

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penyelidikan Tanah di Lapangan**

Pondasi merupakan salah satu elemen bangunan yang mempunyai peranan yang sangat penting dalam menyalurkan gaya dari elemen konstruksi bagian atas ke tanah dasar. Oleh sebab itu, kekuatan pondasi harus mempertimbangkan kesesuaian antara beban dari konstruksi dan kemampuan dukung tanah.

Bowles (1997: 174) menyatakan ada dua persyaratan umum yang harus dipenuhi dalam merencanakan pondasi. Pertama, tanah dasar harus mampu mendukung beban konstruksi tanpa mengalami keruntuhan geser (shear failure), dan yang kedua penurunan pondasi yang akan terjadi harus dalam batas yang diizinkan. Hasil perencanaan pondasi berupa tipe, kedalaman, dan dimensi pondasi berdasarkan data nilai SPT dapat dibandingkan dengan hasil yang diperoleh berdasarkan data sifat fisis dan mekanis dari pengujian laboratorium. Perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan data laboratorium dapat menggunakan metode Terzaghi atau metode Meyerhof. Metode perhitungan daya dukung Meyerhof atau Terzaghi mendasarkan pada nilai phi ( $\phi$ ) dan kohesi  $c$  serta berat volume tanah ( $\gamma_s$ ). Untuk lokasi pengeboran yang mempunyai sampel UDS berupa tanah lempung juga diuji sifat konsolidasinya, sehingga dapat juga dihitung potensi penurunan dan lama waktu penurunan yang akan terjadi. Daya dukung berdasarkan data uji lapangan dapat menggunakan data SPT atau CPT seperti disarankan oleh Bowles (1997).

##### **1.1.1 Pengertian Tanah**

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang terbentuk akibat proses pelapukan batuan induk melalui pengaruh fisik, kimia, dan biologis dalam waktu yang sangat lama. Secara geoteknik, tanah memiliki peran penting sebagai media penahan beban pondasi dalam konstruksi. Oleh karena itu, pemahaman tentang sifat dan karakteristik tanah sangat dibutuhkan untuk perencanaan pondasi bangunan yang aman dan efisien.

Tanah terdiri dari beberapa komponen penyusun, antara lain mineral, air, udara, bahan organik, dan organisme yang hidup di dalamnya. Setiap komponen ini

mempengaruhi sifat fisik tanah, seperti kekuatan, kestabilan, porositas, dan daya dukung tanah. Berdasarkan tekstur dan konsistensinya, tanah dapat dikategorikan menjadi berbagai jenis, seperti tanah pasir, tanah liat, dan campuran keduanya, yang memiliki sifat yang berbeda dalam mendukung beban.

Dalam konteks geoteknik, tanah tidak hanya dilihat dari aspek kimiawi dan fisiknya saja, tetapi juga dari kemampuan tanah dalam mendukung beban dari bangunan di atasnya. Oleh karena itu, analisis daya dukung tanah menjadi hal yang sangat penting untuk menentukan jenis dan ukuran pondasi yang tepat. Setiap jenis tanah memiliki daya dukung yang berbeda-beda tergantung pada komposisi, kepadatan, serta kedalaman lapisan tanah tersebut (Das, B. M. 2010).

Tanah pada kondisi alam terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah.

### **2.1.2 Cone Penetration Test (CPT)**

Cone Penetration Test (CPT) atau sering disebut sondir, merupakan salah satu pengujian lapangan yang digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah di suatu lokasi. Selain cepat, biaya pengujian CPT relatif lebih murah dibandingkan pengujian SPT, sehingga pengujian CPT sering dipergunakan di lapangan. Pendekatan menggunakan data CPT untuk memperkirakan sudut gesekan dikembangkan dari pengujian pada pasir bersih, dan pendekatan ini biasanya digunakan untuk memperkirakan sudut gesekan tanah granular. Beberapa pengujian berupa analisis numerik dan eksperimental kapasitas dukung ujung tiang di tanah berlapis juga dapat dilakukan menggunakan pengujian CPT. Tahanan ujung yang termobilisasi pada tiang pancang harus setara dengan tahanan ujung saat uji penetrasi. Tetapi, pengaruh skala dan perbedaan kecepatan pembebanan menyebabkan perbedaan signifikan pada nilai tahanan ujung tiang (Hardiyatmo, 2010).

### **2.1.3 Uji Sondir**

Pengujian ini merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tanah. Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau hambatan konus ( $q_c$ ) yang diperoleh dari pengujian dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas dukung tanah (Hardiyatmo).

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 (Rahardjo).

Keuntungan uji sondir (Rahardjo):

1. Cukup ekonomis dan cepat.
2. Dapat dilakukan ulang dengan hasil yang relatif hampir sama.
3. Korelasi empirik yang terbukti semakin andal.

