

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

Menurut Hardiyatmo, H. Ch. (2011) pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang ada di bawahnya. Terdapat dua klasifikasi pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti: pondasi telapak, pondasi memanjang dan pondasi rakit. Pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relatif jauh dari permukaan, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang.

Christoper (2017) pada penelitiannya yang berjudul “*Analyze of Foundation Base Structure*”, menyatakan realisasi suatu proyek adalah berdirinya suatu bangunan yang harus didukung oleh struktur bawah tanah (upper structure) yang disebut pondasi. Pondasi merupakan sebagian elemen dari keseluruhan konstruksi yang memiliki fungsi untuk menahan serta menyalurkan beban akibat dari struktur di atasnya ke bagian dasar tanah yang kuat untuk mengurangi penurunan yang akan mengakibatkan pada terganggunya kestabilan struktur.

Menurut Laksmi (2015) pada penelitiannya yang berjudul “*Desain Pondasi Konstruksi Sarang Laba-laba pada Proyek Mini Extraction Plant for Asphalt Buton*”, struktur pondasi dangkal dengan kondisi tanah yang sesuai, diharapkan menjadi solusi yang sangat tepat untuk struktur tangki penyimpanan aspal. Maka dari itu, penggunaan pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (disebut KSSL) diharapkan mampu menjadi salah satu solusi yang tepat dengan

mempertimbangkan resiko *settlement* (penurunan) bangunan. Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL) adalah bangunan konstruksi bawah tanah (*sub-structure*) yang mempunyai sistem kombinasi antara pondasi pelat beton pipih menerus yang dibawahnya dikakukan oleh rib-rib tegak yang pipih dan tinggi dengan sistem perbaikan tanah diantara rib-rib dibawah pelat beton. Kombinasi ini menghasilkan kerja sama timbal balik yang saling menguntungkan sehingga membentuk sebuah pondasi yang memiliki kekakuan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pondasi dangkal yang lainnya, menurut Laksmi (2015) yang meneliti tentang desain pondasi konstruksi sarang laba-laba pada proyek mini *extraction plant for asphalt buton*.

Selain itu, menurut Nurochmah, S. (2016) pada penelitiannya yang berjudul “*Penggunaan Pondasi tahan gempa KSSL dengan Metode Simulasi Getaran*” desain struktur yang menggunakan pondasi KSSL lebih stabil dalam menahan getaran gempa.

## **B. Landasan Teori**

### **1) Perhitungan Beban.**

Bahan material kolom dan pondasi adalah beton bertulang dengan berat jenis ( $\gamma_c$ )  $2400 \text{ kg/m}^3$ , dan percepatan gravitasi  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Beban tambahan ( $\sum P_n$ ) akibat beban mati dan beban hidup (PPIUG 2013). Beban berasal dari pembebanan rumah tinggal tipe 350 yang belum dihitung (gambar terlampir). Beban aksial setiap kolom dihitung dengan program analisis struktur SAP 2000 v 22, dimana beban yang dimasukkan berupa beban mati, beban hidup dan beban gempa. Setiap kolom memiliki nilai beban aksial yang berbeda

akibat perletakan kolom dan menimbulkan beban terbagi merata pada setiap rib dengan besaran yang berbeda-beda untuk setiap rib.

## 2) Daya Dukung Pondasi.

### ➤ Metode Terzaghi

Analisis daya dukung pondasi mempelajari tentang kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung pondasi menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah disepanjang bidang geser-gesernya. Menurut Terzaghi (1943) berdasarkan informasi yang tercantum pada buku Analisis dan Perancangan Pondasi I, Hardiyatmo, H. Ch. (2011), bahwa melakukan analisis daya dukung pondasi dengan beberapa anggapan, yaitu:

- a. Pondasi berbentuk memanjang tak terhingga (KSSL).
- b. Tanah di bawah dasar pondasi homogen.
- c. Berat tanah di atas dasar pondasi digantikan dengan beban terbagi merata sebesar  $P_0 = D_f \times \gamma$ , dengan  $D_f$  adalah kedalaman dasar pondasi dan  $\gamma$  adalah berat volume tanah di atas dasar pondasi.
- d. Tahanan geser tanah di atas pondasi diabaikan.
- e. Dasar pondasi kasar.
- f. Bidang keruntuhan terdiri dari lengkung spiral logaritmis dan linear.
- g. Baji tanah yang terbentuk di dasar pondasi dalam kedudukan elastis dan bergerak bersama-sama dengan dasar pondasi.
- h. Pertemuan antara sisi baji dan dasar pondasi membentuk sudut gesek dalam tanah  $\phi$ .

- i. Berlaku prinsip superposisi.

Dari penjabaran keseimbangan statika, Terzaghi mengemukakan rumus kapasitas dukung untuk pondasi KSSL memanjang.

Rumus Daya Dukung Pondasi:

$$q_u = C \times N_c + P_o \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

Keterangan:

$q_u$  = Kapasitas Dukung Ultimit ( $\text{kN/m}^2$ )

$C$  = Kohesi Tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$N_c$  = Faktor Kapasitas Dukung Kohesi

$P_o$  = Berat tanah diatas pondasi ( $\text{kN/m}^2$ )

$N_q$  = Faktor Kapasitas Dukung Berat Tanah

$\gamma$  = Berat Jenis Beton Bertulang ( $\text{kN/m}^3$ )

$B$  = Lebar Penampang Pondasi KSSL (m)

$N_\gamma$  = Faktor Kapasitas Dukung Berat Beton Bertulang

**Tabel 2.1** Nilai

Faktor Kapasitas

Dukung	Keruntuhan Geser Umum			
	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
	0	5,7	1,0	0,0
	5	7,3	1,6	0,5
	10	9,6	2,7	1,2
	15	12,9	4,4	2,5
	20	17,7	7,4	5,0
	25	25,1	12,7	9,7
	30	37,2	22,5	19,7
	35	57,8	41,4	42,4
	40	95,7	81,3	100,4
	45	172,3	173,3	297,5

**Sumber:** Hari Christady Hardiyatmo, 2011

➤ Metode Mayerhof

Analisa daya dukung pondasi berdasarkan teoru Mayerhof 1963.

Rumus Daya Dukung Pondasi:

$$q_u = c N_c S_c i_c d_c + q N_q S_q i_q d_q + 0,5 \gamma B x N_\gamma S_\gamma i_\gamma d_\gamma$$

Keterangan:

$q_u$  = Kapasitas Dukung Ultimit ( $\text{kN/m}^2$ )

$c$  = Kohesi Tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$N_c$  = Faktor Kapasitas Dukung

$S_c$  = Faktor Bentuk Pondasi

$i_c$  = Faktor Kemiringan Beban

$d_c$  = Faktor Kedalaman Pondasi

$q$  = Berat tanah diatas pondasi ( $\text{kN/m}^2$ )

$N_q$  = Faktor Kapasitas Dukung

$S_q$  = Faktor Bentuk Pondasi

$i_q$  = Faktor Kemiringan Beban

$d_q$  = Faktor Kedalaman Pondasi

$\gamma$  = Berat Jenis Beton Bertulang ( $\text{kN/m}^2$ )

$B$  = Lebar Penampang Pondasi KSSL (m)

$N_\gamma$  = Faktor Kapasitas Dukung

$S_\gamma$  = Faktor Bentuk Pondasi

$i_\gamma$  = Faktor Kemiringan Beban

$d_\gamma$  = Faktor Kedalaman Pondasi

Faktor Bentuk Pondasi	Nilai	Keterangan
Sc	$1 + 0,2 \left(\frac{B}{L}\right) \text{tg}^2\left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)$	Untuk sembarang $\varphi$
Sq = S $\gamma$	$1 + 0,1 \left(\frac{B}{L}\right) \text{tg}^2\left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)$	Untuk $10^\circ \leq \varphi$
	1	Untuk $\varphi = 0^\circ$

**Tabel 2.2** Nilai Faktor Bentuk Pondasi, Mayerhof 1963

Faktor Kemiringan Beban	Nilai	Keterangan
ic = iq	$\left[1 + \frac{\delta}{90}\right]^2$	Untuk sembarang $\varphi$
i $\gamma$	$\left[1 + \frac{\delta}{\varphi}\right]^2$	Untuk $10^\circ \leq \varphi$
	1	Untuk $\varphi = 0^\circ$

Sumber: Hari Christady Hardiyatmo, 2011

**Tabel 2.3** Nilai Faktor Kemiringan Beban, Mayerhof 1963

Faktor Kedalaman	Nilai	Keterangan
dc	$1 + 0,2 \left(\frac{D}{B}\right) \text{tg}^2\left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)$	Untuk sembarang $\varphi$
dq = d $\gamma$	$1 + 0,1 \left(\frac{D}{B}\right) \text{tg}^2\left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)$	Untuk $10^\circ \leq \varphi$
	1	Untuk $\varphi = 0^\circ$

Sumber: Hari Christady Hardiyatmo, 2011

**Tabel 2.4** Nilai Faktor Kedalaman Pondasi, Mayerhof 1963

Sumber: Hari Christady Hardiyatmo, 2011

➤ Kontrol Aman

Kontrol aman  $q_u > q$

<sup>4</sup>Rumus Faktor Aman:

$$F = \frac{qun}{qn} = \frac{qu - Df \times \gamma}{q - Df \times \gamma}$$

Keterangan:

F = Faktor Aman Pondasi KSSL

$q_{un}$  = Kapasitas Dukung Ultimit Neto ( $\text{kN/m}^2$ )

$q_n$  = Tekanan Pondasi Total Neto ( $\text{kN/m}^2$ )

$q_u$  = Kapasitas Dukung Ultimit ( $\text{kN/m}^2$ )

$q$  = Tekanan Pondasi Total ( $\text{kN/m}^2$ )

Df = Kedalaman Pondasi (m)

$\gamma$  = Berat Jenis Tanah ( $\text{kN/m}^3$ )

Rumus Kapasitas Dukung Aman:

$$q_s = \frac{qun}{F} + Df \times \gamma$$

Keterangan:

$q_s$  = Kapasitas Dukung Aman ( $\text{kN/m}^2$ )

$q_{un}$  = Kapasitas Dukung Ultimit Neto ( $\text{kN/m}^2$ )

F = Faktor Aman Pondasi KSSL

Df = Kedalaman Pondasi (m)

$\gamma$  = Berat Jenis Tanah ( $\text{kN/m}^3$ )

### 3) Penurunan Tanah (*settlement*)

Penurunan pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba merupakan penjumlahan total antara penurunan seketika dan penurunan konsolidasi.

<sup>6</sup>Rumus Penurunan Tanah:

$$S_t = S_i + S_{cp}$$

Keterangan:

$S_t$  = Penurunan Tanah Total (m)

$S_i$  = Penurunan Tanah Seketika (m)

$S_{cp}$  = Penurunan Tanah Konsolidasi (m)

- Penurunan Seketika berdasarkan teori elastis dari Thimoshenko dan Goodier (1951) yang tercantum pada buku Analisis dan Perancangan Fondasi I, Hardiyatmo, H. Ch. (2011):

Rumus Penurunan Tanah:

$$S_i = q \cdot B \frac{1 - \mu^2}{E} I_w$$

Keterangan:

$S_i$  = Penurunan Seketika (m)

$q$  = Kapasitas Dukung Ultimit ( $\text{kN/m}^2$ )

$B$  = Lebar Penampang Pondasi KSSL (m)

$\mu$  = Pertambahan Panjang (m)

$E$  = Modulus Elastisitas ( $\text{kN/m}^2$ )

$I_w$  = Koefisien statika

- Penurunan Konsolidasi

Rumus Penurunan Tanah:

$$S_{cp} = \frac{C_c \times H}{1 + e_0} \text{Log} \left( \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \right)$$

Keterangan:

Scp = Penurunan Konsolidasi (m)

Cc = Koefisien Jenis Tanah

H = Kedalaman (m)

e<sub>o</sub> = Angka Pori

Po = Berat tanah diatas pondasi (kN/m<sup>2</sup>)

Δp = Berat tanah diatas pondasi terkoreksi (kN/m<sup>2</sup>)

#### 4) Analisis Ketahanan Gempa

Beban Gempa dinyatakan beban arah horizontal. Perhitungan beban gempa horizontal dapat dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan SNI 1726, tahun 2012 :

Rumus Beban Gempa Horizontal:

$$V_{(x,y)} = C \times I \times K \times Wt$$

Keterangan:

V<sub>(x,y)</sub> = Gaya Gempa Horizontal (kN)

C = Koefisien Gempa Dasar

I = Faktor Keutamaan Bangunan

K = Faktor Jenis Struktur

Wt = Berat Total Bangunan.

Kontrol Kekuatan Pondasi KSSL terhadap Gaya Gempa Horizontal

$$Qs \times A > V_{(x,y)}$$

Keterangan:

Qs = Kapasitas Aman Dukung Pondasi (kN/m<sup>2</sup>)

A = Luas Penampang Pondasi (m<sup>2</sup>)

V<sub>(x,y)</sub> = Gaya Gempa Horizontal (kN)