

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. Menurut penelitian yang 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 cm² , luas piston 10 cm² , luas mantel 100 cm² , 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. Menurut penelitian yang 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 antara 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 (qc) sebesar 60 kg/cm² dan N-SPT sebanyak 12

pukulan didapat angka korelasi $q_c = 4,7996 N + 5,983$, S2-BH2 diperoleh nilai perlawanan conus q_c sebesar 200 kg/cm² dan N-SPT sebanyak 43 pukulan didapat angka korelasi $q_c = 4,0148 N - 21,094$.

3. Menurut penelitian yang 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. Menurut penelitian yang 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, deRuiter 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 di lapangan 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 Pangkalpinang. Dari hasil analisis penelitian didapat rasio perbandingan 6 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. Menurut penelitian yang di lakukan 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 kg/cm² . M_v 0,025 sampai 0,026 cm² /kg dan α 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 Tanah dan Daya Dukung

2.2.1 Definisi Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral– mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan– bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang–ruang kosong diantara partikel partikel padat tersebut (Das, Braja M.2017).

Menurut (Hardiyatmo 2019:1) Dalam pengertian teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose), yang terletak di atas batuan dasar (bedrock). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh zat organik, karbonat, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi udara, air, ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Bentukan terjadinya tanah dari bebatuan induknya, dapat berupa proses kimia maupun proses fisik. Proses terbentuknya tanah secara fisik yang mengubah bebatuan menjadi partikel-partikel kecil, akibat terjadinya pengaruh dari air, angin, erosi, es, manusia, atau hancurnya partikel-partikel tanah akibat dari perubahan suhu maupun cuaca. Partikel-partikel tanah mungkin berbentuk bergerigi, bulat, ataupun bentuk-bentuk lain-lain diantaranya. Secara umum, terjadinya pelapukan akibat proses kimia yang dapat terjadi oleh pengaruh karbondioksida, oksigen, air (mengandung alkali maupun asam) dan proses-proses kimia yang lainnya. Jika hasil dari pelapukan telah berpindah dari tempatnya disebut sebagai tanah terangkut (transported soil) dan apabila tanah masih berada pada tempat asalnya disebut sebagai tanah residual (residual soil).

Menurut (Bowles 1984:25) Tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari semua atau salah satu dari jenis tanah berikut:

Berangkal (boulders) potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 - 300 mm. untuk kisaran ukuran 150 - 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (cobbles) atau pebbles.

Kerikil (gravel) partikel batuan yang berukuran 5 - 150 mm. Pasir (sand) partikel batuan yang berukuran 0,074 - 5 mm. Berkisar dari kasar (3 - 5 mm) sampai halus ($< 1\text{mm}$). Lanau (silt) partikel batuan yang berukuran dari 0,002 - 0,074 mm. Lempung (clay) partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Koloid (colloids) partikel mineral yang “diam”, berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.2.2 Jenis Tanah

Seiring dengan berkembangnya teknologi di bidang konstruksi, banyak kegiatan konstruksi yang semakin fokus pada perilaku tanah. Tanah merupakan salah satu komponen yang menunjang stabilitas suatu struktur. Tanah sangat erat kaitannya dengan beban sehingga jika suatu struktur dibangun di atas tanah tersebut, diharapkan tidak terjadi kerusakan dikemudian hari.

Tanah berfungsi sebagai pondasi pendukung suatu konstruksi atau bahan dari suatu konstruksi itu sendiri seperti jalan raya, trase, jembatan, bangunan gedung, dan yang lainnya. Pada kenyataannya pembangunan suatu konstruksi tidak selalu berada diatas tanah dasar yang relatif baik. Ada kalanya pembangunan suatu konstruksi dibangun di atas tanah yang kurang baik atau biasa disebut tanah lunak (soft soil). Oleh karena itu, sifat-sifat dan perilaku tanah menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu pekerjaan konstruksi. Ada beberapa macam jenis-jenis tanah dilapangan yaitu:

1. Kerikil dan Pasir merupakan agregat yang tak berkoheisi yang terdiri dari sub angranular atau granular. Partikel berukuran $1/8$ inchi sampai $6/8$ inchi disebut sebagai kerikil sedangkan partikel berukuran $< 1/8$ inci disebut

sebagai pasir. Dan fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inci dinamakan sebagai bongkahan (boulders)

2. Gambut (peat) Tanah Gambut adalah agregat berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuhan-tumbuhan. Tanah gambut berwarna coklat terang dan hitam, bersifat kompresibel sehingga tidak mungkin menompang pondasi.

