

## **FONDASI KONSTRUKSI SARANG LABA-LABA (KSSL) SEBAGAI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH GEDUNG X DI AIR TAWAR KOTA PADANG**

**Fabil Daka Putra<sup>1</sup>, Fajri Yusmar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: [fabildakaputra23@gmail.com](mailto:fabildakaputra23@gmail.com) [fajriyusmar@ft.unp.ac.id](mailto:fajriyusmar@ft.unp.ac.id)

### **Abstrak:**

Pemilihan jenis fondasi sangat penting dilakukan karena tidak semua jenis fondasi cocok untuk setiap jenis bangunan. Perencanaan fondasi harus direncanakan secara matang karena jika terjadi tekanan pada tanah secara berlebihan maka dapat menyebabkan penurunan yang besar bahkan terjadi keruntuhan pada bangunan. Perencanaan pembangunan Gedung X telah dilakukan pada tahun 2022, akan tetapi waktu pelaksanaan konstruksi belum ditentukan. Kondisi tanah pada lokasi pembangunan berdasarkan data tanah yaitu tanah berpasir. Dalam hasil perencanaan untuk struktur bawah menggunakan fondasi tiang pancang. Berdasarkan pengalaman yang terjadi, pada pembangunan gedung di lingkungan Air Tawar yang menggunakan fondasi dalam, terdapat beberapa kekurangan. Penelitian ini membahas tentang perencanaan fondasi KSSL sebagai alternatif dalam perencanaan struktur bawah gedung X. Metode perhitungan yang digunakan yaitu asumsi KSSL sebagai fondasi dangkal jenis rakit dengan metode daya dukung Meyerhof. Hasil kapasitas daya dukung fondasi sebesar 1086,58 kN/m<sup>2</sup>, dan tegangan tanah maksimum sebesar 42,02 kN/m<sup>2</sup>. Dimensi rib konstruksi dengan tebal 15 cm, kedalaman 125 cm, didapatkan tebal ekuivalen sebesar 87,5 cm, dan tulangan yang digunakan yaitu 2D22. Sedangkan dimensi rib settlement dengan tebal 15 cm, kedalaman 150 cm, didapatkan tebal ekuivalen sebesar 105 cm, dan tulangan yang digunakan yaitu 2D22. Penurunan fondasi yang terjadi sebesar 1,2 cm.

**Kata Kunci :** fondasi, Konstruksi Sarang Laba-Laba, daya dukung, penurunan.

### **Abstract :**

*Choosing the type of foundation is very important because not all types of foundations are suitable for every type of building. Foundation planning must be planned carefully because if there is excessive pressure on the ground it can cause large settlements and even collapse of the building. Planning for the construction of the Building The soil condition at the construction site is based on soil data, namely sandy soil. In the planning results for the lower structure using a pile foundation. Based on experience, in the construction of buildings in the Freshwater environment that use deep foundations, there are several shortcomings. This research discusses KSSL foundation planning as an alternative to planning the lower structure of the building The results of the foundation bearing capacity are 1086.58 kN/m<sup>2</sup>, and the maximum soil stress is 42.02 kN/m<sup>2</sup>. The dimensions of the construction rib are 15 cm thick and 125 cm deep, the equivalent thickness is 87.5 cm, and the reinforcement used is 2D22. Meanwhile, the rib settlement dimensions are 15 cm thick and 150 cm deep, the equivalent thickness is 105 cm, and the reinforcement used is 2D22. The foundation settlement that occurred was 1.2 cm.*

**Keyword :** *foundation, konstruksi sarang laba-laba, bearing capacity, settlement.*

## PENDAHULUAN

Gedung X adalah bangunan gedung yang direncanakan untuk melayani segala bentuk proses percetakan berupa tulisan dan gambar dengan menggunakan media cetak. Perencanaan pembangunan Gedung X telah dilakukan pada tahun 2022, akan tetapi waktu pelaksanaan konstruksi belum ditentukan. Lokasi pembangunan akan dibangun di sekitar lingkungan Air Tawar Kota Padang. Kondisi tanah pada lokasi pembangunan berdasarkan data tanah yaitu tanah berpasir. Dalam hasil perencanaan untuk struktur bawah menggunakan fondasi tiang pancang dengan diameter 50 cm, kedalaman 30 m, dan jumlah tiang untuk satu kolom sebanyak 2 buah.

