PRAKIRAAN NILAI KUAT GESER TANAH LUNAK BERDASARKAN PENGUJIAN MACKINTOSH PROBE
(214G)

Ferry Fatnanta[1], Soewignjo Agus Nugroho[2] dan Hawmar Rosyida[3]

[1]*Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Jl. H.R Subrantas KM 12 Pekanbaru*
Email: fatnanto5@yahoo.com
[2] *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Jl. H.R Subrantas KM 12 Pekanbaru*
Email: nugroho.sa@gmail.com
[3]*Departemen Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. H.R. Subrantas KM 12, Pekanbaru*
Email: hawmarrosyida.0707120173@gmail.com

ABSTRAK

Penyelidikan tanah di lapangan dilakukan untuk mendapatkan analisis geoteknik yang baik dan benar. Berbagai macam alat pengujian dirancang untuk mempermudah pekerjaan penyelidikan, salah satunya adalah *Mackintosh Probe*. Namun pengunaan *Mackintosh Probe* kurang popular di Indonesia. Alat ini mempunyai kelebihan seperti: mudah digunakan, ringan, tidak memerlukan kalibrasi, dan memerlukan biaya yang relatif murah bila dibandingkan dengan pengujian kekuatan tanah yang lain. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan prakiraan nilai kuat geser tanah lunak berdasarkan pengujian *Mackintosh Probe*, yaitu dengan membuat nilai korelasi antara pengujian *Mackintosh Probe* dengan pengujian *vane shear* lapangan (S_u). Pengujian dilakukan sebanyak 35 titik, pengujian lapangan dilakukan di Kab. Siak, Riau, dengan lokasi menyebar pada beberapa desa yang terletak tidak jauh dari sungai. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa nilai pengujian *Mackintosh Probe* berbanding lurus dengan nilai S_u, apabila nilai Mackintosh Probe besar, maka nilai S_u juga meningkat. Persamaan yang diperolch yaitu untuk tanah very soft (< 15 blow/ft), $S_u = 0{,}64MP + 15{,}35$, soft ($15 \leq MP < 33$ blow/ft), $S_u = 0{,}94MP + 10{,}88$ dan medium ($33 \leq MP < 72$ blow/ft), $S_u = 0{,}63MP + 19{,}75$, dimana nilai $MP \neq 0$

Kata kunci:kuat geser, Mackintosh Probe, penyelidikan tanah

1. PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peranan penting dalam ilmu konstruksi. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Das, 1993).

Untuk menyokong pondasi dari suatu konstruksi bangunan, maka tanah yang ada di bawahnya haruslah memiliki daya dukung yang tinggi (Hardiyatmo, 2010). Untuk mengetahui daya dukung tanah ini, perlu dilakukan penyelidikan tanah. Untuk menyelidiki tanah, dapat dilakukan dan uji laboratorium dan uji lapangan. Hasil yang didapat berupa sifat-sifat teknis tanah yang mencakup sifat fisik dan mekanis tanah. Uji laboratorium meliputi *Direct Shear, Unconfined Compression Strengt (UCS), Triaxial,* dan lain-lain. Adapun uji lapangan seperti DCP, SPT, CPT, *Mackintosh Probe*, dan lain-lain (Nugroho, 2010).