3. Lempung Organik (organic clay) Lempung Organik adalah tanah lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi adanya bahan organik yang terpisah dalam keadaan jenuh lempung organik cenderung bersifat sangat kompresibel tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Tanah lempung berwarna abu-abu tua atau hitam dan berbau.

4. Lempung (clay) Tanah Lempung adalah agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah.

5. Lanau Organik (organic silt) Lanau organik adalah tanah yang agak plastis, berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus. Warna tanah bervariasi dari abu-abu terang sampai abu-abu sangat gelap, disamping itu bisa mengandung H_2S , CO_2 , serta berbagai gas hasil peluruhan tumbuhan yang akan memberikan bau khas kepada tanah Permeabilitas tanah lanau kompresibilitasnya sangat tinggi. organik sangat rendah sedangkan

6. Lanau Anorganik (inorganic silt) Lanau Anorganik adalah tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau samasekali tidak ada. Jenis yang plastisnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimentasi yang kadang-

kadang disebut tepung batuan (rockflour), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis.

2.2.3 Klasifikasi Tanah A.Klasifikasi Tanah Secara Umum

Secara umum, klasifikasi tanah adalah pengelompokkan berbagai jenis tanah kedalam kelompok yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem yang mengatur jenis-jenis tanah yang berbeda beda, tetapi mempunyai sifat-sifat yang serupa ke dalam kelompok–kelompok dan sub kelompok. Klasifikasi ini pada umumnya didasarkan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran–ukuran butirannya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan–batasan ukuran golongan jenis tanah (soil separates size limits) (Das. Braja M. 2017). Adapun pengelompokkan-nya dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. 1 Klasifikasi butiran tanah menurut *USCS*, *MIT*, *AASHTO*, *USDA* dan *ASTM*

Sistem Klasifikasi	Kerikil (mm)	Pasir (mm)	Lanau (mm)	Lempung (mm)	Koloid (mm)
USCS (Unified Soil Classification System)	75 – 4,75	4,75 – 0,075	-	< 0,075 (lanau atau lempung)	-
MIT (Massachusetts Institute of Technology & British Standard)	60 – 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002	< 0,0002
AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)	75 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,005	0,005 – 0,001	< 0,001
USDA (United States Department of Agriculture)	75 – 2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002	-
ASTM (American Society for Testing and Materials)	75 – 4,75	4,75 – 0,075	0,075 – 0,005	0,005 – 0,001	< 0,001

(Sumber : hardiyatmo, 2019)

Kerikil (gravels) adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadangkadang juga mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar, dan mineralmineral lain.

Pasir (sand) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.

Lanau (silts) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz

yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika.

Lempung (clays) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel partikel dari mika.

Tabel 2. Batasan-batasan ukuran golongan tanah

Sistem Klasifikasi	Kerikil (mm)	Pasir (mm)	Lanau (mm)	Lempung (mm)
MIT (Massachusetts Institute of Technology)	> 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
USDA (U.S. Department of Agriculture)	> 2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002
AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)	76,2 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	< 0,002
USCS (Unified Soil Classification System – U.S. Army Corps of Engineers & U.S. Bureau of Reclamation)	76,2 – 4,75	4,75 – 0,075	- (Butiran halus = lanau + lempung < 0,075)	< 0,075 (masuk butiran halus)

(Sumber : DAS, 1991)

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 dan berukuran 250 mm sampai 300 mm atau lebih.
- c. Kerikil (gravel): Istilah umum yang digunakan untuk potonganpotongan 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

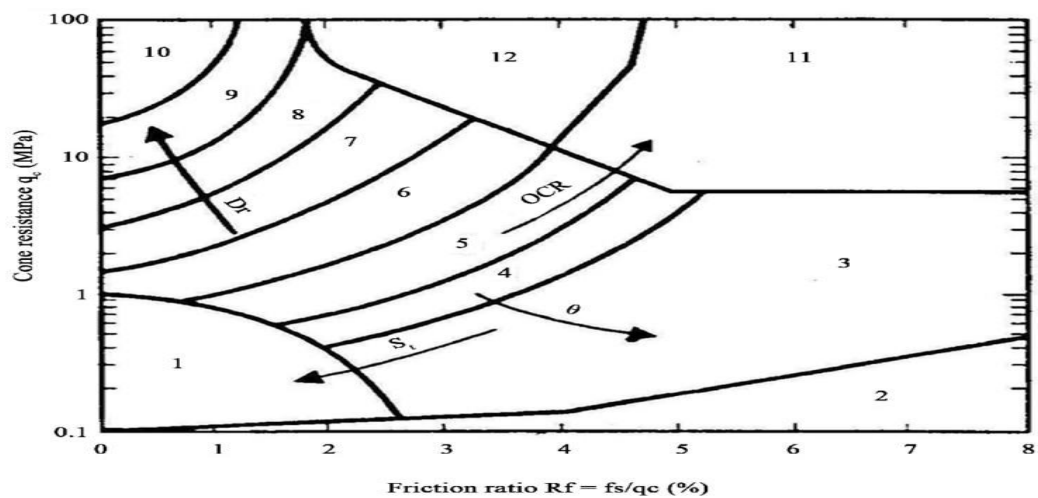
mineral yang ukurannya berkisar antara maksimum 0,005 sampai 0,074 mm dan 0,002 sampai 0,006 mm.

e. 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 2. 1Klasifikasi 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

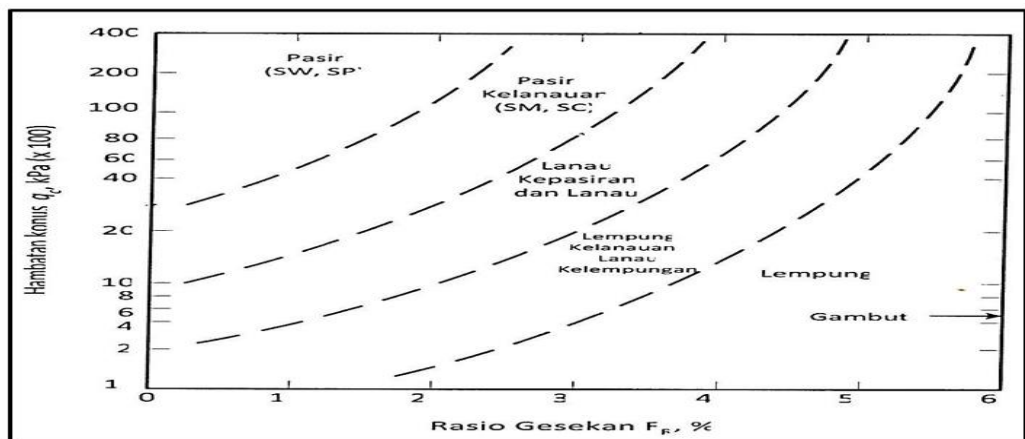
2. Metode Das B.M (1994)

Tabel 2. 3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir Menurut Metode Das

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

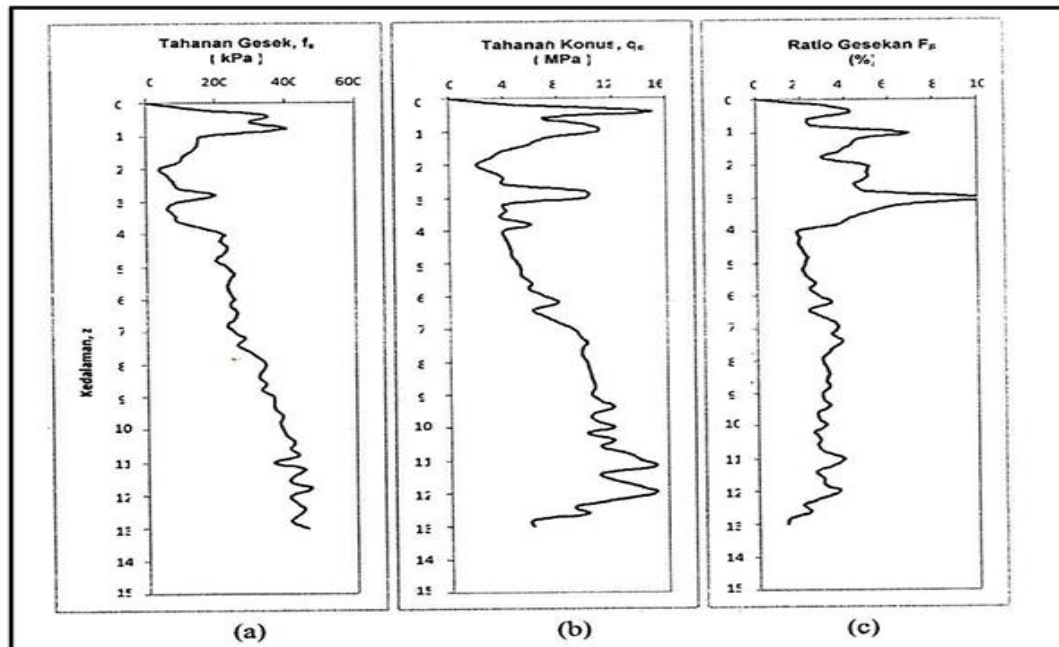
3. Metode *Robertson and campanella* (1983)

