

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan terbentuknya Universitas Pasir Pengaraian menjadi sebuah Perguruan Tinggi, dimana pembangunan berkembang cukup pesat maka pemerintah daerah menyadari akan tingginya tuntutan pembangunan gedung berlantai banyak sehingga pada awal tahun 2000-an pemerintah kota mewajibkan setiap bangunan yang dibangun lebih dari dua lantai wajib melakukan uji lapisan tanah dengan sondir. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalisir resiko kegagalan bangunan dan memastikan bahwa pondasi bangunan benar-benar menumpu pada tanah keras.

Bangunan-bangunan yang ada di Kabupaten Rokan Hulu pada umumnya dirancang hanya menggunakan pondasi dangkal dan tidak melalui penyelidikan tanah (*soil investigation*) terlebih dahulu. Pihak pelaksana pembangunan pada umumnya menganggap bahwa dimensi dan bentuk pondasi bisa berlaku dimana saja tanpa harus memperhitungkan besarnya beban yang bekerja dan kondisi tanah setempat. Kedalaman pondasi yang dijumpai bervariasi sampai dengan 2,0 m di bawah permukaan tanah. Kondisi inilah yang menjadi penyebab retak-retak pada dinding bangunan akibat tidak menumpunya pondasi pada tanah keras.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Menganalisis lapisan tanah berdasarkan data sondir di wilayah Universitas Pasir Pengaraian. Analisis dilakukan terhadap kapasitas lapisan tanah.
- Memetakan lapisan tanah di Universitas Pasir Pengaraian.
- Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai lapisan tanah kepada perencana, pelaksana konstruksi, dan instansi teknis dalam membangun gedung di Universitas Pasir Pengaraian.

1.3. Batasan Masalah

Lingkup penelitian ini terbatas pada:

- Lokasi penelitian di kampus Universitas Pasir Pengaraian.
- Analisis lapisan tanah menggunakan CPT/sondir
- Metode Schmertmann dan Robertson

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

1. Menurut Fadly Achmad, S.T., M.Eng dkk, 2012 dalam jurnalnya yang berjudul *Pemetaan Kapasitas Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir Di Kota Gorontalo*. Dari hasil pengamatan di beberapa gedung yang ada di Kota Gorontalo, banyak dijumpai dalam kondisi retak akibat penurunan pondasi. Pondasi yang mengalami penurunan umumnya adalah pondasi dangkal yang terletak pada lapisan lempung dengan beban yang relatif besar. Beban bangunan yang begitu besar menyebabkan tanah pendukung pondasi tidak mampu memikulnya. Untuk mengurangi permasalahan yang ditimbulkan oleh tanah setempat, diperlukan peta kapasitas dukung tanah yang dapat memberikan informasi awal kepada pihak-pihak terkait.
2. Menurut Abdurahman Wafi, dkk, 2009 dalam jurnalnya yang berjudul *Pemetaan Zona Lemah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner dan Dutch Cone Penetrometer Test (Dcpt)*. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan tanah, memetakan persebaran zona lemah dan mendapatkan hubungan nilai tekanan konus dengan resistivitas untuk menentukan zona lemah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuisisi data lapangan geolistrik dan DCPT serta mengorelasikan nilai tekanan konus dan resistivitas. Dari penelitian untuk zona lemah didapatkan nilai resistivitas $< 10 \Omega m$ dan nilai tekanan konus $< 20 \text{ kg/cm}^2$. Persebaran zona lemah terdapat pada kedalaman 6-13 meter dengan jarak 30-200 meter untuk lintasan 1, kemudian pada jarak 320 meter untuk lintasan 14, serta pada jarak 330-340 meter dan 400-440 meter untuk lintasan 16. Hasil korelasi antara resistivitas dengan tekanan konus diperoleh bahwa keduanya dapat digunakan untuk menentukan zona lemah akan tetapi untuk sifat kelistrikan batuan tidak bisa dijadikan acuan untuk mengetahui tingkat kekerasan tanah begitu juga sebaliknya.
3. Menurut Munirwansyah, dkk, 2013 dalam jurnalnya yang berjudul *INTERPRETASI BEARING LAYER (KONTUR LAPISAN TANAH KERAS) DI BAWAH PERMUKAAN DENGAN PROGRAM SURFER (KECAMATAN : SYIAH KUALA – ULEE KARENG – KUTA ALAM)*. Penelitian ini bertujuan untuk mencari letak bearing layer di bawah permukaan tanah pada lokasi Kecamatan Syiah Kuala,

Kecamatan Ulee Kareng, dan Kecamatan Kuta Alam. Data yang digunakan adalah data Cone Penetration Test (CPT) yang diperoleh dari laboratorium Mekanika Tanah. Adapun jumlah titik sondir adalah 38 titik. Pengambilan data letak koordinat titik penelitian di lapangan dilakukan dengan menggunakan GPS (Global Positioning System) dan alat ini satu-satunya sistem navigasi satelit yang berfungsi dengan baik. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program surfer. Surfer merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang berdasarkan pada grid. Perangkat lunak ini merupakan plotting data tabular XYZ tak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (grid) yang beraturan. Grid adalah serangkaian garis vertikal dan horizontal yang dalam surfer berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan surface tiga dimensi. Garis vertikal dan horizontal ini memiliki titik-titik perpotongan. Pada titik perpotongan ini disimpan nilai Z yang berupa titik ketinggian atau kedalaman. Gridding merupakan proses pembentukan rangkaian nilai Z yang teratur dari sebuah data XYZ. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk perencanaan gedung atau infrastruktur lainnya di daerah daratan dan transisi kota Banda Aceh. Untuk menentukan lapisan tanah dasar (bearing stratum), untuk bangunan sederhana menggunakan lapisan tanah dengan $q_c = 0-10$ kg/cm². Untuk bangunan dengan beban sedang dapat menggunakan lapisan tanah dengan $q_c = 10-50$ kg/cm². Untuk bangunan dengan beban besar maka dapat menggunakan lapisan tanah dengan $q_c = 50-120$ kg/cm² dan $q_c \geq 120$ kg/cm². Penelitian ini memberikan informasi lebih lanjut tentang lapisan tanah kepada perencana untuk bearing stratum agar dapat ditumpukan fondasi sesuai dengan beban.

2.2. Keaslian Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Universitas Pasir Pengaraian dalam pelaksanaan penelitian akan dilaksanakan bulan maret menggunakan alat uji sondir yang dimiliki oleh laboratorium geoteknik Universitas Pasir Pengaraian Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil.

Sejauh ini belum adanya informasi tentang adanya penelitian yang dilakukan terhadap kesetabilan tanah pada area Universitas Pasir Pengaraian dengan menggunakan alat uji sondir (CPT). Data yang didapat dari uji cpt akan dipergunakan sebagai landasan

menentukan daya dukung tanah yang ada diarea tersebut, serta sebagai dasar untuk mengetahui gaya geser tanah dan sebagai data menentukan pondasi yang dipergunakan diarea tersebut.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Karakteristik Tanah

Menurut r.f. Craig (Budi Susilo S, edisi keempat) mengatakan bahwa tanah merupakan akumulasi mineral yang tidak memiliki atau lemah terhadap ikatan antara partikel, yang terbentuk karena pelapukan antara batuan. Diantar partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*void space*) yang berisi air dan atau udara.

3.2 Komposisi Tanah dan Istilah

Joseph E. Bowles (Johan K. Halnim) edisi kedua mengatakan tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

- a. Berangkal (*boulders*)-potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm, untuk kisaran ukuran 150 sampai 250 mm, fragmen aturan ini disebut kerakal(*cobbles*) atau pebbles.
- b. Krikil (*gravel*) merupakan partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*) merupakan partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm. Berkisar dari kasar (3 sampai 5 mm) sampai halus ($1 < 1$ mm).
- d. Lanau (*silt*) merupakan partikel batuan yang berukuran dari 0,002 sampai 0,074 mm.
- e. Lempung (*clay*) merupakan mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama kohesi pada tanah
- f. Koloid (*colloids*) merupakan mineral yang diam berukuran 0,001 mm.

3.3 Pengertian Klasifikasi Tanah

Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperoleh klasifikasi umum yang dapat membantu dalam memprediksi perilaku tanah ketika mengalami pembebanan. Metode yang telah dibuat didasarkan pada pengalaman yang diperoleh dalam perancangan fondasi dan riset. Dari sini, tanah fondasi yang ditinjau menurut klasifikasi tertentu dapat diprediksi perilakunya, yaitu didasarkan pada pengalaman di lokasi lain, namun memiliki tipe tanah yang sama.

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya.

Sistem klasifikasi memberikan bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat tanah yang bervariasi tanpa penjelasan yang terinci.

g. Fungsi Klasifikasi Tanah

Dalam perancangan fondasi, klasifikasi tanah berguna sebagai petunjuk awal dalam memprediksi kelakuan tanah. Engineer akan mempunyai gambaran yang baik mengenai perilaku tanah tersebut dalam berbagai situasi, misalnya selama konstruksi, di bawah beban-beban struktural dan lain lain.

3.4 Sistem Klasifikasi AASHTO (1929)

Tabel 3.1 Klasifikasi Untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (System AASHTO)

Klasifikasi umum	Tanah berlanau-lempung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Analisis ayakan (% lolos No. 10 No. 40 No. 200)	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Maks 11	Maks 41 Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Tabel Lanjutan 3.1 Klasifikasi Untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (System AASHTO)

Klasifikasi umum	Tanah berlanau-lempung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Analisis ayakan (% lolos No. 10 No. 40 No. 200)	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Maks 11	Maks 41 Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Sumber : System AASHTO

Hasil dari uji analisis distribusi butir suatu tanah adalah sebagai berikut :

Presentase butiran yang lolos ayakan No.10 = 100%

Presentase butiran yang lolos ayakan No.40 = 58%

Presentase butiran yang lolos ayakan No.200 = 58%

Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) dari tanah yang lolos ayakan No.40 adalah 30 dan 10

Klasifikasikan tanah tersebut dengan cara AASHTO

95% dari berat suatu tanah lolos ayakan no.200 dan mempunyai batas cair 60 dan indeks plastisitas 40. Klasifikasikan tanah tersebut dengan sistem AASHTO

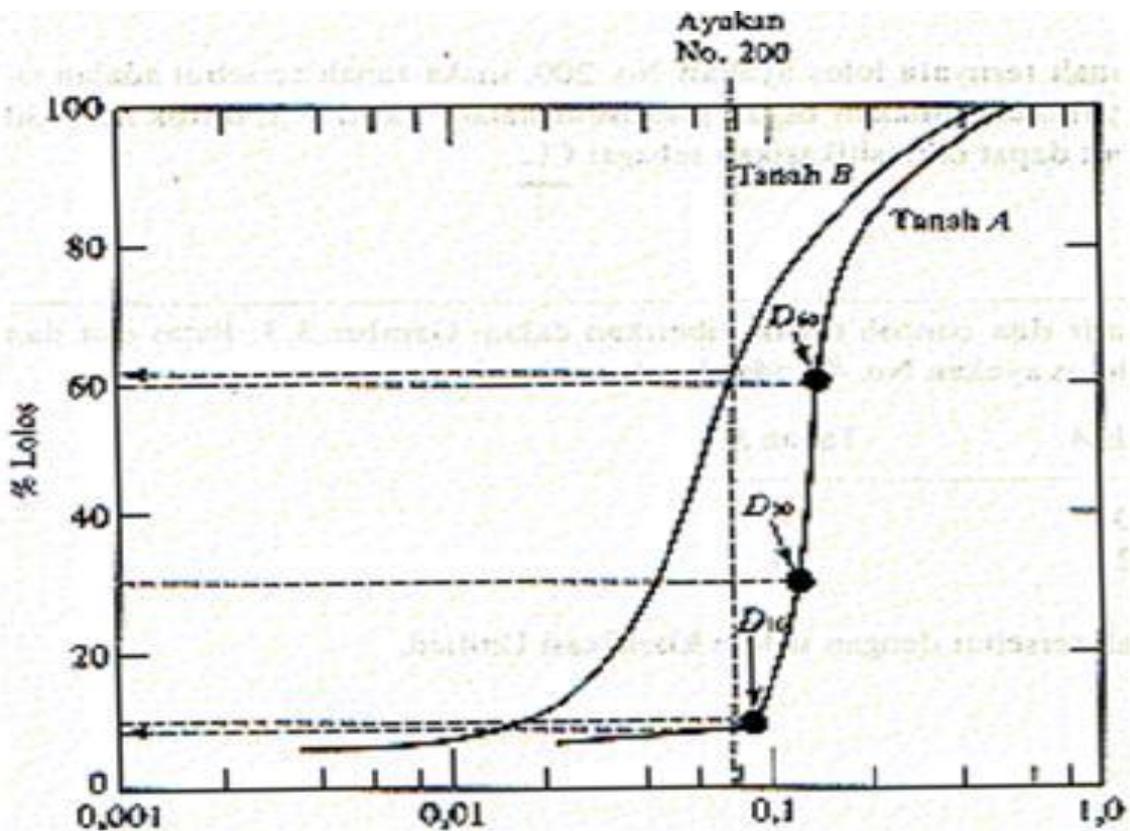
Klasifikasikan tanah berikut dengan metode AASTHO

Tabel 3.2. Tabel Ayakan

Analisis ayakan yang % lolos					
Tanah	No. 10	No. 40	No. 200	Batas cair	Batas plasti
A	48	25	6	-	NP
B	87	62	30	32	8
C	90	76	34	37	12
D	100	75	8	-	NP
E	92	74	32	44	9

NP = tidak didapatkan

Sumber : System AASTHO



Gambar 3.1. Grafik Persentasi

3.5 Sistem Klasifikasi USCS

Dalam sistem klasifikasi tersebut secara garis besar tanah dibagi dalam 2 kelompok kelompok tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus yang didasarkan material yang lolos saringan nomor 200 (diameter 0,075 mm). Huruf pertama pada pemberian nama kelompoknya, adalah merupakan singakatan dari jenis-jenis tanah berikut :

- G = kerikil (*gravel*)
- S = pasir (*sand*)
- M = lanau (silt, huruf M singkatan dari MO, bahasa Skandinavia)
- C = lempung (*clay*)
- O = organik (*organic*)
- Pt = gambut (*peat*)

Huruf-huruf kedua dari klasifikasi dinyatakan dalam istilah-istilah :

- W = gradasi baik (*well graded*)
- P = gradasi buruk (*poor graded*)
- L = plastisitas rendah (*low plasticity*)
- H = plastisitas tinggi (*high plasticity*)

- **Definisi Tanah (Berdasarkan Pengertian yang Menyeluruh)**

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang *secara fisik* berfungsi sebagai tempat tumbuh & berkembangnya perakaran penopang tegak tumbuhnya tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan udara; *secara kimiawi* berfungsi sebagai gudang dan menyuplai hara atau nutrisi (senyawa organik dan anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial seperti: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, Cl); dan *secara biologi* berfungsi sebagai habitat biota (organisme) yang berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan zat-zat aditif (pemacu tumbuh, proteksi) bagi tanaman, yang ketiganya secara integral mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan biomass dan produksi baik tanaman pangan, tanaman obat-obatan, industri perkebunan, maupun kehutanan.

