

## BAB II

### PONDASI TIANG

#### 2.1. Umum

Suatu bangunan harus mempunyai pondasi yang terencana dengan baik karena kerusakan atau ketidaksempurnaan konstruksi dapat menimbulkan keruntuhan suatu bangunan. Didalam merencanakan suatu pondasi terlebih dahulu harus meneliti tanah dasar. Selanjutnya untuk mengetahui sifat-sifat dari tanah dasar itu perlu diadakan penyelidikan tanah di lapangan dan laboratorium, misalnya mengenai jenis tanah, tebal lapisan, letak atau kedalamannya dan juga sifat-sifat penting lainnya.

Dari hasil penyelidikan tanah tersebut dapat diketahui kedalaman suatu pondasi untuk suatu konstruksi bangunan. Dasar pondasi harus diletakkan pada suatu lapisan tanah keras dengan tebal yang memenuhi syarat. Dari kedalaman tanah keras inilah dapat dibedakan beberapa macam pondasi, yaitu: pondasi dangkal ( $d_f \leq B$ ) dan pondasi dalam ( $d_f \geq B$ ).

Pengertian dari pondasi dangkal adalah bila kedalaman dari muka tanah ( $D_f$ ) lebih kecil atau sama dengan lebar terkecil dari plat pondasinya ( $B$ ). Contoh dari pondasi dangkal adalah pondasi telapak. Sebagaimana pondasi dangkal maka pondasi dalam dapat didefinisikan sebagai pondasi yang kedalamannya lebih besar dari lebar terkecil plat pondasinya. Contoh untuk pondasi dalam adalah pondasi tiang.

Pada bangunan tinggi umumnya digunakan pondasi tiang

dengan fungsi memikul seluruh beban dan disalurkan pada tanah pendukung yang letaknya relatif dalam. Keuntungan dari pondasi tiang antara lain :

1. Untuk meneruskan beban-beban konstruksi di atas tanah ke dalam lapisan tanah.
2. Untuk menahan gaya desakan ke atas atau gaya guling.
3. Sebagai faktor keamanan tambahan di bawah tumpuan jembatan khususnya jika terdapat masalah erosi.
4. Dengan adanya pondasi tiang yang berjumlah banyak, maka akan terjadi pemadatan tanah disekitarnya sehingga menambah daya dukung tanah

## 2.2. Penggolongan Pondasi Tiang

Pondasi tiang digolongkan berdasarkan kualitas material dan cara pelaksanaannya. Dari jenis bahannya maka terdapat tiga jenis tiang yaitu: tiang kayu, tiang beton dan tiang baja. Penggunaan jenis tiang yang dipakai didasarkan atas tiga pertimbangan, yaitu:

1. Lokasi dan tipe bangunan,
2. Keadaan tanah,
3. Ketahanan tiang,

Keterangan mengenai jenis tiang berdasarkan kualitas materialnya adalah sebagai berikut ini.

### 2.2.1. Tiang kayu

Tiang kayu biasanya digunakan untuk bangunan atas yang relatif ringan, misalnya dengan beban rencana 25 ton pertiang. Sifat dari tiang kayu adalah ketika berada di bawah bidang batas air jenuh permanen akan tahan dipakai

terus menerus. Untuk kondisi di atas muka air tanah maka perlu diperhatikan adanya pembusukan kayu. Pada saat dipancang kayu merupakan bahan peredam yang cukup baik.

### 2.2.2. Tiang beton

Tiang beton dapat dibagi dalam 2 golongan yaitu:

#### a. Tiang beton pracetak ("precast concrete pile)

Tiang jenis ini dibentuk di tempat pencoran sentral kemudian dibawa ke tempat konstruksi atau bila lokasi memungkinkan maka dapat dibuat langsung di tempat pekerjaan. Tiang beton pracetak dimasukkan dengan cara memancangkannya ke dalam tanah sehingga menimbulkan getaran yang cukup kuat. Keuntungannya adalah dapat menahan beban cukup besar dan bersifat permanen.

#### b. Tiang beton cor di tempat ("cast-in place piles")

Tiang beton ini dicor langsung di tempat dengan terlebih dahulu membuat lubang di dalam tanah, diisi dengan tulangan kemudian dicor beton. Untuk menghindari keruntuhan tanah pada lubang bor biasa dipakai "casing". Pengecoran harus dilaksanakan dengan seksama guna menghindari pengisian beton yang tidak merata dan berakibat mempengaruhi kapasitas daya dukung tiang.