Berdasarkan metode *Roberson and Campanella* (1983) mengklasifikasi jenis tanah dengan uji sondir berdasarkan presentase rasio antara tahanan gesek dan tahanan konus dipresentasikan pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2. 2Jenis 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 2.2 berikut:



Gambar 2. 3 Grafik hasil pengujian CPT (Sondir) Sumber: *Roberson and Campanella (1983)*

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

Berikut klasifikasi tingkat konsistensi tanah berdasarkan data sondir menurut

Tabel 2. 4 Konsistensi Tanah Berdasarkan Hasil Sondir

Konsistensi Tanah	qc (kg/cm ²)
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)

2.2.4 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 gletsyer 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.

2.2.5 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 konstruksi 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 diatasnya. 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.

2.3 Uji Sondir

2.3.1 Definisi Dan Istilah Dalam 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. Selengkapannya 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
3. 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° dan dengan luasan ujung 10 cm^2 . Alat ini digunakan dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap 20 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.

Berikut ini adalah alat-alat dan istilah Cone Penetration Test (CPT) dalam uji sondir yaitu sebagai berikut:

- Angka banding geser (R_f) : Perbandingan antara perlawanan geser dan perlawanan konus (f_s/q_c), dinyatakan dalam persen.
- Gigi dorong : Gigi yang mendorong penekan hidrolik melalui suatu roda gigi yang merupakan bagian dari alat ukur penetrasi.
- Kekuatan geser tanah : Tahanan atau tegangan geser maksimum yang dapat ditahan oleh tanah pada kondisi pembebanan tertentu.
- Konus : Ujung alat penetrasi yang berbentuk kerucut untuk menahan perlawanan tanah.

Penetrometer konus ganda : Alat penetrasi konus dengan sondir untuk mengukur komponen perlawanan ujung dan perlawanan geser lokal terhadap gerakan penetrasi.

Penetrometer konus Tunggal : Alat penetrasi konus dengan sondir untuk mengukur komponen perlawanan ujung terhadap gerakan penetrasi

Penyondiran	: Serangkaian pengujian penetrasi yang dilakukan di suatu lokasi dengan menggunakan alat penetrasi konus.
Perlawanan geser (f_s) akibat	: Nilai perlawanan terhadap gerakan penetrasi 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.
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.
Selimut (bidang) geser tempat	: Bagian ujung alat ukur penetrasi ganda, terjadinya perlawanan geser lokal.
Pegangan geser tanah	: Perlawanan tanah terhadap deformasi bila diberi tegangan geser.

2.3.2 Prinsip Kerja

Prinsip kerja uji sondir adalah penetrasi konus ke dalam tanah secara vertikal dengan beban tekan statis. Selama penetrasi, dilakukan pencatatan terhadap parameter utama, yaitu:

1. **Tahanan Konus (qc)** Merupakan tahanan ujung konus terhadap penetrasi, yang menggambarkan **daya dukung tanah**. Nilai qc tinggi menunjukkan tanah padat atau keras, sedangkan nilai qc rendah menunjukkan tanah lunak.
2. **Gesekan Selubung (fs)** Adalah gaya gesek yang bekerja pada selubung batang konus selama penetrasi. Parameter ini menggambarkan sifat gesekan tanah terhadap permukaan benda uji.
3. **Friction Ratio (FR)** Merupakan perbandingan antara gesekan selubung (fs) dengan tahanan konus (qc), dinyatakan dalam persen:

$$FR = fs/qc \times 100\%$$

Nilai FR digunakan untuk membedakan jenis tanah:

- FR kecil (0,2–1%) → pasir/kerikil.
- FR sedang (1–4%) → lanau.
- FR tinggi (>4%) → lempung.

