

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar belakang

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting untuk mendukung keberhasilan pekerjaan konstruksi. Secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari *agregat* (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terfermentasikan (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah menjadi dasar pijakan terakhir untuk menerima pembebanan yang ada di atasnya. Peran tanah yang sangat besar ini harus diketahui baik sifat maupun karakteristik dari tanah itu sendiri sebelum pekerjaan konstruksi dilakukan. Setiap daerah memiliki keadaan tanah yang beragam, baik dari segi jenis tanah, daya dukung tanah, maupun parameter lainnya dari tanah. Potensi gempa baik tektonik maupun vulkanik juga merupakan faktor desain utama di banyak tempat di dunia. Tentu saja hal tersebut dapat mengakibatkan daya dukung dan parameter tanah selalu berubah setiap kali terjadi gempa bumi.

Dalam pekerjaan konstruksi sangat diperlukan untuk mengetahui susunan lapisan tanah yang sebenarnya dan dibutuhkan hasil pengujian. Salah satu pengujian yang dapat dilakukan adalah pengujian sondir maupun hasil dari pengujian laboratorium dari sampel tanah yang diambil dari berbagai kedalaman lapisan tanah. Perlu dilakukan kajian seperti pemetaan tanah dengan kohesi, maupun jenis tanah.

Uji sondir merupakan uji yang paling banyak digunakan pada pekerjaan konstruksi maka dari itu uji sondir diambil untuk menganalisis jenis tanah di Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis tanah berdasarkan kedalaman dan nilai perlawanan konus pada data sondir untuk mendukung keberhasilan pekerjaan konstruksi di Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu. Uji tersebut banyak digunakan karena merupakan salah satu uji lapangan (*in-situ test*) yang sederhana, waktu pelaksanaan yang cepat serta ekonomis karena dilakukan langsung di lapangan dengan hasil uji yang

langsung dapat diketahui. Uji sondir digunakan untuk mendapatkan parameter (angka) *mechanical properties* kekuatan tanah, sedangkan *output* uji sondir menghasilkan tiga parameter, yaitu gesekan selimut (kg/cm), daya dukung ujung konus (kg/cm<sup>2</sup>) dan rasio gesekan (%). Data hasil dari uji sondir atau juga disebut *Cone Penetration Test* (CPT) dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah dengan mempertimbangkan nilai tahanan konus (qc) dan tahanan selimut (fs).

Pada uji sondir, terjadi perubahan yang kompleks dari tegangan tanah saat penetrasi sehingga hal ini mempersulit interpretasi secara teoritis. Dengan demikian meskipun secara teoritis interpretasi hasil uji sondir telah ada, dalam prakteknya uji sondir tetap bersifat empiris.

Diharapkan hasil dari uji sondir ini dapat digunakan sebagai acuan ataupun panduan dalam perencanaan konstruksi yang aman dan ekonomis di Kabupaten Rokan Hulu. Mengingat angka pembangunan di Kabupaten Rokan Hulu sangat pesat salah satunya di Desa Rambah Samo.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Mengacu pada latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah dalam skripsi ini adalah menganalisis jenis tanah menggunakan hasil uji sondir untuk perencanaan konstruksi di Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu.

## **1.3 Tujuan Dan Manfaat Sondir**

### **a. Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis tanah berdasarkan hasil pengujian sondir untuk setiap kedalaman dan nilai perlawanan konus pada pengujian di Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu.

### **b. Manfaat sondir**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk menentukan profil tanah dan mengidentifikasi tanah di Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Data yang digunakan adalah data primer yang diambil dilokasi Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu.

- b. Analisis jenis tanah berdasarkan nilai  $q_c$  dan  $f_s$  pada uji sondir atau CPT.
- c. Analisis pendekatan penentuan jenis tanah menggunakan hasil uji sondir yaitu dengan metode *Robertson et al* (1986) dan metode *Terzaghi*, dkk (1993). Kedua metode tersebut merupakan metode yang sesuai untuk menentukan jenis tanah berdasarkan hasil uji sondir yaitu nilai  $q_c$  dan  $F_s$  dengan jenis tanah yang didapatkan, yang mana berdasarkan metode tersebut didapatkan jenis tanah berdasarkan kedalaman maksimal yang tidak mampu ditembus sondir pada lokasi penelitian adalah jenis tanah yang paling keras. Sedangkan metode *Robertson and Campanella* (1983) pada kedalaman maksimal yang tidak mampu ditembus sondir pada lokasi penelitian ditemukan jenis tanah gambut dan metode *Das B.M* (1994) tidak dapat menentukan jenis tanah pada lokasi penelitian karena nilai  $q_c$  dan  $F_s$  pada metode tersebut tidak sesuai dengan nilai hasil uji sondir ditempat penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam perencanaan konstruksi, mengetahui jenis tanah mempunyai peranan yang sangat penting, salah satunya yaitu untuk mengetahui daya dukung tanah tersebut. Nilai daya dukung tanah tersebut didapatkan dari uji sondir. Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebelumnya dan telah menjadi referensi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan oleh Ruslan Hidayat (2016) dengan judul Analisis Daya Dukung Tanah Dan Bahan Untuk Pondasi Strous Pada Pembangunan Jembatan Karawangwinongan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kapasitas dukung tanah berdasarkan data sondir di wilayah Kecamatan Mojoagung kabupaten Jombang. Metode dalam penelitian ini yaitu pengujian langsung di lapangan (*in situ test*). Adapun spesifikasi alat sondir ini adalah sebagai berikut: Luas Conus  $10 \text{ cm}^2$ , luas piston  $10 \text{ cm}^2$ , luas mantel  $100 \text{ cm}^2$ , adapun hasil yang didapat daya dukung tanah sebesar 25, 917 ton untuk diameter 30 cm, 35, 276 ton untuk diameter 35 cm, 46, 075 ton untuk diameter 40 cm.
2. Penelitian ini dilakukan oleh Bernaton, dkk (2017) dengan judul Analisis Parameter Daya Dukung Tanah Berdasarkan Korelasi Nilai *Standard Penetration Test (SPT)* dan *Cone Penetration Test (CPT)*. Metode dalam penelitian ini menggunakan pengumpulan data lapangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui klasifikasi tanah dan korelasi anatar pengujian CPT atau sondir dengan SPT serta mendapatkan nilai dari dukung tanah berdasarkan teori *mayerhof*, *terzaghi* dan *peck*. Hasil dari penelitian di kota Ketapang pada kedalaman 20 m S1-BH1 diperoleh nilai perlawanan conus ( $q_c$ ) sebesar  $60 \text{ kg/cm}^2$  dan N-SPT sebanyak 12 pukulan didapat angka korelasi  $q_c = 4,7996 N + 5,983$ , S2-BH2 diperoleh nilai perlawan conus  $q_c$  sebesar  $200 \text{ kg/cm}^2$  dan N-SPT sebanyak 43 pukulan didapat angka korelasi  $q_c = 4,0148 N - 21,094$ .

3. Penelitian ini dilakukan oleh Gati Sri Utami (2016) dengan judul Perbandingan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir Dan SPT. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan daya dukung tanah berdasarkan perhitungan data sondir dan SPT. Dalam penelitian ini, metodologi pengumpulan data adalah data sekunder hasil penyelidikan tanah di lapangan, yaitu data Sondir dan SPT. Berdasarkan data Sondir dan SPT dilanjutkan perhitungan daya dukung tanah, kemudian hasil perhitungan dianalisis dan disimpulkan. Dari analisis hasil penelitian didapat sebagai berikut: pada lokasi Kampus ITS kedalaman 6 m, 12 m dan 15 m lebih besar SPT dengan selisih 53%, 55% dan 57% sedangkan kedalaman 3 m dan 9 m lebih besar sondir selisih 797%, 775% dan 760%, pada lokasi persimpangan rel dengan tol Gresik kedalaman 6 m-27 m lebih besar SPT selisih 94%, 81 dengan selisih 113%, 77% dan 65%. Lokasi Kecamatan Driyorejo-Gresik, kedalaman 3 m lebih besar sondir selisih 194%, 256% dan 158%.
4. Penelitian ini dilakukan oleh Asperil Yandi (2017) dengan judul Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Data N-SPT Dan Data Sondir Diverifikasikan Dengan Hasil Uji PDA (*Pile Driving Analyzer*) Dan Capwap (Studi Kasus Proyek Dermaga Di Belinyu. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan daya dukung pondasi tiang tunggal secara analitis dan numeris dengan pengujian dinamik tes di lapangan atau *Pile Driving Analyzer* (PDA) dan CAPWAP. Secara analitis, perhitungan dilakukan dengan analisis manual menggunakan metode Bagemann, deRuitter dan Beringen, Mayerhof (1976), Mayerhof (1956), Tomlinson (1977) yang dilakukan dengan menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data-data dari lapangan yang didapat dari pengujian CPT dan SPT, sedangkan numeris yaitu menghitung dengan menggunakan metode elemen hingga menggunakan program *Plaxis* 2D V.8. Perhitungan dilakukan pada dua titik pengujian dilapangan yaitu titik S1, S2 untuk pengujian CPT sedangkan pengujian SPT yaitu titik BH1, BH2 yang akan diverifikasi dengan pengujian PDA dan CAPWAP pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkal pinang. Dari hasil analisis penelitian didapat rasio perbandingan

daya dukung tiang pancang yang paling mendekati hasil lapangan untuk metode statis dari data N-SPT adalah metode Briaud *et al* (1985) untuk kedalaman 10 m (BH 1) dengan rasio perbandingan 0,90 dari hasil PDA dan 0,91 dari hasil CWPWAP serta untuk kedalaman 4,5 m (BH 2) didapatkan metode Briaud *et al* (1985) dengan rasio perbandingan 1,23 dari hasil PDA dan 1,51 dari hasil CAPWAP sedangkan untuk metode statis dari data sondir adalah metode Imperial College untuk kedalaman 10 m (S 1) dengan rasio perbandingan 1,49 dari hasil PDA dan 1,49 dari hasil CAPWAP. Untuk perbandingan hasil penurunan menggunakan metode Vesic (1977) dengan hasil PDA didapatkan rasio perbandingan 1,137 untuk kedalaman 10 m dan rasio perbandingan 1,106 untuk kedalaman 4,5 m.

5. Penelitian ini dilakukan oleh Bambang Harimei S (2018) dengan judul Analisa Daya Dukung Tanah Pada Perencanaan Sarana dan Prasarana Umum. Penelitian ini menggunakan metode DCP dan CBR adapun hasilnya yaitu sampel DCP 1 dan DCP 2 mempunyai nilai  $q_c$  berkisar antara 20-24  $\text{kg/cm}^2$ .  $M_v$  0,025 sampai 0,026  $\text{cm}^2/\text{kg}$  dan  $\alpha$  sebesar 1,5 hingga 4 serta nilai CBR masing-masing sampel lebih besar dari 2%. Nilai parameter ini memperlihatkan sifat fisis dari sampel DCP 1 dan DCP 2 adalah *low plasticity loam*.

## 2.2 Keaslian Penelitian

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, penulis tidak menemukan judul penelitian yang khususnya meneliti tentang analisis jenis tanah menggunakan hasil uji sondir di Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu. Penelitian ini dilakukan oleh penulis dengan cara menganalisis data pemeriksaan lapangan di Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu. Dari banyak pemeriksaan lapangan untuk proyek konstruksi penulis mencanangkan ide untuk mengajukan proposal dengan judul Analisis Jenis Tanah Dengan Uji Sondir Di Desa Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu. Yang membedakan dengan peneliti sebelumnya adalah terletak pada tempat dan waktu serta variabel penelitian yaitu analisis jenis tanah.