- **Fungsi Tanah**

1. Tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran
2. Penyedia kebutuhan primer tanaman (air, udara, dan unsur-unsur hara)
3. Penyedia kebutuhan sekunder tanaman (zat-zat pemacu tumbuh: hormon, vitamin, dan asam-asam organik; antibiotik dan toksin anti hama; enzim yang dapat meningkatkan kesediaan hara.
4. Sebagai habitat biota tanah, baik yang berdampak positif karena terlibat langsung atau tak langsung dalam penyediaan kebutuhan primer dan sekunder tanaman

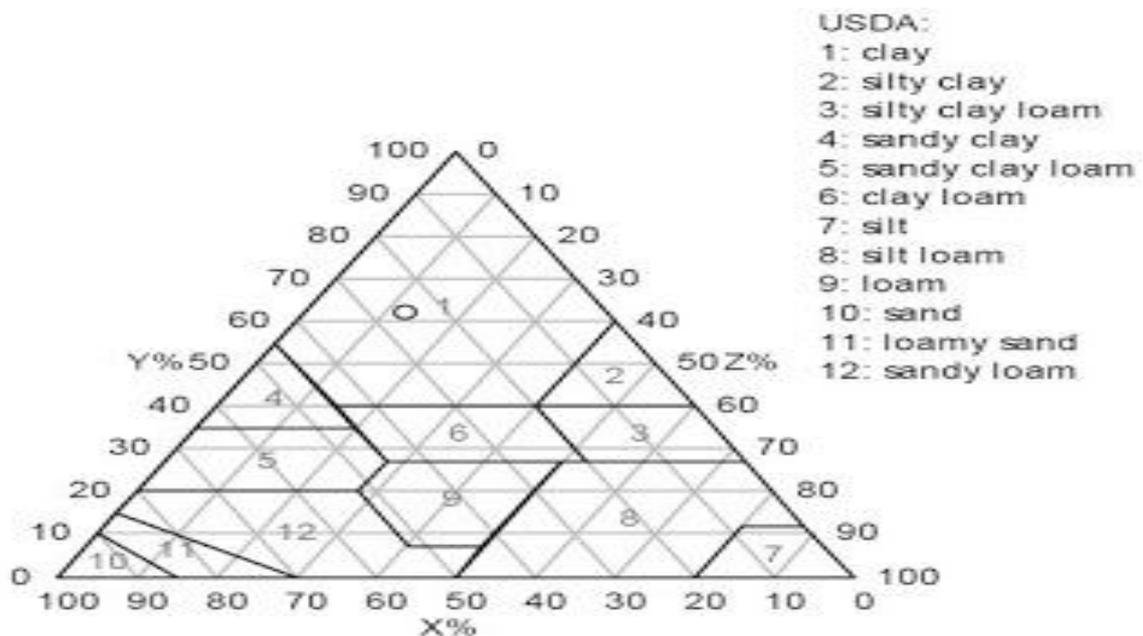
tersebut, maupun yang berdampak negatif karena merupakan hama & penyakit tanaman.

- **Tekstur Tanah**

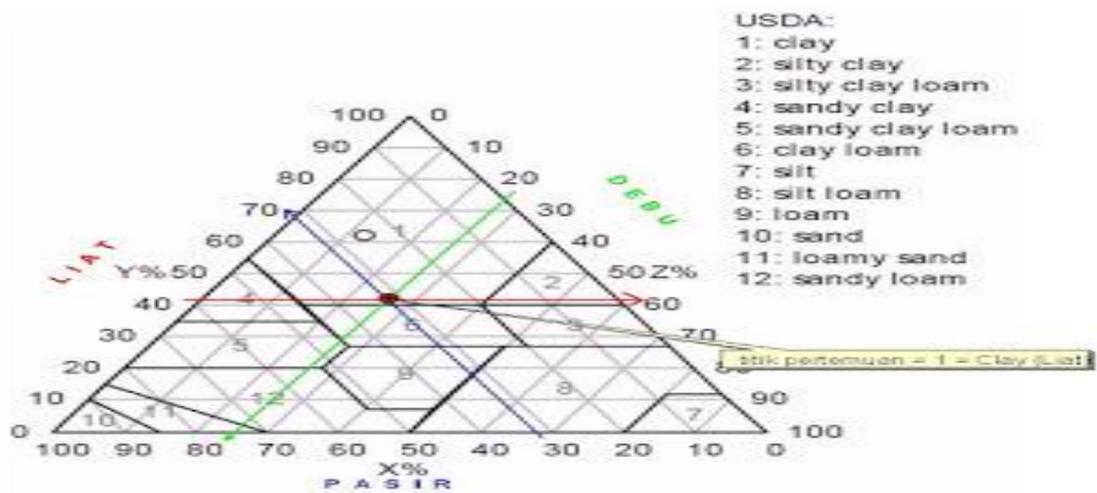
Tekstur tanah adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung pada tanah (Badan Pertanahan Nasional). dari ketiga jenis fraksi tersebut partikel pasir mempunyai ukuran diameter paling besar yaitu 2 - 0.05 mm, debu dengan ukuran 0.05 - 0.002 mm dan liat dengan ukuran < 0.002 mm (penggolongan berdasarkan USDA). keadaan tekstur tanah sangat berpengaruh terhadap keadaan sifat-sifat tanah yang lain seperti struktur tanah, permeabilitas tanah, porositas dan lain-lain.

Segitiga tekstur merupakan suatu diagram untuk menentukan kelas-kelas tekstur tanah. ada 12 kelas tekstur tanah yang dibedakan oleh jumlah persentase ketiga fraksi tanah tersebut, misalkan hasil analisis lab menyatakan bahwa persentase pasir (X) 32%, liat (Y) 42% dan debu (Z) 26%, berdasarkan diagram segitiga tekstur maka tanah tersebut masuk kedalam golongan tanah bertekstur pasir.

Menurut Hardjowigeno (1992) tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah. Tekstur tanah merupakan perbandingan antara butir-butir pasir, debu dan liat. Tekstur tanah dikelompokkan dalam 12 klas tekstur. Kedua belas klas tekstur dibedakan berdasarkan prosentase kandungan pasir, debu dan liat.



Gambar 3.2. Tekstur Tanah



Gambar 3.3. Tekstur Tanah

Tabel 3.3 Proporsi Fraksi menurut Kelas Tekstur Tanah

Kelas Tekstur Tanah	Proporsi (%) fraksi tanah		
	Pasir	Debu	Liat
Pasir (<i>Sandy</i>)	85	15	10
Pasir Berlempung (<i>Loam Sandy</i>)	70-90	30	15
Lempung Berpasir (<i>Sandy Loam</i>)	40-87,5	50	20
Lempung (<i>Loam</i>)	22,5-52,5	30-50	10-30
Lempung Liat Berpasir (<i>Sandy-Clay-Loam</i>)	45-80	30	20-37,5
Lempung Liat berdebu (<i>Sandy-silt loam</i>)	20	40-70	27,5-40
Lempung Berliat (<i>Clay Loam</i>)	20-45	15-52,5	27,5-40
Lempung Berdebu (<i>Silty Loam</i>)	47,5	50-87,5	27,5
Debu (<i>Silt</i>)	20	80	12,5
Liat Berpasir (<i>Sandy-Clay</i>)	45-62,5	20	37,5-57,5
Liat Berdebu (<i>Silty-Clay</i>)	20	40-60	40-60
Liat (<i>Clay</i>)	45	40	40

Sumber : USCS

- **Faktor yang Mempengaruhi tekstur dan yang Dipengaruhi Tekstur.**

Faktor – Faktor yang mempengaruhi tekstur tanah yaitu :

1. Klim
2. Bahan induk
3. Topografi
4. Waktu

- **Faktor – faktor yang dipengaruhi tekstur tanah yaitu :**

1. Kemampuan tanah memegang dan menyimpan air
2. Aerasi, serta permeabilitas
3. Kapasitas tukar kation
4. Kesuburan tanah.
5. Infiltrasi
6. Laju pergerakan air (perkolasi)

h. Struktur Tanah

Struktur tanah terbentuk melalui Agregasi berbagai partikel tanah yang menghasilkan bentuk/susunan tertentu pada tanah. Struktur tanah juga menentukan ukuran dan jumlah rongga antar partikel tanah yang mempengaruhi pergerakan air, udara, akar tumbuhan, dan organisme tanah. Beberapa jenis struktur tanah adalah lemah, butir (*granular*), lempeng, balok, prismatic, dan tiang. Pembagian jenis tanah yang dilakukan oleh para ilmuwan ada berbagai macam. Berikut ini adalah beberapa jenis tanah berdasarkan USDA (*United States Department of Agriculture*):

1. *Entisols* adalah tanah yang terbentuk dari sedimen vulkanik serta batuan kapur & metamorf.
2. *Histosols* adalah tanah yang terbentuk dari pembusukkan jaringan tanaman sehingga mengandung banyak bahan organik.
3. *Inceptisols* adalah tanah mineral yang usianya masih muda.
4. *Vertisols* adalah tanah mineral dengan warna abu kehitaman, mengandung lempung 30 % banyak terdapat di daerah beriklim kering dan memiliki batuan induk kaya akan kation.
5. *Oxisols* adalah tanah yang mengalami pencucian sehingga kandungan zat hara sedikit sementara kandungan aluminium dan besi tinggi.
6. *Andisols* adalah tanah berwarna gelap yang terbentuk dari endapan vulkanik
7. *Mollisols* adalah tanah mineral yang serupa dgn tanah prairie, terbentuk dari batuan kapur.

8. *Ultisols* adalah tanah yang berwarna kuning-merah yang telah mengalami pencucian.

Komponen tanah terdiri dari beberapa komponen penyusun tanah :

- Bahan Padatan berupa bahan mineral
- Bahan Padatan berupa bahan organik
- Air
- Udara

Bahan tanah tersebut rata-rata 50% bahan padatan (45% bahan mineral dan 5% bahan organik), 25% air dan 25% udara.

Keempat penyusun saling keterkaitan sehingga sukar dipisahkan satu sama lain. Susunan isi lapisan bawah dapat diduga akan berbeda dari lapisan olah. Dibandingkan dengan lapisan olah, lapisan bawah mengandung lebih sedikit bahan organik dan berpersentasi pori kecil lebih tinggi. Ini berarti mengandung lebih banyak mineral dan air.

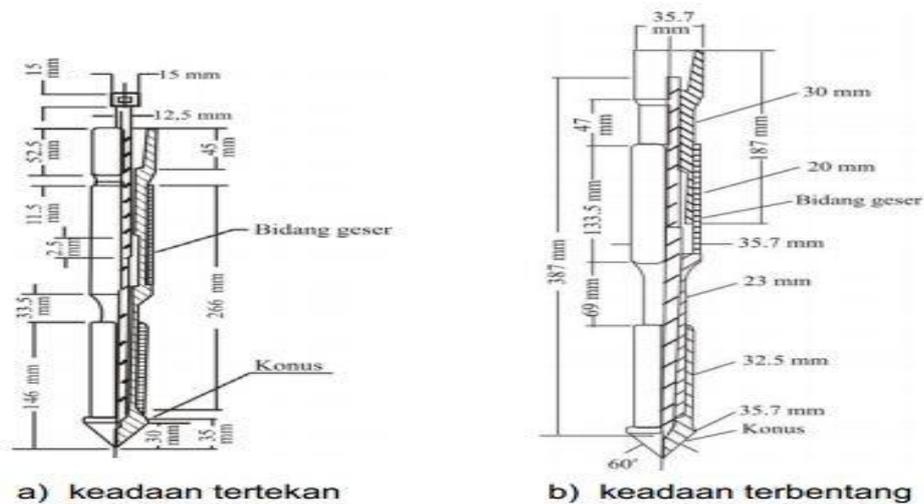
3.6 Syarat Dan Ketentuan Alat Sondir

Dalam desain struktur tanah fondasi sering dilakukan analisis stabilitas dan perhitungan desain pondasi suatu bangunan dengan menggunakan parameter tanah baik tegangan total maupun tegangan efektif. Parameter perlawanan penetrasi dapat diperoleh dengan berbagai cara. Dalam melakukan uji penetrasi lapangan ini digunakan metode pengujian lapangan dengan alat sondir (SNI 03-2827-1992) yang berlaku baik untuk alat penetrasi konus tunggal maupun ganda yang ditekan secara mekanik (hidraulik). Peralatan uji penetrasi ini antara lain terdiri atas peralatan penetrasi konus, bidang geser, bahan baja, pipa dorong, batang dalam, mesin pembeban hidraulik, dan perlengkapan lainnya. Mengingat diperlukannya parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan untuk keperluan interpretasi perlapisan tanah dan bagian dari desain fondasi suatu bangunan, perlu disusun revisi standar berjudul “Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir”.

Cara uji ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam uji laboratorium geser dengan cara uji langsung terkonsolidasi dengan drainase pada benda uji tanah. Tujuannya adalah untuk memperoleh parameter-parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan, dengan alat sondir (penetrasi quasi statik). Parameter tersebut berupa perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan

geseran total tanah (T_f), yang dapat dipergunakan untuk interpretasi pelapisan tanah dan bagian dari desain fondasi.

Konus yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (lihat Gambar 3.3):



Gambar 3.4. Batang Konus

- ujung konus bersusut 600 ± 50 ;
- ukuran diameter konus adalah $35,7 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$ atau luas proyeksi konus = 10 cm^2 ;
- bagian runcing ujung konus berjari-jari kurang dari 3 mm. Konus ganda harus terbuat dari baja dengan tipe dan kekerasan yang cocok untuk menahan abrasi dari tanah.

3.3.1. Selimut (bidang) geser

Selimut (bidang) geser yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Ukuran diameter luar selimut geser adalah $35,7 \text{ mm}$ ditambah dengan 0 mm s.d $0,5 \text{ mm}$;
- Proyeksi ujung alat ukur penetrasi tidak boleh melebihi diameter selimut geser;
- Luas permukaan selimut geser adalah $150 \text{ cm}^2 \pm 3 \text{ cm}^2$;
- Sambungan-sambungan harus didesain aman terhadap masuknya tanah.

- e. Selimut geser pipa harus mempunyai kekasaran sebesar $0,5 \mu\text{ m AA} \pm 50 \%$.

3.3.2. Pipa dorong

Batang-batang yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Pipa terbuat dari bahan baja dengan panjang 1,00 m;
- b. Pipa harus menerus sampai konus ganda agar penampang pipa tidak tertekuk jika disondir/didorong;
- c. Ukuran diameter luar pipa tidak boleh lebih besar daripada diameter dasar konus ganda untuk jarak minimum 0,3 m di atas puncak selimut geser;
- d. Setiap pipa sondir harus mempunyai diameter dalam yang tetap;
- e. Pipa-pipa tersambung satu dengan yang lainnya dengan penyekrupan, sehingga terbentuk rangkaian pipa kaku yang lurus;
- f. Pipa bagian dalam harus dilumasi untuk mencegah korosi.

Batang-batang dalam yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Batang dalam terbuat dari bahan baja dan terletak di dalam pipa dorong;
- b. Batang-batang dalam harus mempunyai diameter luar yang konstan;
- c. Panjang batang-batang dalam sama dengan panjang pipa-pipa dorong dengan perbedaan kira-kira 0,1 mm;
- d. Batang dalam mempunyai penampang melintang yang dapat menyalurkan perlawanan konus tanpa mengalami tekuk atau kerusakan lain;
- e. Jarak ruangan antara batang dalam dan pipa dorong harus berkisar antara 0,5 mm dan 1,0 mm;
- f. Pipa dorong dan batang dalam harus dilumasi dengan minyak pelumas untuk mencegah korosi;
- g. Pipa dorong dan batang dalam harus bersih dari butiran-butiran untuk mencegah gesekan antara batang dalam dan pipa dorong.

3.3.3. Mesin pembeban hidraulik

Mesin pembeban yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut

- a. Rangka mesin pembeban harus dijepit oleh 2 buah batang penjepit yang diletakkan pada masing-masing jangkar helikoidal agar tidak bergerak pada waktu pengujian;
- b. Rangka mesin pembeban berfungsi sebagai dudukan sistem penekan hidraulik yang dapat digerakkan naik/turun;
- c. Sistem penekan hidraulik terdiri atas engkol pemutar, rantai, roda gigi, gerigi dorong dan penekan hidraulik yang berfungsi untuk mendorong/menarik batang dalam dan pipa dorong;
- d. Pada penekan hidraulik terpasang 2 buah manometer yang digunakan untuk membaca tekanan hidraulik yang terjadi pada waktu penekanan batang dalam, pipa dorong dan konus (tunggal atau ganda). Untuk pembacaan tekanan rendah disarankan menggunakan manometer berkapasitas 0 Mpa s.d 2 MPa dengan ketelitian 0,05 Mpa. Untuk pembacaan tekanan menengah digunakan manometer berkapasitas 0 MPa s.d 5 MPa dengan ketelitian 0,05 MPa, dan untuk pembacaan tekanan tinggi digunakan manometer berkapasitas 0 MPa s.d 25 MPa dengan ketelitian 0,1 MPa.

3.7 Pengujian

Batasan peralatan dan perlengkapan

Persyaratan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Ketelitian peralatan ukur dengan koreksi sekitar 5 %;
- b. Deviasi standar pada alat penetrasi secara mekanik:
- c. untuk perlawanan konus (q_c) adalah 10 %;
- d. untuk perlawanan geser (f_s) adalah 20 %;
- e. Alat ukur harus dapat mengukur perlawanan penetrasi di permukaan dengan dilengkapi alat yang sesuai, seperti mesin pembeban hidraulik;

- f. Alat perlengkapan mesin pembeban harus mempunyai kekakuan yang memadai, dan diletakkan di atas dudukan yang kokoh serta tidak berubah arah pada waktu pengujian;
- g. Pada alat sondir ringan (< 200 kg) biasanya tidak dapat menembus untuk 2 m s.d 3 m sehingga datanya tidak bermanfaat;
- h. Pada alat sondir berat (> 200 kg) digunakan sistem angker; namun di daerah tanah lunak tidak dapat digunakan kecuali dengan pemberian beban menggunakan karungkarung pasir.

3.8 Cara Pengujian Persiapan Pengujian

Lakukan persiapan pengujian sondir di lapangan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Siapkan lubang untuk penusukan konus pertama kalinya, biasanya digali dengan linggis sedalam sekitar 5 cm;
- b. Masukkan 4 buah angker ke dalam tanah pada kedudukan yang tepat sesuai dengan letak rangka pembeban;
- c. Setel rangka pembeban, sehingga kedudukan rangka berdiri vertikal;
- d. Pasang manometer 0 MPa s.d 2 MPa dan manometer 0 MPa s.d 5 MPa untuk penyondiran tanah lembek, atau pasang manometer 0 MPa s.d 5 MPa dan manometer 0 MPa s.d 25 MPa untuk penyondiran tanah keras;
- e. Periksa sistem hidraulik dengan menekan piston hidraulik menggunakan kunci piston, dan jika kurang tambahkan oli serta cegah terjadinya gelembung udara dalam sistem;
- f. Tempatkan rangka pembeban, sehingga penekan hidraulik berada tepat di atasnya;
- g. Pasang balok-balok penjepit pada jangkar dan kencangkan dengan memutar baut pengecang, sehingga rangka pembeban berdiri kokoh dan terikat kuat pada permukaan tanah. Apabila tetap bergerak pada waktu pengujian, tambahkan beban mati di atas balok-balok penjepit;
- h. Sambung konus ganda dengan batang dalam dan pipa dorong serta kepala pipa dorong; dalam kedudukan ini batang dalam selalu menonjol keluar sekitar 8 cm di

atas kepala pipa dorong. Jika ternyata kurang panjang, bisa ditambah dengan potongan besi berdiameter sama dengan batang dalam.

3.9 Prosedur Pengujian Penetrasi Konus

Lakukan pengujian penetrasi konus ganda dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Tegakkan batang dalam dan pipa dorong di bawah penekan hidraulik pada kedudukan yang tepat;
- b. Dorong/tarik kunci pengatur pada kedudukan siap tekan, sehingga penekan hidraulik hanya akan menekan pipa dorong;
- c. Putar engkol searah jarum jam, sehingga gigi penekan dan penekan hidraulik bergerak turun dan menekan pipa luar sampai mencapai kedalaman 20 cm sesuai interval pengujian;
- d. Pada tiap interval 20 cm lakukan penekanan batang dalam dengan menarik kunci pengatur, sehingga penekan hidraulik hanya menekan batang dalam saja.
- e. Putar engkol searah jarum jam dan jaga agar kecepatan penetrasi konus berkisar antara 10 mm/s sampai 20 mm/s \pm 5. Selama penekanan batang pipa dorong tidak boleh ikut turun, karena akan mengacaukan pembacaan data.

3.10 Pembacaan Hasil Pengujian

Lakukan pembacaan hasil pengujian penetrasi konus sebagai berikut:

- a. Baca nilai perlawanan konus pada penekan batang dalam sedalam kira-kira 4 cm pertama (kedudukan 2, lihat Gambar 4) dan catat pada formulir (Lampiran C) pada kolom Cw ;
- b. Baca jumlah nilai perlawanan geser dan nilai perlawanan konus pada penekan batang sedalam kira-kira 4 cm yang ke-dua (kedudukan 3, lihat Gambar 4) dan catat pada formulir (Lampiran C) pada kolom Tw.

3.11 Prosedur Pengulangan Pengujian

Ulangi langkah-langkah pengujian tersebut di atas hingga nilai perlawanan konus mencapai batas maksimumnya (sesuai kapasitas alat) atau hingga kedalaman

maksimum 20 m s.d 40 m tercapai atau sesuai dengan kebutuhan. Hal ini berlaku baik untuk sondir ringan ataupun sondir berat.

3.12 Perhitungan Data Pengujian

Rumus-rumus perhitungan Prinsip dasar dari uji penetrasi statik di lapangan adalah dengan anggapan berlaku hukum Aksi Reaksi (persamaan 10), seperti yang digunakan untuk perhitungan nilai perlawanan konus dan nilai perlawanan geser di bawah ini.

3.9.1. Perlawanan konus (qc)

Nilai perlawanan konus (qc) dengan ujung konus saja yang terdorong, dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{ konus }} = P_{\text{ piston }} \dots\dots\dots (1)$$

$$q_c \times A_c = C_w \times A_{pi}$$

$$q_c = C_w \times A_{pi} / A_c \dots\dots\dots (2)$$

$$A_{pi} = \pi (D_{pi})^2 / 4 \dots\dots\dots (3)$$

$$A_c = \pi (D_c)^2 / 4 \dots\dots\dots (4)$$

3.9.2. Perlawanan geser (fs)

Nilai perlawanan geser lokal diperoleh bila ujung konus dan bidang geser terdorong bersamaan, dan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{ konus }} + P_{\text{ geser }} = P_{\text{ piston }} \dots\dots\dots (5)$$

$$(q_c \times A_c) + (f_s \times A_s) = T_w \times A_{pi}$$

$$(C_w \times A_{pi}) + (f_s \times A_s) = T_w \times A_{pi}$$

$$f_s = K_w \times A_{pi} / A_s \dots\dots\dots (6)$$

$$A_s = \pi D_s L_s \dots\dots\dots (7)$$

$$K_w = (T_w - C_w) \dots\dots\dots (8)$$

3.9.3. Angka banding geser (Rf)

Angka banding geser diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai perlawanan geser lokal (fs) dengan perlawanan konus (qs), dan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R_f = (f_s / q_c) \times 100 \dots\dots\dots (9)$$

3.9.4. Geseran total (Tf)

Nilai geseran total (T_f) diperoleh dengan menjumlahkan nilai perlawanan geser lokal (f_s) yang dikalikan dengan interval pembacaan, dan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T_f = (f_s \times \text{interval pembacaan}) \dots\dots\dots (10)$$

dengan :

- C_w : pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus (kpa);
- T_w : pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus dan geser (kpa);
- K_w : selisih dengan (kpa);
- P_{konus} : gaya pada ujung konus (kn);
- P_{piston} : gaya pada piston (kn);
- Q_c : perlawanan konus (kpa);
- F : perlawanan geser lokal (kpa);
- R_f : angka banding geser (%);
- T_f : geseran total (kpa);
- A_{pi} : luas penampang piston (cm²);
- D_{pi} : diameter piston (cm);
- A_c : luas penampang konus (cm²);
- $D_c = D_s$: diameter konus sama dengan diameter selimut geser (cm);
- A_s : luas selimut geser (cm²);
- D_s : diameter selimut geser (cm);
- L_s : panjang selimut geser (cm)

3.13. Prosedur Perhitungan

Lakukan perhitungan perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total (T_f) tanah dan penggambaran hasil pengujian dengan tahapan berikut.

3.14. Cara Perhitungan

- a. Hitung perlawanan konus (q_c) bila ujung konus saja yang terdorong dengan menggunakan persamaan (1) s.d (4).

- b. Hitung perlawanan geser (f_s) lokal bila ujung konus dan bidang geser terdorong bersamaan dengan menggunakan persamaan (5) s.d (8).
- c. Hitung angka banding geser (R_f) dengan menggunakan persamaan (9).
- d. Hitung geseran total (T_f) tanah dengan menggunakan persamaan (10).

3.15. Penghentian Pengujian Sondir

Pengujian sondir mekanis dapat dihentikan pada saat perlawanan konus telah sesuai aturan sebagai berikut:

- a. Sondir ringan maksimal 2.5 ton: tekanan manometer 3 x berturut-turut ≥ 250 kg/cm^2 pada kedalaman maksimal 30 m
- b. Sondir berat maksimal 5 ton : tekanan manometer 3 x berturut-turut ≥ 500 kg/cm^2 pada kedalaman maksimal 50 m

3.16. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir Atau CPT

Alat sondir atau CPT memberikan tekanan konus dengan atau tanpa hambatan pelekak (*friction resistance*) yang dapat dikorelasikan pada parameter tanah seperti *undrained shear strength*, kompresibilitas tanah dan dapat memperkirakan jenis lapisan tanah. Data CPT dapat digunakan untuk menetapkan lapisan yang diperbolehkan dan untuk merancang pondasi. Data dapat digunakan untuk menguatkan metode – metode pengujian lain dan dapat digunakan untuk memperkirakan klasifikasi tanah.

Adapun klasifikasi tanah yang dilakukan penyondiran di Kampus Universitas Pasir Pengaraian terbagi 5 zona adapun 1 zona terdiri dari 5 titik stiap zona yang di jelaskan ditabel 3.4:

Tabel 3.4 Titik Koordinat CPT

ZONA	NO TITIK	NAMA	KOORDINAT
1	1	Belakang Perputakaan	N 00°55'51.3'' E 100°19'41.9''
1	2	Samping Lap. Basket	N 00°55'45.5'' E 100°19'38.2''

Sumber : Data Penelitian GPS 2016

Tabel Lanjutan 3.4 Titik Koordinat CPT

ZONA	NO TITIK	NAMA	KOORDINAT
1	3	Depan Teknik Imformatika	N 00°55'46.1'' E 100°19'44.8''
1	4	Dekat Lapangan Volly	N 00°55'45.6'' E 100°19'43.4''
1	5	Belakang Teknik	N 00°55'45.0'' E 100°19'42.8''
2	1	Samping Fak. Hukum	N 00°55'48.9'' E 100°19'46.2''
2	2	Depan Fakultas Hukum	N 00°55'47.5'' E 100°19'44.6''
2	3	Belakang Fak. Hukum	N 00°55'48.0'' E 100°19'47.0''
2	4	Depan Akbid	N 00°55'48.7'' E 100°19'54.7''
2	5	Teknik Imformatika	N 00°55'46.8'' E 100°19'47.2''
3	1	Ujung Pertanian	N 00°55'52.5'' E 100°19'53.2''
3	2	Samping Kandang Ayam	N 00°55'52.0'' E 100°19'52.2''
3	3	Tikungan Pertanian	N 00°55'52.8'' E 100°19'45.5''
3	4	Depan Pertanian	N 00°55'52.7'' E 100°19'47.8''
3	5	Pertanian Batas Upp	N 00°55'55.5'' E 100°19'52.2''

Tabel Lanjutan 3.4 Titik Koordinat CPT

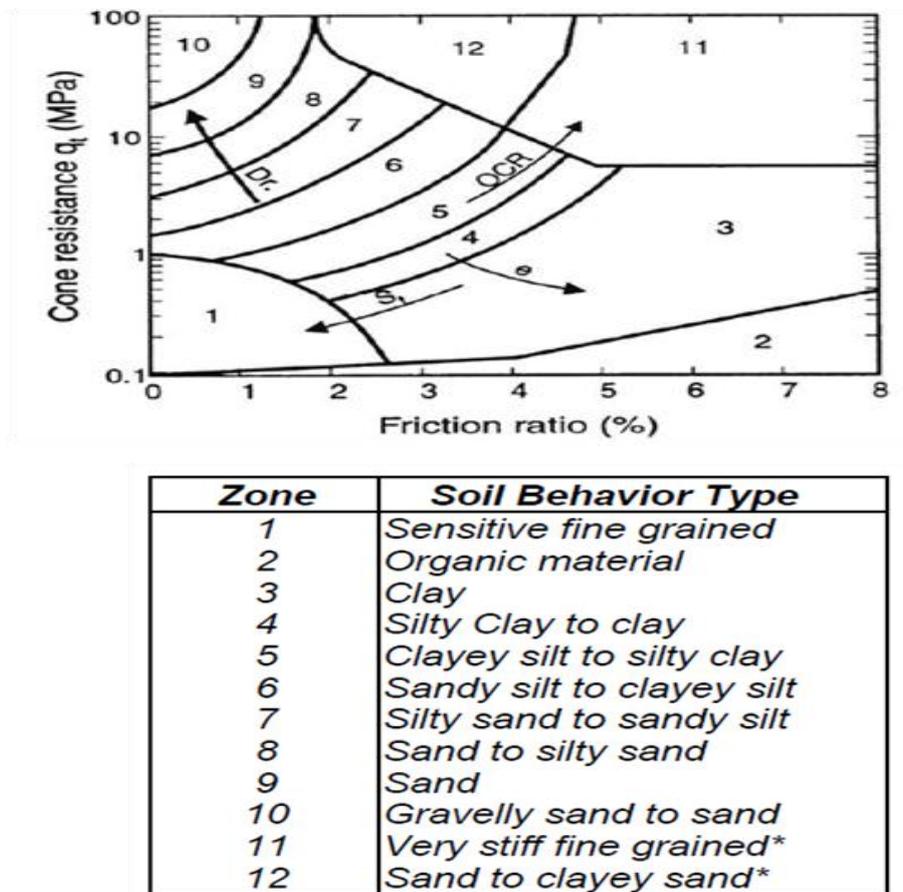
ZONA	NO TITIK	NAMA	KOORDINAT
4	1	Depan FKIP	N 00°55'48.2'' E 100°19'36.6''
4	2	Belakang Mushola	N 00°55'52.6'' E 100°19'40.4''
4	3	Tik. Pohon (Ged. Baru)	N 00°55'52.0'' E 100°19'36.8''
4	4	Depan Kandang Sapi	N 00°55'53.1'' E 100°19'53.1''
4	5	Depan Gedung Baru	N 00°55'52.2'' E 100°19'35.9''
5	1	Belakang Homestay	N 00°55'43.6'' E 100°19'35.3''
5	2	Samping Homestay	N 00°55'45.2'' E 100°19'37.3''
5	3	Samping Jln Besar	N 00°55'40.4'' E 100°19'36.3''
5	4	Homstay Mapala	N 00°55'43.6'' E 100°19'36.9''
5	5	Semangka	N 00°55'44.4'' E 100°19'32.2''

Sumber : Data Penelitian GPS 2016

3.17. Metode Robertson

Metode interpretasi stratigrafi dari data CPT menggunakan kurva SBT dari Robertson (1986) yang memiliki korelasi baik dengan klasifikasi tanah berbasis ukuran butir (USCS) (Amorosi et al., 1999). Plot tahanan konus (qt) terhadap friction ratio

merupakan ekspresi dari besar butir, tekstur dan konsistensi, sehingga dapat digunakan untuk mendapatkan profil stratigrafi bawah permukaan (Robertson, 1986) (Gambar3.3).



Gambar 3.5 CPT Soil Behaviour Chart (SBT) (Robertson, 1986)

Estimasi parameter keteknikan seperti kuat geser tak teralirkan, kepadatan relatif dan rasio overkonsolidasi dapat dilakukan menggunakan data CPT (Robertson, 2006).

Perhitungan kuat geser tak teralirkan dari data CPT (Robertson, 1990) :

$$S_u = \frac{q_t - \sigma_v}{N_{kt}} \dots \dots \dots (11)$$

$$N_{kt} = 10,50 + 7 \log F_r \dots \dots \dots (12)$$

Dengan :

- Su = Kuat geser tak teralirkan (kPa);
- Q_t = Tahanan konus (MPa);
- σ_v = Tegangan vertikal awal (MPa);
- FR = Rasio friksi (%)

Perhitungan kepadatan relatif (D_r) dari data CPT (Robertson, 1990):

$$D_r = \frac{1}{c_2} \ln \frac{q_{c1}}{c_0} \dots\dots\dots (13)$$

$$q_{ct} = \frac{(q_c/p_a)}{(\sigma'_{vo}/p_a)^{0.5}} \dots\dots\dots (14)$$

Dengan :

c_2 dan c_0 = Konstanta tanah,

q_{c1} = Tahanan konus yang dikoreksi terhadap tekanan *overburden*.

Perhitungan nilai *overconsolidation ratio* (OCR) tanah lempung dari data CPT (Robertson, 1990):

$$OCR = k \left(\frac{q_t - \sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \dots\dots\dots (15)$$

Dengan:

q_t = Tahanan konus terkoreksi (MPa)

σ_{vo} = Tegangan vertikal (MPa)

σ_{vo}' = Tegangan vertikal efektif (MPa)

3.18. Metode Schmertman

Schmertmann memberikan persamaan untuk menghitung daya dukung tiang sebagai berikut:

$$Q_{ult} = \frac{(q_{c1} + q_{c2})}{2} A_b + \alpha \left(\sum_{y=0}^{8D} \frac{y}{8D} f_s A_s + \sum_{y=8D}^L f_s A_s \right) \dots\dots\dots (16)$$

dimana :

q_{c1} = Nilai tahanan kerucut minimum rata-rata dengan rentang (0,7 – 4) D di bawah ujung tiang, kg/ cm²

q_{c2} = Nilai tahanan kerucut rata-rata 8D di atas ujung tiang, kg/ cm²

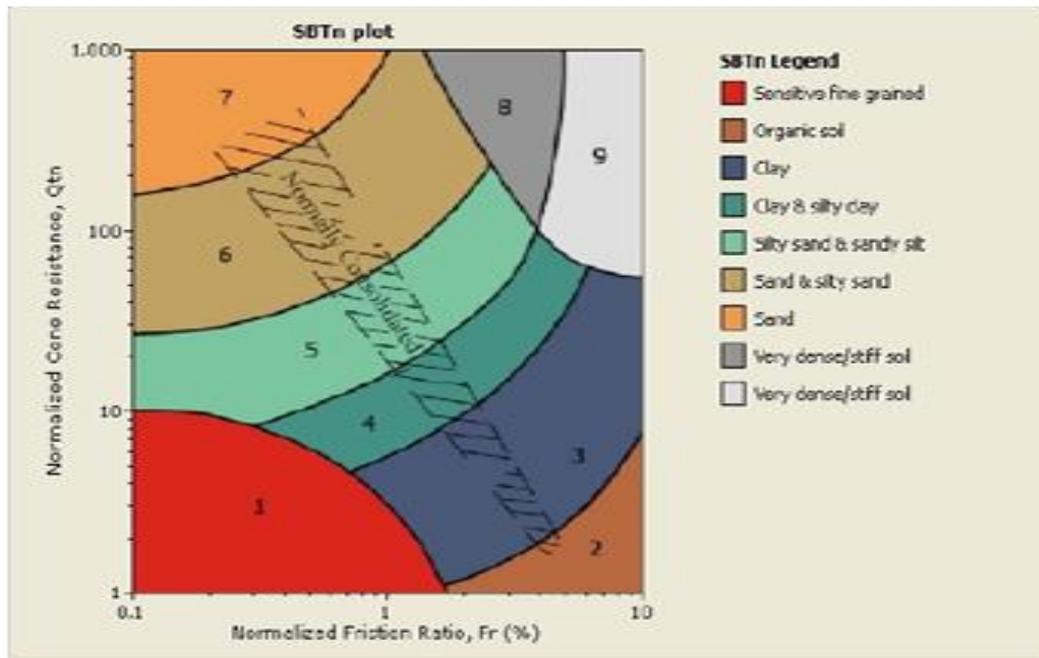
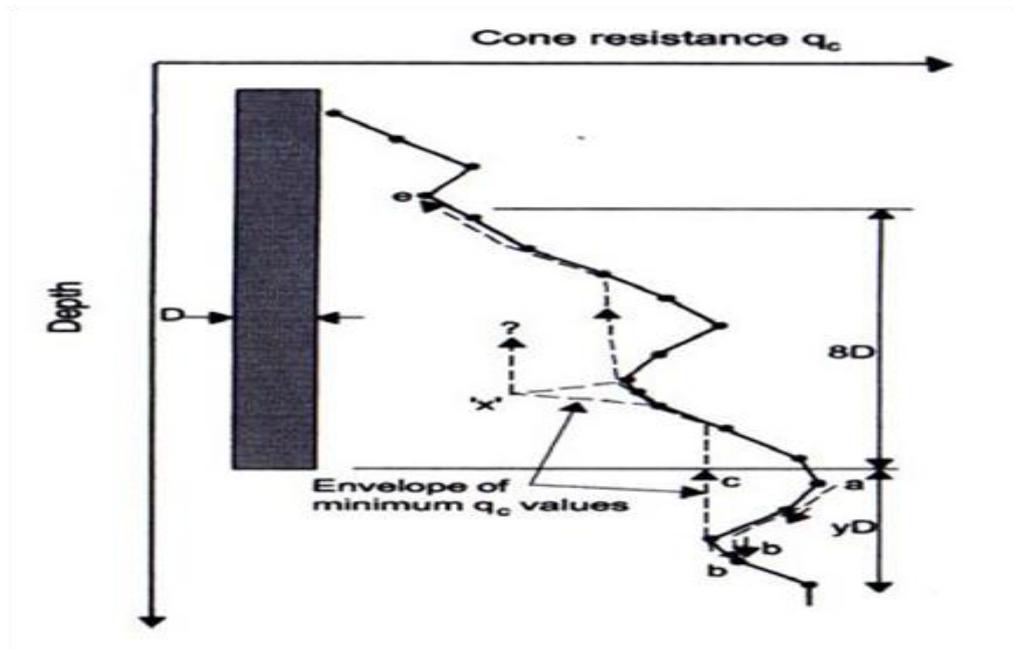
D = Diameter tiang, cm.

q_{c2} = q_c rata-rata pada 8D gunakan yang minimum (c-e) abaikan jalur arah `Z` pada tanah pasir, pakai jalur `Z` tersebut pada tanah lempung (*clay*).

A = Faktor koreksi

D = Diameter tiang, cm,

y = Jarak dimana tahanan dibawah tiang yang dihitung = 4D, cm



Gambar 3.6 Section Statistics Metode Schmertmann

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kampus Universitas Pasir Pengaraian, Desa Kumu, Kec. Rambah Hilir, Kab. Rokan Hulu, Prov. Riau. dengan memperhatikan beberapa lokasi yang memiliki kondisi tanah yang relatif sama.

4.2 Bahan Dan Alat Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian langsung di lapangan (*in situ test*). Data yang diperlukan adalah data primer dan sebagian data sekunder hasil pengujian di lapangan yang dilakukan oleh laboratorium Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian (UPP). Program kerja yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah mencakup seluruh tahapan proses penelitian mulai dari pemilihan lokasi (*sampling*) sampai dengan pemetaan.

Alat Uji:

1. Alat sondir yang digunakan kapasitas 2,5 ton
2. Pipa sondir lengkap dengan batang dalam
3. Manometer 2 buah dengan kapasitas sesuai dengan sondir ringan yaitu 0 – 60 kg/cm² dan 0 – 250 kg/cm²
4. Alat bikonus
5. Angker dengan perlengkapannya.

Ujung alat ini terdiri dari kerucut baja yang mempunyai sudut kemiringan 60° dan berdiameter 35,7 mm atau mempunyai luas penampang 10 cm². Kecepatan penetrasi kira-kira 10 mm/detik. Pembacaan dilakukan tiap penurunan 20 cm dan dihentikan pada kedalaman maksimum yang diinginkan atau sampai batas maksimum pembacaan 250 kg/cm².

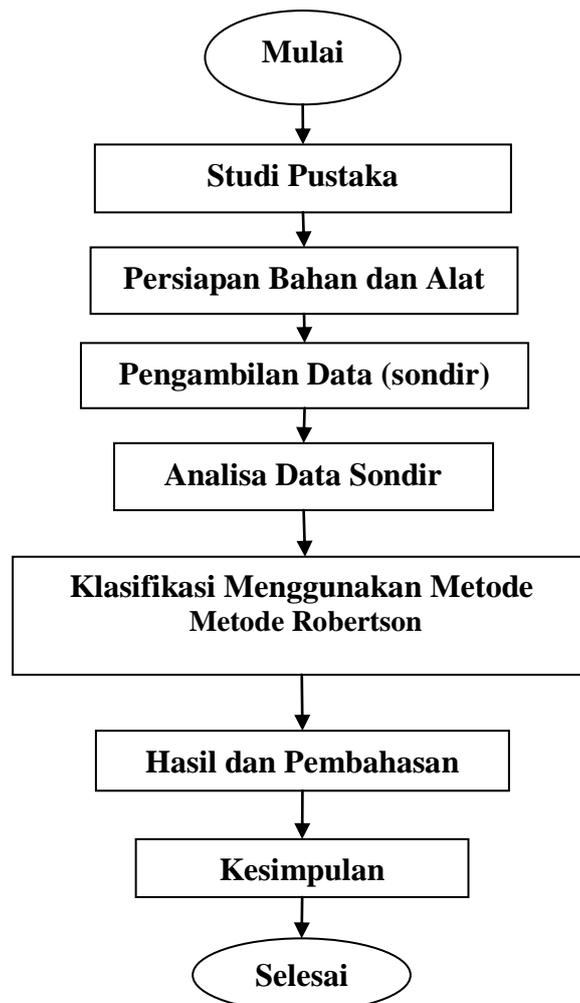
4.3 Metode Pengambilan Data

Metode yang digunakan dalam pengambilan data ini yaitu dengan metode uji langsung pada daerah studi kasus yaitu pada area tanah sekitar Universitas Pasir Pengaraian. Pengujian lapangan (*in situ test*) dilakukan dengan melakukan survey awal terlebih dahulu. Hal ini untuk memastikan letak/posisi pondasi bangunan. Pengujian dilakukan pada tempat-tempat dengan kondisi beban maksimum yakni pada kolom-kolom utama bangunan.

4.4 Metode Pengolahan Data

Data sekunder berupa data pengujian sondir yang dilakukan oleh laboratorium teknik sipil Universitas Pasir Pengaraian yang tersebar di kampus, sementara data primer dilakukan pada lokasi yang belum diuji/tidak ada data sekunder.

4.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.1 Bagan Alir