

# KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIS DAN FISIK TANAH LUNAK DI KABUPATEN SIAK BERDASARKAN PENGUJIAN *DOKENBO* DAN *VANE SHEAR*

Arifan Farhan<sup>1)</sup>, Muhamad Yusa<sup>2)</sup>, Ferry Fatnanta<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya JL. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : [Arifan.farhan@student.unri.ac.id](mailto:Arifan.farhan@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Soft to very soil is widely encountered in Siak Regency. Physical and mechanical properties of soft soil is very important in the construction. This research was an attempt to characterize the soil properties using portable tools namely, Dokenbo and vane shear. Dokenbo is a in-situ soil testing tool which was recently developed by the Public Works Research Institute in Japan. The Parameters which were obtained from the Dokenbo test includes the value of penetration, torque ( $T_0$ ), and the shear angle in the soil ( $\phi$ ). Vane Shear test was conducted to obtain undrained shear strength in the field. The purpose of this study is to obtain a simple relationship (correlation) between the mechanical properties of using Dokenbo and Vane Shear, and the correlation between mechanical properties and soil physical properties. Vane Shear and Dokenbo was used to obtain mechanical properties while physical properties were obtained from laboratory testing. The results then were analyzed using linear regression. The results of the Dokenbo test in this study includes the penetration value in the range from 418 to 1373 kN/m<sup>2</sup>, the torque value ( $T_0$ ) in the range from 0,3 to 0,65 N.m, and the internal shear angle ( $\phi$ ) was in the 24° to 60° range. Soil shear strength value from vane shear test results range from 6 to 64 kPa. From the test results obtained, the correlation between penetration and shear strength ( $S_u$ ) has a very strong interpretation, likewise is the correlation between the correlation ( $T_0$ ) and  $S_u$ . The internal shear angle ( $\phi$ ) correlation and  $S_u$  shows no correlation. Meanwhile, the correlation between mechanical properties and soil physical properties has a moderate correlation.*

**Keywords:** *Dokenbo, Shear Strength, Penetration, Torque, Inner Shear Angle*

## 1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu material konstruksi yang susunan agregatnya sangat kompleks dan heterogen serta tidak bersifat sangat eksak. Kekuatannya tergantung dari banyak hal, seperti jenis tanah itu sendiri, kepadatan, keadaan cuaca, bahkan metode pengujian kekuatan tanah ikut menentukan. Jenis tanah ditentukan pula oleh gradasi, konsistensi, dan beberapa parameter lainnya.

Menurut Terzaghi (1967) tanah lempung kohesif diklasifikasikan sebagai tanah lunak yang mempunyai daya dukung lebih kecil dari 0,5 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai *Standard Penetration Test* lebih kecil dari

4 ( $N\text{-value} < 4$ ). Berdasarkan uji lapangan, tanah lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Menurut Toha (1989), sifat umum tanah lunak adalah memiliki kadar air 80-100%, batas cair 80-110%, batas plastis 30-45%, saat diuji analisa saringan (*Sieve Analysis*), maka butiran yang lolos oleh saringan no 200 akan lebih besar dari 90% serta memiliki kuat geser 20-40 kN/m<sup>2</sup>.

Tanah lunak memiliki sifat kuat geser yang rendah, hal ini mengakibatkan terbatasnya beban yang dapat bekerja di atasnya sedangkan kompresibilitas yang besar mengakibatkan terjadinya penurunan. Kuat geser tanah adalah gaya

perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hardiyatmo, 2002).

Provinsi Riau khususnya di Kabupaten Siak terdapat sebagian besar wilayahnya berada pada kondisi tanah lunak terutama didominasi oleh tanah gambut. Hal ini membuat penulis melakukan penelitian terhadap tanah lunak yang ada di Kabupaten Siak menggunakan alat *Dokenbo* dan *Vane Shear*. *Dokenbo* merupakan peralatan untuk mengukur kekuatan lapisan tanah di lapangan yang dikembangkan oleh Institut Nasional Teknik Sipil di Jepang.

Alat *Dokenbo* juga dapat mengukur kekuatan lapisan tanah pada setiap kedalaman tanah. Parameter-parameter yang didapat pada pengujian *Dokenbo* yaitu nilai Penetrasi, torsi dan sudut geser. Pengujian *Vane Shear* merupakan salah satu metode penyelidikan tanah untuk mengetahui kekuatan geser tak terdrainasi. Pengujian *Vane Shear* memberikan hasil yang dapat dipercaya, dapat dilakukan pengukuran ulang jika data tanah tersebut terjadi kesalahan dengan biaya yang rendah.

