

PRAKIRAAN NILAI KUAT GESER TANAH LUNAK BERDASARKAN PENGUJIAN MACKINTOSH PROBE

Hawmar Rosyida¹, Ferry Fatnanta², Soewignjo Agus Nugroho²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknis, Universitas Riau

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

E-mail: hawmarrosyida.0707120173@gmail.com

ABSTRACT

Soil investigations are carried out in the field to get a true geotechnical analysis. Various kinds of testing tools are designed to simplify the work of investigation, one of which is the Mackintosh Probe. However, the use of Mackintosh Probe is less popular in Indonesia. The device has advantages, such as easy to use, light, requires no calibration, and requires a relatively low cost when compared to other soil strength testing. However, it also has drawbacks. Data obtained from the test results are in the form of number of blows and depth, making it difficult to be applied in further calculation of soil.

This research was conducted to determine the shear strength value of soft soil based on Mackintosh Probe testing, by creating correlation value between Mackintosh Probe testing with shear strength (c_u , ϕ) from triaxial testing and Mackintosh Probe with field vane shear test (S_u). The tests were carried out in 35 points. Field trials were conducted in Siak District, Riau, with locations spread out in several villages located not far from the river.

Based on the research conducted, test results show that the value of Mackintosh Probe testing is directly proportional to the value of S_u , if the value of Mackintosh Probe is great, then the value of S_u is also increasing. Whereas the correlation value between Mackintosh Probe testing and c_u and ϕ reveals no positive data connection.

Keywords: soil investigation, Mackintosh Probe, shear strength

PENDAHULUAN

Penyelidikan tanah merupakan hal yang harus dilakukan sebelum mengawali pekerjaan konstruksi bangunan. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi tanah dilapangan sehingga diketahui besarnya beban yang dapat didukung oleh tanah. Untuk dapat melakukan analisis geoteknik yang benar, sangat diperlukan data-data tanah yang lengkap dan akurat. Data-data ada yang diperoleh langsung dari survei geoteknik lapangan dan ada yang diperoleh dari uji laboratorium. Pengujian tanah di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan alat-alat seperti DCP, CPT, SPT, dan *Mackintosh Probe*. Sedangkan pengujian di laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dan teknis tanah.

Mackintosh Probe adalah salah satu alat pengujian kekuatan tanah. Pada dasarnya terdiri dari sebuah batang baja yang dipukul ke dalam tanah dengan menggunakan sebuah beban yang dijatuhkan di atasnya. Pengujian dilakukan berulang dari lapisan tanah teratas hingga kedalaman penetrasi terakhir.

Menurut Fagher *et al* (1994), *Mackintosh Probe* mempunyai kelebihan seperti: mudah digunakan, ringan, tidak memerlukan kalibrasi, dan memerlukan biaya yang relatif murah dari pengujian kekuatan tanah yang lain. *Mackintosh Probe* digunakan pada kedalaman eksplorasi yang sedang dan pada tanah lunak atau lepas. Dengan melihat topografi Provinsi Riau yang sebagian besar wilayah berupa dataran rendah dan tidak

bergelombang, hal ini sangat memungkinkan untuk menggunakan *Mackintosh Probe* sebagai alat penyelidikan tanah pada investigasi awal.

Data pengujian dari *Mackintosh Probe* berupa penetrasi dan jumlah pukulan, hal ini sangat sulit diaplikasikan dalam perhitungan tanah lebih lanjut. Oleh karena itu perlu dilakukan studi tambahan untuk memperkirakan parameter tanah lain dari pengujian *Mackintosh Probe*.

Di Indonesia, studi mengenai Korelasi Hasil Uji *Mackintosh Probe* dengan Propertis Fisik dan Mekanik Lempung Lunak telah dilakukan Afriadi (2008). Dalam penelitian tersebut peneliti mengkorelasikan nilai uji *Mackintosh Probe* di lapangan dengan kadar air dan berat volume kering, serta kadar air dan kuat geser *vane*. Pada penelitian tersebut kuat geser didapat dengan menggunakan uji geser *vane* di laboratorium. Untuk prakiraan nilai kuat geser tanah berdasarkan uji *Mackintosh Probe* dengan uji *Vane shear* lapangan dan pengujian triaksial belum pernah dilakukan sebelumnya.

Kuat Geser Tanah

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis- analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan.