Dengan prinsip tersebut, uji sondir mampu memberikan data profil tanah secara vertikal yang sangat bermanfaat dalam menentukan parameter pondasi.

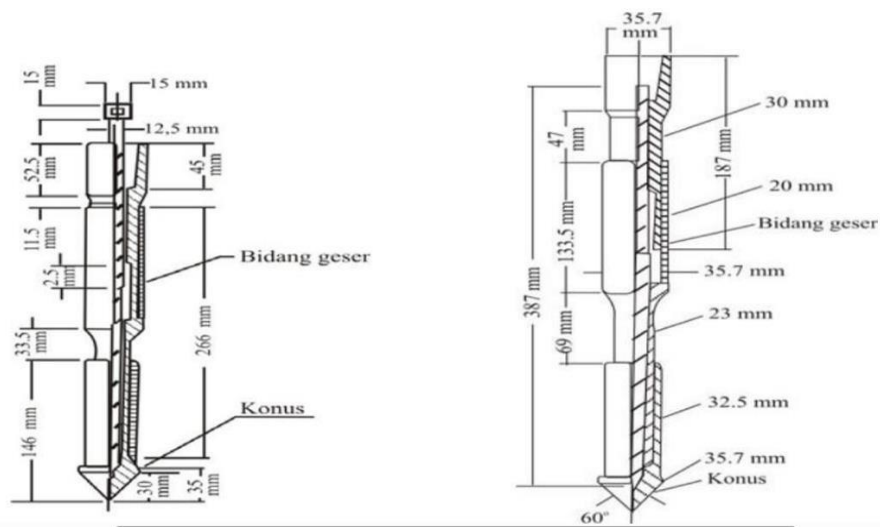
2.3.3 Standar Pelaksanaan (SNI : 2827 : 2008)

A. Ketentuan Dan Persyaratan

A.1 Peralatan Penetrometer Konus

1. Konus

Konus yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Rincian Konus Ganda

Keadaan Tertekan

Keadaan Terbentang

Keterangan:

- Ujung konus bersudut $60^\circ \pm 5^\circ$.
- 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

2. Selimut (Bidang) Geser

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

- Ukuran diameter luar selimut geser adalah 35,7 mm ditambah dengan 0 mm
s.d 0,5 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.
- 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:
- Pipa terbuat dari bahan baja dengan panjang 1,00 m.
- Pipa harus menerus sampai konus ganda agar penampang pipa tidak tertekuk jika disondir/didorong.
- Ukuran diameter luar pipa tidak boleh lebih besar daripada diameter dasar konus ganda untuk jarak minimum 0,3 m di atas puncak selimut geser.
- Setiap pipa sondir harus mempunyai diameter dalam yang tetap.
- Pipa-pipa tersambung satu dengan yang lainnya dengan penyekrupan, sehingga terbentuk rangkaian pipa kaku yang lurus.
- Pipa bagian dalam harus dilumasi untuk mencegah korosi.

4. Batang dalam

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

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

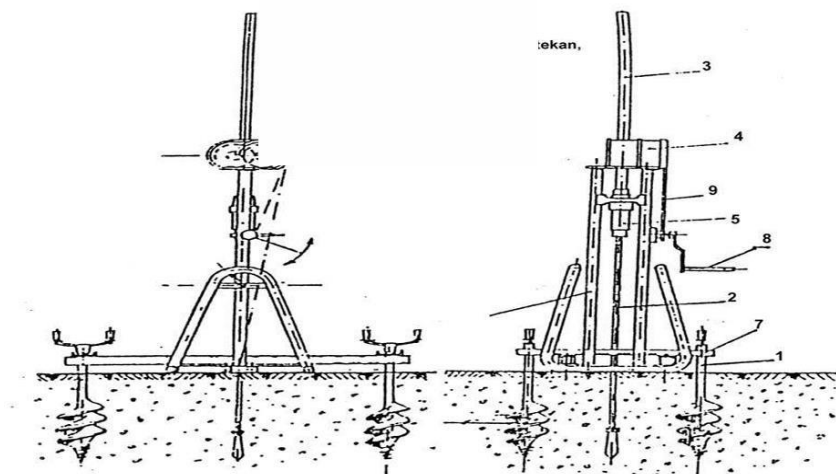
5. Mesin pembeban hidraulik

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

- Rangka mesin pembeban harus dijepit oleh 2 buah batang penjepit yang diletakkan pada masing-masing jangkar helikoidal agar tidak bergerak pada waktu pengujian.
- Rangka mesin pembeban berfungsi sebagaiudukan sistem penekan hidraulik yang dapat digerakkan naik/turun.
- 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 2. 5Rangkaian Alat Penetrasi Konus (Sondir Belanda)