Penelitian ini mengembangkan metode pengujian tanah di lapangan yang digunakan untuk memperkirakan hubungan antara hasil pengujian *Dokenbo* dan *Vane Shear* di Kabupaten Siak. Tujuan penelitian ini adalah didapatkannya hubungan sederhana (korelasi) antara sifat mekanis dari alat *Dokenbo* dengan alat *Vane Shear* dan korelasi antara sifat mekanis dan sifat fisik tanah. Dimana korelasi ini diharapkan akan menghasilkan suatu rumus empiris yang dapat membantu penyelidikan tanah dalam mendapatkan sifat mekanis lebih cepat dan mudah.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil seperti lempung dan lanau. Lapisan tanah lunak mempunyai sifat gaya

geser yang rendah, kemampatan yang tinggi, koefisien permeabilitas yang rendah, dan mempunyai daya dukung yang rendah.

### 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Adapun sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan dalam penelitian Geoteknik adalah sistem klasifikasi tanah *Unified Soil Classification System (USCS)*. Sistem klasifikasi tanah USCS mengelompokkan menjadi dua bagian yaitu Tanah Berbutir Kasar (*Coarse Grained Soil*) dan Tanah Berbutir Halus (*Fine Grained Soil*).

### 2.3 Sudut Geser dan Kuat Geser Tanah

Sudut Geser Dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut Geser Dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya.

Kuat Geser Tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hary Cristady, 2002).

### 2.4 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan pondasi beserta struktur di atasnya. Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi.

### 2.5 Pengujian *Dokenbo*

*Dokenbo* merupakan peralatan untuk mengukur kekuatan lapisan tanah di lapangan yang dikembangkan oleh Institut Nasional Teknik Sipil di Jepang. Pengujian *Dokenbo* dapat secara cepat mengukur kedalaman dan kekuatan lapisan tanah hingga beberapa meter di bawah tanah. Bagian-bagian alat *Dokenbo* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat *Dokenbo*

Parameter-parameter yang didapat dari pengujian *Dokenbo* yaitu nilai Penetrasi, Torsi dan Sudut Geser Dalam. Pada alat *Dokenbo* ini terdapat berbagai komponen, diantaranya alat untuk pembacaan nilai Penetrasi, alat untuk pembacaan nilai Torsi, batang besi (*Rod*) sepanjang 50 cm dan 45 cm kemudian 2 buah konus (*cone*). Konus pada alat *Dokenbo* ini diantaranya konus untuk pengujian Penetrasi (*Vane Shear Test*) dan konus untuk pengujian torsi (*Vane Cone Shear Test*).

Kekuatan Penetrasi (*qdk*) diperoleh dengan membagi Gaya Penetrasi Statis saat menggunakan konus Penetrasi dari metode yang sudah ditentukan dengan luas penampang konus yaitu  $1,76 \times 10^4 \text{ m}^2$ . Nilai Kekuatan Penetrasi maksimum sekitar  $2800 \text{ kN/m}^2$  dengan peralatan standar (maksimum 500 N). Rumus Kekuatan Penetrasi (*qdk*) dapat dilihat dibawah ini :

$$qdk = \frac{Qdk/1000}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$$Qdk = W + (m_0 + n \times m_1) \times g \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- qdk = Kekuatan Penetrasi
- Qdk = Ujung *cone* Penetrasi (N)
- A = Luas Penampang ujung *cone* ( $\text{m}^2$ )
- W = Bacaan beban vertikal (N)
- $m_0$  = Berat *cone* dan tongkat 450 mm (Kg)
- n = Jumlah tongkat 500 mm
- $m_1$  = Berat 1 tongkat 500 mm (kg)
- g = Gaya gravitasi  $9,81 \text{ m/s}^2$

Kekuatan Penetrasi sederhana yang tidak memperhitungkan berat *rod* (batang)

disebut kekuatan Penetrasi semu (*qdk'*). Kekuatan Penetrasi semu dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$qdk' = \frac{W/1000}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- qdk' = Kekuatan Penetrasi Semu
- W = Bacaan beban vertikal (N)
- A = Luas Penampang ujung *cone* ( $\text{m}^2$ )

Rumus empiris berikut digunakan untuk mengetahui tegangan vertikal dan tegangan geser menggunakan alat *Dokenbo*.

$$\sigma = 2,4 \times 10^2 \times Wvc \dots\dots\dots (4)$$

$$Wvc = W_N + (m_0 + n \times m_1) \times g \dots\dots\dots (5)$$

$$\tau = 1,5 \times 10^4 \times Tvc \dots\dots\dots (6)$$

$$Tvc = T_N - T_0 \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

- Wvc = Beban vertikal pada *vane cone* (N)
- Tvc = Torsi yang dipasang pada *vane cone* (N.m)
- $W_N$  = Bacaan beban vertikal (N)
- $T_N$  = Torsi dengan beban (N.m)
- $T_0$  = Torsi tidak ada beban (N.m)

## 2.6 Pengujian *Vane Shear*

Pengujian *Vane Shear* bertujuan untuk menentukan Kuat Geser tak Terdrainasi dari tanah kohesif yang lunak. Gambar alat *Vane shear* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Vane Shear*

Pengujian *Vane Shear* dihentikan apabila tanah memasuki lapisan relatif keras dengan bacaan Kuat Geser  $>50 \text{ kPa}$ . Ini dilakukan dengan pertimbangan untuk

menghindari kerusakan pada alat dan kesalahan pembacaan nilai Momen Torsi.