Parameter kuat geser tanah ditentukan dari pengujian laboratorium terhadap sampel yang diambil dari lapangan yaitu dari hasil pengeboran tanah yang dianggap mewakili. Pengaruh kerusakan contoh benda uji akan berakibat fatal, terutama pada pengujian tanah lempung. Umumnya, contoh benda uji diperoleh baik dengan kondisi terganggu (*disturbed-sampel*) maupun di dalam tabung. Pada pengambilan tanah benda uji dengan tabung, biasanya kerusakan contoh tanah relatif lebih kecil. Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah. Dalam penelitian ini uji geser yang dilakukan adalah *triaxial test* dan *field vane shear test*.

Mackintosh Probe

Pengujian *Mackintosh Probe* (MP) bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tanah dasar. MP terdiri dari tangkai yang dapat diputar bersama-sama dengan barel konektor dan yang secara normal dibubut dengan ujung kemudi di dasarnya, dan kemudi palu yang ringan yang bisa dijalankan dengan tangan di atasnya. Alat ini menyediakan metoda yang sangat hemat dalam menentukan ketebalan dari lapisan tanah lunak seperti tanah lempung. Alat pengujian *Mackintosh Probe* dapat dilihat pada Gambar 1.

Jika keadaan tanah baik, MP dapat digunakan sampai kedalaman maksimum 15 m. Pengujian *Mackintosh Probe* harus dihentikan apabila mencapai 400 pukulan/ feet, hal ini menunjukkan tanah memasuki lapisan keras.

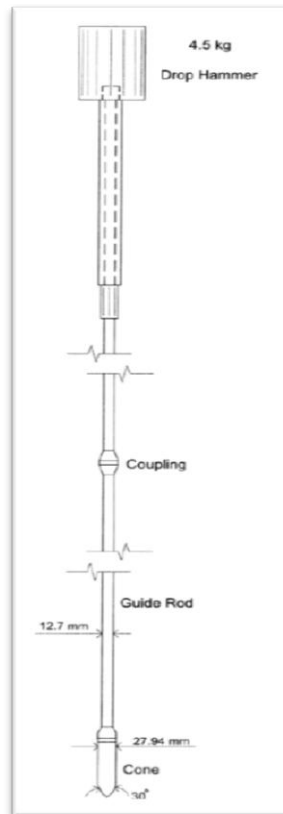
Chan & Chin (1972) dalam Fagher *et al* melakukan penelitian mengenai korelasi nilai uji SPT (N) dengan nilai pengujian *Mackintosh Probe* (MP) untuk tanah lempung di Malaysia. Dari penelitian diperoleh perumusan yaitu:

$$N = 1,8 + 0,9 MP \dots\dots\dots (1)$$

Penelitian ini mempunyai kelemahan, dimana pada saat nilai MP= 0, N = 1,8, hal ini tidak logis. Selanjutnya dilakukan penyempurnaan oleh Sabtan & Shehata (1994) dengan mengajukan hubungan antara log MP dan log N dengan menggunakan hasil uji di Arab Saudi dan data yang disajikan Chan & Chin (1972) untuk lempung di Malaysia. Hubungan empiris yang diperoleh yaitu:

$$\text{Log } N = 0,91 \text{ log } MP - 0,79 \text{ atau, } \dots\dots\dots (2)$$

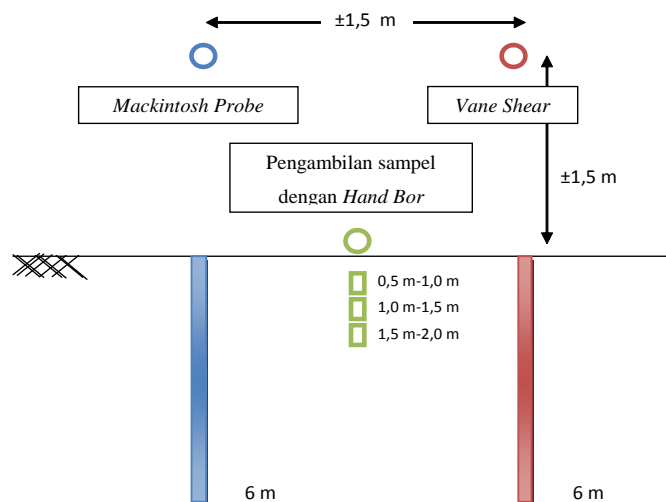
$$N = 0,16 MP^{0,91} \dots\dots\dots (3)$$



Gambar 1. Alat Uji *Mackintosh Probe*
 (Sumber: C. R. I. Clayton, M. C. Matthews and N. E. Simons)

METODE PENELITIAN

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 sebanyak lima (5) titik. Pengujian lapangan yang dilakukan adalah pengujian *Mackintosh Probe*, *Vane Shear*, dan pengambilan contoh tanah. Sedangkan pengujian laboratorium meliputi pengujian kadar air, berat volume, *specific gravity*, dan plastisitas tanah. Sketsa pengujian di lapangan seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Sketsa Pengujian Lapangan