Berdasarkan pengalaman yang terjadi, pada pembangunan gedung di lingkungan Air Tawar Kota Padang yang menggunakan fondasi dalam, terdapat beberapa kekurangan. Contohnya pada pembangunan gedung yang menggunakan fondasi tiang pancang, saat konstruksi tiang pancang yang menggunakan *hammer*, bangunan di sekitar gedung mengalami getaran yang kuat bahkan menimbulkan keretakan pada bangunan sekitar. Di samping itu proses pemasangan juga menimbulkan kebisingan pada bangunan di sekitar gedung. Selanjutnya saat konstruksi gedung yang menggunakan fondasi *bored pile*, pada saat pengeboran titik sedalam 2 meter mengalami longsor atau tertimbun kembali dan diameter lubang membesar dari rencana saat pengeboran 3 meter.

Salah satu solusi untuk pembangunan gedung di lokasi tanah berpasir yaitu menggunakan fondasi dangkal jenis rakit. Fondasi rakit adalah jenis fondasi yang terbuat dari beton bertulang dengan bentuk yang menyerupai rakit. Fondasi rakit yang populer yaitu KSSL. Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL) adalah fondasi dangkal kaku yang memiliki desain menyerupai sarang laba-laba. KSSL sendiri ditemukan pada tahun 1976 oleh (Alm) Ir. Ryantori dan (Alm) Ir. Sutjipto, serta sudah didaftarkan paten pada tahun 1979. Fondasi Konstruksi Sarang Laba-laba merupakan fondasi bawah tanah konvensional yang kokoh dan hemat biaya. Serta memiliki kekakuan yang jauh lebih besar dari pada sistem fondasi

konvensional lainnya. KSSL juga diklaim memiliki keunggulan menahan gempa, seperti pada gempa Aceh 9,3 SR tahun 2004 dan gempa di Padang 7,6 SR tahun 2009, terbukti semua bangunan masih berdiri kokoh. Bangunan yang sudah memakai fondasi KSSL saat itu di Sumatera

Barat antara lain gedung DPRD tingkat 1, gedung kantor wilayah DPU Dati 1, gedung pertokoan Minang Plaza, gedung studio TVRI stasiun Padang, gedung hotel Kharisma Bukittinggi, gedung Pasca Sarjana UNP, dan aula DPRD Kabupaten Solok. Kemampuan KSSL mengamankan gedung-gedung yang didukungnya terhadap gempa berkekuatan sangat besar terjadi karena konstruksinya yang monolit dan kaku serta kerja sama timbal balik saling menguntungkan antara konstruksi beton dan sistem perbaikan tanah di dalamnya.

Beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa KSSL termasuk kategori fondasi dangkal dan perilakunya mirip dengan *Raft foundation* (Hayati, 2017; Palbeno, 2018; Darjanto, dkk., 2015; dan Haryono & Maulana, 2007). Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL) sebagai alternatif pemilihan fondasi yang berkemungkinan bisa diterapkan untuk pembangunan Gedung X yang telah direncanakan menggunakan fondasi dalam jenis tiang pancang.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini membahas mengenai perencanaan fondasi KSSL sebagai struktur bawah pembangunan gedung X. Sebelumnya dilakukan studi literatur serta pengumpulan data bangunan, dan melakukan pembebanan sesuai dengan ketentuan SNI 1727: 2020, SNI 1726: 2019, SNI 2847: 2019 dan SNI 8460:2017.

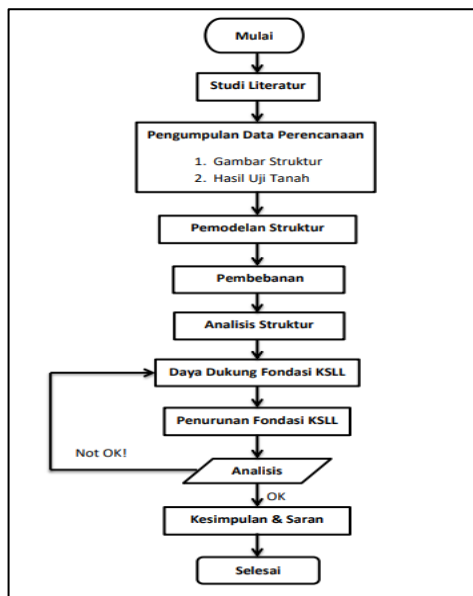
Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, data sekunder dari penelitian ini yaitu:

1. Data umum perencanaan gedung X
2. Gambar struktur atas gedung X (DED)
3. Hasil uji tanah

Analisis data dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Permodelan struktur, tahap ini dilakukan untuk mendapatkan beban maksimum yang akan ditahan oleh fondasi KSSL. Dilakukan menggunakan bantuan *software* SAP2000,
2. Analisis struktur bawah, tahapan ini meliputi, perencanaan, daya dukung, dan penurunan fondasi KSSL. Hitungan dibantu oleh *Microsoft excel*.

Berikut gambaran yang lebih jelas mengenai jalannya suatu penelitian dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini:

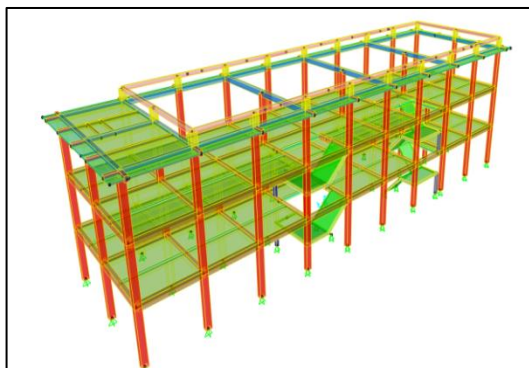


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Pembebanan

Untuk menentukan beban yang akan dipikul oleh fondasi, maka dilakukan analisis struktur atas terlebih dahulu menggunakan aplikasi SAP2000. Elemen struktur balok dan kolom dimodelkan sebagai elemen *frame*, sedangkan elemen plat lantai dimodelkan sebagai elemen *shell*, dapat dilihat pada gambar 2. Beban-beban yang dimasukkan dalam perhitungan ini yaitu beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Kombinasi pembebanan yang dipakai yaitu kombinasi pembebanan untuk metode tegangan izin. Pada perencanaan ini hasil pembebanan diperoleh nilai maksimum joint reaction sebesar 1033,8 kN.



Gambar 2. Pemodelan Gedung X

### b. Analisis Daya Dukung Fondasi

Berdasarkan hasil uji boring didapatkan jenis tanah berpasir dengan sudut geser 32. Faktor-faktor kapasitas daya dukung Meyerhof nilai  $N_c$ ,  $N_q$ , dan  $N_\gamma$  untuk  $\phi = 32^\circ$ , adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N_c &= 35,49 \\ N_q &= 23,18 \\ N_\gamma &= 22,02 \end{aligned}$$

Faktor-faktor bentuk, kedalaman, dan kemiringan didapat dari rumus Meyerhof sebagai berikut :

$$K_p = \tan^2(\pi/4) + (\phi/2) = \tan^2(180/4) + (32/2) = 3,24$$

$$S_c = 1 + 0,2 \cdot K_p (B'/L') = 1 + 0,2 \cdot 3,24 (5/6) = 1,54$$

$$S_q = 1 + 0,1 \cdot K_p (B'/L') = 1 + 0,1 \cdot 3,24 (5/6) = 1,27$$

$$S_\gamma = S_q = 1,27$$

Nilai  $d_c$ ,  $d_q$ , dan  $d_\gamma$  didapat dari rumus sebagai berikut:

$$d_c = 1 + 0,2 \cdot \{ K_p^{0,5} \cdot (D/B) \} = 1 + 0,2 \cdot \{ 3,24^{0,5} \cdot (1,5/5) \} = 1,11$$

$$d_q = 1 + 0,1 \cdot \{ K_p^{0,5} \cdot (D/B) \} = 1 + 0,1 \cdot \{ 3,24^{0,5} \cdot (1,5/5) \} = 1,05$$

$$d_\gamma = d_q = 1,05$$

Beban dianggap vertikal sehingga tidak membentuk sudut, maka nilai dari  $i_c = i_q = i_\gamma = 1$ .

