

## B A B II

### FONDASI TIANG

#### 2.1. Pengertian dan Jenis Fondasi

Fondasi suatu bangunan adalah konstruksi bawah yang meneruskan semua beban konstruksi di atasnya ke tanah pendukung atau merupakan elemen penghubung antara konstruksi atas dengan tanah (Bowles, 1986).

Dari pengertian di atas tampak bahwa fondasi merupakan bagian konstruksi yang sangat penting, oleh karena itu fondasi suatu bangunan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Menurut Nakazawa dan Sosrodarsono (1983), persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi oleh suatu fondasi adalah sebagai berikut ini.

1. Kedalaman minimal harus cukup untuk mengatasi pengaruh akibat perubahan volume tanah musiman, misalnya kembang susut tanah dan tidak boleh lebih kecil dari ketebalan tanah organik atau timbunan sampah (bila ada)
2. Fondasi harus aman terhadap bahaya penggulingan, pergeseran dan penurunan
3. Bentuk dan ukuran fondasi disesuaikan dengan tanah pendukung fondasi
4. Fondasi harus mampu menahan beban struktur apabila dilakukan perubahan-perubahan pada struktur atasnya

5. Fondasi harus ekonomis baik struktur maupun pelaksanaan pembuatannya,
6. Struktur fondasi dan pelaksanaannya tidak mengganggu lingkungan sekitarnya,

Pada umumnya fondasi suatu bangunan dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu:

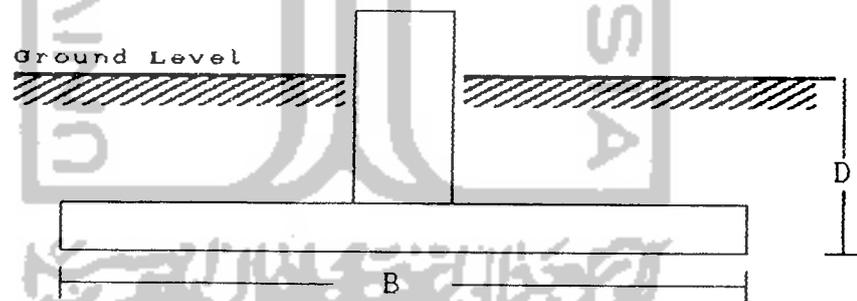
1. Fondasi dangkal

Narayan V Nayak (1982) mendefinisikan fondasi dangkal sebagai berikut:

- a. Apabila perbandingan antara kedalaman fondasi (D) dan lebar fondasi (B) tidak lebih dari 2, atau

$$\frac{D}{B} \leq 2$$

(lihat gambar 1.1)



Gambar 2.1 Definisi dari fondasi dangkal

- b. Anggapan bahwa penyebaran tegangan pada struktur fondasi ke bawahnya yang berupa lapisan penyangga ("bearing stratum") yang kuat, lebih kecil atau sama dengan dua kali lebar fondasi.



Contoh fondasi dangkal antara lain fondasi telapak dan fondasi staal.

## 2. Fondasi dalam

Apabila perbandingan kedalaman fondasi dan lebar fondasi lebih dari 2. Macam fondasi dalam adalah:

- a. Fondasi tiang, dipakai jika lapisan tanah baik terletak sangat dalam sehingga tidak mungkin lagi digunakan fondasi langsung,
- b. Fondasi tiang bor dan kaison, digunakan untuk beban kolom yang besar dan untuk mengatasi masalah lingkungan.

### 2.2. Fondasi Tiang

Fondasi tiang adalah elemen struktur bawah yang digunakan jika lapisan tanah bagian atas tidak cukup kuat untuk memikul beban, sedangkan lapisan tanah baik terletak cukup dalam. Elemen ini berbentuk tiang, dapat berupa tiang baja, tiang kayu maupun tiang beton. Fondasi tiang digunakan untuk:

1. Meneruskan beban-beban konstruksi di atas tanah, ke dalam tanah atau melalui lapisan tanah,
2. Menahan gaya desakan ke atas ("up lift") atau gaya guling, seperti untuk ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh dan menopang kaki terhadap guling.

3. Keamanan tambahan pada tumpuan jembatan ("pier"), khususnya jika erosi merupakan persoalan yang berpengaruh,
4. Memampatkan tanah yang non kohesif yang lepas melalui perpindahan isi tiang pada saat pemancangan,
5. Meneruskan beban-beban struktur pada konstruksi lepas pantai ke dalam tanah dasar.

Ada beberapa cara yang dapat dipergunakan untuk memasang fondasi tiang. Cara yang sering digunakan adalah dengan mempersiapkan tiang lebih dahulu, kemudian dimasukkan ke dalam tanah dengan mesin pemancang. Fondasi tiang semacam ini disebut fondasi tiang pancang. Cara lain adalah dengan membuat lubang dengan bor, kemudian lubang bor tersebut diisi dengan beton dan baja sebagai tulangnya, fondasi tiang tersebut disebut dengan fondasi tiang bor.

Menurut Suhardjito Pradoto (1989), fondasi tiang secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Tiang-tiang perpindahan (tiang-tiang pancang / "displacement piles"/"driven types").

Yang termasuk dalam kategori ini, antara lain:

1. Kayu, berpenampang bundar atau segi empat dengan sambungan atau menerus ("timber piles"),
2. Tiang beton ("precastconcrete piles"), dapat berpenampang masif atau bulat,
3. Tiang beton pratekan ("prestressed concrete piles") berpenampang masif atau bulat,