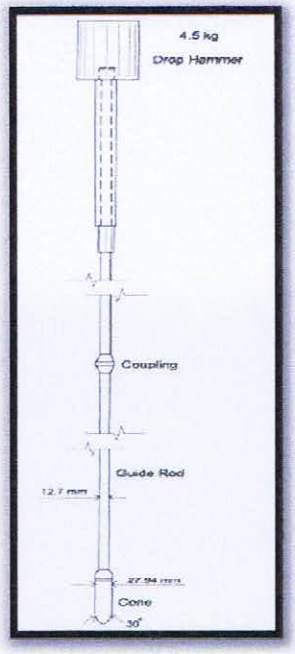
Mackintosh Probe merupakan sebuah alat penetrasi dengan bobot yang ringan, dapat bekerja lebih cepat dan lebih murah dibandingkan pemboran, terutama pada kedalaman eksplorasi yang sedang dan tanah yang diselidiki adalah tanah lunak atau lepas. Metode ini juga dapat digunakan pada daerah dengan medan yang susah dan daerah berpaya (Fakher *et al*, 2006). Namun *Mackintosh Probe* juga memiliki kelemahan. Data yang diperolch dari pengujian ini hanya berupa jumlah pukulan, sehingga sangat minim informasi tentang tanah yang diuji dari pengujian *Mackintosh Probe* ini. Pengujian Mackintosh probe kurang popular digunakan di Indonesia. Oleh karena itu korelasi *Makintosh Probe* dengan kekuatan geser tanah khususnya pada tanah lunak masih jarang ditemui. Namun, negara Malaysia sering menggunakan *Mackintosh Probe* untuk penyelidikan awal. Penyelidikan yang juga sudah pernah dilakukan adalah di Propinsi Khozestan di selatan Iran dengan kondisi geologi yang terdiri dari tanah alluvium yang memiliki kandungan lempung, lanau, dan sedikit pasir (Fakher *et al*, 2006). Kondisi ini hampir mirip dengan kondisi tanah di Propinsi Riau. Sebelumnya juga sudah pernah dilakukan penelitian yang sama di Riau, yaitu pada daerah Pekanbaru dan Dumai (Afriadi, 2008). Selanjutnya, penulis mencoba menerapkan metode pengujian yang sama, tapi pada daerah yang berbeda, yaitu Kabupaten Bengkalis. Daerah Kabupaten Bengkalis dipilih karena sebagian wilayahnya berada di pesisir pantai. Hal ini juga nantinya diharapkan dapat menjadi pembanding terhadap kekuatan geser tanah lunak di daerah Riau.

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

2. TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

Mackintosh Probe Test (MPT)

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 kemudi palu yang ringan yang bisa dijalankan dengan tangan di atasnya, seperti terlihat pada Gambar 1. Alat ini menyediakan metode yang sangat hemat dalam menentukan ketebalan dari lapisan tanah lunak seperti tanah lempung.



Gambar 1 *Mackintosh Probe* (Fakher *et al*, 2006)

Mackintosh Probe, terdiri dari sebuah kerucut dengan diameter 27.94 mm dan sudut di puncaknya sebesar 30^0, 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 seperti terlihat pada Gambar 1 di atas.

Mackintosh Probe adalah pengembangan dalam investigasi untuk gambut dan telah di variasi untuk digunakan pada tanah lunak. Penggunaan *Mackintosh Probe* pada tanah residual di Malaysia. Tanah yang digunakan di peroleh dari pelapukan dan akibat perubahan cuaca pada batuan sedimen. *Mackintosh Probe* telah digunakan pada lempung di daerah Obhor Sabkha, Saudi Arabia. *Mackintosh Probe* juga digunakan pada tanah lunak di Iran (Fakher *et al*, 2006).

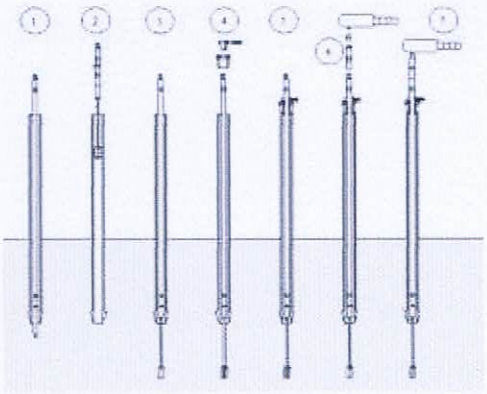
Keuntungan utama dari *Mackintosh Probe* (MP) terdiri dari:

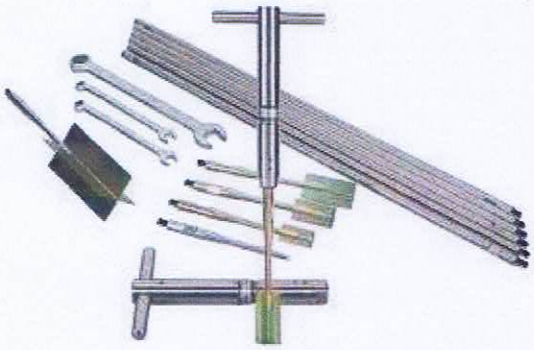
- Pengoperasian yang cepat.
- Dapat digunakan di medan yang sulit dengan akses yang buruk.
- Menggunakan sedikit peralatan dan personil.
- Perlengkapan murah.
- Pengoperasian dan analisis data sangat sederhana.
- Membutuhkan lubang bor yang sedikit.