### 2.2.3. Tiang baja

Tiang baja akan bersifat awet pada tanah biasa dan akan mengalami korosi bila terdapat air laut. Kemampuan tiang baja dalam mendukung beban relatif besar. Bentuk dari tiang baja yang biasa dipakai adalah profil "H" dan bentuk pipa.

### 2.3. Analisis Daya Dukung Tiang

Analisis daya dukung tiang dibedakan atas dua hal:

1. Analisis statis
2. Analisis dinamis

#### 2.3.1. Analisis Statis

Maksud dari analisis statis adalah penggunaan Bearing Capacity Formula dengan menggunakan strength parameter yang diperoleh dari uji laboratorium.

Persamaan daya dukung tunggal dengan analisis statis diberikan sebagai berikut:

$$Q_{up} = Q_{ub} + Q_{us} \quad (2-1)$$

dengan:

$Q_{up}$  = daya dukung ultimate tiang

$Q_{ub}$  = daya dukung ujung tiang

$Q_{us}$  = daya dukung selimut/dinding tiang

Pada analisis statis besarnya  $P_u$  dapat ditentukan dengan menggunakan rumus empiris berdasarkan data uji langsung.

##### a. Uji Laboratorium

Dari beberapa sampel yang diuji di laboratorium didapat beberapa strength parameter. Dari hasil tersebut dengan rumus empiris dapat ditentukan nilai  $Q_u$ . Daya dukung tanah untuk tiang :

$$q_u = c N_c' + q N_q' + \gamma B N_\gamma'$$

Sehingga :

$$Q_u = A_p q_u = A_p (c N_c' + q N_q' + \gamma B N_\gamma') \quad (2-2a)$$

dengan:

$A_p$  = Luas dukungan

$C$  = Kohesi tanah pendukung

$B$  = Dasar tiang

$N_c'$ ,  $N_q'$  = Faktor daya dukung

$q$  = Tegangan vertikal efektif

Karena  $B$  relatif kecil dan dapat diabaikan, maka:

$$Q_u = A_p (cN_c' + qN_q')$$

Untuk tiang pada tanah lempung jenuh, kondisi tidak terdrainasi sehingga  $\phi = 0$ , maka:

$$Q_u = N_c' c_u A_p$$

sedangkan untuk  $\phi = 0$ ,  $N_c' = 9$ , maka:

$$Q_u = 9 c_u A_p$$

$c_u$  = kohesi dalam keadaan tak terdrainasi.

Nilai  $Q_s$  ( $\Sigma Q_s$ )

Adanya gesekan antara tiang pondasi dengan tanah sekelilingnya akan menambah besarnya daya dukung tiang dalam menahan beban. Karena tiang pondasi relatif panjang sedangkan kondisi parameter tanah akan berubah pada kedalaman tertentu, maka tahanan gesekan keseluruhannya adalah merupakan penjumlahan dari gesekan tiap satuan kedalaman sehingga dapat ditulis:

$$Q_s = \Sigma A_s f_s \quad (2-2b)$$

dengan:

$A_s$  = Luas selimut tiang dalam satuan panjang tertentu, besarnya sama dengan keliling tiang dikalikan dengan panjang yang ditinjau.

$f_s$  = Tahanan gesekan.

Besarnya  $f_s$  dapat dicari dengan berbagai cara, dalam hal ini akan dipakai metode  $\alpha$  yang diusulkan oleh Tomlinson sebagai berikut:

$$f_s = \alpha c + \bar{q} K \tan \delta \quad (2-3)$$

dengan:

$\alpha$  = Koefisien dari gambar 2.1

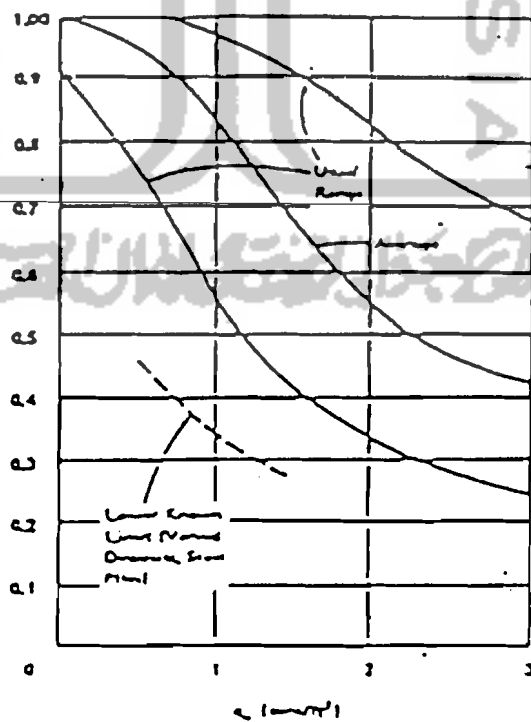
$c$  = Kohesi rata-rata

$\bar{q}$  = Tegangan vertikal efektif

$K$  = Koefisien tanah lateral

$\delta$  = Sudut gesekan efektif antara tanah dan bahan tiang

Dari rumus daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) dapat dilihat bahwa kemampuan daya dukung selimut tiang tergantung pada besarnya parameter yang diperoleh dan luas selimut tiang yang efektif.