4. Pipa baja ("steel tube") dipancang dengan ujung tertutup,
  5. Pipa baja dengan penampang segi empat ("steel box") dipancang dengan ujung tertutup,
  6. Pipa baja yang ujungnya membesar atau mengecil ("fluted & tapered steel tube"),
  7. Pipa baja dengan ujung tertutup dimasukkan dengan cara ditekan ("jacked-down steel tube with close end"),
- b. Tiang-tiang perpindahan (tipe dipancang dan dicor di tempat ("displacement piles/driven & cast in situ type").  
Tipe ini meliputi:
1. Pipa baja dipancang setelah itu diisi atau dicor beton sambil pipa baja ditarik ("steel tube driven and with drawn after placing concrete"),
  2. Tiang pracetak beton yang diisi dengan beton ("Precast concrete shell filled with concrete"),
  3. Pipa baja berdinding tipis dipancang kemudian diisi beton ("thin walled steel shell driven").
- c. "Small-displacement piles"
1. Tiang pracetak beton, penampang pipa dipancang dengan penampang tiang terbuka atau salib ("precast concrete/tubular section driven"),
  2. Tiang pratekan beton, penampang bulat dipancang dengan penampang terbuka atau salib ("prestressed concrete tubular section driven"),
  3. Tiang baja profil H ("steel H section"),

4. Tiang baja penampang bulat atau pipa, dipancang dengan ujung terbuka ("steel tube section driven"),
  5. Tiang ulir ("screw pile").
- d. Tiang-tiang tanpa perpindahan ("non-displacement piles")  
Dilaksanakan pertama dengan mengeluarkan tanah dengan proses pengeboran. Kemudian tiang dibuat dengan meletakkan beton pada lubang bor, tiang ini meliputi:
1. Betonan yang dituang pada lubang bor ("bord & cast in situ"),
  2. Pipa-pipa yang diletakkan pada lubang bor dan diisi dengan betonan ("tubeslesed inhole drilled").
- e. Tiang komposit ("Composite piles")  
Kombinasi dari unit tipe tiang dari ketiga kata gori yang telah disebutkan di atas

Menurut Bowles (1986), dari segi bahannya tiang dapat berupa tiang baja, tiang kayu dan tiang beton. Fondasi tiang beton terbagi menjadi dua yaitu beton pracetak dan tiang beton cetak di tempat ("cast in place"). Untuk tiang beton cetak di tempat dibuat dengan jalan pemboran tanah atau dengan pemancangan "Casing" ke dalam tanah kemudian diisi campuran beton.

## 2.3. Fondasi Tiang Bor dan Fondasi Sumuran

### 2.3.1. Fondasi tiang bor

Fondasi tiang bor termasuk salah satu bentuk fondasi dalam yang dibuat dengan cara membor tanah, kemudian diisi dengan beton.

Menurut Tomlinson (1977) pemilihan tipe tiang bor tergantung tiga faktor yaitu:

1. Lokasi dan tipe struktur

Fondasi tiang bor cocok untuk daerah padat bangunan karena getaran atau suaranya tidak begitu mengganggu lingkungan sekitarnya. Fondasi ini tidak begitu baik untuk fondasi bangunan-bangunan di pantai.

2. Kondisi tanah

Kondisi tanah kohesif yang kenyal sampai keras sangat mendukung pemakaian tiang bor untuk tanah lempung yang sangat lunak dan tanah granular yang sangat lepas, cocok bila menggunakan fondasi tiang pancang.

3. Umur tiang bor

Di daerah dengan air tanah yang agresif umumnya dipakai bahan fondasi yang tahan sifat-sifat zat kimia, air yang agresif tersebut.

Pemilihan fondasi sangat tergantung pada berbagai keadaan yang pada dasarnya tidak terlepas dari keuntungan dan kerugiannya.

Keuntungan fondasi tiang bor ialah:

1. Tanpa sambungan sehingga dapat dibuat tiang yang lurus dan sangat panjang. Panjang tiang dapat ditetapkan lebih mudah,
2. Getaran dan suara pada saat melaksanakan pekerjaan sangat kecil, cocok untuk pekerjaan pada daerah yang padat bangunannya,

3. Tanah galian dapat diamati secara langsung dan sifat-sifat tanah pada tanah pendukung fondasi juga dapat langsung di ketahui.
4. Alat pembor dapat menembus rintangan-rintangan yang tidak dapat ditembus oleh tiang pancang.

Kerugian fondasi tiang bor ialah:

1. Seringkali beton bahan tiang dicor di bawah muka air tanah sehingga kualitasnya setelah selesai lebih rendah dibandingkan dengan tiang pracetak.
2. Ketika beton dituangkan, dikhawatirkan adukan beton tercampur dengan reruntuhan tanah.
3. Tanah galian cukup banyak sehingga tempat kerja akan menjadi kotor.

Pada saat ini ada tiga metoda dasar dalam pembuatan fondasi tiang bor (Bowles, 1991), yaitu:

1. Metoda kering

Metoda ini digunakan pada tanah kohesif dan permukaan air tanah berada di bawah dasar fondasi. Tahap pelaksanaan pengeboran adalah sebagai berikut; tanah dibor sampai kedalaman yang diperlukan kemudian diisi sebagian dengan beton. Tulangan dipasang dan setelah itu beton dituang lagi ke dalam lubang sampai penuh. Tiang bor selesai dicor.

2. Metoda acuan

Metoda ini digunakan pada tempat-tempat yang mungkin mengalami keruntuhan tanah. Tahap pekerjaan dengan metoda ini adalah sebagai berikut; tanah dibor,

untuk mencegah keruntuhan tanah maka dipasang "casing" sampai kedalaman yang diperlukan. Setelah "casing" terpasang, pengeboran dilanjutkan sampai tanah baik. Pengeboran selesai, dasar lubang dibersihkan dari sisa-sisa material dan tulangan dipasang. Setelah itu dilakukan pengecoran beton ke dalam lubang bor sambil "casing" ditarik dari lubang. Tiang bor selesai dicor.

### 3. Metoda bentonit

Bentonit adalah mineral lempung yang sebagian besar terdiri dari "montmorillonite", ditambah dengan air menjadi semacam bubur yang dikenal sebagai bubur bentonit dan digunakan untuk mencegah perbedaan tekanan pada tanah sekitarnya dengan lubang bor, sehingga keruntuhan tanah dapat dihindari dan air tanah tidak masuk ke dalam lubang bor. Metoda ini dipakai pada tanah yang tidak stabil dengan muka air tanah tinggi. Tahap pelaksanaan pekerjaan fondasi dengan sistem ini adalah sebagai berikut; dilakukan pemboran sampai kedalaman yang diperlukan (tanah baik) dan untuk keruntuhan tanah pada dinding lubang, ditambahkan adonan bentonit. Setelah pemboran selesai, tulangan dipasang. Kemudian corong pipa cor ("tremie") dipasang dan dilakukan pengecoran. Tiang bor selesai dicor.

