

**STUDI PENENTUAN PARAMETER KUAT GESER
BOULDERY SOILS MENGGUNAKAN SEL
KALIBRASI (CALIBRATION CHAMBER)
DI LABORATORIUM**

DISERTASI



Oleh :

**Peregrinus Dhae Siga Taa
2013832001**

Promotor :

Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D.

Ko-Promotor :

Prof. Dr. Ir. A. Azis Djayaputra, MSCE.

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
AGUSTUS 2018**

Kode	: DIS-PDITS TAA S/18
ggg	: 29 November 2019
in-	: dis 268
ri/	:
lah /	:
ri	: Fakultas Teknik

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI PENENTUAN PARAMETER KUAT GESER *BOULDERY SOILS*
MENGUNAKAN SEL KALIBRASI (*CALIBRATION CHAMBER*)
DI LABORATORIUM**



Oleh :

**Peregrinus Dhae Siga Taa
2013832001**

Persetujuan Untuk Ujian Disertasi Terbuka Pada

Hari/Tanggal :

Pembimbing 1/ Promotor :

Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D.

Pembimbing 2 / Ko Promotor :

Prof. Dr. Ir. A. Azis Djayaputra, MSCE.

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
JULI 2018**

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Peregrinus Dhae Siga Taa
Nomor Pokok Mahasiswa : 2013832001
Program Studi : Doktor Ilmu Teknik Sipil
Program Pascasarjana
Universitas Katolik Parayangan

Menyatakan bahwa Tesis / Disertasi *) dengan judul :

STUDI PENENTUAN PARAMETER KUAT GESER *BOULDERY SOILS* MENGGUNAKAN SEL KALIBRASI (*CALIBRATION CHAMBER*) DI LABORATORIUM

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan Pembimbing, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan : di Bandung

Tanggal :



Peregrinus Dhae Siga Taa

**STUDI PENENTUAN PARAMETER KUAT GESER *BOULDERY SOILS*
MENGUNAKAN SEL KALIBRASI (*CALIBRATION CHAMBER*)
DI LABORATORIUM**

Peregrinus Dhae Siga Taa, (NPM : 2013832001)

Promotor : Prof. Paulus Pramono Rahardjo, PhD.

Ko Promotor : Prof. Dr. Ir. A. Azis Djayaputra, MSCE.



ABSTRAK

Di alam tanah dan batuan bercampur dalam satu kesatuan yang dapat membentuk suatu bukit ataupun lembah. Tanah merupakan material lepas, hasil dari pelapukan batuan yang berukuran kurang dari 2 mm. Sedangkan ukuran batuan di alam ada bermacam-macam dari ukuran kerikil sampai dengan *boulder*. Pada pekerjaan geoteknik terkadang menemui material lereng berupa campuran tanah berbatu yang didominasi oleh material tanah yang bercampur dengan material granular (kerikil dan batu). Campuran tanah dan batuan ini dikatakan sebagai material *bouldery soils*. Disebut material *bouldery soils* didasarkan pada kenyataan di lapangan dimana jenis geomaterial yang sangat tidak homogen yang mengandung jumlah dan ukuran batu tertentu yang bercampur dengan tanah pasir dan kerikil. Penentuan parameter kuat geser pada kondisi material tanah saja atau kondisi material batu dengan menggunakan alat uji geser langsung maupun uji triaksial saat ini sudah umum dilakukan di laboratorium. Tetapi untuk mendapatkan parameter kuat geser pada material *bouldery soils* maka diperlukan alat uji untuk dapat mengukur parameter kuat geser campuran material tersebut. Perbedaan kondisi material *bouldery soils* maka dilakukan pengembangan alat uji sel kalibrasi (*calibration chamber*) dengan metode pengujiannya sebagai alat uji triaksial skala besar dan uji Pressuremeter (PMT) di laboratorium. Dengan dimensi chamber yang bisa digunakan sebagai wadah atau media sampel berukuran 60 cm x 60 cm (tinggi x diameter). Sebelum dilakukan uji triaksial dan uji PMT dilakukan pemeriksaan distribusi ukuran butir tanah dan menggunakan sampel terganggu dengan cara menyusun kembali sampel (*reconstituted sampel*) dalam alat *calibration chamber*. Pada penelitian ini dilakukan uji *multistage triaxial test* dan *multistage pressuremeter test* dalam alat *calibration chamber*. Variasi jumlah *boulder* yang dipakai adalah 0% *boulder* (tanpa batu), dan dengan campuran material tanah pasir dengan persentase/komposisi *boulder* 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 60% *boulder* dengan menerapkan tekanan sel, (σ_3) sebesar 0,4 kg/cm², 0,8 kg/cm² dan 1,6 kg/cm². Hasil uji dari kedua metode tersebut dianalisis menggunakan model Mohr-Coulomb dan model hiperbolik dan menghasilkan nilai sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi (c) parameter kuat geser tanah *bouldery soils*. Selanjutnya hasil uji PMT dalam *calibration chamber*, mendapatkan parameter; P_o , P_y , P_L dan E_M dan dianalisis lebih lanjut untuk memperoleh nilai sudut gesek dalam (ϕ). Hasil analisis data uji triaksial material *bouldery soils* menggunakan kriteria Mohr Coulomb menunjukkan adanya penambahan persentase batu dalam material *bouldery soil* menghasilkan nilai sudut gesek dalam (ϕ) semakin tinggi dan kohesi (c) semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi ukuran butiran, jumlah batu (penambahan persentase batu) menjadi penentu dalam mendapatkan parameter kuat geser material *bouldery soils*. Hasil uji PMT *bouldery soils* didalam *calibration chamber* di laboratorium, menghasilkan nilai kekakuan atau modulus deformasi tanah, E_{PMT} bervariasi. Ukuran butiran tanah, jumlah batu (penambahan persentase batu) dan perubahan tegangan keliling (σ_3) mempengaruhi nilai sudut gesek dalam (ϕ) dan modulus kekakuan, E_{PMT} material *bouldery soils*.

Kata Kunci: *calibration chamber*, kuat geser, *bouldery soils*.

