

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Uraian Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang dibangun dengan melewati penghalang atau rintangan berupa sungai, danau, selat, rawa, rel, jalan, dan lain-lain dengan tujuan untuk menghubungkan dua daerah guna memperlancar transportasi darat.

Kesejahteraan dalam bidang perekonomian, pendidikan, sosial dan budaya semakin berkembang, sehingga menyebabkan tingkat arus lalu lintas semakin meningkat dari desa ke kota maupun sebaliknya. Adanya hubungan tersebut secara tidak langsung menyebabkan pemerintah diwajibkan untuk menyediakan sarana dan prasarana dalam perkembangan-perkembangan yang terjadi. Diharapkan dengan disediakannya fasilitas yang menunjang dan memperlancar perkembangan suatu desa atau kota, maka masyarakat akan merasa lebih nyaman dan lebih diutamakan kesejahteraannya.

Dari penjelasan singkat diatas dapat diketahui bahwa pembangunan jembatan merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan transportasi di suatu daerah, sehingga mobilisasi kegiatan penduduk yang terputus oleh adanya sungai, lembah dan sebagainya menjadi lebih mudah. Konstruksi jembatan terdiri dari *sub structure* (bangunan bawah) dan *upper structure* (bangunan atas).

2.2. Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Bangunan bawah jembatan adalah bagian konstruksi jembatan yang menahan beban dari bangunan atas jembatan dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian disalurkan menuju tanah dasar. Ditinjau dari konstruksinya, struktur bawah jembatan terdiri dari :

1. Pondasi

Pondasi jembatan merupakan konstruksi jembatan yang terletak paling bawah dan berfungsi menerima beban dan meneruskannya ke lapisan tanah keras yang diperhitungkan cukup kuat menahannya.

2. *Pilecap*

Pilecap merupakan bagian dari struktur bawah bangunan yang berfungsi sebagai pengikat tiang pancang atau *bored pile* yang sudah tertanam sehingga dapat menjadi satu kesatuan dan dapat menyalurkan beban secara merata tidak hanya kepada satu tiang pancang atau *bored pile* saja. *Pilecap* juga berfungsi sebagai penahan gaya geser terhadap beban yang ada.

3. *Abutment* atau *footing*

Abutment atau *footing* adalah suatu konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung – ujung jembatan yang berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi.

4. *Pier* atau Pilar

Pier atau Pilar adalah salah satu konstruksi bangunan bawah jembatan yang terletak diantara dua *abutment* yang juga berfungsi sebagai penahan beban bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi.

2.3. Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dan menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban – beban berguna dan gaya – gaya luar ,seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain – lain, dan tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat ataupun penurunan pondasi yang merata lebih dari batas tertentu (Gunawan, 1991).

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi (Das, 1998).

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi menurut Sardjono (1988) didasarkan atas :

1. Fungsi bangunan atas (upper structure) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
2. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas.
3. Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.
4. Biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan atas.

2.3.1. Macam – Macam Pondasi

Menurut Gunawan (1991), pondasi bangunan biasa dibedakan sebagai pondasi dangkal (*shallow foudations*) dan pondasi dalam (*Deep Foundations*), tergantung dari perbandingan kedalaman pondasi dan lebar pondasi, dan secara umum digunakan patokan :

1. Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) maka disebut pondasi dangkal.
2. Jika kedalaman pondasi dari muka tanah adalah lebih dari lima kali lebar pondasi ($D > 5B$) maka disebut pondasi dalam.

Kedalaman suatu pondasi menentukan jenis pondasi apa yang akan digunakan. Berdasarkan tingkat kedalaman pemancangan pondasi pada kedalaman tanah, maka pondasi dapat dibagi menjadi dua (Hardiyatmo,2002), yaitu :

1. Pondasi Dangkal (*shallow foudations*)

Pondasi dangkal ialah pondasi yang mendukung beban secara langsung, seperti :

a. Pondasi memanjang

Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederhana kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisi – sisinya akan berimpit satu sama lain (Gambar 2.1a).

b. Pondasi telapak

Pondasi telapak merupakan pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom (Gambar 2.1b).

c. Pondasi rakit (*raft foundation*)

Pondasi rakit merupakan pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom – kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi – sisinya berimpit satu sama lain. Jenis pondasi ini umumnya berlaku untuk tanah yang mempunyai daya dukung tanah yang sangat kecil (Gambar 2.1c).