Sampel Uji dan Metode Pengambilan Sampel

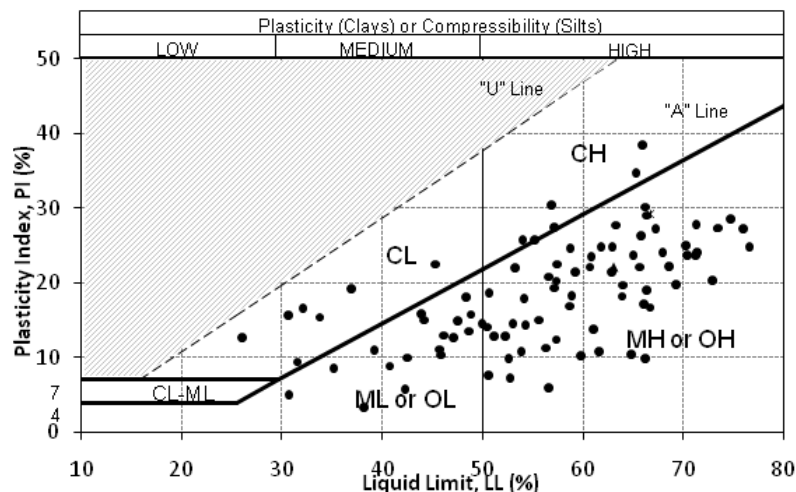
Sampel uji berupa tanah lunak yang diambil di lapangan dengan menggunakan *hand bor*. Tabung yang digunakan berukuran 1¼ inch dengan panjang 30 cm. Untuk setiap titik pengujian diambil sampel tanah sebanyak tiga (3) tabung, yaitu pada kedalaman 0,5 m - 1,0 m ; 1,0 m - 1,5 m dan 1,5 m - 2,0 m. Data hasil pengujian di lapangan dan laboratorium selanjutnya dikumpulkan dan disusun dalam bentuk Tabel dan Grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian di Laboratorium

Pengujian dilakukan terhadap 105 sampel tidak terganggu. Nilai kadar air dari hasil pengujian cukup tinggi, pada beberapa titik ditemui tanah organik, khususnya pada daerah Merempan Hulu dan Sabak Permai. Nilai kadar air yang diperoleh dari semua pengujian berkisar 41,49 - 987,70 %. Sedangkan nilai pengujian berat volume kering berkisar antara 1,0 - 12,0 kN/m³. Sesuai Das (1988) tanah yang diuji tergolong tipe tanah lempung lembek dan lempung organik lembek.

Nilai berat jenis pengujian bervariasi mulai dari 1,0 - 2,9, sedangkan nilai rata-rata Gs yaitu 2,29. Ini menunjukkan bahwa tanah banyak mengandung unsur organik. Dari pengujian plastisitas diperoleh: LL berkisar 26,00 - 76,57%, PL 13,22 - 56,12%, PI 3,40 - 38,50%, dan LI 0,21 - 14,06%. Dengan menghubungkan nilai pengujian batas cair dan indeks plastisitas maka jenis tanah yang diuji dapat diketahui. Seperti terlihat pada Gambar 3, secara umum tanah di lokasi pengujian merupakan tanah lanau organik.



Gambar 3. Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas Tanah

Hasil Pengujian Triaksial

Apabila kadar air tanah lebih besar dari nilai batas cair, kekuatan tanah akan sangat kecil. Ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan, sebagian besar nilai kadar air lebih besar dari nilai LL. Nilai kuat geser (c_u) pengujian berkisar 0,24 - 16,66 kPa, dan sudut geser (ϕ) 1,36 - 8,80⁰.

Hasil Pengujian di Lapangan

Mackintosh Probe

Pada penelitian ini pengujian *Mackintosh Probe* (MP) dilakukan sampai kedalaman 6 m dengan jumlah pengujian sebanyak 35 titik. Titik pengujian menyebar pada beberapa desa di Kabupaten Siak, khususnya desa-desa yang terletak di tepi Sungai Siak.