Vane Shear Lapangan (VSL)

Metode pengujian dari *vane shear* yaitu kipas dan batangnya ditekankan di dalam tanah lempung di bawah dasar dari lubang bor pada kedalaman paling sedikit 3 kali diameter lubang bor. Uji geser vane juga dapat digunakan pada lempung lunak tanpa lubang bor, dengan penembusan kipas langsung kedalam tanah. Dalam hal ini bahan pelindung diperlukan untuk melindungi baling-baling selama proses penembusan. Putaran dikerjakan secara berangsur-angsur pada ujung puncak batangnya dengan peralatan tertentu, sampai lempung tergeser akibat rotasi dari kipasnya. Kecepatan rotasi harus dalam interval 6˚ sampai 12˚ per menit. Jika diinginkan, hubungan antara tenaga puntiran dan rotasi dapat dicatat selama pengujian. Alat uji V*ane Shear* seperti terlihat pada Gambar 2 .

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/





Gambar 2 Alat Uji *Vane Shear*

Korelasi antara N dan M

Peneliti sebelumnya memperoleh korelasi empiris antara hasil uji *Standard Penetration Test* (N) dan nilai *Mackintosh Probe* (M) untuk lempung seperti dirumuskan sebagai berikut:

$$N = 1.8 + 0.9\,M \quad \text{..... (1)}$$

Kekurangan dari rumus di atas adalah jika M=0, N=1.8 maka ini tidak masuk akal, oleh karena itu disarankan, rumus di atas tidak digunakan untuk nilai M yang rendah. Koefisien korelasi (R^2) dari persamaan (1) adalah 0.78 seperti rumus berikut:

$$R^2 = \left(\frac{\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{[\Sigma(x-\bar{x})^2.\Sigma(y-\bar{y})^2]}}\right)^2 \quad \text{..... (2)}$$

Di mana:

x adalah nilai dari N yang diperoleh dari persamaan (1)

y adalah nilai dari N terukur

berdasarkan data sebelumnya maka dianjurkan sebuah distribusi log normal. Oleh karena itu untuk lempung Malaysia diidentifikasi sebagai berikut:

$$logN = 0.91\,logM - 0.79 \quad (3)$$

Juga dapat ditulis sebagai berikut:

$$N = 0.16M^{0.91} \quad (4)$$

Korelasi antara koefisien R^2 dari persamaan (4) adalah 0.85.

Kemudian Fakher *et al* (2006) mengkombinasikannya dengan data yang diperoleh dari daerah Khamir, Emamie dan Emam-Khomeini Port, sehingga diperoleh perumusan baru yaitu:

..... $$logN = 0.96\,logM - 0.81 \quad (5)$$

Juga bisa dituliskan sebagai berikut:

$$N = 0.15M^{0.96} \quad (6)$$

Koefisien korelasi dari persamaan (5) di atas adalah 0.93. Persamaan (3) dan persamaan (5) merupakan korelasi yang baik antara hasil *Mackintosh Probe* dan SPT di dua daerah geografi yang berbeda.

Hubungan antara M dan c_u

Sebelumnya telah dilaporkan korelasi antara hasil dari *dynamic probes* dan *undrained shear strength* (c_u) untuk tanah lunak (c_u di bawah 30 kPa) dengan rumus berikut:

$$c_u = (q_d/170) + 20) \quad (7)$$

Dengan q_d adalah titik perlawanan dinamis, dapat dituliskan:

$$q_d = \frac{W}{(W+W')} r_d \quad (8)$$

$$r_d = \frac{W.g.h}{A.e} \quad (9)$$

dengan: $r_{d=}$ nilai unit titik perlawanan (Pa), W =berat pemukul (kg), g= percepatan gravitasi (m/s^2), h= tinggi jatuh pemukul (m), A= luas dasar kerucut (m^2), e = rata-rata penurunan per pukulan, W'=massa total dari batang tambahan, landasan, dan batang utama (kg)

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Dengan catatan, korelasi untuk data dengan nilai c_u yang hasilnya sama atau lebih besar dari 50 kPa tidak bekerja pada percobaan yang dilaporkan. Nilai dari W, h, A dan e adalah 4.5 kg, 0.3 m, 6.1 x 10^{-4} m^2 dan 0.1/M secara berturut-turut untuk *Mackintosh Probe* (g = 9.81 m/s^2).

