

POTENSI KEHANCURAN TANAH LANAU KELEMPUNGAN YANG DIPADATKAN DI LABORATORIUM DENGAN KANDUNGAN LEMPUNG YANG BERBEDA

Aniek Prihatiningsih¹, Alfred Jonathan Susilo², Gregorius Sandjaja Sentosa³

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta
Email: aniekp@ft.untar.ac.id

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta
Email: alfred@ft.untar.ac.id

³ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta
Email: gregoriuss@ft.untar.ac.id

Masuk: 20-04-2019, revisi: 02-09-2019, diterima untuk diterbitkan: 03-09-2019

ABSTRAK

Kehancuran tanah mendadak (Collapsible soil) adalah tanah yang mengalami penyusutan volume secara ekstrim dan mendadak. Peremeter yang menggambarkan kehancuran mendadak dilihat dari nilai C_p (potensi collapse), semakin meningkat nilai C_p maka tingkat kesulitannya akan semakin besar. Pemadatan tanah yang dilakukan dalam kondisi lebih kering daripada kadar air optimum cenderung dapat terjadi kehancuran mendadak (collapsible soil). Tanah yang mengandung lempung yang lebih banyak telah diuji pemadatan di laboratorium pada kondisi lebih kering daripada kadar air optimum (95% lebih kering dari kadar air optimum) untuk mengetahui potensi kehancuran mendadak. Tanah yang dipadatkan tersebut diuji pada alat konsolidasi dengan kondisi awal tanpa direndam pada tegangan prakonsolidasi, kemudian contoh tanah direndam 24 jam dengan kondisi diberi tegangan tetap pada tegangan prakonsolidasi. Tanah yang mengandung lempung lebih banyak akan memperlihatkan potensi kehancuran mendadak yang lebih rendah dibandingkan tanah yang mengandung lempung lebih sedikit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi kehancuran mendadak pada tanah dengan kandungan lempung yang berbeda. Contoh tanah yang di teliti diambil dari Sidrap-Sulawesi Selatan dan Citra-Banten. Penelitian dilakukan di laboratorium mekanika tanah universitas Tarumanagara. Hasil pengujian karakteristik tanah menunjukkan tanah Sidrap-Sulawesi dan tanah Citra-Banten dengan menggunakan AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) keduanya tergolong dalam jenis yang sama yaitu A-7-5. Dari hasil pengujian kandungan lempung untuk tanah Sidrap-Sulawesi sebesar 17.42% dan Citra-Banten sebesar 10.53%. Tanah Citra-Banten memiliki kandungan lempung lebih sedikit memperlihatkan potensi kehancuran mendadak yang lebih rendah.

Kata Kunci: Pemadatan tanah; kehancuran mendadak tanah (collapsible soil); kadar air optimum; uji kehancuran tanah; uji konsolidasi

ABSTRACT

Sudden destruction of land (Collapsible soil) is land that experiences extreme and sudden volume depreciation. Peremeter which illustrates the sudden collapse seen from the value of C_p (potential collapse), the more the value of C_p , the greater the difficulty level. Soil compaction carried out in conditions drier than the optimum moisture content tends to occur sudden destruction (collapsible soil). Soil containing more clay has been tested compaction in a laboratory at drier conditions than the optimum moisture content (95% drier than the optimum water content) to determine the potential for sudden destruction. The compacted soil is tested on a consolidation tool with initial conditions without being immersed at the preconsolidation stress, then the soil sample is soaked for 24 hours with a constant stressed condition at the preconsolidation voltage. Soils containing more clay will show a lower potential for sudden destruction than soils containing less clay. The purpose of this study is to determine the potential for sudden destruction on soils with different clay contents. Examples of examined soil were taken from Sidrap-South Sulawesi and Citra-Banten. The study was conducted at the Tarumanagara University soil food laboratory. The results of the soil characteristics test show that Sidrap-Sulawesi and Citra-Banten soils using AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) are both classified in the same type, A-7-5. From the test results the clay content for Sidrap-Sulawesi was 17.42% and Citra-Banten was 10.53%. Citra-Banten soil has less clay content showing a lower potential for sudden destruction.