2. Pondasi dalam (*Deep Foundation*)

Pondasi dalam ialah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras yang terletak pada kedalaman yang sangat dalam, seperti:

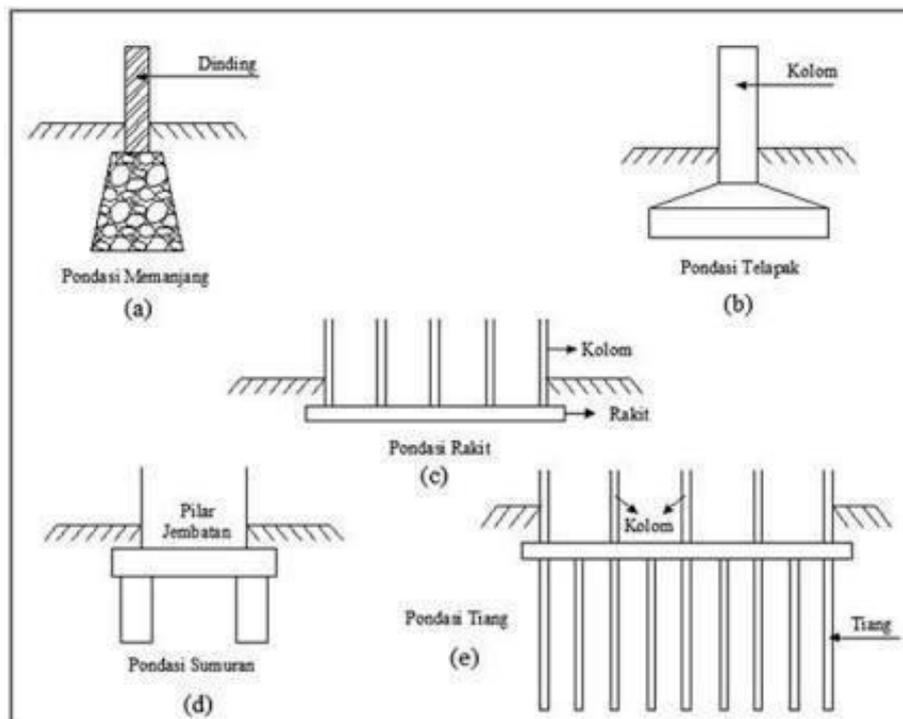
a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi ini merupakan peralihan antar pondasi dangkal dan pondasi dalam, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman

yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B) lebih besar dari 4 sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$ (Gambar 2.1d).

b. Pondasi tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Bowles 1991), (Gambar 2.1e).



Gambar 2.1 Macam – Macam Pondasi (Hardiyatmo, 2002)

2.4. Pondasi Tiang

2.4.1. Definisi Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban permukaan ke tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah. Beban terdistribusi sebagai beban vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang (Bowles, 1991).

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal kesumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Bowles 1991).

2.4.2. Klasifikasi Pondasi Tiang

Berdasarkan metode instalasinya, pondasi tiang pada umumnya dapat diklasifikasikan atas (Hardiyatmo,2010) :

1. Tiang Pancang (*Driven Pile*)

Tiang yang dipasang dengan cara membuat bahan berbentuk bulat atau bujur sangkar memanjang yang dicetak lebih dulu kemudian dipancang ditekan kedalam tanah.

2. Tiang Bor (*Drilled Shaft*)

Tiang yang dipasang dengan cara mengebor tanah lebih dulu sampai kedalaman tertentu, kemudian tulangan baja dimasukkan kedalam lubang bor dan kemudian diisi/dicor dengan beton.

2.5. Pondasi Tiang Pancang

2.5.1. Definisi Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan baja, yang digunakan untuk (mentransmisikan) beban – beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah yang dipasang dengan cara di pancangkan. Hal ini merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang.

Distribusi muatan vertikal dibuat dengan menggunakan sebuah gesekan, atau tiang pancang "apung", sedangkan pemakaian beban secara langsung dibuat oleh sebuah titik ujung, atau tiang panjang ini semata – mata hanya dari segi kemudahan karena semua tiang pancang berfungsi sebagai kombinasi tahanan samping dan dukungan ujung kecuali bila tiang pancang menembus tanah yang sangat lembek sampai ke dasar padat (Bowles,1991).

2.5.2. Keunggulan Pondasi Tiang Pancang

Menurut Bowles (1991), pada umumnya kegunaan tiang pancang adalah :

1. Untuk membawa beban-beban konstruksi di atas tanah, ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah. Di dalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlihat.
2. Untuk menahan gaya desakan ke atas, atau gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.
3. Memampatkan endapan tak berkohesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
4. Sebagai faktor keamanan tambahan di bawah tumpuan jembatan dan atau *pier* (tiang), khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
5. Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban di atas permukaan air melalui air dan ke dalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh baik oleh beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral.