Kuat geser dapat ditulis menggunakan persamaan (6) dengan asumsi nilai N berhubungan dengan c_u (kPa) untuk tanah kohesif:

$$c_u = 6N \quad (10)$$

Substitusikan nilai N pada persamaan (6) ke persamaan (10), nilai kuat gesernya dapat diperkirakan sebagai berikut:

$$c_u = 0.90M^{0.96} \quad (11)$$

Disarankan perumusan hubungan antara M dan c_u sebagai berikut:

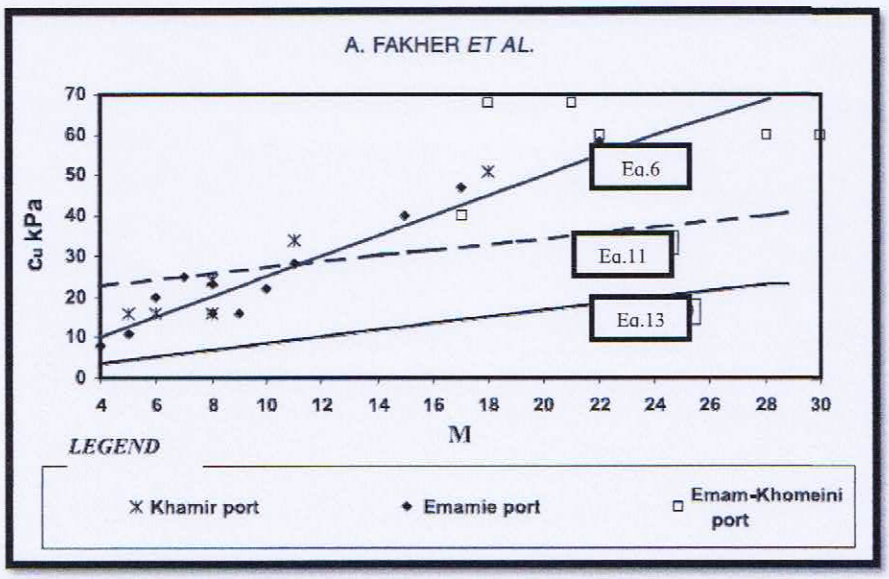
$$c_u = K.M \quad (12)$$

Dengan K adalah konstanta dan c_u diukur dalam kPa.

Fakher *et al* (2006) juga menggunakan hasil dari tes lain seperti *Vane Shear Test, UU Triaxial Test* dan *Unconfined Compression Test* dengan *Mackintosh Probe*, sehingga diperoleh:

$$c_u = 2.5M \quad (13)$$

Persamaan (6), (11), dan (13) diplotkan seperti pada grafik yang terlihat pada Gambar 8. Seperti terlihat pada grafik, persamaan (13) memperoleh nilai M antara 4 dan 30 dan dapat diperlihatkan dengan valid. Persamaan (13) merupakan yang paling baik dalam mempresentasikan data yang diperoleh oleh Fakher *et al* (2006) untuk daerah Emamie, Khamir dan Emam-Khomeini (Gambar 3).



Gambar 3 Hubungan antara M dan c_u (Fakher *et al*, 2006)

3. METODOLOGI

Dalam pelaksanaan penelitian ini, ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengujian, diantaranya dimulai dengan studi literatur, survei lokasi, persiapan alat, pengujian di lapangan dan pengambilan sampel, penyiapan sampel dan pengujian di laboratorium serta analisa data.

Pengujian lapangan dilakukan di daerah kabupaten Siak pada tujuh (7) lokasi yang berbeda, yaitu desa Benteng Hulu, desa Sei Mempura, desa Merempan Hulu, desa Merempan Hilir, desa Sabak Permai, desa Buantan Besar, dan Kelurahan Kampung Rempak. Pada setiap lokasi dilakukan pengujian masing masing sebanyak (lima) titik pengambilan data/pengujian lapangan yang yang meliputi titik pengujian Mackintosh Probe, titik pengujian Vane Shear Lapangan,dan titik pengambilan *Undisturbed Soil Sampling*. Letak pengambilan titik pengujian/pengambilan sampel diusahakan sedekat mungkin satu dengan yang lain dengan harapan bisa mendapatkan jenis tanah yang sama dan pengujian satu dengan yang lain tidak saling mengganggu. Sedangkan pengujian laboratorium meliputi

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

pengujian properties tanah (kadar air, berat volume, specific gravity, dan plastisitas tanah) dan kuat geser tanah (triaksial UU)

Uji Mackintosh Probe MPT dilaksanakan seperti cara standar pengujian Standar Penetration Test (SPT) yaitu menghitung jumlah pukuluan yang diperlukan untuk bisa menembus/penetrasi ke dalam tanah sedalam 30 cm. penetrasi 30 cm dibagi menjadi 3 lapisan masing masing setiap penetrasi 10 cm (M_1, M_2, M_3) dengan Tujuan untuk menyederhanakan klasifikasi tanah. Pembacaan pengujian Vane Shear Lapangan (VSL) di lakukan tiap kedalaman 30 cm sampai maksimal kedalaman adalah 6,00 m. Hasil pengujian MPT dan VSL pada tiap kedalaman akan dibandingkan untuk mengetahui hubungan antar parameter.

Lokasi pengambilan sampel dipilih pada daerah pesisir pantai sepanjang Kabupaten Sungai Pakning. Sebelum penentuan titik pengujian dilakukan survey terlebih dahulu dengan studi literatur dan wawancara dengan penduduk setempat tentang jenis tanah dan sejarah lokasi untuk mengetahui Penggunaan lahan sebelumnya. Sedapat mungkin lokasi masih asli untuk menghindari tegangan *overburden* berlebih (tegangan pra-konsolidasi). Karena daerah Sungai Pakning sebagian besar adalah kawasan gambut berserat, maka jika hasil hand bored / bor dangkal merupakan tanah gambut maka sampel tersebut tidak digunakan dalam analisa.

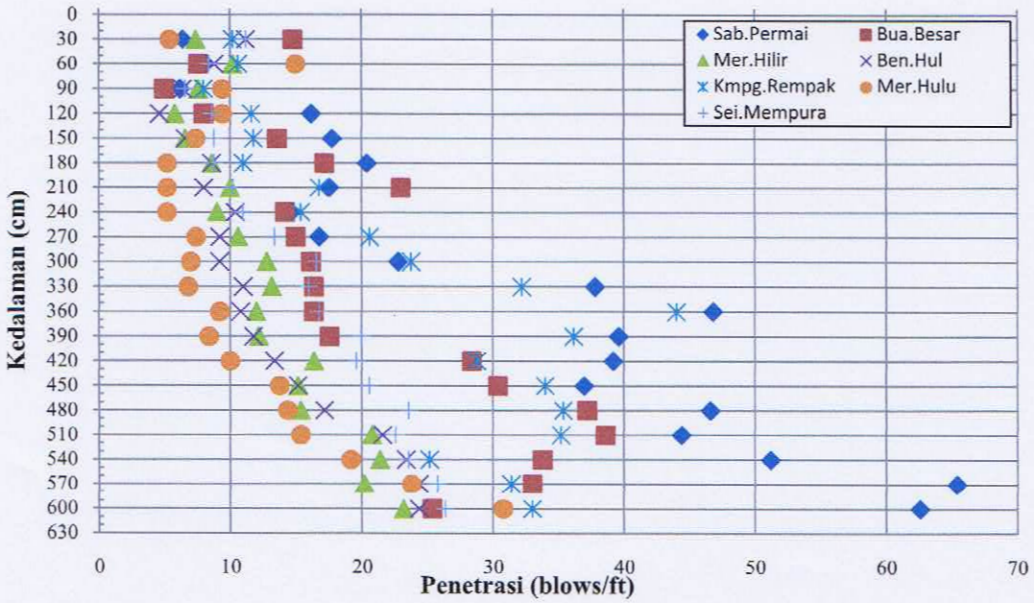
Data hasil pengujian lapangan (MPT dan VSL) dan pengujian laboratorium dikumpulkan dan disusun dalam bentuk tabel dan kurva agar mudah untuk dianalisis berdasarkan teori dan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, untuk kemudian di analisis untuk diambil suatu kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian utama pada penelitian ini adalah data jumlah pukulan Mackintosh Probe setiap penetrasi 30 cm dan kuat geser Undrained hasil pengujian Vane Shear lapangan. Dari kedua data tersebut akan dicari hubungan atau korelasi nilai MPT dengan VSL. Pada kedalaman dekat dengan permukaan tanah, nilai Su dan Mackintosh Probe ada sedikit perbedaan, kemungkinan karena pengaruh muka air tanah (topografi dan fluktuasi muka air).