Keywords: soil compaction; sudden destruction of soil (collapsible soil); optimum moisture content; soil destruction test; consolidation test

1. PENDAHULUAN

Kondisi topografi wilayah Indonesia dominan berbentuk perbukitan sehingga memiliki potensi kelongsoran yang dipengaruhi beberapa faktor seperti, kecuraman suatu lereng, faktor muka air tanah dan faktor beban luar. Hal tersebut dapat mengakibatkan lereng-lereng mengalami longsor atau mengalami kegagalan yang dapat mengakibatkan korban jiwa dan kehilangan harta benda. *Collapsible soil* merupakan jenis tanah yang rentan mengalami penyusutan volume secara tiba-tiba dan ekstrim. *Collapsible soil* biasanya terjadi pada tanah *loose*, *cemented soil*, tanah dengan kepadatan kering rendah, dan sensitivitas tinggi.

Sifat jenis tanah akan mengembang pada saat ditambahkan air, namun apabila kadar air meningkat melebihi kondisi optimum sehingga kejenuhan melebihi 100%, tanah akan runtuh akibat hancurnya ikatan antar butiran tanah (tanah berperilaku seperti lumpur). Tanah jenis ini biasanya merupakan tanah endapan, tanah yang sudah mengalami perpindahan dan mengalami siklus pengaruh cuaca berkali-kali. Faktor yang memicu keruntuhan tanah biasanya disebabkan oleh beban yang bertambah, tanah mengalami pembasahan, atau kombinasi dari keduanya. Pada saat beban bertambah, maka tegangan yang diterima tanah meningkat, dan ketika tanah mengalami pembasahan akan meningkatkan kejenuhan tanah dari tidak jenuh atau jenuh sebagian menjadi jenuh.

Untuk mengetahui potensi kehancuran (*collapsible soil*) perlu dianalisis kandungan jenis tanah atau komposisi ukuran butir. Penelitian ini mengambil contoh tanah dari daerah Sidrap-Sulawesi Selatan dan Citra-Tangerang, Provinsi Banten untuk mengetahui potensi kehancurannya dengan memperhatikan komposisi ukuran butir atau kandungan jenis tanahnya.

Penelitian dilakukan dengan memadatkan tanah di laboratorium dengan alat kompaksi sampai mencapai kondisi 95% lebih kering daripada kadar air optimum. Kemudian tanah dicetak pada alat konsolidasi dan diberikan beban pada tekanan prakonsolidasi. Setelah itu dilakukan pembasahan sampai jenuh dan kemudian diamati proses kehancurannya dan diukur potensi kehancurannya.

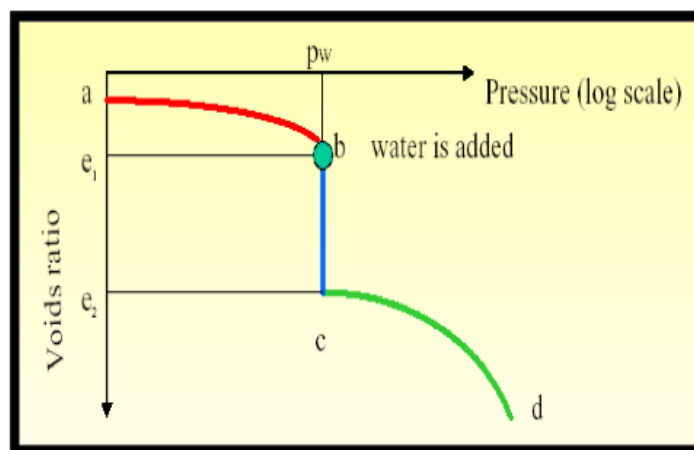
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan menguji karakteristik tanah dari kedua lokasi. Hasil uji karakteristik tanah dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Karakteristik Tanah Sidrap-Sulawesi Selatan dan Citra-Banten

Uji laboratorium	Lokasi pengambilan sampel	Benda uji	
		Sidrap	Citra
<i>SPECIFIC GRAVITY</i>			
	Gs	2.62	2.70
<i>ATTERBERG</i> (batas plastis)			
	Batas Cair, w_L (%)	57.81	78.80
	Batas Plastis, w_p (%)	33.27	43.40
	Indeks Plastisitas, I_p (%)	24.54	31,78
<i>GRAIN SIZE</i> (ukuran butir)			
	Gravel (%)	0	1,26
	Pasir (%)	30.28	5.14
	Lanau (%)	52.30	84.33
	Lempung (%)	17.42	10.53
	Klasifikasi Tanah (AASHTO)	A-7-5	A-7-5
	Klasifikasi Tanah (USCS)	ML	MH
PARAMETER PEMADATAN STANDAR			
	Kadar air optimum (OMC), w_{opt} (%)	22.00	40.24
	Berat isi kering maksimum, γ_{dmaks} (kN/m ³)	13.77	12.08
	OMC – 5% (95% _b , w_{opt} (%)	13.80	32.00
	$\gamma_{d95\%b}$ (kN/m ³)	13.08	11.47

