

**Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Pada Bukit Hambalang
Bagian Selatan, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor*****Soil Bearing Capacity Of Shallow Foundation In Southern Hambalang Hill,
Citeureup District, Bogor Regency***Rifki Asrul Sani^{1,2}, Dicky Muslim¹, Zulfialdi Zakaria¹, Misbahudin²¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjajaran
Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363 Indonesia²Program Magister Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha No. 10, Bandung 40132 IndonesiaNaskah diterima tanggal 23 Januari 2017, selesai direvisi tanggal 07 November 2017,
dan disetujui 10 November 2017

e-mail: asrul.smile@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan terjadinya longsor di beberapa titik wilayah di bukit Hambalang, maka diperlukan kajian data kondisi geologi teknik berupa sifat fisik dan mekanik tanah serta batuan bawah permukaan, terutama mengenai daya dukung tanah dalam menahan beban bangunan di atasnya agar tidak terjadi penurunan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga, yaitu metode penelitian studio dengan memanfaatkan data-data sekunder yang telah ada, metode penelitian di lapangan melalui pemetaan geologi untuk mendapatkan data litologi yang tersingkap di permukaan, zonasi longsor yang terjadi, dan identifikasi kekuatan tanah hasil pemboran geoteknik dengan *Standard Penetration Test* (SPT), serta metode penelitian di laboratorium untuk mendapatkan parameter sifat fisik dan mekanik tanah sebagai penunjang data daya dukung tanah serta geologi teknik daerah penelitian. Hasil perhitungan fondasi dangkal untuk *general soil shear condition* dan *local soil shear condition* dapat disimpulkan bahwa daya dukung tanah yang diizinkan (q_u) untuk setiap kedalaman yang paling tinggi pada fondasi bujur sangkar (*square footing*) dan nilai tertinggi yang terdapat pada kedalaman 2 m, yaitu 57,32 ton/m² dan 36,11 ton/m². Fondasi yang paling rendah untuk semua kedalaman pada fondasi menerus (*continuous footing*) untuk kedalaman 2 m memiliki nilai 34,49 ton/m² dan 21,25 ton/m². Berdasarkan data SPT, nilai daya dukung yang diizinkan (q_u) pada masing-masing titik bor berkisar pada rentang 2,85 ton/m² sampai 16,85 ton/m².

Kata kunci: daya dukung, longsor, *Standard Penetration Test* (SPT).

ABSTRACT

Along with the landslide in some areas on the Hambalang Hill, it needs data of engineering geological study such as mechanical and physical properties of soil also subsurface rocks. Especially regarding the soil bearing capacity in order to restrain the building from settlement. There are three methods which used in this research, those are studio research by using secondary data, fieldwork research that is geological mapping conducted to obtain data on lithological rocks at surface, landslide zone and soil strength identification from geotechnical drilling with Standard Penetration Test (SPT) and laboratory research to obtain the soil parameters of physical and mechanical properties, which used to support soil bearing capacity data and engineering geology in research area. The calculation results of the shallow foundation for general soil shear condition and the local soil shear condition it could be concluded that

the allowable bearing capacity for all depth which is highest at the square footing and the highest value found to a depth of 2 m, that is 57.32 ton/m² and 36.11 ton/m². The lowest foundation for all the depth of the continuous footing to a depth of 2 m had value 34.49 ton/m² and 21.25 ton/m². Based on data from SPT, the allowable bearing capacity on each of borehole ranging from 2.85 ton/m² to 16.85 ton/m².

Keywords: bearing capacity, landslide, Standard Penetration Test (SPT).