STUDY OF DETERMINATION SHEAR STRENGTH PARAMETERS OF BOULDERY SOILS USING CALIBRATION CHAMBER IN LABORATORIES



ABSTRACT

In nature, the soil and rocks mix in one unit that can form a hill or valley. The soil is a loose material, resulting from weathering of rocks less than 2 mm in size. While the size of rocks in nature there are various sizes of gravel to boulder. In geotechnical work sometimes encountered slope material in the form of a soil-rock mixture which is dominated by soil material mixed with the granular material (gravel and boulder). This soil and rock mixture is said to be a bouldery soils material. Called bouldery soils material is based on the fact in the field where the type of geomaterial is very inhomogeneous which contains a number and size of certain boulder mixed with sand and gravel soil. Determination of shear strength parameters on the condition of soil material only or the condition of rock material using direct shear test and the triaxial test is now commonly done in the laboratory. But to get the shear strength parameters in the bouldery soils material, a test tool is needed to be able to measure the shear strength parameters of the material mixture. The difference in the condition of the bouldery soils material is the development of a calibration chamber with its testing method as a large-scale triaxial test and pressuremeter (PMT) test in the laboratory. With the dimensions of the chamber that can be used as a container or sample media measuring 60 cm x 60 cm (height x diameter). Before triaxial testing and PMT tests are carried out, the examination of soil grain size distributions and using disturbed samples by reconstituted samples in the calibration chamber. In this study multistage triaxial test and multistage pressuremeter test were conducted in the calibration chamber. Variations in the number of boulder used are 0% boulder, and with a mixture of sand soil material with a percentage / composition of boulder 10%, 20%, 30%, 40%, 50% and 60% boulder by applying cell pressure, (σ_3) of 0.4 kg/cm², 0.8 kg/cm² and 1.6 kg/cm². The test results of the two methods were analyzed using the Mohr-Coulomb model and the hyperbolic model and produced the value of the internal friction angle (ϕ) and cohesion (c) the parameters of the bouldery soils ground shear strength. Furthermore, the PMT test results in the calibration chamber, get parameters; P_o , P_y , PL and EM and further analyzed to obtain the value of the internal friction angle (ϕ). The results of the triaxial test analysis of bouldery soils material using Mohr-Coulomb criteria showed that the addition of a percentage of the boulder in bouldery soil material resulted in a higher friction angle value (ϕ) and cohesion (c) getting smaller. This shows that the grain size distribution, the number of the boulder (the addition of boulder percentage) becomes a determinaton obtaining the bouldery soils shear strength parameters. The results of the PMT bouldery soils test in the calibration chamber in the laboratory, resulting in a value of stiffness or modulus of soil deformation, varying EPMT. The size of the soil grain, the number of stones (the addition of stone percentage) and the change in confining stress (σ_3) affect the value of the internal friction angle (ϕ) and the stiffness modulus, EPMT of bouldery soils material.

Keywords: calibration chamber, shear strength, bouldery soils.

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan segala karuniaNya yang telah dilimpahkan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan beberapa tahapan penelitian. Penelitian disertasi berjudul “Studi penentuan parameter kuat geser *bouldery soils* menggunakan cell kalibrasi (*calibration chamber*) di laboratorium,” telah dilalui. Pada kesempatan yang baik ini akan diadakan Ujian Terbuka Disertasi untuk memenuhi sebagian syarat kelulusan pada program Doktor Ilmu Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan Bandung. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ;

1. Prof. Ir. Paulus Pramono Rahardjo, PhD selaku Promotor dan Motivator yang selalu memberikan inspirasi kepada penulis dan Prof. Dr. Ir. A. Aziz Djajaputra, MSCE, selaku ko-promotor yang telah secara bersama sama membimbing saya dengan penuh kesabaran dan perhatian serta memberikan arahan-arahan dan ide-ide bagi penulis.
2. Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.T., Dr. Eng. Imam Achmad Sadisun, M.T., dan Dr. Ir. Silvia Fransisca Herina, M.T. selaku dosen pembahas yang memberikan masukan dan saran dalam penyusunan Disertasi ini.
3. Seluruh Dosen, Direktur, Asisten Direktur serta Kepala Program Studi, Staf Administrasi, serta Karyawan Pascasarjana Universitas Katolik Parahyangan atas semua ilmu, dukungan dan kerjasama yang diberikan selama masa studi.
4. Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir. MT selaku Kepala Laboratorium Geoteknik UNPAR, Pak Andra, Pak Yudi, Pak Ridwan yang membantu selama pengerjaan pengujian di Laboratorium Geoteknik UNPAR.
5. Pimpinan Dili Institute of Technology (DIT) di Timor Leste yang telah mendukung baik moril maupun materil selama penulis melanjutkan studi di UNPAR.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Program Doktor Ilmu Teknik Sipil dan Program Studi Magister Teknik Sipil Konsentrasi Geoteknik yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam perkuliahan.

7. Pak Dirman, Pak Asep, Pak Jaenal, Pak Iwan dan semua staff CV. Fianky Putra yang sudah mengerjakan alat calibration chamber dari awal desain, uji coba sampai pelaksanaan uji utama di laboratorium.
8. Pak Petrus yang dengan sabar membantu melakukan uji Pressuremeter di Laboratorium Geoteknik UNPAR. Pak Andy, Pak Adith, Pak Bondan, Bu Stevany, Bu Devy, Bu Prieschila dan semua staf PT. GEC yang penuh dengan semangat membantu dalam kelancaran penelitian Disertasi.
9. PT. Lintas Marga Sedaya, OPUS, PMC, KG-NRC, dan MCI selaku pihak terkait dengan proyek Bukit Salam atas data-data dan kesempatan untuk membahas proyek tersebut sebagai studi kasus.
10. Alm. BapakKu Rafael Siga dan Alm. KakakKu Marianus Siga Taa atas dukungan dan meyakinkan untuk terus menempuh pendidikan lebih lanjut. Pesan Papa selalu kuingat; “Papa tidak bisa memberikan harta yang berlimpah, tetapi hanya pendidikan yang bisa Papa berikan. Harta bisa habis dalam sekejap, tetapi ilmu tidak akan pernah habis dan dibawa sampai mati dan akan selalu menjadi sesuatu harta yang tak ternilai untuk melayani sesama umat manusia”.

Dan kepada Istri Dulce dan Anak-anak Waldus, Rince dan Angela serta keluarga besar Ua-Daja di Flores dan keluarga besar Uatolari di Timor Leste, penulis mengucapkan terima kasih setinggi-tingginya atas segala doa, dukungan yang tak henti-hentinya dan kasih sayang kepada penulis selama menyelesaikan penelitian ini.

Terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penelitian ini jauh dari sempurna, atas segala kekurangan dan kesalahan analisa dalam penelitian ini, penulis mengharapkan masukan dan koreksi. Akhir kata, penulis berharap agar disertasi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan terutama bagi perkembangan bidang ilmu teknik sipil, khususnya bidang geoteknik.

Bandung, Agustus 2018

Peregrinus Dhae Siga Taa

DAFTAR ISI



HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I . PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Inti Permasalahan	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Lingkup dan Lokasi Penelitian	5
1.5 Metode Penelitian	6
1.6 Kontribusi Dari Penelitian	7
1.7 Kerangka Laporan Penelitian	8
BAB II . TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Deskripsi Tanah	9
2.2 Tanah Berbatu (<i>Bouldery Soils</i>)	11
2.3. Evaluasi kuat geser campuran tanah-batu	13
2.4 Teori kuat geser tanah (<i>shear strength</i>)	17
2.4.1 Kriteria keruntuhan pada tanah	17
2.4.2 Kriteria keruntuhan Mohr	18
2.4.3 Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb	19
2.4.4 Parameter kuat geser tanah	21

2.4.5 Penentuan parameter tanah model linear hiperbolik	25
A. Hubungan tegangan regangan hiperbolik	25
B. Kurva non linear tegangan regangan hiperbolik	26
C. Ketergantungan tegangan terhadap perilaku tegangan-regangan yang digambarkan dari variasi E_i dan $\varepsilon/(\sigma_1-\sigma_3)_{ult}$ dengan tekanan kekang (confining pressure)	28
D. Hubungan antara E_t dengan tegangan	30
E. Perilaku inelastik yang ditentukan dengan perbedaan nilai modulus selama pembebanan dan tanpa pembebanan	30
F. Perubahan volume non linear yang ditentukan dengan nilai modulus bulk	32
G. Nilai modulus bulk (G) terhadap confining pressure	34
H. Evaluasi parameter ϕ_0 dan $\Delta\phi$ untuk tanah non kohesif	35
I. Parameter-parameter model hiperbolik	37
2.5 Penentuan Parameter Kuat Geser Tanah di Laboratorium	38
2.5.1 Jenis sampel tanah	38
2.5.2 Uji geser langsung (<i>direct shear test</i>)	40
2.5.3 Uji kuat tekan bebas (<i>unconfined compression test</i>)	41
2.5.4 Uji triaksial	42
2.6 Pengujian Triaksial <i>Multistage (Multistage Triaxial Test)</i>	45
2.6.1 Deskripsi Umum	45
2.6.2 Kriteria Keruntuhan	47
2.7 Uji Pressuremeter (PMT)	49
2.7.1 Jenis Pressuremeter	50
2.7.2 Prosedur Uji Pressuremeter Pra-Bor	51
2.7.3 Kurva Uji Dan Parameter Pressuremeter PMT Menard	53
2.7.4 Hubungan Teori Pengembangan Rongga dengan Uji Pressuremeter	58
2.7.5 Penurunan Parameter Kuat Geser Tanah dari uji PMT	61
2.8. Sel Kalibrasi (<i>Calibration Chambers</i>)	66