Hasil Pengujian MPT

Dari nilai MPT seluruh lokasi penelitian, jumlah pukulan untuk menembus lapisan tanah setebal 30 cm adalah berkisar dari 1 sampai dengan 70 pukulan. Sehingga lapisan tanah di lokasi penelitian mempunyai konsistensi sangat lunak, lunak, dan agak kaku. Hasil pengujian MPT pada semua lokasi penyelidikan di sajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Pengujian Mackintosh Probe

Hubungan antara nilai konsistensi, Unconfined Compression Strength, N-SPT dan nilai Mackintosh Probe di berikan pada Tabel 1

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Tabel 1. Hubungan antar parameter uji lapangan (N-SPT, UCS, MPT, konsistensi)

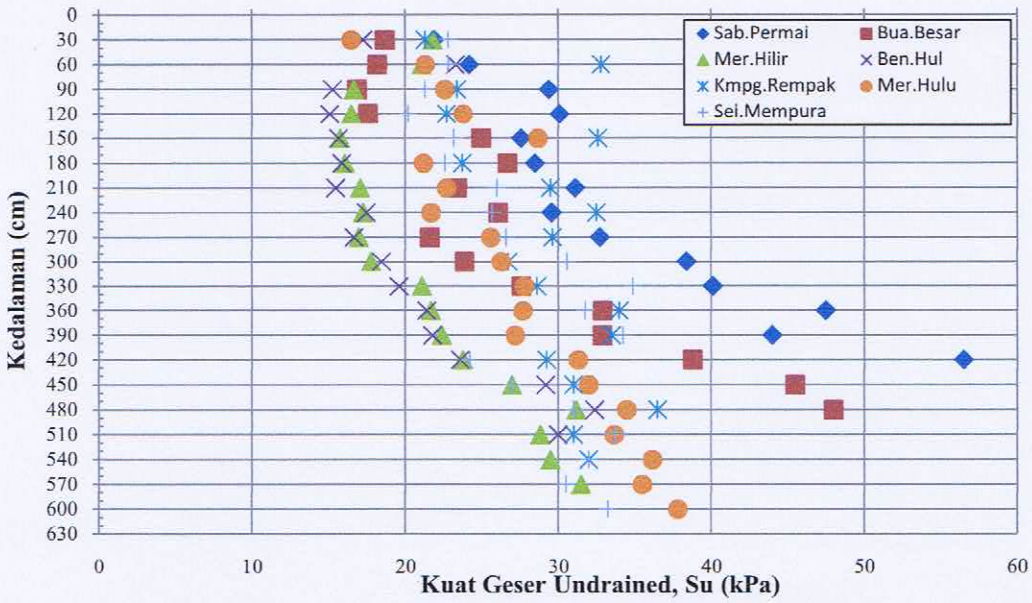
konsistensi	N-SPT (blows/ft)	UCS (ton/ft^2)	MPT (blows/ft)
Very soft	0-2	0-0,25	0-10
soft	2-4	0,25-0,50	10-20
Medium (firm)	4-8	0,50-1,00	20-40
Stiff	8-15	1,00-2,00	40-70
Very stiff	15-30	2,00-4,00	70-100
hard	>30	>4,00	>100

Source: Mackintosh Probe User Manual

Berdasarkan Gambar 4, lebih dari 50% rentang nillai MPT adalah pada konsistensi sangat lunak dan lunak kemudian sekitar 35% adalah termasuk tanah medium/firm.

Hasil Pengujian VSL.

