

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 TINJAUAN UMUM**

Pondasi merupakan suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan di atasnya ke dasar tanah atas batuan yang cukup kuat mendukungnya (Hardiyatmo, 2002).

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman lebih dari 8 meter. Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang

pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

## **2.2 PENYELIDIKAN TANAH (SOIL INVESTIGATION)**

Pada perencanaan pondasi terlebih dahulu perlu diketahui susunan lapisan tanah yang sebenarnya pada suatu tempat dan juga hasil pengujian laboratorium dari sampel tanah yang diambil dari berbagai kedalaman lapisan tanah dan mungkin kalau ada perlu juga diketahui hasil pengamatan lapangan yang dilakukan sewaktu pembangunan gedung-gedung atau bangunan-bangunan lain yang didirikan dalam kondisi tanah yang serupa.

Penyelidikan tanah diperlukan untuk menentukan pilihan jenis pondasi, daya dukungnya dan untuk menentukan metode konstruksi yang

efisien dan juga diperlukan untuk menentukan stratifikasi (pelapisan) tanah dan karakteristik teknis tanah sehingga perancangan dan konstruksi pondasi dapat dilakukan dengan ekonomis.

### **2.2.1. Standard Penetration Test (SPT)**

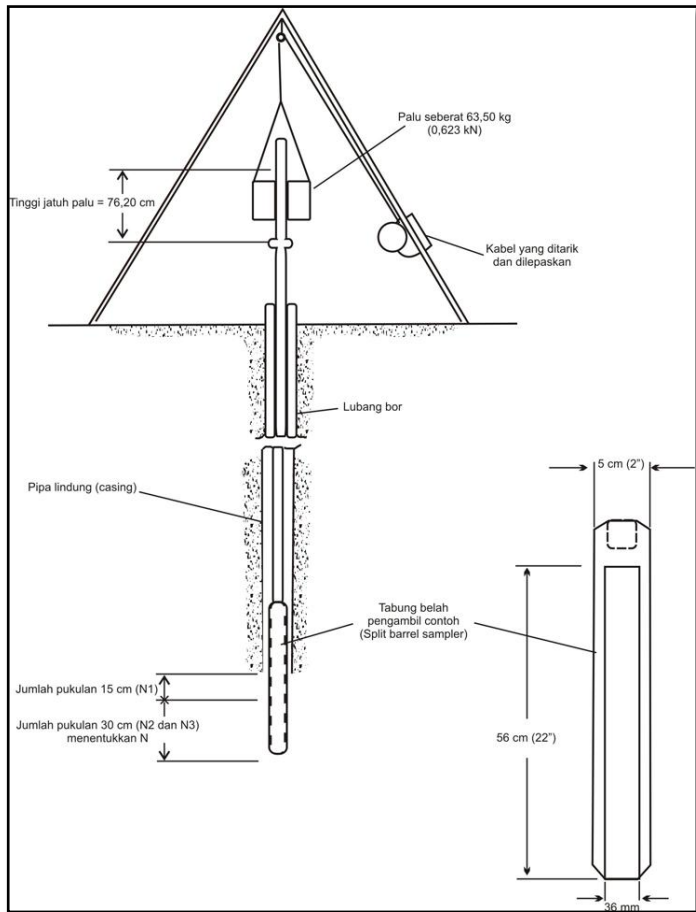
Suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Uji *SPT* terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap.

Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan  $N$  atau perlawanan *SPT* (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m). Peralatan yang diperlukan dalam uji penetrasi dengan *SPT* adalah sebagai berikut:

- 2.1. Mesin bor yang dilengkapi dengan peralatannya;
- 2.2. Mesin pompa yang dilengkapi dengan peralatannya;
- 2.3. *Split barrel sampler* yang dilengkapi dengan dimensi seperti diperlihatkan pada Gambar 1 (ASTM D 1586-84);
- 2.4. Palu dengan berat 63,5 kg dengan toleransi meleset  $\pm 1\%$ .
- 2.5. Alat penahan (*tripod*);
- 2.6. Rol meter;
- 2.7. Alat penyipat datar;
- 2.8. Kerekan;
- 2.9. Kunci-kunci pipa;

2.10. Tali yang cukup kuat untuk menarik palu;

2.11. Perlengkapan lain.



**Gambar 2.1.** Penetrasi dengan SPT (Standart Penetration Test)

### **2.3 KLASIFIKASI TANAH**

Tanah merupakan partikel padat, terdiri dari berbagai ukuran dari kecil hingga besar, yang menurut standart US, berdasarkan besar butirannya dikelompokan menjadi :

1. Kerikil dengan ukuran diameter 4,750 mm – 50,00 mm.
2. Pasir dengan ukuran diameter 0,075 mm – 4,75 mm.
3. Lanau dengan ukuran diameter 0,002 mm – 0,075 mm.
4. Lempung dengan ukuran diameter <0.002 mm.