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	<i>Material bouldery soils</i>	71
3.2	Pengembangan alat <i>Calibration Chamber</i>	72
3.2.1.	Pengembangan Alat uji utama <i>Calibration Chamber</i> untuk uji Triaxial.	75
3.2.2.	Pengembangan Alat uji utama <i>Calibration Chamber</i> untuk uji Pressuremeter (PMT).	80
3.2.3.	Alat uji pendukung	81
3.3	Alur Penelitian	81
3.4	Skema Pengujian Utama	83
3.5	Tahapan Pelaksanaan Penelitian	
3.5.1	Tahap Persiapan	84
3.5.2	Penelitian Pendahuluan	85
3.5.3	Penelitian Utama	90
3.5.3.1	Pelaksanaan Uji Triaksial pada Alat <i>Calibration Chamber</i>	90
3.5.3.2	Pelaksanaan Uji PMT pada Alat <i>Calibration Chamber</i>	95
3.6	Validasi Pengujian	100
3.7	Analisa Hasil Pengujian	101
3.8	Mengkaji Hasil Pemodelan dan Menarik Kesimpulan	102

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Kondisi Geologi Daerah Kajian Tanah Berbatu Bukit Salam	103
4.1.1.	Deskripsi Proyek	103
4.1.2.	Kondisi Geologi	105
4.1.3.	Kondisi Tanah	107
4.2	Parameter-Parameter Tanah dari Data Uji In-Situ Dan Laboratorium	113
4.3.	Hasil Uji <i>Properties</i> Bahan Pasir, Kerikil Dan Batu	115
4.3.1	Hasil Uji Kadar Air Tanah	115
4.3.2	Hasil Uji Berat Jenis Tanah	116
4.3.3	Hasil Uji Berat Isi	116

4.3.4	Hasil Uji Distribusi Ukuran Butir Tanah	116
4.3.5	Hasil Uji <i>Standart Proctor</i> dan California Bearing Ratio	118
4.3.6	Hasil Uji Point Load Test (PLT) Batuan Pada Lokasi Studi	118
4.3.7	Hasil Uji Kuat Geser Pasir	120
4.4	Karakteristik Kuat Geser <i>Bouldery Soils</i>	121
4.4.1	Hasil Uji Triaxial Pada Material <i>Bouldery Soils</i> (boulder 0%)	122
4.4.2	Hasil Uji Triaxial Pada Material <i>Bouldery Soils</i> (10% boulder)	128
4.4.2.1	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Mohr-Coulomb	128
4.4.2.2	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Hiperbolik	129
4.4.3	Hasil Uji Triaxial Pada Material <i>Bouldery Soils</i> (20% boulder)	132
4.4.3.1	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Mohr-Coulomb	132
4.4.3.2	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Hiperbolik	134
4.4.4	Hasil Uji Triaxial Pada Material <i>Bouldery Soils</i> (30% boulder)	136
4.4.4.1	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Mohr-Coulomb	137
4.4.4.2	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Hiperbolik	138
4.4.5	Hasil Uji Triaxial Pada Material <i>Bouldery Soils</i> (40% boulder)	141
4.4.5.1	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Mohr-Coulomb	141
4.4.5.2	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Hiperbolik	142
4.4.6	Hasil Uji Triaxial Pada Material <i>Bouldery Soils</i> (50% boulder)	145
4.4.6.1	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Mohr-Coulomb	145
4.4.6.2	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Hiperbolik	147
4.4.7	Hasil Uji Triaxial Pada Material <i>Bouldery Soils</i> (60% boulder)	149
4.4.7.1	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Mohr-Coulomb	150
4.4.7.2	Karakteristik Kuat Geser berdasarkan model Hiperbolik	151
4.5.	Pengaruh penambahan persentase batu terhadap kuat geser <i>bouldery soils</i> dengan Kriteria Mohr Coulomb.	158

4.6. Parameter kuat geser <i>bouldery soils</i> dari uji Pressuremeter (PMT) menggunakan alat cell kalibrasi ' <i>Calibration Chamber</i> ' di Laboratorium.	164
4.6.1 Hasil uji Pressuremeter tanpa batu (0% Boulder).	164
4.6.2 Hasil uji Pressuremeter Material <i>Bouldery Soils</i> (20% boulder).	166
4.6.3 Hasil uji Pressuremeter Material <i>Bouldery Soils</i> (40% boulder).	168
4.6.4 Hasil uji Pressuremeter Material <i>Bouldery Soils</i> (60 % boulder).	170
4.7. Menurunkan Parameter Kuat Geser Undrained <i>Bouldery Soils</i> berdasarkan Uji Pressuremeter (PMT).	172
4.8. Menurunkan Parameter Sudut Geser Dalam <i>Bouldery Soils</i> Hasil Uji Pressuremeter (PMT) Menggunakan Grafik.	178
4.9. Modulus Deformasi atau Modulus Kekakuan (E_{PMT})	179
4.10. Kuat geser, ($\tau = s_u = c_u$) hasil uji PMT	181
4.11. Nilai Sudut Geser Dalam, ϕ ($^\circ$) <i>bouldery soils</i> hasil uji PMT	181
4.12. Parameter kuat geser <i>bouldery soils</i> dari hasil uji triaxial UU dan PMT.	182
4.13. Komparasi parameter modulus kekakuan PMT hasil uji lapangan (site) dengan hasil Uji PMT dalam <i>bouldery soils</i> di dalam calibration chamber.	191
4.14. Pembahasan Hasil Penelitian.	192
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	195
5.2 Saran	198
 DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PMT : Pressuremeter Test

c : kohesi

ϕ : sudut geser dalam

τ' = tekanan geser efektif

σ' = tekanan normal efektif

ϕ' = sudut geser dalam efektif untuk matriks—corrected for dilation

i_m = Stress-dependent dilation angle for the matrix

i_f = Dilation angle for the overall share plane.

UU : Unconsolidated-Undrained

CU : Consolidated-Undrained

CD : Consolidated-Drained

(τ_{ff}) : bidang keruntuhan saat keruntuhan tercapai

$f(\sigma_{ff})$: fungsi dari tegangan normal pada bidang keruntuhan saat keruntuhan tercapai

$\sigma_1 - \sigma_3$: Tegangan deviator

(σ_3) : tegangan horizontal

SPT : Standard Penetration Test

σ_n : tegangan normal

τ_{max} : geser maksimum

τ : gaya yang terbaca pada proving ring dibagi dengan luas bidang geser pada sampel

σ_r : kekangan pada arah radial

σ_a : tegangan aksial

σ_t : tegangan geser tangential

q_u : kuat tekan bebas

D_1 : diameter mata bor;

D_2 : diameter probe sebelum dikembangkan;

D_3 : diameter lubang bor sebelum probe dikembangkan

P^*_L : tekanan batas netto

P_L : tekanan batas (Limit Pressure)

P_o : tekanan tanah dalam keadaan diam.