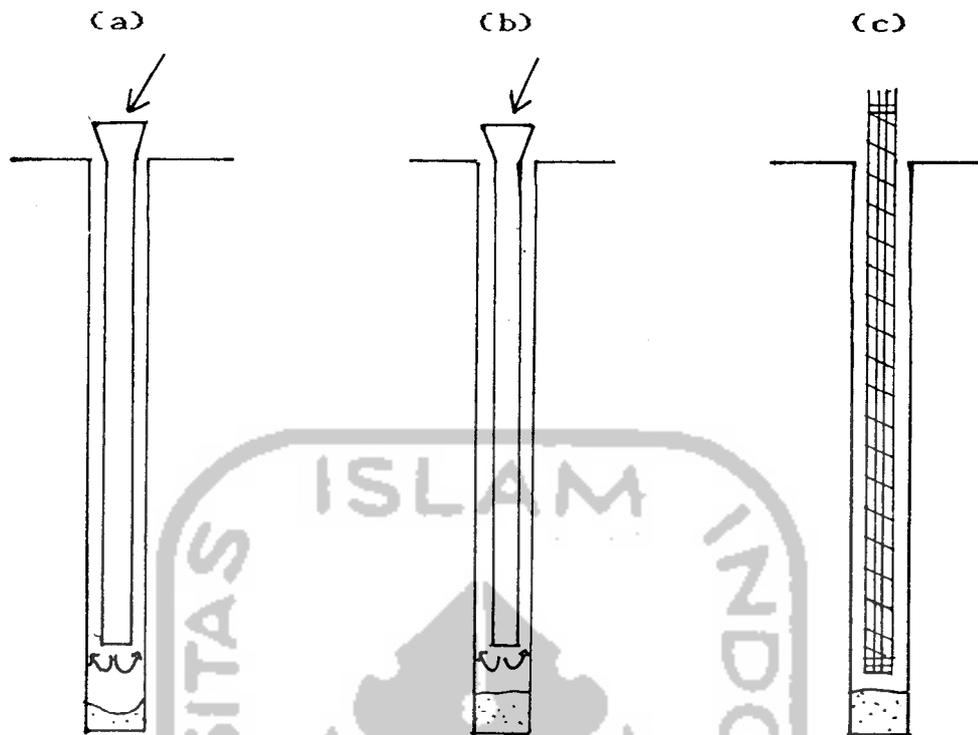
Menurut Poulos dan Davis (1980), pembuatan fondasi tiang bor pada tanah kohesif akan berpengaruh pada daya

lekat antara fondasi dengan tanah. Efek tersebut adalah karena pembuatan tiang bor akan melunakkan tanah di sekeliling lubang yang timbul karena:

1. Penyerapan air dari beton yang baru dicor,
2. Perpindahan air dari tanah kohesif di sekitar daerah yang tekanannya lebih rendah di sekitar lubang bor,
3. Air yang dituangkan ke alat pemboran untuk memudahkan pemboran.

Menurut Nakazawa dan Sosrodarsono (1983), efek lain pembuatan tiang bor di tanah kohesif adalah pengumpulan lumpur di dasar lubang. Lumpur ini harus dikeluarkan dari dasar lubang, karena pengerukan lumpur yang tidak sempurna akan menimbulkan kerugian-kerugian seperti merosotnya mutu beton sebab beton tercampur lumpur, tulangan tidak terpasang pada tempat yang seharusnya, beton tidak sampai pada tanah baik yang mengakibatkan penurunan tiang (lihat gambar 2.2).

Pelaksanaan pemboran fondasi tiang di tanah non kohesif dapat menyebabkan keruntuhan tanah di sekitarnya, karena tanah yang dibor selalu mempengaruhi keadaan tanah fondasi itu sendiri seperti tekanan tanah dan tekanan air tanahnya.

