

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Fondasi**

Fondasi merupakan bagian konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur di atasnya ke lapisan tanah dan bebatuan yang cukup kuat untuk mendukungnya. Menurut Gunawan (1991), fondasi adalah suatu bagian konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk mengatasi kegagalan pada fondasi dibutuhkan perencanaan yang baik, karena kegagalan fondasi akan diikuti oleh kegagalan struktur di atasnya. Terdapat beberapa pertimbangan dalam merancang fondasi, yaitu:

1. Beban struktur yang disalurkan pada fondasi.

Hal ini berkaitan kondisi struktur yang dibangun dalam kata lain fungsi bangunan tersebut dan beban hidup yang direncanakan. Kondisi tersebut akan mempengaruhi penentuan jenis, dimensi dan kedalaman fondasi yang akan dirancang sehingga dapat menahan beban tersebut.

2. Jenis tanah fondasi

Jenis tanah, kondisi tanah dan letak tanah keras akan menjadi parameter untuk menentukan jenis fondasi yang digunakan. Jika tanah keras terletak pada kedalaman kurang dari 3 meter maka akan digunakan fondasi dangkal dan tanah keras yang terletak pada kedalaman lebih dari 3 meter akan menggunakan fondasi dalam. Pertimbangan geoteknis tanah diperlukan

untuk mengetahui daya dukung tanah serta deformasi yang akan terjadi dan mempengaruhi fondasi.

### 3. Kondisi sekitar proyek

Pelaksanaan pembangunan harus diawali dengan meninjau kondisi disekitar lokasi proyek. Hal tersebut dilakukan agar mobilisasi alat berat, *supply* material dan pelaksanaan metode dapat berjalan dengan lancar. Pelaksanaan konstruksi pun sebaiknya tidak memberi dampak yang negatif dengan tetap menjaga mutu lingkungan dan meminimkan gangguan yang mungkin terjadi di lokasi sekitar, baik saat pelaksanaan maupun setelah pembangunan

### 4. Biaya dan waktu pekerjaan fondasi

Jenis fondasi dan metode pelaksanaannya harus dikaitkan dengan biaya dan waktu yang telah dirancang agar pelaksanaan konstruksi dapat dilakukan secara terarah, efektif dan efisien

Dari penjelasan diatas salah satu faktor yang sangat mempengaruhi proses perencanaan fondasi adalah karakteristik tanah dan letak lapisan tanah keras. Untuk itulah diperlukan penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) sebagai usaha mendapatkan parameter tanah yang dibutuhkan. Parameter tanah tersebut berhubungan dengan perkiraan penurunan/deformasi tanah, perkiraan beban yang diijinkan serta kedalaman dan muka air tanah yang mempengaruhi kekuatan fondasi. Pertimbangan-pertimbangan geoteknik tersebut kemudian menjadi dasar dan patokan penentuan jenis fondasi yang sebaiknya digunakan.

### 3.1.1 Klasifikasi fondasi

Dilihat dari kedalaman tanah keras dimana beban tersebut ditopang, fondasi digolongkan menjadi 2 jenis yaitu; fondasi dangkal dan fondasi dalam.

#### 1. Fondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Umumnya fondasi dangkal digunakan pada tanah keras yang terletak tidak terlalu jauh dari permukaan dan tidak memiliki permasalahan seperti kembang susut tanah. Beban yang ditahan oleh fondasi dangkal tidak boleh melampaui kapasitas dukung tanah dan deformasi yang diijinkan, maka dari itu fondasi dangkal lebih cocok digunakan untuk bangunan sederhana yang umumnya memiliki beban yang tidak terlalu besar

Menurut Terzhagi (1943) untuk fondasi berbentuk persegi, panjang fondasi (L) harus lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi (B), sehingga  $B \leq L$  dan untuk fondasi berbentuk lingkaran. Diameter (B) dan panjang fondasi (L) haruslah sama, sehingga  $B = L$ .

#### 2. Fondasi Dalam

Fondasi dalam umumnya digunakan pada tanah yang letak tanah kerasnya berada cukup jauh dari permukaan tanah dengan atau tanpa permasalahan pada tanahnya seperti kecilnya kapasitas daya dukung tanah, penurunan yang cenderung besar dan lain sebagainya. Berikut ini merupakan tipe-tipe pondasi dalam:

##### a. Fondasi sumuran (*Pier Foundation*)

Fondasi sumuran atau kaison merupakan susunan pipa beton yang membentuk sumur kemudian dicor langsung dengan *ready mix*. Fondasi ini

digunakan pada proyek dengan lapisan tanah keras yang berada di kedalaman 3-5 meter.

b. Fondasi Tiang Pancang (*Pile Foundation*)

Fondasi tiang pancang biasanya digunakan untuk tanah yang memiliki lapisan tanah keras terletak jauh dari permukaan tanah. Fondasi tiang pancang dipasang dengan cara memancang *pre-cast* tiang tersebut ke tanah dengan *hammer* hingga kedalaman yang direncanakan. Fondasi tiang dapat menahan gaya horizontal yang mengakibatkan penggulingan (*uplift*) pada bangunan sehingga cocok untuk bangunan-bangunan tinggi.

c. Fondasi Tiang Bor (*Bored Pile Foundation*)

Fondasi tiang bor dikonstruksikan dengan cara membor tanah terlebih dahulu kemudian pada lubang tersebut dimasukkan tulangan sebagai *reinforcement* (perkuatan) dari pondasi lalu dicor beton. Pada tanah yang mengandung air perlaksanaannya membutuhkan pipa besi sebagai penahan lubang bor agar mutu beton saat pengecoran tidak terganggu kemudian pipa besi tersebut.

Berikut merupakan keuntungan menggunakan tiang bor:

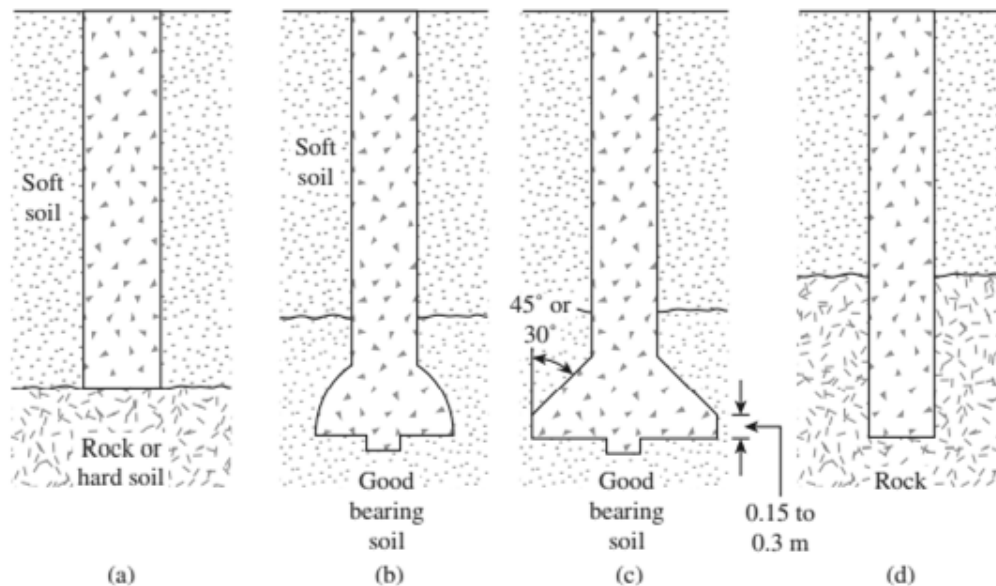
- Pengeboran tiang bor tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang dapat mengganggu masyarakat dan bangunan, tidak seperti tiang pancang
- Tiang bor tunggal dapat digunakan sebagai pengganti tiang kelompok dan *pile cap*
- Proses konstruksi tiang bor lebih muda di tanah berlapis pasir padat dan tanah berbutir kasar daripada tiang pancang

- Tiang bor tidak memiliki resiko kenaikan muka tanah
- Penulangan pada tiang bor tidak dipengaruhi tegangan saat pengangkutan dan pemancangan
- Diameter pada ujung tiang bor memungkinkan untuk dibuat besar sehingga dapat mencegah penggulingan atau *uplift*
- Fondasi tiang bor cocok menahan beban lateral

Berikut merupakan kelemahan menggunakan tiang bor:

- Kondisi cuaca dan air tanah mempengaruhi mutu beton pada saat pengecoran
- Ada kemungkinan terjadinya *necking* pada proses instalasi
- Diameter pada ujung tiang tidak dapat dibesarkan tanpa teknik khusus untuk tanah berbutir kasar
- Proses pengeboran menghasilkan getaran yang dapat memperlemah tanah disekitar

Fondasi tiang bor sendiri memiliki beberapa tipe bentuk, dibedakan berdasarkan bentuk tiang dibagian ujung fondasi. Berikut ini merupakan gambar tipe-tipe bentuk fondasi tiang bor.



**Gambar 3. 1** Macam-macam bentuk fondasi tiang bor

(a) tiang lurus pada tanah keras. (b) dan (c) tiang dengan kerucut. (d) tiang lurus pada tanah berbatu

(sumber: *Principles of Foundation Engineering 7<sup>th</sup>*, 2011, hal 638)

### 3.2. Nilai *Standard Penetration* Terkoreksi (N60)

Pada pengujian SPT (*Standard Penetration Test*) terdapat faktor-faktor yang turut mempengaruhi nilai dari uji SPT itu sendiri. Faktor-faktor tersebut tersiri dari efisiensi palu, diameter *borehole*, sampel dan panjang batang (*Skempton 1986; Seed et al. 1985*). Maka dari itu dibutuhkan perhitungan sebagai koreksi dari nilai N-SPT yang telah didapat dari lapangan. Faktor-faktor koreksi N60 dapat dilihat pada tabel 3.1, tabel 3.2, tabel 3.3 dan tabel 3.4 berikut

**Tabel 3. 1** Faktor Koreksi untuk Efisiensi Palu

Country	Hammer type	Hammer release	$\eta_H$ (%)
Japan	Donut	Free fall	78
	Donut	Rope and pulley	67
United States	Safety	Rope and pulley	60
	Donut	Rope and pulley	45
Argentina	Donut	Rope and pulley	45
China	Donut	Free fall	60
	Donut	Rope and pulley	50

**Tabel 3. 2** Faktor Koreksi untuk Diameter *Borehole*

Diameter (mm)	$\eta_B$
60-120	1
150	1.05
200	1.15

**Tabel 3. 3** Faktor Koreksi untuk Sampel

Variable	$\eta_S$
Standard sampler	1.0
With liner for dense sand and clay	0.8
With liner for loose sand	0.9

**Tabel 3. 4** Faktor Koreksi untuk Panjang Batang

Rod length (m)	$\eta_R$
>10	1.0
6-10	0.95
4-6	0.85
0-4	0.75

(sumber: *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*, 2016, hal 78)



Faktor-faktor koreksi tersebut kemudian dikali dengan nilai N-SPT dan dibagi 60 yang ditunjukkan pada persamaan berikut

$$N_{60} = \frac{N \cdot \eta_H \cdot \eta_B \cdot \eta_S \cdot \eta_R}{60} \quad (1)$$

Dimana:

$N_{60}$  = Nilai N-SPT terkoreksi

$N$  = Nilai N-SPT dilapangan

$\eta_H$  = Faktor koreksi untuk efisiensi palu (%)

$\eta_B$  = Faktor koreksi untuk diameter *borehole*

$\eta_S$  = Faktor koreksi untuk sample

$\eta_R$  = Faktor koreksi untuk panjang batang

### 3.3. Nilai Modulus Elastisitas (E) Pada Tanah Pasir

Nilai modulus elastisitas tanah atau modulus *young* adalah nilai perbandingan tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai modulus menunjukkan besar nilai elastisitas tanah untuk mengetahui ketahanan lapisan tanah ketika mengalami deformasi ketika terbebani. Estimasi nilai modulus elastisitas untuk tanah pasir awalnya di temukan oleh *Kulhawy and Mayne* pada tahun 1990 dengan persamaan berikut.

$$\frac{E}{pa} = 5 \cdot N_{60} \quad (2)$$



Dimana:

$E$  = Modulus elastisitas atau modulus *young* ( $\text{kN/m}^2$ )

$p_a$  = *Atmospheric pressure* atau tekanan atmosfer =  $100 \text{ kN/m}^2$

$N_{60}$  = Nilai N-SPT terkoreksi

### 3.4. Kapasitas Daya Dukung Fondasi Tiang Bor

Perencanaan fondasi tiang bor membutuhkan nilai dari kapasitas daya dukung tanah, dengan menggunakan hasil penyelidikan tanah seperti uji boring (*Standard Penetration Test*), uji sondir (*Cone Penetration Test*) atau uji laboratorium. Uji SPT merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kondisi tanah di tiap lapisan seperti nilai berat isi, nilai kohesi, sudut geser dan lain sebagainya, sementara Uji CPT merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui jenis tanah yang ditinjau dan letak daya dukung tanah keras berada.

Kapasitas daya dukung fondasi tiang bor didapatkan dari nilai kapasitas dukung pada ujung tiang (*end bearing pile capacity*) dan kapasitas dukung pada selimut tiang (*friction bearing capacity*) dengan menggunakan rumus empiris. Berdasarkan hasil pengujian boring, penelitian ini menganalisis kapasitas dukung ujung dan kapasitas dukung selimut menggunakan metode *Meyerhof*, *Vesic* dan *Coyle and Castello*

#### 3.2.1 Daya Dukung Ujung Tiang

Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang fondasi tiang bor digunakan metode *Meyerhof*, *Vesic* dan *Coyle and Castello*

### 1. Metode *Meyerhof*

Perhitungan daya dukung pada ujung tiang menggunakan persamaan berikut.

$$Q_p = A_p \cdot q' \cdot N_{q^*} \leq A_p \cdot q_1 \quad (3)$$

*Meyerhof* menentukan besar nilai  $Q_p$  tidak boleh melebihi  $A_p \cdot q_1$  yang menjadi batas atas nilai  $Q_p$ .

$$A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (4)$$

$$q_1 = q_p = 0,5 \cdot p_a \cdot N_{q^*} \cdot \tan \phi \quad (5)$$

$$q' = \gamma \cdot L \quad (6)$$

Dimana:

$Q_p$  = Kapasitas dukung pada ujung tiang (kN)

$q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas (kN/m<sup>2</sup>)

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

$N_{q^*}$  = Faktor kuat dukung

$\gamma$  = Berat isi (kg/ m<sup>3</sup>)

$p_a$  = *Atmospheric pressure* atau tekanan atmosfer = 100 kN/m<sup>2</sup>

Untuk menentukan faktor kuat dukung ( $N_{q^*}$ ) dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah.

**Tabel 3. 5** Interpolasi Nilai  $Nq^*$ 

Soil friction angle (deg)	$Nq^*$
$\phi$	
20	12,4
21	13,8
22	15,5
23	17,9
24	21,4
25	26
26	29,5
27	34
28	39,7
29	46,5
30	56,7

## 2. Metode *Vesic*

Daya dukung ujung fondasi tiang bor berdasarkan metode *Vesic* dinyatakan dengan rumus

$$Q_p = A_p \cdot \sigma_o \cdot N\sigma \quad (7)$$

$$K = 1 - \sin\phi \quad (8)$$

$$\sigma_o = \left( \frac{1+2K}{3} \right) q' \quad (9)$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1+I_r\Delta} \quad (10)$$

$$I_r = \frac{E_s}{2(1+\mu_s)q' \tan\phi} \quad (11)$$

Dimana:

$Q_p$  = Kapasitas dukung pada ujung tiang (kN)

$\sigma_o$  = Tegangan efektif tanah diujung tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$K$  = Koefisien tekanan tanah lateral pada sisi tiang

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

$N\sigma^*$  =  $f(Irr)$  = Faktor kuat dukung

$Irr$  = *reduced rigidity* indeks tanah

$Ir$  = *rigidity index*

$E_s$  = modulus elastisitas tanah

$\mu_s$  = angka *Poisson*

Untuk menentukan faktor kuat dukung ( $N\sigma^*$ ) dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah.

$\phi'$	10	20	40	60	80	100	200	300
17	16.30	20.85	26.46	30.33	33.37	35.92	45.04	51.32
18	5.98	7.37	9.09	10.27	11.20	11.98	14.77	16.99
19	6.56	8.16	10.15	11.53	12.62	13.54	16.84	19.13
20	7.18	9.01	11.31	12.91	14.19	15.26	19.15	21.87
21	7.85	9.94	12.58	14.44	15.92	17.17	21.73	24.94
22	8.58	10.95	13.97	16.12	17.83	19.29	24.61	28.39
23	9.37	12.05	15.50	17.96	19.94	21.62	27.82	32.23
24	10.21	13.24	17.17	19.99	22.26	24.20	31.37	36.52
25	11.13	14.54	18.99	22.21	24.81	27.04	35.32	41.30
26	12.12	15.95	20.98	24.64	27.61	30.16	39.70	46.61
27	13.18	17.47	23.15	27.30	30.69	33.60	44.53	52.51
28	14.33	19.12	25.52	30.21	34.06	37.37	49.88	59.05
29	15.57	20.91	28.10	33.40	37.75	41.51	55.77	66.29
30	16.90	22.85	30.90	36.87	41.79	46.05	62.27	74.30
31	18.24	24.95	33.95	40.66	46.21	51.02	69.43	83.14
32	19.88	27.22	37.27	44.79	51.03	56.46	77.31	92.90
33	21.55	29.68	40.88	49.30	56.30	62.41	85.96	103.66
34	23.34	32.34	44.80	54.20	62.05	68.92	95.46	115.51
	25.28	35.21	49.05	59.54	68.33	76.02	105.90	128.55

**Gambar 3. 2** Interpolasi Nilai  $N\sigma^*$

(sumber: *Principles of Foundation Engineering 7<sup>th</sup>*, 2011, hal 496)

### 3. Metode *Coyle and Castello*

Daya dukung ujung fondasi (*end bearing*) tiang bor berdasarkan metode *Coyle and Castello* (1981), yaitu:

$$Q_p = q' \cdot A_p \cdot N_q^* \quad (12)$$

Dimana:

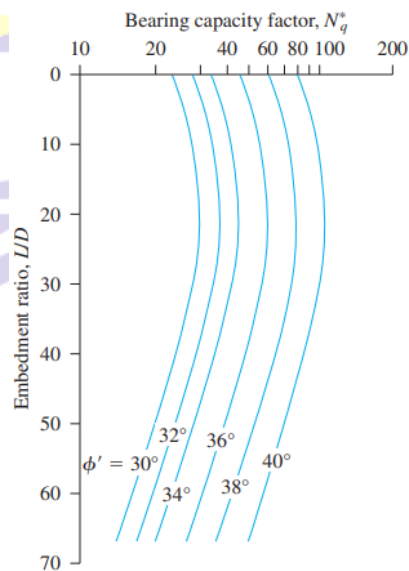
$Q_p$  = Kapasitas dukung pada ujung tiang (kN)

$q'$  = Tegangan efektif tanah diujung tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

$N_q^*$  = Faktor kuat dukung

Berikut adalah Gambar 3.3 yang merupakan grafik hubungan antara  $L/D$  dengan  $N_q^*$



**Gambar 3. 3** Grafik Hubungan  $N_q^*$  dan  $L/D$

(sumber: *Principles of Foundation Engineering 7<sup>th</sup>*, 2011, hal 564)

### 3.2.2 Daya Dukung Selimut Tiang

Untuk mencari kapasitas dukung selimut tiang dapat digunakan persamaan berikut

$$Q_s = \sum f_s \cdot p \cdot L \quad (13)$$

Dimana:

$Q_s$  = Kapasitas dukung pada selimut tiang (kN)

$f_s$  = Nilai gesekan selimut tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$L$  = Panjang tiang fondasi (m)

$p$  = Keliling penampang tiang fondasi (m)

Perhitungan  $f_s$  sendiri dipengaruhi oleh jenis tanah dan kondisi tanah. Pada tanah kohesi nilai gesekan selimut tiang dihitung dengan persamaan berikut

$$f_s = \sum \alpha \cdot C_u \quad (14)$$

Dimana:

$f_s$  = Nilai gesekan selimut tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$\alpha$  = Faktor adhesi

$C_u$  = Kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

Sementara untuk tanah tidak kohesi nilai gesekan selimut tiang dihitung dengan persamaan dibawah.

$$f_s = K \sigma'_o \tan \delta' \quad (15)$$

Dimana:

$f_s$  = Nilai gesekan selimut tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_o$  = Tegangan efektif tanah diujung tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$K$  = Koefisien tekanan tanah lateral pada sisi tiang

$\delta$  = Sudut selimut tiang =  $0,8 \cdot \phi$

*Meyerhof* menentukan persyaratan untuk nilai gesek dimana  $f \leq f_1$  dengan persamaan sebagai berikut

$$f = K \cdot \sigma v' \cdot \tan \phi \leq 0,995 \cdot N_{60} = f_1 \quad (16)$$

Dimana:

$f, f_1$  = Nilai gesekan selimut tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma v'$  = Tegangan efektif tanah diujung tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$K$  = Koefisien tekanan tanah lateral pada sisi tiang

$\Phi$  = Sudut selimut tiang (*degree*)

$N_{60}$  = Nilai SPT terkoreksi

### 3.2.3 Daya Dukung Ultimit Tiang

Kapasitas dukung ultimit tiang dapat dicari menggunakan rumus berikut

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (17)$$

Dimana:

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

$Q_p$  = Kapasitas dukung ujung tiang (kN)

$Q_s$  = Kapasitas dukung selimut tiang (kN)



### 3.5. Daya Dukung Ijin Fondasi Tiang Bor

Nilai dukung ijin fondasi didapatkan dengan membagi kapasitas dukung ultimit tiang dengan faktor aman (*safety factor*). Faktor aman bertujuan:

1. Menjadi batas keamanan terhadap ketidakpastian metode statik yang dilakukan
2. Menjadi batas aman pada kompresibilitas tanah dan variasi kuat geser
3. Menjadi pembatas toleransi terhadap penurunan total dan ketidakseragaman penurunan yang terjadi

Daya dukung ijin fondasi tiang diberikan pada persamaan berikut

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (18)$$

Dimana:

$Q_{all}$  = Daya dukung ijin tiang (kN)

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

$SF$  = *Safety Factor*

### 3.6. Penurunan Fondasi Tiang Bor

Tanah pada umumnya akan stabil jika tekanan yang diberikan dan kadar air tetap konstan. Namun, ketika tekanan diberikan pada tanah akan terjadi perubahan bentuk dan dapat menyebabkan penurunan pada tanah. Tekanan yang berlebih dapat mengakibatkan kegagalan tanah sehingga mempengaruhi keadaan sekitar tanah tersebut. Untuk konstruksi bangunan kegagalan tanah merupakan masalah

yang sangat kompleks karna dapat menyebabkan kerusakan hingga keruntuhan pada bangunan tersebut. Maka dari itu pada perencanaan fondasi dibutuhkan perhitungan terhadap penurunan yang akan terjadi pada tanah akibat beban yang direncanakan pada tanah tersebut. Untuk menghitung penurunan yang akan terjadi akan dinyatakan pada persamaan berikut

$$se = se_{(1)} + se_{(2)} + se_{(3)} \quad (19)$$

$$se_{(1)} = \frac{(Q_{wp} + Q_{ws}) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \quad (20)$$

$$se_{(2)} = \frac{q_{wp} \cdot D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (21)$$

$$se_{(3)} = \left( \frac{Q_{ws}}{p \cdot L} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (22)$$

Dimana

$Se$  = Penurunan total (m)

$Se_{(1)}$  = Penurunan elastis tiang (m)

$Se_{(2)}$  = Penurunan tiang akibat beban diujung tiang (m)

$Se_{(3)}$  = Penurunan tiang akibat beban diselimum tiang (m)

$Q_{wp}$  = Kapasitas beban pada ujung tiang saat beban (P) bekerja

$Q_{ws}$  = Kapasitas beban pada selimum tiang saat beban (P) bekerja

$L$  = Panjang fondasi (m)

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

$E_p$  = Modulus elastisitas material fondasi

$q_{wp}$  = Beban pada ujung tiang per satuan luas (kN) =  $Q_{wp}/A_p$

$D$  = Diameter tiang (m)

$E_s$  = Modulus elastisitas tanah

$\mu_s$  = *Poisson's ratio of soil*

$I_{wp}$  = *Influence factor*  $\approx 0,85$

### 3.7. Analisis dengan Software Geostudio 2021 R2

Analisis dengan *software Geostudio 2021 R2* merupakan pemodelan fondasi tiang bor untuk mendapatkan hubungan penurunan dan daya dukung yang terjadi pada fondasi. Berikut ini langkah-langkah dalam menganalisis fondasi tiang bor menggunakan *software Geostudio 2021 R2*. Pada program *Geostudio* terdapat beberapa sub program yang dapat diselaraskan satu sama lain sesuai dengan kebutuhan. Sub program tersebut antara lain yaitu:

- SLOPE/W merupakan program yang digunakan untuk mengetahui kestabilan lereng akibat beban yang diberikan, atau perkuatan tanah.
- SEEP/W merupakan program yang digunakan untuk menganalisa permasalahan rembesan baik akibat hujan, rembesan tanggul, rembesan kolam, kelebihan tekanan air pori maupun rembesan yang bersifat sementara
- SIGMA/W merupakan program yang digunakan untuk menganalisa permasalahan seperti tegangan, regangan dan deformasi yang terjadi pada tanah. program ini juga dapat menganalisa pengakomodasian interaksi struktur tanah

- QUAKE/W merupakan program yang digunakan untuk menganalisa perilaku dinamik pada struktur tanah akibat guncangan tanah, baik secara horizontal dan vertical serta akibat dari deformasi
- TEMP/W merupakan program yang digunakan untuk menganalisa perubahan suhu pada tanah untuk perencanaan dan perancangan jalan serta drainase (peletakan pipa bawah tanah) pada area dingin. Analisa berupa estimasi pembekuan dasar untuk stabilitas tanah.