V_o : volume awal rongga,

P_y : Tekanan Leleh (Yield Pressure)

z : Kedalaman, diukur dari muka tanah sampai pusat probe

γ : berat isi tanah
 u_o : tekanan hidrostatik air tanah di kedalaman probe
 k_o : koefisien tekanan tanah pada keadaan diam
 E_M : Modulus Pressuremeter
 G : Modulus Geser
 ΔV : perubahan volume rongga di bagian lurus kurva uji
 ΔP : perubahan tekanan dalam rongga di bagian lurus kurva
 ν : rasio poisson.
 S_u : Kuat Geser Undrained Tanah Lempung,
 P_{PMT} : tegangan PMT pada dinding lubang,
 σ_{ho} : tegangan horizontal total tanah,
 G : modulus geser tanah,
 R_p : radius rongga pada tegangan p ,
 R_o : radius awal rongga silindris.
 p_{max} : tegangan maximum PMT sebelum unloading,
 a_{max} : displacement maximum pada saat p_{max} ,
 a : displacement pada tegangan p saat unloading,
 ϕ' : Sudut Geser Dalam Tanah Pasir,
 u_o : tegangan hidrostatik air tanah,
 ϵ_c : regangan rongga silindris,
 ϕ'_{cv} : sudut geser dalam kritis
 W_p : kadar air tanah di lapangan
 W_s : berat butiran padat tanah
 W_w : berat air asli
 γ : berat jenis tanah asli
 γ_d : berat isi kering tanah
 γ_w : berat jenis air.
 σ : tegangan tanah
LVDT : Linear Variable Differential Transformer
 ρ_a : Tahanan jenis semu (Ohm-meter)
 ΔV : Beda potensial yang diukur (volt)
 I : Kuat arus yang digunakan (Ampere)
USCS : Unified Soil Classification System
AASTHO: American Association of State Highway and Transportation Official
ASTM : American Standard Testing and Material

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1: Material <i>bouldery soils</i> di daerah Bukit Salam (STA. 201+900 to STA. 202+300) proyek jalan toll Cikampek Palimanan Jawa Barat.	2
Gambar 2.1: Klasifikasi butiran menurut sistem Unified Soil Classification System, ASTM, MIT dan Internasional Nomenclature Bureau of Soils USDA dan British Standard BS 5930.	11
Gambar 2.2: Distribusi <i>Bouldery Soils</i> di lokasi pekerjaan lereng.	13
Gambar 2.3: Distribusi SRM di suatu lokasi pekerjaan proyek (Li Yayong, dkk., 2014)	15
Gambar 2.4 Perilaku (a) strain-softening dan (b) strain-hardening	19
Gambar 2.5 Ilustrasi (a) kurva keruntuhan Mohr dan (b) elemen saat keruntuhan dengan tegangan utama serta tegangan yang bekerja pada bidang keruntuhan.	20
Gambar 2.6 Ilustrasi perbandingan kurva keruntuhan Mohr dan Mohr-Coulomb	21
Gambar 2.7 Kondisi tegangan pada keadaan runtuh	24
Gambar 2.8 Alternatif yang menggambarkan kondisi tegangan	25
Gambar 2.9 Penggambaran representasi hiperbolik dari sebuah kurva tegangan-regangan (Kondner, 1963 dalam Duncan&Chang, 1980).	28
Gambar 2.10 Variasi initial tangent modulus terhadap confining pressure	30
Gambar 2.11. Variasi dari parameter kuat geser tanah terhadap confining pressure	31
Gambar 2.12. Modulus Unloading-Reloading (Duncan, Byrne, Wong & Mabry, 1980)	32
Gambar 2.13. Kuva Tegangan Regangan dan Perubahan Volume (Duncan, Byrne, Wong & Mabry, 1980).	34
Gambar 2.14. Variasi Modulus Bulk Terhadap Confining Pressure (Duncan, Byrne, Wong & Mabry, 1980).	36
Gambar 2.15 Keruntuhan Mohr-Coulomb untuk triaxial test dalam keadaan CD pada Oroville Dam Shell Material (GP-6).	37
Gambar 2.16. Variasi dari friction angle terhadap confining pressure untuk data Oroville Dam Shell Material (GP-6)	39
Gambar 2.17 Data dalam bentuk grafik dari pengujian triaksial <i>multistage</i> .	

(Sumber : K.H. Head, 1986 dalam Broto, C. A., 2008).	49
Gambar 2.18 Uji dan Kurva Uji Pressuremeter (modifikasi dari Briaud, 2013)	51
Gambar 2.19 Contoh Kurva Uji PMT yang telah dikoreksi (Gouw,2017)	57
Gambar 2.20 Daerah Pengaruh Pengembangan Rongga Silindris (Mecsi, 2013)	60
Gambar 2.21 Persamaan Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb (Mecsi, 2013).	61
Gambar 2.22 Kekakuan tanah non linear (Mecsi, 2013)	62
Gambar 2.23 Parameter Kuat Geser Undrained dari PMT (Gibson dan Aderson, 1961).	64
Gambar 2.24 Parameter Kuat Geser Undrained dari Kurva unloading PMT (Jefferies, 1988).	65
Gambar 2.25 Sudut Geser Dalam Tanah Pasir dari Kurva PMT (Hughes dkk, 1977).	66
Gambar 2.26 Grafik untuk perkiraan uji pressuremeter di tanah pasir dan hubungan dengan parameter lainnya (Mair & Wood, 1987).	67
Gambar 2.27 <i>Calibration Chamber</i> Universitas Florida (Holden, 1971).	71
Gambar 2.28 <i>Calibration Chamber</i> di Virginia Polytechnic Institute & State University (Rahardjo, P.P.,1989).	71
Gambar 2.29 Tampak dan <i>cross-section calibration chamber</i> Gdansk University of Technology, Polandia (Bałachowski and Dembicki 2003).	72
Gambar 3.1. <i>Material bouldery soils</i> di daerah Bukit Salam (STA. 201+900 to STA. 202+300) Jalan toll Cikampek Palimanan Jawa Barat.	74
Gambar 3.2. Tipe kondisi batas (<i>Boundary Conditions</i>) dalam <i>Calibration Chamber Tests</i> . (R. Salgado, J. K. Mitchell and M. Jamiolkowski, 1998).	75
Gambar 3.3. Alat <i>calibration chamber</i> di laboratorium geoteknik Universitas Katolik Parahyangan Bandung.	76
Gambar 3.4 Foto (a-f) bagian-bagian kelengkapan Alat <i>Calibration Chamber</i> di laboratorium geoteknik Universitas Katolik Parahyangan Bandung.	78
Gambar 3.5 Detail alat <i>Calibration Chamber</i> untuk uji Triaxial.	79
Gambar 3.6 Detail alat <i>Calibration Chamber</i> untuk uji Pressuremeter.	82

