

HUBUNGAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK TANAH DENGAN NILAI DAYA DUKUNG TANAH FONDASI DANGKAL DI KECAMATAN CIBIRU DAN SEKITARNYA KABUPATEN BANDUNG JAWA BARAT

Muhamad Almizan^{1*}, Zufialdi Zakaria¹, Raden Irvan Sophian¹

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: muhamad14014@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Cibiru merupakan daerah yang termasuk kawasan Bandung yang pembangunan infrastrukturnya sedang berkembang, untuk menghindari kegagalan pembangunan infrastruktur, seperti keruntuhan, bangunan ambles, dan lainnya, maka dibutuhkan kajian khusus untuk menghindari masalah tersebut. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi nilai daya dukung tanahnya salah satunya karakteristik sifat fisik dan mekanik tanah tersebut. Proses pengambilan data melakukan pemetaan geologi teknik untuk daerah permukaan dan pengambilan sampel tidak terganggu menggunakan *shelby tube* dengan kedalaman sekitar 1 – 1,5 m. Dari data tersebut dilakukan uji laboratorium *basic physical properties* untuk mendapatkan sifat fisik tanah, dan uji triaksial untuk mendapatkan sifat mekanik tanah. Hasil penelitian ini didapatkan persebaran tanah permukaan didominasi oleh CH, sedangkan hasil uji laboratorium menunjukkan persebaran tanah dalam disusun oleh MH. Nilai parameter antar sifat fisik tanah memiliki hubungan korelasi yang kuat berdasarkan Soedjana (1992), begitu pula dengan sifat mekanik yang akan mempengaruhi nilai daya dukungnya. Daya dukung berkisar 9,49 – 56,58 ton/m² dan dibuat peta sebaran yang dibagi berdasarkan kuartil yang menghasilkan 3 zona, yaitu zona rendah, sedang, dan tinggi. Jadi, pembangunan infrastruktur yang efisien sebaiknya dilakukan pada zona daya dukung yang tinggi.

Kata kunci : Daya Dukung Tanah, Korelasi, Sifat Fisik, Sifat Mekanik

ABSTRACT

Cibiru is an area that belongs to Bandung whose infrastructure development is developing, to avoid the failure of infrastructure development, such as collapse, subsidence, etc. special studies are needed to avoid such problems. Many factors can affect the value of bearing capacity one of them characteristics of physical and mechanical properties of the soil. The method used engineering geological mapping for the surface area and undisturbed sampling using a shelby tube with a depth of about 1 - 1.5 m. From the data, basic physical properties lab tests to obtain soil physical properties, and triaxial test to obtain soil mechanical properties. The result of this research showed that surface soil distribution is dominated by CH, whereas the result of laboratory test showed the distribution of soil in composed by MH. The parameter values between soil physical properties have a strong correlation relationship based on Soedjana (1992), as well as the mechanical properties that will affect the value of its carrying capacity. Bearing capacity ranged from 9.49 to 56.58 tons/m² and a split map was made based on quartiles that produced 3 zones, low, medium, and high zones. Thus, efficient infrastructure development should be carried out in a high bearing capacity zone.

Keywords: Bearing Capacity, Correlation, Physical and Mechanical Properties

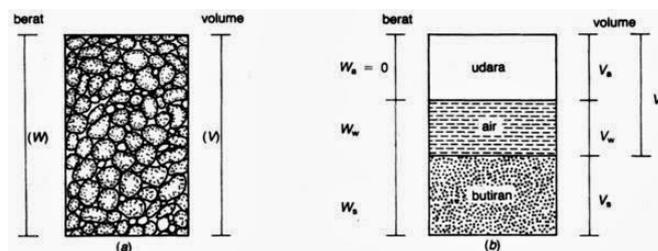
1. PENDAHULUAN

Cibiru merupakan nama suatu daerah yang masuk dalam kawasan Bandung dan pembangunan di daerah ini sedang berkembang, sebelum dilakukannya pembangunan pada daerah ini maka dibutuhkan kajian mengenai daya dukung tanah sebagai bahan pertimbangan beban bangunan yang akan dibangun di atas tanah tersebut. Nilai daya dukung tanah pada suatu daerah dapat menggambarkan kekuatan tanahnya sehingga pembangunan infrastruktur harus memperhatikan nilai daya dukungnya agar kegagalan pembangunan dapat dihindari. Nilai daya dukung tanah dipengaruhi oleh berbagai parameter sifat fisik dan mekanik tanah itu sendiri, hal-hal yang mempengaruhi itulah yang menjadikan nilai daya dukung tanah dapat beragam tergantung kondisinya. Hal seperti ini perlu diperhatikan agar kegagalan pembangunan infrastruktur dapat diminimalisasi. Lokasi penelitian secara administratif terletak di Kecamatan Cibiru dan sekitarnya, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis terletak pada 107° 42' 45,1764" - 107° 45' 28,2276" BT, 6° 52' 46,5312" - 6° 55' 28,4088" LS. Luas daerah pemetaan geologi ini adalah 25 km², termasuk dalam Peta Rupabumi Indonesia Lembar Ujungberung (1209 – 312) dan Lembar Cicalengka (1209 – 321) dilakukan pada Februari 2018 - Juni 2018.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Hubungan Massa dan Volume Tanah

Tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering hanya akan terdiri dari dua bagian yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat (butiran), pori – pori udara, dan air pori. Bagian – bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti ditunjukkan gambar di bawah.



Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah
(Hardiyatmo, 2002)

Jadi, volume total contoh tanah yang diselidiki dapat dinyatakan sebagai :

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- $V_s =$ volume butiran padat
- $V_v =$ volume pori
- $V_w =$ volume air di dalam pori
- $V_a =$ volume udara di dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan sebagai :

$$W = W_s + W_w \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan

- $W_s =$ berat butiran padat
- $W_w =$ berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat. Jadi :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : $e =$ angka pori (*void ratio*)

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total, atau

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : $n =$ porositas (*porosity*)

Hubungan antara angka pori dan porositas dapat diturunkan dari persamaan (2.1), (2.3), dan (2.4), sebagai berikut :

$$n = \frac{e}{1+e} \dots\dots\dots (2.5)$$

Istilah – istilah yang umum dipakai untuk berat adalah kadar air (*moisture content*) dan berat volume (*unit weight*).