Nikai Kuat Geser Undrained tanah hasil uji Vane Shear Lapangan di sajikan pada Gambar 5



Gambar 5 Hasil Pengujian Kuat Geser Undrained

Nilai kisaran kuat geser tanah menurut Wesley (2010) di berikan pada Tabel 2

Tabel 2 Paduan Kuat geser Undrained pada Tanah Kohesif

Kuat Geser Undrained	Konsistensi	Diskripsi
Kurang dari 12 kPa	Sangat lunak	Mudah keluar di antara jari jika di remas
(12 – 25) kPa	lunak	Sulit keluar di antara jari jika di remas
(25 – 50) kPa	Agak kaku	Dapat ditekan masuk dengan sedikit usaha oleh ibu jari
(50 – 100) kPa	Kaku	Dapat ditekan masuk dengan tekanan ibu jari

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

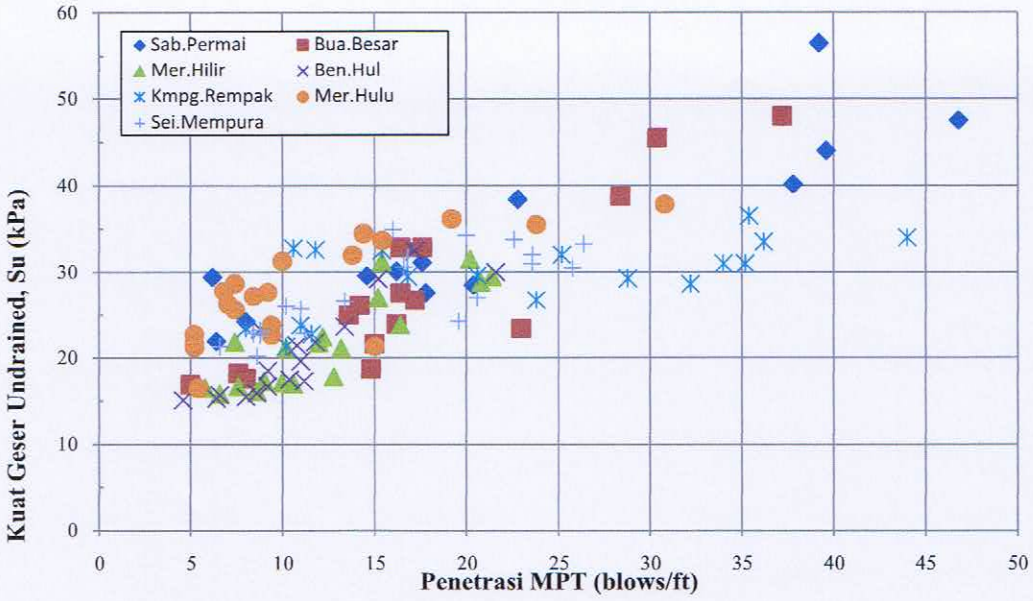
(100 – 200) kPa	Sangat kaku	Dapat ditekan masuk dengan kuku ibu jari
(200 – 500) kPa	keras	Sulit ditekan masuk dengan kuku ibu jari

Source: Laurence D Wesley, 2010

Dengan melihat hasil pengujian VSL pada Gambar 5 dan membandingkan dengan Tabel 2 dapat ditarik kesimpulan bahwa berdasarkan nilai Su, secara umum jenis tanah yang di uji masuk katagori tanah dengan konsistensi lunak sampai dengan agak kaku dengan nilai Su pada rentang 15 – 48.

Korelasi Antara MPT dan VSL

Peningkatan nilai kuat geser undrained (Su) ditandai dengan meningkatnya jumlah pukulan MPT (tanah semakin keras). Secara teoritis, semakin besar jumlah pukulan untuk penetrasi 30 cm akan semakin besar kuat geser undrained. Dengan kata lain nilai kuat geser tanah berbanding lurus dengan nilai jumlah pukulan MPT. Hubungan antara kuat geser tanah undrained dan nilai pengujian Mackintosh Probe dapat di lihat pada Gambar 6



Gambar 6 Hubungan Su dengan MPT

Dari Gambar 6 nampak bahwa sebaran data untuk nilai kuat geser tanah adalah dalam rentang 15 sampai 50 kPa. Sementara sebaran nilai jumlah pukulan hasil MPT adalah pada rentang 5 sampai dengan 50. Dengan melihat hubungan antara nilai kuat geser undrained dan nilai jumlah pukulan pada Tabel 2 dan Tabel 3 maka jenis tanah adalah pada konsistensi sangat lunak, lunak dan agak kaku (very soft, soft dan medium/firm)