## BAB III LANDASAN TEORI

### 3.1 Uji Sondir

Uji sondir atau disebut juga dengan uji *Cone Penetration Test* (CPT) merupakan suatu uji yang banyak digunakan di Indonesia untuk mendukung keberhasilan pekerjaan konstruksi. Dari uji ini didapatkan nilai perlawanan penetrasi konus. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Sedangkan hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya per satuan panjang. Nilai perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat dapat diketahui dari bacaan pada manometer. Selengkapnya parameter yang didapatkan dari uji sondir berupa perlawanan konus ( $q_c$ ), perlawanan geser ( $f_s$ ), angka banding geser ( $R_f$ ), dan geseran total tanah ( $T_f$ ), yang dapat digunakan untuk interpretasi perlapisan tanah yang merupakan bagian dari desain pondasi. *Cone Penetration Test* atau sondir memiliki aplikasi utama yaitu:

1. Untuk menentukan profil tanah dan mengidentifikasi tanah
2. Untuk mengevaluasi parameter rekayasa dari tanah dan untuk menilai daya dukung dan penyelesaian pondasi

*Cone Penetration Test* (CPT) dilakukan dengan menggunakan alat CPT atau alat Sondir. Alat kerucut penetrometer (*Cone Penetration Test*) adalah sebuah alat yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut  $60^\circ$  dan dengan luasan ujung  $10 \text{ cm}^2$ . Alat ini digunakan dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap  $20 \text{ mm/detik}$ , sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi ( $q_c$ ) juga terus menerus diukur. Dari alat penetrometer yang lazim dipakai, sebagian besar mempunyai selubung geser (*biconus*) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrometer. Salah satu keuntungan utama dari alat ini ialah bahwa tidak perlu diadakan pemboran tanah untuk penyelidikan tanah, tes pada umumnya dilakukan pada tanah kohesif.

Uji sondir mempunyai beberapa keuntungan yaitu cukup ekonomis dan cepat; dapat dilakukan ulang dengan hasil yang relatif hampir sama; korelasi empirik yang terbukti semakin andal; perkembangan yang semakin meningkat

khususnya dengan adanya penambahan sensor pada sondir listrik, serta Keuntungan dari uji sondir ini tidak memerlukan hasil laboratorium. Selain itu, uji sondir juga mempunyai kekurangan, yaitu tidak didapat sampel tanah; kedalaman penetrasi terbatas; tidak dapat menembus kerikil atau lapis pasir yang padat.

### 3.1.1 Istilah dan definisi dalam uji sondir

Alat-alat dan istilah *Cone Penetration Test (CPT)* yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. **Angka banding geser ( $R_f$ ):** Perbandingan antara perlawanan geser dan perlawanan konus ( $f_s/q_c$ ), dinyatakan dalam persen.
2. **Gigi dorong:** Gigi yang mendorong penekan hidrolik melalui suatu roda gigi yang merupakan bagian dari alat ukur penetrasi.
3. **Kekuatan geser tanah:** Tahanan atau tegangan geser maksimum yang dapat ditahan oleh tanah pada kondisi pembebanan tertentu.
4. **Konus:** Ujung alat penetrasi yang berbentuk kerucut untuk menahan perlawanan tanah.
5. **Penetrometer konus ganda:** Alat penetrasi konus dengan sondir untuk mengukur komponen perlawanan ujung dan perlawanan geser lokal terhadap gerakan penetrasi.
6. **Penetrometer konus tunggal:** Alat penetrasi konus dengan sondir untuk mengukur komponen perlawanan ujung terhadap gerakan penetrasi.
7. **Penyondiran:** Serangkaian pengujian penetrasi yang dilakukan di suatu lokasi dengan menggunakan alat penetrasi konus.
8. **Perlawanan geser ( $f_s$ ):** Nilai perlawanan terhadap gerakan penetrasi akibat geseran yang besarnya sama dengan gaya vertikal, yang bekerja pada bidang geser dibagi dengan luas permukaan selimut geser; perlawanan ini terdiri atas jumlah geseran dan gaya adhesi.
9. **Perlawanan konus atau perlawanan daya dukung ( $q_c$ ):** Nilai perlawanan terhadap gerakan penetrasi konus yang besarnya sama dengan gaya vertikal yang bekerja pada konus dibagi dengan luas ujung konus.



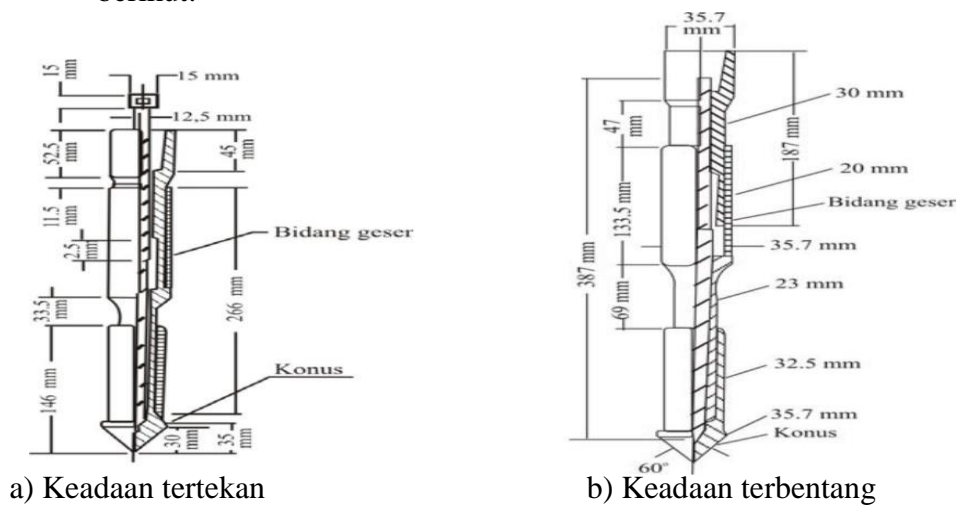
10. **Selimut (bidang) geser:** Bagian ujung alat ukur penetrasi ganda, tempat terjadinya perlawanan geser lokal.
11. **Pegangan geser tanah:** Perlawanan tanah terhadap deformasi bila diberi tegangan geser.

### 3.1.2 Ketentuan dan persyaratan uji sondir

#### A. Peralatan Penetrometer Konus

##### 1. Konus

Konus yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:



**Gambar 3.1 Rincian Konus Ganda**

*Sumber: BSN (2008)*

Keterangan:

1. Ujung konus bersudut  $60^\circ \pm 5^\circ$
2. Ukuran diameter konus adalah  $35,7 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$  atau luas proyeksi konus =  $10 \text{ cm}^2$
3. 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

##### 2. Selimut (bidang) geser

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

- a) Ukuran diameter luar selimut geser adalah 35,7 mm ditambah dengan 0 mm s.d 0,5 mm

- b) Proyeksi ujung alat ukur penetrasi tidak boleh melebihi diameter selimut geser
- c) Luas permukaan selimut geser adalah  $150 \text{ cm}^2 \pm 3 \text{ cm}^2$
- d) 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. 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

### **4. Batang dalam**

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

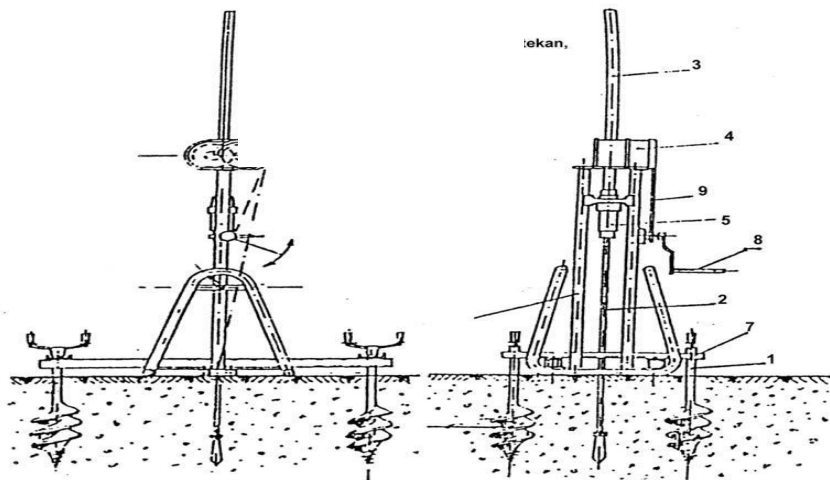
- a) Batang dalam terbuat dari bahan baja dan terletak di dalam pipa dorong
- b) Batang-batang dalam harus mempunyai diameter luar yang konstan
- c) Panjang batang-batang dalam sama dengan panjang pipa-pipa dorong dengan perbedaan kira-kira 0,1 mm
- d) Batang dalam mempunyai penampang melintang yang 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

##### **5. Mesin pembebanan *hidraulik***

Mesin pembebanan yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a) Rangka mesin pembebanan harus dijepit oleh 2 buah batang penjepit yang diletakkan pada masing-masing jangkar *helikoidal* agar tidak bergerak pada waktu pengujian
- b) Rangka mesin pembebanan berfungsi sebagaiudukan 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; 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 60 MPa dengan ketelitian 0,05 Mpa. Untuk pembacaan tekanan menengah digunakan manometer berkapasitas 0 MPa s.d 250 MPa dengan ketelitian 0,05 MPa, dan untuk pembacaan tekanan tinggi digunakan manometer berkapasitas 0 MPa s.d 250 MPa dengan ketelitian 0,1 MPa. Dapat dilihat sebagai berikut:



**Gambar 3.2 Rangkaian Alat Penetrasi Konus (Sondir Belanda)**

*Sumber: BSN (2008)*

Keterangan:

1. Jangkar *helikoidal*
2. Pipa dorong, batang tekan, dan konus ganda
3. Gerigi dorong
4. Roda gigi
5. Penekan *hidraulik*
6. Rangka pembeban
7. Batang penjepit
8. Engkol
9. Rantai

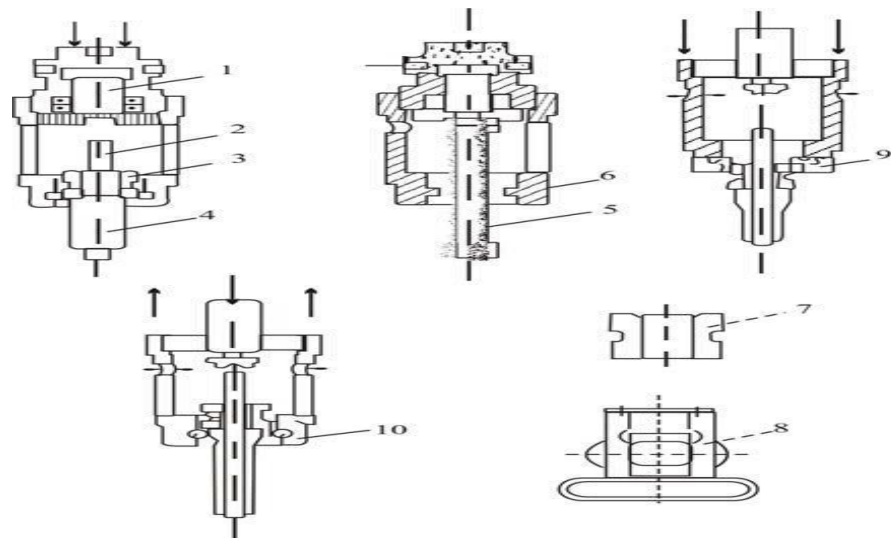
## **B. Pengujian**

### **1. 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:
  1. Untuk perlawanan konus ( $q_c$ ) adalah 10 %
  2. Untuk perlawanan geser ( $f_s$ ) adalah 20 %;
- c) Alat ukur harus dapat mengukur perlawanan penetrasi di permukaan dengan dilengkapi alat yang sesuai, seperti mesin pembeban *hidraulik*.

- d) Alat perlengkapan mesin pembeban harus mempunyai kekakuan yang memadai, dan diletakkan di atas dudukan yang kokoh serta tidak berubah arah pada waktu pengujian;
- e) Pada alat sondir ringan ( $< 200$  kg) biasanya tidak dapat menembus untuk 2 m s.d 3 m sehingga datanya tidak bermanfaat;
- f) Pada alat sondir berat ( $> 200$  kg) digunakan sistem angker; namun di daerah tanah lunak tidak dapat digunakan kecuali dengan pemberian beban menggunakan karung-karung pasir. Dapat dilihat dari gambar 3.3 sebagai berikut:



**Gambar 3.3 Rincian Penekan Hidraulik**

*Sumber: BSN (2008)*

Keterangan:

1. Piston *hidraulik*, terletak didalam silinder hidraulik
2. Batang dalam, yang menonjol di ujung kepala pipa dorong
3. Kepala pipa dorong
4. Pipa dorong teratas
5. Kunci piston, untuk memeriksa oli
6. Kunci pengatur dengan penampang berada di dalam
7. Potongan kepala pipa dorong
8. Tampak atas kunci pengatur
9. Penekan *hidraulik*, kedudukan menekan pipa dorong
10. Penekan *hidraulik*, kedudukan mencabut pipa dorong

## **C. Cara pengujian**

### **1. 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 60 MPa untuk penyondiran tanah lembek, atau pasang manometer 0 MPa s.d 250 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.

### **2. Prosedur pengujian**

#### **a. Pengujian penetrasi konus**

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

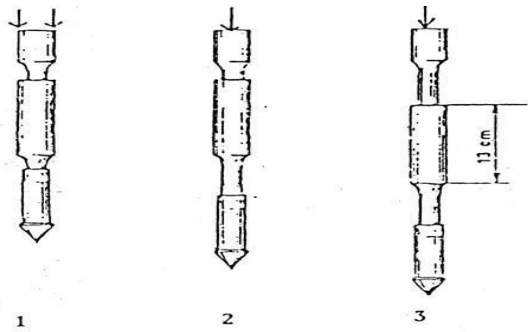
- a) Tegakkan batang dalam dan pipa dorong di bawah penekan *hidraulik* pada kedudukan yang tepat

- 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 (kedudukan 1, lihat Gambar 3.4)
- 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.

**b. Pembacaan hasil pengujian**

Lakukan pembacaan hasil pengujian penetrasi konus sebagai berikut:

- 1) Baca nilai perlawanan konus pada penekan batang dalam sedalam kira-kira 4 cm pertama (kedudukan 2, lihat Gambar 4) dan catat pada formulir dikolom  $C_w$ .
- 2) Baca jumlah nilai perlawanan geser dan nilai perlawanan konus pada penekan batang sedalam kira-kira 4 cm yang ke-dua (kedudukan 3, lihat Gambar 3.4) dan catat pada formulir dikolom  $T_w$ .
- 3) 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.



**Gambar 3.4 Kedudukan Pergerakan Konus Pada Waktu Pengujian Sondir**

*Sumber: BSN (2008)*

**c. Penyelesaian pengujian**

- a) Cabut pipa dorong, batang dalam dan konus ganda dengan mendorong/menarik kunci pengatur pada posisi cabut dan putar engkol berlawanan arah jarum jam.
- b) Catat setiap penyimpangan pada waktu pengujian.

**D. Perhitungan**

**1. 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.

**a. Perlawanan konus ( $q_c$ )**

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

$$P_{\text{konus}} = P_{\text{piston}} \dots\dots\dots (3.1)$$

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

$$q_c = C_w \times A_{pi} / A_c \dots\dots\dots (3.2)$$

$$q_c = C_w \times A_{pi} / A_c \dots\dots\dots (3.3)$$

$$A_{pi} = \pi (D_{pi})^2 / 4 \dots\dots\dots(3.4)$$

$$A_c = \pi (D_c)^2 / 4 \dots\dots\dots (3.5)$$



**b. Perlawanan geser ( $f_s$ )**

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

$$P_{\text{konus}} + P_{\text{geser}} = P_{\text{piston}} \dots\dots\dots (3.6)$$

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

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

$$f_s = (T_w - C_w) \times A_{pi} / A_s \dots\dots\dots (3.7)$$

$$f_s = K_w \times A_{pi} / A_s \dots\dots\dots (3.8)$$

$$A_s = \pi D_s L_s \dots\dots\dots (3.9)$$

$$k_w = (T_w - C_w) \dots\dots\dots (3.10)$$

**c. Angka banding geser ( $R_f$ )**

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

$$R_f = (f_s / q_s) \times 100 \dots\dots\dots (3.11)$$

**d. Geseran total ( $T_f$ )**

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

$$T_f = (f_s \times \text{interval pembaca}) \dots\dots\dots (3.12)$$

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)
- $P_{\text{konus}}$ : Gaya pada ujung konus (kN)
- $P_{\text{piston}}$ : Gaya pada piston (kN)
- $q_c$  : Perlawanan konus (kPa)
- $f_s$  : Perlawanan geser lokal (kPa)
- $R_f$  : Angka banding geser (%)
- $T_f$  : Geseran total (kPa)

- $A_{pi}$  : Luas penampang piston ( $\text{cm}^2$ )
- $D_{pi}$  : Diameter piston (cm)
- $A_c$  : Luas penampang konus ( $\text{cm}^2$ )
- $D_c = D_s$  : Diameter konus sama dengan diameter selimut geser (cm)
- $A_s$  : Luas selimut geser ( $\text{cm}^2$ )
- $D_s$  : Diameter selimut geser (cm)
- $L_s$  : Panjang selimut geser (cm)

## 2. 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.

### a. Cara perhitungan

- a) Hitung perlawanan konus ( $q_c$ ) bila ujung konus saja yang terdorong dengan menggunakan persamaan (3.1) s.d (3.2).
- b) Hitung perlawanan geser ( $f_s$ ) lokal bila ujung konus dan bidang geser terdorong bersamaan dengan menggunakan persamaan (3.6) s.d (3.7).
- c) Hitung angka banding geser ( $R_f$ ) dengan menggunakan persamaan (3.11).
- d) Hitung geseran total ( $T_f$ ) tanah dengan menggunakan persamaan (3.12).

### b. Cara penggambaran hasil uji penetrasi konus

- a) Gambarkan grafik hubungan antara variasi perlawanan konus ( $q_c$ ) dengan kedalaman (meter).
- b) Untuk uji sondir dengan konus ganda gambarkan hubungan antara perlawanan geser ( $f_s$ ) dengan kedalaman dan geseran total ( $T_f$ ) dengan kedalaman.
- c) Apabila diperlukan rincian tanah yang diperkirakan dari data perlawanan konus dan perlawanan geser, gambarkan grafik hubungan antara angka banding geser dengan kedalaman.
- d) Tempatkan grafik-grafik dari sub butir a), b) dan c) di atas pada satu lembar gambar dengan skala kedalaman yang sama.

## **E. Laporan uji**

Hasil uji sondir dilaporkan dalam bentuk formulir, yang memuat hal-hal sebagai berikut:

- a) Nama pekerjaan dan lokasi pekerjaan, dan tanggal pengujian
- b) Jumlah pengujian, koordinat lokasi atau sketsa situasi letak, elevasi tanah dan muka air tanah (bila memungkinkan)

## **3.2 Tanah**

### **3.2.1 Definisi tanah**

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari *agregat* (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terfermentasikan (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan.

Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan untuk mencakup semua bahan dari tanah lempung (*clay*) sampai berangkal (batu-batu yang besar). Semua macam tanah ini secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir-butir tersebut. Ruangan ini disebut pori (*voids*). Apabila tanah sudah benar-benar kering maka tidak akan ada air sama sekali dalam porinya. Keadaan semacam ini jarang ditemukan pada tanah yang masih dalam keadaan asli dilapangan. Air hanya dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila kita ambil tindakan khusus untuk maksud itu, misalnya dengan memanaskan didalam *oven*.

Untuk membedakan serta menunjukkan dengan tepat masing-masing sifat bahan-bahan ini, telah dipakai metode-metode sistimatik, sehingga untuk tanah-tanah tertentu dapat diberikan nama yang tepat dan istilah tentang sifatnya, dapat dipilih dengan tepat. Metode sistimatik ini pada umumnya disebut sistim klasifikasi. Haruslah dimengerti dengan jelas bahwa metode-metode yang dipakai dalam teknik sipil (yang dimaksud :

mekanika tanah), untuk membedakan dan menyatakan berbagai tanah adalah betul-betul berbeda dari metode-metode yang dipakai dalam bidang geologi atau ilmu tanah. Sistem klasifikasi yang dipakai dalam mekanika tanah dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari bahan-bahan itu dengan cara yang sama seperti halnya pernyataan-pernyataan secara geologis dari bahan-bahan itu.

### **3.2.2 Jenis tanah**

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja. Akan tetapi, dapat bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar dari 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm. Jenis-jenis tanah tersebut yaitu:

1. Kerikil (*gravel*), yaitu kepingan bantuan yang kadang juga partikel mineral *quartz* dan *feldspar*.
2. Pasir (*Sand*), yaitu sebagian besar mineral *quartz* *feldspar*.
3. Lanau (*Silt*), yaitu sebagian besar fraksi *mikroskopis* (yang berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan dari pecahan-pecahan mika.
4. Lempung (*clay*), yaitu sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dan sub-*mikroskopis* (tak dapat dilihat, hanya dengan mikroskop). Berukuran lebih kecil dari 0,002 mm (2 *micron*).

### **3.2.3 Klasifikasi tanah**

#### **A. Klasifikasi tanah secara umum**

Secara umum tanah dapat dibedakan menjadi dua yaitu tanah tak berkohesif dan tanah berkohesif. Tanah tak kohesif adalah tanah yang berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air, contohnya adalah tanah berpasir. Tanah berkohesif adalah tanah apabila karakteristik fisis yang selalu terdapat pembasahan dan pengeringan yang menyusun butiran tanah bersatu sesamanya sehingga sesuatu gaya

akan diperlakukan untuk memisahkan dalam keadaan kering, contohnya pada tanah lempung.

Selain itu, tanah juga diklasifikasikan menjadi tiga yaitu berdasarkan proses terbentuknya, berdasarkan asalnya dan berdasarkan ukuran batu penyusunnya. Berikut penjelasan klasifikasi tanah tersebut:

### **1. Berdasarkan proses terbentuknya**

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan daratan yang luas dengan jenis tanah yang berbeda-beda. Berikut ini adalah jenis tanah yang ada di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia:

- a. Tanah *humus* adalah tanah yang sangat subur terbentuk dari lapukan daun dan batang pohon di hutan hujan tropis yang lebat.
- b. Tanah pasir adalah tanah yang bersifat kurang baik bagi pertanian yang terbentuk dari batuan beku serta batuan sedimen yang memiliki butir kasar dan berkerikil.
- c. Tanah *aluvial* atau endapan adalah tanah yang dibentuk dari lumpur sungai yang mengendap di dataran rendah yang memiliki sifat tanah yang subur dan cocok untuk lahan pertanian.
- d. Tanah *podzolit* adalah tanah subur yang umumnya berada di pegunungan dengan curah hujan yang tinggi dan bersuhu rendah atau dingin.
- e. Tanah *vulkanis* adalah tanah yang terbentuk dari lapukan materi letusan gunung berapi yang subur mengandung zat hara yang tinggi. Jenis tanah *vulkanik* dapat dijumpai di sekitar lereng gunung berapi.
- f. Tanah *laterit* adalah tanah tidak subur yang tadinya subur dan kaya akan unsur hara, namun unsur hara tersebut hilang karena larut dibawa oleh air hujan yang tinggi.
- g. Tanah *mediteran* adalah tanah yang sifatnya tidak subur yang terbentuk dari pelapukan batuan kapur.
- h. Tanah *organosol* adalah jenis tanah yang kurang subur untuk bercocok tanam yang merupakan hasil bentukan pelapukan tumbuhan rawa.

## 2. Berdasarkan asalnya

Berdasarkan asalnya, tanah diklasifikasikan secara luas menjadi:

- a. Tanah organik adalah campuran yang mengandung bagian-bagian yang cukup berarti berasal dari lapukan dan sisa tanaman dan kadang-kadang dari kumpulan kerangka dan kulit organisme.
- b. Tanah anorganik adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisis.

## 3. Berdasarkan ukuran batuan penyusun

Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butiran penyusun atau jenis dari batuan tanah tertentu menjadi :

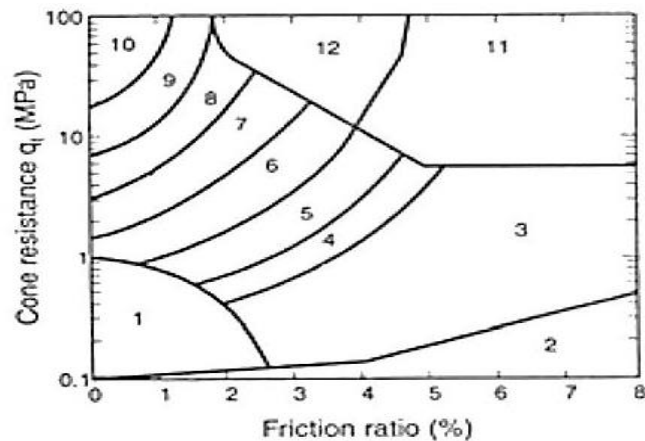
- a. Batuan dasar (*bedrock*): Batuan pada tempat asalnya ,biasanya terbentang secara meluas dalam arah horizontal dan arah *vertical*. Bahan ini umumnya tertutup oleh tanah dengan berbagai kedalaman, jika terbuka mungkin bagian luar menjadi lapuk.
- b. Berangkal: Potongan bahan lebih kecil yang telah terpisah dari batuan dasar dn berukuran 250 mm smpai 300 mm atau lebih.
- c. Kerikil (*gravel*): Istilah umum yang digunakan untuk potongan-potongan batuan yang berukuran maksimum 150 mm sampai kurang dari 5 mm. Bisa berupa batu pecah atau *split* bila terbuat dari pabrik, berupa kerikil alamiah bila digali dari deposit yang terdapat secara alami, atau berupa kerikil ayakan jika kerikil tersebut telah disaring hingga ukuran 3 mm sampai 5 mm. Kerikil adalah bahan tak berkohesi, yaitu kerikil tidak mempunyai adhesi atau tarikan antar partikel.
- d. Pasir: Partikel-partikel mineral yang lebih kecil dari kerikil tetapi lebih besar dari sekitar 0,05 sampai 0,075. Bisa berbentuk halus, sedang, atau kasar tergantung pada ukuran partikel terbanyak
- e. Lanau: Partikel-partikel mineral yang ukurannya berkisar antara maksimum 0,005 sampai 0,074 mm dan 0,002 sampai 0,006 mm.
- f. Lempung: Partikel–partikel mineral yang ukurannya lebih kecil dari ukuran lanau, sekitar ukuran 0,002 mm atau lebih kecil. Tanah lempung mempunyai sifat plastisitas yang tinggi dan

kohesif. Sifat-sifat tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung.

## B. Klasifikasi jenis tanah berdasarkan data sondir (*Cone Penetration Test*)

Untuk mengklasifikasikan jenis tanah ada banyak metode. Berikut beberapa metode dalam mengklasifikasikan jenis tanah.

### 1. Metode Robertson *et al* (1986)



**Gambar 3.5 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir Menurut Metode Robertson *et al* (1986)**

*Sumber: Robertson et al (1986)*

Keterangan:

1. *Sensitive* berbutir halus
2. Bahan organik
3. Tanah liat
4. Tanah liat berlumpur sampai tanah liat
5. Lanau tanah liat sampai lanau berlumpur
6. Lanau berpasir sampai lanau tanah liat
7. Pasir berlumpur sampai lanau berpasir
8. Pasir sampai lanau kepasiran
9. Pasir
10. Kerikil pasir sampai pasir
11. Berbutir sangat kaku
12. Pasir sampai tanah liat

2. Metode Das B.M (1994)

**Tabel 3.1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir Menurut Metode Das B.M (1994)**

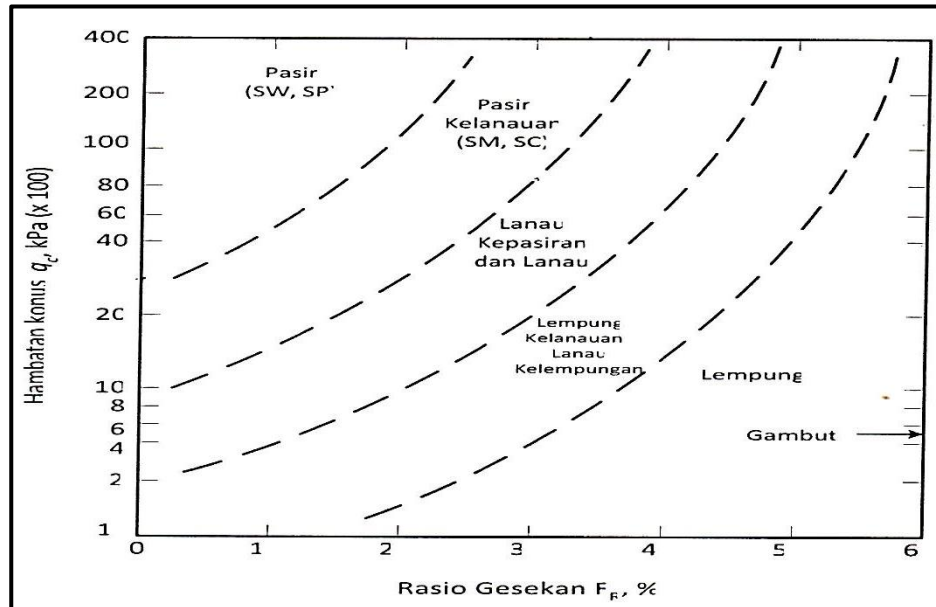
Hasil Sondir		Klasifikasi
Qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fs	
6,0	0,15-0,40	Humus, lempung sangat lunak
6,0 - 10,0	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20 - 0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10,0 - 30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,10 - 0,40	Pasir lepas
	0,40 - 0,60	Lempung atau lempung kelanauan
	0,80 - 2,00	Lempung agak kenyal
30 - 60	1,50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1,0 - 3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60 - 150	1,0	Kerikil kepasiran lepas
	1,0 - 3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekerikilan kenyal
150 - 300	1,0 - 2,0	Pasir padat, pasir kekerikilan, pasir kasar, pasir kelanauan sangat padat

(Sumber: Das, B.M., 1994, *Mekanika Tanah Jilid 1*)

3. Metode *Robertson and campanella* (1983)

Berdasarkan metode *Roberson and Campanella* (1983) mengklasifikasi jenis tanah dengan uji sondir berdasarkan presentase rasio antara tahanan gesek dan tahanan konus dipresentasikan pada Gambar 3.6 sebagai berikut:

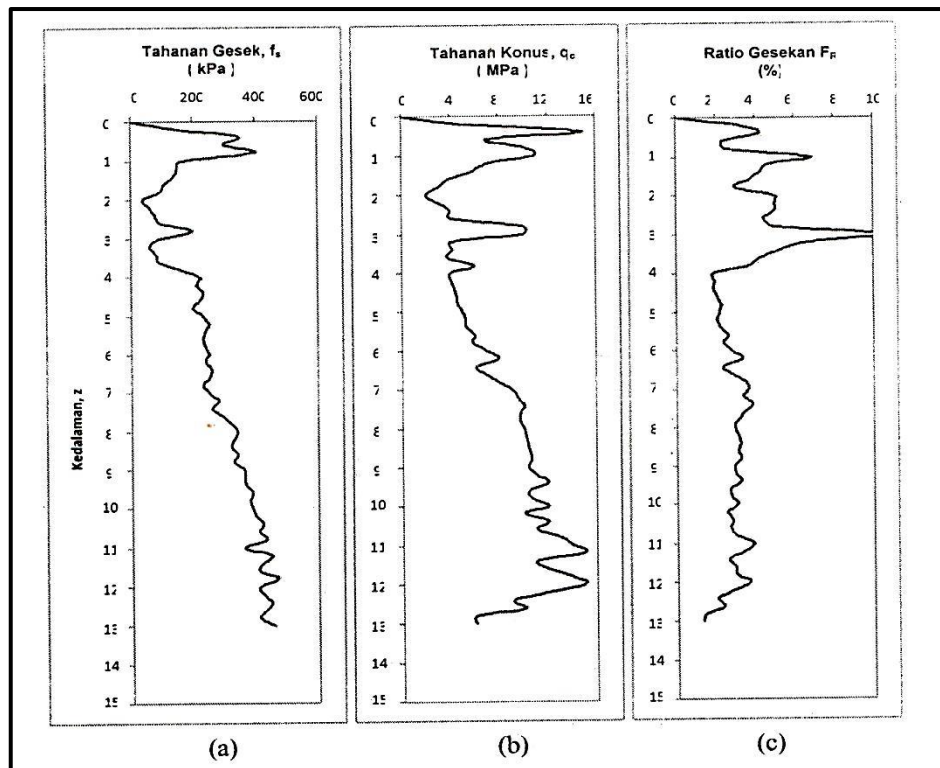




**Gambar 3.6 Jenis Tanah Berdasarkan Pengujian CPT (Sondir)**

*Sumber: Roberson and Campanella (1983)*

Hasil pembacaan tahanan konus ( $q_c$ ) dan tahanan gesek ( $f_s$ ) pada setiap kedalaman kemudian dipresentasikan dalam grafik seperti terlihat pada Gambar 3.7 berikut:



**Gambar 3.7 Grafik hasil pengujian CPT (Sondir)**

*Sumber: Roberson and Campanella (1983)*

### C. Klasifikasi tingkat konsistensi tanah berdasarkan data sondir (*Cone Penetration Test*)

Berikut klasifikasikan tingkat konsistensi tanah berdasarkan data sondir menurut *Terzaghi, dkk* (1993) :

**Tabel 3.2 Konsistensi Tanah Berdasarkan Hasil Sondir**

Konsistensi Tanah	qc (kg/cm <sup>2</sup> )
Sangat Lunak/ <i>very soft</i>	<5
Lunak/ <i>Soft</i>	5-10
Teguh/ <i>Firm</i>	10-35
Kaku/ <i>stiff</i>	30-60
Sangat Kaku/ <i>very stiff</i>	60-120
Keras/ <i>Hard</i>	>120

(Sumber : *Terzaghi, dkk* (1993): *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*)

#### 3.2.4 Proses pembentukan tanah

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan *glatsyer* atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam alkali, oksigen dan karbondioksida. Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran koloid (<0,002 mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

#### 3.2.5 Stabilisasi tanah dan daya dukung tanah

Apabila tanah yang terdapat dilapangan mempunyai sifat-sifat yang tidak diinginkan seperti sangat lunak, *compressible*, kembang susut yang besar sehingga diatas tanah tersebut tidak dapat didirikan suatu konstruksi bangunan, maka untuk memperbaiki sifat tanah tersebut agar dapat dipakai dengan baik sebagai pendukung kostruksi diatasnya adalah dengan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menambah kerapatan tanah.

- b. Menambah material yang tidak aktif, sehingga mempertinggi kohesi dan tahanan geser yang timbul.
- c. Menambah material yang dapat menyebabkan perubahan – perubahan kimiawi dan fisis pada tanah tersebut.
- d. Merendahkan muka air (*drainase*).
- e. Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah memikul tekanan maksimum yang diijinkan bekerja pada tanah dasar pondasi. Dalam analisis daya dukung tanah yang dipelajari adalah kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja di atasnya. Bila tanah mengalami pembebanan seperti pondasi maka tanah akan mengalami penurunan, jika beban ditambah maka penurunannya juga bertambah. Apabila terjadi kondisi pada beban tetap pondasi mengalami penurunan yang sangat besar, menunjukkan bahwa keruntuhan daya dukung telah terjadi. Daya dukung *ultimit* ( $q_u$ ) adalah beban maksimum per satuan luas, pada kondisi ini tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan.

### 3.3 Friction Ratio

*Friction Ratio* merupakan rasio perbandingan dari nilai tahanan selimut dengan nilai penetrasi konus. Pada percobaan sondir (ASTM D 3441,2002) rumus yang digunakan adalah:

- a) *Local Friction* (Tahanan Konus)

$$Frikasi = (C+P) - C \dots\dots\dots (3.13)$$

$$\text{Tahanan konus } (q_c) = C \dots\dots\dots (3.14)$$

Dimana :

$$q_c = \text{Tahanan konus (kg/cm}^2\text{)}$$

$$C = \text{Pembacaan pertama dial sondir (kg/cm}^2\text{)}$$

$$C + F = \text{Pembacaan kedua dial sondir (kg/cm}^2\text{)}$$

- b) Tahanan Selimut

$$\text{Tahanan selimut } (f_s) = Frikasi \times 10/100 \text{ atau } 15/100 \text{ atau } \dots\dots\dots (3.15)$$

- c) *Friction Ratio*

$$Fr = f_s/q_c \times 100 \dots\dots\dots (3.16)$$

Berikut ini merupakan korelasi yang digunakan untuk mendapatkan nilai *friction ratio*:

**Tabel 3.3 Hubungan Nilai *Friction Ratio* dengan Jenis Tanah**

<i>Friction Ratio</i> (FR)	Jenis Tanah
0.2 – 0.6	<i>Gravel, coarse sand</i>
0.6 – 1.2	<i>Sand</i>
1.2 – 4.0	<i>Silt/loam</i>
3.0 – 5.0	<i>Clay</i>
5.0 – 7.0	<i>Heavy clay (incl. “pot clay“)</i>
5.0 – 10.0	<i>Peat</i>

(Sumber : Lunne T, dkk (1997): *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. – Blackie Academic & Professional, London)

### 3.4 Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir ( $q_c$ ) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kohesi} = q_c/20 \dots\dots\dots (3.17)$$