Definisi dari istilah – istilah tersebut adalah sebagai berikut :

Kadar air (w) yang juga disebut sebagai *water content* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \dots\dots\dots (2.6)$$

Berat volume (γ) adalah berat tanah per satuan volume. Jadi,

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (2.7)$$

Berat volume dapat juga dinyatakan dalam berat butiran padat, kadar air, dan volume total. Dari persamaan (2.2), (2.8), dan (2.9) :

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{W_s \left[1 + \frac{W_w}{W_s} \right]}{V} = \frac{W_s (1+w)}{V}$$

Sifat Mekanik Tanah

Kohesi

Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam batuan, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas (Bowles, 1997). Kohesi batuan akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Nilai kohesi (c) diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung (*direct shear strength test*) dan pengujian triaxial (*triaxial test*).

Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam merupakan tahanan terhadap pelesetan antar partikel (Bowles, 1977), Semakin besar sudut geser dalamnya, maka material tersebut semakin besar tahanannya terhadap tegangan luar yang diterimanya. Menurut Hardiyatmo (2002), sudut geser dalam (ϕ) pasir sangat dipengaruhi oleh kerapatan relatif yang nilainya berkisar antara 28⁰ sampai 45⁰ (pada umumnya, diambil dari sekitar 30⁰ – 40⁰). Umumnya $\phi = 30^0$ untuk pasir longgar atau tidak padat, dan $\phi = 35^0$ untuk pasir padat.

Daya Dukung Tanah Fondasi

Dangkal

Menurut Zakaria (2016), daya dukung tanah adalah besarnya tekanan atau kemampuan tanah untuk menerima beban dari luar sehingga menjadi stabil. Kapasitas daya dukung Fondasi dangkal berhubungan dengan perancangan dalam bidang geoteknik.

Terzaghi mempersiapkan rumus daya dukung tanah yang diperhitungkan dalam keadaan ultimate bearing capacity, artinya: suatu batas nilai apabila dilampaui akan menimbulkan runtuh (collapse). Oleh sebab itu daya dukung yang diijinkan (allowable bearing capacity) harus lebih kecil daripada ultimate bearing capacity. Daya dukung batas (q_{ult} , ultimate bearing capacity; kg/cm^2 , t/m^2) suatu tanah yang berada di bawah beban fondasi akan tergantung kepada kekuatan geser (shear strength). Nilai daya dukung tanah yang diijinkan (q_a , allowable bearing capacity) untuk suatu rancang bangun fondasi ikut melibatkan faktor karakteristik kekuatan dan deformasi.

Daya dukung ijin (allowable bearing capacity, q_a) bergantung kepada seberapa besar Faktor Keamanan (F) yang dipilih. Pada umumnya nilai F yang dipilih adalah 2 hingga 5, sehingga nilai daya dukung yang diijinkan adalah sebagai berikut:

$$q_a = \frac{q_u}{F}$$

Jika $F = 3$, ini berarti bahwa kekuatan fondasi yang direncanakan adalah 3 kali kekuatan daya dukung batasnya, sehingga fondasi diharapkan aman dari keruntuhan. Dengan kondisi $q_a < q_{ult}$ maka tegangan kontak (σ_c) yang terjadi akibat transfer beban luar ke tanah bagian bawah fondasi menjadi kecil (sengaja dibuat kecil) bergantung nilai F yang diberikan (Zakaria, 2006)

Perhitungan Fondasi

Perhitungan kapasitas daya dukung tanah untuk beberapa jenis fondasi menurut cara Terzaghi adalah sebagai berikut :

- Fondasi Menerus
 $q_u = (c.N_c + \gamma.D.N_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma)$
- Fondasi Bujur Sangkar
 $q_u = (1,3.c.N_c + \gamma.D.N_q + 0,4.\gamma.B.N_\gamma)$
- Fondasi Lingkaran
 $q_u = (1,3.c.N_c + \gamma.D.N_q + 0,3.\gamma.B.N_\gamma)$

Dimana :

q_u = daya dukung batas (T/m^2)

q_a = daya dukung yang diizinkan (T/m^2)

F = faktor keamanan

B = Lebar fondasi (m)

D = Kedalaman fondasi

γ = Berat isi tanah (T/m^3)

N_c, N_q, N_γ = Faktor daya dukung, fungsi dari ϕ

ϕ = Sudut geser dalam ($^\circ$)

3. METODE

Pemetaan geologi teknik

Pemetaan geologi teknik bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai penyebaran tanah berdasarkan karakteristik-karakteristik standar Unified Classification System (USCS). Pemetaan ini bersifat tentatif atau sementara karena metode pendeskripsian tanah di lapangan didominasi pendekatan secara subyektif.

Pengambilan sampel tanah tidak terganggu (*Undisturbed Samples*)

Dari data hasil pemetaan geologi teknik yang sudah dilakukan, didapatkan penyebaran tanah yang dikelompokkan berdasarkan karakteristiknya. Setelah itu ditentukan titik-titik pengambilan sampel tanah tidak terganggu bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah secara pasti dengan analisis laboratorium yang akan dilakukan. Pada tahap ini sampel tanah diambil dengan cara menekan tabung ke dalam tanah. Pengambilan sampel dengan cara ini menghasilkan sampel tanah dengan gangguan yang sedikit. Setelah itu sampel

tanah yang sudah diambil ditutup dengan lilin dan dibungkus secara rapat agar kadar air dan kondisi tanah tidak berubah yang mendekati kondisi di lapangan. Semua metode pengambilan sampel tanah tidak terganggu yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM D 1452.