Gambar 3.7 Bagan alir penelitian.	84
Gambar 3.8 Skema test triaksial UU <i>bouldery soil</i> dalam alat calibration chamber.	85
Gambar 3.9 Skema test pressuremeter <i>bouldery soil</i> dalam alat calibration chamber.	85
Gambar 3.10 Satu Set Alat Uji Ayakan	86
Gambar 3.11 Alat Uji Point Load (PLT)	90
Gambar 3.12. (a) Alat Triaxial UU (b) Alat Direct Shear di laboratorium Geoteknik UNPAR	91
Gambar 3.13. Tanah pasir dan batu ditimbang sebelum dimasukkan dalam chamber.	93
Gambar 3.14 Posisi batu dalam chamber untuk uji Triaksial UU sampel <i>Bouldery Soils</i> komposisi boulder 30 %.	93
Gambar 3.15 Kontrol kerataan dengan waterpass.	94
Gambar 3.16 Alat compressor udara untuk tekanan cell.	95
Gambar 3.17 Pengaturan <i>LVDT</i>	96
Gambar 3.18 <i>Electric pump</i> untuk pemberian tekanan	97
Gambar 3.19 Proses pengujian triaxial UU pada alat calibration chamber untuk material boulder soil.	97
Gambar 3.20 Proses kalibrasi probe PMT	98
Gambar 3.21 Posisi batu dalam chamber untuk uji PMT sampel <i>Bouldery Soils</i> komposisi boulder 30 %.	99
Gambar 3.22 Probe PMT dimasukkan kedalam chamber menggunakan metode pre-bored PMT.	100
Gambar 3.23 Sampel ditutup rapat dan koneksi kabel dari probe ke Unit Kontrol PMT.	100
Gambar 3.24 Proses pengujian pressuremeter (PMT) material <i>bouldery soil</i> .	102
Gambar 4.1. Lay Out Lokasi Proyek Jalan Tol Cipali – Bukit Salam	105
Gambar 4.2. Tampak Atas Desain Rencana Ruas Jalan Tol Area Bukit Salam	106
Gambar 4.3. Kondisi tanah berbatu di lokasi Bukit Salam	107
Gambar 4.4. Peta Geologi dari Area Jawa Barat (N. Ratman & S. Gafoer, 1998)	108
Gambar 4.5. Lokasi Investigasi Tanah.	110

Gambar 4.6 Kondisi Tanah Pada Titik Bor BH-3	111
Gambar 4.7 Proses Peledakan Batuan Untuk Mempermudah Proses Galian	112
Gambar 4.8. Kondisi batuan masif yang dihancurkan untuk mempermudah galian	112
Gambar 4.9 Potongan melintang pelapisan STA 202+075 berdasarkan data pemboran dan geolistrik	113
Gambar 4.10. Potongan Melintang STA. 202+075 Berdasarkan Survei Kegempaan	114
Gambar 4.11 (a) Jumlah berat sampel (b) Tampak visual sampel pasir dan agregat kasar yang digunakan. (c) Hasil analisis distribusi ukuran butiran	119
Gambar 4.12 Hubungan antara kuat tekan uniaksial dan <i>point load index</i> batu.	122
Gambar 4.13 Grafik tegangan-regangan, diagram lingkaran Mohr dan diagram p vs q untuk sampel tanpa batu (0% boulder).	126
Gambar 4.14. Kurva (a), (b) dan (c) transformasi tegangan-regangan hiperbolik menjadi garis linear. Kurva (d) variasi intial tangent modulus terhadap confining pressure untuk sampel tanpa batu (0% boulder)	127
Gambar 4.15. Variasi <i>friction angle</i> terhadap confining pressure 0% boulder.	129
Gambar 4.16. Grafik tegangan-regangan, diagram lingkaran Mohr dan diagram p vs q untuk campuran tanah-batu (10% boulder).	131
Gambar 4.17. Kurva (a), (b) dan (c) transformasi tegangan-regangan hiperbolik menjadi garis linear. Kurva (d) variasi intial tangent modulus terhadap confining pressure untuk campuran tanah-batu (10% boulder).	132
Gambar 4.18. Variasi <i>friction angle</i> terhadap confining pressure 10% boulder	133
Gambar 4.19. Grafik tegangan-regangan, diagram lingkaran Mohr dan diagram p vs q untuk campuran tanah-batu (20% boulder).	135
Gambar 4.20. Kurva (a), (b) dan (c) transformasi tegangan-regangan hiperbolik menjadi garis linear. Kurva (d) variasi intial tangent modulus terhadap confining pressure untuk campuran tanah-batu (20% boulder).	136
Gambar 4.21. Variasi <i>friction angle</i> terhadap confining pressure 20% boulder	138
Gambar 4.22. Grafik tegangan-regangan, diagram lingkaran Mohr dan diagram p vs q untuk campuran tanah-batu (30% boulder).	140
Gambar 4.23. Kurva (a), (b) dan (c) transformasi tegangan-regangan hiperbolik menjadi garis linear. Kurva (d) variasi intial	

tangent modulus terhadap confining pressure untuk campuran tanah-batu (30% boulder).	141
Gambar 4.24. Variasi friction angle terhadap confining pressure 30% boulder	142
Gambar 4.25. Grafik tegangan-regangan, diagram lingkaran Mohr dan diagram p vs q untuk campuran tanah-batu (40% boulder).	144
Gambar 4.26. Kurva (a), (b) dan (c) transformasi tegangan-regangan hiperbolik menjadi garis linear. Kurva (d) variasi intial tangent modulus terhadap confining pressure untuk campuran tanah-batu (40% boulder).	145
Gambar 4.27. Variasi friction angle terhadap confining pressure 40% boulder.	146
Gambar 4.28. Grafik tegangan-regangan, diagram lingkaran Mohr dan diagram p vs q untuk campuran tanah-batu (50% boulder).	148
Gambar 4.29. Kurva (a), (b) dan (c) transformasi tegangan-regangan hiperbolik menjadi garis linear. Kurva (d) variasi intial tangent modulus terhadap confining pressure untuk campuran tanah-batu (50% boulder).	149
Gambar 4.30. Variasi friction angle terhadap confining pressure 50% boulder.	151
Gambar 4.31. Grafik tegangan-regangan, diagram lingkaran Mohr dan diagram p vs q untuk campuran tanah-batu (60% boulder).	153
Gambar 4.32. Kurva (a), (b) dan (c) transformasi tegangan-regangan hiperbolik menjadi garis linear. Kurva (d) variasi intial tangent modulus terhadap confining pressure untuk campuran tanah-batu (60% boulder).	154
Gambar 4.33. Variasi friction angle terhadap confining pressure 60% boulder.	155
Gambar 4.34 Pengaruh penambahan persentase batu terhadap nilai sudut geser dalam (ϕ) <i>bouldery soils</i> menggunakan kriteria Mohr Coulomb.	161
Gambar 4.35 Pengaruh penambahan persentase batu terhadap nilai kohesi <i>bouldery soils</i> menggunakan kriteria Mohr Coulomb.	161
Gambar 4.36 (a). Data kuat geser <i>silt sandy clay</i> dari uji triaksial UU (Miler and Sowers, 1957). (b). Data kuat geser <i>sandy fine gravel</i> dari uji triaxial CD (Holtz and Ellis, 1961).	162
Gambar 4.37 Kuat geser <i>bouldery soils</i> meningkat akibat penambahan persentase batu 0% – 60% analisis menggunakan kriteria Mohr Coulomb.	163