2.5.3. Pemilihan Jenis Pondasi Tiang Pancang

Pemilihan tiang pancang untuk berbagai jenis keadaan tergantung pada banyak jenis variabel walaupun demikian harus ada indikator yang jelas yang dapat

menunjukkan kesesuaian beberapa tiang pancang dengan kondisi – kondisi tertentu (Sardjono,1988).

Faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam pemilihan tiang pancang antara lain :

1. Tipe dari tanah dasar yang meliputi jenis tanah dasar dan ciri – ciri topografinya.
2. Jenis bangunan yang akan dibuat.
3. Alasan teknis pada waktu pelaksanaan pemancangan.

2.5.4. Jenis - Jenis Pondasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi, pemilihan jenis pondasi tiang pancang untuk berbagai jenis keadaan tergantung pada banyak variabel. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam pemilihan tiang pancang antara lain tipe dari tanah dasar yang meliputi jenis tanah dasar dan ciri-ciri topografinya, alasan teknis pada waktu pelaksanaan pemancangan dan jenis bangunan yang akan dibangun.

a. Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Cara Pemindahan Beban yang Diterima Tiang ke dalam Tanah

Menurut cara pemindahan beban, tiang pancang (Hardiyatmo, 2002), adalah sebagai berikut :

1. *Point bearing pile (end bearing pile)* atau tiang pancang dengan tahanan ujung. Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung ke lapisan tanah keras yang mampu memikul beban yang diterima oleh

tiang tersebut. Lapisan tanah keras itu dapat berupa lempung keras sampai pada batu – batuan yang sangat keras.

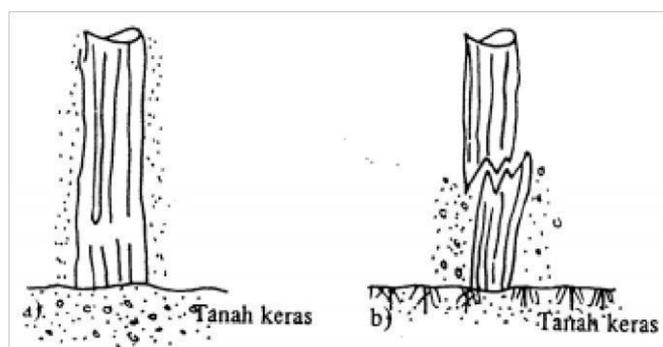
2. *Friction pile* (tiang pancang yang bertahan dengan pelekatan antara tiang dengan tanah).
3. Kombinasi antara *Point bearing pile* dengan *Friction pile*.

b. Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Bahan yang digunakan

Menurut bahan yang digunakan tiang pancang dibagi menjadi enam (Hardiyatmo, 2010) yaitu :

1. Tiang pancang Kayu

Tiang kayu adalah tiang yang dibuat dari kayu, umumnya berdiameter antara 10 – 25 cm. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang kayu tunggal dapat mencapai 270 – 300 KN.



Gambar 2.2 Tiang Pancang Kayu (Sardjono,1988)

2. Tiang Pancang Beton Pracetak

Tiang beton pracetak yaitu tiang yang terbuat dari beton yang dicetak disuatu tempat dan diangkut ke lokasi rencana bangunan.

3. Tiang Beton Cetak Ditempat

4. Tiang Bor

Tiang bor dipasang kedalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai dan cor beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

5. Tiang Baja Profil

Tiang baja profil termasuk tiang pancang dengan bahan yang dibuat dari baja profil. Tiang baja profil berbentuk profil H, empat persegi panjang, segi enam dan lain – lainnya.