Nilai kuat geser untuk tanah lunak tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Su_{Lapangan} = Dial\ Reading \times k \dots\dots\dots (8)$$

$$Resistivitas = \frac{Dial\ Reading\ 1}{Dial\ Reading\ 2} \dots\dots\dots (9)$$

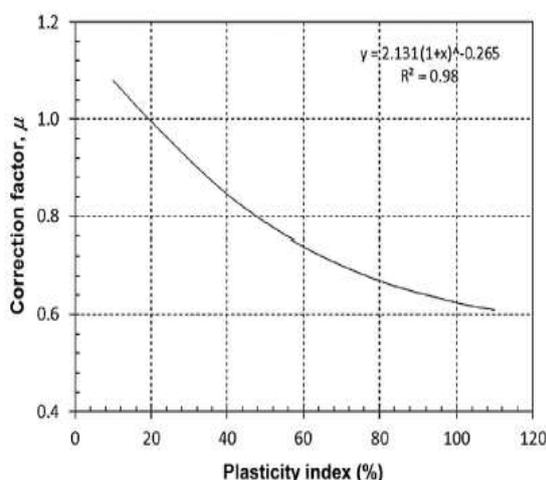
Dimana :

$Su_{Lapangan}$  = Kuat geser tanah (kPa)

$Dial\ Reading$  = Nilai bacaan alat (kPa)

$k$  = Kalibrasi baling-baling

Menurut Bjerrum (1973) dalam penelitiannya membuktikan bahwa nilai kuat geser tak terdrainasi dari pengujian *Vane Shear* di lapangan terbukti terlalu tinggi. Karena itu, untuk perencanaan dengan menggunakan hasil pengujian *Vane Shear* di lapangan perlu adanya koreksi nilai kuat geser tak terdrainasi faktor koreksi ( $\mu$ ) dapat ditentukan dari indeks plastisitas. Faktor koreksi ini masih digunakan sampai saat ini. Untuk melihat hubungan antara faktor koreksi ( $\mu$ ) dengan indeks plastisitas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Faktor koreksi berdasarkan indeks plastisitas tanah  
Sumber : Bjerrum,1973

Adapun persamaan rumus nilai koreksi terhadap nilai Kuat Geser tak Terdrainasi sebagai berikut :

$$Su_{Terkoreksi} = Su_{Lapangan} \times \mu \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

$\mu$  = Faktor Koreksi

## 2.7 Pengujian Hand Bor

Bor Tangan (*Hand Bor*) merupakan pekerjaan paling umum dilakukan dalam survey geoteknik. Pengujian *Hand Bor* adalah pembuatan lubang kedalam tanah dengan menggunakan alat bor yang dilakukan secara manual. Pengujian *Hand Bor* bertujuan sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi jenis tanah sepanjang kedalaman lubang bor.
- b. Memasukkan alat tabung pada mata bor untuk mengambil sampel tanah asli pada kedalaman yang telah ditentukan.

Prinsip pengujian *Hand Bor* ini adalah untuk memperoleh sampel tanah pada kedalaman tertentu guna diteliti lebih lanjut di laboratorium.

## 2.8 Pengujian Kadar Air

Kadar air merupakan faktor yang paling mempengaruhi sifat-sifat tanah. Tanah yang digunakan sebagai material konstruksi atau fondasi, kendali mutu kelembapan sering merupakan bagian penting dari biaya struktur dan dapat mempengaruhi prosedur konstruksi yang digunakan.

Kadar air adalah perbandingan antara massa air dan butiran padat dari volume tanah yang diselidiki, atau perbandingan massa air yang dikandung tanah dengan massa tanah kering.

Kadar air ( $w$ ) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

$w$  = kadar air (%)

$W_w$  = Massa air (gr)

$W_s$  = Massa tanah kering (gr)

## 2.9 Pengujian Berat Volume Tanah

Berat volume tanah ( $\gamma$ ) adalah berat tanah persatuan volume. Berat volume juga dinyatakan dalam berat butiran padat, kadar air dan volume tanah total. Tanah tersusun dari butiran padat dan rongga pori. Rongga pori dapat berupa air atau udara. bila tanah dalam kondisi jenuh air, rongga pori seluruhnya akan terisi oleh air.

Adapun rumus untuk menghitung berat volume tanah sebagai berikut :

a. Berat volume basah ( $\gamma_{wet}$ )

$$\gamma_{wet} = \frac{M}{V} \dots \dots \dots (12)$$

Dimana :

- $\gamma_{wet}$  = Berat Volume Basah (gram/cm<sup>3</sup>)
- M = Massa tanah basah (gram)
- V = Volume tanah (m<sup>3</sup> atau cm<sup>3</sup>)

b. Berat volume kering ( $\gamma_{dry}$ )

$$\gamma_{dry} = \frac{M}{V} \dots \dots \dots (13)$$

Dimana :

- $\gamma_{dry}$  = Berat volume kering (gram/cm<sup>3</sup>)
- $\gamma_{wet}$  = Berat volume basah (gram/cm<sup>3</sup>)
- w = Kadar air (%)

### 2.10 Pengujian Berat Jenis (Gs)

Menurut Hardiyatmo (1992), nilai berat jenis (*G<sub>s</sub>*) dari butiran tanah sangat berperan penting dalam bermacam-macam keperluan perhitungan mekanika tanah. Nilai berat jenis (*G<sub>s</sub>*) dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Nilai-nilai berat jenis untuk berbagai jenis tanah terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat Jenis Tanah Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lanau organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber: Hardiyatmo, 1992

### 2.11 Pengujian Batas-batas Atterberg

a. Pengujian Batas Cair

Batas cair (*Liquid Limit*) adalah sebagai batas tengah antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas dari daerah plastis. Alat yang digunakan untuk menentukan batas cair adalah *Cassagrande*, pukulan ke 25 kali didefinisikan sebagai batas cair.

*US Water Ways Experiment Station, viksburg*, (1949), mengajukan

suatu persamaan empiris untuk menentukan batas cair, yaitu :

$$LL = w \left( \frac{N}{25} \right)^{\tan \beta} \dots \dots \dots (14)$$

Dimana :

- LL = Batas cair
- w = Kadar air (%)
- N = Jumlah pukulan
- $\tan \beta = 0,121$

b. Pengujian Batas Plastis dan Indeks Plastisitas

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat. Batas plastis merupakan batas rendah dan tingkat keplastisitasnya suatu tanah.

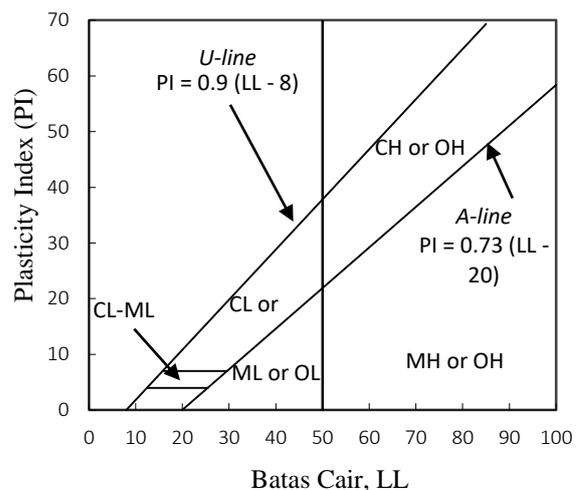
Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis yang dirumuskan sebagai berikut :

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (15)$$

Dimana :

- PI = Indeks Plastisitas
- LL = Batas Cair
- PL = Batas Plastis

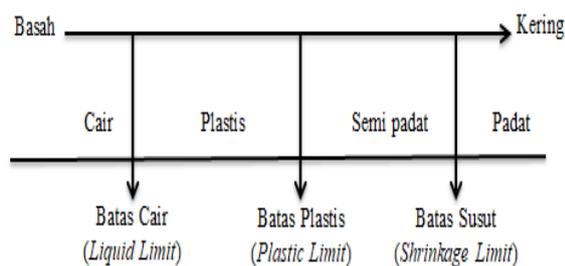
Tanah lempung lunak dapat dikategorikan ke dalam kelompok *MH* atau *OH* berdasarkan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)* yang dikembangkan di Amerika Serikat oleh *Cassagrande* (1948) terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas Tanah

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk

Atterberg (1911) memberikan cara untuk menggambarkan batas konsistensi tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan air tanah. Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Batas-batas Atteberg  
Sumber : Atterberg, 1911

### 2.12 Pengujian Hydrometer

Pengujian Hydrometer bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah. Analisis *Hydrometer* didasarkan pada prinsip sedimentasi butir-butir tanah dalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan ke dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda. Tergantung pada bentuk, ukuran dan tempatnya.

### 2.13 Regresi Linier

Analisis regresi linier adalah metode statistika yang digunakan untuk membentuk model atau hubungan antara satu atau lebih variabel bebas X dengan sebuah variabel respon Y.

### 2.14 Regresi linier sederhana

Regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas tunggal dengan variabel bebas tunggal.

### 2.15 Regresi linier berganda

Analisis regresi linier berganda adalah hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel independen ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) dengan variabel dependen (Y).

## 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi dan Teknis Pengumpulan Data

Lokasi penelitian ini berada di lokasi Desa Benteng Hulu, Kabupaten Siak, Privinsi Riau. Lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Lokasi Benteng Hulu  
Sumber: Google Maps, 2021

Pengujian di lapangan dilakukan sebanyak 3 titik, dengan koordinat dapat dilihat pada Tabel 2.