Analisis laboratorium

Tahap analisis laboratorium meliputi pengujian sifat fisik dan mekanik tanah yang diperoleh dari analisis menggunakan perangkat-perangkat di laboratorium. Tahapan ini bertujuan memperoleh parameter-parameter sifat fisik dan mekanik tanah. Jenis uji laboratorium untuk menentukan sifat fisik tanah adalah uji kadar air (*moisture content*) mengacu pada ASTM D2216-05, uji bobot isi (*unit weight*) mengacu pada ASTM D2947-04, uji berat jenis (*specific gravity*) mengacu pada ASTM D854-02, uji batas cair (*liquid limit*) mengacu pada ASTM D4318-05, uji batas plastis (*plastic limit*) mengacu pada ASTM D4318-05, analisis hidrometer (*hydrometer analysis*) mengacu pada ASTM D1140-00, dan analisis besaran butir (*sieve analysis*) mengacu pada ASTM D422-63. Sedangkan jenis uji laboratorium yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik tanah adalah uji triaksial (*triaxial test*) mengacu pada ASTM D2850-95.

Pengolahan data

Persebaran data karakteristik tanah di permukaan dan kedalaman 1,5 m kemudian dibuat sebuah kontur. Kontur tersebut menggambarkan karakteristik tanah permukaan dan kedalam 1,5 m yang sama.

Nilai dari porositas tanah kemudian dibuat sebuah kontur.

Parameter sifat fisik dan mekanik tanah adalah data yang akan diolah untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah fondasi dangkal. yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Parameter sifat fisik tanah yang digunakan adalah bobot isi (γ) sedangkan sifat mekanik tanahnya adalah kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai daya dukung tanah fondasi dangkal

kemudian dibuat kontur. Kontur tersebut menggambarkan nilai daya dukung yang sama. Peta persebaran daya dukung tanah fondasi dangkal daerah penelitian dibuat menggunakan software Surfer dengan metode minimum curvature.

Analisis Statistik

Dalam menentukan hubungan antara porositas tanah dan daya dukung tanah fondasi dangkal, penulis menggunakan suatu metode statistika berupa analisis regresi korelasi. Dimana penulis mencamtumkan porositas tanah ke dalam variabel bebas (X), dan daya dukung tanah fondasi dangkal kedalam variabel terikat (Y). Setelah itu dilakukan metode regresi untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara porositas tanah dan daya dukung tanah fondasi dangkal.

Pembagian zonasi nilai persebaran porositas tanah menggunakan kelas kuartil, sehingga terbagi menjadi porositas rendah, porositas sedang, dan porositas tinggi. Begitu pula dengan kelas daya dukung yang diizinkan (qa) yang terbagi menjadi qa rendah, qa sedang, dan qa tinggi. Metode kuartil yaitu metode yang digunakan untuk membagi data menjadi empat bagian (Nugroho, 2008). Kelas kuartil terbagi menjadi kuartil 1, kuartil 2, dan kuartil 3, kuartil 4, Kuartil 1 tergolong ke dalam kelas rendah, kuartil 2 dan 3 tergolong ke dalam kelas sedang, dan kuartil 4 tergolong ke dalam kelas tinggi. Pembagian kelas kuartil terbagi menjadi dua, yaitu kuartil untuk data tidak berkelompok dan kuartil untuk data berkelompok. Rumus mencari kelas kuartil yaitu sebagai berikut (Harison, 2013):

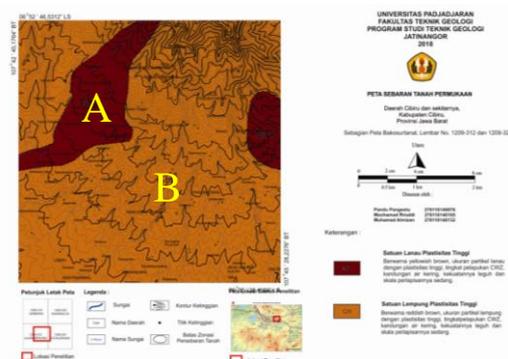
Untuk data tidak berkelompok

$$Q_i = \frac{i}{4} (n+1)$$

Keterangan; i = kuartil ke 1, 2, 3
 n = jumlah data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

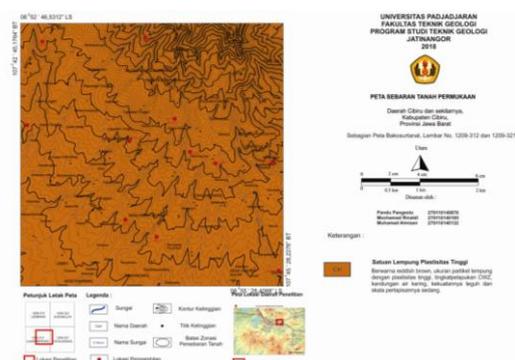
4.1 Kondisi Geologi Teknik



Gambar 4.1 Peta persebaran jenis tanah permukaan

A : Satuan ini terdiri dari tanah yang memiliki ukuran partikel lanau (< 0,002 mm) dengan tingkat plastisitas tinggi sampai plastis, dan memiliki struktur tanah homogen. Sifat tanah ini didominasi tanah kohesif dengan warna *reddish brown* sampai *yellowish brown* dengan kedalaman antara 50 – 70 cm. Satuan ini merupakan hasil pelapukan batuan breksi piroklastik yang dibandingkan dengan Peta Geologi Regional Lembar Bandung (Silitonga, 2003). Tanah jenis MH ini menempati sekitar 14,67% daerah penelitian dan tersebar dari bagian utara hingga barat.

