

KARAKTERISTIK PEMAMPATAN TANAH RESIDU DI TPA RATAHAN

Vicky A. Assa¹⁾, O. B. A. Sompie, E Lintong²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

²⁾ Staf Pengajar Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

Vicky_assa@yahoo.ci.id

Abstract

Soil residues are the result of physical and chemical weathering of the rocks beneath its formation occurred over rocks came from, so there are some specific characteristics of the type of soil residues are not in accordance with the basic concepts of soil mechanics are generally prepared by the behavior of alluvial soil . The ground color is yellowish brown residue . Overview Ratahan case in landfill sites are on sloping native land , therefore the compression on the type of soil residues need more in-depth review of the determination of the parameters of consolidation

The test sample soil residue undisturbed were taken to the Laboratory of Soil Test, Department of Civil Engineering, Polytechnic of Manado for testing the water content, test weight content, test weight type, test Atterberg limits, test seepage and testing consolidation by using the tool oedometer standard. The test results were analyzed further consolidation, so that unknown behavior of soil residue compression. The results of calculations using the tool oedometer consolidation parameters in landfill Ratahan, the voltage value preconsolidation by Casagrande method is 1.20 kg / cm² sedangkan method "Strain Energy-Log Stress" or methods Senol-Saglamer was 1.50 kg / cm². Compression index value obtained was 0.0915; and the coefficient of volume change in average yield 0.01703 cm² / kg. Value parameter consolidation coefficient (Cv) for the type of soil residue in a landfill Ratahan can not be known because of the relationship between deformation curve and the root of the time (method Taylor), straight sections do not do not pass at least four points of each curve loading. To graph the relationship void ratio and pressure, if drawn with a logarithmic scale and a linear scale will show a different behavior. Where on the logarithmic scale graph (e log P), produces a curve that is convex making it possible to determine the preconsolidation stress, whereas the linear scale graph preconsolidation stress can not be determined. This is caused because the history of the formation of soil residues, particularly landfill Ratahan not through the deposition process and the process of consolidation as the alluvial soil.

The results of the use of methods Casagrande method Senol - Saglamer for preconsolidation voltage values of 12 sites experienced an average difference of about 18.80 % . In the selection method for the determination preconsolidation stress is by using the " Strain Energy -Log Stress " (Senol - Saglamer method , because this method has a better correlation coefficient , which is 90 % -92 % compared with the methods Casagrande 77 % -82 % (Senol & Saglamer et.al. , 2000) .

Keywords: soil residu, land fill, pre-consolidation, consolidation, Casagrande method, Senol-Saglamer method

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Secara garis besar berdasarkan proses pembentukannya, jenis tanah terbagi atas dua golongan, yaitu tanah residu (*residual soil*) dan tanah endapan (*sedimentary soil*). Dimana tanah residu adalah hasil pelapukan fisika serta kimiawi pada batuan di bawahnya dan belum dipindahkan dari tempatnya (pembentukannya terjadi di atas batuan asalnya), sedangkan tanah endapan adalah erosi yang terjadi di atas batuan asalnya yang disebabkan oleh pengaruh perubahan cuaca, sehingga butiran-butiran tanah tersebut terangkut (*transported soil*) ke daerah yang lebih rendah (menuju ke laut atau danau). Disini terjadi proses pengendapan lapisan demi lapisan yang berlangsung selama ribuan bahkan jutaan tahun.

Berdasarkan hal tersebut di atas, sehingga terdapat beberapa sifat tertentu dari jenis tanah residu yang kurang sesuai dengan konsep dasar mekanika tanah yang umumnya disusun berdasarkan perilaku tanah endapan. Konsep *stress history* serta istilah *normally-consolidated* dan *over-consolidated* sama sekali tidak berlaku pada tanah residu (Wesley, 2012).

Studi kasus yang berlokasi di TPA Ratahan memiliki jenis tanah residu karena berada di daerah pegunungan. Dari data geologi, daerah tersebut didominasi oleh pelapukan batu gamping sebagai satuan pembentuk cekungan sedimen Ratahan (A.F. Sompotan, 2012). Warna tanah residu tersebut adalah coklat kekuningan. Tinjauan kasus di lokasi TPA Ratahan ini adalah di daerah lereng tanah asli. Khususnya pada badan tanggul, selain faktor keamanan dari lereng, perlu ditinjau terhadap proses pemampatan tanah akibat dari beban tanggul itu sendiri. Oleh karena itu pemampatan pada jenis tanah residu perlu tinjauan lebih mendalam tentang penentuan parameter konsolidasi.

Tujuan Penulisan

Tulisan ini bertujuan untuk menentukan dan menghitung tegangan prakonsolidasi dari tanah residu, indeks kompresi serta nilai koefisien perubahan volume. Kemudian menganalisis hasil dari parameter konsolidasi dengan menggunakan grafik skala logaritmis dan skala linier.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah yang terbentuk langsung akibat pelapukan kimiawi disebut tanah residu (*residual soil*). Tanah ini tetap pada tempat pembentukannya. Curah hujan di daerah tropis yang dikombinasikan dengan kondisi iklim panas dan lembab, sangat mendukung proses pelapukan batuan dasar dengan kedalaman yang cukup besar. Akibatnya, sifat teknis tanah residual juga bervariasi dengan kedalamannya. Oleh karena itu, tanah residual dari daerah tertentu perlu ditandai secara individual untuk penilaian perilaku teknis yang tepat, (Rahardjo, 2004).

Sebagian besar prinsip dasar mekanika tanah berlaku pada kedua golongan tanah ini, misalnya prinsip tegangan efektif, hukum rembesan air dalam tanah, hukum kekuatan geser Mohr – Coulomb dan konsep menentukan daya dukung tanah, tekanan tanah, dan kemantapan lereng. Walaupun demikian, masih tetap terdapat perbedaan perilaku yang penting dari kedua golongan tanah ini yang berasal dari cara pembentukannya. Perbedaan utama antara tanah residu dan tanah endapan adalah :

- Tanah residu umumnya kurang seragam dibandingkan dengan tanah endapan. Tetapi masih ada tanah residu yang hampir seragam. Tanah merah adalah contoh yang mendekati seragam.
- Ada jenis tanah endapan yang tidak *particulate*, artinya tidak terdiri atas butis tersendiri. Walaupun seolah-olah kelihatan terdiri atas butir, apabila terganggu atau dibentuk kembali, butir ini akan hancur dan menjadi kumpulan butir yang lebih kecil lagi.
- Riwayat tegangan tidak berpengaruh pada perilaku tanah residu.
- Pengertian mengenai perilaku yang berasal dari penelitian pada tanah endapan tidak berlaku pada tanah residu. Misalnya penggunaan grafik pemampatan yang memakai skala logaritmis dapat menimbulkan salah mengerti.

Metode pembentukannya memiliki beberapa pengaruh pada sifat dan perilaku dari kedua kelompok tanah, yang utama adalah sebagai berikut :

- Tanah sedimen menjalani proses pemilihan selama erosi dan re-deposisi

yang memberi mereka tingkat homogenitas yang tidak ada dalam tanah residual.