Gambar 2.1. Hubungan faktor adhesi dengan  $q_u$

### b. Menggunakan Hasil Pengujian "Cone Penetration Test" (CPT)

Pengujian dengan CPT disebut juga dengan pengujian sondir Tujuannya untuk mengetahui perubahan-perubahan lapisan tanah terutama kekerasan dan kepadatannya. Penentuan daya dukung tiang berdasarkan grafik pengujian sondir dengan beberapa metode adalah sebagai berikut:

#### 1. Rumus Wesley

Daya dukung ultimit tiang adalah:

$$\begin{aligned} Q &= Q_p + Q_s \\ &= p \cdot A + f \cdot O \end{aligned} \quad (2-4)$$

dengan:

$Q_p$  = Daya dukung ultimit ujung tiang

$Q_s$  = Daya dukung ultimit tiang karena gesekan atau lekatan

$p$  = Nilai konus rata-rata

$A$  = Luas tampang tiang

$f$  = Jumlah total hambatan pelekat pada ujung pondasi

$O$  = Keliling tiang

Daya dukung tiang ijin ( $\bar{Q}$ )

$$\bar{Q} = \frac{p \cdot A}{SF_1} + \frac{f \cdot O}{SF_2} \quad (2-5)$$

Dengan:

Untuk pasir murni  $SF_1 = 3$

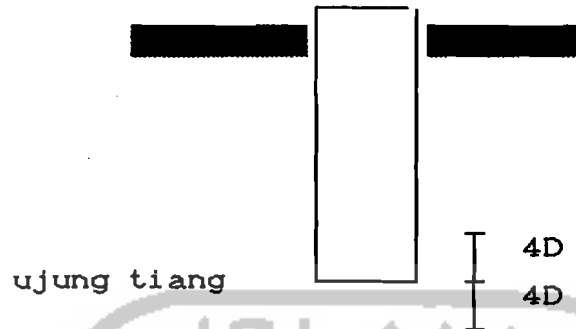
$SF_2 = 5$

Untuk lempung  $SF_1 = 5$

$SF_2 = 10$

Untuk tahanan konus rata-rata ( $p$ ) pada ujung tiang diambil

sebesar 4D di atas ujung tiang dan 4D dibawah ujung tiang (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Panjang efektif untuk tahanan konus rata-rata ( $q_c$ ) pada ujung tiang

## 2. Metode Tomlinson modifikasi NV. Nayak

Metode Tomlinson yang dimodifikasi NV. Nayak menghitung kapasitas daya dukung tiang dari data CPT berdasarkan data tahanan konus ( $Q_c$ ), dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{up} = C_{kd} A_p + \frac{C_{dk}}{200} A_s \quad (2-6)$$

$$Q_{op} = \frac{Q_{up}}{3} \quad (2-7)$$

dengan:

$Q_{up}$  = Kapasitas daya dukung ultimit

$Q_{op}$  = Kapasitas daya dukung ijin

$Q_c$  = Tahanan konus ujung rata-rata

$A_p$  = Luas penampang ujung pondasi

$C_{dk}$  = Tahanan konus rata-rata sepanjang tiang

$A_s$  = Luas selimut tiang

Tahanan konus ujung rata-rata diambil 3D di atas ujung tiang pondasi dan 1D di bawah ujung tiang pondasi.



c. Menggunakan Hasil Pengujian "Standard Penetration Test"

Pengujian dengan SPT menghasilkan grafik yang menjelaskan hubungan antara jumlah tumbukan selama pengujian dan jenis tanah dengan kedalamannya. Pada grafik juga diketahui jenis tanah di kedalaman tertentu. Untuk menghitung daya dukung berdasarkan data pengujian SPT digunakan rumus sebagai berikut:

1. Metode langsung (NV Nayak, 1982)

$$Q_{up} = 40 N A_p + \frac{\bar{N} A_s}{5} \quad (2-8)$$

$$Q_{op} = \frac{Q_{up}}{4} \quad (2-9)$$

dengan:

$Q_{up}$  = daya dukung ultimit tiang

$N$  = nilai  $N$  (SPT) rata-rata pada ujung tiang sampai 2D di bawah ujung tiang