Perkembangan yang semakin meningkat khususnya dengan adanya penambahan sensor pada sondir listrik.

Kekurangan uji sondir:

1. Tidak didapat sampel tanah.
2. Kedalaman penetrasi terbatas.
3. Tidak dapat menembus kerikil atau lapis pasir yang padat

#### **2.1.4 Pengertian Penetrasi Sondir (*Sondering Test*)**

Adapun maksud dan tujuan dari pengujian Penetrasi Sondir (*Sondering Test*) adalah untuk mengetahui perlawanan/tahanan penetrasi konus/ujung (end resistance/cone resistant) dari lapisan tanah pendasar yang dinyatakan dalam kg/cm<sup>2</sup> dan hambatan lekat (skin friction) yaitu gaya perlawanan konus atau bikonus yang dinyatakan dalam kg/cm. Tes ini biasa dilakukan sebelum membangun pondasi tiang pancang, atau pondasi-pondasi dalam lainnya. Hasil dari tes sondir ini dipakai untuk:

- a. Menentukan tipe atau jenis pondasi apa yang mau dipakai
- b. Menghitung daya dukung tanah asli
- c. Menentukan seberapa dalam pondasi harus diletakkan nantinya  
Persiapan peralatan, meliputi pemasangan/penyetelan alat pada titik yang akan disondir.

Pengukuran dimulai pada kedalaman 20 cm dengan cara menekan konus, pembacaan konus (CR) dilakukan dengan memutar stang penekan tanpa berhenti.

Friction sleeve akan terkait dan menghasilkan bacaan perlawanan konus dan perlawanan lekat. Hambatan lekat didapatkan dengan mengurangkan besar bacaan perlawanan konus dari perlawanan lekat. Pembacaan ini dilakukan

setiap interval 20 cm sampai mencapai tanah keras. Metoda sounding/sondir terdiri dari penekanan suatu tiang pancang untuk meneliti penetrasi atau tahanan gesernya.

Alat pancang dapat berupa suatu tiang bulat atau pipa bulat tertutup dengan ujung yang berbentuk kerucut dan atau suatu tabung pengambil contoh tanah, sehingga dapat diperkirakan (diestimasi) sifat-sifat fisis pada strata dan lokasi dengan variasi tahanan pada waktu pemancangan alat pancang itu. Metode ini berfungsi untuk eksplorasi dan pengujian di lapangan. Uji ini dilakukan untuk mengetahui elevasi lapisan “keras” (HardLayer) dan homogenitas tanah dalam arah lateral.

Hasil Cone Penetration Test disajikan dalam bentuk diagram sondir yang mencatat nilai tahanan konus dan friksi selubung, kemudian digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi yang diletakkan pada tanah tersebut.

Di Indonesia alat sondir sebagai alat tes di lapangan yang sangat terkenal karena di negara ini banyak dijumpai tanah lembek (misalnya lempung) hingga kedalaman yang cukup besar sehingga mudah ditembus dengan alat sondir.

Di dunia penggunaan Sondir ini semakin populer terutama dalam menggantikan SPT untuk test yang dilakukan pada jenis tanah liat yang lunak dan untuk tanah pasir halus sampai tanah pasir sedang/kasar. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus ( $q_c$ ), hambatan lekat ( $f_s$ ) tanah dan friction ratio ( $f_r$ ) untuk memperkirakan jenis tanah yang diselidiki.

**Keuntungan dan Kerugian Alat Sondir** Keuntungan:

Cukup ekonomis.

Apabila contoh tanah pada boring tidak bisa diambil (tanah lunak / pasir).

Dapat digunakan manentukan daya dukung tanah dengan baik.

1. Adanya korelasi empirik semakin handal.
2. Dapat membantu menentukan posisi atau kedalaman pada pemboran.
3. Dalam prakteknya uji sondir sangat dianjurkan didampingi dengan uji lainnya baik uji lapangan maupun uji laboratorium, sehingga hasil uji sondir bisa diverifikasi atau dibandingkan dengan uji lainnya.
4. Dapat dengan cepat menentukan lekat lapisan tanah keras.
5. Dapat diperkirakan perbedaan lapisan.
6. Dapat digunakan pada lapisan berbutir halus.
7. Baik digunakan untuk menentukan letak muka air tanah.

Kerugian:

Jika terdapat batuan lepas biasa memberikan indikasi lapisan keras yang salah.

Jika alat tidak lurus dan tidak bekerja dengan baik maka hasil yang diperoleh diperoleh bisa merugikan.

1. Tidak dapat diketahui tanah secara langsung. Alat Sondir yang digunakan dalam pegujian ini adalah alat sondir tipe Dutch Penetrometer dengan kapasitas 2,50 ton yang mempunyai konus seluas 10 cm<sup>2</sup>, sudut lancip kerucut 60o untuk mengukur perlawanan ujung, dan dilengkapi mantel (sleeve) yang berdiameter sama dengan konus dan luas selimut 100 cm<sup>2</sup> untuk mengukur lekatan (friction) dari lapisan tanah.

Perlengkapan peralatan dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Alat Sondir 1 unit

1. Manometer skala 60 kg/cm<sup>2</sup>
2. Manometer skala 250 kg/cm<sup>2</sup>
3. Pipa besi batang sondir dengan panjang 1 meter lengkap dengan batang dalam sebanyak 20 batang
4. Bikonus 1 buah
5. Angker pengikat
6. Kunci-kunci
7. Gastrol olie
8. Minyak gemuk

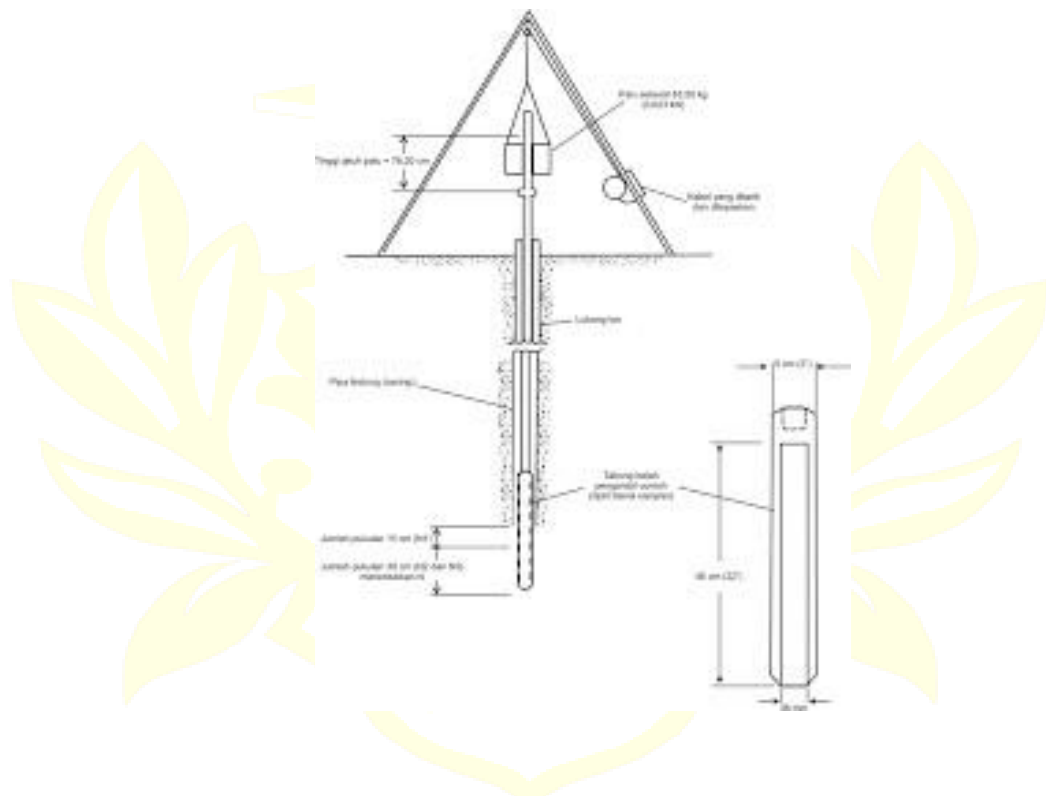
#### **2.1.5 Bangunan *Soft Story***

Pengujian dengan menggunakan alat sondir bertujuan untuk mengetahui tahanan penetrasi ujung konus (CR) dari lapisan tanah dasar dan hambatan lekat (TSF). CR dinyatakan dengan satuan kg/cm<sup>2</sup> dan TSF dinyatakan dalam satuan kg/cm. Alat Uji Sondir yang dipakai adalah type Dutch Conean Waktu Penelitian Penetration dengan kapasitas 2,5 ton. Pembacaan manometer dibaca tiap interval 20 cm. Hasil pembacaan ini ditulis ke dalam format data sondir test /CPT.

#### **2.1.6 Standard Penetration Test (SPT)**

SPT adalah suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah

pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan 9 secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m). Detail alat dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.

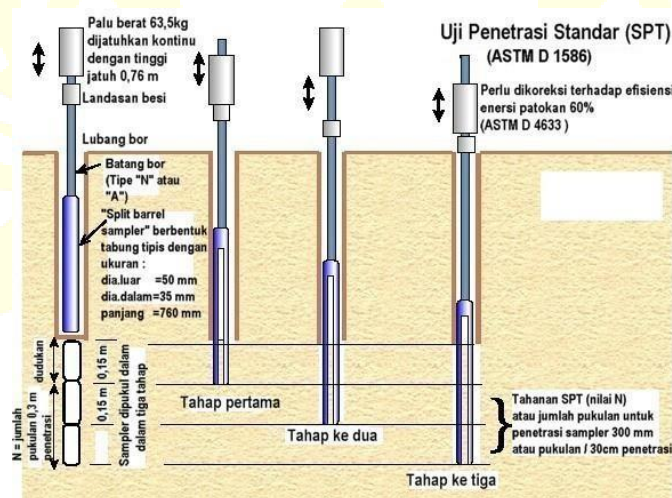


Gambar 2.1 Penetrasi dengan SPT

Standar ini menetapkan cara uji penetrasi lapangan dengan SPT, untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan dengan SPT. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi perlawanan tanah yang merupakan bagian dari desain fondasi. Standar ini menguraikan tentang prinsip-prinsip cara uji penetrasi lapangan dengan SPT meliputi: sistem peralatan uji penetrasi di lapangan yang terdiri atas peralatan penetrasi konus dengan SPT dan perlengkapan lainnya; persyaratan peralatan dan pengujian; cara uji; laporan uji; dan contoh uji. Cara uji

ini berlaku untuk jenis tanah pada umumnya. Nilai SPT diperoleh dengan cara sebagai berikut. Tabung belah standar dipukul sedalam 15 cm

(6"). Kemudian dilanjutkan pemukulan tahap kedua sedalam 30 cm (12"). Jumlah pukulan tahap kedua ini, yaitu jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30 cm, didefinisikan sebagai nilai-N. Pengujian yang lebih baik dilakukan dengan menghitung pukulan pada tiap-tiap penembusan sedalam 7,62 cm (3 inci) atau setiap 15 cm (6 inci). Dengan cara ini, kedalaman sembarang jenis tanah didasar lubang bor dapat ditaksir, dan elevasi dimana gangguan terjadi dalam usaha menembus lapisan yang keras seperti batu, dapat dicatat. Hitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi yang pertama, penetrasi 15cm yang ke-dua dan ketiga, catat jumlah pukulan N pada setiap penetrasi 15cm. Jumlah pukulan yang dihitung adalah  $N_2 + N_3$ . Nilai pada  $N_1$  tidak diperhitungkan karena masih kotor bekas pengeboran. Bila nilai N lebih besar daripada 50 pukulan, hentikan pengujian dan tambah pengujian sampai minimum 6 meter. Catat jumlah pukulan pada setiap penetrasi 5cm untuk jenis tanah batuan. Skema dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Skema Urutan Standard Penetration Test

### 2.1.7 Analisa Daya Dukung berdasarkan data SPT

Daya dukung lapisan pondasi dangkal berdasarkan data SPT untuk penurunan izin 2,5 cm diusulkan menggunakan persamaan berikut ini.

$$q_a = (N/F_2) [(B+F_3)/B]^2 K_d \dots\dots\dots (1)$$

$$\rightarrow K_d = 1 + 0,33 D/B \leq 1,33 \text{ untuk } B > 1,2 \text{ sebagai contoh } 1,5 \text{ m}$$

maka  $q_a = 30 \text{ N}$

$q_a$  = daya dukung izin dalam satuan kPa

Penggunaan persamaan SPT tersebut di atas sejalan dengan persamaan daya dukung berdasarkan data sondir CPT yang dikemukakan oleh Bowles (1997:214). Perkiraan daya dukung dengan data CPT untuk perencanaan pondasi tapak dapat mengacu pada beberapa persamaan empiris seperti yang diusulkan atau direkomendasikan oleh Meyerhof (1976), Begemann (1965), Vesic (1967), dan Van der Veen (1957), ataupun yang direkomendasikan oleh Bowles (1997) dengan memperhatikan jenis dan ukuran pondasi serta keadaan lapisan tanah.

### 2.1.8 Analisa Daya Dukung berdasarkan data CPT

Bowles (1997:214), mengusulkan persamaan daya dukung menurut data uji CPT dengan rumus berikut ini.

1. Tanah tak berkoheesi (pasir, kerikil)

- Lajur:  $q_{ult} = 28 - 0,0052 (300 - q_c)1,5 \text{ (kg/cm}^2\text{) .....(2)}$

- Bujur sangkar:  $q_{ult} = 48 - 0,009 (300 - q_c)1,5 \text{ (kg/cm}^2\text{) ..... (3)}$

2. Tanah berkoheesi (lempung, lanau)

- Lajur:  $q_{ult} = 2 + 0,28 q_c \text{ (kg/cm}^2\text{) ..... (4)}$

- Bujur sangkar:  $q_{ult} = 5 + 0,34 q_c \text{ (kg/cm}^2\text{) ..... (5)}$

Korelasi SPT dengan CPT untuk tanah pasir-kerikil diusulkan oleh Bowles (1977) adalah:  $q_c = 4N \text{ (kg/cm}^2\text{) .....}$