B : Satuan ini terdiri dari tanah yang memiliki ukuran partikel lempung (< 0,002 mm) dengan tingkat plastisitas tinggi sampai plastis, dan memiliki struktur tanah homogen. Sifat tanah ini didominasi tanah kohesif dengan warna *reddish brown* sampai *yellowish brown* dengan kedalaman antara 40 – 60 cm. Satuan ini merupakan hasil pelapukan batuan breksi piroklastik yang dibandingkan dengan Peta Geologi Regional Lembar Bandung (Silitonga, 2003). Tanah jenis CH ini menempati sekitar 85,33% daerah penelitian dan tersebar dari bagian utara hingga barat.



Gambar 4.2 Peta persebaran jenis tanah kedalaman 1,5 m

Satuan ini terdiri dari tanah yang memiliki ukuran partikel didominasi lanau dengan plastisitas tinggi. Sifat tanah didominasi tanah kohesif dengan warna *reddish brown* dan *brown*. Satuan ini menempati dan tersebar di seluruh daerah penelitian. Satuan ini memiliki sifat fisik tanah diantaranya nilai kadar air (w) antara 32,83 – 74,42 %, nilai bobot isi kering (γ_{dry}) antara 0,78 – 1,33 gr/cm^3 , nilai bobot isi asli antara (γ_m) 1,36 – 1,78 gr/cm^3 , nilai berat spesifik (G_s) antara 2,47 – 2,66, nilai angka pori (e) antara 0,92 – 2,41, nilai porositas (n) antara 47,81 – 70,64 %, nilai derajat kejenuhan antara 78,96 – 100,58 %. Satuan ini memiliki nilai batas-batas konsistensi tanah berupa nilai batas cair (LL) antara 47,45 – 103,78 %, batas plastis (PL) antara 29,17 – 66,61 %, dan nilai indeks plastisitas (IP) antara 18,29 – 59,32 %. Satuan ini mempunyai nilai persentase ukuran partikel, kerikil 0 – 0,66 %, pasir 0,78 – 33,32 %, lanau 27,31 – 50,02 %, dan lempung 16 – 69,23 %. Satuan ini merupakan hasil pelapukan breksi piroklastik yang dibandingkan dengan Peta Geologi Regional Lembar Bandung (Silitonga, 2003).

4.2 Perhitungan Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal

Sebelum melakukan perhitungan nilai daya dukung tanah, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui nilai dari faktor daya dukung tanah (N_c , N_q , N_γ) dari fungsi sudut geser dalam daerah

penelitian. Faktor daya dukung tersebut dihitung menggunakan perbandingan dari nilai faktor daya dukung tanah Terzaghi. Faktor keamanan yang digunakan dalam perhitungan (F_s) adalah 3, lebar fondasi 1,5 meter dan kedalaman fondasi 1,5 meter.

Tabel 4.1 Nilai-Nilai Faktor Daya Dukung Tanah Terzaghi (Terzaghi, 1943 dalam Das, 1988)

Kode Sampel	Sudut Geser Dalam ($^\circ$)	General Shear Failure			Local Shear Failure		
		N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
UDS 1	16.21	13.86	4.98	1.84	10.19	2.96	0.68
UDS 2	17.67	15.18	5.66	2.27	10.88	3.25	0.79
UDS 3	10.02	9.63	2.70	0.56	8.04	1.94	0.24
UDS 4	24.27	23.62	11.53	7.16	14.30	5.26	1.99
UDS 5	16.26	13.90	5.00	1.85	10.22	2.97	0.68
UDS 6	21.73	20.02	9.08	5.03	12.76	4.43	1.53
UDS 7	10.63	9.82	2.88	0.67	8.04	2.01	0.29
UDS 8	13.39	11.75	3.74	1.07	9.23	2.45	0.43
UDS 9	16.64	14.29	5.33	2.13	10.25	3.06	0.74
UDS 10	17.99	15.11	6.03	2.58	10.89	3.35	0.87
UDS 11	19.95	17.65	7.42	3.63	11.82	3.87	1.12
UDS 12	24.01	23.37	11.40	7.08	14.15	5.20	1.97

Analisis daya dukung tanah untuk fondasi dangkal menggunakan metode Terzaghi. Dengan menggunakan data sifat fisik dan mekanik tanah yang didapat menggunakan data laboratorium, keberadaan muka air tanah (MAT) diasumsikan berada di bawah fondasi, hal ini juga didukung dari data pemboran tidak ditemukannya keberadaan mata air. Dari variabel-variabel diatas maka didapat nilai daya dukung tanah yang diijinkan dan keseimbangan untuk fondasi segiempat (*square*), melingkar, (*circular*), dan menerus (*continuous*).

Tabel 4.2 Nilai Daya Dukung Keseimbangan q(ult) pada Kedalaman 1,5 Meter

Kode Sampel	General Shear Failure (qa)			Local Shear Failure (qa)		
	Menerus	Segiempat	Lingkar	Menerus	Segiempat	Lingkar
UDS 1	17.08	20.69	20.55	11.75	14.46	14.41
UDS 2	23.89	29.13	28.94	16.09	19.92	19.85
UDS 3	9.49	11.49	11.44	7.54	9.23	9.21
UDS 4	50.97	61.90	61.31	28.45	35.26	35.10
UDS 5	29.07	36.15	35.99	20.50	25.76	25.70
UDS 6	31.16	37.16	36.74	18.01	21.98	21.85
UDS 7	13.45	16.66	16.60	10.63	13.28	13.26
UDS 8	21.14	26.32	26.24	16.03	20.13	20.10
UDS 9	56.45	71.80	71.64	39.62	50.69	50.63
UDS 10	26.12	31.79	31.56	17.51	21.68	21.60
UDS 11	51.10	64.30	64.05	33.04	41.97	41.89
UDS 12	56.58	69.98	69.49	32.28	40.54	40.41

Tabel 4.3 Nilai Daya Dukung yang Diiijinkan qa pada Kedalaman 1,5 Meter dengan Faktor Keamanan (Fs = 3)