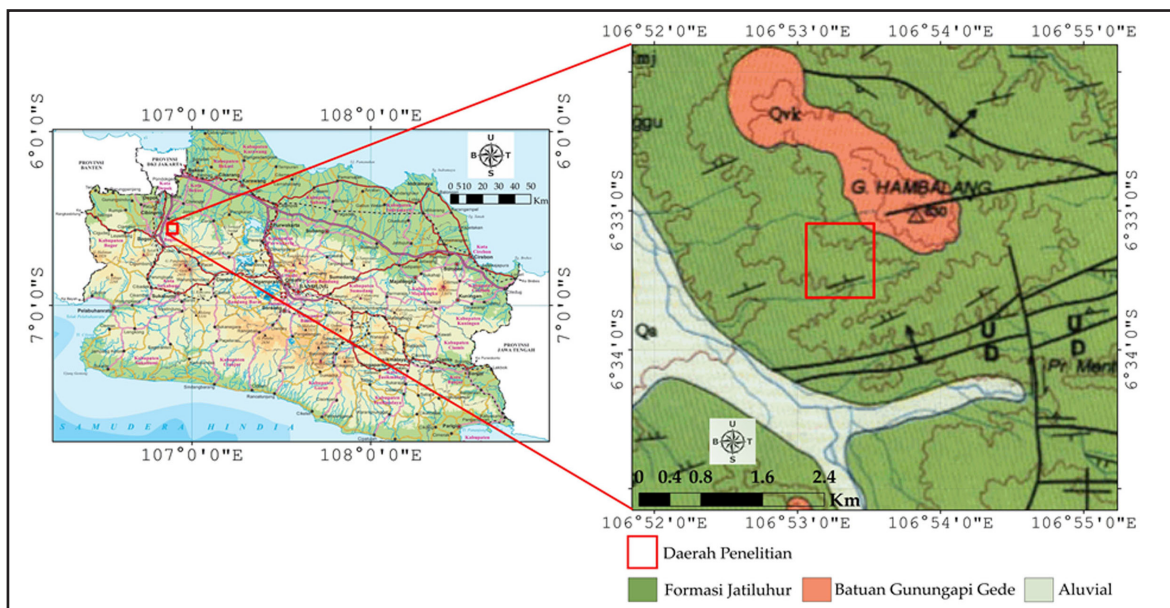
PENDAHULUAN

Tanah dan batuan merupakan unsur alam yang memegang peranan penting di dalam perencanaan pembangunan, karena dapat berfungsi sebagai fondasi pendukung bangunan dan sebagai bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri (Zakaria, 2002). Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG, 2016) telah menyusun peta prakiraan wilayah potensi gerakan tanah di Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Pada peta tersebut, Kecamatan Citeureup berada pada wilayah potensi terjadi gerakan tanah menengah sampai tinggi. Seiring dengan terjadinya longsor di beberapa titik pada bukit Hambalang yang termasuk dalam wilayah Kecamatan Citeureup, diperlukan kajian yang lebih mendalam untuk menghindari kerusakan yang lebih parah, khususnya mengenai daya dukung tanah dalam menahan beban bangunan di atasnya agar tidak terjadi penurunan. Hal ini akan mempengaruhi perencanaan atau penataan wilayah berdasarkan kondisi geologi. Sebagaimana pada bagian utara dari bukit Hambalang merupakan wilayah reklamasi bekas galian tambang (Zubair, 2015).

Permasalahan yang akan dibahas meliputi karakteristik keteknikan massa tanah di daerah penelitian, daya dukung tanah terhadap fondasi dangkal, bentuk fondasi yang tepat pada daerah penelitian berdasarkan hasil laboratorium terhadap sampel terganggu, sampel tidak terganggu, dan data *Standard Penetration Test* (SPT), serta hubungan hasil perhitungan daya dukung tanah berdasarkan data hasil laboratorium dengan data SPT. Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi geologi dan geologi teknik daerah penelitian, mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah berdasarkan data lapangan dan laboratorium, serta mengetahui kuat tekan tanah berdasarkan data SPT.

Geologi Daerah Citeureup dan Sekitarnya

Daerah penelitian terletak di Bukit Hambalang Bagian Selatan yang termasuk ke dalam Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Lokasi ini termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Bogor skala 1:100.000 (Effendi dr., 1998) (Gambar 1). Berdasarkan peta geologi tersebut, stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda dibagi menjadi:



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Citeureup dan Sekitarnya (Effendi dr., 1998) yang termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

- Formasi Jatiluhur (T_{mj}) yang terdiri dari napal, serpih lempungan, dan sisipan batu pasir kuarsa; bertambah pasiran ke arah timur. Formasi ini berumur Miosen Awal.
- Batuan Gunung Api Gede (Q_{vk}) yang tersusun oleh bongkahan andesit dan breksi andesit yang mengandung banyak sekali fenokris piroksen serta lava basal.
- Endapan permukaan berupa aluvial (Q_a) yang terdiri dari lempung, lanau, kerikil, dan kerakal; terutama endapan sungai, termasuk pasir dan kerikil.

Struktur geologi wilayah Citeureup dan sekitarnya didominasi oleh sesar mendatar. Sesar mendatar yang dijumpai berarah relatif utara-selatan dan baratlaut-tenggara, selain itu terdapat sumbu lipatan relatif berarah barat-timur. Pada bagian Bukit Hambalang sumbu lipatan berarah baratlaut-tenggara dan Sungai Citeureup mengalir sejajar dengan orientasi bukit (ke arah baratlaut).

Kondisi Tanah dan Gerakan Tanah Daerah Citeureup dan Sekitarnya

Tanah pada wilayah Kabupaten Bogor sebagian besar merupakan hasil pelapukan batuan vulkanik berwarna kemerahan. Di Daerah Citeureup, Gunung Api Gede dan Gunung Api Salak merupakan dua gunung api yang menjadi sumber material vulkanik yang menghasilkan batuan vulkanik berumur Kuartar (Effendi dr., 1998). Selain itu, beberapa area merupakan pelapukan batuan dari Formasi Jatiluhur.

Berkaitan dengan potensi terjadinya gerakan tanah menengah hingga tinggi di Kecamatan Citeureup, telah terjadi cukup banyak longsor. Wilayah perbukitan seperti Bukit Hambalang sebagian besar material tanahnya tersusun atas tanah vulkanik (Anonim, 2012). Sari dr., (2017) menyebutkan bahwa Hambalang, Tajur dan Tangkil merupakan tiga wilayah dengan potensi gerakan tanah menengah melalui pendekatan metode GIS (*Geographic Information System*). Pada wilayah Desa Hambalang sendiri dilakukan penelitian berkaitan dengan efek dari gerakan tanah terhadap fondasi (Purnomo dr., 2017), dengan kondisi gerakan tanah yang menengah sampai tinggi serta longsor atau gerakan tanah yang terjadi maka studi terkait daya dukung tanah menjadi hal penting kaitannya dalam perencanaan wilayah atau penataan ruang di masa yang akan datang.