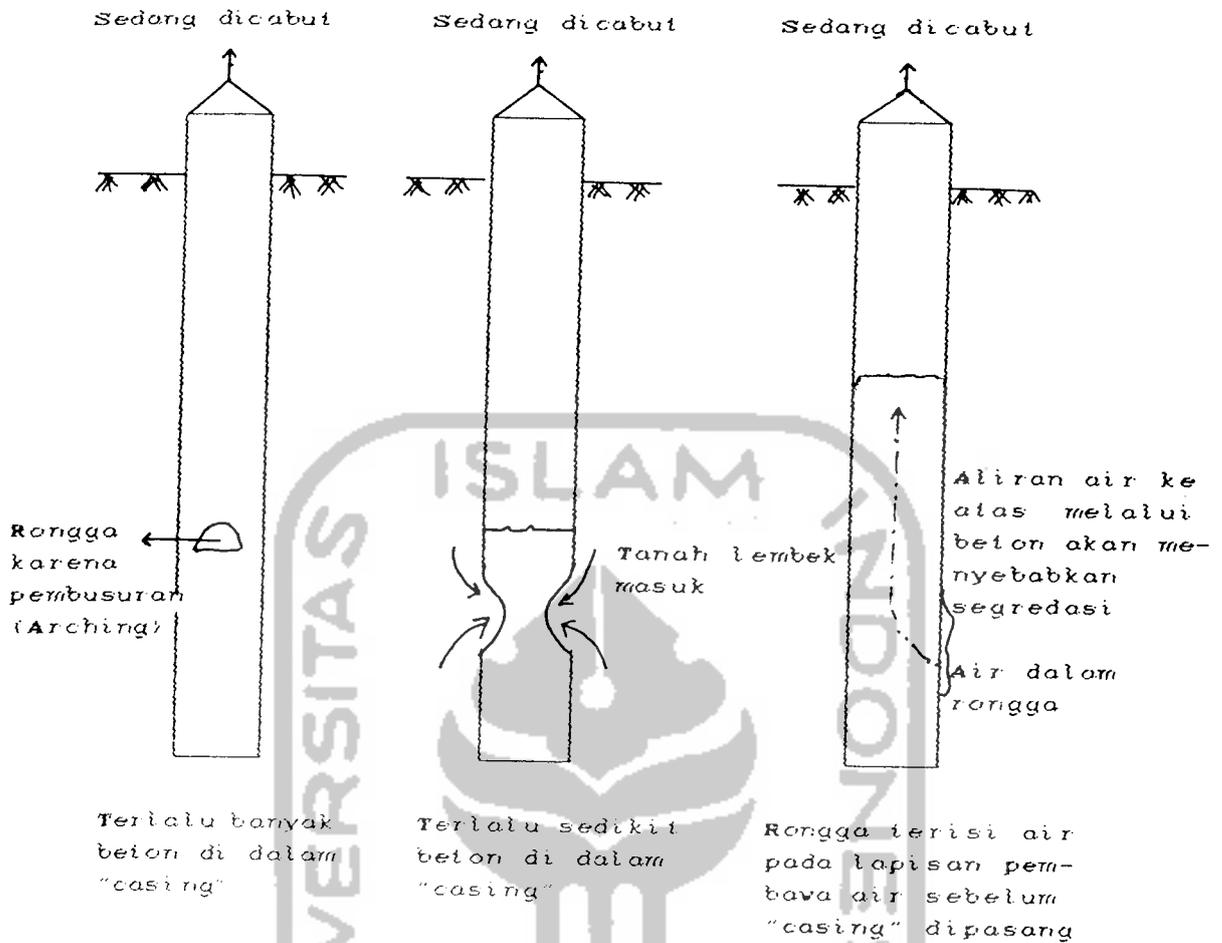


Gambar 2.2. Kerugian akibat pengerukan lumpur tidak sempurna  
 (A) beton mengandung lumpur  
 (B) beton tidak sampai tanah baik,  
 (c) penulangan terapung.

Akibat pemboran tersebut, permukaan dinding lubang bor kehilangan keseimbangannya dan dapat runtuh. Cara mengatasi keruntuhan permukaan dinding lubang tersebut adalah:

1. Penggunaan "casing" selama pemboran,
2. Menstabilkan tanah yang dibor dengan bahan stabilisator seperti bentonit.

Menurut Ellison (1975), masalah lain yang dapat terjadi adalah akibat penggunaan "casing" sementara. Apabila pencabutan selongsong tidak dilakukan dengan benar, maka hal ini dapat menimbulkan persoalan-persoalan seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. persoalan-persoalan yang timbul pada pemakaian "casing" sementara.

Mengatasi masalah air tanah selama pemboran dan pengecoran bukan merupakan masalah yang mudah, apabila aliran-aliran air tanah besar, dapat membawa butiran-butiran tanah sehingga membahayakan kestabilan lubang bor.

Untuk mengeluarkan air tanah dari lubang dilakukan pemompaan, akan tetapi pemompaan ini dapat merusak susunan lapisan tanah di bawah lubang bor dan dapat menyebabkan penurunan muka air sekitarnya. Penurunan muka air tanah di sekitar lokasi dapat membahayakan bangunan-bangunan lain di sekitarnya. Cara menanggulangi masalah tersebut adalah:



1. Menggunakan "casing" permanen atau sementara pada lapisan tanah yang permeabel,
2. Menggunakan bubur bentonit.

#### 2.3.2. Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran juga termasuk fondasi dalam. Umumnya dipakai jika tanah keras terletak antara 4 sampai 8 meter dari muka tanah dan tidak ada problem air tanah. Bahan sumuran umumnya terdiri dari beton siklop (campuran semen, pasir, kerikil dengan perbandingan 1:3:5 ditambah 65 % batu besar sehingga membentuk suatu adukan yang rapat).

Fondasi sumuran dan fondasi tiang bor pada prinsipnya sama, hanya pada fondasi sumuran tanah digali secara manual. Apabila tanah yang digali mudah longsor, untuk memudahkan penggalian tanah dapat digunakan pipa beton untuk menahan longSORAN selama tanah digali.

Fondasi sumuran banyak dipakai karena pertama; sumuran dapat digali sampai mencapai lapisan yang dikehendaki dan lapisan tanahnya dapat diketahui. Kedua; fondasi sumuran tidak menyebabkan perubahan sifat tanah di sekitarnya, yang ketiga; fondasi sumuran tidak menimbulkan getaran dan keributan.

#### 2.4. Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah adalah merupakan salah satu tahapan dalam perencanaan struktur bangunan, terutama struktur bawah. Penyelidikan tanah dilakukan untuk:

1. Mendapatkan informasi tanah dan sifat-sifatnya yang berkaitan dengan desain fondasi dan metode pelaksanaannya,

2. Mengetahui letak muka air tanah.

Dengan mengetahui jenis dan sifat-sifat tanah serta letak muka air tanah, maka kedalaman dan jenis fondasi dapat ditentukan.

Langkah-langkah penyelidikan tanah adalah sebagai berikut ini.

- a. Persiapan merupakan langkah pertama dari suatu penyelidikan tanah. Kegiatan yang dilakukan antara lain mengumpulkan informasi sebanyak mungkin yang relevan dengan lokasi bangunan yang akan dibangun dan mempelajari gambar-gambar rencana bangunan.
- b. Peningjauan lokasi bangunan. Hal-hal yang perlu diteliti antara lain: kesulitan-kesulitan yang mungkin timbul dalam pelaksanaan pembangunan, tanah permukaan, dan bangunan yang ada.
- c. Penyelidikan pendahuluan, terutama untuk pekerjaan struktur di lokasi yang belum pernah dilakukan penyelidikan tanah.
- d. Penyelidikan tanah yang definitif. Pada tahap ini dilakukan penyelidikan secara terperinci untuk memperoleh data tanah yang diperlukan guna perencanaan fondasi.

Penyelidikan tanah meliputi penyelidikan tanah di lapangan dan pengujian sampel tanah di laboratorium. Dari penyelidikan tanah di lapangan akan diperoleh data tanah

asli yaitu daya dukung tanah dan kekerasan atau kepadatan tanah. Pengujian sampel di laboratorium akan diperoleh data:

- a. Sifat indek tanah yaitu batas cair, batas plastis, indeks plastisitas,
- b. Sifat fisik tanah seperti kadar air, porositas, angka pori dan berat butir tanah,
- c. Sifat mekanik tanah yaitu kuat geser, konsolidasi, dan kuat tekan tanah.