Kode Sampel	General Shear Failure (qa)			Local Shear Failure (qa)		
	Menerus	Segiempat	Lingkar	Menerus	Segiempat	Lingkar
UDS 1	17.08	20.69	20.55	11.75	14.46	14.41
UDS 2	23.89	29.13	28.94	16.09	19.92	19.85
UDS 3	9.49	11.49	11.44	7.54	9.23	9.21
UDS 4	50.97	61.90	61.31	28.45	35.26	35.10
UDS 5	29.07	36.15	35.99	20.50	25.76	25.70
UDS 6	31.16	37.16	36.74	18.01	21.98	21.85
UDS 7	13.45	16.66	16.60	10.63	13.28	13.26
UDS 8	21.14	26.32	26.24	16.03	20.13	20.10
UDS 9	56.45	71.80	71.64	39.62	50.69	50.63
UDS 10	26.12	31.79	31.56	17.51	21.68	21.60
UDS 11	51.10	64.30	64.05	33.04	41.97	41.89
UDS 12	56.58	69.98	69.49	32.28	40.54	40.41

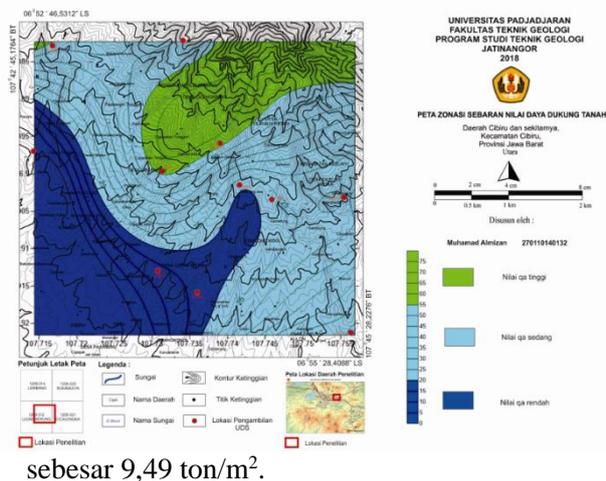
Pada tabel 4.2 dan tabel 4.3 menunjukkan nilai daya dukung yang paling tinggi terdapat pada tipe fondasi segiempat (*square*) dan daya dukung paling rendah terdapat pada tipe fondasi menerus (*continuous*). Selain itu juga menunjukkan bahwa nilai daya dukung dengan jenis keruntuhan *general shear failure condition* untuk daya dukung keseimbangan atau *ultimate* (q(ult)) dan daya dukung tanah yang diijinkan (qa) untuk setiap kedalaman memiliki nilai daya dukung paling besar, sedangkan jenis keruntuhan *local shear failure condition* memiliki nilai daya dukung yang paling kecil.

General shear failure terjadi apabila tanah penyusun pada daerah tersebut berbentuk padat sehingga penurunan beban yang terjadi begitu lambat, sedangkan *local shear failure* terjadi apabila tanah penyusun pada daerah tersebut berbentuk tidak padat

atau lunak sehingga penurunan beban yang terjadi cepat. Kasus ini keruntuhannya terjadi sebelum keseimbangan plastis tanah termobilisasi. (Hardiyatmo, 2002)

Berdasarkan perhitungan diatas, fondasi yang paling tepat dalam membuat sebuah bangunan fondasi dangkal adalah jenis fondasi kotak (*square*) karena memiliki nilai daya dukung diijinkan (qa) tertinggi. Sedangkan jenis fondasi yang paling kritis yaitu jenis fondasi menerus (*continuous*) karena memiliki daya dukung paling kecil untuk setiap jenis keruntuhannya. Sehingga penulis mengfokuskan pada daya dukung fondasi dangkal dengan tipe fondasi menerus (*continuous*) dengan jenis keruntuhan *general shear failure*.

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tanah fondasi dangkal dengan tipe fondasi menerus (*continuous*) untuk kedalaman 1,5 meter dengan jenis keruntuhan *general shear failure* pada masing-masing titik sampel, maka daerah penelitian memiliki nilai daya dukung terbesar pada lokasi sampel UDS 12, dengan daya dukung sebesar 56,58 ton/m², sedangkan nilai daya dukung terendah pada lokasi sampel UDS 3, dengan daya dukung



sebesar 9,49 ton/m².

Gambar 4.3 Peta zonasi sebaran nilai daya dukung tanah fondasi dangkal

- Zonasi Daya Dukung Rendah dengan kisaran nilai (0 – 20 ton/m²)
Zona daya dukung ini tersebar di bagian barat membentang hingga ke selatan daerah penelitian, menempati sekitar 23% dari luas daerah penelitian. Zona ini digambarkan dengan warna biru tua pada peta zonasi sebaran nilai daya dukung tanah.
- Zonasi Daya Dukung Tanah Sedang dengan kisaran nilai (20 – 55 ton/m²)
Zona daya dukung ini tersebar di bagian barat laut membentang hingga ke tenggara daerah penelitian, menempati sekitar 65% dari luas daerah penelitian. Zona ini digambarkan dengan warna biru muda pada peta zonasi sebaran nilai daya dukung tanah.
- Zonasi Daya Dukung Tanah Tinggi dengan kisaran nilai (55 – 85 ton/m²)
Zona daya dukung ini tersebar di bagian utara membentang hingga ke timur laut daerah penelitian, menempati sekitar 12% dari luas daerah penelitian. Zona ini digambarkan dengan warna biru tua pada peta zonasi sebaran nilai daya dukung tanah.

4.3 Hubungan Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal dengan Parameter Sifat Fisik Tanah

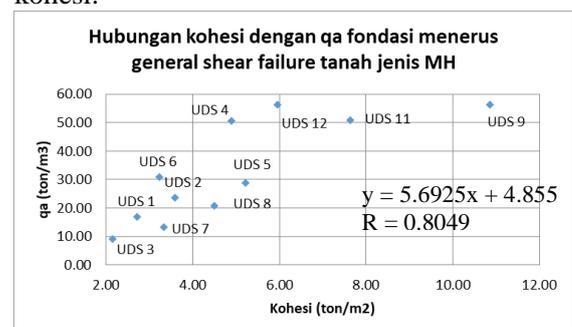
Seperti kita ketahui bahwa daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi yang bekerja di atasnya (Hardiyatmo,2002).

