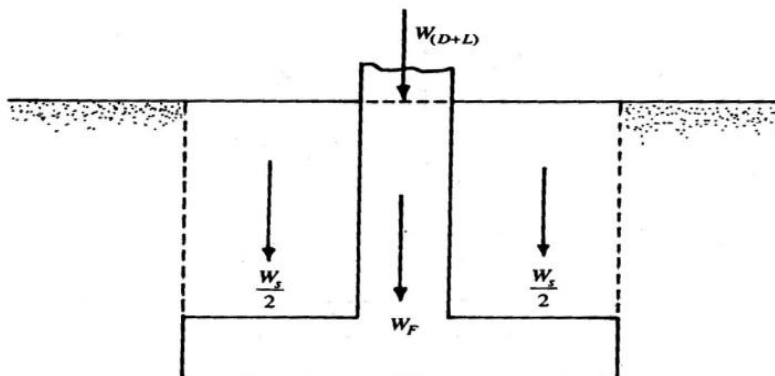
dengan

A = luas dasar pondasi

Daya dukung ijin *netto* dari pondasi adalah beban per satuan luas yang diijinkan untuk suatu pondasi tanpa memasukkan berat tanah di sebelah kanan dan kiri pondasi dari permukaan tanah sampai dengan kedalaman dasar pondasi (*surchage*) yang besarnya adalah $q = \gamma D_f$. Jadi beban batas *netto* adalah:

$$q_{u (net)} = q_u - q \dots\dots\dots(10)$$

$$q_{ijin (net)} = \frac{q_{u (net)}}{F_s} = \frac{q_u - q}{F_s} \dots\dots(11)$$



Gambar 5. Beban mati dan beban hidup di atas permukaan tanah $W_{(D+L)}$; berat pondasi itu sendiri W_F , dan berat tanah yang terletak tepat di atas pondasi W_s (Das, 1998)

Apabila kita menganggap berat beban luar (*surcharge*) adalah hampir sama dengan berat pondasi dan tanah di atasnya, atau

$$q = \gamma D_f = \frac{W_s + W_F}{A} \dots\dots\dots(12)$$

maka:

$$q_{ijin (net)} = \frac{W_{(D+L)}}{A} = \frac{q_u - q}{F_s} \dots\dots\dots(13)$$

Dalam beberapa keadaan, angka keamanan daya dukung batas *gross* dan *netto* adalah sekitar 3 sampai dengan 4, sedangkan untuk keruntuhan geser angka keamanan 2 sampai dengan 3 dianggap cukup.

Faktor lain yang harus kita perhatikan adalah besar penurunan pondasi yang diijinkan. Penurunan pondasi yang disebabkan oleh beban batas, q_u (atau q_u') mungkin berkisar antara 5% sampai dengan 25 % dari B (lebar pondasi) untuk tanah berpasir, dan antara 3% sampai dengan 15% dari B untuk tanah lempung.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Lokasi penelitian/pengambilan Sampel

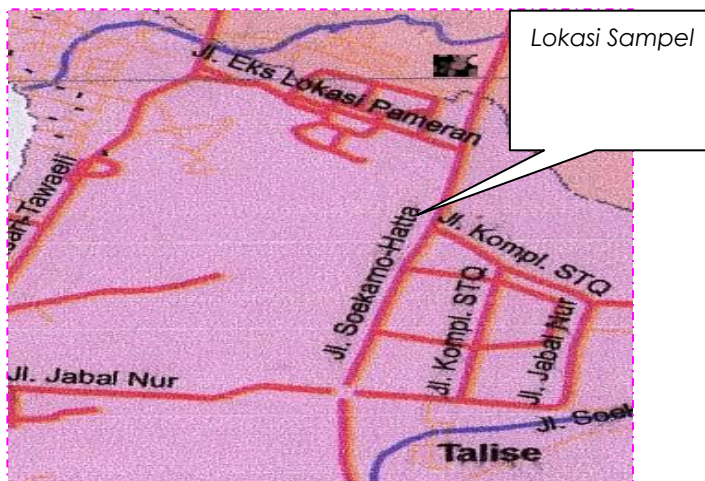
Lokasi penelitian adalah lahan yang berada disekitar Jalan Soekarno-Hatta, alasannya dengan topografi yang tidak datar/berbukit, maka bila digunakan sebagai lahan pemukiman/konstruksi bangunan, yang perlu dilakukan meratakan lahan tersebut, baik dengan pemotongan atau penimbunan.