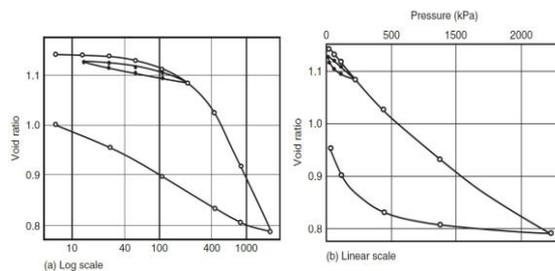
- (b) Tanah residual tidak mengalami proses konsolidasi, dan sifatnya tidak berhubungan dengan *stress history*. Ketentuan normal dan over-konsolidasi tidak memiliki relevansi dengan tanah residual. Sebenarnya parameter C_c dan C_s tidak berlaku untuk tanah residual. Parameter C_c didefinisikan sebagai (log) kemiringan garis konsolidasi murni. Hal ini mudah terlihat dari proses pembentukannya bahwa tidak ada hal seperti garis konsolidasi murni untuk tanah residual.
- (c) Beberapa tanah residu, terutama yang berasal dari bahan induk vulkanik yang terdiri dari mineral lempung yang tidak biasa tidak ditemukan di tanah sedimen.
- (d) Tanah residu umumnya memiliki permeabilitas jauh lebih tinggi daripada tanah sedimen, yang memiliki implikasi penting bagi perilaku dalam tes oedometer dan dalam perkiraan jangka pendek dan stabilitas jangka panjang lereng dipotong.

Konsolidasi Tanah

Konsolidasi adalah proses penyusutan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan *permeabilitas* yang rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Proses konsolidasi berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan kenaikan tekanan total yang benar-benar hilang. Konsolidasi merupakan proses yang terjadi pada lempung dan lanau yang jenuh air. Pada pasir dan kerikil, pengaliran air dari pori terjadi hampir seketika tanah dibebani, dan umumnya tidak dinamakan konsolidasi. Tanah residu umumnya mempunyai *permeabilitas* lebih tinggi daripada tanah endapan, sehingga air pori dapat mengalir lebih cepat dan koefisien konsolidasi perlu dipahami lebih dalam. Wesley (2010) mengungkapkan bahwa untuk tanah residual, tekanan prakonsolidasi pada tanah tidak dapat diketahui dengan pasti.

Menurut Hadi U. Moeno (2008), pengujian konsolidasi satu dimensi (*one dimensional consolidation*) biasanya dilakukan di laboratorium dengan alat oedometer atau konsolidometer. Pengujian oedometer atau yang

lebih luas dikenal sebagai pengujian konsolidasi ekamatra adalah pengujian laboratorium untuk mendapatkan parameter konsolidasi yang akan dipakai sebagai data masukan dalam analisa penurunan pondasi. Selain itu maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat tanah apabila tanah tersebut mendapatkan beban tambahan, sifat tanah yang dimaksud adalah perubahan *void ratio* yang terjadi apabila tanah dibebani dan waktu yang diperlukan untuk proses konsolidasi tanah untuk beban tertentu. Hal lainnya yang dapat diperoleh dari pengujian ini adalah : hubungan antara tekanan akibat beban (P) yang mengalami konsolidasi 100% dengan *void ratio* (e) yang digambarkan dalam grafik dengan skala linier dan skala logaritma (Gambar 1).



Sumber : L. D. Wesley, 2010

Gambar 1. Grafik angka pori terhadap tegangan dari uji oedometer

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian diawali dengan penentuan lokasi sampel uji tanah residu yang akan diuji. Lokasi sampel uji tanah residu diambil di seputaran lokasi pembangunan Tempat Pembuangan Akhir (TPA), di Ratahan, Kabupaten Minahasa Tenggara. Selanjutnya sampel uji tanah residu yang tidak terganggu tersebut dibawa ke laboratorium.

Pengujian sampel uji tanah residu dilakukan di Laboratorium Uji Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado. Pengujian yang dilakukan adalah : uji kadar air, uji berat isi, uji berat jenis, uji atterberg limits, uji rembesan dan pengujian konsolidasi dengan menggunakan alat oedometer standar. Selanjutnya dengan

menganalisis hasil pengujian konsolidasi, sehingga diketahui perilaku pemampatan tanah residu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel tanah residu yang diambil dominan berwarna coklat kekuningan. Berdasarkan beberapa pengujian laboratorium, maka diperoleh hasil dari penelitian tersebut, yaitu :