Penyelidikan tanah terdiri atas pengeboran dan pengujian penetrasi yaitu penetrasi statis dan penetrasi dinamis.

Pengeboran dapat dilakukan secara manual dan mekanis. Pengeboran dengan bor tangan banyak dipakai karena ringan, sederhana dan ekonomis, tetapi hanya cocok untuk pekerjaan kecil dan tidak bisa dipakai pada tanah yang tidak stabil serta ada problem air tanah. Untuk pengeboran sampai kedalaman yang sangat besar umumnya dipakai bor yang digerakan secara mekanik. Tujuan pengeboran adalah:

1. Menentukan profil tanah,
2. Menentukan tebal dan jenis tanah, dan
3. Untuk pengambilan sampel tanah terusik dan sampel tak terusik.

Secara empiris, pengujian penetrasi digunakan untuk menentukan kepadatan atau kekerasan tanah dan lapisan-lapisannya. Untuk itu diperlukan alat yang dikenal sebagai penetrometer.

Menurut Wesley (1977), penetrometer dibagi menjadi dua macam yaitu penetrometer statis dan penetrometer dinamis.

- a. Penetrometer statis, disebut statis karena ditekan dengan tekanan konstan. Prinsip kerjanya adalah menekan ujungnya ke dalam tanah pada kecepatan tertentu dan gaya perlawanannya diukur,
- b. Penetrometer dinamis, disebut dinamis karena adanya pukulan yang digunakan untuk menekan konis menembus tanah. Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut: ujung konis dimasukkan ke dalam tanah dengan pukulan yang dilakukan dengan menjatuhkan beban. Beban dijatuhkan dengan tinggi jatuh tertentu dan jumlah pukulan yang diperlukan untuk mendorong ujung konis menembus ke dalam tanah dihitung.

#### 2.4.1. Pengujian Sondir

Pengujian sondir disebut juga dengan "Cone Penetration Test" (CPT). Pengujian ini pertama kali berkembang di Belanda dan banyak dipakai di Indonesia.

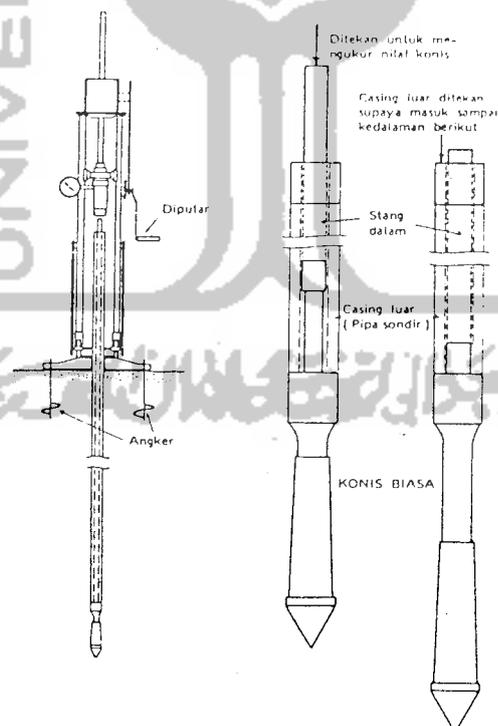
Tujuan mula-mula dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perubahan-perubahan lapisan tanah terutama kekerasan dan kepadatannya. Dengan penelitian para ahli sifat dan jenis tanah, daya dukung serta kedalaman fondasi dapat ditentukan secara empiris.

Pengujian sondir dilakukan tanpa didahului dengan pengeboran. Mata sondir yang berupa kerucut bersudut  $60^{\circ}$  dan

luas penampangnya  $10 \text{ cm}^2$  langsung ditekan kedalam tanah dengan kecepatan konstan  $2 \text{ cm/det}$ .

Menurut Wesley (1977), ada dua macam mata sondir yang dapat dipakai yaitu:

1. Konis biasa, hasil yang diperoleh adalah perlawanan ujung atau nilai konis ( $q_c$ ). Nilai ini diperoleh dengan menekan stang dalam dan otomatis akan menekan konis ke bawah. Seluruh pipa sondir tetap diam. Tekanan yang dibutuhkan untuk menekan konis menembus tanah dibaca pada manometer. Sondir dengan konis biasa dapat dilihat pada gambar 2.4. di bawah ini.



