

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Dasar Teori**

#### **2.1.1 Pengertian Fondasi**

Fondasi yang diusulkan harus cukup kokoh untuk menopang semua beban kerja dan mampu menyalurkan beban kerja ke lapisan tanah tanpa terjadinya penurunan yang berlebihan seperti yang dipersyaratkan oleh standar ASTM, SNI, dan/atau AASHTO.

Pelaksanaan fondasi perlu direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu keamanan dan kestabilan bangunan yang ada disekitarnya. Oleh karena itu, dalam perencanaan geologi teknik untuk merancang fondasi yang digunakan harus memenuhi 3 (tiga) persyaratan, yaitu:

1. Faktor keamanan terhadap keruntuhan, baik untuk fondasi yang digunakan dan tanah pendukung bebannya.
2. Penurunan total dan differensial penurunan dari fondasi akibat beban kerja.
3. Keamanan dan kestabilan bangunan di sekitarnya.

Desain fondasi benar jika beban yang dipindahkan dari fondasi ke tanah tidak melebihi kekuatan tanah. Bilamana kekuatan beban fondasi melampaui kekuatan tanah, sehingga untuk penurunan dan keruntuhan bisa saja akan terjadi. Karena hal tersebut, akan berdampak terhadap kehancuran suatu bangunan konstruksi. Fondasi di klasifikasikan menjadi dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam.

##### **2.1.1.1 Fondasi Dangkal**

Umumnya fondasi dangkal dibangun dekat dengan permukaan tanah, kedalaman fondasi dibatasi lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi ( $D \leq 4B$ ) dengan kedalaman fondasi maksimum 3m. Lazimnya fondasi dangkal digunakan untuk struktur yang tidak terlalu tinggi dan dapat dioperasikan dengan peralatan konvensional.

### **2.1.1.2 Fondasi Dalam**

Fondasi dalam adalah fondasi yang berada pada kedalaman lebih dari 3m dari permukaan tanah. Pada pelaksanaannya fondasi dalam dilakukan sampai pada kedalaman tanah keras. Berbeda dengan fondasi dangkal, fondasi dalam tidak dapat dikerjakan dengan alat sederhana karena dibutuhkan alat berat untuk proses pemancangannya.

### **2.1.2 Fondasi Tiang Pancang**

Fondasi tiang pancang adalah fondasi dalam yang biasa digunakan dalam pelaksanaan konstruksi struktur bawah selain dari fondasi tiang bor. Perbedaan yang terdapat oleh fondasi tiang pancang yaitu tiang pancang dibuat atau diproduksi pada suatu tempat, kemudian dikirim ke lokasi proyek.

#### **Kelebihan Fondasi Tiang Pancang**

Ada beberapa keuntungan penggunaan fondasi tiang pancang yaitu:

1. Pemeriksaan tiang pancang dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi tiang sebelum proses pemancangan.
2. Pelaksanaannya tidak terpengaruh oleh air tanah
3. Tiang yang dipancang dapat ditentukan hingga mencapai kedalaman yang diinginkan.
4. Persediaan tiang pancang cukup banyak di pabrik

#### **Kekurangan Fondasi Tiang Pancang**

1. Terkadang kepala tiang pecah pada saat pemancangan apabila tidak dilaksanakan dengan baik.
2. Pemancangan akan sulit dikerjakan, apabila diameter pada tiang cukup besar.
3. Pada saat pemancangan akan menimbulkan getaran dan gangguan suara untuk kawasan padat penduduk dan akan menimbulkan masalah.

4. Pada saat penyambungan tiang, apabila pekerjaan penyambungannya tidak baik, akan mengakibatkan kegagalan pada tiang dan dapat merugikan.

### 2.1.3 Fondasi Tiang Bor

Fondasi tiang bor merupakan salah satu jenis dari fondasi dalam yang kerap digunakan dalam pelaksanaan konstruksi struktur bawah. Terdapat perbedaan fondasi tiang bor dan tiang pancang terletak pada metode pelaksanaannya, tiang bor dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, tulangan yang telah disatukan kemudian dimasukan pada lubang pengeboran dan ditutup dengan cor beton. Tiang ini kerap dipasang pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga dapat menguatkan pada saat membentuk lubang dengan alat bor.