Hasil pemadatan tanah yang menghasikan kadar air optimum dapat dilihat pada Tabel 1. dan kondisi 95% lebih kering daripada kadar air optimum pada sisi kering dapat dilihat juga pada tabel tersebut. Untuk melakukan uji *collapsible soil* tanah dibentuk pada kondisi 95% lebih kering daripada kadar air optimum dan contoh tanah dicetak pada ring alat konsolidasi dan kemudian dilakukan proses pengujian *collapsible soil* menggunakan konsolidometer.



Gambar 1. Tipikal hasil uji *collapsible soil*

Keterangan gambar:

ab = ditentukan dari tes konsolidasi pada contoh tanah saat kadar air awal.

e_1 = angka pori sebelum penjenuhan.

e_2 = angka pori setelah penjenuhan.

cd = kurva yang terjadi dari penambahan beban setelah penjenuhan.

Tipikal hasil uji *collapsible soil* tergambar seperti Gambar 1. Dari hasil uji *collapsible soil* dapat dianalisis potensi kehancurannya dengan menggunakan kriteria yang diusulkan Jennings dan Knight, 1975 menyarankan beberapa nilai untuk potensi keruntuhan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai-nilai ini hanya kualitatif untuk menunjukkan keparahan masalah.

Tabel 2. Nilai potensi *collapsible soil*
 Sumber: Jennings dan Knight, 1975

Cp [%]	Keparahan masalah
0 - 1	Tidak ada masalah
1 - 5	Tingkat kesulitan sedang
3 - 10	Tingkat kesulitan cukup
10 - 20	Tingkat kesulitan parah
> 20	Tingkat kesulitan sangat parah

Potensi *collapse* Cp dinyatakan sebagai berikut:

$$Cp = \frac{\Delta e_c}{1 + e_0} = \frac{\Delta H_c}{H_0}$$

Dimana: Δe_c = perubahan angka pori setelah penjenuhan

e_0 = angka pori mula-mula

ΔH_c = perbedaan tinggi setelah penjenuhan

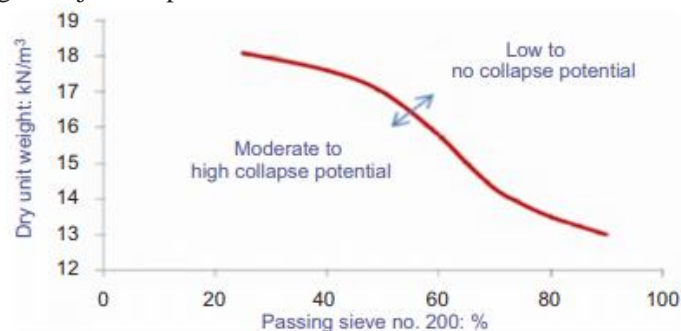
H_0 = Tinggi mula-mula

US *Department of Transportation*, 2006 menyarankan juga beberapa nilai untuk potensi keruntuhan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai potensi keruntuhan tanah
 Sumber: US *Department of Transportation*, 2006

Cp [%]	Keparahan masalah
0	Tidak ada masalah
0.1 - 2	Tingkat kesulitan sedikit
2.1 - 6	Tingkat kesulitan sedang
6.1 - 10	Tingkat kesulitan cukup parah
> 10	Tingkat kesulitan parah

Moghadam et al., 2006 menyajikan grafik yang menunjukkan hubungan antara berat kering dan persentase lebih halus dari 0 – 0.75 mm (ayakan no. 200) untuk mengevaluasi potensi runtuhnya berbagai jenis tanah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Potensi keruntuhan tanah berdasarkan ukuran butir dan kepadatannya
 (Moghadam et al., 2006)

Dari hasil uji laboratorium dapat ditentukan potensi terjadi kehancuran tanah Sidrap dan Citra. Penelitian ini akan memprediksi potensi kehancuran tanah lanau kelempungan yang dipadatkan di laboratorium dengan kandungan lempung yang berbeda. Dasar perkiraan potensi kehancuran dengan mengikuti kriteria yang sudah diusulkan seperti di atas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tarumanagara. Hasil pengujian karakteristik tanah dapat dilihat pada Tabel 1. Jenis tanah yang diuji menghasilkan klasifikasi tanah Sidrap dan Citra menurut AASHTO tergolong pada A-7-5, tetapi menurut USCS tanah Sidrap tergolong ML dan Citra tergolong MH.

Dari uji Atterberg (batas plastis) untuk tanah Sidrap diperoleh nilai batas cair (W_L), batas plastis (W_P), dan indeks plastisitas (I_P) seluruhnya lebih kecil dibandingkan tanah Citra. Untuk uji ukuran butir (*Grain Size*) kandungan pasir tanah Sidrap 30.28%, Citra 5.14%, kandungan lanau 52.30% untuk Sidrap dan 84.33% untuk Citra, serta lempung 17.42% dan Citra 10.53%. Terlihat bahwa kandungan lempung Citra lebih sedikit dibandingkan Sidrap. Bila dilihat dari uji pemadatan terlihat kadar air optimum Citra (40.24%) lebih tinggi dibandingkan Sidrap (22.00%). Sedangkan kepadatan isi kering maksimum tanahnya tidak selisih jauh 13.77% Sidrap dan 12.08% Citra.

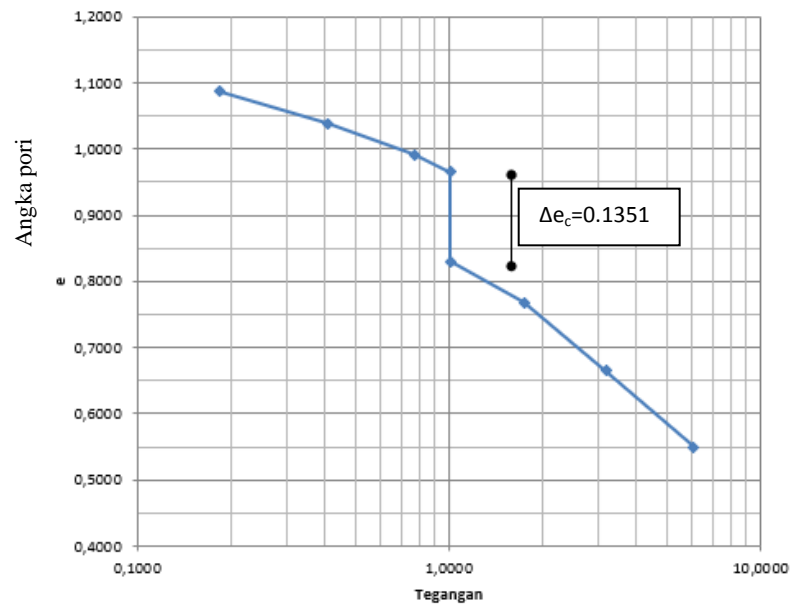
Pada uji menggunakan alat konsolidometer untuk menentukan nilai, tegangan pra-konsolidasi, P_c pada tanah dipadatkan dengan alat kompaksi sampai mencapai kondisi 95% lebih kering daripada kadar air optimum didapat hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai P_c yang digunakan untuk *Collapsible Soil* pada kepadatan tanah 95% lebih kering daripada kadar air optimum

Lokasi pengambilan sampel	Nilai P_c	
	(kg/cm^2)	(kN/m^2)
Sidrap-Sulawesi Selatan	1	98.0665
Citra-Tangerang Banten	1.045	102.4796

Pengujian untuk mengetahui potensi *collapsible soil*, dilakukan dengan menggunakan alat konsolidometer dengan memberikan tekanan sampai mencapai tekanan pra-konsolidasi untuk masing-masing daerah. Setelah itu dilakukan pembasahan sampai jenuh selama 24 jam dan diamati proses kehancurannya dan diukur potensi kehancurannya.

Gambar 3. Memperlihatkan perbedaan angka pori sebelum dan sesudah penjenuhan pada kondisi kepadatan 95% lebih kering daripada kadar air optimum untuk tanah Sidrap.



Gambar 3. Potensi keruntuhan tanah berdasarkan ukuran butir dan kepadatannya tanah Sidrap.

