

## STUDI PERBANDINGAN *LIQUID LIMIT* MENGGUNAKAN ALAT *FALL CONE* DAN CASAGRANDE DENGAN VARIASI UKURAN BUTIR TANAH

Indra<sup>1</sup> dan Gregorius Sandjaja Sentosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
Email: acenindra123@yahoo.com

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
Email: gregorius@ft.untar.ac.id

### ABSTRAK

Pengujian *liquid limit* dapat dilakukan dengan menggunakan dua alat yakni alat Casagrande dan alat *fall cone*. Penggunaan alat Casagrande mengacu pada standar *ASTM* dan penggunaan alat *fall cone* mengacu pada standar *British Standard*. Dalam kedua alat tersebut terdapat dua jenis metode yang dapat digunakan yakni metode *one-point* dan metode *multi-point*. Pengujian *liquid limit* menggunakan tanah yang lolos saringan no.40 yang terdiri dari pasir halus, lanau dan lempung. Analisis data dilakukan untuk mencari korelasi distribusi ukuran butir tanah dengan nilai *liquid limit* menggunakan kedua alat dan kedua metode tersebut. Berdasarkan hasil analisis data tersebut, tidak ditemukan korelasi antara distribusi ukuran butir tanah dengan nilai *liquid limit*. Namun berdasarkan hasil analisis data tersebut diperoleh korelasi nilai *liquid limit* dengan menggunakan kedua alat dan metode tersebut memiliki nilai yang hampir sama.

Kata kunci: *liquid limit*, alat Casagrande, alat *fall cone*, *ASTM*, *British Standard*, metode *one-point*, metode *multi-point*, distribusi ukuran butir.

### 1. PENDAHULUAN

Tanah memiliki berbagai macam ukuran butir dan kandungan mineral yang terdiri dari beberapa unsur kimia seperti oksigen, air, kalsium, ferrum, aluminium dan lain sebagainya. Tanah pada dasarnya diklasifikasikan berdasarkan kondisi ukuran butiran yang dapat dibedakan sifat fisiknya antara lain kerikil, pasir, lanau, dan lempung. Terdapat beberapa jenis sistem klasifikasi tanah yang dapat digunakan seperti *USCS*, *AASHTO*, *USDA*, dan lain sebagainya. Untuk menentukan klasifikasi tanah, pengujian *specific gravity* dan *grain size analysis* memegang peran penting. Dalam pengujian *specific gravity* dilakukan untuk mendukung pengujian *hydrometer analysis* yang terdapat pada pengujian *grain size analysis*. Sedangkan dalam pengujian *grain size analysis* dilakukan untuk mencari distribusi ukuran butir tanah.

Pada sistem klasifikasi *USCS*, tanah diklasifikasikan menjadi dua kategori besar yaitu tanah berbutir kasar yang terdiri dari kerikil dan pasir, dan tanah berbutir halus yang terdiri dari lanau dan lempung. Sampel tanah dapat dikategorikan tanah berbutir kasar apabila sampel tanah yang melewati saringan No.200 kurang dari 50%, sedangkan untuk kategori tanah berbutir halus apabila sampel tanah yang melewati saringan No.200 lebih dari 50% (Garcia-Gaines, 2015). Pada tanah dengan butir halus ikatan antara unsur kimia dengan air sangat terikat sehingga masa tanah lempung merupakan lapisan yang lemah serta mineral lempung sangat memengaruhi sifat masa tanah secara keseluruhan (Sutarman, 2013). Mineral lempung menunjukkan karakteristik yang berhubungan dengan air dan plastisitas yang dihasilkan (Sutarman, 2013). Hubungan antara kadar air dan plastisitas tanah dapat ditunjukkan dengan mencari *Atterberg limits*. *Atterberg limits* terdiri dari *liquid limit (LL)*, *plastic limit (PL)*, dan *plasticity index (PI)*. Sampel tanah yang digunakan dalam pengujian *Atterberg limits* merupakan tanah lolos saringan no.40 yang terdiri dari pasir halus, lanau dan lempung. Terdapat dua metode uji laboratorium yang digunakan untuk mencari *Atterberg limits* yaitu metode *Atterberg* konvensional dan *fall cone*. Metode *Atterberg* konvensional dengan acuan *ASTM* dan metode *fall cone* dengan acuan *BS 1337:2*. Metode *Atterberg* konvensional cukup banyak digunakan sebagai materi studi, namun dalam metode *Atterberg* konvensional memakan waktu dan pengalaman praktikan mempengaruhi hasil uji laboratorium. Dalam metode *fall cone*, pengalaman praktikan tidak berpengaruh dan penggunaan alat *fall cone* cukup praktis namun alat *fall cone* hanya dapat dilakukan dalam pengujian *liquid limit*. Untuk menentukan *plastic limit* dalam metode *fall cone* masih menggunakan metode yang sama dengan metode *Atterberg* konvensional. Terdapat beberapa studi penggunaan alat *fall cone* untuk menentukan nilai *plastic limit* seperti yang dilakukan oleh Sivakumar (2009). Dalam studi tersebut, alat *fall cone* digunakan untuk mencari nilai *plastic limit* namun alat *fall cone* harus dimodifikasi dari berat *cone* sampai tinggi jatuh *cone*. Belum terdapat standar yang berlaku, sehingga penggunaan alat *fall cone* hanya pada pengujian *liquid limit*.

Dalam studi ini, terdapat dua analisis yang dilakukan yaitu analisis korelasi distribusi ukuran butir tanah dengan nilai *liquid limit* menggunakan alat Casagrande dan alat *fall cone*, dan analisis korelasi nilai *liquid limit* menggunakan alat Casagrande dan alat *fall cone*. Studi ini bertujuan mencari korelasi nilai *liquid limit* dengan distribusi ukuran butir dan mencari keakuratan alat yang digunakan untuk mencari nilai *liquid limit*. Dalam studi ini, data yang diperoleh bersifat ekperimental dan sampel tanah yang digunakan merupakan tanah alami tanpa rekayasa dengan lokasi yang berbeda dengan kategori tanah berbutir halus. Sehingga untuk mendukung studi ini, terdapat beberapa pengujian laboratorium yang akan digunakan.

**2. PENGUJIAN LABORATORIUM**

Dalam studi ini terdapat beberapa uji laboratorium menggunakan sampel tanah yang diambil dari beberapa lokasi di Indonesia, yaitu Jambi, Sumatera Barat, Banten, dan Jawa Barat. Masing-masing sampel tanah diberi identitas sebagai sampel tanah Jambi, Gunung Sarik, Cisoka, dan Cibitung. Terhadap sampel tanah tersebut dilakukan uji *index properties* meliputi *specific gravity*, ukuran butir, dan *liquid limit*.

**a. Specific Gravity**

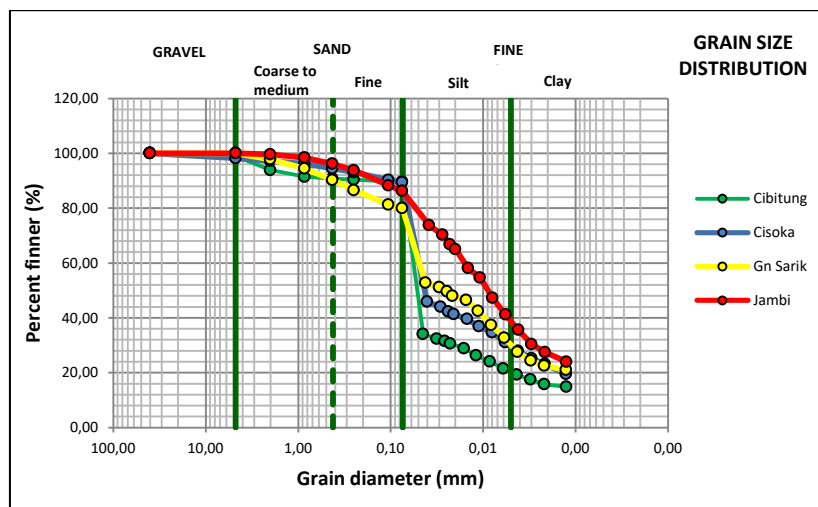
Pada studi ini, pengujian *specific gravity* mengacu pada standar *ASTM D 854-02*. Tujuan pengujian adalah untuk menentukan ukuran butir tanah dalam pengujian *hydrometer analysis*. Hasil *specific gravity* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian *specific gravity* pada 4 lokasi berbeda.

Lokasi	Jambi	Gn. Sarik	Cisoka	Cibitung
Gs	2.63	2.73	2.63	2.77

**b. Grain Size Analysis**

Pada studi ini, pengujian *grain size analysis* mengacu pada standar *ASTM D 422*. Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan distribusi ukuran butir tanah pada setiap lokasi. Pengujian *grain size analysis* memiliki dua jenis pengujian yaitu pengujian *sieve analysis* dan pengujian *hydrometer analysis*. Berdasarkan hal tersebut, sampel tanah pengujian dibagi menjadi dua yaitu sampel tanah berbutir kasar dan sampel tanah berbutir halus. Untuk mendapatkan kedua sampel tersebut, sampel yang dipersiapkan untuk pengujian *grain size analysis* dicuci dengan menggunakan saringan No.200. Sampel yang tertahan pada saringan merupakan sampel tanah berbutir kasar yang digunakan untuk pengujian *sieve analysis*, sedangkan tanah yang lolos saringan merupakan sampel tanah berbutir halus yang digunakan untuk pengujian *hydrometer analysis*. Pengujian dimulai dengan pengujian *sieve analysis* untuk menentukan distribusi kerikil sampai pasir halus kemudian dilanjutkan dengan pengujian *hydrometer analysis* untuk menentukan distribusi lanau dan lempung. Hasil *grain size analysis* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva pengujian *grain size analysis* pada 4 lokasi berbeda.

**c. Liquid Limit**

Pada studi ini, pengujian *liquid limit* mengacu pada standar *ASTM D 4318* untuk alat Casagrande dan *British Standard 1337:2* untuk alat *fall cone*. Pada alat Casagrande, pengujian bergantung pada jumlah ketukan yang diperoleh sedangkan pada alat *fall cone* bergantung pada nilai kedalaman *cone* yang jatuh. Pengujian dilakukan untuk menentukan nilai *liquid limit* tanah tiap lokasi yang diuji dengan metode *multi-point* dan *one-point* pada setiap alat.

Pada metode *multi-point*, nilai *liquid limit* diperoleh dengan melakukan pengujian minimal 3 kali dengan kadar air yang berbeda kemudian diplot ke dalam sebuah grafik membentuk sebuah garis linear. Pada alat Casagrande, nilai *liquid limit* diperoleh dengan mengambil kadar air pada ketukan 25 dalam kurva linear. Sedangkan pada alat *fall cone*, nilai *liquid limit* diperoleh dengan mengambil kadar air pada penetrasi *cone* 20 mm dalam kurva linear.

Pada metode *one-point*, nilai *liquid limit* diperoleh dengan menggunakan rumus yang berlaku pada masing-masing alat. Untuk alat Casagrande, metode *one-point* diperoleh dengan mengambil kadar air yang memiliki jumlah ketukan mendekati nilai 25 ketukan, sedangkan untuk alat *fall cone*, metode *one-point* diperoleh dengan mengambil kadar air yang memiliki kedalaman *cone* mendekati nilai 20 mm.

Nilai *liquid limit* alat Casagrande dengan metode *one-point* dapat diperoleh dari persamaan 1:

$$LL = w_n \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \tag{1}$$

dengan LL= nilai *liquid limit* alat Casagrande dengan metode *one-point*,  $w_n$  = kadar air, N = jumlah ketukan.

Nilai *liquid limit* alat *fall cone* dengan metode *one-point* dapat diperoleh dari persamaan 2:

$$LL = w_n \times factor \tag{2}$$

dengan LL= nilai *liquid limit* alat *fall cone* dengan metode *one-point*,  $w_n$ = kadar air, *factor* = nilai *factor* dapat dilihat pada Tabel 2 (*British Standar 1337:2*).

Tabel 2. Nilai *factor* untuk *liquid limit* alat *fall cone* metode *one-point*.

Cone Penetrometer (mm)	Faktor untuk kadar air		
	Below 35%	35% to 50%	Above 50%
15	1.057	1.094	1.098
16	1.052	1.076	1.075
17	1.042	1.058	1.055
18	1.030	1.039	1.036
19	1.015	1.020	1.018
20	1	1	1
21	0.984	0.984	0.985
22	0.971	0.968	0.967
23	0.961	0.954	0.949
24	0.955	0.943	0.929
25	0.954	0.934	0.909
Plasticity	low	intermediate	High

Pengujian *liquid limit* dilakukan dengan dua alat dan dua metode sehingga pada satu lokasi terdapat empat nilai *liquid limit*. Berikut hasil pengujian *liquid limit* empat lokasi dengan kedua alat dan kedua metode dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *liquid limit* dengan dua alat dan dua metode.

Sampel	LL Alat Casagrande		LL Alat <i>Fall Cone</i>	
	<i>Multi-Point</i>	<i>One-Point</i>	<i>Multi-Point</i>	<i>One-Point</i>
Cisoka	74.71	78.00	73.83	73.86
Cibitung	70.76	69.87	72.22	72.74
Gunung Sarik	56.01	56.19	60.37	62.33
Jambi	49.63	48.96	52.22	53.53

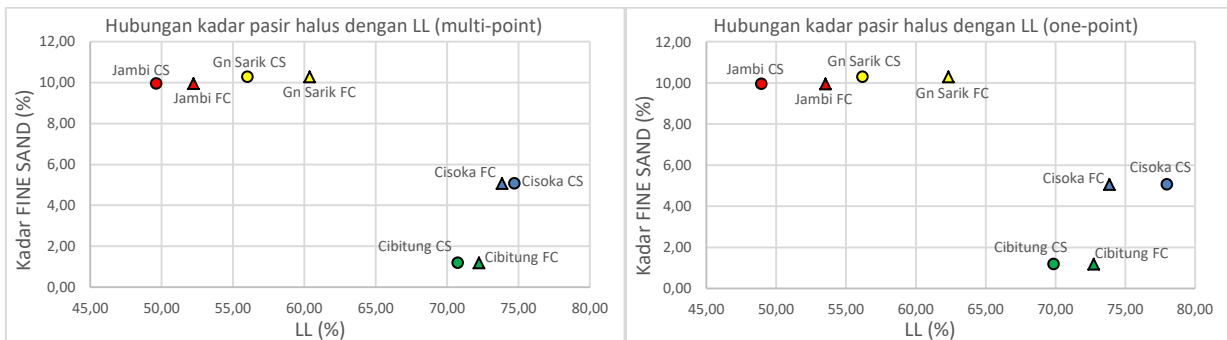
### 3. ANALISIS DATA

Pada studi ini, terdapat dua analisis data yang dilakukan yaitu mencari hubungan distribusi ukuran butir tanah dengan nilai *liquid limit*, dan mencari hubungan nilai *liquid limit* antara alat dan metode. Berikut adalah hasil analisis data yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

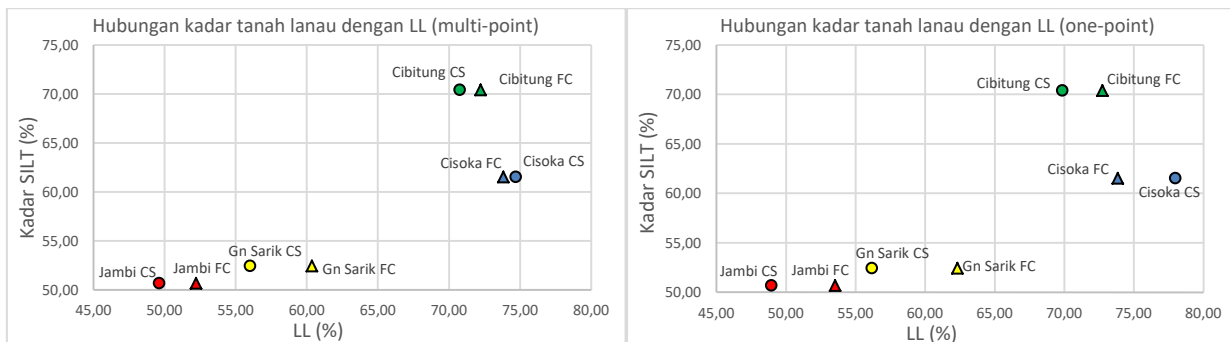
Tabel 4. Hasil analisis data distribusi ukuran butir tanah dengan nilai *liquid limit*.

Sampel	% <i>finner</i>		<i>Fine sand</i>	<i>Silt</i>	<i>Clay</i>	LL Alat Casagrande		LL Alat <i>Fall Cone</i>	
	#40	#200				<i>Multi-Point</i>	<i>One-Point</i>	<i>Multi-Point</i>	<i>One-Point</i>
Cisoka	94.46	89.40	5.06	61.52	27.88	74.71	78.00	73.83	73.86
Cibitung	90.82	89.64	1.18	70.39	19.25	70.76	69.87	72.22	72.74
Gn. Sarik	90.26	79.98	10.28	52.43	27.55	56.01	56.19	60.37	62.33
Jambi	96.18	86.24	9.94	50.67	35.57	49.63	48.96	52.22	53.53

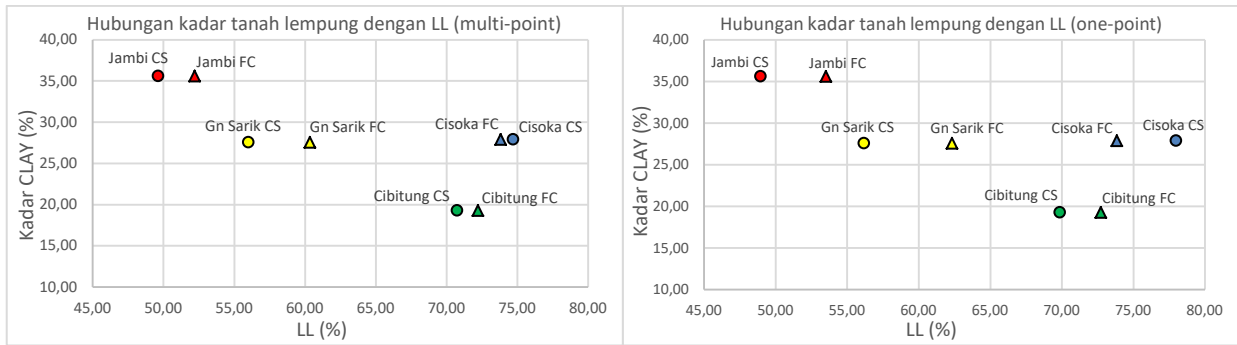
Hasil analisis data distribusi ukuran butir tanah dengan nilai *liquid limit* dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Hubungan kadar pasir halus dengan *liquid limit* metode *multi-point* (kiri) dan *one-point* (kanan).



Gambar 3. Hubungan kadar tanah lanau dengan *liquid limit* metode *multi-point* (kiri) dan *one-point* (kanan).



Gambar 4. Hubungan kadar tanah lempung dengan *liquid limit* metode *multi-point* (kiri) dan *one-point* (kanan).

dengan LL = *liquid limit*, CS = *Casagrande*, dan FC = *fall cone*.

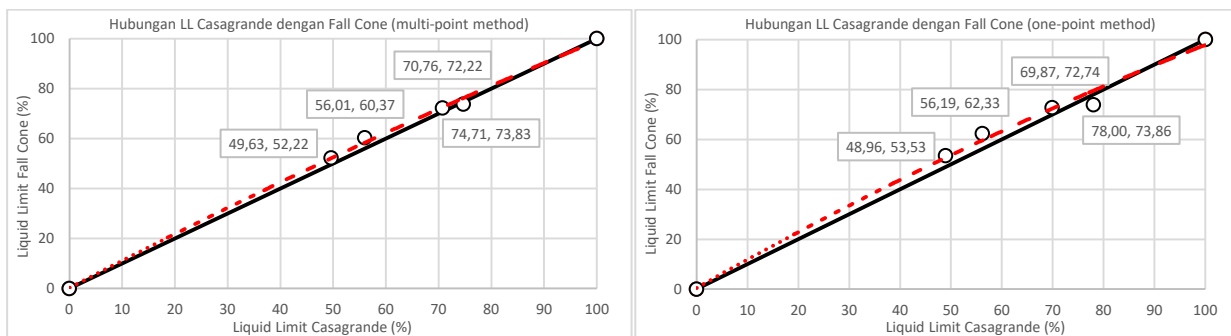
Berdasarkan hasil analisis data tersebut untuk hubungan distribusi ukuran butir tanah dengan nilai *liquid limit* tidak diperoleh korelasi yang signifikan sehingga tidak dapat disimpulkan secara spesifik, namun pada jumlah sampel tanah yang memiliki kadar pasir halus di atas 7% cenderung memiliki nilai *liquid limit* yang rendah. Studi ini hanya dilakukan berdasarkan sifat fisik tanah saja tanpa menganalisa mineral maupun unsur kimia yang terkandung dalam sampel tanah.

Tabel 5. Hasil analisis data hubungan nilai *liquid limit* antara alat dan metode.

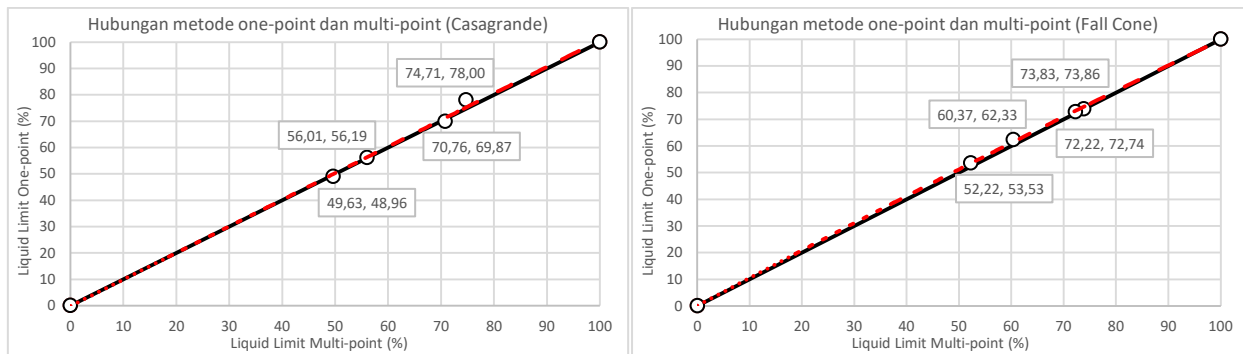
Lokasi	LL multi-point (%)			LL one-point (%)			$\Delta$ LL one X multi	
	Casagrande	Fall Cone	$\Delta$ LL	Casagrande	Fall Cone	$\Delta$ LL	Casagrande	Fall Cone
Cisoka	74.71	73.83	0.88	78.00	73.86	4.13	3.28	0.03
Cibitung	70.76	72.22	1.46	69.87	72.74	2.88	0.89	0.52
Gunung Sarik	56.01	60.37	4.35	56.19	62.33	6.14	0.18	1.96
Jambi	49.63	52.22	2.59	48.96	53.53	4.57	0.67	1.31

Berdasarkan hasil analisis data tersebut untuk hubungan nilai *liquid limit* antara alat dan metode memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan dengan perbedaan terbesar pada hubungan antara alat terdapat pada metode *one-point* sebesar 6.14% dan perbedaan terbesar pada hubungan antara metode terdapat pada alat Casagrande sebesar 3.28%. Sehingga penggunaan kedua alat dan metode baik untuk dilakukan dengan syarat sampel tanah yang akan diuji memiliki kadar tanah berbutir halus di atas 50%.

Hasil analisis data hubungan nilai *liquid limit* antara alat dan metode dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Hubungan *liquid limit* alat Casagrande dengan alat *fall cone* metode *multi-point* (kiri) dan *one-point* (kanan).



Gambar 6. Hubungan *liquid limit* metode metode *multi-point* dengan *one-point* menggunakan alat Casagrande (kiri) dan *fall cone* (kanan).

#### 4. KESIMPULAN

Dalam studi ini diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hubungan antara distribusi ukuran butir tanah dengan *liquid limit* tidak dapat menemukan hasil yang spesifik. Sehingga hubungan distribusi ukuran butir tanah tidak dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai *liquid limit*.
2. Berdasarkan pengujian *liquid limit* menggunakan alat Casagrande dan alat *fall cone* dengan metode *multi-point* dan *one-point*, menghasilkan nilai yang hampir sama. Sehingga pengujian *liquid limit* menggunakan alat Casagrande dan alat *fall cone* baik dengan metode *multi-point* maupun *one-point* dapat digunakan sebagai pengujian untuk penentuan *liquid limit*, namun pada penggunaan alat *fall cone* dapat digunakan sebagai alat untuk menentukan nilai *liquid limit* dengan syarat tanah tersebut merupakan kategori tanah berbutir halus atau mengandung lempung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Test and Materials (1998), "ASTM D 422 – 63, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils", ASTM International, West Conshohocken.
- American Society for Test and Materials (2000), "ASTM D 4318 – 00, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils", ASTM International, West Conshohocken.
- American Society for Test and Materials (2002), "ASTM D 854 – 02, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soils Solids by Water Pycnometer", ASTM International, West Conshohocken.
- British Standard (1990), "BS 1377 – 2, Methods of test for Soils for civil engineering purposes – part 2: Classification tests", British Standard Institution, London.
- Garcia-Gaines, R. A. (2015), "USCS and the USDA Soil Classification System", U.S. Army Engineer Research and Development Center.
- Sivakumar, V. et al. (2009), "A New Method of Measuring Plastic Limit of Fine Materials", *Geotechnique* 59, No.10, 813823 [doi: 10.1680/geot. 2009. 59. 10.813].
- Sutarman, E. (2013), "Konsep dan Aplikasi Mekanika Tanah", ANDI, Yogyakarta.