Tabel 1. Hasil Pengujian Laboratorium

No.	PENGUJIAN	Satuan	SAMPSEL		
			Tanah Ash	Tanah Timbunan	
				B-1	B-2
1	Water Content	ω %	34,59	30,21	28,96
2	Density	γ gr/cm ³	1,584	1,847	1,821
3	Specific Gravity	Gs	2,505	2,491	2,51
4	Particle Size Distribution				
	a. Wet Sieves Analysis				
	Butiran > 2,00	mm %	0,00	10,20	13,60
	Pasir sedang sampai kasar (0,425 - 2,00)	mm %	5,12	19,82	22,23
	Pasir halus (0,075 - 0,425)	mm %	9,71	26,11	28,00
	b. Hydrometer Analysis				
	Lanau (0,002 - 0,075)	mm %	35,17	43,87	36,16
	Lempung (< 0,002)	mm %	50,00		
5	Atterberg Limits				
	LL	%	54,29	30,68	-
	PL	%	37,14	19,69	-
	PI	%	17,14	10,98	-
	LS	%	8,37	5,18	-
6	Falling Head Permeability	k cm/det	7,805 x 10 ⁻⁷	1,38 x 10 ⁻⁷	-

Pengujian konsolidasi dengan alat Oedometer, sampel uji dianggap dalam kondisi *saturated* (jenuh air). Karena sampel uji tersebut diberikan beban bertahap, tekanan air di dalam pori-pori tanah akan naik secara mendadak. Tekanan air pori tersebut akan berkurang secara perlahan-lahan dalam waktu yang cukup lama. Hal ini disebabkan karena koefisien rembesan dari sampel uji adalah kecil. Sehingga, perubahan volume (penurunan) dari sampel uji yang disebabkan oleh proses keluarnya air dari dalam pori terjadi sangat pelan dan lama. Pengujian konsolidasi menggunakan alat Oedometer Test menghasilkan data-data seperti Tabel 2.

Kondisi sampel yang diuji berdasarkan standar ASTM D 2435-90, dimana sampel dicetak langsung bongkahan tanah yang digali langsung dari lokasi. Dalam prosedur umum, setelah uji konsolidasi selesai, pengolahan datanya akan menghasilkan kurva hubungan antara angka pori dan tegangan efektif. Dari kurva tersebut dapat ditentukan parameter indeks kompresi (Cc) dan tegangan

prakonsolidasi (Pc). Dimana dari hasil penelitian tanah residu TPA Ratahan mempunyai mempunyai indeks kompresi (Cc) sebesar 0,0915

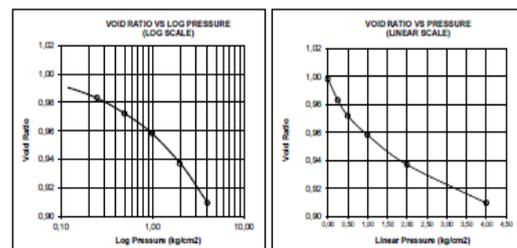
Tabel 2. Hasil Uji Konsolidasi pada alat Oedometer

Waktu (menit)	√t	Tekanan (kg/cm ²)			
		0,25	0,5	1	2
0	0,00	0,00000	0,01025	0,01775	0,02710
0,25	0,50	0,00950	0,01475	0,02300	0,03575
1	1,00	0,00975	0,01500	0,02350	0,03625
2,25	1,50	0,01000	0,01525	0,02375	0,03700
4	2,00	0,01000	0,01550	0,02400	0,03750
6,25	2,50	0,01010	0,01575	0,02425	0,03800
9	3,00	0,01025	0,01590	0,02450	0,03800
12,25	3,50	0,01025	0,01600	0,02475	0,03825
16	4,00	0,01025	0,01600	0,02490	0,03850
20,25	4,50	0,01025	0,01610	0,02500	0,03890
25	5,00	0,01025	0,01625	0,02500	0,03900
36	6,00	0,01025	0,01650	0,02510	0,03900
60	7,75	0,01025	0,01675	0,02525	0,03950
120	10,95	0,01025	0,01690	0,02600	0,04000
240	15,49	0,01025	0,01700	0,02675	0,04025
480	21,91	0,01025	0,01725	0,02700	0,04100
1440	37,95	0,01025	0,01775	0,02710	0,04150