6. Tiang Komposit

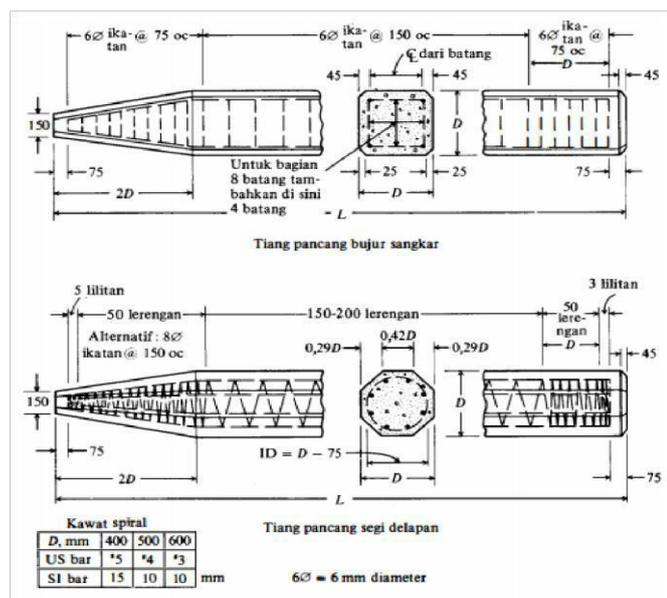
Beberapa kombinasi bahan tiang pancang atau tiang bor dengan tiang pancang dapat digunakan untuk mengatasi masalah – masalah pada kondisi tanah tertentu.

c. Jenis Pondasi Tiang Berdasarkan Cara Pembuatan

1. Precast Reinforced Concrete Pile (Spun Pile)

Precast Reinforced Concrete Pile adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan. (Sardjono,1988).

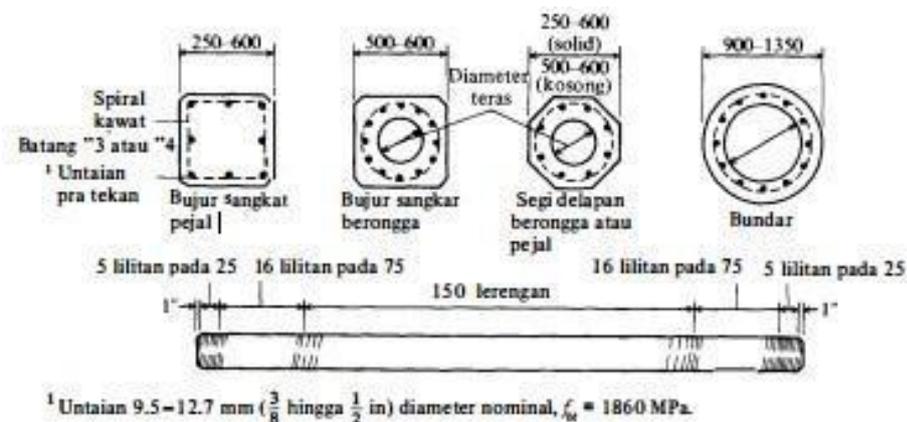
Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar (> 50 ton untuk setiap tiang), hal ini tergantung dari dimensinya. Dalam perencanaan tiang pancang beton precast ini, panjang tiang harus dihitung dengan teliti, sebab kalau ternyata panjang dari tiang ini kurang, terpaksa harus dilakukan penyambungan, hal ini akan banyak memakan waktu dan juga biaya (Sardjono,1988).



Gambar 2.3 *Precast Reinforced Concrete Pile* (Bowles,1991)

2. Precast Prestressed Concrete Pile

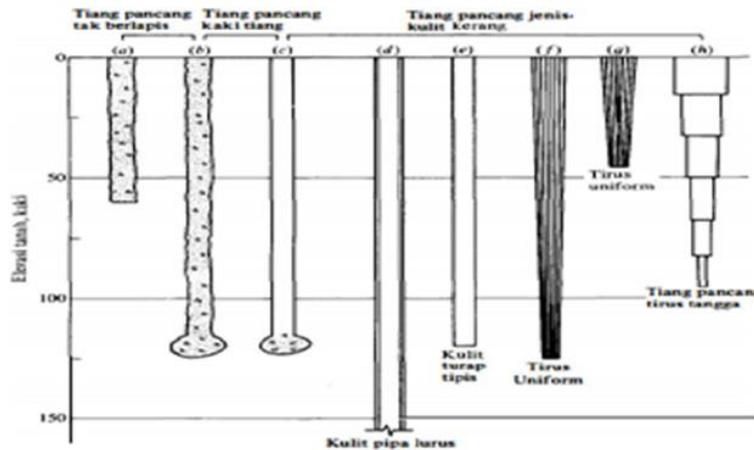
Precast Prestressed Concrete Pile adalah tiang pancang dari beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestress, yaitu dengan menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah beton mengeras. Untuk tiang pancang jenis ini biasanya dibuat oleh pabrik yang khusus membuat tiang pancang, untuk ukuran dan panjangnya dapat dipesan langsung sesuai dengan yang diperlukan.



Gambar 2.4 Tiang Pancang *Prestressed Concrete Pile* (Bowles,1991)

3. Cast In Place

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan cara membuat lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah (Sardjono,1988).