#### Kelebihan Fondasi Tiang Bor

Ada beberapa keuntungan penggunaan fondasi tiang bor diantaranya yaitu:

1. Satu fondasi tiang bor lebih baik digunakan ketimbang kelompok tiang pancang dan *pile cap*.
2. Pelaksanaan konstruksi tiang bor pada pasir padat dan batu kerikil lebih mudah
3. Dalam pelaksanaan pekerjaan polusi suara dan getaran dapat dihindari apabila menggunakan tiang bor sehingga fondasi ini cocok untuk kawasan padat penduduk.
4. Tiang yang digunakan biasanya berdiameter lebih besar dibandingkan tiang pracetak.
5. Data dukung setiap tiang lebih besar sehingga untuk beton tumpuan (*pile cap*) bisa dibuat lebih kecil.

#### Kekurangan Fondasi Tiang Bor

1. Proses pengerjaan dari fondasi ini bergantung pada cuaca dan harus terus diawasi terutama pada saat pengecoran.
2. Pengecekan mutu beton hanya dapat dilakukan secara situasional.

3. Tiang berdiameter besar pastinya membutuhkan lebih banyak cor beton, pada aktivitas yang minim cukup membuat anggaran biaya menjadi tinggi.
4. Akibat air yang mengalir yang masuk ke dalam lubang bor dapat mengurangi kapasitas tiang.

#### 2.1.4 Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Penyelidikan tanah diperlukan di lapangan untuk mendapatkan data desain dasar untuk setiap struktur seperti bangunan, bendungan, jalan, dermaga dan lain-lain. Penyelidikan tanah dikerjakan dengan cara menggali lubang uji (*test-pit*), pengeboran, dan pengujian secara langsung di lokasi (*in-situ test*). Data yang diperoleh, karakteristik teknis tanah yang akan diperiksa, selanjutnya data tersebut dipakai sebagai bahan peninjauan dalam menganalisis kapasitas dukung dan penurunannya.

Berikut ini tujuan dilakukan penyelidikan tanah, antara lain:

1. Memastikan karakteristik teknis tanah bergantung pada desain struktur mana yang akan dibangun.
2. Menentukan kapasitas dukung tanah berdasarkan jenis fondasi yang akan dipakai.
3. Untuk menentukan jenis dan variasi kedalaman fondasi yang akan dipakai.
4. Untuk menentukan letak muka air tanah.
5. Untuk memperkirakan besarnya penurunan yang terjadi.
6. Menentukan besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah atau pangkal jembatan (*abutment*).

Penyelidikan tanah di lapangan (*in-situ test*) dilakukan bertujuan untuk menghindarkan dari berbagai kesulitan dengan pemulihan data. Beberapa jenis tanah mudah terganggu akibat pengambilan contohnya di dalam tanah. Dalam mengatasi hal itu, kerap dikerjakan beberapa pengujian di lapangan secara langsung salah satunya uji penetrasi standar atau uji SPT (*Standard Penetration Test*).

Menurut SNI 4153: 2008, SPT merupakan uji penetrasi yang bertujuan untuk mengidentifikasi perlapisan tanah yang menjadi salah satu cara untuk mendesain

fondasi dari suatu bangunan. Pengujian ini dikembangkan sejak tahun 1920 silam dan menyebar di bagian Amerika Utara, Inggris, hingga Jepang.

### **2.1.5 Sifat-sifat Teknis Tanah**

Dalam mendesain fondasi tiang perlu memperhatikan sifat teknik tanah, pada setiap jenis tanah berbeda sifat kekekatannya pun berbeda dan untuk merencakannya berbeda pula. Untuk itu sifat teknis tanah dapat dibagi menjadi dua yaitu tanah granuler dan tanah kohesif.

#### **2.1.5.1 Tanah Granuler**

Tanah granular mengandung campuran berbagai jenis tanah seperti pasir, kerikil, batu dan dengan sifat teknis yang sangat baik. Beberapa karakteristik tanah adalah sebagai bahan yang baik untuk menopang struktur karena daya dukungnya yang tinggi dan memiliki penurunan yang kecil ketika tanahnya keras. Akan ada penurunan segera setelah menerapkan beban. Ketika tanah tidak dipadatkan, penurunan besar terjadi ketika dipengaruhi oleh getaran frekuensi tinggi.

Tanah granular cocok untuk digunakan di dinding atau struktur bawah tanah lainnya karena menciptakan tekanan lateral yang sangat kecil. Tanah granular merupakan material yang mudah dipadatkan dan memiliki kuat geser yang tinggi.