Pada Tabel 5. Memperlihatkan perbedaan penurunan angka pori (Δe_c) pada saat tekanan mencapai tekanan prakonsolidasi dan dilakukan penjenuhan sebelum dilakukan pembebanan kembali.

Tabel 5. Perbedaan Angka Pori Sebelum dan Sesudah Penjenuhan pada Kepadatan Tanah 95% lebih kering daripada kadar air optimum

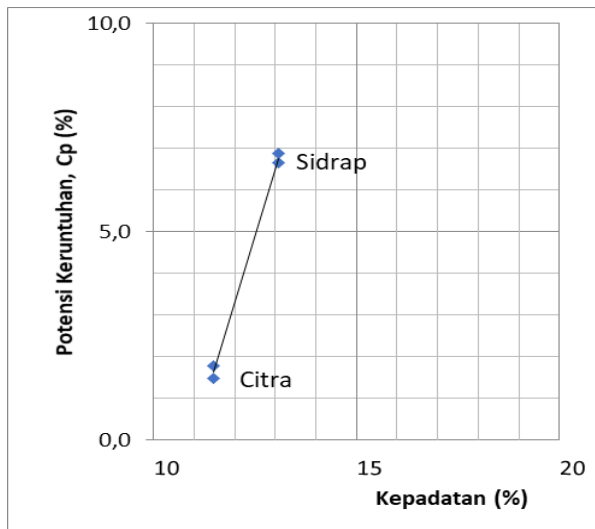
Lokasi pengambilan sampel	Δe_c	
	Sampel 1	Sampel 2
Sidrap-Sulawesi Selatan	0.1351	0.1307
Citra-Tangerang Banten	0.041	0.034

Tabel 6. Menunjukkan nilai angka pori awal, selisih angka pori sebelum dan sesudah dijenuhkan, dan nilai potensi keruntuhan, C_p .

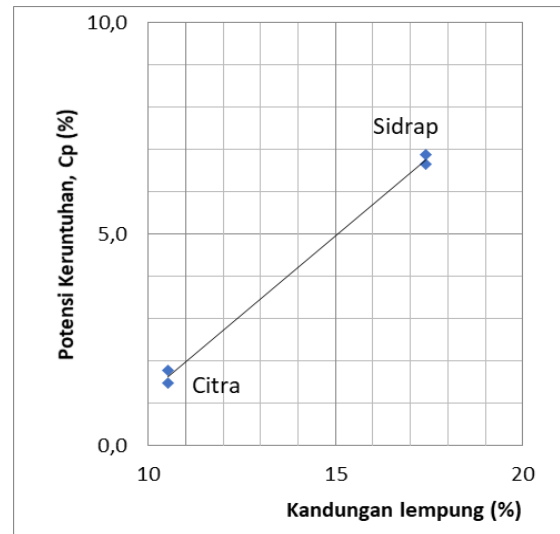
Tabel 6. Nilai angka pori awal, selisih angka pori dan potensi keruntuhan pada Kepadatan Kering 95% lebih kering daripada kadar air optimum

Lokasi Pengambilan Sampel	Angka Pori Awal e_0	Selisih Angka Pori Δe_c	Nilai potensi keruntuhan C_p [%]
Sidrap-Sulawesi Selatan	0.965	0.1351	6.88
		0.1307	6.65
Citra-Tangerang Banten	1.309	0.041	1.78
		0.034	1.47

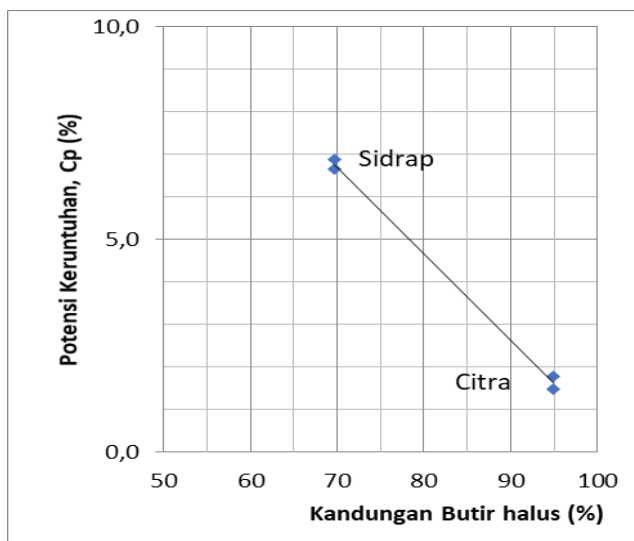
Dari hasil pengujian dapat digambarkan dalam bentuk grafik keruntuhan terhadap kepadatan, kandungan lempung, kandungan butir halus dan batas cair sebagai gambar berikut:



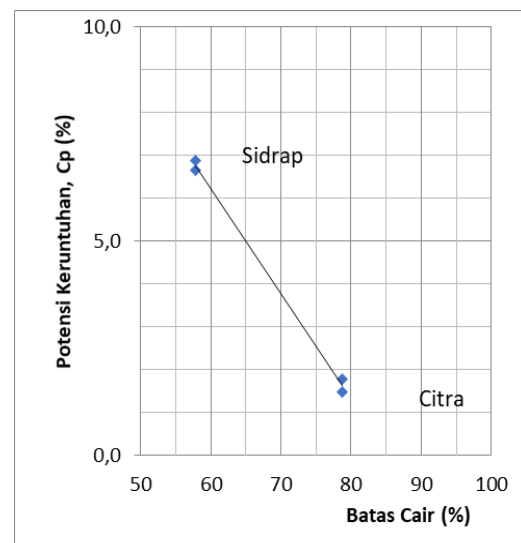
Gambar 4. Potensi keruntuhan terhadap kepadatan



Gambar 5. Potensi keruntuhan terhadap kandungan lempung



Gambar 6. Potensi keruntuhan terhadap kandungan butiran halus



Gambar 7. Potensi keruntuhan terhadap batas cair

Dari pengujian tanah Sidrap dan Citra terlihat pada Gambar 4. kepadatan tanah semakin tinggi, tanah cenderung *collapse*. Pada Gambar 5. kandungan lempung semakin banyak, maka tanah cenderung memiliki nilai potensi *collapse* lebih tinggi, yang artinya mudah terjadi *collapse*. Gambar 6. kandungan butiran halus semakin banyak kecenderungan tanah mengalami *collapse* semakin rendah dan pada Gambar 7. kandungan batas cair semakin besar, maka potensi keruntuhan semakin kecil.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini hanya untuk tanah dari daerah Sidrap-Sulawesi Selatan dan Citra-Tangerang Banten.

- a. Berdasarkan kepadatan kering dan kandungan lempung, tanah Sidrap cenderung mengalami *collapse* dengan tingkat kesulitan yang cukup parah. Untuk tanah Citra dengan tingkat kesulitan sedikit sampai sedang.
- b. Berdasarkan kandungan butir halus dan batas cair, tanah Sidrap cenderung mengalami *collapse* dengan tingkat kesulitan yang cukup parah. Untuk tanah Citra dengan tingkat kesulitan sedikit sampai sedang.

Saran

Untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat perlu dilakukan pengujian dengan jumlah lokasi sampel lebih banyak sehingga dapat disimpulkan pengaruh butiran halus terhadap kecenderungan runtuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terselenggara karena dukungan dana dari Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Tarumanagara tahun 2017.

REFERENSI

- American Association of State Highway and Transportation Organization (AASHTO), (2011), *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Washington D.C.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) (2009), *Soil and Rock (I)*, Vol. 04.08, Pennsylvania, USA.
- Jennings JE and Knight K (1975) A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure. Proceedings of the 6th Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Durban, South Africa. Proc. 6th African Conf. Soil Mech. Found. Engg, Durban, 99- 105.
- Moghadam MJ, Moghadam HA and Rahmannedjad R (2006) Urban tunneling in collapsible soil (case study: the Kerman Metro). Proceedings of the National Conference on Retrofitting of Iran, Tabriz, Iran.
- Sentosa, G. S., Aniek P., Djunaedi K. (2015), *Uji Desak Bebas terhadap Material Tanah untuk Mengevaluasi Batas-batas Kinerja untuk Struktur Perkerasan Jalan yang Memiliki Ketahanan 50 Tahun*, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) (2016), Cara uji pengukuran potensi keruntuhan tanah di laboratorium, SNI 8072:2016
- US Department of Transportation (2006) Soil and Foundation, Reference Manual. US Department of Transportation, Washington, DC, USA, vol. I, publication no. FHWA NHI-06-088, section 5-21.