Gambar 2.5 Jenis Tiang Beton yang dicor di tempat (Bowles, 1991)

2.6. Penyelidikan Tanah

Uji penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah / sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan pondasi bangunan, jalan dan lain – lain, kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat korosivitas tanah. Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui jenis pondasi yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan, selain itu dari hasil penyelidikan tanah dapat ditentukan perlakuan terhadap tanah agar daya dukung dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun. Dari hasil penyelidikan tanah ini akan dipilih alternatif / jenis, kedalaman serta dimensi pondasi yang paling ekonomis tetapi masih aman (www.testindo.com/article/70/uji-penyelidikan-tanah).

Agar bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak timbul penurunan (*settlement*) yang terlalu besar, maka pondasi bangunan harus mencapai lapisan

tanah yang cukup padat. Untuk mengetahui letak / kedalaman lapisan tanah padat dan kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*), dilakukan kegiatan penyelidikan di lapangan (lokasi rencana bangunan baru) dan penelitian di laboratorium (Gunawan, 1991). Penyelidikan tanah untuk perancangan pondasi terdiri dari beberapa macam, meliputi :

1. Penyelidikan di Laboratorium (*Laboratory Test*)
2. Penyelidikan di lapangan (*Standart Penetration Test*)
3. *State Cone Penetration Test* atau uji sondir

2.6.1. Penyelidikan Tanah di Laboratorium (*Laboratory Test*)

Pengujian di laboratorium menggunakan *sample* tanah yang telah di ambil pada pekerjaan *core drilling* yaitu *undisturb sample* / contoh tanah tidak terganggu. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah (www.testindo.com/article/70/uji-penyelidikan-tanah).

Secara umum, pengujian di laboratorium yang sering dilakukan untuk perencanaan pondasi menurut Hardiyatmo (2002) adalah:

- a. Pengujian dari pengamatan langsung
- b. Pemeriksaan kadar air
- c. Analisis butiran
- d. Pengujian Batas plastis dan batas cair (*Atteberg Limits*)
- e. Uji triaksial

- f. Uji tekan bebas
- g. Uji geser kipas
- h. Uji konsolidasi
- i. Uji permeabilitas
- j. Analisa bahan kimia

2.6.2. *Standart Penetration Test (SPT)*

Standard Penetration Test (SPT) sering digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di lokasi. Tujuan dari percobaan SPT ini adalah untuk menentukan kepadatan relatif lapisan tanah dari pengambilan contoh tanah dengan tabung sehingga diketahui jenis tanah dan ketebalan tiap-tiap lapisan kedalaman tanah dan untuk memperoleh data yang kualitatif pada perlawanan penetrasi tanah serta menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkohesi yang biasa sulit diambil sampelnya.

2.6.3. *Static Cone Penetration Test* atau Uji Sondir

Uji penetrasi kerucut statis atau uji sondir sangat berguna untuk memperoleh variasi kepadatan tanah pasir yang tidak padat. Nilai – nilai tahanan kerucut statis, atau tahanan konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian, dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan pada pondasi (Hardiyatmo, 2010).

2.7. Kapasitas Dukung Pondasi Tiang

Kuat dukung pondasi tiang adalah kemampuan tiang pancang untuk meneruskan beban yang bekerja terhadap lapisan tanah (Hardiyatmo, 1985).

Berbagai metode dalam usaha menentukan kapasitas dukung tiang ini, tapi umumnya dibedakan dalam dua kategori yaitu untuk tiang tunggal (*single pile*) dan kelompok tiang (*pile group*).

2.7.1. Kapasitas Daya Dukung Aksial Tunggal (*Single Pile*)

Daya dukung *single pile* adalah daya dukung persatu tiang pancang. Untuk menentukan nilai kapasitas daya dukung tiang aksial tunggal (*single pile*), dapat digunakan beberapa metode perhitungan, diantaranya :

1. Kapasitas Daya Dukung Pondasi berdasarkan hasil Uji Laboratorium (Sifat dan Karakteristik Tanah)

Kapasitas ultimit *netto* tiang tunggal (Q_u) adalah jumlah tahanan ujung bawah tiang (Q_b) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang (Hardiyatmo,2002), bila dinyatakan dengan persamaan adalah:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas dukung ultimit netto (kN)

Q_b = Tahanan ujung bawah ultimit (kN)

Q_s = Tahanan gesek ultimit (kN)

W_p = Berat Sendiri Tiang (kN)