Tanah lunak dibagi menjadi 2 (dua) tipe, yaitu lempung lunak & Gambut. Tanah lempung lunak mengandung mineral-mineral lempung dan mengandung kadar air yang tinggi sedangkan tanah gambut merupakan jenis tanah yang pembentuk utamanya terdiri dari sisa-sisa tumbuhan.

Berikut ciri-ciri nya :

1. Lanau (Silt) Tanah lanau memiliki kekuatan geser undrained yang rendah yaitu sekitar 10 – 20 Kpa untuk tanah lanau yang lunak, dan 4 – 10 Kpa untuk tanah lanau yang sangat lunak. Tingkat plastisitasnya rendah dan memiliki permeabilitas yang tinggi sehingga penurunan konsolidasi terjadi begitu cepat.
2. Lempung (Clay) Tanah lempung memiliki tegangan geser dan permeabilitas yang rendah, namun plastisitas tanah lempung yang tinggi. Karena koefisien permeabilitas tanah lempung yang rendah, penurunan konsolidasi tanah lempung terjadi sangat lama.
3. Tanah Organik (Tanah Gambut) Tanah organik biasanya berbau tumbuhan atau kayu yang sudah membusuk. Tanah ini disebut sebagai Tanah gambut bila tingkat organiknya mencapai lebih dari 75% dan memiliki kadar air alamiah yang sangat



tinggi. Tanah gambut merupakan salah satu tanah yang sulit sekali untuk diperbaiki.

**Tabel 2.1** Konsistensi Tanah Dominan Lempung dan Lanau

Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Very Stiff
SPT (N)	0 - 2,5	2,5 - 5,0	5 - 10	10 - 20	20 - 40
Sondir (kg/cm <sup>2</sup> )	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80

*Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc, PhD, 2010*

Standard : MIT, USDA, AASHTO

Lempung :  $\emptyset$  butiran  $< 0,002$  mm

Lanau :  $\emptyset$  butiran  $0,002$  mm s/d  $0,075$  mm

## **2.4 DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BERDASARKAN UJI SPT**

Penentuan daya dukung pondasi tiang dengan menggunakan data SPT antara lain diberikan oleh *Mayerhof, Schmertman, dan Brown*.

### 2.4.1 Metode Mayerhof

Untuk jenis tanah dan jenis tiang yang berbeda, *Mayerhof* (1956) menganjurkan formula daya dukung untuk tiang pancang sebagai berikut :

$$Q_{ult} = 40 \cdot N_b \cdot A_p + 2 \cdot N \cdot A_s \dots \dots \dots (2.01)$$

dimana :

$Q_u$  = Daya dukung ultimate tiang (Ton)

$N_b$  = Nilai  $N_{spt}$  pada dasar elevasi dasar tiang (bpf)

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang ( $m^2$ )

$A_s$  = Luas selimut tiang ( $m^2$ )

$N$  = Nilai  $N_{spt}$  rata-rata sepanjang tiang (bpf)

Nilai  $N_b$  disarankan untuk dibatasi sebesar 400 sedangkan  $f_s$  (yaitu  $2 \cdot N$ ) disarankan untuk

tidak melebihi 100 Kpa. Untuk tiang dengan desakan tanah yang kecil seperti tiang bor dan tiang baja H, maka daya dukung selimut hanya diambil separuh dari formula di atas, sehingga menjadi :

$$Q_{ult} = 40 \cdot N_b \cdot A_p + N \cdot A_s \dots \dots \dots (2.02)$$

Tinggi timbunan kritis beban *preloading* ini dihitung berdasarkan daya dukung tanah lempung mula-mula. Kekuatan geser tanah lempung, dalam hal ini kohesi tanah, akan mempengaruhi tinggi timbunan yang akan dipergunakan.

Mayerhof (1976) menyatakan bahwa nilai  $N$  yang digunakan pada tanah pasir dalam persamaan diatas merupakan nilai  $N$  yang telah dikoreksi terhadap tegangan vertikal efektif. Untuk unit tahanan ujunh,  $q_p$  (kPa) tiang pancang pada tanah pasir dan gravel yang dibawahnya ada

lapisan yang lebih lunak, Mayerhof (1976) merekomendasikan persamaan :

$$q_p = 40N'_0 + \frac{(40\bar{N}'_B - 40\bar{N}'_0)DB}{b} \dots\dots\dots (2.03)$$

$$q_p \leq 40 \bar{N}'_0 \dots\dots\dots (2.04)$$

dimana :

$\bar{N}'_0$  = Nilai rata-rata  $N_{spt}$  yang telah dikoreksi

terhadap tegangan vertikal efektif pada

lapisan lunak di bawah lapisan pendukung.