Kajian Pustaka

Fondasi dan Daya Dukung Tanah

Fondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban langsung dari struktur bangunan tersebut ke lapisan tanah di bawahnya (Zakaria, 2006). *British Standard* (2004) membagi fondasi menjadi tiga kategori berbeda berdasarkan kedalaman fondasi, yaitu:

- Fondasi dangkal (*shallow foundation*) yang memiliki kedalaman kurang dari 2 meter dari permukaan tanah. Sebagai contoh adalah fondasi telapak (*spread foundation*) dan fondasi rakit (*raft foundation*).
- Fondasi menengah (*subaqueous foundation*), memiliki kedalaman fondasi 3 meter. Sebagai contoh, fondasi sumuran (*buoyant foundation*) dan fondasi *caisson*.
- Fondasi dalam (*deep foundation*), memiliki kedalaman lebih dari 3 meter, sebagai contohnya adalah fondasi tiang (*pile foundation*). Jenis fondasi *caisson* juga termasuk ke dalam fondasi dangkal (dengan diameter yang lebih besar dari fondasi tiang).

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan yang tergantung pada kekuatan geser tanah (Terzaghi dr., 1996). Daya dukung yang diizinkan (q_a) bergantung pada besar faktor keamanan (F) yang dipilih. Pada umumnya nilai F yang dipilih adalah 2 hingga 5; nilai daya dukung yang diizinkan (q_a) merujuk ke persamaan (1),

$$q_a = \frac{q_u}{F} \dots\dots\dots(1)$$

dengan q_a adalah daya dukung yang diizinkan (satuan yang digunakan ton/m^2), q_u adalah daya dukung batas (satuan yang digunakan ton/m^2), dan F adalah faktor keamanan.

Terzaghi dr. (1996) memberikan pengaruh faktor bentuk fondasi terhadap daya dukung batas (*ultimate*) berdasarkan analisis fondasi memanjang yang diterapkan pada bentuk fondasi lain. Fondasi langsung/ memanjang (*continous footing*) disebut juga persamaan umum daya dukung, merujuk ke persamaan (2).

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

Fondasi langsung/memanjang dibagi menjadi dua, yaitu:

Fondasi bujur sangkar (*square footing*), merujuk ke persamaan (3),

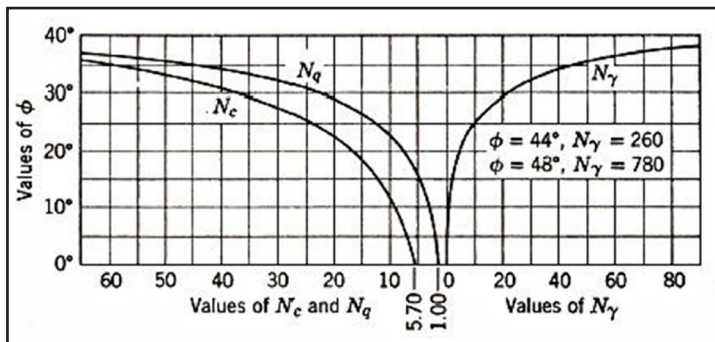
$$q_u = 1,3cN_c + \gamma D_f N_q + 0,4\gamma B N_\gamma \dots\dots\dots(3)$$

Fondasi lingkaran (*circular footing*), merujuk ke persamaan (4),

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

dengan q_u adalah daya dukung yang diizinkan (satuan yang digunakan ton/m²), B adalah lebar fondasi (m), D_f adalah kedalaman fondasi (m), γ adalah berat isi tanah (ton/m³), c adalah kohesi (ton/m²), N_c , N_q , N_γ adalah faktor daya dukung yang merupakan fungsi dari sudut geser dalam, ϕ (°).

Persamaan daya dukung di atas hanya dapat dipakai untuk fondasi dangkal. Fondasi dikatakan dangkal apabila lebar fondasi (B) sama atau lebih besar dari jarak level muka tanah ke fondasi atau kedalaman fondasi (D_f). Sementara itu, nilai-nilai N_c , N_q , dan N_γ tergantung pada sudut geser dalam tanah (ϕ) seperti ditampilkan pada grafik dalam Gambar 2.



Gambar 2. Koefisiensi kapasitas daya dukung (Terzaghi, 1943 dalam Hardiyatmo, 1994).

Penentuan Daya Dukung Tanah di Lapangan dengan Standard Penetration Test (SPT)

Dari hasil beberapa kali pengujian, Fletcher (1965) membuat *Standard Penetration Test* (SPT) dengan menggunakan *split-spoon sampler* disertai palu (*hammer*) berbentuk silinder berlubang untuk dimasukkan kedalam rod ‘*knockip block*’ berupa

massa seberat 140 lbs (63,5 kg) yang djatuhkan setinggi 30 inci (76,2 cm).