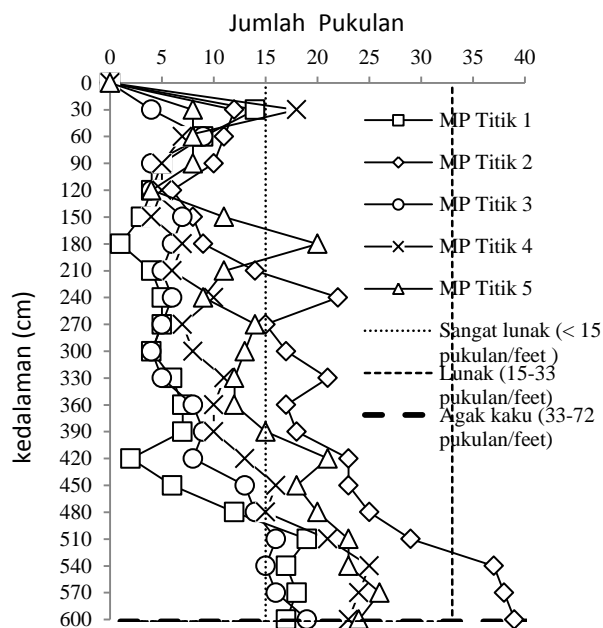
Sabtan & Shehata (1994) melakukan penelitian mengenai korelasi nilai q_u dan nilai uji MP, nilai tersebut tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Empiris untuk q_u dan Konsistensi Tanah Kohesif Berdasarkan Nilai MP

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

(Sumber: Sabtan & Shehata, 1994)

Dari nilai MP yang diperoleh dari seluruh pengujian, jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk menembus kedalaman 30 cm berkisar antara 1- 130 pukulan. Menurut Sabtan & Shehata (1994) pada Tabel 2, kondisi ini menunjukkan bahwa data tanah yang diperoleh sampai pada lapisan *stiff*. Grafik pengujian MP desa Benteng Hulu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengujian *Mackintosh Probe* Desa Benteng Hulu (Pengelompokan Konsistensi Tanah Berdasarkan Sabtan & Shehata, 1994)

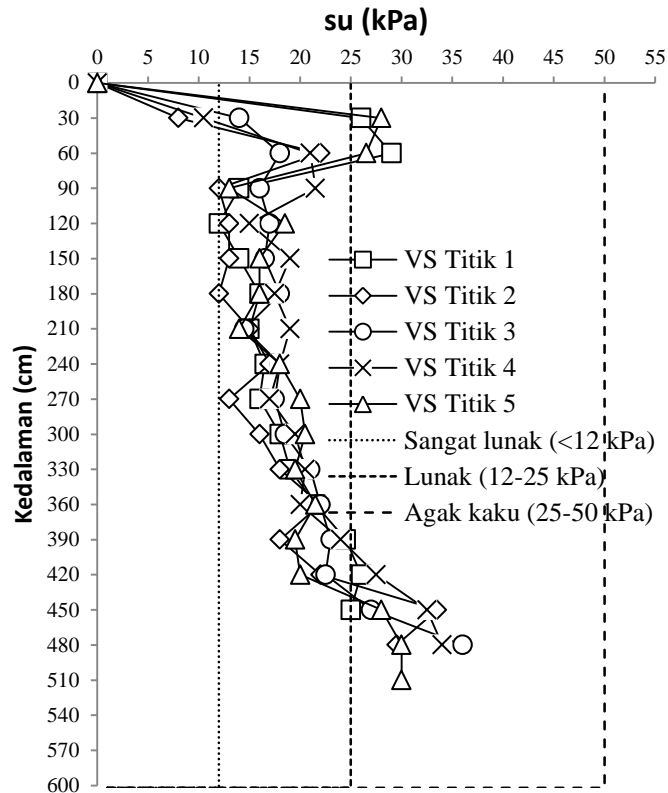
Vane Shear (VS) Lapangan

Pengujian *Vane Shear* dilakukan hingga kedalaman 6 m. Pengujian dihentikan apabila tanah memasuki lapisan relatif keras dengan bacaan kuat geser >50 kPa. Ini dilakukan dengan pertimbangan untuk menghindari kerusakan pada alat dan kesalahan pembacaan nilai momen torsi. Nilai kisaran kuat geser tak terdrainase dari berbagai lapisan tanah tertera pada Tabel 2. Sedangkan contoh Grafik pengujian VS ditampilkan pada Gambar 4.

Tabel 2. Panduan untuk Kuat Geser Tak Terdrainasi dari Tanah Kohesif

Kuat geser tak terdrainasi (kPa)	Istilah	Ciri-ciri
< 12	Sangat Lunak	Mudah keluar diantara jari ketika diremas
12-25	Lunak	Sulit keluar diantara jari ketika diremas
25-50	Agak kaku	Dapat ditekan masuk oleh ibu jari dengan sedikit usaha
50-100	Kaku	Dapat ditekan masuk dengan tekanan ibu jari
100-200	Sangat Kaku	Dapat ditekan masuk dengan kuku ibu jari
200-500	Keras	Sulit ditekan masuk dengan kuku ibu jari

(Sumber: Laurence D. Wesley, 2010)



Gambar 5. Hasil Pengujian *Vane Shear* Desa Benteng Hulu
(Pengelompokan Konsistensi Tanah Berdasarkan Laurence D. Wesley, 2010)

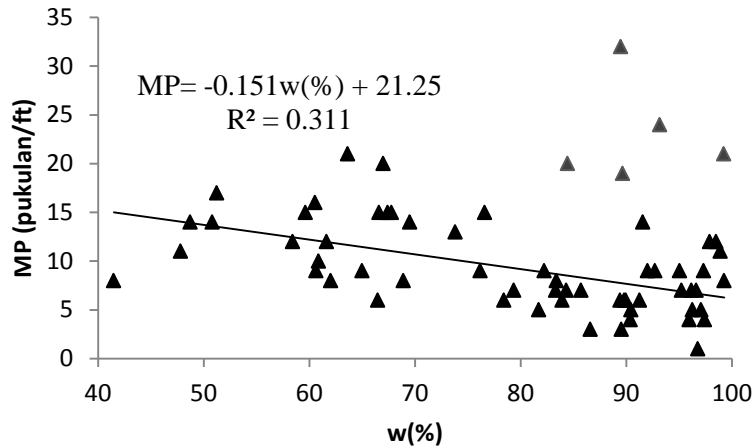
Analisis Korelasi

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 MP dengan kadar air dan sifat teknis tanah di laboratorium dikelompokkan menjadi dua grafik. Data pengujian dipisah berdasarkan tingkat kadar air yang dimiliki tanah, yaitu tanah dengan $w \leq 100\%$ dan $w > 100\%$.

Nilai hubungan antara kedua variabel dinyatakan dalam koefisien determinasi. Sebagaimana diungkapkan oleh Smith (1986) dalam Shahin *et al* (2000) 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. Analisis korelasi pengujian akan dijelaskan di bawah ini.

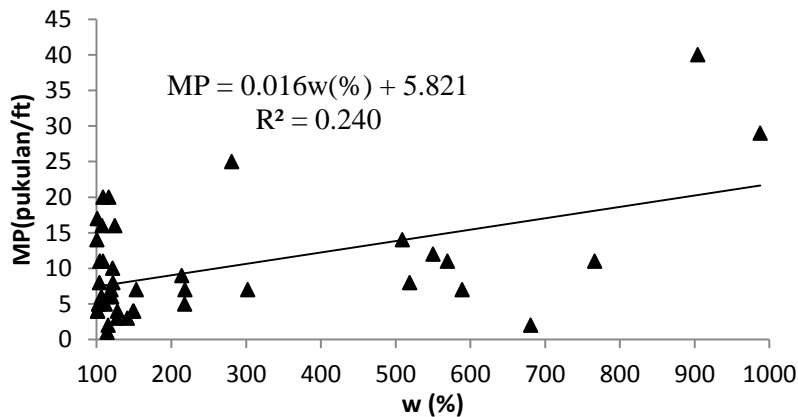
Korelasi *Mackintosh Probe* dengan Kadar Air

Kadar air sangat mempengaruhi konsistensi tanah, semakin tinggi kadar air maka tanah semakin lembek. Jika dihubungkan dengan nilai pukulan MP maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar air maka nilai pukulan MP yang dibutuhkan untuk menembus suatu lapisan tanah akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan grafik korelasi yang dibuat menunjukkan bahwa semakin besar kadar air maka jumlah pukulan MP semakin menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Afriadi (2008). Grafik dan perumusan yang diperoleh dari grafik dengan $w \leq 100\%$ tertera pada Gambar 6.



Gambar 6. Korelasi *Mackintosh Probe* dengan Kadar Air $\leq 100\%$
 Persamaan berlaku untuk $1 \leq MP(\text{blow/ft}) \leq 21$

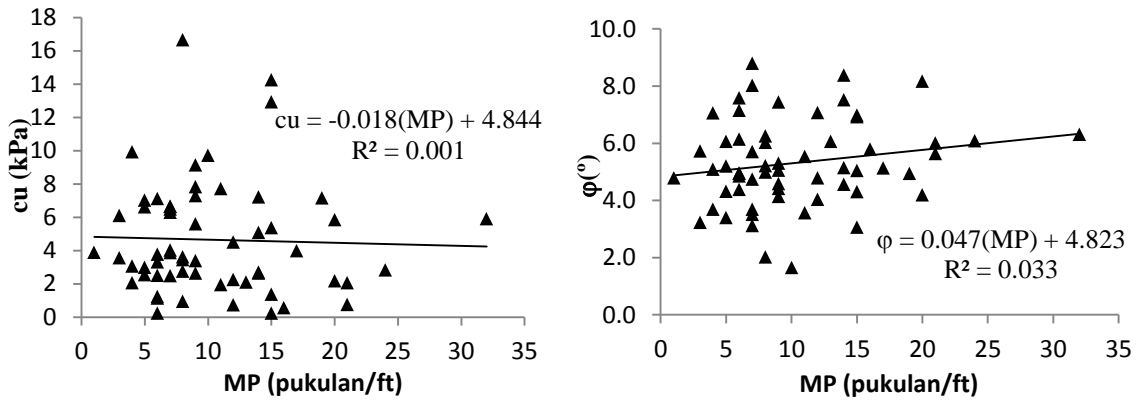
Sedangkan grafik nilai korelasi $w > 100\%$, hasil pengujian yang diperoleh tidak sesuai dengan kaidah yang berlaku. Nilai kadar air tidak relevan dengan nilai MP, seperti terlihat pada Gambar 7, untuk kadar air yang tinggi dibutuhkan pukulan yang relatif tinggi pula. Kondisi ini dapat terjadi karena kondisi tanah yang tidak stabil dan ketergangguan sampel uji, baik di lapangan maupun di laboratorium. Misalnya perubahan kadar air dan angka pori, perubahan struktur tanah, serta terganggunya pergerakan alat oleh akar dan sisa tumbuhan.



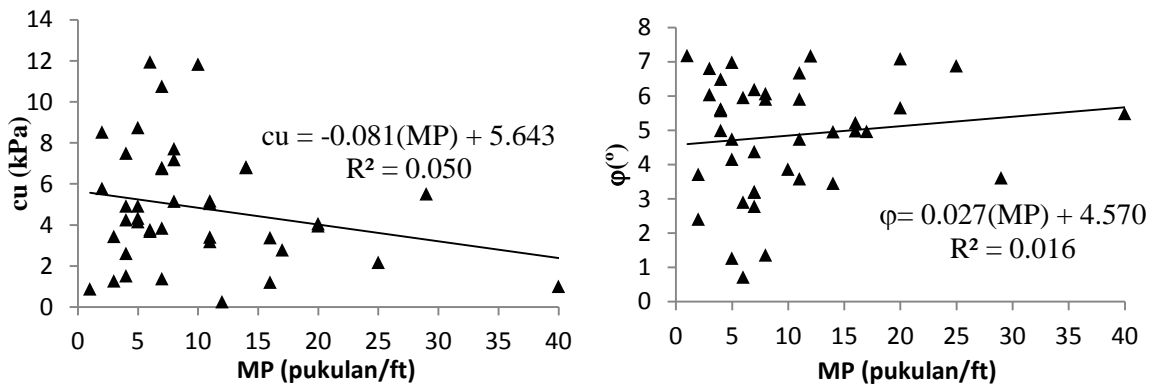
Gambar 7. Korelasi *Mackintosh Probe* dengan $w > 100\%$

Korelasi *Mackintosh Probe* dengan c_u dan ϕ

Secara teoritis, semakin besar kuat geser tanah maka semakin besar jumlah pukulan MP yang dibutuhkan untuk menembus tanah. Namun, nilai pengujian yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan. Data yang didapat berbanding terbalik dengan seharusnya, peningkatan jumlah pukulan tidak mencerminkan meningkatnya nilai kuat geser dari uji laboratorium, begitu juga sebaliknya. Hal ini mungkin terjadi karena ketergangguan sampel uji laboratorium dan struktur tanah yang tidak stabil, sehingga data yang diperoleh tidak konsisten. Korelasi antara nilai pengujian MP dan sifat teknis tanah dari pengujian triaksial tidak menampilkan hasil yang baik, hubungan keduanya sangat lemah bahkan hampir tidak ada. Sebaran data yang diperoleh tidak konsisten dan tidak terdapat pola tertentu. Nilai R^2 yang diperoleh sangat kecil yaitu $< 0,2$, sehingga nilai korelasi yang dihasilkan sulit untuk diaplikasikan dalam penyelidikan tanah. Grafik korelasi yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



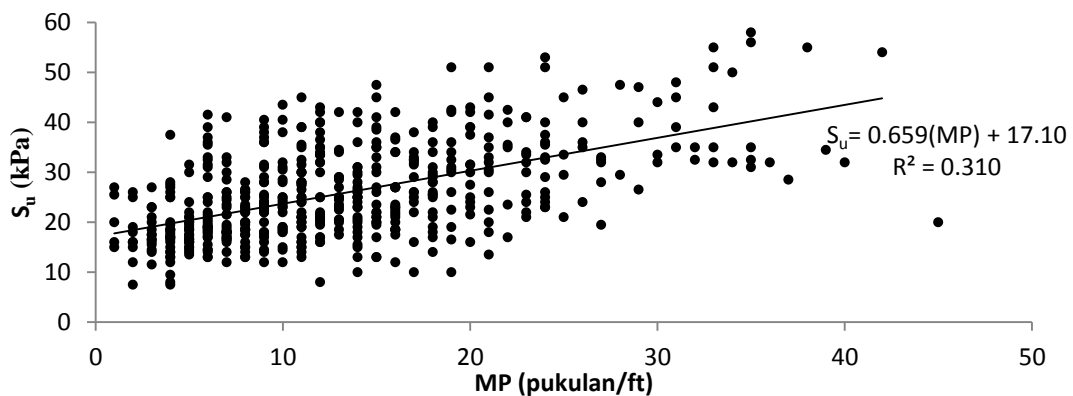
Gambar 8. Korelasi *Mackintosh Probe* dengan c_u dan ϕ ($w \leq 100\%$)
 Persamaan berlaku untuk $1 \leq MP(\text{blow}/\text{ft}) \leq 32$



Gambar 9. Korelasi *Mackintosh Probe* dengan ϕ ($w > 100\%$)
 Persamaan berlaku untuk $1 \leq MP(\text{blow}/\text{ft}) \leq 40$