Untuk penentuan harga tegangan prakonsolidasi (Pc) digunakan 2 metode, yaitu metode umum (Casagrande) dan metode "Strain Energy-Log Stress" (metode Senol-Saglamer). Dari kedua metode penentuan Pc di atas, diperoleh Pc metode Casagrande adalah 1,20 kg/cm², dan Pc metode Senol-Saglamer adalah 1,5 kg/cm². Dari kedua nilai tersebut diambil Pc dari metode Senol-Saglamer karena mempunyai keakuratan yang lebih baik (Senol & Saglamer et.al., 2010). Hal ini disebabkan dalam penentuan garis-garis pada metode Casagrande hanya berdasarkan pengamatan visual. Dimana pengamatan secara visual bisa berbeda dari setiap peneliti.

Interpretasi Hasil Uji Konsolidasi TPA Ratahan

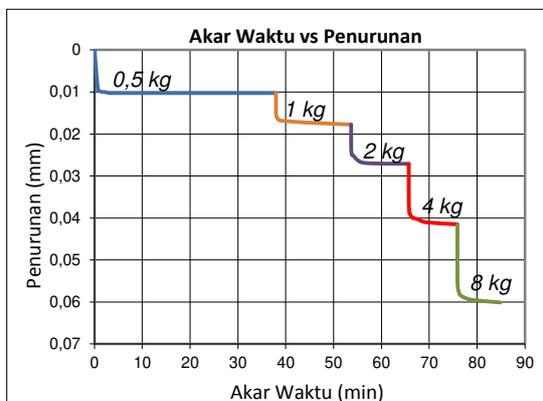
Bentuk kurva hubungan angka pori dan tegangan digambarkan dengan menggunakan dua skala grafik, yaitu skala logaritmis dan skala linier, seperti pada gambar 3 berikut ini :



Gambar 2. Grafik hubungan angka pori dan tegangan lokasi TPA Ratahan

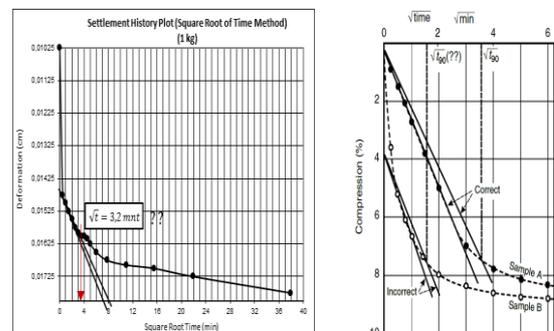
Dari kedua grafik pada gambar di atas terlihat bahwa bentuk kurva dari skala logaritmis sangat berbeda dengan skala linier padahal datanya sama. Hal ini menunjukkan bahwa kurva pada skala logaritmis berbentuk cembung yang memungkinkan untuk menentukan tegangan prakonsolidasi. Tetapi kurva pada skala linier tidak dapat menunjukkan adanya tegangan prakonsolidasi, melainkan terlihat bahwa sampel uji tersebut mengalami peningkatan kekakuan seiring dengan peningkatan beban. Pada kondisi sebenarnya di lapangan, kurva pada skala linier yang menunjukkan perilaku sebenarnya dari proses pemampatan. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada tanah residu sampel dari TPA Ratahan sebenarnya tidak dapat ditentukan tegangan prakonsolidasinya, karena pembentukan tanah residu tidak melalui proses pengendapan dan proses konsolidasi seperti pada tanah endapan.