Gambar 4.38 Tegangan keliling (σ_3) dan sudut geser dalam (ϕ) <i>bouldery soils</i> dari hasil uji triaxial dengan penambahan boulder 0% – 60% analisis menggunakan kriteria Hyperbolic Model.	164
Gambar 4.39 Pengaruh penambahan persentase batu terhadap sudut geser dalam (ϕ) <i>bouldery soil</i> analisis menggunakan kriteria Hyperbolic Model.	164
Gambar 4.40 Nilai sudut geser dalam, (ϕ) analisis menggunakan model hiperbolik beberapa jenis tanah pasir dan kerikil di Amerika (Duncan, et al., 1980).	165
Gambar 4.41 Kurva uji PMT tanpa batu (0% Boulder) dalam calibration chamber.	167
Gambar 4.42. Kurva uji PMT 20% Boulder dalam calibration chamber.	169
Gambar 4.43. Kurva uji PMT 40% Boulder dalam calibration chamber.	171
Gambar 4.44. Kurva uji PMT 60% Boulder dalam calibration chamber.	173
Gambar 4.45 Calhoon's graph to determine ϕ from pL and EM.	180
Gambar 4.46 Hubungan antara tegangan keliling dengan Modulus Kekakuan <i>bouldery soils</i>	182
Gambar 4.47 Hubungan antara tegangan keliling dengan Modulus Geser <i>bouldery soils</i>	182
Gambar 4.48 Hubungan antara tegangan keliling, σ_3 dengan kuat geser, S_u <i>bouldery soils</i>	183
Gambar 4.49 Hubungan antara tegangan keliling dengan sudut geser dalam <i>bouldery soils</i> .	184
Gambar 4.50 Parameter sudut geser dalam hasil analisis Triaxial Metode Mohr Coulomb, Hiperbolik Model dan hasil analisis Uji Pressuremeter (PMT) menggunakan alat calibration chamber di laboratorium.	186
Gambar 4.51 Korelasi parameter sudut geser dalam hasil uji PMT dan Hasil Uji Triaxial <i>Bouldery soils</i> di Laboratorium.	187
Gambar 4.52 Hubungan penambahan persentase batu 0%, 20%, 40% dan 60 % Boulder terhadap nilai kuat geser, S_u hasil uji PMT.	187
Gambar 4.53 Hubungan penambahan persentase batu 0%, 20%, 40% dan 60 % Boulder terhadap nilai sudut geser dalam, ϕ .	188
Gambar 4.54 Hubungan antara net limit pressure dengan kuat geser dengan perbandingan persentase batu 0%, 20%, 40% dan 60 % Boulder.	188

Gambar 4.55 Hubungan antara <i>net limit pressure</i> dengan sudut geser dalam masing-masing persentase boulder (0%, 20%, 40% dan 60%).	189
Gambar 4.56 Hubungan antara <i>net limit pressure</i> dengan sudut geser dalam.	189
Gambar 4.57 Hubungan antara sudut geser dalam PMT dan sudut geser dalam Triaxial UU di dalam calibration chamber.	190
Gambar 4.58 Hubungan sudut geser dalam dengan Modulus Kekakuan <i>bouldery soil</i> .	190
Gambar 4.59 Hubungan antara <i>net limit pressure</i> dengan kuat geser, s_u <i>bouldery soil</i> .	191
Gambar 4.60 Hubungan antara $(PL-P_0)/P_0$ dengan sudut geser dalam <i>bouldery soils</i> .	191
Gambar 4.61 Hasil uji PMT <i>bouldery soils</i> diplotkan dalam diagram spektral Pressiometer ^(R) , (Baud, 2005).	192
Gambar 4.62 Hubungan antara tekanan keliling, ($\sigma_3 = P_0$) terhadap modulus kekakuan, (E_{PMT}) dari hasil uji PMT di laboratorium	193
Gambar 4.63 Hubungan antara tekanan keliling, ($\sigma_3 = P_0$) terhadap modulus kekakuan, (E_{PMT}) dari hasil uji PMT di lapangan (on site).	193

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Rangkuman penelitian terdahulu pada tanah heterogen	17
Tabel 2.2 Parameter-parameter model hiperbolik	40
Tabel 2.3 Nilai Tipikal Tekanan Batas, P^*_L (Briaud, 2013)	55
Tabel 2.4 Nilai Tipikal Sudut Geser Kritis ϕ'_{cv} (Schnaid, 2009)	67
Table 2.5 <i>Calibration Chambers</i> yang pernah digunakan dalam penyelidikan geoteknik.	70
Tabel 3.1 Kondisi batas (<i>boundary condition</i>) yang sering diterapkan pada <i>calibration chamber</i> .	76
Table 3.2 Dimensi dan kondisi batas <i>Calibration Chamber</i> yang digunakan untuk penyelidikan geoteknik.	77
Tabel 4. 1. Parameter Kuat Geser Tanah Berdasarkan Hasil TX-UU	116
Tabel 4. 2. Resume Hasil Uji Pressuremeter (PMT) uji lapangan	117
Tabel 4.3 Hasil Uji Point Load Index Batuan	121
Tabel 4.4. Hasil uji <i>properties</i> bahan pasir, kerikil dan batu	123
Tabel 4.5. Data perhitungan model hiperbolik <i>bouldery soils</i> tanpa boulder.	128
Tabel 4.6. Data perhitungan model hiperbolik <i>bouldery soils</i> dengan 10% boulder.	133
Tabel 4.7. Data perhitungan model hiperbolik <i>bouldery soils</i> dengan 20% boulder.	137
Tabel 4.8. Data perhitungan model hiperbolik <i>bouldery soils</i> dengan 30% boulder.	142
Tabel 4.9. Data perhitungan model hiperbolik <i>bouldery soils</i> dengan 40% boulder.	146
Tabel 4.10. Data perhitungan model hiperbolik <i>bouldery soils</i> dengan 50% boulder.	150
Tabel 4.11. Data perhitungan model hiperbolik <i>bouldery soils</i> dengan 60% boulder.	155
Tabel 4.12. Data perhitungan model hiperbolik <i>bouldery soils</i> 0% sampai dengan 60% boulder.	157
Tabel 4.13 Rekapitulasi Parameter Kuat Geser <i>Bouldery Soils</i> Dari Hasil Uji Triaxial UU Di Calibration Chamber. (Perhitungan dengan menggunakan kriteria Model Hiperbolik).	158
Tabel 4.14. Parameter kuat geser untuk tanah hasil test kondisi <i>Unconsolidated-Undrained</i> model hiperbolik (Duncan, et al., 1980).	159

Tabel 4.15 Parameter kuat geser <i>bouldery soils</i> yang diperoleh dari uji triaksial UU pada alat <i>calibration chamber</i> analisis menggunakan kriteria Mohr Coulomb.	161
Tabel 4.16 Hasil penelitian sudut geser dalam (ϕ) <i>bouldery soils</i> dari uji triaksial dengan penambahan boulder 0% - 60% analisis menggunakan kriteria Hyperbolic Model.	163
Tabel 4.17 Rekapitulasi hasil uji PMT pada material <i>tanpa batu</i> (0% Boulder)	168
Tabel 4.18 Rekapitulasi hasil uji PMT pada material 20% Boulder	170
Tabel 4.19 Rekapitulasi hasil uji PMT pada material 40% Boulder	172
Tabel 4.20. Rekapitulasi hasil uji PMT pada material 60% Boulder	174
Tabel 4.21. Sudut gesek dalam, ϕ dari uji PMT untuk material <i>bouldery soils</i>	172
Tabel.4.22 Rangkuman parameter dari hasil uji PMT <i>bouldery soils</i>	177
Tabel.4.23 Perhitungan korelasi antar parameter dari hasil uji PMT <i>bouldery soils</i>	178
Tabel.4.24 Rangkuman parameter dari hasil uji PMT di Lapangan (on site)	179
Tabel 4.25 Nilai sudut geser dalam PMT <i>bouldery soils</i> berdasarkan grafik Calhoon's.	181
Tabel.4.26 Parameter sudut geser dalam, ϕ dari hasil uji PMT <i>bouldery soils</i> .	184
Tabel.4.27 Parameter sudut geser dalam, ϕ dari hasil Uji Triaksial <i>bouldery soils</i> .	185