Jenis tanah pada lokasi tersebut merupakan tanah berbutir kasar (pasir dan kerikil) yang mengandung sedikit butiran halus.

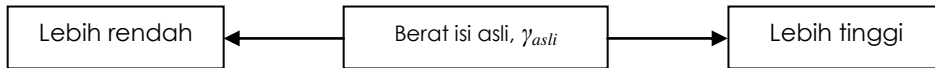
3.2 Uji laboratorium

a. Uji berat isi tanah

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat isi tanah di lapangan (tanah tak terganggu) dan *remolded*. Untuk melakukan pengujian ini diperlukan beberapa peralatan antara lain cincin uji yang berdiameter 6 cm dengan tinggi 3 cm, pisau pemotong contoh tanah dan neraca dengan ketelitian 0,01 gram untuk menimbang berat contoh tanah.



Gambar 6. Peta lokasi penelitian
(Sumber: Peta rupa bumi)



Gambar 7. Penentuan variasi nilai kepadatan tanah berdasarkan berat isi asli

Tabel 1. Hasil pengujian berat isi untuk tanah tak terganggu (undisturbed)

No	Contoh Tanah	Berat Isi Basah, ϕ (gr/cm ³)	Berat Isi Kering, γ_d (gr/cm ³)
1	I	1,44	1,29
2	II	1,41	1,28
3	III	1,40	1,27
4	IV	1,59	1,56
5	V	1,66	1,46

Tabel 2. Hasil pengujian berat isi untuk tanah remolded

No. Contoh	Berat Isi Basah (gr/cm ³)						Berat Isi Kering (gr/cm ³)					
	γ_{b1}	γ_{b2}	γ_{b3}	γ_{b4}	γ_{b5}	γ_{b6}	γ_{d1}	γ_{d2}	γ_{d3}	γ_{d4}	γ_{d5}	γ_{d6}
I	0.81	1.01	1.22	1.60	1.80	2.02	0.78	0.97	1.16	1.54	1.73	1.94
II	0.81	1.01	1.22	1.60	1.80	2.02	0.78	0.97	1.17	1.54	1.73	1.94
III	0.80	1.01	1.21	1.59	1.79	1.99	0.78	0.99	1.18	1.52	1.69	1.91
IV	0.99	1.19	1.39	1.79	1.99	2.19	0.78	0.99	1.20	1.58	1.78	1.98
V	1.06	1.26	1.46	1.86	2.06	2.26	0.73	0.91	1.08	1.44	1.62	1.81

b. Pengujian geser langsung

Pengujian ini dilakukan terhadap tanah tak terganggu dan tanah remolded dengan alat uji geser langsung (*direct shear*). Maksud dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui parameter-parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (*c*) dan sudut gesek (ϕ) sampel tanah tak terganggu dan remolded.

Benda uji adalah contoh tanah tak terganggu dan remolded. Untuk

tanah tak terganggu benda uji diambil dengan cara dicetak dari tabung sampel dengan cetakan berdiameter 6 cm dan tinggi 3 cm kemudian dikeluarkan dari cetakan dan dimasukkan ke dalam cincin sampel yang berukuran sama dengan cetakan, dan dibuat sebanyak 3 buah benda uji.

Untuk benda uji remolded perlakuannya sama dengan tanah tak terganggu, perbedaannya adalah

benda uji dicetak langsung ke dalam cetakan sampai dicapai berat isi (kepadatan) yang diinginkan. Pada pengujian geser langsung ini akan dilakukan variasi kepadatan tanah, maka yang pertama kali diuji adalah nilai berat isi asli tanah tak terganggu, sudut gesek asli (ϕ) dan kohesi asli c . Bila nilai berat isi asli tanah di lapangan sudah diketahui, maka selanjutnya variasi kepadatan tanah diatur berdasarkan nilai berat isi asli.