Untuk lebih jelas dalam pemahaman akan perilaku pemampatan tanah residu ini dapat dilihat pada penentuan koefisien konsolidasi (C_v). Dari hasil uji konsolidasi, terlihat bahwa grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu secara umum terlihat masih sama dengan teori konsolidasi (Gambar 3). Dimana terlihat bahwa semakin lama waktu, besar penurunan akan mengalami peningkatan. Sampai pada waktu tertentu, besar penurunan akan stabil. Karena dimensi sampel yang diuji tebalnya hanya 1,35 cm, yang dimaksudkan agar sebelum atau dalam waktu 24 jam, telah tercapai konsolidasi 100% atau proses konsolidasi telah selesai pada tiap pembebanan.



Gambar 3. Grafik hubungan akar waktu dan penurunan pada hasil uji

Tetapi jika tinjauan grafik pada setiap pembebanan (gambar 4), bentuk grafik dari beban 1,00 kg atau tekanan 0,50 kg/cm², menunjukkan bahwa tidak terlihat bagian lurus yang sesuai dengan teori konsolidasi, dimana untuk memulai penggambaran garis lurus pada kurva di tiap beban harus melalui sedikitnya empat titik pada kurva tersebut. Tetapi terlihat dari hasil penelitian seperti gambar 4., bahwa tidak ditemui penggambaran garis yang sesuai dengan teori konsolidasi tersebut. Umumnya penarikan garis dimulai dari pembacaan kedua dari tiap beban. Penyebabnya adalah karena sampel tanah residu dari lokasi TPA Ratahan ini mengalami kehilangan tekanan air pori secara cepat, sehingga bentuk grafik tidak lagi ditentukan oleh proses pengaliran tekanan air pori. Kurva dari kelima pembebanan (Gambar 3), menunjukkan bahwa tekanan air pori telah hilang sepenuhnya sebelum pembacaan pertama di tiap beban.



Gambar 4. Penentuan akar waktu

Penentuan akar waktu dari metode Taylor seperti kasus pada Gambar 4. ini, sering dijumpai dalam kenyataan sekarang. Hal ini menjadi tidak sama dengan teori konsolidasi seperti yang diberikan selama ini, dimana kondisi ideal dalam penentuan akar waktu seperti gambar disebelahnya. Sehingga untuk penentuan koefisien konsolidasi C_v untuk jenis tanah residu tidak tepat memakai metode Taylor ini. Menurut

Wesley (2010), cara yang lebih tepat untuk menentukan C_v adalah melalui uji disipasi tekanan air pori dalam alat triaksial. Dimana dalam penelitian ini, pengujian tersebut tidak dilakukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisis pemampatan tanah residu sebagaimana pada bagian 5 dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Hasil perhitungan parameter konsolidasi menggunakan alat Oedometer di TPA Ratahan, dalam penentuan tegangan prakonsolidasi menggunakan metode Casagrande menghasilkan nilai $P_c = 1,20 \text{ kg/cm}^2$ dan metode "Strain Energy-Log Stress" atau metode Senol-Saglamer menghasilkan nilai $P_c = 1,50 \text{ kg/cm}^2$. Nilai indeks kompresi yang diperoleh adalah 0,0915, dan nilai koefisien perubahan volume rata-rata diperoleh $0,01703 \text{ cm}^2/\text{kg}$. Sedangkan parameter koefisien konsolidasi (C_v) untuk jenis tanah residu di TPA Ratahan tidak dapat diketahui karena kurva hubungan antara deformasi dan akar waktu (metode Taylor), bagian yang lurus tidak melewati minimal empat titik dari kurva tiap pembebanan yang ada.
- b. Grafik hubungan angka pori dan tekanan, jika digambarkan dengan skala logaritmis dan skala linier akan memperlihatkan perilaku yang berbeda. Dimana pada grafik skala logaritmis ($e \log P$), menghasilkan kurva yang berbentuk cembung sehingga memungkinkan untuk menentukan tegangan prakonsolidasi. Sedangkan pada grafik skala linier tegangan prakonsolidasi tidak dapat ditentukan. Hal ini diakibatkan karena sejarah pembentukan tanah residu, khususnya lokasi TPA Ratahan tidak melalui proses pengendapan dan proses konsolidasi seperti pada tanah endapan.
- c. Pemilihan metode dalam penentuan tegangan prakonsolidasi menggunakan metode "Strain Energy-Log Stress" (metode Senol-Saglamer). Perbandingan hasil penggunaan metode Casagrande dengan metode Senol-Saglamer dalam