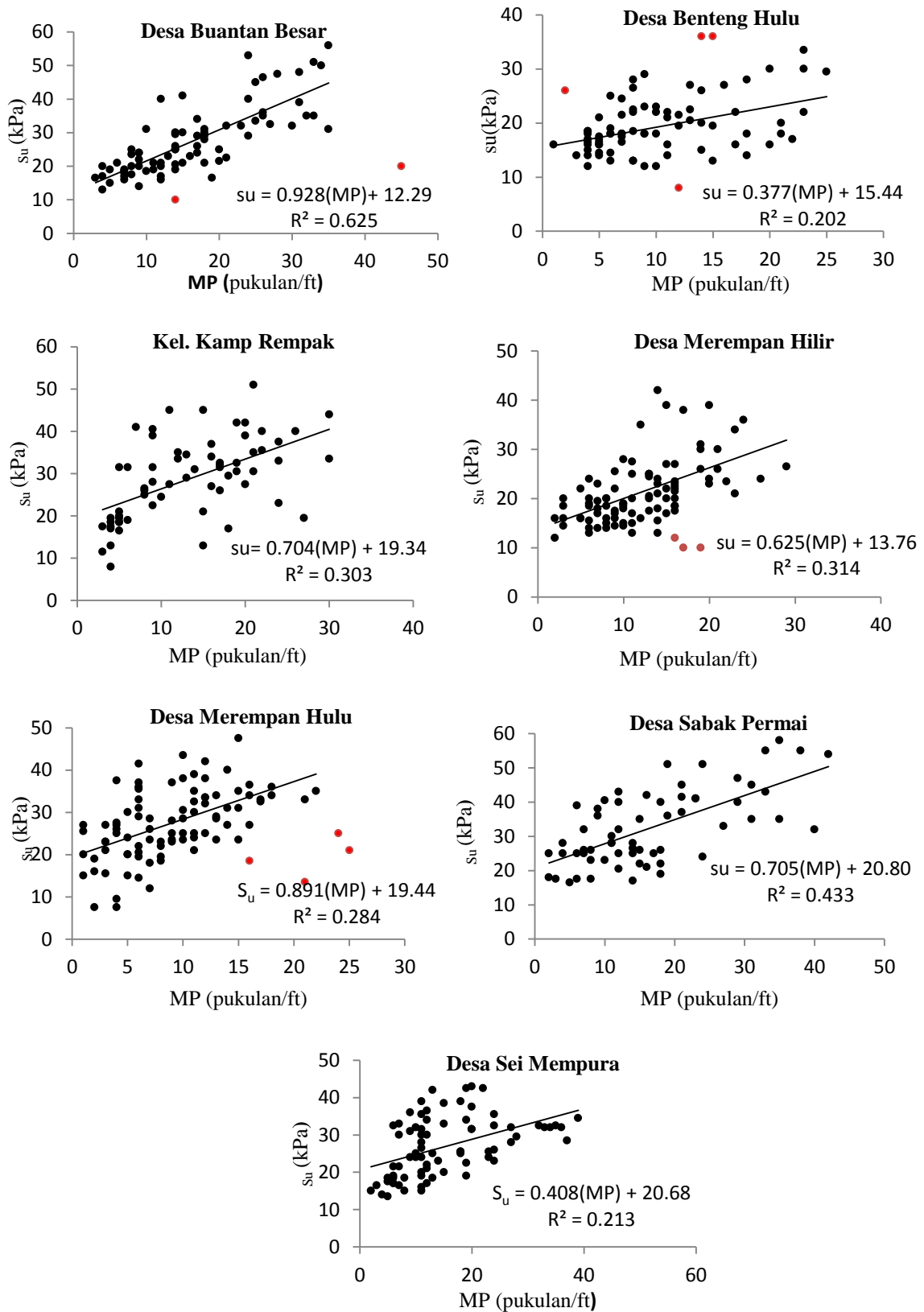
Korelasi *Mackintosh Probe* dengan S_u

Peningkatan nilai kuat geser ditandai dengan semakin kerasnya tanah. Oleh sebab itu jumlah pukulan MP yang dibutuhkan juga semakin besar, begitu juga dengan nilai S_u dari pengujian VS. Nilai kuat geser akan meningkat setiap peningkatan jumlah pukulan MP. Hubungan ini sesuai dengan kondisi yang ditemukan di lapangan, sebagian besar nilai pengujian MP dan S_u berbanding lurus. Persamaan dan Grafik korelasi nilai MP dan S_u dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Kurva Korelasi MP dan S_u
 Persamaan ini berlaku untuk nilai $1 \leq MP(\text{pukulan}/\text{feet}) \leq 42$

Untuk memperoleh nilai korelasi yang kuat, data diplot berdasarkan lokasi penelitian. 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. Grafik dan nilai korelasi yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Kurva Korelasi MP dan S_u untuk Setiap Lokasi Penelitian

KESIMPULAN

Dari penelitian tanah di beberapa desa di Kab. Siak diperoleh kesimpulan:

1. Dari pengujian triaksial diperoleh kuat geser (c_u) berkisar 0,24 - 16,66 kPa, dan sudut geser (ϕ) 1,36 - 8,80⁰. Nilai korelasi c_u dan ϕ dengan data *Mackintosh Probe* sangat kecil bahkan hampir tidak ada, sehingga sulit untuk diaplikasikan dalam perhitungan penyelidikan tanah.
2. Nilai prakiraan kuat geser (S_u) dengan pengujian *Mackintosh Probe* memberikan nilai korelasi yang baik, dimana nilai R^2 lokasi pengujian berkisar $0,202 \leq R^2 \leq 0,625$, ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kedua variabel.

SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Diperlukan pengamatan pada daerah yang lebih luas agar data yang diteliti lebih banyak.
2. Pengujian sampai kedalaman lapisan tanah lebih keras disarankan agar rentang jumlah pukulan yang dihasilkan lebih beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Fakher, M. Khodoparast & C.J.F.P. Jones.** 2006. *The Use of The Mackintosh Probe for Site Investigation in Soft Soils. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrology.* 39: 189-196.
- Afriadi.** 2008. *Korelasi Hasil Uji Mackintosh Probe dengan Propertis Fisik dan Mekanik Tanah Lempung Lunak.* Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Pekanbaru. Universitas Riau.
- Ahmadulhadi.** 2005. *Perkaitan Parameter Kekuatan Tanah Berdasarkan Ujian Penusukan Piawai.* Universitas Teknologi Malaysia. [online]. Available at:
<URL:
<http://www.efka.utm.my/thesis/images/3PSM/2005/3JGP/Part4/ahmadulhadiaa000019d05ttt.pdf>> [Accessed 14 November 2011].
- Braja, M.Das.** 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis).* Jilid I dan II. Jakarta: Erlangga.
- Braja, M.Das.** 2010. *Principles of Geotechnical Engineering.* Seventh edition. Cengage Learning: USA.
- C.R.I Clayton, M. C. Matthews & N.E. Simons.** *Site Investigation. Second Edition. Departemen of Civil Engineering: University of Surrey*
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.** 2002. *Panduan Geoteknik 1: Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak.* Bandung: WSP International.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.** 2002. *Panduan Geoteknik 2: Penyelidikan Tanah Lunak Desain & Pekerjaan Lapangan.* Bandung: WSP International
- Hardiyatmo, H.C.** 2010. *Mekanika Tanah 1.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tim Mekanika Tanah.** 2007. *Buku Pedoman Praktikum Mekanika Tanah.* Pekanbaru: Program Studi S1 Teknik Sipil.