#### **2.1.5.2 Tanah Kohesif**

Berikut ini karakteristik jenis tanah kohesif yaitu lempung, lempung berlanau, lempung berpasir, atau berkerikil dengan partikel tanah yang terdiri dari beberapa partikel halus. Tanah ini memiliki Kuat geser yang dapat ditentukan dari kohesinya.

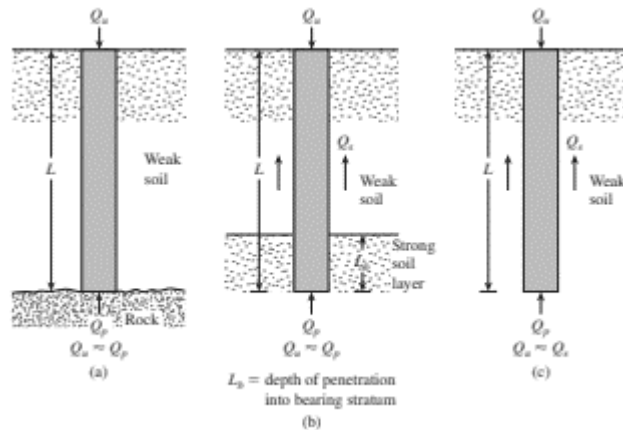
Tanah kohesi memiliki beberapa sifat teknis yaitu mempunyai nilai kuat geser yang rendah, berkurang kuat gesernya jikalau basah karena bersifat plastis dan mudah terkompresi, akan terjadi penyusutan apabila tanahnya kering dan kemudian akan mengembang apabila tanahnya basah, kemudian menurun kuat

gesernya apabila kadar airnya meningkat dan struktur tanahnya terganggu, akan berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkak (*creep*) pada pikulan yang tetap, tanah kohesif merupakan material yang tidak disarankan untuk pengurugan tanah, tanah jenis ini akan membuat tekanan lateral yang besar ketika hujan.

### 2.1.6 Kapasitas Dukung Akibat Beban Aksial

Kapasitas dukung tiang adalah kekuatan atau daya tampung tiang dalam menopang beban. Dalam perhitungan kapasitas dukung tiang dapat dilakukan dengan cara pendekatan statis dan dinamis. Untuk perhitungan kapasitas dukung tiang secara statis dapat berdasarkan konsep mekanika tanah, ialah dengan meninjau sifat-sifat teknis tanah, sedangkan perhitungan melalui cara dinamis dapat dikerjakan dengan mengkaji kapasitas ultimit dengan menggunakan data yang sudah didapatkan dari data pada saat pemancangan tiang.

Pada fondasi dalam terdapat tiga kategori *pile* sesuai kedalamannya masing-masing (a) fondasi yang ujungnya berada tepat di atas tanah keras yang menggantungkan daya dukung ujung tiang, (b) fondasi yang ujung tiangnya berada tepat di dalam tanah keras pada intensitas tertentu biasa diketahui sebagai  $L_b$ , fondasi ini hanya menggantungkan daya dukung ujung tiang dan gesek tiang pada tanah, (c) fondasi ini berada tidak tepat di tanah keras atau terapung di tanah lunak, fondasi ini menggantungkan dari kuat geseknya diantara tiang dan tanah. Berikut ini adalah gambar letak *pile*.



Gambar 2. 1 Kategori Letak Pile (Sumber: Braja M. Das, 7<sup>th</sup> Edition)

Perhitungan daya dukung terpaut dengan metode perencanaan yang harus mengamati kondisi tiang pada setiap lapisan tanah, apakah tiang tersebut masuk ke kategori pile yang mana, dapat dilihat pada Gambar 2.1, dimana rumus tersebut ialah sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$Q_u$  = daya dukung batas tiang

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang

$Q_s$  = daya dukung gesek tiang

Ada beberapa metode untuk menentukan hasil  $Q_p$  untuk jenis tanah tertentu, metode ini biasa dikenal dengan *Meyerhof's Method*.