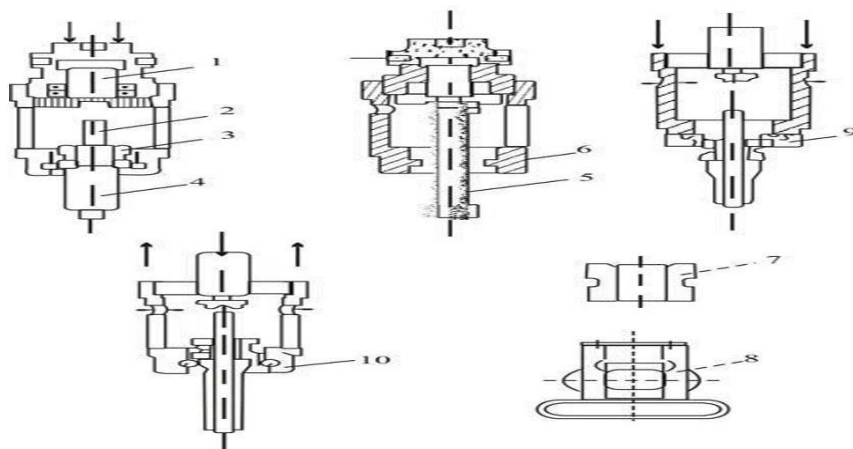
Keterangan:

- a. Jangkar helicoidal
- b. Pipa dorong, batang tekan, dan konus ganda
- c. Gerigi dorong
- d. Roda gigi
- e. Penekan hidraulik
- f. Rangka pembeban
- g. Batang penjepit
- h. Engkol
- i. Rantai

A.2. Pengujian

Batasan peralatan dan perlengkapan. Persyaratan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Ketelitian peralatan ukur dengan koreksi sekitar 5 %.
- Deviasi standar pada alat penetrasi secara mekanik:
- Untuk perlawanan konus (q_c) adalah 10 %
- Untuk perlawanan geser (f_s) adalah 20 %.
- Alat ukur harus dapat mengukur perlawanan penetrasi di permukaan dengan dilengkapi alat yang sesuai, seperti mesin pembeban hidraulik.
- Alat perlengkapan mesin pembeban harus mempunyai kekakuan yang memadai, dan diletakkan di atas dudukan yang kokoh serta tidak berubah arah pada waktu pengujian;
- Pada alat sondir ringan (< 200 kg) biasanya tidak dapat tembus untuk 2 m s.d 3 m sehingga datanya tidak bermanfaat;
- 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 2. 6 Rincian Penekanan Hidraulik

Keterangan:

- a. Piston hidrolik, terletak didalam silinder hidrolik
- b. Batang dalam, yang menonjol di ujung kepala pipa dorong
- c. Kepala pipa dorong
- d. Pipa dorong teratas
- e. Kunci piston, untuk memeriksa oli
- f. Kunci pengatur dengan penampang berada di dalam
- g. Potongan kepala pipa dorong
- h. Tampak atas kunci pengatur
- i. Penekan hidrolik, kedudukan menekan pipa dorong
- j. Penekan hidrolik, kedudukan mencabut pipa dorong

A.3. Kalibrasi

Semua alat ukur harus dikalibrasi minimum 1 kali dalam 3 tahun dan pada saat diperlukan, sesuai dengan persyaratan kalibrasi yang berlaku.

A.4. Petugas

Petugas pengujian ini adalah laboran atau teknisi yang memenuhi persyaratan kompetensi yang berlaku dalam pengujian penetrasi lapangan dengan alat sondir, dan diawasi oleh ahli geoteknik.

B. Cara Pengujian

B.1. Persiapan Pengujian

Lakukan persiapan pengujian sondir di lapangan dengan tahapan sebagai berikut:

- Siapkan lubang untuk penusukan konus pertama kalinya, biasanya digali dengan linggis sedalam sekitar 5 cm

- Masukkan 4 buah angker ke dalam tanah pada kedudukan yang tepat sesuai dengan letak rangka pembeban
- Setel rangka pembeban, sehingga kedudukan rangka berdiri vertical
- 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
- Periksa sistem hidraulik dengan menekan piston hidraulik menggunakan kunci piston, dan jika kurang tambahkan oli serta cegah terjadinya gelembung udara dalam system
- Tempatkan rangka pembeban, sehingga penekan hidraulik berada tepat di atasnya
- 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
- 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

B.2. Prosedur Pengujian

B.2.1. Pengujian Penetrasi Konus

Lakukan pengujian penetrasi konus ganda dengan langkah langkah sebagai berikut:

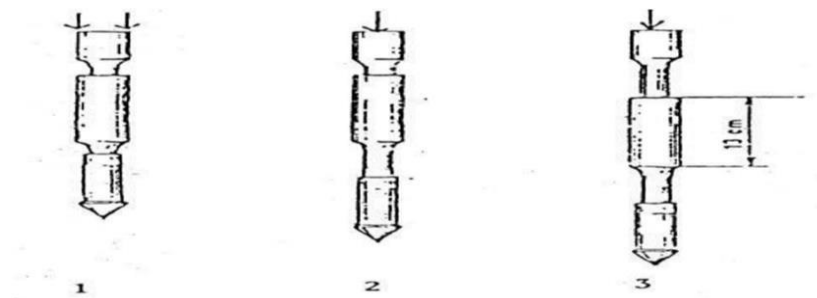
- Tegakkan batang dalam dan pipa dorong di bawah penekan hidraulik pada kedudukan yang tepat
- Dorong/tarik kunci pengatur pada kedudukan siap tekan, sehingga penekan hidraulik hanya akan menekan pipa dorong

- Putar engkol searah jarum jam, sehingga gigi penekan dan penekan hidrolik bergerak turun dan menekan pipa luar sampai mencapai kedalaman 20 cm sesuai interval pengujian
- Pada tiap interval 20 cm lakukan penekanan batang dalam dengan menarik kunci pengatur, sehingga penekan hidrolik hanya menekan batang dalam saja (kedudukan 1, lihat Gambar 2.4)
- 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.2.2. Pembaca Hasil Penguji

Lakukan pembacaan hasil pengujian penetrasi konus sebagai berikut:

- Baca nilai perlawanan konus pada penekan batang dalam sedalam kira-kira 4 cm pertama (kedudukan 2, lihat Gambar 2.4) dan catat pada formulir dikolom Cw. 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 Tw. 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 2.7. Kedudukan Pergerakan Konus Pada Waktu Pengujian

B.2.3. Pengulangan Langkah-Langkah Pengujian

Pengulangan langkah-langkah 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.

B.2.4. Penyelesaian Pengujian

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

C. Perhitungan

C.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.

C.1.1. Perlawanan Konus (qc)

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

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

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

$$\text{➤ } q_c = C_w \times A_{pi} / A_c \quad (2)$$

$$\text{➤ } A_{pi} = TT (D_{pi})^2 / 4 \quad (3)$$

$$\text{➤ } A_c = TT (D_c)^2 / 4 \quad (4)$$

C.1.2. Perlawanan geser (fs)

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

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

$$(q_c \times A_c) + (f_s \times A_s) = T_w \times$$

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

$$T_w \times A_{pi}$$

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

$$A_s = TT D_s L_s \quad (7)$$

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

C.1.3. 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:

$$R_f = (f_s / q_s) \times 100 \quad (9)$$

C.1.4. Geseran total (Tf)

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

$$Tf = (fs \times \text{interval pembaca}) \quad (10)$$

Dengan:

- Cw : Pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus(kPa)
- Tw : Pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus dan geser (kPa)
- Kw : Selisih dengan (kPa) Pkonus: Gaya pada ujung konus (kN)
- Ppiston: Gaya pada piston (kN)
- qc : Perlawanan konus (kPa)
- fs : Perlawanan geser lokal (kPa)
- Rf : Angka banding geser (%)
- Tf : Geseran total (kPa)
- Api :Luas penampang piston (cm²)
- Dpi : Diameter piston (cm)
- Ac : Luas penampang konus (cm²)
- Dc = Ds : Diameter konus sama dengan diameter selimut geser (cm)
- As : Luas selimut geser (cm²)
- Ds : Diameter selimut geser (cm)
- Ls : Panjang selimut geser (cm)

C.2. Prosedur Perhitungan

Lakukan perhitungan perlawanan konus (qc), perlawanan geser (fs), angka banding geser (Rf), dan geseran total (Tf) tanah dan penggambaran hasil pengujian dengan tahapan berikut.