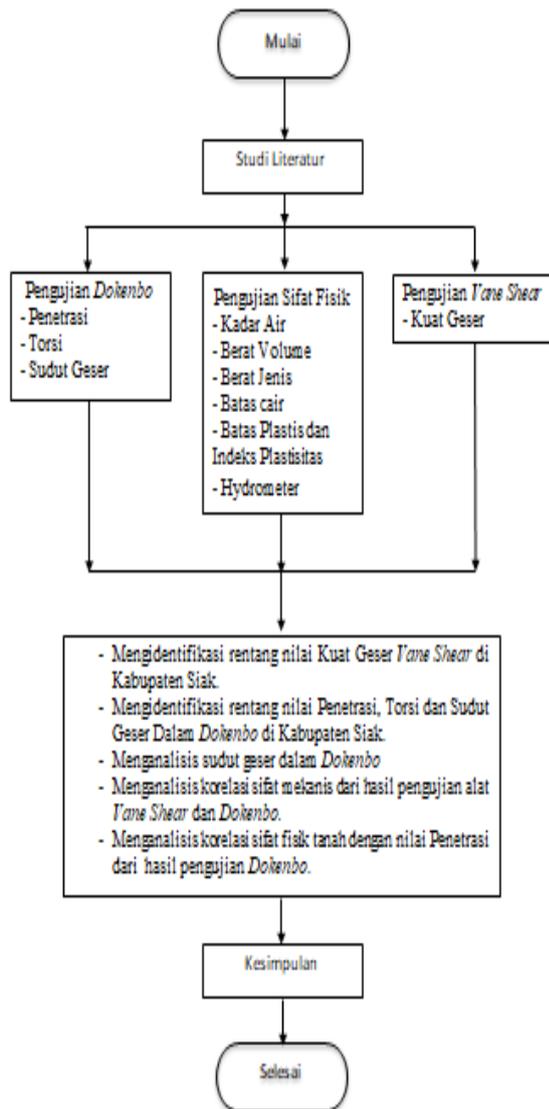
Tabel 2. Titik Pengujian di Lapangan

Titik	Koordinat
1	0°46'58'' N 102°03'10'' E
2	0°46'56'' N 102°03'08'' E
3	0°46'56'' N 102°03'07'' E

Pada pengujian lapangan dilakukan pengujian sebanyak tiga (3) titik. Pengujian di lapangan meliputi pengujian *Dokenbo*, *Vane Shear*, kadar air, berat volume tanah dan pengambilan sampel tanah menggunakan *Hand Bor*, lalu sampel tanah dibawa ke Laboratotium untuk pengujian sifat fisik tanah.

### 3.2 Diagram Alir

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Lapangan

Hasil pengujian lapangan antara lain hasil pengujian *Vane Shear* dan pengujian *Dokenbo* di lokasi Benteng Hulu, Kabupaten Siak.

#### 1. Hasil Pengujian *Vane Shear*

Pengujian *Vane Shear* di lapangan menggunakan dimensi baling-baling Hasil pengujian *Vane Shear* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Vane Shear*

Titik	Depth (m)	Su (kPa)	Su Terkoreksi (kPa)
1	1	40	39
	2	38	40
	3	44	46
2	1	42	46
	2	40	45
	3	52	69
3	1	36	31
	2	36	32
	3	54	56

Berdasarkan Tabel 3 hasil pengujian *Vane Shear* didapat nilai Su dengan rentang 36-54 kPa.

#### 2. Hasil Pengujian *Dokenbo*

Hasil pengujian *Dokenbo* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Dokenbo*

Titik	Depth (m)	qdk kN/m <sup>2</sup>	To N.m	φ
1	1	739	0,45	32
	2	942	0,35	29
	3	1009	0,50	51
2	1	787	0,55	30
	2	804	0,57	45
	3	1373	0,65	24
3	1	418	0,30	24
	2	636	0,35	60
	3	1090	0,58	40

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh nilai Penetrasi (qdk) dengan rentang 418-1373 kN/m<sup>2</sup>, nilai Torsi dengan rentang 0,3-0,65 N.m, dan Sudut Geser Dalam dengan rentang 24°-60°.

Nilai Sudut Geser Dalam yang diperoleh dari alat *Dokenbo* terbukti terlalu tinggi. Ini menunjukkan bahwa rumus empiris yang digunakan dari perhitungan Sudut Geser Dalam tanah masih belum tepat. Dikarenakan Rumus empiris tersebut untuk jenis tanah yang ada di Jepang, namun rumus empiris untuk menghitung Sudut Geser Dalam dari alat *Dokenbo* untuk jenis tanah di Indonesia masih belum tepat. Untuk itu diperlukannya

koreksi atau kalibrasi dari rumus empiris *Dokenbo* tersebut.

#### 4.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah pada penelitian ini meliputi pengujian Kadar Air, Berat Volume Tanah, Berat Jenis Tanah (Specific Gravity), Batas Cair Tanah, Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Serta Hydrometer. Hasil pengujian sifat fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sifat Fisik

Titik	Depth (m)	w (%)	Berat Volume		Gs	Atteberg Limit			Hydrometer		
			$\gamma$ wet (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$ dry (gr/cm <sup>3</sup> )		LL (%)	PL (%)	IP (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
1	1	50,71	1,68	1,11	2,60	30,90	13,00	17,90	5,13	92,81	2,06
	2	49,25	1,71	1,15	2,65	26,50	13,12	13,38	7,10	88,92	3,98
	3	47,68	1,70	1,15	2,78	27,40	13,91	13,49	16,74	82,40	0,86
2	1	41,36	1,68	1,19	2,58	26,50	15,44	11,06	4,08	93,36	2,56
	2	48,76	1,65	1,11	2,56	28,70	18,37	10,33	6,05	90,69	3,26
	3	43,41	1,71	1,19	2,61	27,50	22,52	4,98	7,10	89,22	3,68
3	1	61,15	1,60	0,99	2,54	39,50	10,39	29,11	3,10	94,52	2,38
	2	60,93	1,49	0,93	2,53	39,00	13,06	25,94	3,12	93,20	3,68
	3	51,85	1,55	1,02	2,54	31,00	17,25	13,75	3,13	92,77	4,10

#### 4.3 Analisis Klasifikasi Tanah

Analisis klasifikasi tanah menurut ASTM D-2487-06 *Unified Soil Classification System* (USCS). Hasil klasifikasi tanah pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Jenis Tanah USCS

Titik	Depth (m)	Jenis Tanah	Keterangan
1	1	CL	Lean Clay
	2	CL	Lean Clay
	3	CL	Lean Clay
2	1	CL	Lean Clay
	2	CL	Lean Clay
	3	CL-ML	Silt Clay
3	1	CL	Lean Clay
	2	CL	Lean Clay
	3	CL	Lean Clay

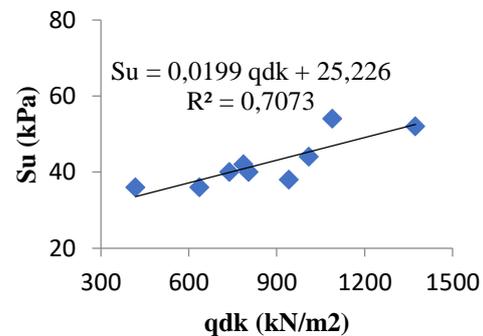
Berdasarkan Tabel 6 analisis klasifikasi tanah pada penelitian ini didapat jenis tanah dominan adalah *CL-Lean Clay*.

#### 4.4 Analisis Karakteristik Mekanis

Korelasi antara karakteristik mekanis dari hasil pengujian *Dokenbo* dan *Vane Shear*. Korelasi dilakukan dengan 1 (satu) variabel hingga 2 (dua) variabel.

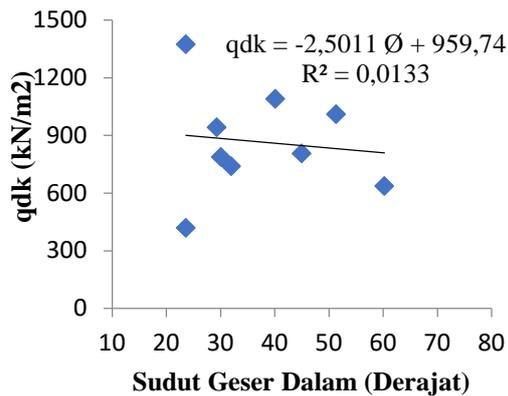
##### 1. Korelasi Satu Variabel

Korelasi antara nilai Penetrasi (qdk) dan *Shear Strength* (Su) dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Korelasi antara nilai Penetrasi (qdk) dengan *Shear Strength* (Su)

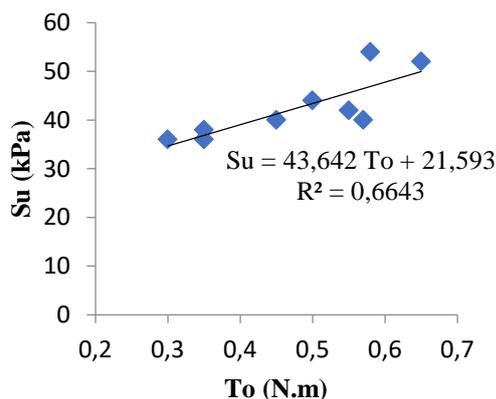
Berdasarkan Gambar 8 korelasi antara nilai Penetrasi (qdk) dan *Shear Strength* (Su) memiliki interpretasi yang sangat kuat dengan nilai  $R^2 = 0,7073$ . Nilai korelasi Penetrasi (qdk) dengan *Shear Strength* (Su) memiliki hubungan yang berbanding lurus, semakin tinggi nilai Penetrasi (qdk) maka semakin besar pula nilai *Shear Strength* (Su) tanah tersebut. Korelasi nilai Penetrasi (qdk) dan Sudut Geser Dalam dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Korelasi antara Sudut Geser Dalam dengan Penetrasi (qdk)

Berdasarkan Gambar 9 korelasi antara nilai Sudut Geser Dalam dan Penetrasi (qdk) memiliki interpretasi yang sangat rendah dengan nilai  $R^2 = 0,0133$ .

Korelasi nilai Torsi (To) dan *Shear Strength* (Su) dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Korelasi antara torsi (To) dengan *Shear Strength* (Su)

Berdasarkan Gambar 10 korelasi antara nilai Torsi (To) dan *Shear Strength* (Su) memiliki interpretasi yang sangat kuat dengan nilai  $R^2 = 0,6643$ .

## 2. Korelasi Multi Variabel

Korelasi multi variabel antara Penetrasi, *Shear Strength* (Su) dan Torsi (To) dengan menggunakan Analisis *ToolPak* pada *Microsoft Excel*. Korelasi multi variabel antara Penetrasi, *Shear Strength* (Su) dan Torsi (To) yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Korelasi multi variabel antara Penetrasi, *Shear Strength* (Su) dan Torsi (To).

Keterangan	Nilai
Multiple R	0,854
R Square	0,723
Adjusted R Square	0,630
Observations	9
Significance F	0,021
Coefficient Correlation (r)	0,794
Coefficient Intercept	-562,931
Coefficient Su (kPa)	28,229
Coefficient To (N.m)	484,031

Berdasarkan Tabel 7 korelasi antara nilai Penetrasi (qdk) dan *Shear Strength* (Su) dan Torsi (To) memiliki interpretasi yang kuat dengan nilai  $R^2 = 0,630$ . Nilai signifikansi F yang diperoleh sebesar  $0,021 < 5 \%$ , ini menunjukkan *Shear Strength* (Su) dan Torsi berpengaruh terhadap nilai Penetrasi. Persamaan yang diperoleh dari korelasi di atas adalah sebagai berikut:

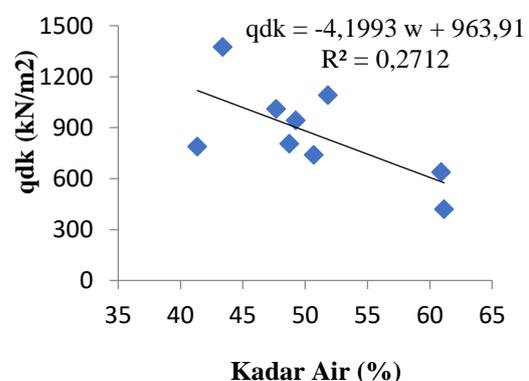
$$qdk = -562,9 + 28,2 Su + 484 To \dots\dots (16)$$

## 4.5 Korelasi Antara Sifat Mekanis dan Sifat Fisik

Korelasi dilakukan dengan 1 (satu) variabel hingga 2 (dua) variabel.

### 1. Korelasi Satu Variabel

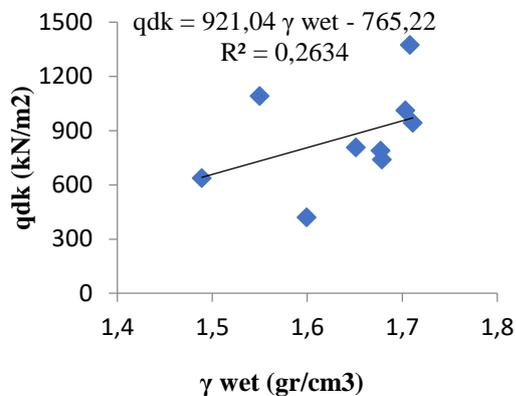
Korelasi antara sifat mekanis dan sifat fisik antara nilai Kadar Air dan Penetrasi (qdk) dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Korelasi antara Kadar Air dengan Penetrasi (qdk)

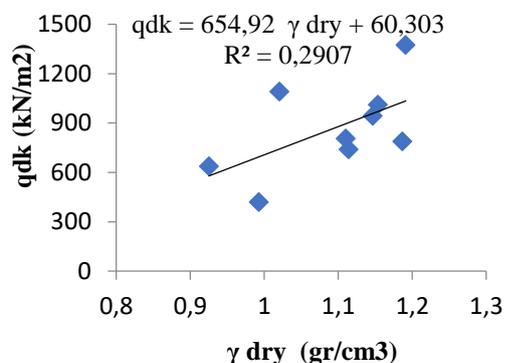
Berdasarkan Gambar 11 korelasi antara Kadar Air dan Penetrasi (qdk) memiliki interpretasi yang sedang dengan nilai  $R^2 = 0,2712$ . Korelasi antara kadar air dan Penetrasi (qdk) memiliki hubungan yang sedang, Hal ini menunjukkan hubungan antara nilai Penetrasi (qdk) dengan kadar air sangat berpengaruh kepada nilai kadar air tanah tersebut, kadar air tanah yang rendah menunjukkan tanah tersebut semakin padat. Karena itu semakin tinggi nilai kadar air tanah maka nilai Penetrasi (qdk) semakin rendah.

Korelasi antara Berat Volume Basah dan Penetrasi (qdk) dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Korelasi antara Berat Volume Basah dan Penetrasi (qdk)

Berdasarkan Gambar 12 korelasi antara Berat Volume Basah dan Penetrasi (qdk) memiliki interpretasi yang sedang dengan nilai  $R^2 = 0,2634$ . Korelasi antara Berat Volume Kering dan Penetrasi (qdk) dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Korelasi antara Penetrasi (qdk) dengan Berat Volume Kering

Berdasarkan Gambar 13 korelasi antara Berat Volume Kering dan Penetrasi (qdk) memiliki interpretasi yang Sedang dengan nilai  $R^2 = 0,2907$ .

## 2. Korelasi Multi Variabel

Korelasi multi variabel antara sifat mekanis dan sifat fisik dengan menggunakan analisis *ToolPak* pada *Microsoft Excel*.

Korelasi antara Penetrasi (qdk), Kadar Air dan Berat Volume Kering dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Korelasi Antara Penetrasi (qdk), Kadar Air dan Berat Volume Kering

Keterangan	Nilai
Multiple R	0,690
R Square	0,477
Adjusted R Square	0,302
Observations	9
Significance F	0,143
Coefficient Correlation (r)	0,550
Coefficient Intercept	4467,304
Coefficient w (%)	-43,677
Coefficient $\gamma_{dry}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	-1273,398

Berdasarkan Tabel 8 Korelasi antara Penetrasi (qdk), Kadar Air dan Berat Volume Kering memiliki interpretasi yang sedang dengan nilai  $R^2 = 0,302$ . Nilai signifikansi F yang diperoleh sebesar 0,143. Persamaan yang diperoleh dari korelasi di atas adalah sebagai berikut:

$$qdk = 4467,3 - 43,7 w + 1273,4 \gamma_{dry} \dots(17)$$

## KESIMPULAN

1. Rentang nilai karakteristik sifat mekanis pada penelitian ini untuk nilai *Shear Strength (Su)* diperoleh dengan rentang 36-54 kPa, Penetrasi (qdk) dengan rentang 418-1373 kN/m<sup>2</sup>, Torsi (To) dengan rentang 0,3-0,65 N.m, dan nilai Sudut Geser Dalam dengan rentang 24°-60°.
2. Analisis korelasi antara karakteristik mekanis antara Penetrasi (qdk) dan *Shear Strength (Su) Vane Shear* memiliki interpretasi yang sangat kuat dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,7073.

3. Korelasi sifat mekanis antara Sudut Geser Dalam dan Penetrasi (qdk) memiliki interpretasi yang sangat rendah dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,0133.
4. Korelasi antara *Shear strength* (Su) *Vane Shear* dan Torsi memiliki interpretasi yang sangat kuat dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,6643.
5. Analisis korelasi antara sifat mekanis dan sifat fisik tanah diperoleh interpretasi yang sedang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. D-2216-98 *Metode Pengujian Kadar Air Tanah*
- ASTM. D-2937-00 *Metode Pengujian Berat Volume Tanah*
- ASTM. D-854-02 *Metode Pengujian Berat Jenis Tanah*
- ASTM. D-2537-94 *Standard Test Method Field Vane Shear in Cohesive Soil*
- ASTM D 4318 - 00 *Standard Test Method For Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soil*
- ASTM. D-2487-06 USCS (*Unified Soil Classification System*).
- Afriani, Lusmeilia. 2014. *Kuat Geser Tanah*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Bowles, Joseph E. Johan K. Helnim. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah)*. PT. Erlangga, Jakarta, 1991
- Bowles, J. E. 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Cassagrande, A. R. E. Fadum 1940. *Notes on Soil Testing For Engineering Purposes*. Harvard
- Das, Braja, dkk. *Batas Plastis dan Batas Cair*. Surabaya. 1995.
- Das, Braja M. 1994. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : Erlangga
- Hardiyatmo H .C. 2012. *Mekanika Tanah I*. Bandung. Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo H. C. 2002. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Jumikis, A. R., *Rock Mechanics*. United States of America: Trans Tech Publications. 1979.
- National Research Institute of Public Works Research Institute Geological and Geotechnical Research Group Geological. (2019, Juni 29). *Dokenbo* Diambil kembali dari [dokenbo.org: http://dokenbo.org/](http://dokenbo.org/)
- SNI 3423-2008 *Cara Uji Analisis Ukuran Butiran Tanah (Hydrometer)*
- Terzaghi, K. dan Peck, R. (1987). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2<sup>nd</sup> edition, terjemahan Krisna, B. dan Witjaksono, B. Jakarta: Erlangga.
- Tim Mekanika Tanah. 2015. *Buku Pedoman Praktikum Mekanika Tanah*. Pekanbaru: Program Studi S1 Teknik Sipil.