#### A. Daya Dukung Ujung Tiang

##### 1. Tanah Pasir

Menurut metode Mayerhof, bilamana ujung tiang tersebut berada tepat di tanah berpasir, biasanya nilai  $q_p$  akan bertambah sesuai dengan kedalaman. Bilamana fondasi dalam tepat pada tanah berpasir dengan nilai  $c' = 0$ , sehingga dalam menghitung daya dukung ujung tiang dengan memakai rumus:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q^* \leq A_p \cdot q_1 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang

$q_p = q' N_q^*$  = daya dukung dalam satuan luas

$A_p$  = luas penampang

$q'$  = tegangan vertikal efektif

$N_q^*$  = faktor daya dukung ujung

Nilai  $Q_p$  tidak boleh melebihi dari nilai daya ujung batas  $A_p \cdot q_1$  karena daya dukung ujung tiang perlu ditentukan:

$$Q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q^* \leq A_p \cdot q_1 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana daya ujung batas didapatkan dari:

$$q_1 = 50 \cdot N_q^* \cdot \tan \phi \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

$q_1$  = daya dukung bayas

$\phi$  = sudut geser dalam

Berikut ini metode Mayerhof dengan menggunakan data tanah yang didapat pada hasil lapangan. Data tanah ini berupa data SPT yang akan digunakan untuk menentukan nilai  $Q_p$  pada tanah berpasir.

$$q_p = 40N \cdot L/D \leq 400N \text{ (dapat dilihat pada Gambar 2.1)}\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

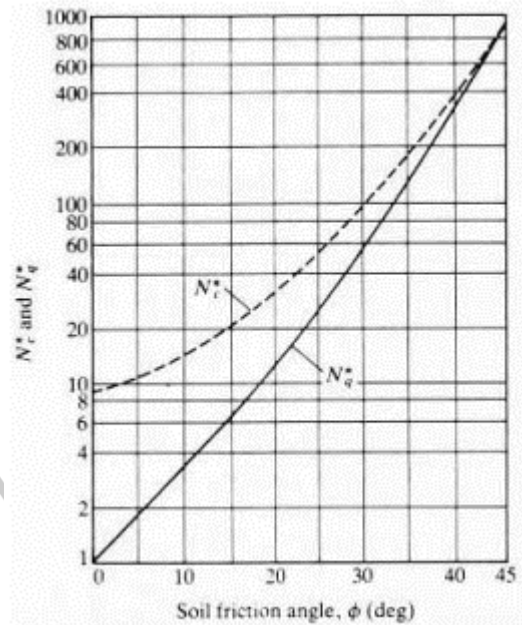
$N$  = hasil dari nilai N-SPT rata-rata pada sekitar ujung tiang (digunakan 10D dari atas dan 4D dari bawah ujung tiang).

Jadi, rumus yang digunakan:

$$Q_p = 40 \times n_{cor} \times A_p \times \left(\frac{L}{D}\right) \leq 400 \times N_{spt} \times A_p \dots\dots\dots(2.6)$$

Apabila untuk menentukan nilai  $N_c^*$  dan  $N_q^*$  dapat dilihat dari gambar grafik dibawah ini:





Gambar 2. 2 Grafik Nilai  $N_c^*$  dan  $N_q^*$  (Sumber: Braja M. Das, 7<sup>th</sup> Edition)

## 2. Tanah Lempung

Apabila fondasi dalam berada tepat pada tanah lempung dengan nilai  $\phi = 0$ , maka dalam menghitung daya dukung ujung tiang dapat menggunakan rumus:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c^* \dots\dots\dots (2.7)$$

Karena, fondasi ini berada tepat pada tanah lempung dengan nilai  $\phi = 0$ , bisa dilihat pada Gambar grafik 2.2 berdasarkan gambar grafik tersebut menunjukkan nilai  $N_c^* = 9$  maka rumus menjadi:

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang

$A_p$  = luas penampang ujung tiang

$N_c^*$  = faktor daya dukung ujung

$c_u$  = kohesi *undrained* =  $N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$

Perhitungan ujung satuan tiang bor menurut metode skempton (1966) dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_p = \mu \cdot A_p \cdot N_c \cdot c_u \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

$\mu$  = faktor koreksi dengan  $\mu = 0,8$  digunakan pada  $d < 1$  m, dan  $\mu = 0,75$  digunakan pada  $d > 1$  m

$c_u$  = kohesi tanah (*undrained*)

$N_c$  = faktor daya dukung dengan menggunakan nilai  $N_c = 9$

## B. Daya Dukung Selimut Tiang

Daya dukung selimut tiang dapat dihitung dengan menggunakan rumus secara umum yaitu:

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f \dots\dots\dots(2.10)$$

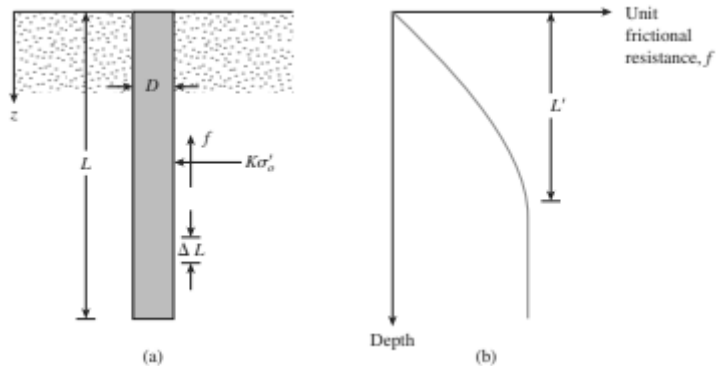
Dimana:

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang

$\Delta L$  = panjang tiang

$f$  = gesekan selimut satuan

$p$  = keliling tiang



Gambar 2. 3 Daya Dukung Selimut Tiang (Sumber: Braja M. Das, 7<sup>th</sup> Edition)

### 1. Tanah Pasir

Dalam menentukan daya dukung selimut tiang pada tanah berpasir, dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_s = 2 \times N_{spt} \times P \times L_i \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana:

$P$  = keliling tiang

$L_i$  = tebal lapisan tanah per interval kedalaman bor-an

### 2. Tanah Lempung

Terdapat tiga metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung selimut tiang pada tanah lempung, yaitu:

- Metode  $\lambda$

Dalam menentukan tahanan gesek tiang yang akan dipancang pada jenis tanah lempung, dapat menggunakan perhitungan dengan koefisien ( $\lambda$ ). Metode ini dikembangkan oleh Vijayvergia dan Focht (1972), yaitu:

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f_{av}$$

$$f_{av} = \lambda (\bar{\sigma}'_0 + 2c_u) \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana:

- $\lambda$  = koefisien
- $\bar{\sigma}'_0$  = tegangan efektif rata-rata vertikal
- $f_{av}$  = gesekan selimut rata-rata
- $c_u$  = kohesi tak terdrainase

Perhitungan untuk tanah lempung berlapis makan nilai  $\bar{\sigma}'_0$  dan  $c_u$  didapatkan:

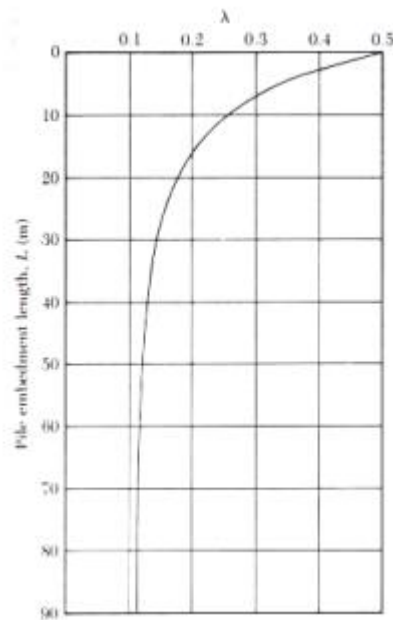
$$c_u = \frac{c_{u1} \cdot L_1 + c_{u2} \cdot L_2 + \dots}{L} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\bar{\sigma}'_0 = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}{L} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

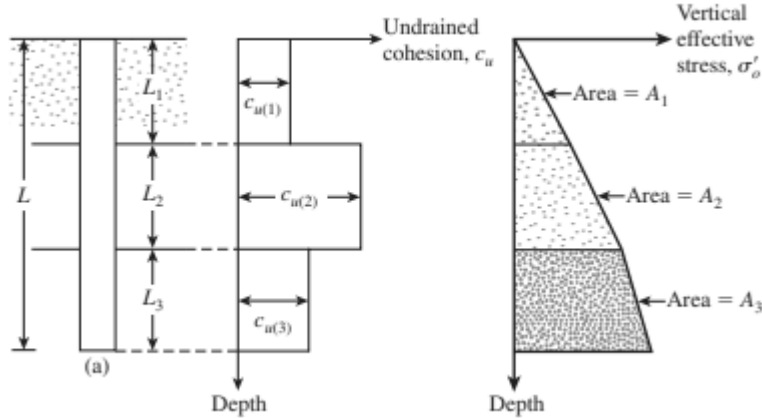
- $L_1$  = panjang segmen tiang (berlapis)
- $L$  = panjang tiang
- $A_1$  = luas tegangan efektif vertikal

Berikut gambar grafik di bawah ini untuk memperoleh nilai  $\lambda$  :



Gambar 2. 4 Gambar koefisien  $\lambda$  (Sumber: Hary Christiady Hardiyatmo, 2018)

Berikut gambar untuk mendapatkan nilai  $\bar{\sigma}'_0$  dan  $c_u$



Gambar 2. 5 metode  $\lambda$  untuk lapis tanah (Sumber: Braja M. Das, 7<sup>th</sup> Edition)

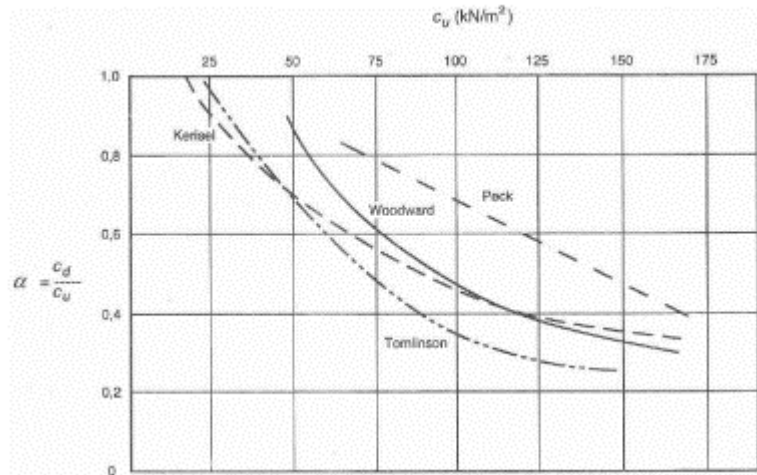
- Metode  $\alpha$

Dalam menentukan tahanan gesek tiang yang akan dipancang di dalam tanah lempung, digunakan faktor adhesi ( $\alpha$ ). Thomlison mengemukakan metode  $\alpha$  untuk menghitung tahanan lekat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_s = P \cdot L_i \cdot f$$

$$f = \alpha \cdot c_u \dots\dots\dots(2.15)$$

Berikut adalah gambar grafik untuk mendapatkan nilai  $\alpha$  dibawah ini:



Gambar 2. 6 faktor adhesi ( $\alpha$ ) (McClelland, 1974) (Sumber: Hary Christady Hardiyatmo, 2018)

- Metode  $\beta$

Metode  $\beta$  untuk menghitung tahanan gesek satuan tiang dapat menggunakan rumus:

$$f = \beta \cdot \sigma'_0 \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana:

$$\beta = K \cdot \tan \phi_r$$

$\phi_r$  = sudut geser kondisi terdrainase

K = koefisien tekanan tanah

$$= 1 - \sin \phi_r \text{ (lempung terkonsolidasi normal)}$$

$$= 1 - \sin \phi_r) \cdot \sqrt{OCR} \text{ (lempung overkonsolidasi)}$$

Perhitungan daya dukung selimut tiang untuk fondasi tiang bor dapat menggunakan metode (Reese & Wright, 1977) dengan rumus:

$$Q_s = \sum \alpha \cdot c_u \cdot L_i \cdot p \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

$\alpha$  = faktor adhesi yang disarankan 0,55

C. Daya dukung Ultimit

Untuk memperhitungkan daya dukung ultimit dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

$Q_u$  = daya dukung batas tiang

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang

$Q_s$  = daya dukung gesek tiang

#### D. Daya Dukung Ijin

Untuk memperhitungkan daya dukung ijin dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

$Q_u$  = daya dukung batas tiang

$Q_{ijin}$  = daya dukung ijin tiang

$SF$  = tiang pancang (2,5 menurut Thomlison, 1975)

= tiang bor (kondisi tekan sebesar 2 tanpa pelebaran pada ujung tiang, dan 2,5 pelebaran ujung tiang menurut Thomlison 1975)

Faktor keamanan perlu diberikan dengan maksud memberikan faktor keamanan terhadap ketidakpastian perhitungan yang digunakan. Apabila dengan tiang  $d < 2m$  pada tiang bor dapat menggunakan faktor keamanan sebesar 2, menurut Thomlison 1975.

Untuk tiang dengan  $d > 2m$  daya dukung tiang izin perlu mempertimbangkan terhadap penurunan tiang dengan menggunakan rumus berikut:

$$F = \frac{\text{Daya dukung tiang}}{(\text{Beban mati} + \text{beban hidup} + \text{beban gempa})}$$

Daya Dukung Kelompok Tiang dan efisiensi tiang

Persamaan efisiensi tiang memiliki beberapa persamaan dalam menghitung daya dukung kelompok tiang, beberapa persamaan diusulkan dengan berdasarkan pada susunan tiang, jarak dan diameter tiang yang mengacuhkan panjang tiang. Dari beberapa persamaan salah satu metode perhitungan efisiensi tiang yang disarankan oleh *Converse-Labarre Formula*, yaitu:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m+(m+1)n'}{90mn'} \dots \dots \dots (2.20)$$

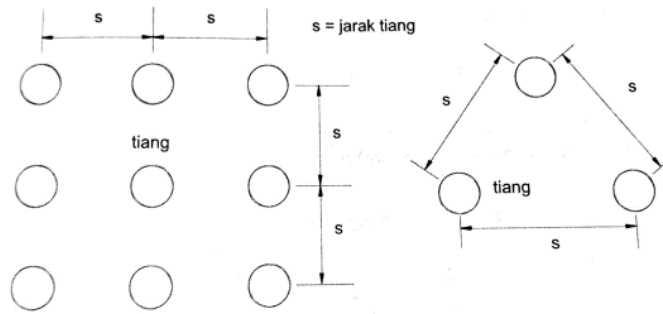
Dimana:

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

$m$  = jumlah baris tiang

$n'$  = jumlah tiang dalam satu baris

$$\theta = \text{arc tg} (d/s)$$



Gambar 2. 7 Jarak S (Sumber: Hary Christady Hardiyatmo, 2018)

### 2.1.7 Rancangan Anggaran Biaya

Salah satu proses utama suatu proyek yang dikerjakan ialah dengan memperkirakan rencana anggaran biaya, karena ini merupakan dasar dalam mewujudkan negosiasi sistem pembiayaan dan kerangka *budget* yang akan dikeluarkan. Perencanaan anggaran biaya pada suatu proyek sebagai langkah awal dalam tahap estimasi biaya haruslah akurat dan tepat. Rencana anggaran biaya tak bisa lepas dari harga satuan material, upah, tenaga, alat, dan waktu. Selain itu, anggaran biaya ialah berupa harga dari bangunan yang telah dihitung secara cermat supaya dapat memenuhi syarat. Terdapat perbedaan anggaran biaya pada setiap masing-masing daerah, dikarenakan perbedaan ini bisa berupa perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (H. Bachtiar Ibrahim,(1993:3). Contoh beberapa bahan dan upah akan berbeda pada setiap daerahnya, upah dan bahan di Jakarta akan berbeda dengan daerah seperti Bogor, Serang, Cilegon maupun sekitarnya.

Terdapat dua macam rencana anggaran biaya yaitu rencana anggaran biaya kasar dan terperinci.

#### 1. Rencana anggaran biaya kasar

Rencana anggaran biaya kasar merupakan anggaran biaya yang dihitung secara tentatif dimana perperkerjaan akan dihitung pada tiap ukuran luas  $m^2$ . Namun, terkait pengetahuan dalam bekerja juga dapat mempengaruhi pertimbangan anggaran biaya secara kasar. Dari pengalaman kerja akan menemukan perbandingan biaya yang didapat dari perhitungan biaya kasar dan biaya terperinci akan didapat sedikit selisih biaya.

## 2. Rencana anggaran biaya terperinci

Rencana anggaran biaya terperinci adalah anggaran biaya dimana memperhitungkan volume dan harga dari seluruh pekerjaan. Terdapat dua cara untuk menghitung anggaran biaya terperinci yaitu dengan menggunakan cara harga satuan dan cara harga seluruhnya. Dalam memperhitungkan cara harga satuan, dimana seluruh tabel terdiri harga satuan upah, tenaga kerja berikut volume pada setiap pekerjaan perlu dihitung. Berbeda perhitungan harga seluruhnya, dimana perhitungan pada harga satuan upah, tenaga kerja berikut volume yang terpakai akan dikali dengan harga pada masing-masing pekerjaan dan kemudian dijumlahkan seluruhnya.

Dalam menghitung analisa harga satuan, di Indonesia memiliki dua metode untuk menghitung harga satuan dan bahan antara lain:

### 1. Metode BOW (*Burgeslijke Openbare Werken*)

Metode BOW (*Burgeslijke Openbare Werken*) adalah ketentuan yang sudah ada sejak tanggal 28 Februari 1921 atau sejak jaman Belanda. Metode ini menetapkan terkait jumlah tenaga kerja dan bahan pada suatu pekerjaan. Prinsipnya metode ini mencakup beberapa tabel berupa data koefisien upah dan bahan yang sudah ada.