Meyerhof (1956) mengusulkan persamaan daya dukung yang diizinkan (q_a) dihubungkan dengan nilai SPT; merujuk ke persamaan (5a) dan (5b),

$$q_a = 1,22 N (B < 1,2m) \dots\dots\dots(5a)$$

$$q_a = 0,54 N \left(\frac{B + 0,3}{B}\right)^2 (B > 1,2m) \dots\dots\dots(5b)$$

dengan q_a adalah daya dukung yang diizinkan (*allowable bearing capacity*) dalam satuan ton/m² untuk penurunan sebesar 2,54 cm (1 inci) dan N adalah nilai rata-rata dari jarak 0 sampai B di bawah dasar fondasi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga, yaitu:

- Penelitian studio, dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai daerah penelitian dengan memanfaatkan data-data sekunder seperti laporan Pemetaan Geologi Daerah Bukit Sentul dan Sekitarnya (Oktariyanto, 2003), data gerakan tanah Kabupaten Bogor (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2016), efek gerakan tanah terhadap fondasi pada Desa Hambalang (Purnomo dr., 2017), serta beberapa materi penunjang penelitian.
- Penelitian di lapangan berupa pemetaan geologi untuk mendapatkan data litologi batuan, zonasi longsoran, dan identifikasi kekuatan tanah hasil pemboran geoteknik dengan *Standard Penetration Test* (SPT).
- Penelitian di laboratorium, bertujuan untuk mendapatkan parameter sifat fisik dan mekanik tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi

Berdasarkan pemetaan geologi yang dilakukan, diperoleh satuan-satuan batuan yang terdiri dari:

Satuan Batu Lanau (SB)

Satuan ini terdiri dari batu pasir dengan ukuran butir sangat halus sampai sedang, batu lanau menyerpih, dan batu lempung (Gambar 3, warna hijau muda). Satuan ini dapat disebandingkan dengan Formasi

Jatiluhur yang berumur Miosen Awal (Effendi drr., 1998). Batu lanau menyerpih merupakan litologi batuan yang mendominasi daerah penelitian. Salah satu singkapannya memiliki ciri fisik warna lapuk abu-abu kecoklatan, warna segar abu-abu, ketebalan maksimal di permukaan ± 10 m. Deskripsi geoteknik yakni *Rock Quality Designation* (RQD) = 3 kekar/m (96,3%), *strength* berupa *noise*, kondisi kebasahan bersifat kering (*dry*), lapuk sedang, potensi *slaking* tinggi, permukaan kekar kasar ringan (*slightly rough*), tidak terdapat isian, *gauge* = <1 mm, bentuk permukaan kekar planar.

Satuan Batuan Vulkanik (SBV)

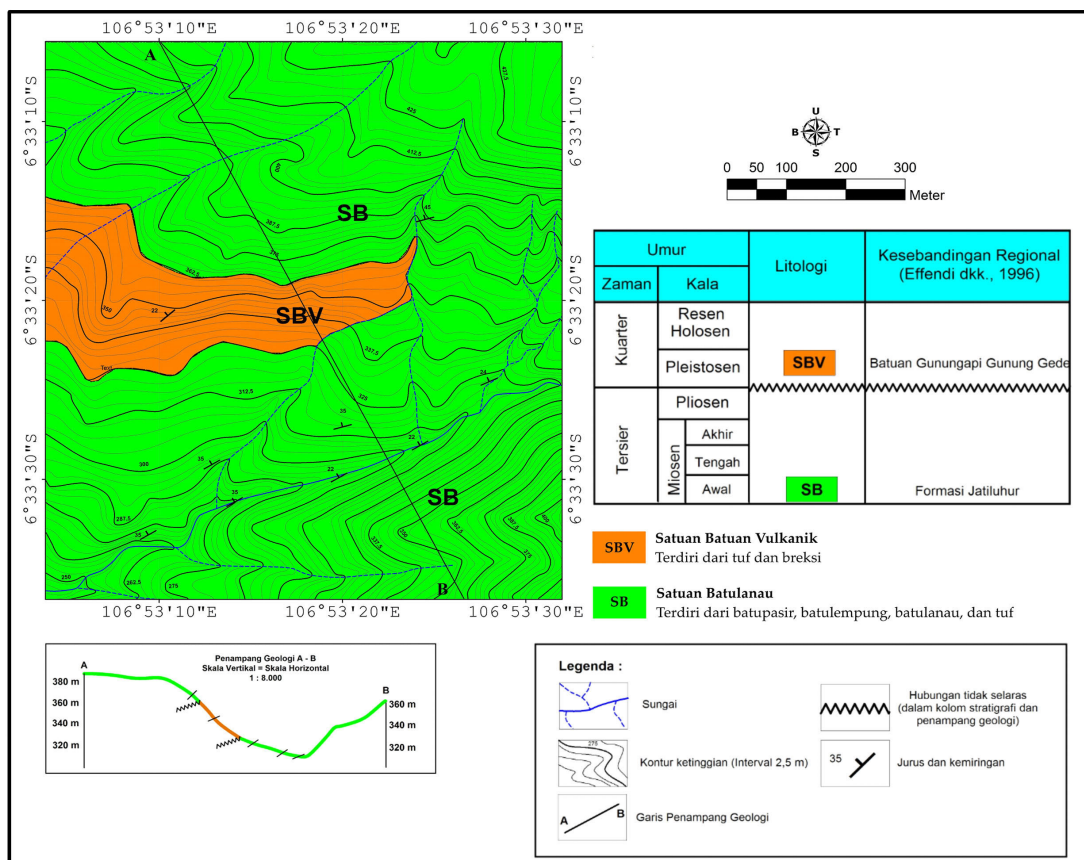
Satuan ini terdiri dari tuf dan breksi vulkanik (Gambar 3, warna oranye). Satuan ini dapat dibandingkan dengan Batuan Gunung Api Gede yang berumur Kuartar (Effendi drr., 1998). Tuf terdiri dari 2 jenis litologi, yakni tuf lunak dengan warna lapuk merah kecoklatan, warna segar putih keabu-abuan, lapuk tinggi, dan tuf kompak dengan warna abu-abu yang memiliki banyak gelas, lapuk sedang. Pada lokasi ini juga ditemukan 5

titik keluarnya air yang memiliki debit rata-rata 0,125 liter/ detik. Sementara itu, breksi vulkanik merupakan litologi breksi monomik dengan matriks tuf dan komponen batuan beku.

Ditemukan adanya kontak tidak selaras membentuk sudut (*angular conformity*) pada salah satu stasiun 3.2.1. Menyusun Masterplan geowisata. pengamatan antara breksi dengan batu lanau (Gambar 4).



Gambar 4. Kontak tidak selaras antara breksi dengan batu lanau di daerah penelitian.



Gambar 3. Peta Geologi Daerah Penelitian dan kesebandingannya dengan Peta Geologi lembar Bogor (Effendi drr., 1998).

Hasil Analisa Laboratorium Mekanika Tanah

Pengujian laboratorium ini dilakukan pada 5 contoh tanah/sedimen dari contoh tidak terganggu (*undisturbed sample*) dan 1 contoh yang terganggu (*disturbed sample*). Sampel tanah diambil pada kedalaman yang bervariasi dari 2 hingga 10 m di bawah permukaan. Pengambilan sampel ini berdasarkan hasil pemboran geoteknik. Tabel 1 menunjukkan titik-titik lokasi pengambilan sampel dan kedalamannya, sedangkan Tabel 2 menunjukkan hasil analisis laboratorium berupa uji sifat fisik dan mekanik tanah.

Berdasarkan klasifikasi *Unified Soil Classification System* mengacu pada standar *American Society for Testing and Materials* (2007), satuan tanah pada daerah penelitian termasuk ke dalam klasifikasi tanah lempung plastisitas rendah dan tinggi (CL-CH), serta tanah lanau dengan plastisitas rendah dan tinggi (ML-MH).

Analisis Geologi Teknik

Analisis geologi Teknik dilakukan berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan mekanik di laboratorium serta pemetaan geologi. Kemudian hasil analisis ditampilkan pada peta geologi teknik seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Berdasarkan hasil analisis, daerah penelitian terbagi menjadi tiga satuan geologi teknik yaitu:

1. Satuan Geologi Teknik Tanah Halus 1 yang tersusun atas tanah lanau plastisitas rendah (ML), tanah lanau plastisitas tinggi (MH), batu lanau menyerpih, dan tuf (zonasi warna biru muda). Satuan ini terletak pada ketinggian 350-425 m di atas permukaan laut dan kemiringan lereng 17-20% (agak curam), kadar air (W_n) = 36,499-40,373%, berat jenis (G_s) = 2,654-2,669 ton/m³, berat isi basah (γ_w) = 1,723-1,798 ton/m³, berat isi kering (γ_d) = 1,245-1,317 ton/m³, porositas (n) = 0,506-0,538, derajat kejenuhan (S_n) = 89,60-95,64%, batas cair (W_L) = 47-52,30%, batas plastis (W_p) = 30,31-31,76%,

Tabel 1. Titik-titik lokasi pengambilan sampel dan kedalamannya; D (*Disturbed Sample*), U (*Undisturbed Sample*).

No. Sampel	Lokasi	Kedalaman Sampel 1(m)	Kedalaman Sampel 2 (m)
BH 1 (U)	Area longsor 1	10 – 10,5	-
BH 2 (U)	Dekat area longsor 2	2,5 – 3	-
BH 3 (U)	Dekat area longsor 2	2 – 2,5	5,5 – 6
BH 6 (D)	Area stabil terhadap longsor 1	3 – 3,5 (D)	4 – 4,5 (U)

Tabel 2. Hasil Analisa Laboratorium Mekanika Tanah; D (*Disturbed Sample*), U (*Undisturbed Sample*).

No. Sampel	BH 1	BH 2	BH 3_1	BH 3_2	BH 6	BH 6	
Jenis Sampel	UD	UD	UD	UD	DS	UD	
Kedalaman (m)	10 – 10,5	2,5 – 3	2 – 2,5	5,5 – 6	3 – 3,5	4 – 4,5	
Variabel Tanah	W_n (%)	35,52	36,49	33,56	29,42	40,37	38,40
	G_s (ton/m ³)	2,667	2,667	2,670	2,671	2,654	2,669
	γ_t (ton/m ³)	1,788	1,798	1,757	1,813	1,757	1,723
	γ_d (ton/m ³)	1,319	1,317	1,316	1,401	1,252	1,245
	Pengujian Batas Atterberg						
	W_L (%)	41,95	49,80	53,60	51,80	47,00	52,30
	W_p (%)	22,65	31,76	28,65	24,65	30,77	30,31
	PI (%)	19,30	18,04	24,95	27,15	16,23	21,99
	Uji Triaxial						
	c (kg/cm ²)	-	0,48	0,58	0,591	-	0,41
	ϕ (°)	-	22,01	18,18	20,37	-	20,12