menentukan tegangan prakonsolidasi (P_c) dari 12 lokasi tinjauan menunjukkan adanya perbedaan hasil dalam penelitian ini. Dimana hasil tegangan prakonsolidasi yang diperoleh kedua metode ini mengalami perbedaan rata-rata sekitar 18,80%. Pemilihan terhadap penggunaan metode Senol-Saglamer ini, karena mempunyai koefisien korelasi yang lebih baik, yaitu 90%-92% dibandingkan dengan metode Casagrande 77%-82% (Senol & Saglamer et.al., 2000).

- d. Disarankan dalam menganalisis kasus pemampatan tanah, sebaiknya memperhatikan jenis tanah yang diuji apakah jenis tanah residu atau tanah endapan untuk mendapatkan parameter-parameter tanah yang lebih sesuai dengan jenis tanah tersebut. Oleh karena itu, para praktisi dibidang geoteknik disarankan agar menggunakan metode yang tepat dalam menganalisis perilaku tanah residu maupun tanah endapan, khususnya untuk kasus pemampatan tanah sehingga dapat dihasilkan nilai penurunan yang lebih tepat lagi. Juga dalam menganalisis penurunan tanah lebih baik lagi jika hasil penurunan yang didapatkan dibandingkan dengan penggunaan program aplikasi geoteknik yang mensyaratkan pemodelan lanjut untuk mensimulasi perilaku tanah yang non - linier dan "time dependent" (Sompie, 2015). Selain itu perlu menambahkan pengujian X- Ray Diffraction untuk mengidentifikasi jenis tanah residunya dan uji disipasi tekanan pori untuk menentukan koefisien konsolidasi (C_v) pada tanah residu.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja. M., Endah, Noor., Mochtar, I.B., 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Penerbit Erlangga, Indonesia.
- Hardiyanto, C.H., 2003, *Mekanika Tanah II*, Edisi Ketiga, Gadjah Mada University Press
- Moeno, Hadi U., 2008, *Pengujian Oedometer Pada Tanah Residual Vulkanik Tropis*, et.al. Jurnal Teknik Sipil Fakultas

- Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha, Volume 4 Nomor 2.
- Rahardjo, H., K.K. Aung, E.C. Leong, R.B. Rezaur, 2004, *Characteristics of residual soils in Singapore as formed by weathering*, Engineering Geology Journal, Vol. 73.
- Senol, A., and Saglamer, A., 2000, *Determination of Preconsolidation Pressure with a New Strain Energy-Log Stress Method*, Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 5.
- Sompie, O.B.A, D. Sompie, T. Ilyas, 2015 " *Pengaruh Proses Konsolidasi Terhadap Deformasi Dan Faktor Keamanan Lereng Embankment (Studi Kasus Bendungan Kosinggolan)*", Prosiding SeNaTS
- Sompotan, Armstrong F., 2012, *Struktur Geologi Sulawesi*, Perpustakaan Sains Kebumian, Institut Teknologi Bandung.
- Wesley,L.D., 2010, *Geotechnical Engineering in Residual Soils*, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Wesley,L.D., 2012, *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*, Penerbit Andi Yogyakarta, Indonesia.
- Wesley,L.D., 2013, *Residual Soils and the Teaching of Soil Mechanics*, Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris