

KORELASI NILAI *MACKINTOSH PROBE* DENGAN *N-SPT* DAN *CPT* PADA TANAH LEMPUNG

Tanjung¹, Soetjianto², dan Suwono³

ABSTRAK : Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan korelasi antara hasil *Mackintosh probing*, *MPT*, dengan hasil *N-SPT* serta q_c -sondir dari *CPT*. Penelitian langsung di lapangan dilakukan pada empat lokasi dengan kondisi dan jenis tanah yang berbeda, yaitu di lokasi Mojosari, Pondok Chandra, Gresik, dan Pakuwon. Dari penelitian ini dihasilkan korelasi $N-SPT = 0.0532 MPT$ dan $q_c = 0.0622 MPT$ yang berlaku untuk tanah-tanah kelempungan. Untuk tanah urugan yang heterogen tidak didapat korelasi yang baik.

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

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah mempunyai peranan penting dalam ilmu konstruksi. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Rizka, Ferry, Soewignjo, 2013, p. 1). Untuk menyokong pondasi dari suatu konstruksi bangunan, maka tanah yang ada di bawahnya haruslah memiliki daya dukung tanah yang tinggi. Untuk mengetahui daya dukung tanah ini, perlu dilakukan penyelidikan tanah. Untuk menyelidiki tanah, dapat dilakukan dengan cara uji lapangan dan uji laboratorium. Di Indonesia, dalam menganalisa daya dukung tanah menggunakan *Standard Penetration Test* (*SPT*) atau *Boring* dan *Cone Penetration Test* (*CPT*) atau sondir. Penyelidikan tanah dengan *SPT* dan sondir merupakan alat penetrasi tes statis yang mampu mendeteksi kepadatan / kekuatan tanah dan juga untuk mengetahui jenis tanahnya. Namun dalam peralatan dan pelaksanaannya masih menjadi pertimbangan bila harus dilakukan penyelidikan tanah di area-area terpencil. Untuk melakukan penyelidikan di area terpencil tersebut sebaiknya menggunakan *Mackintosh Probe*. *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*) terutama pada tanah lunak. Namun, *Mackintosh Probe* memiliki kelemahan. Data yang diperoleh dari pengujian ini hanya berupa jumlah pukulan, sehingga sangat minim informasi tentang tanah yang diuji dari pengujian *Mackintosh Probe*. Penggunaan metode ini masih jarang ditemui di Indonesia. Oleh karena itu korelasi *Mackintosh Probe* dengan kekuatan geser tanah khususnya pada tanah lunak masih jarang ditemui. Penelitian pernah dilakukan di Provinsi Khozestan di selatan Iran dengan tanah yang mengandung lempung, lanau, dan sedikit pasir (Ferry, Soewignjo, Hawmar, 2013, p. 1).

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, dani_tanjung@gmail.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, soethadi@yahoo.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, jsuwono@peter.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 mengetahui secara cepat seberapa besar daya dukung tanah berdasarkan hasil qc dan *N-SPT* yang dikorelasikan dengan hasil *Mackintosh Probe*.

1.3. Tujuan Penelitian

- Mencari korelasi antara *Mackintosh Probe* dengan SPT pada tanah lempung.
- Mencari korelasi antara *Mackintosh Probe* dengan qc pada tanah lempung.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

- Tanah yang diselidiki adalah tanah lempung yang berada di daerah Surabaya dan sekitarnya.

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.

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 (Uponyagufon, 2012, p .1).

2.3. Penelitian *Mackintosh Probe* yang Ada

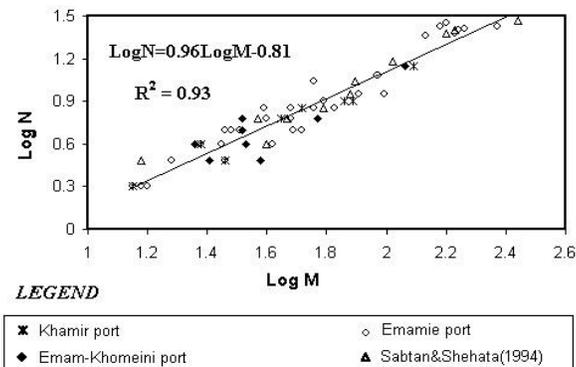
Penelitian yang dilakukan oleh Fakher, Khodaparast, Jones (2005) berada pada 3 lokasi dengan keadaan tanah *soft* sampai *medium clay*. Berikut *soil properties* dari lokasi penelitian Fakher, Khodaparast, dan Jones ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Soil Properties dari Lokasi Penelitian Fakher

Site	Depth (m)	Soil Description	Density t/m ³	w %	LL %	PL %	PI %	C _u kPa	LI %	Date
Emamie Port	2.5	Soft to very soft brown silty clay	1.88	32	27	20	7	18	1.7	2000
	5		1.96	41	25	18	7	23	3.3	
	7.5		1.89	37	39	23	16	32	0.9	
	10		1.88	36	38	19	19	46	0.9	
Khamir Port	2	Lean clay with silt	1.85	31	29	20	9	10	1.2	1999
	5		1.91	35	44	22	22	23	0.6	
	7		1.95	39	42	25	17	30	0.8	
Emam-Khomeini Port	3	Soft to medium clay with silt	1.8	30	45	26	19	48	0.2	2000
	5		1.98	28	32	20	12	60	0.7	
	8		1.96	31	34	18	16	40	0.8	
	12		1.99	29	25	16	9	48	1.4	

Sumber: Fakher, Khodaparast, Jones (2005, p. 3)

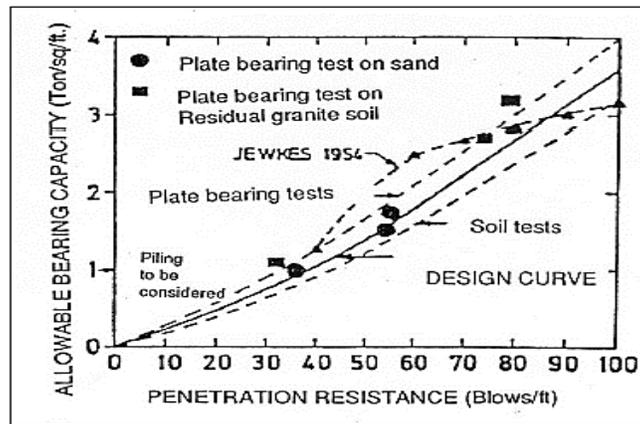
Setelah penelitian di lapangan selesai, semua data SPT dan *Mackintosh Probe* dimasukkan ke dalam satu grafik. Fakher, Khodaparast, Jones dalam mendapatkan persamaan korelasi antara SPT dan *Mackintosh Probe* dimasukkan ke dalam satu grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Korelasi *Mackintosh Probe* dengan SPT
Sumber: Fakher, Khodaparast, Jones (2005, p. 3)

Adapun penelitian yang pernah dilakukan oleh Ooi and Ting (1975) (Gue, Tan, 2000, p. 13)., penelitian yang mereka lakukan dapat mengukur daya dukung tanah yang diijinkan berdasarkan jumlah pukulan dari tes *Mackintosh Probe*. Mereka menjelaskan bahwa untuk kedalaman tanah yang dangkal (kurang dari 4

meter), rasio antara *Mackintosh Probe* dengan *undrained shear strength* sebesar 1 kPa. Semakin dalam tanah maka rasio akan berkurang secara signifikan dan sering sekali tidak dapat dipercaya dan rasio antara *Mackintosh Probe* dengan *N-SPT* sebesar 8.8. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk tanah yang berpasir yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Korelasi antara *Mackintosh Probe* dengan *Allowable Bearing Capacity* Tanah Pasir (Ooi and Ting, 1975)
Sumber: Gue, Tan (2000, p. 13)**

2.4. Cone Penetration Test (CPT)

Cone Penetration Test (CPT) atau yang lebih sering disebut sondir adalah satu survey lapangan yang berguna untuk memperkirakan letak lapisan tanah keras. Dari tes ini didapatkan nilai perlawanan penetrasi konus. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas (kg/cm^2). Sedangkan hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya per satuan panjang (kg/cm). Nilai perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat dapat diketahui dari bacaan pada manometer. Komponen utama sondir adalah konus yang dimasukkan ke dalam tanah dengan cara ditekan. Tekanan pada ujung konus pada saat konus bergerak kebawah karena ditekan, dibaca pada manometer setiap kedalaman 20 cm. Tekanan dari atas pada konus disalurkan melalui batang baja yang berada di dalam pipa sondir (yang dapat bergerak bebas, tidak tertahan pipa sondir). Demikian juga tekanan yang diderita konus saat ditekan ke dalam tanah, diteruskan melalui batang baja di dalam pipa sondir tersebut ke atas, ke manometer (Irailraswa, 2015).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Penentuan Lapangan

Dalam penelitian ini ada 4 tempat yang dilakukan pengetesan tanah:

- Daerah Mojosari yang direncanakan untuk pelebaran lahan pabrik PT. Lautan Natural Krimerindo.
- Daerah Pondok Chandra yang direncanakan untuk pembangunan sekolah SMP dan SMA Petra.
- Daerah Gresik yang direncanakan untuk pembangunan ruko, perumahan, mall, dan *apartment*.
- Daerah Pakuwon yang direncanakan untuk pembangunan *apartment* Anderson.

Tiap lokasi penelitian dilakukan 5 titik pengetesan masing-masing untuk *Mackintosh Probe*, SPT, dan sondir.

3.2. Pemilihan Alat Penelitian

Ada tiga alat penelitian yang digunakan yaitu *Mackintosh Probe*, SPT (*boring*), CPT (sondir).

3.3. Pemeriksaan Data-Data Penelitian

Setelah semua data-data penelitian 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/150 cm*. Sedangkan pada percobaan sondir didapatkan data tahanan konus (*qc*) yang memiliki satuan kg/cm^2 . Semua data-data yang diperoleh diolah menggunakan Microsoft Excel. Tiap lokasi penelitian dimasukkan dalam *sheet* berbeda. Data penelitian dari *Mackintosh Probe*, SPT, dan sondir dimasukkan dalam 1 *sheet*. Lalu dibuatlah grafik dari masing-masing lokasi dan pengetesan. Untuk mendapatkan korelasi dari *Mackintosh Probe* dengan SPT serta *Mackintosh Probe* dengan sondir data-data semua lokasi digabung dalam 1 *sheet*. Peneliti mengambil data dengan kedalaman yang hampir sama sehingga dapat dikorelasi. Setelah semua data selesai dimasukkan barulah grafik dibuat. Untuk mengetahui korelasinya, maka dari 2 grafik yang ada dikeluarkanlah garis *trendline*. Hasil korelasi *Mackintosh Probe* dengan SPT yang telah didapatkan, kemudian dibandingkan hasilnya dengan hasil penelitian yang didapatkan oleh Fakher, Khodaparast, dan Jones.

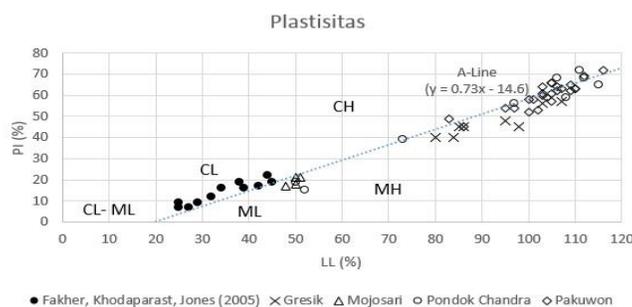
3.4. Pengambilan Kesimpulan

Setelah semua data masuk dan dianalisa muncul korelasi dari *Mackintosh Probe* dengan SPT dan juga sondir. Dari korelasi tersebut peneliti dapat ditarik kesimpulan bahwa persamaan tersebut dapat digunakan bila dalam meneliti daya dukung tanah dengan menggunakan *Mackintosh Probe* hasilnya diperkirakan sama dengan hasil menggunakan SPT dan sondir.

4. PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Pada saat pengetesan, peneliti mengambil beberapa sampel tanah yang dibawa menuju laboratorium. Sampel tersebut dipakai untuk diuji *water content*, berat volume, plastisitas, berat jenis, dan *void ratio*. Berikut ini akan disajikan grafik plastisitas dari 4 lokasi penelitian dan penelitian Fakher (**Gambar 3**). Dimana penelitian Fakher menunjukkan tanah yang diteliti berupa (**CL**) yaitu lempung inorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang dengan sedikit pasir dan kerikil. Untuk tanah di Gresik, Pakuwon, dan Pondok Chandra berupa (**CH** dan **MH**) yaitu lempung inorganik dengan plastisitas yang tinggi. Sedangkan untuk tanah Mojosari berupa (**ML**) yaitu lempung inorganik dengan pasir dan kerikil halus.



Gambar 3. Plastisitas 4 Lokasi Penelitian dan Penelitian Fakher

4.2. Hasil Korelasi dari Semua Proyek

Dibawah ini merupakan grafik korelasi antara *Mackintosh Probe* dengan SPT dan *Mackintosh Probe* dengan SPT dalam nilai log (**Gambar 4**). Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat bahwa rata-rata semakin banyak pukulan yang didapat dari tes *Mackintosh Probe* maka semakin banyak pula pukulan yang didapat

pada tes SPT. Hal ini menandakan hubungan yang linear antara keduanya. Dari **Gambar 4** dan **Gambar 5**, diperoleh persamaan korelasi antara *Mackintosh Probe* dengan SPT dan sondir :

$$SPT = 0.0532 MPT \quad (4.1)$$

Persamaan 4.1 berlaku untuk nilai MPT berkisar $0 \leq MPT \leq 300$. Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah 0.8757. Berdasarkan Persamaan 4.1, dapat diartikan 1 SPT sama dengan 19 MPT.

$$\text{Log } N = 0.8922 \text{ Log } M - 1.0194 \quad (4.2)$$

Persamaan 4.2 memiliki koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah 0.8926. Berdasarkan Persamaan 4.2, dapat diartikan 1 SPT sama dengan 17 MPT.

$$\text{Log } N = 0.96 \text{ Log } M - 0.81 \quad (4.3)$$

Persamaan 4.3 didapatkan dari penelitian Fakher, Khodaparast, dan Jones. Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah 0.93. Berdasarkan Persamaan 4.3, dapat diartikan 1 SPT sama dengan 8 MPT.

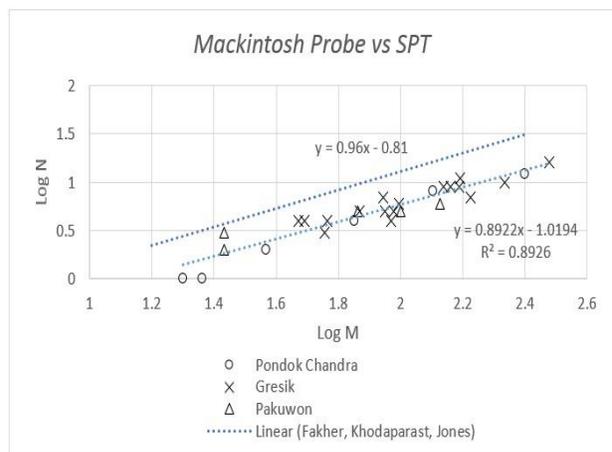
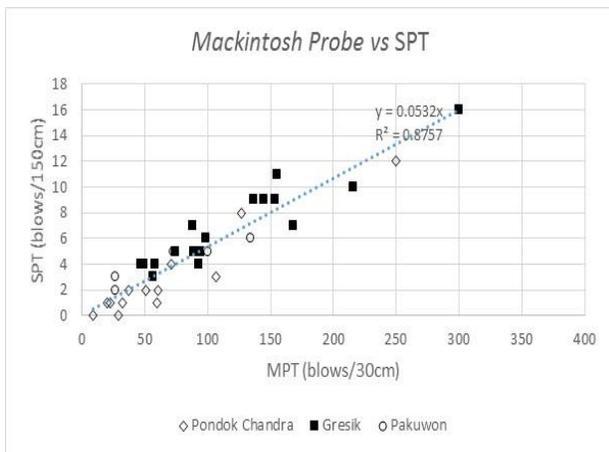
$$qc = 0.0622 MPT \quad (4.4)$$

Persamaan 4.4 berlaku untuk nilai MPT berkisar $0 \leq MPT \leq 375$. Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah 0.8506. Berdasarkan Persamaan 4.4, dapat diartikan 1 qc sama dengan 16 MPT.

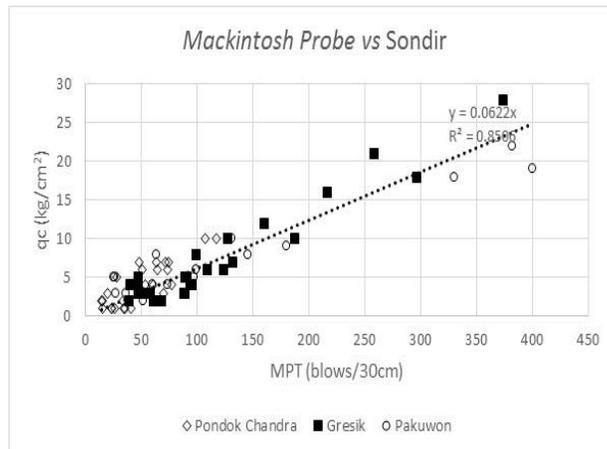
Jumlah pukulan *Mackintosh Probe* dari penelitian ini lebih banyak dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Fakher, Khodaparast, dan Jones karena berdasarkan hasil *liquid index* yang didapatkan pada tanah yang diteliti nilainya lebih rendah dari tanah yang diteliti Fakher, Khodaparast, dan Jones. Jika *liquid index* rendah maka jumlah pukulan *Mackintosh Probe* yang diperlukan juga semakin banyak.

Dari persamaan 4.1 dan persamaan 4.4 didapatkan juga korelasi dari hasil nilai sondir dan SPT yang telah dikorelasikan dengan *Mackintosh Probe* untuk tanah lempung sebesar 1.17.

Untuk hasil penelitian di Mojosari tidak dimasukkan kedalam grafik korelasi karena keadaan tanah yang terlalu heterogen membuat persamaan korelasi menjadi kurang baik. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini hanya tiga lokasi yang dimasukkan kedalam grafik korelasi.



a) b)
Gambar 4. Korelasi *Mackintosh Probe* dengan a) SPT b) dalam Nilai Log



Gambar 5. Korelasi *Mackintosh Probe* dengan Sondir

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah mengamati dan menganalisa hasil penelitian pada beberapa penelitian yang dilakukan pada 4 daerah yang memiliki keadaan tanah berbeda-beda, dapat ditarik berbagai kesimpulan sebagai berikut:

1. Korelasi antara SPT dengan *Mackintosh Probe* adalah $SPT = 0.0532 MPT$ dan sondir dengan *Mackintosh Probe* adalah $qc = 0.0622 MPT$ berlaku pada tanah lempung saja.
2. Disajikan juga korelasi antara sondir dengan SPT untuk tanah lempung adalah $\frac{qc}{N-SPT} = 1.17$.
3. Tanah yang sangat heterogen tidak dapat dikorelasi dengan baik.

5.2. Saran

Adapun saran-saran yang didapat dari penelitian ini untuk penelitian berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini sudah dilakukan pada 3 jenis tanah tetapi untuk urugan belum dapat dikorelasi dengan baik maka dari itu perlu dilakukan penelitian terhadap urugan sehingga dapat diperoleh suatu rumus korelasinya.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan oleh peneliti bidang yang sejenis untuk mempertajam konklusi-konklusi dari penelitian ini, karena data dalam penelitian ini tidak begitu banyak sehingga dengan tersedianya data-data yang lebih banyak akan menghasilkan konklusi yang lebih baik.
3. Pada saat melakukan penelitian sebaiknya untuk pengujian *Mackintosh Probe* pada satu titik dilakukan 3 kali percobaan serta sebisa mungkin dekat dengan titik pengujian SPT dan Sondir agar hasil yang didapat memiliki kemiripan sehingga untuk membuat korelasinya akan semakin mudah dan lebih baik.

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, Iran.
- Ferry, F., Soewignjo, A.N., & Hawmar, R. (2013). *Prakiraan Nilai Kuat Geser Tanah Lunak Berdasarkan Pengujian Mackintosh Probe*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7), Surakarta, Indonesia.
- Gue, S.S & Tan, Y.C. (2000, August). *Subsurface Investigation and Interpretation of Test Result of Foundation Design in Soft Clay*. SOGISC – Seminar on Ground Improvement Soft Clay, Penang, Malaysia.

- Irailraswa. (2015). *Pemeriksaan Kekuatan Tanah dengan Sondir*. Retrieved February 15, 2015, from <http://elib.unikom.ac.id/download.php?id=46435>.
- Ooi, T.A. and Ting, W.H. 1975. *The Use of a Light Dynamic Cone Penenometer in Malaysia*. 4th Southeast Asian Conference on Soil Engineering, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Rizka, S., Ferry, F., & Soewignjo, A.N. (2013). *Korelasi Hasil Uji Mackintosh Probe dengan Kuat Geser Tanah Lunak*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Pekanbaru.
- Uponyagufron. (2012, June). *Standard Penetration Test*. Retrieved February 15, 2015, from <http://www.scribd.com/doc/96944469/Standard-Penetration-Test#scribd>.