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN DATA PRIMER :

Lampiran A: Data Hasil Uji Properties Tanah dan Batu

Lampiran B1-1 - B1-5: Data Hasil Pemeriksaan Kadar Air Tanah Alami

Lampiran B1- 6 : Data Hasil Pemeriksaan Kadar Tanah Dalam Chamber

Lampiran B2- 1 – B2-2 : Data hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus

Lampiran B3-1 – B3-2: Data hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar

Lampiran B4: Data Hasil Uji Distribusi Ukuran
(practices size distribution analysis)

Lampiran B5-1 – B5-6: Data Hasil Pemeriksaan Pemadatan (compaction) & California Bearing Ratio (CBR)

Lampiran B6: Data Hasil Pemeriksaan Point Load Test (PLT) Batu

Lampiran B7: Data Hasil Pemeriksaan Uji Geser Langsung

Lampiran B8: Data Hasil Pemeriksaan Triaxial UU

Lampiran B: Data Hasil Uji Triaxial Bouldery Soils

Lampiran C1: Data Hasil Uji Triaxial Bouldery Soils tanpa boulder (0%)

Lampiran C2: Data Hasil Uji Triaxial Bouldery Soils tanpa boulder (10%)

Lampiran C3: Data Hasil Uji Triaxial Bouldery Soils tanpa boulder (20%)

Lampiran C4: Data Hasil Uji Triaxial Bouldery Soils tanpa boulder (30%)

Lampiran C5: Data Hasil Uji Triaxial Bouldery Soils tanpa boulder (40%)

Lampiran C6: Data Hasil Uji Triaxial Bouldery Soils tanpa boulder (50%)

Lampiran C7: Data Hasil Uji Triaxial Bouldery Soils tanpa boulder (60%)

Lampiran D: Data Hasil Uji Pressuremeter (PMT) Bouldery Soils

Lampiran D1: Data Hasil Uji Pressuremeter (PMT) Bouldery Soils
boulder (0%)

Lampiran D2: Data Hasil Uji Pressuremeter (PMT) Bouldery Soils
boulder (20%)

Lampiran D3: Data Hasil Uji Pressuremeter (PMT) Bouldery Soils
boulder (40%)

Lampiran D4: Data Hasil Uji Pressuremeter (PMT) Bouldery Soils
boulder (60%)

LAMPIRAN DATA SEKUNDER :

Lampiran A: Data Hasil Penyelidikan Laboratorium

Lampiran A1: Data Hasil Uji Triaxial UU

Lampiran A2: Data Hasil Uji Pressuremeter STA. 202+075

Lampiran A3: Data Potongan Melintang Jalan Tol Area Bukit Salam

Lampiran A: Data Hasil Penyelidikan Lapangan

Lampiran A5: Data Hasil Uji Geolistrik

Lampiran A6: Data Hasil Pemboran Dalam

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang Penelitian

Di alam tanah dan batuan bercampur dalam satu kesatuan yang dapat membentuk suatu bukit ataupun lembah. Tanah merupakan meterai lepas, hasil dari pelapukan batuan yang berukuran kurang dari 2 mm. Sedangkan ukuran batuan di alam ada bermacam-macam dari ukuran kerikil sampai dengan *boulder*. Pada pekerjaan geoteknik terkadang menemui material lereng berupa campuran tanah berbatu yang didominasi oleh material tanah yang bercampur dengan material granular (kerikil dan batu). Campuran tanah dan batuan ini dikatakan sebagai material *bouldery soils*. Disebut material *bouldery soils* didasarkan pada kenyataan di lapangan dimana jenis geomaterial yang sangat tidak homogen yang mengandung jumlah dan ukuran batu tertentu yang bercampur dengan tanah pasir dan kerikil.

Di daerah Bukit Salam yang merupakan lokasi pekerjaan jalan tol Cikopo - Palimanan (CIPALI) ditemui material *bouldery soils* di STA 201 + 900 sampai STA 202 + 300 (Rahardjo, 2014). Karena lokasi tersebut berbukit, untuk pembukaan akses jalan tol dengan cara memotong bukit tersebut dimungkinkan dapat terjadi perubahan kuat geser material *bouldery soils*. (Putra, 2015), menyatakan adanya permasalahan pada tanah bercampur dengan *boulder* (*bouldery soils*.) sehingga perlu ditinjau lebih lanjut efek adanya *boulder* pada kestabilan lereng. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan metode elemen

hingga dengan parameter tanah yang digunakan dari hasil korelasi nilai N-SPT. Pemodelan elemen hingga sebagai pendekatan awal untuk menentukan karakteristik *bouldery soils* dengan membuat simulasi uji triaksial dengan perbedaan batu dan tanah lempung. Penelitian mengenai penentuan parameter kuat geser pada material *bouldery soils* baru dilakukan sebatas pemodelan uji triaksial menggunakan metode elemen hingga seperti yang pernah dilakukan oleh (Sugianto, 2016). Dari hasil numerik, diperoleh karakteristik tegangan-regangan *bouldery soils* kemudian menghitung kohesi dan sudut geser dalam. Sejauh ini penentuan parameter kuat geser material *bouldery soils* di laboratorium belum pernah dilakukan.

Material *bouldery soils* ditemukan di daerah Bukit Salam proyek jalan tol Cikopo-Palimanan, seperti tampak pada lereng jalan yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Material *bouldery soils* di daerah Bukit Salam (STA. 201+900 sampai STA. 202+300) proyek jalan toll Cikopo-Palimanan Jawa Barat (Rahardjo, 2014).

Untuk mengetahui nilai kuat geser dapat dihasilkan secara langsung melalui uji *insitu* dengan uji Pressuremeter (PMI) maupun secara tidak langsung melalui uji triaksial dan uji geser langsung di laboratorium. Untuk mendapatkan parameter

kuat geser pada material *bouldery soils* maka diperlukan alat uji untuk dapat mengukur parameter kuat geser campuran material tersebut.

Bouldery soil merupakan material kompleks dan tidak sejenis (*heterogeneous soils*) sehingga perlu ditinjau lebih lanjut efek adanya *boulder* pada penentuan parameter kuat geser sebelum dipergunakan di dalam rekayasa geoteknis. Salah satu penyebabnya adalah ketidakpastian penentuan parameter campuran tanah-batu di laboratorium geoteknik. Pada kenyataannya di lapangan sampel-sampel yang diambil setelah dilakukan uji *in-situ* untuk mendapatkan parameter masing-masing tanah ataupun batuan secara terpisah. Akibat keterbatasan uji laboratorium yang dilakukan maka perlu dilakukan korelasi dari hasil uji lapangan yang dilakukan terhadap parameter-parameter yang nanti akan digunakan pada tahap analisis.