### 2. Metode SNI (Standar Nasional Indonesia)

Metode SNI adalah pembaharuan dari metode BOW, metode ini diterbitkan oleh Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. Dalam penyusunan anggaran biaya metode ini hampir mirip dengan metode BOW. Dalam metode ini terdapat beberapa daftar tabel koefisien bahan, alat serta upah yang sudah ditetapkan.

## 2.1.8 Produktivitas Tenaga Kerja

Secara umum produktivitas memiliki arti perbandingan antara hasil didapat dengan beraneka macam sumber daya yang digunakan dalam waktu tertentu. Produksi disini memiliki arti dengan bertambahnya jumlah hasil yang didapat dalam kurun waktu tertentu. Sedangkan produktivitas disini ialah peningkatan yang



didapat dan juga perbaikan dengan cara peningkatan produksi tersebut. Pada beberapa proyek konstruksi, produktivitas mutlak harus terpenuhi dikarenakan pada pelaksanaannya produktivitas dipengaruhi oleh waktu, biaya dan mutu. Maka dari itu untuk mewujudkan hasil dari yang diinginkan maka harus diperlukan sumber data manusianya untuk mewujudkan suatu sistem kerja yang baik. Dalam proyek konstruksi, produktivitas dapat ditinjau melalui dua tingkatan (Ravianto, 1995) yaitu:

1. Produktivitas tenaga kerja
2. Produktivitas proyek

Produktivitas dapat diukur dengan menghitung rasio output terhadap input. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung produktivitas:

$$\text{Produktivitas Kerja} = \frac{\text{Volume yang dihasilkan}}{\text{Jumlah tenaga kerja/jam}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana produktivitas kerja dalam persyaratan teknik SNI 7394:2008 pada pasal 5.2 terdapat pada poin C untuk jam kerja efektif tenaga kerja diperhitungkan 5 jam perhari.

## 2.2 Penelitian Terdahulu

Mayangsari (2018), telah melakukan studi tentang perbandingan mengenai fondasi tiang pancang dengan fondasi tiang bor pada proyek rumah sakit gigi dan mulut di universitas brawijaya. Dalam pelaksanaannya mayangsari menyatakan bahwa biaya yang diperlukan dalam pembangunan fondasi tiang pancang adalah sebesar Rp. 4.750.140.000 yang mana ini lebih murah dibandingkan menggunakan fondasi tiang bor yang diperoleh total biaya sebesar Rp. 6.350.000.000. Dapat dilihat bahwa dari segi biaya fondasi tiang pancang lebih unggul dibandingkan fondasi tiang bor yang memiliki selisih harga sebesar 1.599.860.000.

Berikutnya adalah studi yang dilakukan oleh Ir. Arifin, (2008) tentang Analisa Perbandingan Biaya Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang dan Bor Pile pada proyek Jembatan Suramadu yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ekonomis dari kedua alternatif fondasi tersebut. Selain itu, studi yang dilakukan ditinjau dari

segi biaya pelaksanaan yang tidak mengesampingkan secara teknik. Terdapat perbedaan biaya untuk fondasi tiang pancang sebesar Rp. 6.067.092.838 sedangkan untuk fondasi tiang bor sebesar Rp. 4.989.700.112, terdapat selisih antara kedua fondasi tersebut sebesar Rp. 1.077.392.726.

Selain itu studi yang dilakukan oleh Mafriyal Muluk pada proyek *Tower Grand Kamala Lagoon-Bekasi* pada tahun 2020 dilakukan dilakukan untuk mengetahui perbandingan biaya yang ditinjau dari segi metode pelaksanaan kedua fondasi, biaya, waktu dan kualitas pekerjaan. Setelah dilakukan analisa perbandingan biaya, untuk fondasi tiang bor sebesar Rp. 12.736.500.000 sedangkan fondasi tiang pancang sebesar Rp. 14.047.100.000 dari kedua fondasi tersebut terdapat selisih biaya harga untuk kedua nya sebesar Rp. 2,192,900,000. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fondasi bor pile lebih murah dibandingkan dengan fondasi tiang pancang dilihat dari selisih yang didapat. Selain itu, Mafriyal menyatakan fondasi bor pile juga lebih unggul dari segi biaya, durasi, dan metode pelaksanaan.