Berdasarkan nilai γ_{asli} , dibuat tingkat kepadatan tanah *remolded* dengan nilai berat isi yang lebih rendah dan lebih tinggi dari nilai berat isi asli γ_{asli} , kemudian masing-masing dilakukan uji geser langsung untuk mendapatkan nilai c dan ϕ untuk masing kepadatan yang lebih rendah/tinggi dari kepadatan aslinya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil uji sifat-sifat tanah

Hasil pengujian berat isi untuk tanah tak terganggu(*undisturbed*) ditabelkan pada Tabel 1.

Hasil pengujian berat isi untuk tanah *remolded* ditabelkan pada Tabel 2.

Kepadatan tanah timbunan divariasikan dengan menetapkan 3 nilai berat isi yang lebih besar dan 3 nilai berat isi yang lebih kecil dari berat isi tanah tak terganggu pada masing-masing titik sampel. Kepadatan sampel *remolded* (timbunan) dibentuk dengan diturunkan dan dinaikan dari kondisi aslinya sebesar 13% - 39 %.

Hasil pengujian geser langsung untuk tanah tak terganggu dan tanah *remolded* diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian geser langsung

No. Contoh	Tanah <i>undisturbed</i>			Tanah <i>remolded</i>		
	γ kg/cm ³	c (kg/cm ²)	ϕ (Derajat)	γ kg/cm ³	c (kg/cm ²)	ϕ (Derajat)
1	1,44	0.08	38.59	0,81	0.07	23.30
				1,01	0.09	23.90
				1,22	0.07	24.51
				1,60	0.06	39.03
				1,80	0.16	47.11
				2,02	0.17	47.78
2	1,41	0.19	34.86	0,81	0.05	23.32
				1,01	0.10	23.90
				1,22	0.06	26.29
				1,60	0.15	39.89
				1,80	0.14	46.09
				2,02	0,17	47,78
3	1,40	0.14	30.23	0,8	0.14	22.06
				1,01	0.14	25.11
				1,22	0.14	29.13
				1,59	0.14	34.86
				1,79	0.14	45.37
				1,99	0.14	46.78

Tabel 3. Hasil pengujian geser langsung

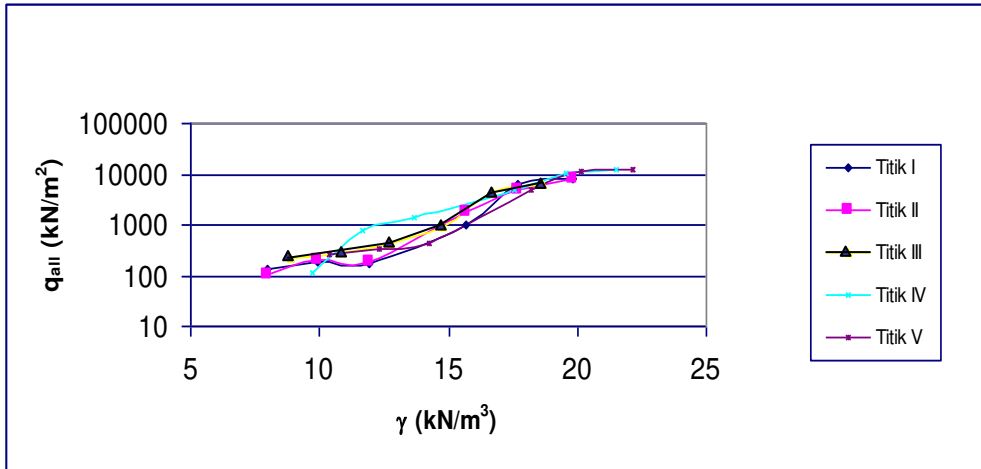
No. Contoh	Tanah <i>undisturbed</i>			Tanah <i>remolded</i>		
	γ kg/cm ³	c (kg/cm ²)	ϕ (Derajat)	γ kg/cm ³	c (kg/cm ²)	ϕ (Derajat)
4	1,59	0.12	42.76	0,99	0.09	18.88
				1,19	0.16	33.37
				1,39	0.15	38.59
				1,79	0.16	45.73
				1,99	0.17	49.37
				2,19	0.16	51.15
5	1,66	0.11	42.76	1,06	0.12	25.70
				1,26	0.11	27.44
				1,46	0.12	32.86
				1,86	0.14	46.08
				2,06	0.17	49.67
				2,26	0.16	50.57

Hasil pengujian geser langsung untuk tanah tak terganggu diperoleh besarnya nilai kohesi (c) kelima titik berkisar antara 0,07 – 0,19 Kg/cm² dan besarnya sudut gesek (ϕ) berkisar antara 30,23° – 42,76°. Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap contoh tanah *remolded* menunjukkan kecenderungan bertambahnya sudut gesek tanah sejalan dengan bertambahnya kepadatan tanah sedangkan untuk nilai kohesi cenderung tetap. Namun nilai kohesi untuk tanah *remolded* cenderung sama dengan tanah tak terganggu. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin bertambahnya kepadatan berarti sudut geseknya bertambah tetapi tidak secara signifikan mempengaruhi nilai kohesinya karena jenis tanahnya adalah tanah berbutir sehingga lebih berpengaruh terhadap gesekan. Adanya perbedaan parameter kuat gesek dari beberapa sampel tanah tak terganggu maupun sampel tanah *remolded* dengan berat volume tanah yang sama, bahkan ada pula sampel dengan berat isi yang lebih besar justru parameter kuat geseknya lebih kecil dibandingkan dengan sampel yang berat volume tanahnya lebih kecil atau sebaliknya. Ini dipengaruhi oleh komposisi tanahnya

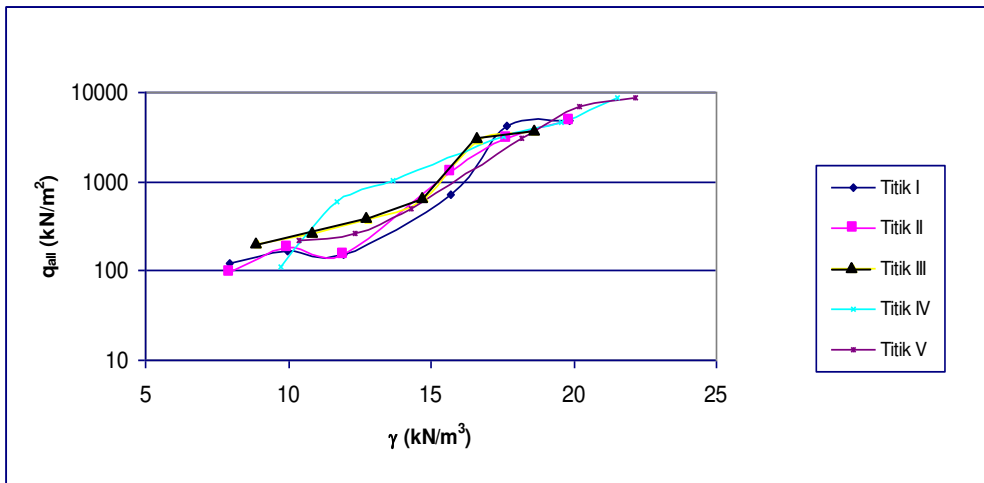
serta distribusi ukuran butirannya dan kemungkinan dikarenakan faktor-faktor lain pada saat perlakuan sampel.

4.2 Hasil perhitungan Daya Dukung Tanah

Dari hasil perhitungan nilai daya dukung tanah antara teori Terzaghi dan teori Meyerhof memiliki perbedaan. Teori Terzaghi memiliki nilai daya dukung yang lebih kecil dibanding teori Meyerhof. Dari perhitungan daya dukung dengan parameter tanah titik 1, persentase perbedaan 29%. Meyerhof mempertimbangkan faktor pengaruh kedalaman pondasi, bentuk pondasi dan kemiringan beban, sedangkan Terzaghi hanya mempertimbangkan faktor bentuk pondasi, sehingga walaupun nilai-nilai faktor kapasitas dukung yang diberikan Meyerhof lebih rendah daripada yang disarankan oleh Terzaghi, besarnya nilai kapasitas dukung yang diberikan oleh Meyerhof lebih besar dibandingkan nilai kapasitas dukung yang diberikan oleh Terzaghi. Hal tersebut dapat dilihat dari Tabel 4 dan Gambar 10. Perbedaan tersebut juga dapat dilihat pada gambar 10 .



Gambar 8. Grafik daya dukung tanah berdasarkan teori Terzaghi



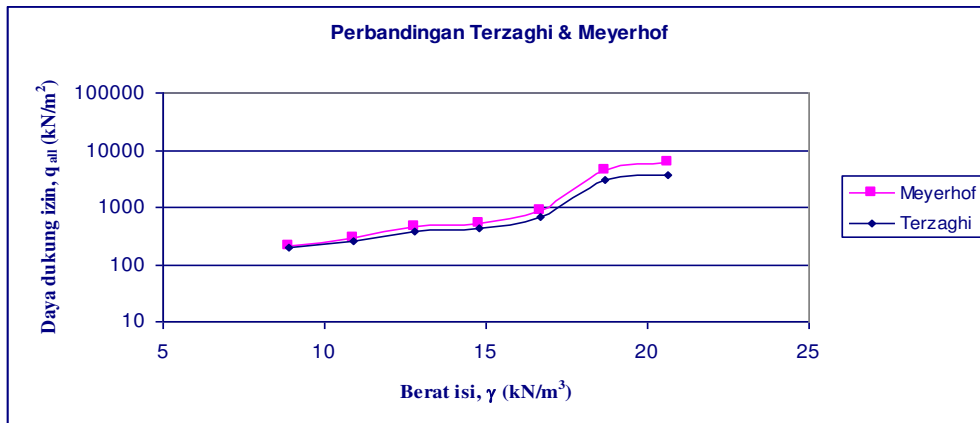
Gambar 9. Grafik daya dukung tanah berdasarkan teori Meyerhof

Table 4. Hasil perhitungan perbandingan daya dukung Terzaghi dan Meyerhof (titik 1)

Parameter	Terzaghi	Meyerhof
B	0.5	0.5
Df	0.5	0.5
MAT	0	0
c	5,87 kN/m ²	5,87 kN/m ²
ϕ	39,03°	39,03°
γ	15,70 kN/m ³	15,70 kN/m ³
N _c	81	68,11

Table 4. Hasil perhitungan perbandingan daya dukung Terzaghi dan Meyerhof (titik 1) , lanjutan

Parameter	Terzaghi	Meyerhof
N_q	69	56,21
N_γ	79	92,8
q_u	1409.66 kN/m ²	2008,52 kN/m ²
Persentase	29,81 %	



Gambar 10. Grafik perbandingan daya dukung tanah antara teori Terzaghi dan Meyerhof

Tabel 5. Persentase perubahan berat isi tanah antara tanah tak terganggu (*undisturbed*) dan *remolded* dan persentase perubahan daya dukung tanah.

Terzaghi				Meyerhof			
$\gamma_d =$ 14,77 (kN/m ³)	Persentase perubahan (%)	$q_{all} =$ 427,65 (kN/m ²)	Persentase perubahan (%)	$\gamma_d =$ 14,77 (kN/m ³)	Persentase perubahan (%)	$q_{all} =$ 522,79 (kN/m ²)	Persentase perubahan (%)
8.90	-39,70	203.74	-52,35	8.90	-39,70	216.74	-58,54
10.88	-26,31	258.53	-39,54	10.88	-26,31	292.86	-43,98
12.79	-13,32	375.86	-12,11	12.79	-13,32	449.92	-13,93
16.69	13,04	665.59	55,63	16.69	13,04	906.24	73,34
18.67	26,42	2980.23	596,88	18.67	26,42	4341.1 2	730,37
20.64	39,81	3643.28	848,47	20.64	39,81	6050.95	1057,43

4.3 Kondisi kepadatan tanah timbunan terhadap daya dukung tanah.

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung baik menggunakan teori Terzaghi maupun Meyerhof pada beberapa sampel (diambil sampel 3) dapat dilihat pengaruh tingkat kepadatan tanah yaitu apabila tingkat kepadatan tanahnya lebih rendah dari kepadatan tanah aslinya (berkurang sebesar 13% - 39 %) maka daya dukung tanahnya berkurang/ menurun dari kondisi aslinya 12,11 % - 52,35% untuk Terzaghi, untuk Meyerhof daya dukung berkurang sebesar 13,93 % - 58,54%. Tetapi apabila kepadatan tanahnya dinaikkan (dengan persentase 13 % - 39%) nilai daya dukung tanah perubahan/peningkatannya sangat signifikan terhadap kondisi asli yaitu 55% - 848% terhadap kondisi aslinya.

Berdasarkan hasil yang diperlihatkan pada tabel 5, apabila kepadatan tanah timbunan terjadi penurunan sebesar 13% - 39% dari kondisi kepadatan tanah asli, maka daya dukung tanah cenderung menurun hingga 50%. Tetapi untuk nilai kepadatan tanah timbunan yang lebih besar dari kondisi aslinya yaitu 13% - 39%, daya dukung tanah timbunan sangat besar kenaikannya. Sehingga dari kondisi ini dapat disimpulkan kepadatan tanah timbunan sebaiknya sama dengan kondisi asli di tempat. Selain nilai daya dukung yang berbeda, penurunan yang terjadi juga berbeda, baik kondisi kepadatan tanah timbunan lebih rendah atau lebih tinggi dari aslinya.

Apabila pondasi bangunan rumah /gedung diletakan pada tanah asli semuanya tidak akan menimbulkan masalah dalam penentuan dimensi. Tetapi bila dalam keadaan terpaksa pondasi diletakan pada tanah timbunan, yang perlu diperhatikan adalah kepadatannya, agar tidak terjadi perbedaan yang mencolok mengenai daya dukung dan penurunan yang akan terjadi pada pondasi terhadap tanah aslinya. Tanah timbunan yang lebih padat dari aslinya,

ditinjau dari segi daya dukung dan penurunan akan menguntungkan, tetapi bila dalam satu bangunan terjadi penurunan yang berbeda-beda antara perletakan pondasi akan menimbulkan kerusakan pada bangunan misalnya retak-retak pada sambungan kolom dan dinding.

5. Penutup

Pemukiman/bangunan yang akan dibangun di atas lahan yang merupakan hasil pemotongan dan timbunan, sebaiknya memperhatikan kepadatan tanah timbunan. Kepadatan tanah timbunan diusahakan sama dengan kondisi kepadatan tanah ditempat . Perbedaan kepadatan tanah timbunan dengan tanah asli/ditempat akan menimbulkan kerusakan pada bangunan akibat daya dukung dan penurunan tanah yang tidak sama.

Pondasi bangunan/bangunan sebaiknya diletakan pada tanah asli, walaupun kondisi lahan yang tidak rata/berbukit. Hal ini dapat dicapai dengan menata elevasi lantai bangunan, yang disesuaikan dengan elevasi tanah asli setelah diratakan/dipotong.

6. Daftar Pustaka

- Bowles, J., 1992, *Analisis dan Desain Pondasi*, Erlangga, Jakarta
- Das, B.M, 1997, *Principles of Geotechnical Engineering*, Fourth Edition, PWS Publishing Company, Boston
- Das, B.M, 1995, *Principles of Foundation Engineering*, Third Edition, PWS Publishing Company, Boston
- Hunt, R.E., *Geotechnical Engineering Investigation Handbook*, Second Edition,
- Terzaghi, K., etc, 1996, *Soil Mechanics In Engineering Practice*, Third Edition, John Wiley & Sons Inc., Canada.