$\bar{N}$  = Nilai  $N$  (SPT) rata-rata sepanjang tiang

$A_p$  = Luas potongan melintang ujung tiang

$A_s$  = Luas selimut sepanjang tiang

$Q_{op}$  = Daya dukung ijin tiang

2. Menurut L. Decourt, daya dukung ultimit tiang dapat dihitung sebagai berikut:

Daya dukung ujung,  $Q_p$

Untuk memperkirakan daya dukung ujung diambil rata-rata 3 nilai  $N$  di atas ujung tiang pondasi.

$$\bar{N}_p = \frac{\sum N}{3}$$

Daya dukung ultimit ujung dinyatakan dengan:

$$Q_p = \bar{N}_p K A_p \quad (2-10)$$

Dengan:

$\bar{N}_p$  = Rata-rata nilai N

K = Koefisien tanah

Tabel 2.1. Koefisien tanah menurut L. Decourt

Jenis tanah	K (kpa)	K (t/m <sup>2</sup> )
Tanah lempung	118	12
Lanau berlempung	196	20
Lanau berpasir	245	25
Pasir	392	40

Kapasitas gesekan tiang

Untuk mencari kapasitas gesekan tiang perlu mempertimbangkan rata-rata nilai N sepanjang tiang. Besar gesekan sepanjang tiang ( $f_s$ ) adalah sebagai berikut:

$$f_s = \bar{N}/3 + 1$$

dengan:

$\bar{N}$  = Rata-rata jumlah pukulan sepanjang tiang,  $N/n$

n = Jumlah titik yang ditinjau

Daya dukung akibat gesekan

$$Q_s = f_s \cdot p \cdot l \quad (2-11)$$

dengan:

$Q_s$  = gesekan sepanjang tiang

p = keliling tiang

l = kedalaman

Daya dukung ijin

$$Q_{ap} = \frac{Q_p + Q_s}{3} \quad (2-12)$$

Menurut Terzaghi dan Peck, untuk lanau dan pasir jenuh dengan nilai  $N$  lebih besar dari 15 maka nilai  $N$  harus dikoreksi menjadi:

$$N = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15)$$

dengan:

$N$  = Nilai  $N$  yang terkoreksi

$N'$  = Nilai  $N$  lapangan

#### d. Korelasi Standard Penetration Test dan Cone Penetration Test

Hubungan antara nilai tekanan ujung dari CPT ( $q_c$ ) dan nilai  $N$  dari SPT oleh Scherman diuraikan sebagai berikut:

$$q_c = n \cdot N \quad (2-13)$$

$$\text{atau } n = \frac{q_c}{N}$$

Hubungan antara  $q_c$  dan  $N$  dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 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

### 2.3.2. Analisis Dinamis

Analisis dinamis dilaksanakan pada tiang pancang yang dimasukkan ke dalam tanah dengan menggunakan palu. Secara umum dipakai rumus Engineering News Record yaitu:

$$Q_u = \frac{e_h W_r h}{s + 0,1} \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p} \quad (2-14)$$

Dengan:

- $Q_u$  = Kapasitas tiang pancang ultimit
- $e_h$  = Efisiensi palu
- $s$  = Banyaknya penetrasi titik pukulan
- $W_r$  = Berat balok besi panjang
- $W_p$  = Berat tiang pancang (sungkup, blok sungkup, sepatu).
- $n$  = Koefisien restitusi (Tabel 17-3 Bowles)
- $h$  = Tinggi jatuhnya balok besi panjang

Khusus untuk pondasi tiang Franki memakai rumus Nordlund. Perhitungan berdasarkan jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk menumbuk beton dalam pembentukan "Base".

$$Q = \frac{W H B V^{2/3}}{K}$$

dengan:

- $W$  = Berat drop hammer/penumbuk
- $H$  = Tinggi jatuh drop hammer
- $B$  = Jumlah pukulan perunit volume
- $V$  = Volume Bulk
- $K$  = Konstanta

#### 2.4. Pengujian Daya Dukung Tiang

Ketika tiang sudah tertanam pada lapisan tanah pendukung, cenderung tidak diketahui secara pasti kualitas tiang tersebut. Ketidaksempurnaan atau kerusakan tiang dapat menimbulkan kegagalan atau pun keruntuhan bangunan yang dapat membahayakan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode untuk mengetahui ketahanan dan kekuatan pondasi tiang sebelum digunakan tanpa merusakkan pondasi tiang tersebut. Maka diadakan pengujian daya dukung tiang dan dalam hal ini akan dibahas 2 pengujian yaitu:

1. Loading test.
2. Pile Driving Analyzer (PDA).

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA