

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1 Umum**

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh Yunida Danuatmaja tentang Perencanaan Pondasi Tiang Bor pada gedung kampus STIE-IBS Kemang (2009) menyimpulkan bahwa berdasarkan hasil perhitungan jumlah pondasi dengan diameter 0,6 m yaitu sebanyak 148 tiang, lebih banyak dari pondasi yang menggunakan diameter 0,8 m dengan jumlah tiang sebanyak 122 tiang. Dengan selisih jumlah tiang sebanyak 26 tiang atau sebesar 17,57 % dari jumlah tiang dengan diameter 0,6 m.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Haspan Limrah Nainggolan tentang Analisis daya dukung dan permodelan struktur Pondasi *Bored Pile* bangunan penghubung antar gedung RSBA Jakarta Timur (2013) menyimpulkan bahwa berdasarkan hasil analisis tiap kolom, daya dukung pondasi *group* pada gedung didasarkan pada hasil perhitungan dari data SPT karena dianggap lebih mewakili nilai sebenarnya di lapangan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh ulfa Juvi (2015) tentang Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile berdasarkan Data Pengujian Lapangan ( *Cone dan N- Standart Penetration*) menyimpulkan bahwa dari ketiga ukuran diameter tiang *bored pile* dengan memakai perhitungan Metode *Meyerhoff* terhadap 2 (dua) data yang berbeda: data sondir dan data N-SPT merekomendasikan bahwa data N-SPT lebih baik.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Febri Yoga Anggara (2010) tentang Analisa Pondasi Tiang Bor pada Proyek Jembatan Tambalan II Bantul menyimpulkan bahwa kapasitas dukung tiang kelompok dengan diameter 0,60 m sebesar 1281,707 ton lebih kecil daripada beban total sehingga tidak aman digunakan. Untuk diameter 0,80 m mempunyai kapasitas dukung kelompok tiang sebesar 1612,00 ton lebih besar dari pada beban total 1352, 16 ton sehingga aman digunakan. Untuk diameter 1,00 m mempunyai kapasitas dukung kelompok tiang sebesar 1864, 462 to lebih besar daripada beban total 1433, 55 ton sehingga aman digunakan. Semakin besar diameter semakin besar kapasitas dukung dan semakin besar luasan kelompok tiang semakin besar kapasitas dukung kelompok tiang.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Pondasi**

Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles, 1997).

Berdasarkan struktur beton bertulang, pondasi berfungsi untuk:

1. Mendistribusikan dan memindahkan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan di atasnya ke lapisan tanah dasar yang dapat mendukung struktur tersebut.
2. Mengatasi penurunan yang berlebihan yang tidak sama ada struktur di atasnya.
3. Memberi kestabilan pada struktur dalam memikul beban horizontal akibat angin, gempa bumi dan sebagainya

## 2.2.2 Macam – macam Pondasi

Menurut (H.C.Hardiyatmo, 1996) Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau bebatuan yang berada di bawahnya.

Terdapat 2 (dua) klasifikasi pondasi,yaitu :

### 1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti:

#### a. Pondasi Telapak/ tapak

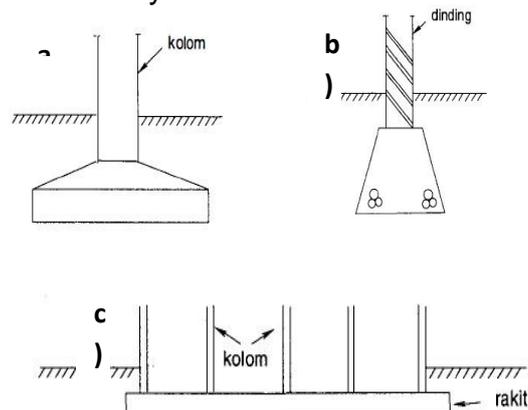
Pondasi telapak adalah Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.

#### b. Pondasi Memanjang

Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya.

#### c. Pondasi rakit ( *raft foundation* )

Pondasi rakit adalah 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 berhimpit satu sama lainnya.



**Gambar 2.1** Macam-macam pondasi dangkal: (a) Pondasi Telapak (b) Pondasi memanjang (c) Pondasi Rakit

Sumber: (H.C.Hardiyatmo, 1996)

## 2. Pondasi Dalam

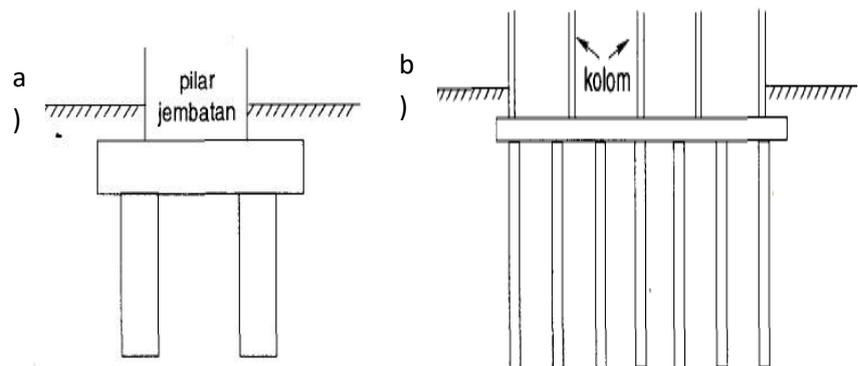
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti:

### a. Pondasi Sumuran (pier foundation)

Pondasi sumuran merupakan bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.

### b. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Demikian pula, bila pondasi bangunan terletak pada tanah timbunan yang cukup tinggi, sehingga bila bangunan diletakkan pada timbunan akan dipengaruhi oleh penurunan yang besar. Bedanya dengan pondasi sumuran adalah pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang.



**Gambar 2.2** Macam-macam pondasi dalam: (a) Pondasi sumuran  
(b) Pondasi Tiang

Sumber: (H.C.Hardiyatmo, 1996)

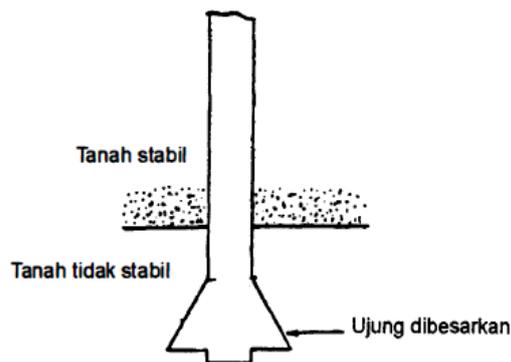
### 2.2.3 Kategori Pondasi Tiang

Pondasi tiang dapat dibagi menjadi 3, yaitu :

1. Tiang perpindahan besar (*large displacement pile*), yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar. Termasuk dalam tiang perpindahan besar adalah tiang kayu, tiang beton pejal, tiang beton prategang (pejal atau berlubang), tiang baja bulat (tertutup pada ujungnya).
2. Tiang perpindahan kecil (*small displacement pile*) adalah sama seperti tiang kategori pertama, hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relatif kecil, contohnya : tiang beton berlubang dengan ujung terbuka, tiang beton prategang berlubang dengan ujung terbuka, tiang baja *H*, tiang baja bulat ujung terbuka, tiang ulir.
3. Tiang tanpa perpindahan (*non displacement pile*) terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah. Termasuk dalam tiang tanpa perpindahan adalah tiang bor, yaitu tiang beton yang pengecorannya langsung di dalam lubang hasil pengeboran tanah (pipa baja diletakkan dalam lubang dan dicor beton). ( H.C.Hardiyatmo, 1996)

#### 2.2.4 Pondasi *Bored Pile*

Menurut (H.C.Hardiyatmo, 2010) Pondasi *bored pile* adalah tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor beton. Pada pondasi ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.



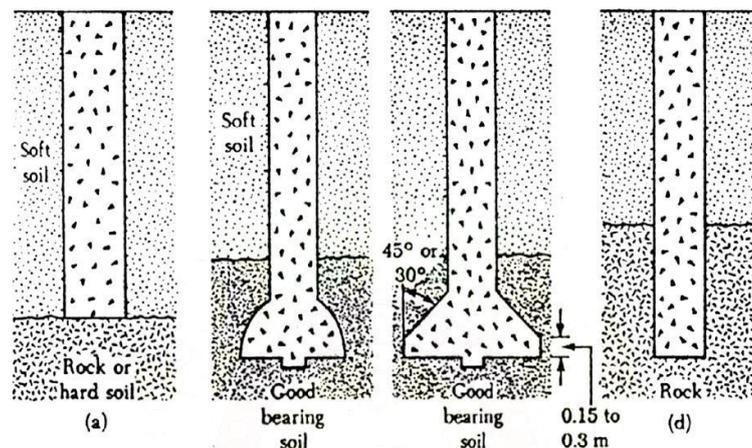
**Gambar 2.3.** Pembesaran pada ujung tiang

Sumber: (H.C.Hardiyatmo, 2010)

Daya dukung pondasi merupakan kombinasi dari kekuatan gesekan tanah terhadap pondasi (tergantung pada jenis tanah, massa jenisnya, nilai kohesi adhesinya, kedalamannya), kekuatan tanah dimana ujung pondasi itu berdiri, dan juga pada bahan pondasi itu sendiri. Daya dukung *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung gesek atau selimut (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara *bored pile* dan tanah disekelilingnya.

Ada berbagai jenis pondasi *bored pile* yaitu :

1. *Bored pile* lurus untuk tanah keras
2. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel
3. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium
4. *Bored pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan



**Gambar 2.4** Jenis-jenis *Bored Pile*

Sumber: (Braja M.Das, 1941)

Ada beberapa alasan digunakannya pondasi *bored pile* dalam konstruksi :

1. *Bored pile* tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
3. *Bored pile* dapat didirikan sebelum penyelesaian tahapan selanjutnya.
4. Ketika proses pemancangan dilakukan, getaran tanah akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada di dekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi *bored pile* hal ini dapat dicegah.
5. Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi pondasi *bored pile*.

6. Selama pelaksanaan pondasi *bored pile* tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang.
7. Karena dasar dari pondasi *bored pile* dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya keatas.
8. Permukaan diatas dimana dasar *bored pile* didirikan dapat diperiksa secara langsung.
9. Pondasi *bored pile* mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.

Beberapa kelemahan dari pondasi *bored pile*:

1. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan pembetonan.
2. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah berkerikil.
3. Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
4. Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.
5. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang.
6. Akan terjadi tanah runtuh (*ground loss*) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan.
7. Karena diameter tiang cukup besar dan memerlukan banyak beton, untuk pekerjaan kecil mengakibatkan biayanya sangat melonjak.
8. Walaupun peneterasi sampai ke tanah pendukung pondasi dianggap telah terpenuhi, kadang-kadang terjadi bahwa tiang pendukung kurang sempurna karena adanya lumpur yang tertimbun di dasar.

### 2.2.5 Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal berdasarkan data *Standart Penetration Test* dengan Metode *Reese and Wright*

Standart Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan split spoon kedalam tanah.

Daya dukung aksial tekan tiang tunggal terdiri dari dukungan oleh gesekan sepanjang tiang dengan tanah dan daya dukung tiang pada tanah sehingga kapasitas ultimit pondasi tiang:

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s - W_p' \quad (2.1)$$

$$W_p' = W_p - U \quad (2.2)$$

$$W_p = \left( \frac{1}{4} \pi d^2 L \right) \gamma_{\text{beton}} \quad (2.3)$$

$$U = \left\{ \frac{1}{4} \pi d^2 (L - m.a.t) \right\} \gamma_w \quad (2.4)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (2.5)$$

Dimana:

$Q_{ult}$  : Kapasitas ultimit tiang terhadap beban aksial

$Q_p$  : Kapasitas tahanan ujung (*end bearing*)

$Q_s$  : Kapasitas geser selimut (*skin friction*)

$W_p'$  : Berat sendiri tiang

$Q_{all}$  : Daya dukung ijin

SF : Faktor Keamanan (2,5)

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi bored pile pada tanah pasir, lanau dan lempung didasarkan pada uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

- **Daya dukung pondasi tiang pada tanah kohesif**

1. Daya dukung ujung pondasi *bored pile (end bearing)*

$$Q_p = A_p \cdot q_p \quad (2.6)$$

$$q_p = 9 \times c_u \quad (2.7)$$

$$c_u = (2/3 \times N\text{-SPT} \times 10) \quad (2.8)$$

Dimana :

$Q_p$  = Daya dukung ujung tiang ( ton )

$q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas (ton/m)

$c_u$  = Kohesi Tanah (ton/m<sup>2</sup>)

2. Daya Dukung selimut *bored pile (skin friction)*

$$Q_s = f \times L_i \times p \quad (2.9)$$

$$f = \alpha \times c_u \quad (2.10)$$

Dimana :

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (ton)

$f$  = Tahanan satuan skin friction (ton/m<sup>2</sup>)

$L_i$  = Panjang lapisan tanah (m)

$p$  = Keliling tiang (m)

$\alpha$  = Faktor adhesi (menurut *Reese dan Wright* koefisien  $\alpha$  untuk tiang bor = 0,55)

- **Daya dukung pondasi tiang pada tanah non kohesif**

1. Daya dukung ujung pondasi *bored pile (end bearing)*

Untuk  $N' \leq 60$ , maka  $q_p = 7 N'$  (ton/m<sup>2</sup>)

$$Q_p = q_p \times A_p \quad (2.11)$$

$$Q_p = 7 N' \times A_p \quad (2.12)$$

Untuk  $N' > 60$  maka  $q_p = 400$  (ton/m)

$$Q_p = q_p \times A_p \quad (2.13)$$

$$Q_p = 400 \times A_p \quad (2.14)$$

Dimana :

$Q_p$  = Daya dukung ujung tiang ( ton )

$A_p$  = Luas penampang *bored pile* (  $m^2$  )

$Q_p$  =Tahanan ujung per satuan luas ( ton/m )

$N'$  =Nilai N-SPT rata-rata antara ujung bawah tiang bor sampai  $2d_b$  dibawahnya.

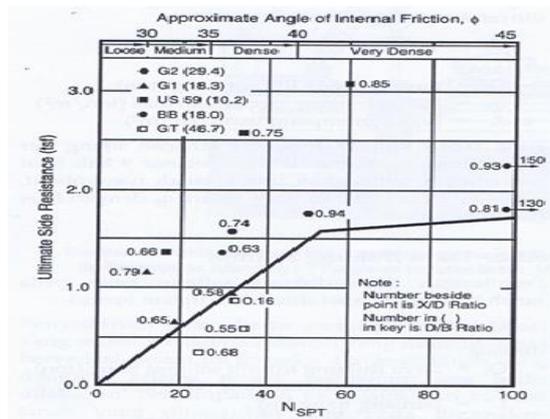
2. Daya dukung selimut *bored pile* ( *skin friction* )

$$Q_s = q_s \times L_i \times p \quad (2.15)$$

Untuk  $N' < 53$  ,  $q_s = \frac{NSPT}{34} = 0,32 N'$  ( ton /  $m^2$  )

$$Q_s = 0,32 NSPT \times L_i \times p \quad (2.16)$$

Untuk  $53 < NSPT \leq 100$  maka  $f$  diperoleh dari korelasi langsung dengan N-SPT ( *Resse dan Wright* )



**Gambar 2.5** Hubungan tahanan selimut ultimit terhadap  $N_{spt}$

Sumber: ( Wright, 1977)

Atau

$$\frac{(N-53)}{450} \times \frac{1}{0,3048^2} ; \text{ Untuk } 53 < NSPT \leq 100 \quad (2.17)$$

Dimana :

$Q_s$  = Daya dukung selimut *bored pile* (ton)

$q_s$  = Tahanan satuan skin friction ( ton /  $m^2$  )

$L_i$  = Panjang lapisan tanah ( m )

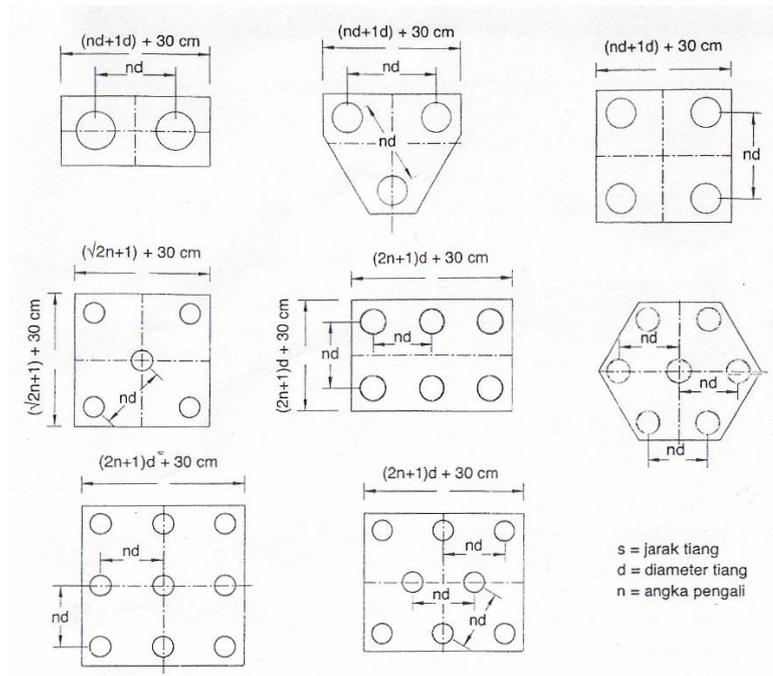
$p$  = Keliling tiang ( m )

$NSPT$  = Nilai NSPT pada setiap lapisan tanah.

## 2.2.6 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Pada keadaan sebenarnya dilapangan jarang sekali dipancang yang berdiri sendiri (*single pile*) akan tetapi kita sering mendapati pondasi tiang pancang dalam bentuk kelompok (*pile group*). Untuk mempersatukan tiang – tiang tersebut dalam suatu kelompok tiang biasanya diatas tiang tersebut diberi poer (*Floating*) (Hardiyatmo, 2010). Dalam perhitungan poer dianggap atau dibuat kaku sempurna, sehingga:

1. Bila beban-beban yang bekerja pada kelompok tiang tersebut menimbulkan penurunan, maka setelah penurunan bidang poer tetap merupakan bidang datar.
2. Gaya – gaya yang bekerja pada tiang berbaris lurus dengan penurunan tiang – tiang tersebut.



**Gambar 2.6** Susunan kelompok tiang

Sumber: (Hardiyatmo, 2010)

Dalam perencanaan pondasi tiang bor yang perlu diperhatikan diantaranya :

Jarak antar tiang dalam kelompok

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 3 D$$

Dimana :

$S$  = Jarak masing-masing tiang

$D$  = Diameter tiang

Biasanya jarak antara dua tiang dalam kelompok diisaratkan minimum 0,6 m dan maksimum 2 meter. Ketentuan ini berdasarkan pada pertimbangan – pertimbangan sebagai berikut :

a) Bila  $S < 2,5 D$

Apabila jarak anatar sumbu tiang  $< 2,5 D$ , maka pengaruh kelompok tiang akan cukup besr pada tiang geser, sehingga gaya dukung setiap tiang di dalam kelompok akan lebih kecil dari gaya dukung tiang secara ndividu. Ini berarti bahwa efisiensi menurun, sehingga kemampuan tiang tidak dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin.

b) Bila  $S > 3D$

Apabila  $S > 3D$ , maka tidak ekonomis karena akan memperbesar ukuran atau dimensi dari poer (*floating*).

Pada perencanaan pondasi tiang pancang biasanya setelah jumlah tiang pancang dan jarak antara tiang – tiang pancang yang diperlukan kita tentukan, maka kita dapat menentukan luas poer yang diperlukan untuk tiap – tiap kolom portal.

## 2.2.7 Efisiensi Kelompok Tiang

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan factor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_g = Q_a \cdot n \cdot E_g \quad (2.18)$$

Dimana :

$Q_g$  = Kuat dukung maksimum grup tiang pancang(ton)

$E_g$  = Efisiensi grup tiang pancang

$n$  = Banyaknya tiang

$Q_a$  = Kuat dukung maksimum satu tiang (ton)

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, namun semuanya hanya bersifat pendekatan. Persamaan –persamaan yang diusulkan didasarkan pada susunan tiang, dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, variasi sifat tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka air tanah. Salah satu persamaan – persamaan efisiensi tiang tersebut, yang disarankan oleh *Converse – Labbare Formula*, sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \Theta \left\{ \frac{(n-1)m + (m+1)n}{90 \cdot m \cdot x \cdot n} \right\} \quad (2.19)$$

Dengan :

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

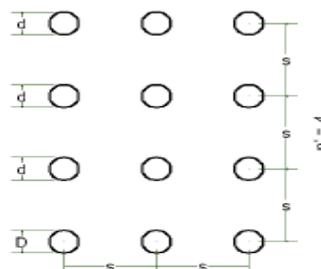
$m$  = jumlah baris tiang

$n'$  = jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  = arc tg  $d/s$ , dalam derajat

$s$  = jarak pusat ke pusat tiang

$d$  = diameter tiang



**Gambar 2.7** Defenisi jarak  $s$  dalam hitungan efisiensi tiang

(sumber: Hardiyatmo, 2015)

### 2.2.8 Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang , maka kapasias ultimit tiang dibagi dengan factor aman tertentu.

Tomlinson (1977) menyarankan factor aman untuk tiang bor :

Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan diameter  $d < 2$  m:

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (2.20)$$

Untuk tiang tanpa pembesaran di bagian bawahnya :

$$Q_a = \frac{Q_u}{2} \quad (2.21)$$

Bila diameter tiang ( $d$ ) lebih dari 2 m, kapasitas tiang ijin perlu dievaluasi dari pertimbangan penurunan tiang. Selanjutnya, penurunan struktur harus pula dicek terhadap persyaratan besar penurunan toleransi yang masih diijinkan.

Faktor aman ( $F$ ) untuk tiang bor juga bergantung terutama pada informasi dari hasil uji beban statis, keseragaman kondisi tanah , dan ketelitian program penyelidikan tanah, Nilai – nilai tipikal factor aman untuk tiang bor yang disarankan oleh coduto (2001) dan hannigan et al . (1997) ditunjukkan dalam Tabel 2.1 . nilai nilai dalam table tersebut berlaku untuk bangunan bangunan pada umumnya . untuk bangunan-bangunan yang khusus,maka nilai – nilai factor amannya dapat ditambah atau dikurangi

**Tabel 2.1** Faktor aman untuk tiang bor(Coduto,2001; Hannigan et al, 1997)

Informasi dalam perancangan			Faktor aman (F)	
Uji Beban Statis	Kondisi Tanah	Program Penyelidikan Lokasi	Beban ke bawah (tiang Tekan)	Beban ke atas ( tiang Tarik)
Ya	Seragam	Teliti	2,0*	3,0*
Ya	Tak Teratur	Rata-rata	2,5	4,0
Tidak	Seragam	Teliti	2,5	5,0
Tidak	Seragam	Rata-rata	3,0	6,0
Tidak	Tak Teratur	Teliti	3,0	6,0
Tidak	Tak Teratur	Rata-rata	3,5	6,0

\*Jika Uji beban statis sangat teliti dan kondisi sifat sifat tanah dapat didefinisikan dengan baik, factor aman beban ke bawah dapat direduksi 1,7 kalinya dan beban ke atas 2,5 kalinya

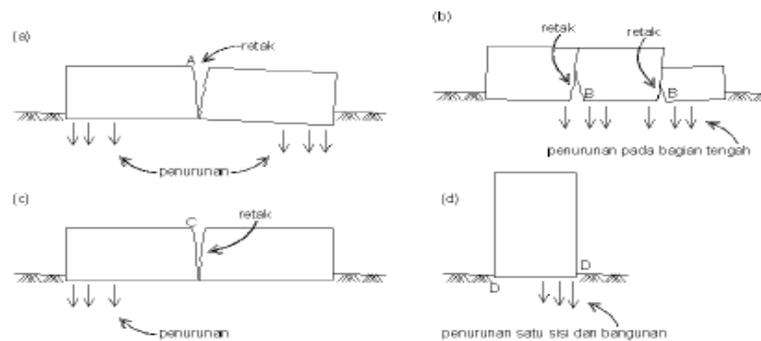
Seperti halnya pada tiang pancang, dalam tabel 2.1 terlihat bahwa untuk memilih factor aman, maka harus mempertimbangkan banyak factor. Umumnya, factor aman untuk beban Tarik lebih besar dari beban tekan. Hal ini, Karena keruntuhan akibat beban Tarik lebih bersifat segera dan merusakkan (terutama saat gempa). Karena itu, banyak ahli fondasi meyarankan factor aman 1,5 sampai 2 kali faktor aman untuk beban tekan.

## 2.2.9 Penurunan Pondasi

Terdapat dua hal yang perlu diketahui mengenai penurunan, yaitu :

- Besarnya penurunan yang terjadi.
- Kecepatan penurunan.

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan totalnya.



**Gambar 2.8** Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan

(Sumber: Hardiyatmo,1996)

- Pada gambar (a), dapat diperhatikan jika tepi bangunan turun lebih besar dari bagian tengahnya, bangunan diperkirakan akan retak-retak pada bagian tengahnya.
- Pada gambar (b), jika bagian tengah bangunan turun lebih besar, bagian atas bangunan dalam kondisi tertekan dan bagian bawah tertarik. Bila deformasi yang terjadi sangat besar, tegangan tarik yang berkembang dibawah bangunan dapat mengakibatkan retakan – retakan.
- Pada gambar (c) penurunan satu tepi/ sisi dapat berakibat keretakan pada bagian c.
- Pada gambar (d) penurunan terjadi berangsur-angsur dari salah satu tepi bangunan, yang berakibat miringnya bangunan tanpa terjadi keretakan pada bagian bangunan. (Hardiyatmo,1996)

### 2.2.9.1 Penurunan elastis tiang tunggal menurut Vesic

Penurunan pondasi yang terletak pada tanah berbutir halus yang jenuh dapat dibagi menjadi 3 (tiga) komponen. Penurunan total adalah jumlah dari ketiga komponen penurunan tersebut.

Penurunan elastis tiang tunggal dihitug sebagai berikut :

$$S = s_1 + s_2 + s_3 \quad (2.22)$$

Dimana :

$S$  = penurunan elastis tiang tunggal

$s_1$  = penurunan yang terjadi sepanjang tiang

$s_2$  = penurunan tiang disebabkan oleh beban yang bekerja pada ujung tiang

$s_3$  = penurunan tiang yang disebabkan oleh beban yang bekerja sepanjang kulit atau selimut tiang

➤ Menentukan penurunan yang terjadi sepanjang tiang ( $s_1$ )

$$s_1 = \frac{(Q_p + \xi Q_s)L}{A_p E_p} \quad (2.23)$$

Dimana :

$s_1$  = penurunan yang terjadi sepanjang tiang

$Q_p$  = beban yang diterima pada ujung tiang

$Q_s$  = beban yang diterima sepanjang kulit tiang

$\xi$  = koefisien dari *skin friction*

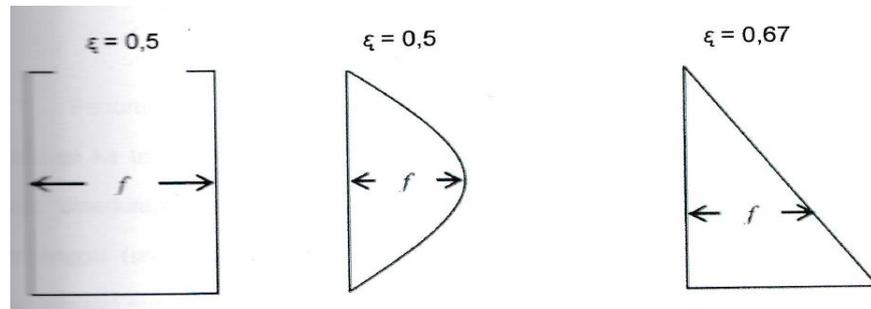
$A_p$  = luas penampang tiang

$E_p$  = modulus elastisitas material tiang

$L$  = panjang tiang

Nilai  $\xi$  tergantung kepada unit tahanan fraksi (kulit) alami (*the nature of unit friction resistance*) pada sepanjang tiang terpancang di dalam tanah. Nilai  $\xi = 0,5$  adalah dimana bentuk unit tahanan friksi (kulit alaminya berbentuk seragam atau simetris, seperti persegi

panjang maupun parabolik seragam, umumnya pada tanah lempung dan tanah lanau. Nilai  $\varepsilon = 0,67$  adalah jika bentuk unit tahanan friksi (kulit) alaminya berbentuk segitiga, umumnya pada tanah pasir.



**Gambar 2.9** Variasi Jenis Bentuk Unit Tahanan Friksi ( Kulit ) Alami Terdistribusi sepanjang tiang tertanam ke dalam tanah (sumber: vesic,1977)

- Menentukan penurunan tiang disebabkan beban yang bekerja pada ujung tiang ( $s_2$ )

$$s_2 = \frac{q_{wp} \cdot D}{E_s} (1 - \mu_s^2) l_{wp} \quad (2.24)$$

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p} \quad (2.25)$$

Dimana :

$s_2$  = penurunan tiang disebabkan oleh beban yang bekerja pada ujung tiang

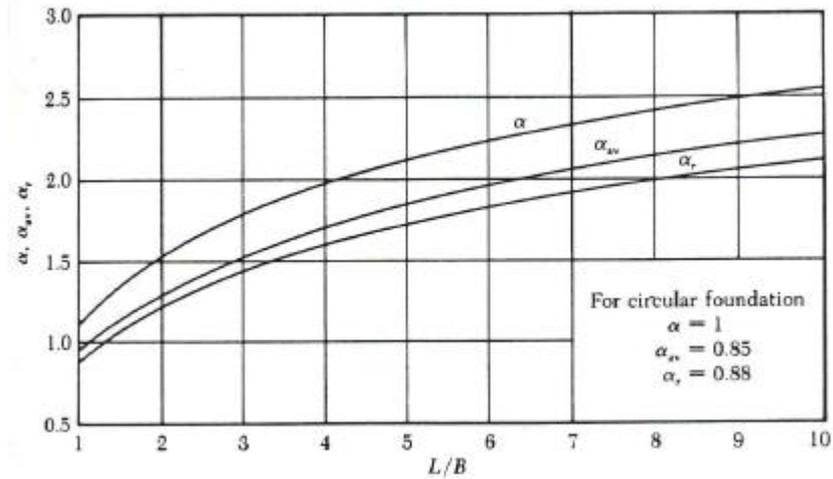
$Q_{wp}$  = beban yang diterima pada ujung tiang

$D$  = lebar / diameter tiang

$A_p$  = Luas penampang tiang

$\mu_s$  = Angka Poissom

$l_{wp}$  = Faktor Pengaruh (0,88)



**Gambar 2.10** Nilai lwp ( $\alpha_r$ )

(Sumber: Braja M. Das,1941)

- Menentukan penurunan tiang disebabkan oleh beban yang bekerja pada sepanjang kulit ( $s_3$ )

$$S_3 = \left(\frac{Q_{ws}}{pL}\right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) l_{ws} \quad (2.26)$$

$$l_{ws} = 2 + 0,35 \times \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (2.27)$$

Dimana :

$s_3$  = penurunan tiang disebabkan oleh beban yang bekerja pada sepanjang kulit

$p$  = keliling penampang tiang

$L$  = panjang tiang (m)

$E_s$  = Modulus Elastisitas tanah

$l_{ws}$  = Angka Poisson

$\mu_s$  = Faktor Pengaruh

**Tabel 2.2** Angka Poisson ( $\mu_s$ )

Jenis Tanah	M
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 -0,35
Pasir padat	0,2 – 0,4
Pasir kasar ( angka pori, $e= 0,4-0,7$ )	0,15
Pasir halus (angka pori, $e= 0,4 – 0,7$ )	0,25
Batu ( tergantung dari jenisnya)	0,1-0,4
Loose	0,1-0,3

(Sumber: Hardiyatmo,2010)

**Tabel 2.3** Modulus Elastis Tanah

Jenis Tanah	$E_s$ (KN/m <sup>2</sup> )
Lempung	
Sangat Lunak	300-3000
Lunak	2000-4000
Sedang	4500-9000
Keras	7000-20000
Berpasir	30000-42500
Pasir	
Berlanau	5000-20000
Tidak Padat	10000-25000
Padat	50000-100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000-200000
Tidak Padat	50000-140000
Lanau	2000-20000
Loess	15000-60000
Serpih	140000-1400000

(Sumber: Hardiyatmo,2010)

### 2.2.9.2 Penurunan Pada Tiang Kelompok

Metode Vesic pada penurunan pondasi tiang kelompok.

Hubungan penurunan antara tiang tunggal dan kelompok tiang :

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (2.28)$$

Dengan :

$S_g$  = penurunan kelompok tiang (m)

$B_g$  = lebar kelompok tiang (m)

$S$  = penurunan tiang tunggal pada intensitas beban yang sama (m)

$D$  = diameter tiang (m)

### 2.2.10 Penurunan Diizinkan

Penurunan yang diijinkan dari suatu bangunan bergantung pada beberapa factor, seperti: jenis, tinggi, kekakuan, dan fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan strukturnya oleh pengaruh rangkak (*creep*). Karena alasan tersebut, kriteria penurunan pondasi pada tanah pasir dan pada tanah lempung berbeda.

Karena penurunan maksimum dapat diprediksi dengan ketepatan yang memadai, umumnya dapat diadakan hubungan antara penurunan diijinkan dengan penurunan maksimum. Syarat perbandingan penurunan yang aman disajikan ( Pariduri dan Iskandar 2014):

Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu :

$$S_{total} \leq S_{ijin} \quad (2.29)$$

$$S_{ijin} = 10 \% \cdot D \quad (2.30)$$

Dimana :

$D$  = Diameter tiang

### 2.2.11 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran merupakan konseptual tentang bagaimana alur logika berjalannya sebuah penelitian. Kerangka pemikiran dibuat berdasarkan pertanyaan penelitian dan mempresentasikan suatu himpunan dari beberapa konsep serta hubungan diantara konsep – konsep tersebut. (Polancik, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan ulang pondasi *bored pile* dengan diameter yang berbeda yaitu dengan  $\varnothing 80$  cm,  $\varnothing 90$  cm,  $\varnothing 120$  cm dengan menghitung kapasitas daya dukung pondasi *bored pile*, lalu membandingkan kapasitas daya dukung ijin pondasi. Besarnya daya dukung untuk dapat mengetahui kekuatan pondasi yang memikul suatu beban yang berada di atasnya. Data yang diperlukan adalah Data sekunder berupa data teknis *bored pile*, data *Standart Penetration Test (SPT)* dan data pembebanan struktur atas proyek Wisma Kartika. Kapasitas daya dukung pondasi *bored pile* dihitung dengan menggunakan metode *Reese and Wright*, serta menghitung penurunan pondasi dengan menggunakan metode *Vesic*. Dilakukan analisis data untuk menentukan dimensi yang paling efektif dan menentukan perbandingan kapasitas daya dukung ijin pondasi *bored pile*.