Gambar 2.4. Alat sondir dengan konus biasa

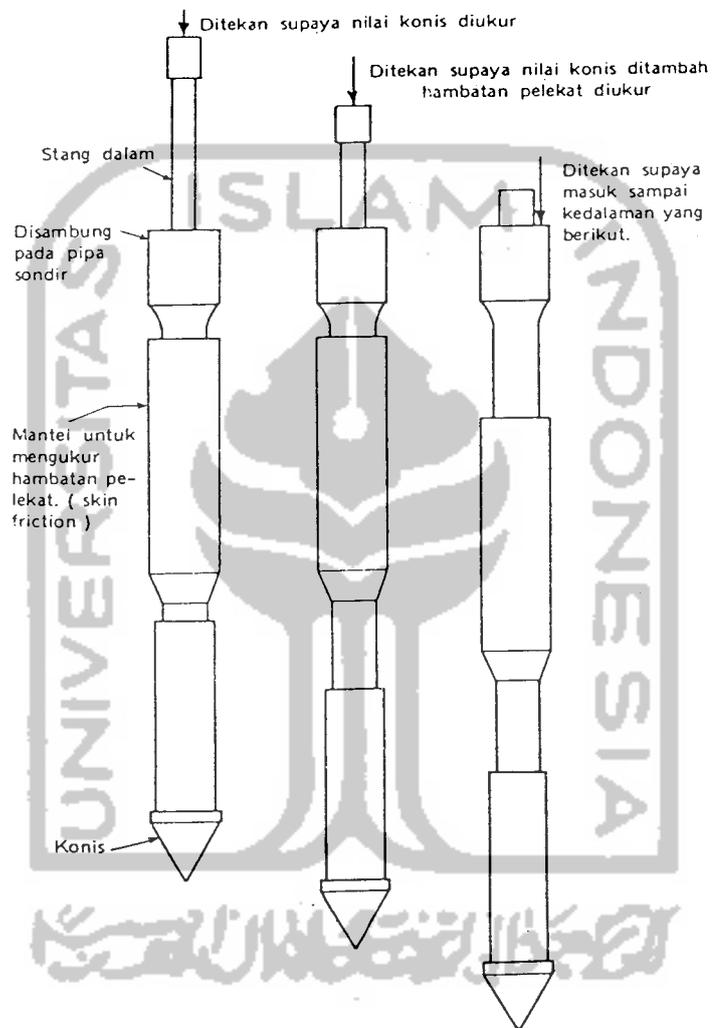
2. Bikonis, nilai yang diperoleh ada dua macam yaitu nilai konus ( $q_c$ ) dan nilai gesekan ( $f_s$ ). Nilai  $q_c$  dan nilai  $f_s$  didapat dengan cara menekan stang dalam seperti pada sondir dengan konis biasa. Pada permulaan hanya konis yang ditekan bergerak ke bawah, dengan demikian hanya nilai konis yang diukur. Setelah konus bergerak sejauh 4 cm, maka selubung gesek ikut bergerak juga, sehingga nilai konus dan nilai gesekan diukur bersama-sama. Nilai gesekan ini diperoleh dengan mengurangi nilai keseluruhan dengan nilai konus lalu dikalikan dengan koefisien yang merupakan perbandingan antara luas selubung gesek. Sondir bikonus dapat dilihat pada gambar 2.5.

Biasanya pengukuran dilakukan setiap 20 cm sehingga keadaan tanah dapat diketahui secara kontinyu. Pada pengujian ini alat yang banyak dipakai adalah sondir bikonus.

Berdasarkan kemampuannya, terdapat dua macam alat sondir yaitu sondir ringan dengan kapasitas 2,5 ton dan sondir berat dengan kapasitas 10 ton. Untuk tanah lempung cukup digunakan sondir ringan, sedangkan pada tanah yang keras digunakan sondir berat.

Hasil pengujian CPT berupa nilai konus ( $q_c$ ), nilai gesekan ( $f_s$ ) dan kedalaman tanah. Hasil pengujian tersebut kemudian dibuat grafik yang menghubungkan antara nilai konus ( $q_c$ ), gesekan ( $f_s$ ) dengan kedalamannya. Dari grafik tersebut

daya dukung fondasi pada kedalaman tertentu dapat dihitung dengan melihat berapa nilai  $q_c$  dan  $f_s$  nya. Dengan rumus yang dijelaskan pada bab berikutnya daya dukung fondasi bisa dihitung.



Gambar 2.5. Alat sondir dengan bikonis

Keuntungan dari pengujian sondir adalah cepat memperoleh hasil, praktis dan murah, tetapi pengujian ini juga mempunyai kelemahan yaitu:

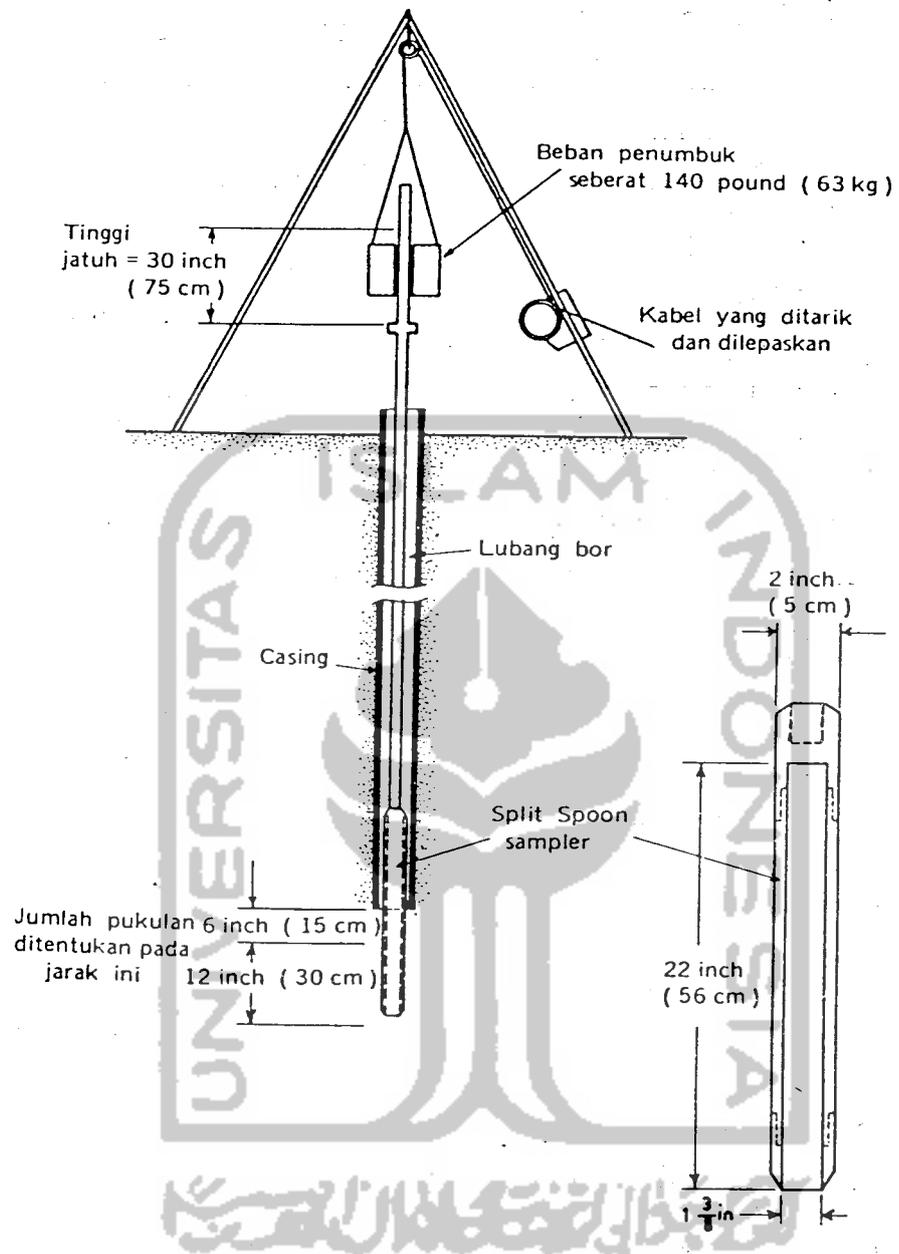
1. Apabila dijumpai batuan lepas, pengujian sondir tidak bisa diteruskan dan kadang-kadang memberi indikasi sudah mencapai tanah baik,
2. Tidak bisa mengambil sampel tanah.

#### 2.4.2. Pengujian penetrasi standar (SPT = "Standard Penetration Test")

Pengujian penetrasi standar dilakukan bersama-sama dengan pengeboran. Setiap pengeboran mencapai kedalaman 0,75 - 1,5 meter dilakukan SPT. Cara melakukan pengujian penetrasi ini diuraikan dalam alinea berikut.

Tabung contoh standar diletakkan pada dasar lubang bor yang telah dibersihkan dari material lepas, kemudian ditumbuk menembus tanah. Tabung contoh standar ditumbuk dengan beban penumbuk seberat 63,5 kg (140 lb) yang dijatuhkan dari ketinggian sekitar 76 cm (30 in) sampai masuk sedalam 15 cm. Setelah itu ditumbuk lagi sampai tabung contoh tersebut masuk sedalam 30 cm dan jumlah pukulan yang diperlukan dihitung. Jumlah pukulan ini disebut nilai N. Alat serta cara melakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 2.6.





Gambar 2. 6. "Standard Penetration Test"  
(Wesley, 1977)

Hasil SPT dapat dihubungkan secara empiris dengan beberapa sifat tanah seperti kepadatan relatif, sudut gesek internal, berat satuan tanah, kuat tekan bebas. Hubungan antara sudut gesek internal, kepadatan relatif, berat satuan tanah dengan jumlah pukulan dapat dilihat pada tabel 2.1. dan hubungan kuat tekan bebas dan berat satuan tanah dengan nilai N dapat dilihat pada tabel 2.2.

Hasil selama pengujian SPT dikumpulkan untuk kemudian dibuat grafik yang menjelaskan hubungan antara jumlah tumbukan dan jenis tanah dengan kedalamannya. Dari grafik tersebut pula kita dapat mengetahui jenis tanah pada kedalaman tertentu. Untuk menghitung daya dukung fondasi bisa diambil data hasil SPT dengan melihat berapa jumlah tumbukan pada kedalaman dimaksud dan jenis tanahnya. Kemudian dengan rumus-rumus empiris dihitung daya dukungnya.

Tabel 2.1. Hubungan  $\phi$ ,  $D_r$ ,  $\gamma$  dengan N untuk pasir

Diskripsi	sudut gesek internal, $\phi$	Kepadatan relatif, $D_r$	Berat Satuan Tanah, $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	N
sangat lepas	25 - 30		11 - 16	
Lepas	27 - 32	0,15	14 - 18	5-10
Sedang	30 - 35	0,35	17 - 20	8-15
Padat	35 - 40	0,65	17 - 22	10-40
Sangat padat	38 - 43	0,85	20 - 23	20-70
		1,00		>35

Tabel 2.2. Hubungan  $\gamma$ ,  $q_u$ , dan nilai N untuk lempung

Diskripsi	$\gamma$ jenuh	Kuat tekan bebas $q_u$	N
sangat lunak	16-19	25	2
lunak			
Sedang	17-20	50	4
kenyal		100	8
sangat kenyal		200	16
keras	19-22	400	32

#### 2.4.3. "Korelasi Standard Penetration Test" dan "Cone Penetration test"

Di beberapa negara seperti Amerika dan Inggris telah banyak dikembangkan suatu penelitian untuk mengetahui hubungan antara SPT dan CPT, tetapi menurut Mayerhof (1965) hubungan antara SPT dan CPT suatu negara belum tentu cocok dapat di terapkan pada tanah di negara lain.

Dari penelitian yang dilakukan dan mempertimbangkan data penelitian yang dilakukan di beberapa negara, Scherman (1970) memberikan hubungan antara nilai tekanan ujung dari CPT( $q_c$ ) dan nilai N dari SPT sebagai berikut:

$$q_c = n \cdot N \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{atau} \quad n = \frac{q_c}{N} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Hubungan antara  $q_c$  dan N dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hubungan antara nilai tekanan ujung ( $q_c$  dalam kPa) dengan nilai N dari SPT

Jenis Tanah	$n = q_c/N$
Lumpur, pasir berlanau, campuran pasir lanau	200
Pasir halus sampai sedang, pasir dengan sedikit lanau	300-400
Pasir kasar dan pasir berkerikil	500-600
Kerikil berpasir dan kerikil	800-1000

### 2.5. Pengujian Pembebanan Tiang

Metoda yang paling dipercaya untuk mengetahui kapasitas dukung fondasi tiang di lapangan adalah dengan pengujian pembebanan. Ada beberapa macam pengujian pembebanan berdasarkan tinjauan beban (Teng, 1965) yaitu:

- a. Pengujian terhadap beban aksial,
- b. Pengujian terhadap beban lateral, dan
- c. Pengujian terhadap gaya angkat ke atas.

Tipe pengujian yang banyak dilakukan adalah pengujian terhadap beban aksial.

Menurut Poulos (1980), pengujian pembebanan didasarkan atas beberapa tujuan, yaitu:

1. Sebagai kontrol terhadap fondasi tiang sebelum beban batas yang dipilih tercapai.
2. Menentukan daya dukung, sebagai suatu tinjauan terhadap daya dukung yang diperoleh dari pendekatan teoritis maupun empiris.

3. Menunjukkan perilaku beban-penurunan tiang terutama di tempat yang menerima beban kerja.

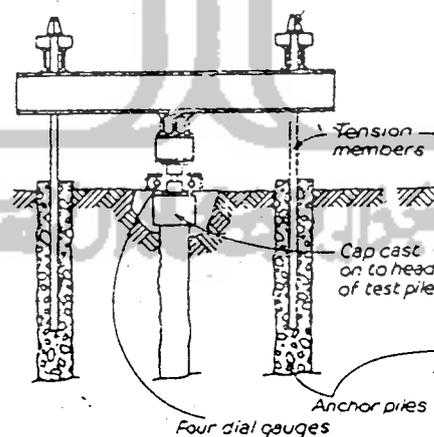
4. Untuk memperlihatkan kekuatan struktural tiang.

#### 1. Metoda Pembebanan

Metoda yang dipakai untuk meletakkan beban pada tiang uji ada beberapa macam, yaitu:

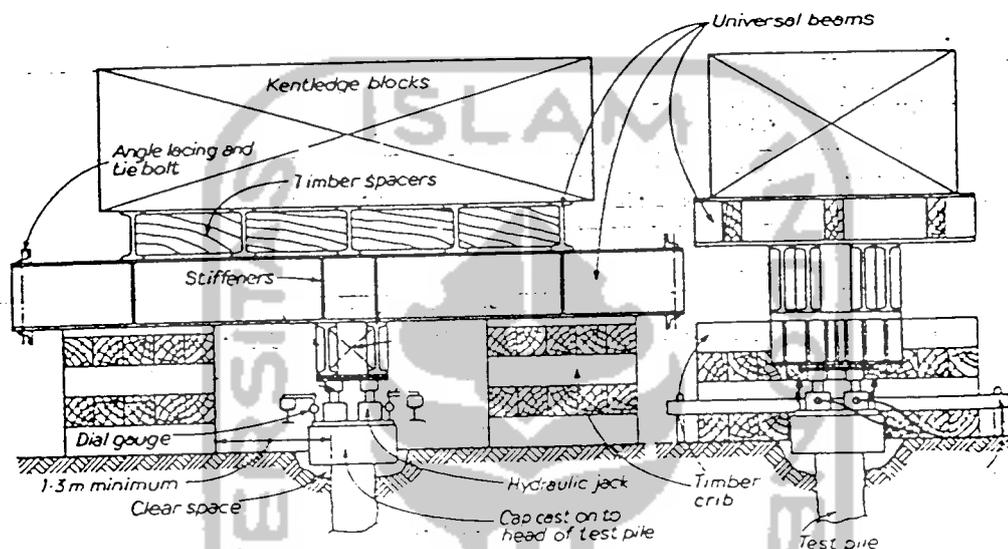
a. Tiang anker, ditujukan untuk menahan gaya tarik ke atas yang diakibatkan oleh dongkrak. Tiang anker ini didirikan pada tiap sisi tiang uji. Dengan sebuah balok yang diikatkan pada kedua kepala tiang anker, balok ini direntangkan di atas kepala tiang uji.

Dongkrak hidrolik di atas kepala tiang uji berfungsi untuk menerapkan beban pada tiang uji. Pengujian pembebanan tiang anker dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pengujian beban tiang dengan tiang anker

b. Meja beban, merupakan suatu plat yang dipasang pada bagian atas kepala tiang uji dan berfungsi sebagai tempat meneruskan beban kontra ke tiang uji. Pengujian dengan beban kontra dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Pengujian pembebanan dengan beban kontra

Pada pengujian ini tiang yang digunakan dapat berupa tiang uji khusus (tiang yang tidak dapat dipakai sebagai fondasi) atau salah satu tiang yang akan dipakai sebagai fondasi. Pelaksanaan pembebanan dapat dilakukan dengan pembebanan bertahan maupun pembebanan berulang. Pada pembebanan bertahan, setelah beban maksimum terpakai beban secara berangsur-angsur dikurangi, sedangkan pada



Tabel 2.4 Prosedur pembebanan mengikuti prosedur ASTM D. 1143-

BEBAN = 500 TON  
 ALAT = ENERPAC CLR 10006, A = 1463,61 CM<sup>2</sup> (227 Sq<sup>2</sup>)

BEBAN			PEMBACAAN
%	TON	Kg/cm	
0	0.00	0.00	0' - 2'
25	62.50	42.70	A 0'-2'-4'-8'-10'-15'-20' MAX. 2JAM
50	125.00	85.41	A 0'-2'-4'-8'-10'-15'-20' MAX. 2JAM
25	62.50	42.70	B 0'-2'-4'-8'-10'-15'-20'
0	0.00	0.00	B
50	125.00	85.41	A
75	187.50	128.11	A
100	250.00	170.81	A
75	187.50	128.11	B
50	125.00	85.41	B
25	62.50	42.70	B
0	0.00	0.00	B
50	125.00	85.41	B
100	250.00	170.81	A
125	312.50	213.51	A
150	375.00	256.22	A
125	312.50	213.51	B
100	250.00	170.81	B
75	187.50	128.11	B
50	125.00	85.41	B
25	62.50	42.70	B
0	0.00	0.00	B
50	125.00	85.41	B
100	250.00	170.81	B
150	375.00	256.22	A
175	437.50	298.92	A
200	500.00	341.62	C 0'-2'-4'-8'-10'-15'-20' MAX. 24JAM
175	437.50	298.92	D 0'-2'-4'-8'-10'-15'-20' 60 MENIT
150	375.00	256.22	D
125	312.50	213.51	D
100	250.00	170.81	D
75	187.50	128.11	D
50	125.00	85.41	D
25	62.50	42.70	D
0	0.00	0.00	C 0'-2'-4'-8'-10'-15'-20' MAX. 24JAM
A : Pembacaan min. 1 jam dan 0.25 mm/jam max. 2 jam B : Pembacaan 20 menit C : Pembacaan min. 12 jam dan 0,25 mm/jam max. 24 jam D : Pembacaan 1 jam			

Hasil dari pengujian dibuat grafik hubungan antara besarnya beban yang diberikan dengan penurunan yang terjadi. Kemudian dari data hasil "loading test" dicari besar daya dukungnya dengan menggunakan metoda grafis.