Untuk tanah homogen, parameter desain diperoleh dengan penyelidikan tanah di lapangan dan uji laboratorium sudah mempunyai alat uji yang standar. Dalam hal materi secara dominan terdiri dari bahan heterogen yang didefinisikan sebagai tanah *bouldery soil*, membentuk tanah sampel dianggap sulit. Di dalam prakteknya, material campuran tanah batu, efek partikel-partikel batu material *bouldery soil* secara khusus diabaikan dalam analisis kuat geser.

1.2 Inti Permasalahan

Penentuan parameter kuat geser pada kondisi material tanah saja (*soils*) atau kondisi material batuan (*rock*) dengan menggunakan alat uji geser langsung maupun uji triaksial saat ini sudah umum dilakukan di laboratorium. Tetapi untuk

menentukan karakteristik kuat geser material campuran tanah-batu (*bouldery soils*) belum pernah dilakukan. Perbedaan kondisi material *bouldery soils* merupakan latar belakang dari penelitian ini, yang diikuti dengan pengembangan alat uji sel kalibrasi (*calibration chamber*) dengan metode pengujiannya seperti alat uji triaksial tanpa konsolidasi dan tanpa drainase (*triaxial Unconsolidated-Undrained*, UU) dan uji Pressuremeter (PMT) di laboratorium.

Oleh karena itu, penyelidikan parameter kuat geser (kohesi, c dan sudut geser dalam, ϕ) *bouldery soils* perlu dicoba di laboratorium geoteknik dengan menggunakan sel kalibrasi (*calibration chamber*).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan parameter kuat geser (kohesi, c dan sudut geser dalam, ϕ) untuk material *bouldery soils* berdasarkan uji triaksial dan Pressuremeter (PMT) dengan menggunakan alat sel kalibrasi (*calibration chamber*) di laboratorium.
2. Menginterpretasikan parameter-parameter tanah yang diperoleh dari hasil uji triaksial dan uji pressuremeter menggunakan alat sel kalibrasi (*calibration chamber*) di laboratorium.
3. Mempelajari perubahan karakteristik kuat geser tanah tanpa *boulder* dan campuran tanah-*boulder* dengan melakukan variasi persentase *boulder* dalam material *bouldery soils*. Dan membandingkan parameter kuat geser dari hasil uji triaksial (*Undrained Unconsolidated*) dan uji Pressuremeter (PMT).

Hipotesis yang mendasari penelitian ini ialah adanya pengaruh komposisi *boulder* terhadap nilai parameter kuat geser *bouldery soils*. Uji triaxial dalam skala besar dan uji pressuremeter, di dalam alat *calibration chamber* akan dapat memperlihatkan pengaruh tersebut. Hasil uji dari kedua metode tersebut dapat diturunkan untuk memperoleh beberapa parameter kuat geser tanah *bouldery soils* di laboratorium.

1.4 Lingkup Dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen (*experimental research*) di laboratorium dengan menggunakan alat *calibration chamber* dan sampel material *bouldery soils* diambil dari daerah Bukit Salam (STA. 201+900 sampai STA. 202+300) jalan tol Cikopo-Palimanan, Jawa Barat.

Lingkup penelitian berupa pembatasan masalah serta beberapa asumsi perlu ditentukan sebagai batasan yang jelas dari penelitian ini sehingga lingkup penelitian yang terlalu luas dan divergen dapat dihindari. Batasan-batasan teknis dan asumsi-asumsi yang diambil untuk penelitian ini adalah:

- 1) Sampel tanah berupa material *bouldery soils* yang diambil dari lapisan tanah heterogen yang berada di permukaan dari hasil peledakan dan penggalian menggunakan alat berat. Selanjutnya dilakukan pemisahan ukuran butiran.
- 2) Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah yang bersifat terganggu (*disturbed sample*). Dan penyiapan sampel di dalam alat *calibration chamber* berupa sampel *bouldery soils* yang dibentuk kembali dan diulang (*repeatable samples of reconstituted*) pada material campuran pasir, kerikil dan *boulder*.

- 3) Ukuran batu (*boulder*) yang dimodelkan dan digunakan dalam pengujian dalam sel kalibrasi ukuran berkisar antara 200-300 mm.
- 4) Pengujian hanya dilakukan pada kondisi sampel material *bouldery soils* yang tidak jenuh air (*unsaturated*) saja.
- 5) Penentuan parameter kuat geser tanah di laboratorium dilakukan dengan menggunakan alat *calibration chamber* dengan metode pengujian uji triaksial skala besar tipe *Undrained Unconsolidated* (UU) dan uji Pressuremeter (PMT) dengan cara *multi stage*.
- 6) Dalam penelitian ini faktor geologi dan genesa material campuran batu dan tanah di lokasi penelitian tidak dikaji.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini terutama berupa studi eksperimental di laboratorium, menggunakan alat *calibration chamber* dimana hasil pengujian akan dianalisis sesuai dengan teori yang diterima secara umum saat ini.

Hasil pengujian final diharapkan menghasilkan parameter kuat geser *bouldery soils* pada berbagai tegangan dan perbandingan persentase *boulder*. Parameter kuat geser hasil uji triaxial *bouldery soils* akan dianalisis dan ditentukan berdasarkan model Mohr-Coulomb dan model hiperbolik. Menentukan parameter kuat geser undrained *bouldery soils* menggunakan data uji pressuremeter di laboratorium. Penelitian ini dicapai melalui data data primer yang diperoleh dari serangkaian pengujian penentuan parameter *bouldery soils* di laboratorium yang dirinci sebagai berikut :

1. Uji analisa saringan pasir dan kerikil.

2. Uji sifat fisik dan propertis tanah dan batu /*boulder*
3. Uji Point Load (PLT) batu
4. Uji pemadatan standar dan CBR
5. Uji geser langsung untuk material pasir
6. Uji triaxial UU untuk material pasir
7. Uji triaxial UU menggunakan sel kalibrasi pada material *bouldery soils* dengan perbandingan komposisi/persentase "*boulder content*".
8. Uji Pressuremeter (PMT) menggunakan sel kalibrasi pada material *bouldery soils* dengan perbandingan persentase "*boulder content*".

Data sekunder, didapatkan melalui observasi lapangan dan mengambil data-data proyek Jalan toll CIPALI, di daerah Bukit Salam (STA. 201+900 to STA. 202+300)) Cikopo-Palimanan Jawa Barat.

1.6 Kontribusi Dari Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan akan diperoleh pengetahuan tentang cara menentukan parameter kuat geser (kohesi, c dan sudut geser dalam, ϕ) *bouldery soils* menggunakan alat sel kalibrasi (*calibration chamber*) di laboratorium. Pemasangan model di dalam silinder uji tersebut dimaksudkan dapat merepresentasikan kondisi yang ada di lapangan.

1.7 Kerangka Laporan Penelitian

Penelitian ini disusun dengan susunan bab sebagai berikut :

- Bab 1 memuat latar belakang, tujuan, lingkup, metode, kontribusi dan kerangka laporan penelitian.

- Bab 2 membahas kajian pustaka penelitian-penelitian karakteristik dan parameter kuat geser *bouldery soil* yang telah dilakukan dan dipublikasikan, serta dasar teori yang akan digunakan.
- Bab 3 memuat kerangka metode penelitian yang dilakukan meliputi pemodelan, peralatan yang dipergunakan, program uji dan prosedur uji.
- Bab 4 membahas hasil, analisa, diskusi dan kesimpulan penelitian karakteristik kuat geser *bouldery soil*.
- Bab 5 kesimpulan dan saran.