$\bar{N}'_B$  = Nilai rata-rata  $N_{spt}$  yang telah dikoreksi terhadap tegangan vertikal efektif pada lapisan pendukung.

$D_B$  = Panjang pembebanan tiang pada lapisan pendukung.

$b$  = Diameter tiang.

Nilai batas  $40N'_B$  tercapai ketika panjang pembenaman tiang pada lapisan pendukung mencapai 10 kali diameter tiang.

Pada tiang pancang yang duduk pada lapisan pasir pendukung homogen, unit tahan ujung dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$qp = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \leq 40N'_B \dots \dots \dots (2.05)$$

Direkomendasikan nilai koreksi  $N_{SPT}$  rata-rata unit tahana ujunh dihitung pada zona hingga 3 kali diameter dibawah ujung tiang. *Mayerhof* (1976) juga merekomendasikan nilai batas untuk tiang pancang pada lapisan lanau adalah  $30N'_B$  yang lebih rendah dibandingkan nilai bats pada persamaan di atas.

#### **2.4.2 Metode L' Decourt**

Perumusan ini adalah penyempurnaan dari perumusan sebelumnya yaitu *Mayerhof*, di mana

perumusan *Luciano Decourt (L' Decourt)* mempunyai nilai lebih akurat.

Pada perumusan *L' Decourt* dibutuhkan suatu nilai *K* yang dimaksud sebagai nilai koefisien yang tergantung dari jenis tanah yang akan dipakai, nilai *K* tersebut dapat dilihat seperti pada **Tabel 2.2**.

$$Q_{ult} = (A_p \times N_p \times k) + (A_s \times (N_s/3 + 1)) \dots\dots\dots(2.06)$$

dimana :

*Q<sub>ult</sub>* = Daya dukung ultimate tiang (ton)

*A<sub>p</sub>* = Luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

*N<sub>p</sub>* = Rata-rata dari harga SPT mulai 4D di bawah ujung tiang sampai 4D diatas tiang.

*K* = Koefisien yang tergantung dari jenis tanah.

$A_s$  = Luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)

$N_s$  = Harga SPT rata-rata lapisan tanah  
sepanjang tiang yang ditinjau.

**Tabel 2.2** Nilai Koefisien Tergantung Dari  
Jenis Tanah (Decourt.L, 1987)

Nilai k	
Soil type	K (t/ m <sup>2</sup> )
Clay	12
Clay silt	20
Saint silt	25
Sand	40

### 2.4.3 Metode Brown

Metode *Brown* (2001) menggunakan korelasi empirik hasil pengujian SPT ( $N_{60}$ ) untuk menghitung nilai unit tahanan selimut dan ujung tiang. Dasar metode Brown ini tiang pada proyek Caltrans di berbagai variasi jenis tanah. Jenis tiang yang diuji termasuk tiang pancang pipa

(dengan ujung tertutup dan terbuka), Tiang baja H dan tiang pancang beton pratekan. Metode ini juga mempertimbangkan kondisi pembebanan tekab tarik serta metode instalasi tiang (menggunakan sistem dampak dan vibrasi).

Persamaan unit tahanan selimut tiang yang diusulkan adalah :

$$F_s = F_{vs} (A_b + B_b \cdot N_{60}) \dots\dots\dots (2.07)$$

$N_{60}$  adalah nilai  $N_{SPT}$  yang telah dikoreksi terhadap efisiensi energi dan  $F_{vs}$  adalah faktor reduksi untuk pemancangan tiang dengan cara vibrasi  $A_b$  dan  $B_b$  ditentukan dari analisa regresi data-data berdasarkan jenis tanah yang ditunjukkan pada **Tabel 2.3**

Unit tahanan ujung pada sistem pemancangan menggunakan beban impact dapat dihitung dengan persamaan :



$$q_p = 170 \cdot N_{60}(kPa) \dots\dots\dots (2.08)$$

Persamaan tersebut mempertimbangkan ujung tiang ( $A_t$ ) pada tiang baja H dan tiang pipa ujung terbuka juga mengakomondasikan tahanan tanah yang menempel (soil plug) pada area ujung tiang. Faktor  $F_p = 0.42$  untuk tiang pipa ujung terbuka atau  $= 0.67$  untuk tiang baja H.

**Tabel 2.3** Nilai – nilai faktor reduksi untuk metode Brown (FHWA, 2006)

Kondisi Beban	Metode Instalasi	Jenis Tanah	Fvs	Ab kPa	Bb kPa/ bpf
Tekan	Impak	Clay to Sand	1.0	26.6	1.92
Tekan	Impak	Gravelly Sand to Boulders	1.0	42.6	42.6
Tekan	Impak	Rock	1.0	138.0	138.0
Tarik	Impak	Clay to sand	1.0	25.0	1.8
Tarik	Impak	Gravelly Sand to Boulders	1.0	40.0	0.0
Tarik	Impak	Rock	1.0	130	0.0

Tarik	Vibrasi	Clay to Sand	0.68	25.0	1.8
Tarik	Vibrasi	Gravelly Sand to Boulders	0.68	40.0	0.0
Tarik	Vibrasi	Rock	0.68	130.0	0.0

#### 2.4.4 Daya Dukung yang di Izinkan

Berdasarkan beban-beban yang bekerja pada tiang pancang akan mempengaruhi dari tiang pancang itu sendiri baik pada saat pemancangan (terhadap kekuatan tanah) maupun terhadap beban yang bekerja di atasnya. Untuk menjaga agar tiang tetap stabil dalam menerima beban yang bekerja, perlu diketahui kuat dukung tiang yang diizinkan.

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \dots\dots\dots (2.09)$$

Dimana :

$Q_{all}$  = Kapasitas dukung ijin tiang (ton)

$Q_{ult}$  = Kapasitas dukung ultimit tiang (ton)

SF = Faktor keamanan (tersaji dalam

**Tabel 2.4)**

Hitungan kapasitas tiang dapat dilakukan dengan cara pendekatan stastis ataupun dinamis. Hitungan kapasitas tiang dengan metode statis dapat dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan memepelajari sifat-sifat teknis tanah tersebut sedangkan hitungan kapasitas tiang dengan menggunakan metode dinamis ialah dilakukan dengan menganalisis kapasitas ultimit dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang. Hasil kapasitas tiang yang didasarkan pada teori mekanika tanah, kadang-kadang masih perlu dicek dengan mengadakan pengujian ualng tiang untuk meyakinkan hasilnya.

Variasi kondisi tanah dan pengaruh tipe cara pelaksanaan pemancangan dapat menimbulkan perbedaan yang besar pada beban

ultimit tiang dalam satu lokasi bangunan yang akan memepengarihu kapasitas tiang.

#### **2.4.5 Faktor Keamanan.**

Untuk memeperoleh kapasitas izin tiang, maka diperlukan untuk memebagi kapasitas ultimit tiang dengan faktor keamanan tertentu. Faktor keamanan ini perlu diberikan dengan maksud sebagai berikut :

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.
2. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geseran kompresibilitas tanah.
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup untuk aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Untuk meyakinkah bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau

kelompok masih tetap dalam batas-batas toleransi.

5. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas toleransi.

Dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang 600 mm, penurunan akibat beban bekerja (*working load*) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm, untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2.5 (Hardiyatmo, 2002).

**Tabel 2.4** Faktor keamanan yang disarankan  
(Sosrodarsono, 1998)

Klasifikasi struktur	Faktor Aman			
	Kontrol baik	Kontrol normal	Kontrol jelek	Kontrol sangat jelek
Monumental	2.3	3	3.5	4
Permanen	2	2.5	2.8	3.4

Sementara	1.4	2.0	2.3	2.8
-----------	-----	-----	-----	-----

Besarnya kuat dukung ijin ( $Q_a$ ) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimate ( $Q_{ult}$ ) dibagi dengan faktor keamanan ( $SF$ ) yang sesuai. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan pondasi tiang pancang, sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_{ult}}{SF} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$SF = \frac{Q_{ult}}{Q_a} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

$Q_a$  = Kapasitas dukung ijin tiang (ton)

$Q_u$  = Kapasitas dukung ultimate tiang (ton)

$SF$  = Faktor keamanan

Penggunaan faktor aman minimum yang dipakai dalam perhitungan untuk metode statis dan metode dinamis dapat dilihat **Tabel 2.5**.

**Tabel 2.5.** Faktor aman minimum yang dipakai dalam metode statis dan dinamis.

Metode	Faktor aman minimum (SF min)
L' Decourt	3
Mayerhoof	3
Brown	3