Pembahasan dan Diskusi

Sebaran data MP digambarkan dan dianalisis terhadap sifat fisis dan teknis tanah di laboratorium maupun di lapangan untuk melihat korelasi yang mungkin didapatkan. Nilai korelasi MPT dengan VSL dikelompokkan berdasarkan tingkat konsistensi yang dimiliki tanah. Nilai hubungan antara kedua variabel dinyatakan dalam koefisien determinasi. sebagaimana diungkapkan oleh Smith (1986) dalam Shalih et al (2012) tentang kriteria nilai R^2 , jika $R^2 \geq 0{,}8$ maka hubungan antara dua set variabel sangat kuat; jika $0{,}2 < R^2 < 0{,}8$ maka terdapat hubungan antara dua set variabel; jika $R^2 \leq 0{,}2$ maka hubungan antara dua set variabel sangat lemah. Untuk memperoleh nilai korelasi yang kuat, data diplot berdasarkan tingkat konsistensi tanah (sangat lunak, lunak dan agak kaku). Dengan memperhatikan kriteria konsistensi tanah berdasarkan nilai MPT dan VSL yang di tawarkan Sabtan dan Shehata (1994) pada Tabel 3 berikut :

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Tabel 3. Nilai Konsistensi Tanah berdasarkan nilai Empirik qu dan Mackintosh Probe

Consistensy	Very soft	Soft	Medium	Stiff	Very stiff	Hard
qu (kPa)	0	25	50	100	200	400
M-value		15	33	72	147	322

Sumber: Sabtan dan Shehata, 1994

Maka di dapatkan nilai korelasi antara nilai VSL dan MPT adalah sebagai berikut :

a. Untuk tanah sangat lunak (15 >MPT), $S_u = 0,64MP + 15,35$

b. Untuk tanah lunak (15<MPT<33), $S_u = 0,94MP + 10,88$

c. Untuk tanah agak kaku (MPT>33), $S_u = 0,63MP + 19,75$

dengan Su=kuat geser undrained tanah kohesif (kPa), MP=jumlah pukulan pengujian Mackintosh Probe (blows/ft)

Nilai korelasi yang diperoleh berkisar $0,202 \leq R^2 \leq 0,625$. Menurut Smith (1986) dalam Shahin et al (2000) nilai ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kedua variabel

5. KESIMPULAN

Prakiran besarnya nialai Su dengan pengujian mackintosh probe menghasilkan nilai korelasi yang baik. Nilai R^2 diantara 0,202 dan 0,625 yang artinya ada hubungan antara nilai Su dan Mackintosh Probe. Ada indikasi bahwa derajat kekenuhan tanah berpengaruh terhadap nilai Su dan Mackintosh Probe sehingga perlu penelitian lebih lanjut

DAFTAR PUSTAKA

Afriadi. (2008). "Korelasi Hasil Uji Mackintosh Probe dengan Properties Fisik dan Mekanik Lempung". *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.

Das, B.M. (1993).*Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Geoteknis) Jilid 1&2*, Erlangga, Surabaya

Fakher, A., Khodaparast, M., Jones, C.J.F.P.. (2006). "The Use of Mackintosh Probe for Site Investigation in Soft Soil". *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, Vol. 39, 189-196.

Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah Jilid 1&2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Nugroho, S. A dan Yusa, M. (2008). "Korelasi Pengujian Kepadatan Lapangan dan Static hand penetrometer Terhadap Hasil CBR Laboratorium pada Beberapa Jenis Tanah". *Media Teknik Sipil*, VIII(1), 36-44

Sabtan, A. A and Shehata, W. M. (1994). "Mackintosh Probe as Exploration Tool". *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, Vol. 50, 89-94, Paris.

Shalih, A.G. (2012).Review on Granitic Residual Soil'sGeotechnical Properties. EJGE [online]. Available at: URL:http://www.ejge.com/2012/Ppr12.248clr.pdf [Accessed 6 December 2012

Wesley Laurence D (2010). *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu.* Andi Offset, Yogyaka

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/