C.2.1. Cara Perhitungan

- Hitung perlawanan konus (qc) bila ujung konus saja yang

terdorong dengan menggunakan persamaan (3.1) s.d (3.2).

- Hitung perlawanan geser (f_s) lokal bila ujung konus dan bidang geser terdorong bersamaan dengan menggunakan persamaan (3.6) s.d (3.7).
- Hitung angka banding geser (R_f) dengan menggunakan persamaan (3.11).
- Hitung geseran total (T_f) tanah dengan menggunakan persamaan (3.12).

C.2.2. Cara Penggambaran Hasil Uji Penetrasi Konus

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

D. 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).

- c. Jumlah pengujian, koordinat lokasi atau sketsa situasi letak, elevasi tanah dan muka air tanah (bila memungkinkan);
- d. Tipe ujung alat penetrasi yang digunakan, tipe mesin bercabang, informasi kalibrasi ujung alat dan cabang atau kedua-duanya;
- e. Catat setiap penyimpangan pada waktu pengujian.

D.1 Hubungan Hasil Sondir dengan Pondasi

D.1.1 Interpretasi Hasil Uji

Uji sondir (Cone Penetration Test, CPT) menghasilkan data berupa tahanan konus (q_c), gesekan selubung (f_s), dan friction ratio (FR). Nilai-nilai ini kemudian diinterpretasikan untuk:

1. Menentukan lapisan tanah berdasarkan grafik q_c dan f_s terhadap kedalaman, sehingga dapat diketahui urutan lapisan lempung, pasir, kerikil, maupun tanah lunak.
2. Menentukan daya dukung tanah (bearing capacity) secara empiris menggunakan korelasi antara q_c dengan kuat geser tanah.
3. Menentukan sifat konsistensi dan kepadatan tanah:
 - Nilai q_c rendah ($<10 \text{ kg/cm}^2$) → tanah sangat lunak/lunak.
 - Nilai q_c sedang ($10\text{--}60 \text{ kg/cm}^2$) → tanah teguh sampai kaku.
 - Nilai q_c tinggi ($>120 \text{ kg/cm}^2$) → tanah sangat kaku/keras.
4. Menentukan potensi penurunan (settlement) dengan memperkirakan modulus elastisitas tanah dari hasil sondir.

Dengan demikian, interpretasi hasil uji sondir memberikan gambaran mengenai kondisi tanah di lapangan, yang sangat penting sebagai dasar pemilihan jenis pondasi.

D.1.2 Pemilihan Jenis Pondasi

Pemilihan jenis pondasi ditentukan berdasarkan hasil interpretasi uji sondir, terutama nilai q_c serta kedalaman lapisan tanah keras.

1. Pondasi Dangkal (Shallow Foundation) Digunakan apabila:

- Lapisan tanah keras/padat ditemukan pada kedalaman relatif dangkal (≤ 3 m).
- Nilai q_c menunjukkan daya dukung tanah cukup untuk menahan beban bangunan.
- Beban bangunan relatif ringan sampai menengah.

Beberapa contoh pondasi dangkal yaitu foot plate, pondasi batu kali, mat foundation.

2. Pondasi Dalam (Deep Foundation) Digunakan apabila:

- Lapisan tanah keras berada pada kedalaman yang cukup dalam ($> 3-5$ m).
- Lapisan tanah atas bersifat lunak (nilai q_c rendah), sehingga pondasi dangkal berisiko mengalami penurunan besar.
- Beban bangunan berat (gedung bertingkat, jembatan, menara).

Beberapa contoh pondasi dalam yaitu tiang pancang (pile foundation), bored pile.

Kesimpulan :

Hasil uji sondir berperan penting dalam menentukan daya dukung tanah, konsistensi tanah, serta kedalaman tanah keras. Informasi ini menjadi dasar dalam pemilihan pondasi apakah menggunakan pondasi dangkal atau pondasi dalam, agar bangunan memiliki kestabilan, aman dari keruntuhan tanah, dan tidak mengalami penurunan berlebihan.