- kohesi (c) = 0,41-0,48 kg/m², sudut geser dalam (ϕ) = 20,12-22,01°, dan muka airtanah 3-3,75 m di bawah permukaan tanah;
- Satuan Geologi Teknik Tanah Halus 2 yang tersusun atas tanah lempung plastisitas tinggi (CH), batu lempung, dan batu lanau menyerpih (zonasi warna hijau tua). Satuan ini terletak pada ketinggian 300-430 m di atas permukaan laut, kemiringan lereng 17-20% (agak curam), kadar air (W_n) = 29,422-33,561%, berat jenis (G_s) = 2,671-2,671 ton/m³, berat isi basah (γ_w) = 1,757-1,813 ton/m³, berat isi kering (γ_d) = 1,316-1,401 ton/m³, porositas (n) = 0,476-0,507, derajat kejenuhan (S_n) = 86,67-87,01%, batas cair (W_L) = 51,80-53,60%, batas plastis (W_p) = 24,65-28,65%, kohesi (c) = 0,580-0,591 kg/m², sudut geser dalam (ϕ) = 18,189-20,377°, dan muka airtanah 3-3,75 di bawah permukaan tanah;
 - Satuan Geologi Teknik Tanah Halus 3 yang tersusun atas tanah lempung plastisitas rendah (CL), tuf, breksi vulkanik, batu pasir, dan batu lanau menyerpih (zonasi warna kuning). Satuan ini terletak pada ketinggian 302,5-350 m di atas permukaan laut, kemiringan lereng 17-20% (agak curam), kandungan air tanah (W_n) = 35,520%, berat jenis (G_s) = 2,6678 ton/m³, berat isi basah (γ_w) = 1,788 ton/m³, berat isi kering (γ_d) = 1,319 ton/m³, porositas (n) = 0,506, derajat kejenuhan (S_n) = 92,07%, batas cair (W_L) = 41,95%, batas plastis (W_p) = 22,65%, dan muka airtanah 0,8 m di bawah permukaan tanah.

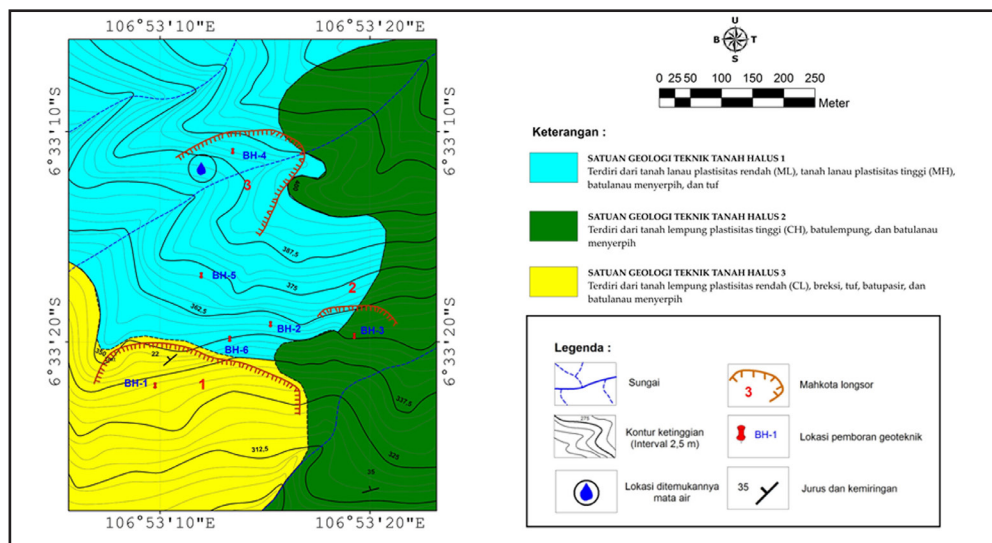
Perhitungan Daya Dukung Tanah dari Hasil Analisa Laboratorium

Perumusan yang digunakan dalam melakukan perhitungan daya dukung tanah menggunakan tabel rumus faktor daya dukung yang dibuat oleh Smith (2006). Tabel 3 dan 4 memperlihatkan hasil perhitungan daya dukung tanah dengan menggunakan data hasil analisa laboratorium untuk kedalaman fondasi 2 meter di bawah muka tanah dengan satuan ton/m², masing-masing untuk nilai daya dukung batas (q_u) dan nilai daya dukung yang diijinkan (q_a).

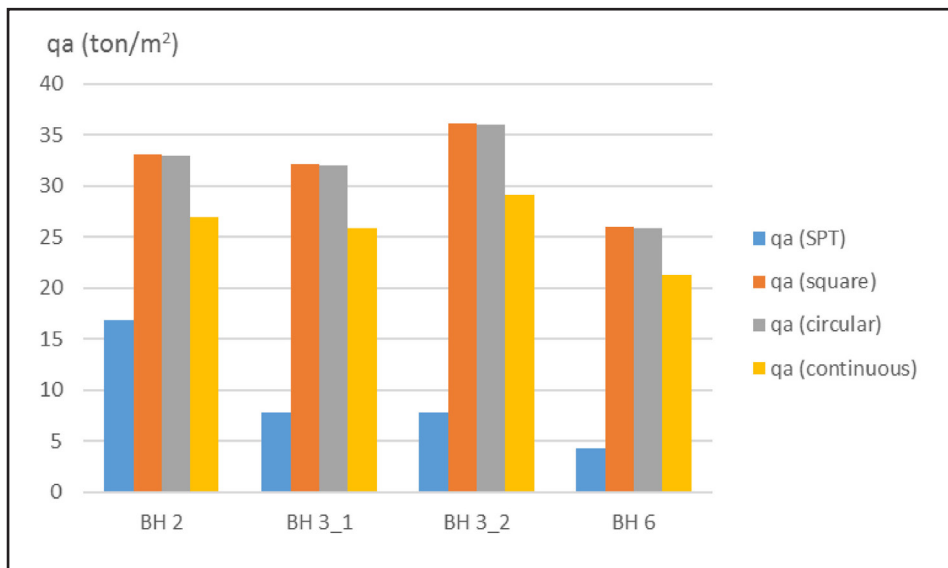
Perhitungan Daya Dukung Tanah dengan Standard Penetration Test (SPT)

Pengujian SPT dilakukan pada setiap titik bor dan nilai daya dukung yang dihasilkan adalah daya dukung yang diizinkan berdasarkan nilai rata-rata N dari jarak 0 sampai B di bawah fondasi. Tabel 5 menampilkan nilai daya dukung tanah berdasarkan data SPT pada masing-masing titik bor.

Pada Gambar 6 disajikan grafik hubungan nilai daya dukung yang diizinkan (q_a) berdasarkan hasil analisa laboratorium pada kedalaman 2 meter dan perhitungan berdasarkan rata-rata N-SPT untuk BH 2, BH 3 dan BH 6. Pada grafik tersebut terlihat bahwa q_a hasil perhitungan SPT memiliki nilai yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan hasil perhitungan dari analisa laboratorium mekanika tanah. Hal ini bisa disebabkan karena dua hal, pertama proses pengambilan data pada nilai SPT di lapangan dan kedua karena perbedaan



Gambar 5. Peta Geologi Teknik Daerah Penelitian.



Gambar 6. Hubungan nilai qa dari perhitungan hasil analisa laboratorium mekanika tanah dan dari rata-rata N-SPT.

Tabel 3. Nilai daya dukung batas (q_u) untuk kedalaman 2 m dalam satuan ton/m²; U (*Undisturbed Sample*).

No. Sampel	q_u untuk kondisi tanah <i>general-shear</i>			q_u untuk kondisi tanah <i>local-shear</i>		
	<i>square</i>	<i>circular</i>	<i>continuous</i>	<i>square</i>	<i>circular</i>	<i>continuous</i>
BH 2	165,64	165,05	136,45	99,30	98,88	80,98
BH 3_1	145,41	144,69	118,36	96,41	96,16	77,44
BH 3_2	171,95	171,10	140,42	108,32	107,99	87,32
BH 6 (U)	126,60	123,76	103,46	78,05	77,76	63,75

Tabel 4. Nilai daya dukung yang diizinkan (q_a) untuk kedalaman 2 m dalam satuan ton/m²; U (*Undisturbed Sample*).

No. Sampel	q_a untuk kondisi tanah <i>general-shear</i>			q_a untuk kondisi tanah <i>local-shear</i>		
	<i>square</i>	<i>circular</i>	<i>continuous</i>	<i>square</i>	<i>Circular</i>	<i>continuous</i>
BH 2	55,21	55,02	45,48	33,10	32,96	26,99
BH 3_1	48,47	48,23	39,45	32,14	32,05	25,81
BH 3_2	57,32	57,03	46,81	36,11	36,00	29,11
BH 6 (U)	41,53	41,25	34,49	26,02	25,92	21,25

Tabel 5. Nilai daya dukung tanah berdasarkan data SPT pada masing-masing titik bor.

Titik Bor	Ketebalan Tanah (m)	Rata-rata N-SPT	Daya Dukung yang Diizinkan (ton/m ²)
BH 1	8	15,25	10,89
BH 2	8,8	23,6	16,85
BH 3	9	11	7,85
BH 4	6	4	2,85
BH 5	8	9,8	6,99
BH 6	8	6	4,28

batuan sumber yang menjadi asal tanah. Faktor lainnya adalah cuaca pada saat pengujian SPT. Penambahan volume air tanah akibat hujan dapat mempengaruhi proses uji *Standar Penetration Test*. Hal ini berbeda dengan uji laboratorium yang menggunakan contoh tanah tak terganggu (*undisturbed sample*).

Perbedaan yang cukup jauh perhitungan daya dukung tanah antara hasil analisis sifat fisik dan mekanik dengan SPT membuat penelitian ini memiliki hubungan yang tidak searah. Dalam hal ini diberikan saran diantaranya (1) pengeboran geoteknik tambahan untuk memperoleh nilai SPT baru sebagai perbandingan dengan data sebelumnya, (2) pengambilan contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) pada beberapa titik lain selain dari pengeboran geoteknik, terutama area longsor 3 pada Peta Geologi Teknik yang telah dibuat dan area-area stabil lainnya, dan (3) analisis kestabilan lereng juga diperlukan agar tidak terjadi kerusakan yang lebih parah. Analisis ini diharapkan membantu menghitung keseimbangan tanah terhadap beban yang diberikan oleh bangunan yang sebagian besar dibangun pada lereng kupasan dan timbunan (*cut and fill*).

KESIMPULAN

Hasil perhitungan fondasi dangkal untuk *general soil shear condition* dan *local soil shear condition* dapat disimpulkan bahwa daya dukung tanah yang diizinkan (q_a) untuk setiap kedalaman yang paling tinggi pada fondasi bujur sangkar (*square footing*) dan nilai tertinggi yang terdapat pada kedalaman 2 m (BH 3 pada area terdekat dengan longsor 2), yaitu 57,32 ton/m² dan 36,11 ton/m². Fondasi yang paling rendah untuk semua kedalaman pada fondasi menerus (*continuous footing*) untuk kedalaman 2 m (BH 6 pada area stabil terhadap longsor 1) memiliki nilai 34,49 ton/m² dan 21,25 ton/m². Berdasarkan data SPT, nilai daya dukung yang diizinkan (q_a) pada masing-masing titik bor berkisar pada rentang 2,85 ton/m² (BH 4) sampai 16,85 ton/m² (BH 2).

Analisis daya dukung tanah merupakan salah satu metode dalam perencanaan wilayah, terutama perencanaan sipil yang berkaitan dengan pembangunan. Pengujian lapangan dengan metode SPT maupun analisis laboratorium yang menghasilkan berat isi, kohesi, dan sudut geser dalam sebagai parameter dalam perhitungan

numerik daya dukung tanah memberikan gambaran kondisi tanah yang akan dilakukan pengembangan atau keperluan tata guna lahan suatu daerah. Analisis laboratorium dari kondisi contoh tanah berupa kuat tekan serta kohesi dapat dijadikan parameter kestabilan lereng, terutama pada daerah penelitian yang merupakan kawasan dengan tingkat pergerakan tanah yang menengah sampai tinggi. Sehingga dari hasil analisis kestabilan lereng tersebut diperoleh peta potensi gerakan tanah yang melengkapi Peta Geologi Teknik suatu kawasan, serta perencanaan wilayah selanjutnya bagi pemerintah daerah setempat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ahmadi, Fadly, Indra dan Radinal atas kerjasamanya selama di lapangan serta pengolahan data, serta seluruh asisten Laboratorium Geologi Teknik Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran atas kerjasama dan diskusinya.

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.
- Anonim, 2012. Laporan Penyelidikan Lapangan Bukit Hambalang PT Wiratman. PT. Wiratman and Associate, Jakarta. Tidak diterbitkan.
- British Standard, 2004. *Code of practice for Foundations CP 2004*, British Standards Institution.
- Effendi, A.C., Kusmana, dan Hermanto, B., 1998. *Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa, Skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Fletcher, G. F. A., 1965. Standard penetration test: its uses and abuses. *Journal Soil Mechanics & Foundations, Div. ASCE*, Vol. 91, No. SM4, hal. 67-75.
- Hardiyatmo, H. C., 1994. *Mekanika Tanah 2*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Meyerhof, G. G., 1956. Penetration test and bearing capacity of cohesionless soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE*, Vol. 82, No. SM1, hal. 1-19.

- Oktariyanto, 2003. Geologi Daerah Bukit Sentul dan Sekitarnya, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran Bandung, tidak diterbitkan.
- Purnomo, H., Triana, Y. D., Rukmana, N., Subandriyo, Kristianto dan Luthfi, A., 2017. Study on the Effect of Landslide on Piles Foundation in Hambalang Village, Bogor District, *International Conference on Advancement of Pile Technology and Pile Case History*, Bali, Indonesia 25-27 September 2017.
- Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi, 2016. Peta Prakiraan Wilayah Potensi Terjadi Gerakan Tanah Pada Bulan Desember 2016, Kota dan Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Badan Geologi, Bandung. Tidak diterbitkan.
- Sari, D. A. P., Innaqa, S., dan Safrillah, 2017. Hazard, Vulnerability and Capacity Mapping for Landslides Risk Analysis using Geographic Information System (GIS), *International Conference on Innovation Research (ICIR) 2017*, Iasi, Rumania 25-26 Mei 2017.
- Smith, I., 2006. *Smith's Elements of Soil Mechanics*. Edisi Ke-8, Blackwell Publising, United Kingdom.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., dan Mesri, G., 1996. *Soil Mechanics In Engineering Practice*. John Wiley & Sons, Inc., hal. 258-262.
- Zakaria, Z., 2002. Pengantar Geologi Teknik. Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran Bandung, tidak diterbitkan.
- Zakaria, Z., 2006. c dan ϕ untuk daya dukung fondasi dangkal. Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran Bandung, tidak diterbitkan.
- Zubair, F., 2015. Pemahaman pengusaha dalam penerapan CSR oleh PT. Indocement Tungal Prakasa Tbk., di Citeureup Bogor, *Jurnal Kajian Komunikasi*, Vol. 3, No. 1, hal. 56-64.