

# KORELASI NILAI *MACKINTOSH* DENGAN *N-SPT* PADA TANAH URUGAN

Arnold Yapeter<sup>1</sup>, David Tanujaya<sup>2</sup>, Johanes I. Suwono<sup>3</sup>, dan Daniel Tjandra<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Para kontraktor di Indonesia umumnya menggunakan *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT) untuk menganalisa daya dukung tanah. Namun, metode tersebut masih menjadi pertimbangan bila harus dilakukan penyelidikan tanah di area terpencil. Solusi utamanya adalah dengan menggunakan metode *Mackintosh Probe*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan korelasi antara hasil *Mackintosh Probe* (MPT) dengan hasil *N-SPT* serta gradasi agregat. Penelitian langsung di lapangan ini dilakukan pada tiga lokasi dengan kondisi dan jenis tanah yang berbeda, yaitu di lokasi Jasem, Dian Istana, Lingkar Timur, Sidoarjo. Dari penelitian ini dihasilkan korelasi MPT = 13 SPT untuk tanah sirtu dan MPT = 17 SPT untuk tanah urugan lempung. Tanah yang mengandung pecahan dari batu besar tidak dapat dikorelasikan dengan baik.

**KATA KUNCI :** *Mackintosh Probe*, SPT, korelasi, gradasi agregat, dan pengetesan tanah.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan salah satu sumber kehidupan yang sangat vital bagi manusia, baik dalam fungsinya sebagai sarana untuk mencari penghidupan (pendukung mata pencaharian) di berbagai bidang seperti pertanian, perkebunan, industri, maupun yang dipergunakan sebagai tempat untuk bermukim dengan didirikannya bangunan sebagai tempat tinggal. Uji lapangan dan uji laboratorium tanah dapat dilakukan untuk menyelidiki tanah lebih detail dengan hasil berupa sifat fisik dan mekanis tanah. Sebagai negara yang berkembang, kemajuan teknologi sangat berperan dalam pembangunan di bidang konstruksi. Para kontraktor di Indonesia umumnya menggunakan *Standard Penetration Test* (SPT) atau *Boring* dan *Cone Penetration Test* (CPT) atau sondir untuk menganalisa daya dukung tanah, selain itu untuk menentukan klasifikasi tanah dapat dicari melalui gradasi agregat yang merupakan distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan. Namun, pada tanah sirtu tidak dilakukan SPT dan CPT karena pada umumnya digunakan hanya sebagai media untuk transportasi kendaraan. Di lain hal, metode tersebut juga masih menjadi pertimbangan bila harus dilakukan penyelidikan tanah di area-area terpencil karena peralatan dan pelaksanaannya membutuhkan waktu dan biaya yang besar. Pengujian dengan menggunakan *Mackintosh Probe* merupakan solusi utama untuk melakukan penyelidikan tanah di area terpencil tersebut. *Mackintosh Probe* adalah sebuah alat penetrasi dengan bobot yang ringan, mudah dibawa, dapat bekerja lebih cepat dan praktis karena semua pekerjaan dilakukan secara mudah dan manual dan lebih murah dibandingkan *Standard Penetration Test* (SPT). Oleh karena itu dilakukan penelitian korelasi *Mackintosh Probe* dengan kekuatan geser tanah khususnya tanah urugan. Penelitian pernah dilakukan di Provinsi Khozestan di selatan Iran dengan tanah yang mengandung lempung, lanau, dan sedikit pasir (Ferry, Soewignjo, Hawmar, 2013, p. 1).

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [arnoldyapeter@gmail.com](mailto:arnoldyapeter@gmail.com)

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [david\\_tanu@yahoo.com](mailto:david_tanu@yahoo.com)

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [isuwono@petra.ac.id](mailto:isuwono@petra.ac.id)

<sup>4</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [danielij@petra.ac.id](mailto:danielij@petra.ac.id)

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini tes yang dilakukan adalah *Mackintosh Probe*. Metode ini sangat berguna bila dilakukan di daerah terpencil. Peneliti ingin menentukan klasifikasi tanah dengan gradasi agregat dan mengetahui secara cepat seberapa besar daya dukung tanah berdasarkan *N-SPT* yang dikorelasikan dengan hasil *Mackintosh Probe*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencari korelasi antara *Mackintosh Probe* dengan SPT pada tanah urugan di daerah Surabaya.

## 1.4 Ruang Lingkup

Tanah yang diselidiki hanya tanah urugan yang ada di Jasem (Mojosari), Dian Istana (Surabaya Barat), dan Lingkar Timur Sidoarjo.

## 2 REVIEW LITERATUR

### 2.1 *Mackintosh Probe*

Alat *Mackintosh Probe* terdiri dari tangkai yang dapat diputar bersama-sama dengan *barrel connectors* dan yang secara normal dibubut dengan ujung kemudi di dasarnya, dan kemudian palu yang ringan yang biasa dijalankan dengan tangan di atasnya. Alat ini menyediakan metode yang sangat hemat dalam menentukan ketebalan dari lapisan tanah lunak seperti tanah lempung (Ferry, Soewignjo, Hawmar, 2013, p. 2).

*Mackintosh Probe* terdiri dari sebuah kerucut dengan diameter 27.94 mm dan sudut di puncaknya sebesar 30°, sebuah batang yang padat dengan diameter 12.7 mm dan berat 4.5 kg dengan standar tinggi jatuh 300 mm. Alat ini sangat ringan dan merupakan alat yang mudah dibawa (Fakher, Khodaparast, Jones, 2005, p. 1).

*Mackintosh Probe* adalah pengembangan dalam investigasi untuk tanah gambut dan telah divariasi untuk digunakan pada tanah lunak. Penggunaan *Mackintosh Probe* banyak digunakan pada tanah residual di Malaysia. Tanah yang digunakan diperoleh dari pelapukan dan akibat perubahan cuaca pada batuan sedimen. *Mackintosh Probe* telah digunakan pada tanah lempung di daerah Obhor Sabkha, Saudi Arabia (Timur Tengah) sampai pada Asia Tenggara. *Mackintosh Probe* juga digunakan pada tanah lunak di Iran. Keuntungan utama dari *Mackintosh Probe* terdiri dari:

- Pengoperasian yang cepat.
- Dapat digunakan pada medan yang sulit dan akses yang buruk.
- Menggunakan sedikit peralatan dan personil.
- Perlengkapan murah.
- Pengoperasian dan analisis data sangat sederhana.

Tes ini menyediakan profil dari perlawanan penetrasi terhadap kedalaman (Jumlah pukulan/kedalaman), untuk memberikan penilaian dari variabilitas material *in-situ* pada lokasi. Adapun hubungan antara *Mackintosh Probe* terhadap daya dukung tanah sebagai berikut:

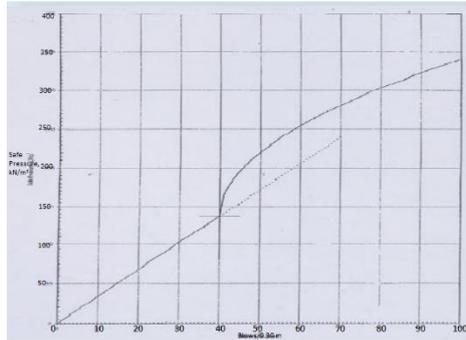
$$P = \left( 2860 + 550(R - 40)^{\frac{1}{2}} \right) \times 0.04788 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Untuk } R > 40$$

$$P = \text{Lihat Gambar 1} \quad \text{Untuk } R < 40$$

Dimana, P = Daya dukung tanah ( kN/m<sup>2</sup>)

R = Jumlah pukulan *mackintosh probe*/0.3m

Hubungan *Mackintosh Probe* dengan daya dukung tanah dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Grafik Hubungan Mackintosh Probe – Daya Dukung Tanah**  
**Sumber : Haidary ( 2013, p.45 )**

## 2.2 Standard Penetration Test (SPT)

*Standard Penetration Test* (SPT) adalah suatu percobaan dinamis yang berasal dari Amerika Serikat. Percobaan dinamis (*dynamic penetrometer*) yaitu suatu pengujian yang ujungnya dimasukkan ke dalam tanah dengan menjatuhkan beban dengan tinggi jatuh dan jumlah pukulan yang diperlukan untuk mendorong ujung tersebut menembus jarak tertentu. SPT ini merupakan suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui kekuatan tanah maupun pengambilan contoh terganggu. Dalam percobaan SPT ini terdapat beberapa istilah diantaranya:

- Jumlah pukulan: banyaknya pukulan palu setinggi 76 cm pada setiap penetrasi 15 cm.
- Konus: ujung alat penetrasi yang berbentuk kerucut (terbuka dan tertutup) untuk menahan perlawanan tanah.
- Palu: besi atau baja massif berbentuk silinder dan di tengahnya berlubang sedikit lebih besar daripada diameter pipa bor.
- *Split Barrel Sampler*: alat berupa tabung yang dibelah dua dan kedua ujungnya dipegang dengan mur dan dipasang pada ujung pipa bor pada waktu pelaksanaan pengujian SPT.

Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal dek dalam tanah yang bernama *Split Barrel Sampler*, disertai pengukuran jumlah pemukulan yang memasukkan *Split Barrel* sedalam 300 mm vertical. Jumlah pukulan ini disebut dengan nilai *N* (*N number or N value*). Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63.5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0.76 meter. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap (Uponyagufron, 2012, p .1).

## 2.3 Gradasi Agregat

Pada metode pengayakan, alat yang digunakan adalah susunan saringan dan sampel butiran-butiran kering ditaruh pada ayakan yang paling atas. Kemudian saringan digetarkan dan butiran akan tertinggal pada masing-masing sesuai dengan ukuran dan prosentasinya. Penentuan klasifikasi tanah dapat dilakukan dengan mencari **Cu** dan **Cc**, dimana **Cu** (*Coefficient Uniformited*) adalah koefisien keseragaman dimana menunjukkan kemiringan kurva dan menunjukkan sifat seragam (uniform) tanah. Cu makin kecil, kurva makin curam, dan butir tanah makin seragam. Sebaliknya Cu makin besar, kurva landau, butir-butir tanah terdiri makin banyak ukuran butir (makin tidak seragam). Ukuran Cu minimal 1, yang berarti semua butiran berukuran sama dan **Cc** (*Curvature Coefficient*) adalah Koefisien gradasi. Suatu tanah dianggap lengkungnya baik jika  $1 < Cc < 3$  dan jelek jika  $Cc < 1$  dan  $Cc > 3$ . Gradasi baik (*well graded*) dan gradasi jelek (*poorly graded*). Syarat-syarat dan ketentuan sifat tanah dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Fraksi Lebih Besar dari No.200 (0.075 mm) Lebih Besar dari 50% a) Kerikil, b) Pasir**

a)		b)	
		Simbol	Nama Grup
Kerikil bersih - Butiran halus kurang dari 5%	$Cu \geq 4$ & $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Kerikil bergradasi baik
	$Cu < 4$ &/or $1 > Cc > 3$	GP	Kerikil bergradasi buruk
Kerikil dengan butiran halus - Butiran halus berupa lempung antara 5% - 12%	$Cu \geq 4$ & $1 \leq Cc \leq 3$	GW-GC	Kerikil dengan lempung bergradasi baik
	$Cu < 4$ &/or $1 > Cc > 3$	GP-GC	Kerikil dengan lempung bergradasi buruk
Kerikil dengan butiran halus - Butiran halus berupa lanau antara 5% - 12%	$Cu \geq 4$ & $1 \leq Cc \leq 3$	GW-GM	Kerikil dengan lanau bergradasi baik
	$Cu < 4$ &/or $1 > Cc > 3$	GP-GM	Kerikil dengan lanau bergradasi buruk
Kerikil dengan butiran halus lebih dari 12%	Klasifikasi butiran halus berupa CL atau CH	GC	Kerikil dengan lempung
	Klasifikasi butiran halus berupa ML atau MH	GM	Kerikil dengan lanau
Pasir bersih - Butiran halus kurang dari 5%	$Cu \geq 6$ & $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Pasir bergradasi baik
	$Cu < 6$ &/or $1 > Cc > 3$	SP	Pasir bergradasi buruk
Pasir dengan butiran halus - Butiran halus berupa lempung antara 5% - 12%	$Cu \geq 6$ & $1 \leq Cc \leq 3$	SW-SC	Pasir dengan lempung bergradasi baik
	$Cu < 6$ &/or $1 > Cc > 3$	SP-SC	Pasir dengan lempung bergradasi buruk
Pasir dengan butiran halus - Butiran halus berupa lanau antara 5% - 12%	$Cu \geq 6$ & $1 \leq Cc \leq 3$	SW-SM	Pasir dengan lanau bergradasi baik
	$Cu < 6$ &/or $1 > Cc > 3$	SP-SM	Pasir dengan lanau bergradasi buruk
Pasir dengan butiran halus lebih dari 12%	Klasifikasi butiran halus berupa CL atau CH	SC	Pasir dengan lempung
	Klasifikasi butiran halus berupa ML atau MH	SM	Pasir dengan lanau

Untuk menentukan Cu dan Cc dapat menggunakan rumus :

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ dan } Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$D_{10}$  = Diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan

$D_{30}$  = Diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan

$D_{60}$  = Diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan

### 3 METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Penentuan Lapangan

Penentuan lapangan bertujuan untuk memilih jenis-jenis tanah yang ada di Surabaya. Dalam penelitian ini, peneliti hanya meneliti tanah urugan/sirtu.

Ada 4 tempat yang dilakukan pengujian tanah dalam penelitian ini:

1. Daerah Jasem, Mojosari yang direncanakan untuk membangun gudang
2. Daerah Dian Istana yang direncanakan untuk pembangunan *apartment*.

3. Daerah Lingkar Timur Sidoarjo yang direncanakan untuk pembangunan jalan. Pada tiap lokasi penelitian dilakukan pengetestan di 5 titik masing-masing untuk *Mackintosh Probe* dan SPT.

### 3.2. Pemilihan Alat Penelitian

Langkah berikutnya adalah pemilihan alat penelitian. Ada 2 alat yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain:

1. *Mackintosh Probe*
2. SPT (*boring log*)

### 3.3. Pemeriksaan Data-Data Penelitian

Data dari pemeriksaan gradasi agregat yang dilakukan dengan analisa saringan berupa tabel dengan perbandingan agregat halus, kasar, dan butiran halus. Dari hasil pengayakan berupa tabel, kemudian dicari presentasi kumulatifnya, dan digambarkan menjadi kurva gradasi butir. Setiap satu sampel tanah mempunyai satu kurva. Dari kurva tersebut kita dapat menentukan klasifikasi tanah berdasarkan  $C_u$  dan  $C_c$  nya. Setelah semua data-data terkumpul maka dimulailah untuk pengolahan data. Data yang diperoleh dari percobaan *Mackintosh Probe* adalah *blows/30 cm*. Untuk data percobaan SPT berupa  $N-SPT$  yaitu hampir sama dengan *Mackintosh Probe*, *blows/45 cm*. Semua data-data yang diperoleh diolah menggunakan Microsoft Excel. Tiap titik pada lokasi penelitian memiliki jenis tanah urugan yang dibagi menjadi 2 yaitu kelepungan dan sirtu. Data penelitian dari *Mackintosh Probe* dan SPT dimasukkan dalam 1 *sheet* berdasarkan jenis tanah urugan. Lalu peneliti mengambil data dengan kedalaman yang hampir sama sehingga dapat dikorelasi. Peneliti membuat 2 grafik korelasi berdasarkan jenis tanah urugan (kelepungan dan tanah sirtu). Untuk mengetahui korelasinya, maka dari grafik tersebut dikeluarkanlah garis *trendline*.

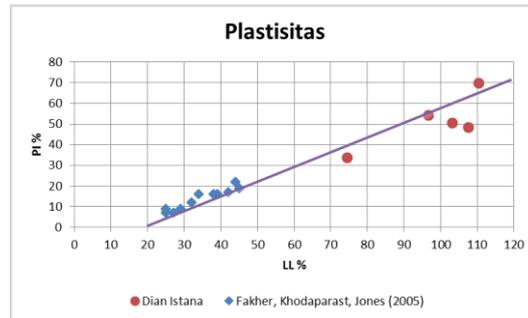
### 3.4. Pengambilan Kesimpulan

Semua hasil data yang telah dianalisa menghasilkan rumus korelasi dari *Mackintosh Probe* dengan *Standard Penetration Test* (SPT) dan hasil analisa ayakan dari gradasi agregat untuk menentukan mutu dari tanah urugan/sirtu menghasilkan perbandingan butiran-butiran berupa lempung, lanau, pasir dan kerikil. Rumus korelasi dan perbandingan butiran-butiran kasar tanah sirtu dapat disimpulkan bahwa metode tersebut dapat digunakan. Penelitian daya dukung tanah menggunakan *Mackintosh Probe* hasilnya diperkirakan sama dengan hasil penelitian yang menggunakan SPT.

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pengujian

Sampel tanah yang telah diambil dari uji SPT (*Standard Penetration Test*) di ketiga lokasi penelitian dibawa menuju ke laboratorium untuk diuji *water content*, plastisitas pada tanah urugan yang berjenis kelepungan, dan gradasi untuk tanah urugan berjenis sirtu. dapat diketahui keadaan tanah lempung dari lokasi yang telah diteliti (Dian Istana). Dari penelitian yang dilakukan oleh Fakher, Khodaparast, dan Jones dapat disimpulkan bahwa tanah yang diteliti adalah tanah lempung inorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang dengan sedikit pasir dan kerikil (**CL**). Untuk tanah di Dian Istana berupa lempung inorganik dengan plastisitas yang tinggi (**CH** dan **MH**). Hasil uji plastisitas di lokasi Dian Istana dan penelitian Fakher, et al. dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Plastisitas Lokasi Penelitian (Dian Istana) dan Penelitian Fakher, Khodaparast, Jones (2005)**

Untuk sampel tanah urugan berupa sirtu di Jasem (Mojosari) dan Lingkar Timur Sidoarjo telah diuji gradasinya dengan menggunakan analisa ayakan. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian analisa ayakan, dapat disimpulkan  $C_u$  dan  $C_c$  nya. Hasil perhitungan  $C_u$  dan  $C_c$  tanah urugan sirtu pada tiap titik lokasi dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Hasil Perhitungan  $C_u$  dan  $C_c$  Tanah Urugan Sirtu pada Tiap Titik Lokasi**

Lokasi	Titik	Interval	D10	D30	D60	$C_u$	$C_c$	Jenis Tanah
Lingkar Timur	B1	1	0.2	0.5	1.56	7.80	0.80	GP
		2	0.2	0.52	1.59	7.95	0.85	GP
		3	0.18	0.41	1.37	7.61	0.68	GP
	B2	1	0.18	0.46	1.53	8.50	0.77	GP
		2	0.18	0.45	1.48	8.22	0.76	GP
		3	0.2	0.51	1.52	7.60	0.86	GP
	B3	1	0.18	0.47	1.58	8.78	0.78	GP
		2	0.17	0.45	1.49	8.76	0.80	GP
		3	0.18	0.46	1.5	8.33	0.78	GP
	B4	1	0.21	0.56	1.73	8.24	0.86	GP
		2	0.3	0.71	1.87	6.23	0.90	GP
		3	0.24	0.66	1.86	7.75	0.98	GP
	B5	1	0.16	0.41	1.48	9.25	0.71	GP
		2	0.23	0.54	1.57	6.83	0.81	GP
		3	0.36	1.02	2.42	6.72	1.19	GW
Jasem	B1	1	0.22	0.55	1.65	7.50	0.83	GP
		2	0.2	0.5	1.52	7.60	0.82	GP
		3	0.18	0.46	1.52	8.44	0.77	GP
	B2	1	0.29	0.73	2	6.90	0.92	GP
		2	0.3	0.76	2.02	6.73	0.95	GP
		3	0.22	0.58	1.76	8.00	0.87	GP
	B3	1	0.17	0.45	1.52	8.94	0.78	GP
		2	0.36	0.98	2.4	6.67	1.11	GW
		3	0.25	0.64	1.88	7.52	0.87	GP
	B4	1	0.27	0.65	1.8	6.67	0.87	GP
		2	0.28	0.67	1.8	6.43	0.89	GP
		3	0.32	0.8	2	6.25	1.00	GW
	B5	1	0.23	0.65	1.9	8.26	0.97	GP
		2	0.16	0.4	1.36	8.50	0.74	GP
		3	0.18	0.41	1.37	7.61	0.68	GP

Dapat disimpulkan bahwa jenis tanah urugan di Lingkar Timur Sidoarjo memiliki karakteristik yang mendekati tanah urugan di Jasem, Mojosari yaitu tanah kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus (**GP**).

#### 4.2. Hasil Korelasi Tanah Urugan Sirtu dan Tanah Urugan Lempung

Dari hasil pengujian tanah urugan sirtu dan urugan lempung dibuat grafik baru yang bertujuan untuk mendapatkan persamaan korelasi antara *Mackintosh* dan SPT. Persamaan korelasi antara *Mackintosh Probe* dan SPT untuk tanah urugan sirtu yang didapat oleh peneliti:

$$Mackintosh\ probe\ (MPT) = 13\ SPT \quad (4.1)$$

Persamaan 4.1 dapat digunakan untuk nilai *Mackintosh* yang berkisar  $0 \leq \text{Mackintosh} \leq 377$ . Dengan koefisien determinan ( $R^2$ ) sebesar 0.9027, Untuk persamaan korelasi Log N dengan Log M seperti pada penelitian sebelumnya didapatkan rumus :

$$\text{LogN} = 0.9036 \text{LogM} - 0.9049 \quad (4.2)$$

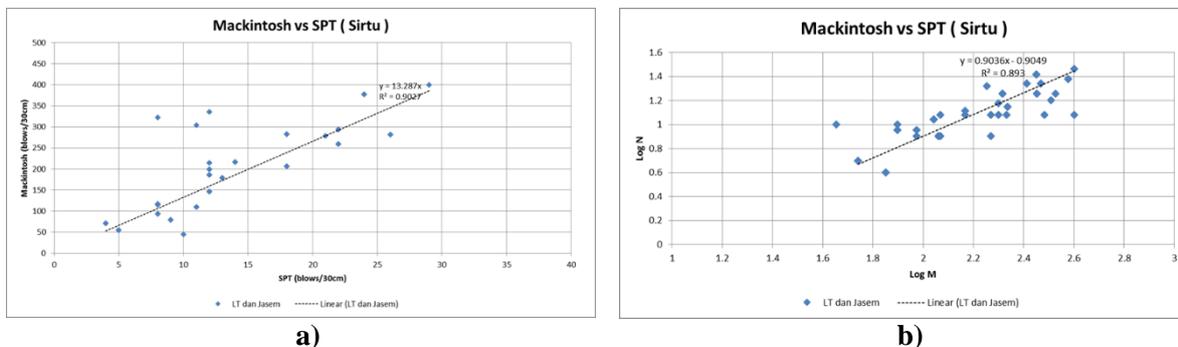
Persamaan 4.2 memiliki data dengan koefisien determinan ( $R^2$ ) sebesar 0.893, dapat disimpulkan bahwa pukulan SPT sama dengan 13 pukulan *Mackintosh Probe* (MPT). Persamaan korelasi antara *Mackintosh Probe* dan SPT untuk tanah urugan lempung yang didapat oleh peneliti:

$$\text{Mackintosh Probe (MPT)} = 17 \text{ SPT} \quad (4.3)$$

Berdasarkan persamaan 4.3 dapat digunakan untuk nilai *Mackintosh* yang berkisar  $0 \leq \text{Mackintosh} \leq 198$ . Dengan Koefisien determinan ( $R^2$ ) sebesar 0.8744. Untuk persamaan korelasi Log N dengan Log M seperti pada penelitian sebelumnya didapatkan rumus :

$$\text{LogN} = 0.955 \text{LogM} - 1.1433 \quad (4.4)$$

Persamaan 4.4 memiliki data dengan koefisien determinan ( $R^2$ ) sebesar 0.95, dapat disimpulkan bahwa 1 pukulan SPT sama dengan 17 pukulan *MackintoshProbe* (MPT). Hasil korelasi Mackintosh dengan N-SPT pada tanah urugan sirtu dapat dilihat pada **Gambar 3. a dan b.**



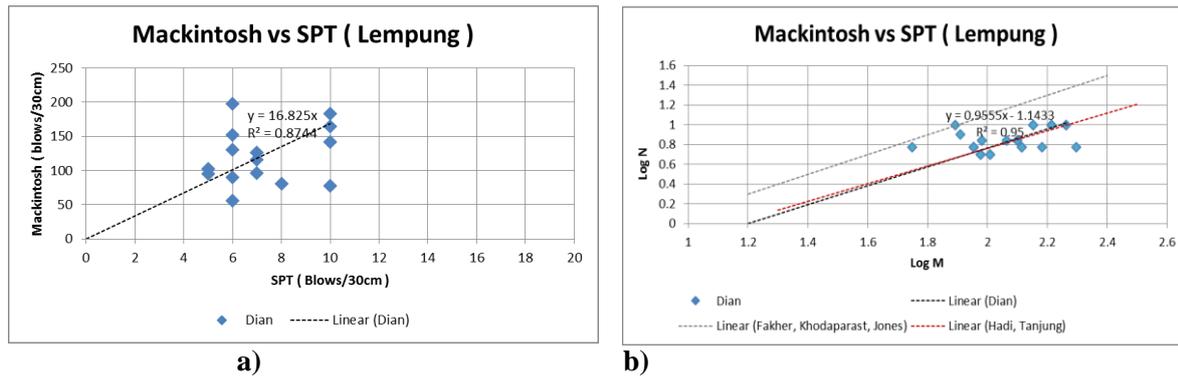
**Gambar 3. Grafik Korelasi antara *Mackintosh Probe* dengan SPT a) Blows/30 cm untuk Tanah Urugan Sirtu, b) Log M dan Log N untuk Tanah Urugan Sirtu,**

Hasil tanah urugan lempung di bawah dibandingkan dengan penelitian Fakher, Khodaparast, Jones dan penelitian sebelumnya yaitu Hadi, Tanjung maka terdapat beberapa perbedaan. Berikut persamaan korelasi yang didapatkan oleh Fakher dan Hadi, Tanjung.

$$\text{LogN} = 0.96 \text{LogM} - 0.81 \quad (4.5)$$

$$\text{LogN} = 0.8922 \text{LogM} - 1.0194 \quad (4.6)$$

Dari Persamaan 4.4 dapat disimpulkan bahwa 1 pukulan SPT sama dengan 17 pukulan *MackintoshProbe* (MPT), pada persamaan 4.5 1 pukulan SPT sama dengan 8 pukulan MPT, dan pada persamaan 4.6 jumlah pukulan 1 SPT sama dengan 17 pukulan MPT. Jumlah pukulan MPT dari penelitian ini lebih banyak dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Fakher, Khodaparast, Jones tetapi jumlah pukulan MPT pada penelitian yang dilakukan Hadi, Tanjung rata-rata hampir sama. Hal ini terjadi karena berdasarkan hasil *liquid index* yang didapatkan pada tanah yang diteliti oleh Fakher, Khodaparast, Jones nilainya lebih tinggi dari tanah penelitian di Dian Istana, sedangkan pada penelitian Hadi, Tanjung hasil *liquid index*-nya hampir mendekati sama. Hasil korelasi Mackintosh dengan N-SPT pada tanah urugan lempung dapat dilihat pada **Gambar 4. a dan b.**



**Gambar 3. Grafik Korelasi antara Mackintosh Probe dengan SPT a) Blows/30 cm untuk Tanah Urugan Lempung, b) Log M dan Log N untuk Tanah Urugan Lempung.**

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Hasil yang didapat selama penelitian atas kepadatan material urugan di tiga lokasi, yaitu Jasem, Dian Istana, dan Lingkar Timur Sidoarjo, Menyimpulkan bahwa:

1. Material urugan yang terdapat di tiga lokasi penelitian tersebut dibedakan atas material kerikil halus kepasiran dengan klasifikasi GP yang terdapat di Jasem dan Lingkar Timur, Serta tanah kelanauan yang berklasifikasikan MH di Dian Istana.
2. Untuk material urugan yang berklasifikasikan GP didapat korelasi antara nilai kepadatan menurut SPT dengan kepadatan menurut MPT sebagai  $MPT \approx 13 N-SPT$ , atau 13 blows/30cm dengan MPT sama dengan 1x blow/30cm dengan SPT .
3. Material urugan yang MH ternyata memberikan korelasi yang sama dengan temuan dari Hadi & Tanjung, yaitu  $MPT \approx 17 N-SPT$ .

### 5.2. Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan oleh peneliti bidang yang sejenis untuk mempertajam hasil korelasi dari penelitian ini, karena data dalam penelitian ini tidak begitu banyak sehingga dengan tersedianya data-data yang lebih banyak akan menghasilkan kesimpulan yang lebih baik.
2. Pada saat pemilihan titik pada lokasi sebaiknya tidak memilih pada titik dimana sering dilewati kendaraan keluar masuk agar pengujian yang dilakukan dapat berjalan dengan hasil yang baik.
3. Untuk melakukan pengujian *Mackintosh Probe* pada satu titik sebaiknya dilakukan 3 kali percobaan serta sebisa mungkin dekat dengan titik pengujian SPT agar hasil yang didapat memiliki persamaan yang nantinya akan lebih mudah untuk membuat korelasinya dan tentu hasilnya akan lebih baik.
4. Tiap titik pengujian *Mackintosh* pada lokasi sebaiknya menambah kedalaman penetrasi alat agar data yang diperoleh lebih maksimal untuk dibuat korelasinya.
5. Untuk pengujian gradasi agregat sebaiknya mengambil sampel tanah dari penelitian yang lebih banyak agar hasil yang bisa digunakan untuk menentukan korelasi hasil *Mackintosh Probe* dan SPT.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Fakher, A., Khodaparast, M., & Jones, C.J.F.P. (2005). *The Use of The Mackintosh Probe for Site Investigation in Soft Soils*. University of Tehran, Tehran, Iran.
- Rizka, S., Ferry, F., & Soewignjo, A.N. (2013). *Korelasi Hasil Uji Mackintosh Probe Dengan Kuat Geser Tanah Lunak*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Riau, Pekanbaru.
- Haidary Al, Khalid. (2013). *Geotechnical Engineering Group Training Manual Kingdom of Bahrain Ministry of Works Materials Engineering*. Materials Engineering Directorate, Bahrain.

- Laboratory Classification of Soils For Engineering Purposes.*(1999).Texas :TxDot Designation, Tex-142-E.
- Uponyagufron. (2012, June). *Standard Penetration Test*. Retrieved February 15, 2015, from <http://www.scribd.com/doc/96944469/Standard-Penetration-Test#scribd>.
- Tanjung, D., Soetjianto, H., & Suwono, J.I. (2015). *Korelasi Nilai Mackintosh Probe dengan N-SPT dan CPT pada Tanah Lempung*. Universitas Kristen Petra, Indonesia.