Tabel 4.4 Tabel nilai sifat fisik, mekanik, dan daya dukung tanah

Kode Sampel	Kadar Air (%)	Porositas (%)	Sudut Geser Dalam (ton/m ²)	Kohesi (ton/m ²)	Bobot isi tanah (ton/m ³)	Persentase berat fraksi Lempung (%)	qa (ton/m ²)	Nama
UDS 1	58.82	60.63	16.21	2.71	1.55	43.09	17.08	MH
UDS 2	46.68	55.52	17.67	3.58	1.70	40.93	23.89	MH
UDS 3	36.24	48.85	10.02	2.13	1.78	28.57	9.49	MH
UDS 4	53.57	57.57	24.27	4.88	1.66	41.95	50.97	MH
UDS 5	49.51	56.75	16.26	5.20	1.68	45.34	29.07	MH
UDS 6	41.16	53.37	21.73	3.21	1.68	24.15	31.16	MH
UDS 7	43.85	56.18	10.63	3.32	1.61	20.06	13.45	MH
UDS 8	52.42	58.49	13.39	4.49	1.66	22.92	21.14	MH
UDS 9	53.40	63.30	16.64	10.85	1.49	52.52	56.45	MH
UDS 11	74.42	70.64	19.95	7.62	1.36	6.67	51.10	MH
UDS 12	62.65	67.35	24.01	5.94	1.38	31.47	56.58	MH

Berdasarkan tabel diatas masing-masing nilai tersebut ada keterkaitan dengan yang lainnya. Nilai daya dukung tanah yang digunakan sebagai perbandingan dengan parameter lainnya adalah daya dukung tanah yang diizinkan jenis fondasi menerus dengan keruntuhan *general shear failure*. Ketika tanah mengalami pembebanan di atasnya maka tanah tersebut akan menahan beban tersebut agar terhindar dari keruntuhan, hal yang berperan dalam

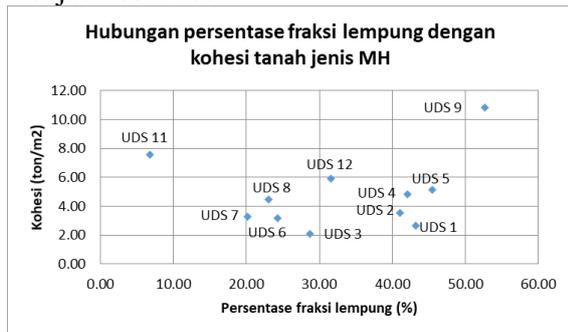
menahan beban salah satunya adalah kohesi.



Gambar 4.4 Grafik hubungan kohesi

Grafik diatas menunjukkan koefisien korelasi bernilai positif, artinya semakin tinggi nilai kohesi, maka nilai daya dukung tanah akan semakin tinggi. Hubungan korelasi antar dua variabel diatas adalah 0,8049. Berdasarkan klasifikasi Soedjana (1992) termasuk kedalam korelasi sangat kuat. Dengan nilai fungsi $y = 5.6925x + 4.855$.

Kohesi erat kaitannya dengan kepadatan tanah, kepadatan tanah dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, dan susunan partikel (Das, 1995). Maka secara tidak langsung kohesi dipengaruhi oleh ketiga hal tersebut, suatu tanah akan memiliki kohesi yang tinggi apabila ukuran, bentuk, dan susunan berikatan dengan sedemikian rupa menjadikan volume pori tanah tersebut menjadi lebih kecil.

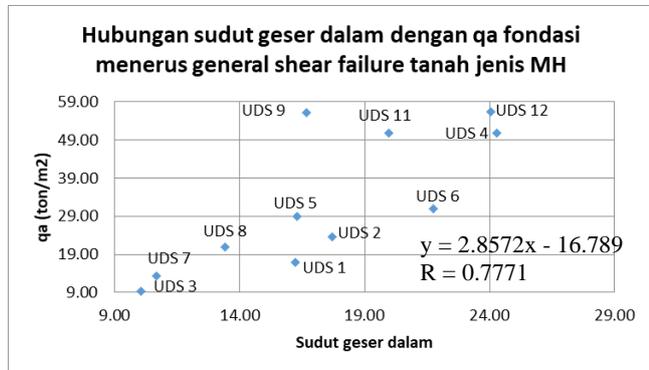


Gambar 4.5 Grafik sebaran data persentase fraksi lempung dengan kohesi tanah jenis MH

Salah satu yang mempengaruhi kohesi adalah ukuran partikel, fraksi lempung menjadi pilihan untuk mengkaitkan dengan variabel kohesi dikarenakan ukuran paling kecil dari suatu partikel tanah adalah lempung. Dari grafik diatas terlihat persebaran data yang acak namun memiliki kecenderungan menunjukkan hubungan apabila nilai persentase fraksi lempung tinggi, maka nilai kohesinya akan semakin kecil. Namun ukuran partikel hanya salah satu dari beberapa parameter yang mempengaruhi nilai kohesi, jadi hasil analisis ini harus didukung oleh analisis parameter lainnya seperti bentuk, dan susunan partikel.

Selain kohesi sudut geser dalam juga mempengaruhi nilai daya dukung tanah, karena dalam perhitungan nilai daya

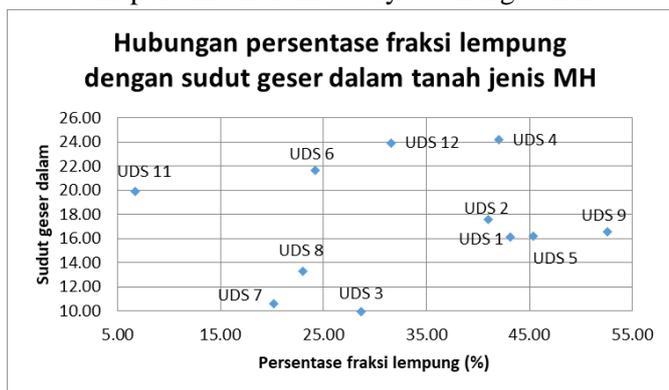
dengan nilai dukung tanah jenis MH dukung terdapat variabel faktor kapasitas dukung tanah yang nilainya tergantung dari



besaran nilai sudut geser dalam.

Gambar 4.6 Grafik hubungan sudut geser dalam dengan daya dukung tanah jenis MH

Grafik diatas menunjukkan koefisien korelasi bernilai positif, artinya semakin tinggi nilai sudut geser dalam, maka nilai daya dukung tanah akan semakin tinggi. Hubungan korelasi antar dua variabel diatas adalah 0,7771. Berdasarkan klasifikasi Soedjana (1992) termasuk kedalam korelasi sangat kuat. Dengan nilai fungsi $y = 2.8572x - 16.789$. Semakin tinggi nilai sudut geser dalam, maka perhitungan faktor kapasitas daya dukung tanah akan semakin tinggi sehingga akan membuat nilai daya dukung tanah semakin tinggi jika dilihat dari persamaan rumus daya dukung tanah



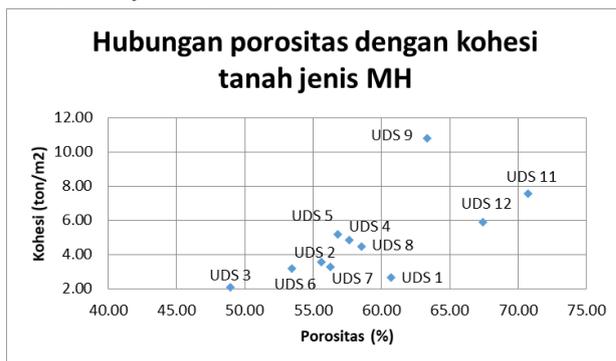
fondasi dangkal Terzaghi.

Gambar 4.7 Grafik sebaran data persentase fraksi lempung dengan sudut geser dalam tanah jenis MH

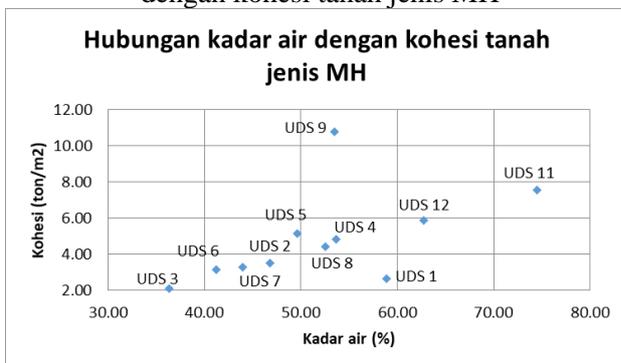
Dilihat dari grafik diatas meskipun persebaran data tersebar secara acak namun

masih terlihat arah dari grafik tersebut, semakin tinggi nilai persentase fraksi lempung maka sudut geser dalamnya akan semakin tinggi. Fraksi lempung dijadikan sebagai variabel dikarenakan lempung merupakan ukuran partikel terkecil. Semakin banyak partikel lempung disuatu tanah maka nilai sudut geser dalamnya akan semakin tinggi. Semakin besar sudut geser dalamnya, maka material tersebut semakin besar tahanannya terhadap tegangan luar yang diterimanya (Bowles,1997).

Pada saat tanah mengalami pembebanan terjadi perubahan volume tanah yang awalnya berpori menjadi lebih terisi lagi butiran padat yang lebih kecil atau yang disebut padat, ketika tanah menjadi lebih padat maka volume porinya akan menjadi lebih kecil sehingga berkaitan dengan nilai angka pori dan porositasnya (Hardiyatmo,2002).



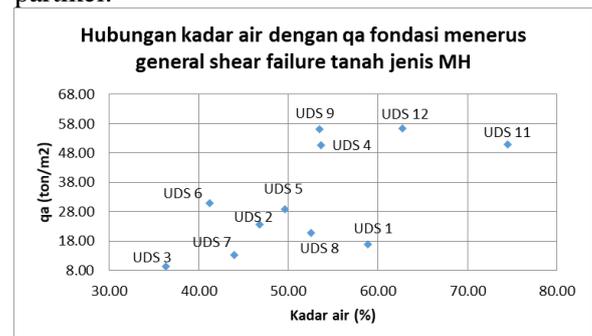
Gambar 4.8 Grafik hubungan porositas dengan kohesi tanah jenis MH



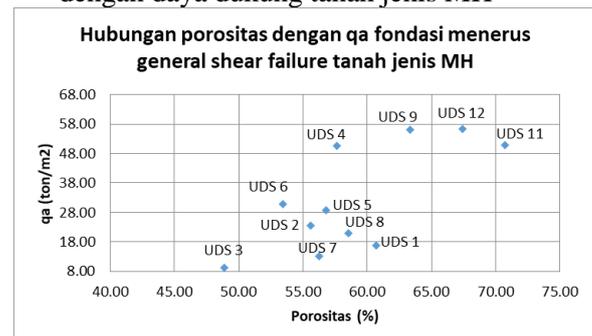
Gambar 4.9 Grafik hubungan kadar air dengan kohesi tanah jenis MH

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kadar air dan

porositasnya maka nilai kohesi akan semakin besar. Hal ini tidak sesuai dengan pernyataan sebelumnya. Perbedaan ini mungkin disebabkan kondisi kadar air di tanah tersebut berada di kedalaman yang sama dan tempat yang berbeda, jika percobaan pengaruh ini dilakukan pada satu sampel dengan berbagai jumlah massa air yang berbeda mungkin akan menghasilkan yang sesuai dengan pernyataan sebelumnya. Percobaan yang tadi juga akan menghasilkan nilai bobot isi tanah beragam dari kondis yang berbeda. Jika air memasuki tanah berpori hingga jenuh tanpa mengamati sifat plastisitasnya, kadar air tanah tersebut akan semakin tinggi namun kohesinya semakin kecil. Ketika air mengisi pori-pori di sekitar butiran tanah akan mengecilkan gaya tarik menarik antar partikel.



Gambar 4.10 Grafik hubungan kadar air dengan daya dukung tanah jenis MH



Gambar 4.11 Grafik hubungan porositas dengan daya dukung tanah jenis MH

Peningkatan kadar air suatu tanah akan melemahkan nilai kohesi, sudut geser dalam, dan bobot isi tanahnya (Hirawan & Zakaria, 1991) maka nilai daya dukung tanahnya pun akan semakin kecil karena ketiga variabel tersebut berhubungan langsung.

Namun dilihat dari grafik 4.10 melihat hasil yang bertolak belakang kecenderungan semakin tinggi nilai kadar air akan meningkatkan nilai daya dukungnya. Dilihat dari grafik 4.11 menunjukkan hasil bahwa semakin tinggi nilai porositas maka nilai daya dukung tanahnya akan semakin tinggi, hal ini bertolak belakang dengan pernyataan sebelumnya. Ketika tanah mengalami pembebanan maka tanah tersebut akan berubah menjadi lebih padat dan akan mengecilkan volume pori tersebut (Hardiyatmo, 2002) sehingga nilai porositasnya pun akan lebih kecil. Hal ini mungkin disebabkan terjadinya kesalahan dalam mengkaitkan variabel seharusnya sampel tersebut diuji kadar airnya lagi diberbagai kondisi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis besar butir, hidrometer dan sifat plastisitas tanah yang diklasifikasikan menurut USCS, tanah di daerah penelitian dengan kedalaman 1,5 m, dibagi menjadi satu satuan jenis sebaran tanah yaitu Lanau Plastisitas Tinggi (MH).

Berdasarkan perhitungan daya dukung tanah fondasi dangkal metode Terzaghi, didapatkan nilai daya dukung tanah pada jenis keruntuhan local shear failure memiliki nilai daya dukung yang lebih kecil. Untuk jenis fondasi yang paling aman untuk dibuat adalah segiempat (square). Untuk jenis fondasi yang paling kritis adalah menerus (continuous). Berdasarkan distribusi sebaran data nilai daya dukung tanah, dibagi menjadi 3 zona berdasarkan kuartil, yaitu : zona rendah dengan nilai daya dukung (0 -20 ton/m²), zona sedang (20 – 55 ton/m²), dan zona tinggi (55 – 85 ton/m²).

Nilai daya dukung tanah dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti kohesi, sudut geser dalam, kadar air, porositas, dan bobot isi tanah. Ketika nilai sudut geser dalam dan kohesi pada suatu tanah semakin tinggi maka nilai daya dukung tanahnya pun akan semakin tinggi juga. Korelasi ketiganya sangat kuat dikarenakan tiga

parameter tersebut berhubungan langsung. Kadar air, porositas tanah dan persentase fraksi lempung akan mempengaruhi nilai kohesi dan sudut geser dalam sehingga nilai daya dukung tanahnya pun akan terpengaruh juga. Hubungan kadar air , porositas dan persentase fraksi lempung dengan kohesi (semakin tinggi nilai kadar air, porositas dan persentase fraksi lempung maka nilai kohesinya semakin kecil), maka ketiga variabel tersebut secara tidak langsung dapat mempengaruhi nilai daya dukung tanah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan terselesaikannya artikel ilmiah ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Zufaldi Zakaria, M.T dan Bapak Raden Irvan Sophian, S.T., M.T. sebagai pembimbing utama dan pembimbing pendamping penulis yang telah membimbing penulis dalam menyusun penelitian untuk artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2007. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). Dalam *Annual Book of ASTM Standards, Sec. 4, Vol. 04.08*, West Conshohocken.
- Bowles, J. E. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soil*, McGraw – Hill, Inc., 2nd Edition., International student ed., 578 p
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1*. Diterjemahkan : Endah NM, Indrasurya B. M. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M. 1999. *Shallow Foundation : Bearing Capacity and Settlement*. CRC Press : Washington DC.
- Djaja dan Hermawan. 1996. *Peta Geologi Teknik Lembar Bandung, Jawa Barat. Skala 1 : 100.000*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan.

- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah II*. Gajah Mada University Press :
- Hunt, R. E. 2007. *Characteristics of Geologic Materials and Formations : A Field Guide for Geotechnical Engineers*. CRC Press.
- Sani, R. A., Dicky Muslim, Zufialdi Zakaria, & Misbahudin. 2017. *Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal pada Bukit Hambalang. Bagian Selatan, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 8 No.3 Hal. 143 – 152.
- Silitonga, P. H. 2003. *Peta Geologi Regional Lembar Bandung Skala 1 : 100.000*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Yogyakarta.
- Sophian, I., Zufialdi Zakaria, Yogi Prianda, & Utomo. 2014. *Geologi Teknik Jatinangor : Studi Daya Dukung Tanah Berdasarkan Prediksi Kadar Air Tanah Untuk Menunjang Eco-Campus di Jatinangor*. Bulletin of Scientific Contribution, Volume 12, Nomer 1, Hal : 18 – 28.
- Soedjana. 1992. *Metode Statistika*. Edisi Kelima. Bandung : Tarsito
- Terzaghi, K. 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley and Sons : New York.
- Zakaria, Zufialdi. 2006. *C dan ϕ untuk Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal*. Laboratorium Geologi Teknik, Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.