Diketahui :

$B$  = jarak terkecil antar kolom = 5 m

$D$  = kedalaman rib settlement KSSL = 1,5 m

$n$  = angka keamanan = 3

$Y_b$  = 1,85 gr/cm<sup>3</sup>

$C$  = 0 kg/cm<sup>2</sup>

$$q_{ult} = c N_c s_c i_c d_c + D \cdot \gamma' \cdot N_q s_q i_q d_q + 0,5 \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma s_\gamma i_\gamma d_\gamma$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 0 \cdot 35,49 \cdot 1,54 \cdot 1 \cdot 1,11 + 150 \cdot (1,85 \cdot 10^{-3}) \cdot 23,18 \cdot 1,27 \cdot 1 \cdot 1,05 + 0,5 \cdot (1,85 \cdot 10^{-3}) \cdot 500 \cdot 22,02 \cdot 1,27 \cdot 1 \cdot 1,05 \\ &= 22,16 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2173,15 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$Q_a (\text{fondasi rakit}) = \frac{q_{ult}}{n} = 724,38 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_a (\text{KSSL}) &= 1,5 \cdot Q_a (\text{pondasi rakit}) \\ &= 1086,58 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

### c. Tegangan Tanah Maksimum

Diketahui:

Panjang pelat fondasi ( $L$ ) = 45 m

Lebar pelat fondasi ( $B$ ) = 12 m

$q_{live}$  load = 4,79 kN/m<sup>2</sup>

$$I_x = \frac{LB^3}{12} = \frac{45 \times 12^3}{12} = 6480 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{L^3 B}{12} = \frac{45^3 \times 12}{12} = 91125 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned} R &= \sum P \\ &= \text{Total } p + (q \times \text{Luas}) \\ &= 20019,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \sum P \cdot x \\ &= -6780,81 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_x &= \sum P \cdot y \\ &= -3559,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_o &= \left( \frac{R}{A} \pm \frac{M_y \cdot x}{I_y} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_x} \right) \\ &= \left( \frac{20019,56}{540} \pm \frac{-6780,81 \cdot x}{91125} \pm \frac{-3559,15 \cdot y}{6480} \right) \end{aligned}$$

$$= \{37,07 \pm (-0,07x) \pm (-0,55y)\}$$

**Tabel 1. Hasil Perhitungan Tegangan Tanah**

Kolom	x (m)	y (m)	q max (kN/m <sup>2</sup> )	q Min (kN/m <sup>2</sup> )
1	-22,5	-6	<b>42,02</b>	32,12
5	-22,5	0	38,75	35,40
9	-22,5	6	35,47	38,68
13	-17,5	-6	41,65	32,49
17	-17,5	0	38,38	35,77
21	-17,5	6	35,10	39,05
25	-12,5	-6	41,28	32,87
29	-12,5	0	38,00	36,14
33	-12,5	6	34,73	39,42
37	-7,5	-6	40,91	33,24
41	-7,5	0	37,63	36,52
45	-7,5	6	34,35	39,79
49	-2,5	-6	40,54	33,61
53	-2,5	0	37,26	36,89
57	-2,5	6	33,98	40,16
61	2,5	-6	40,16	33,98
65	2,5	0	36,89	37,26
69	2,5	6	33,61	40,54
73	7,5	-6	39,79	34,35
77	7,5	0	36,52	37,63
81	7,5	6	33,24	40,91
85	12,5	-6	39,42	34,73
89	12,5	0	36,14	38,00
93	12,5	6	32,87	41,28
97	17,5	-6	39,05	35,10
101	17,5	0	35,77	38,38
105	17,5	6	32,49	41,65
109	22,5	-6	38,68	35,47
113	22,5	0	35,40	38,75
117	22,5	6	32,12	42,02

Jadi, dari hasil perhitungan didapat tegangan tanah maksimum sebesar 42,02 kN/m<sup>2</sup>.

#### d. Perhitungan Rib Konstruksi

##### 1. Tebal Ekuivalen Rib Konstruksi

Di dalam perhitungan tebal ekuivalen Konstruksi Sarang Laba-Laba, pengaruh dari perbaikan tanah dianggap = 0.

Kolom = 40 x 50 cm

Asumsi, Tebal pelat = 15 cm

Tebal rib = 15 cm

hk = 125 cm

$$R = \sqrt{\frac{1033,8}{\pi \cdot 1086,58}} = 0,55 \text{ m} = 55 \text{ cm}$$

Check :

$$R > 0,5 \cdot a^1$$

$$55 \text{ cm} > 0,5 \cdot 40 \text{ cm}$$

$$55 \text{ cm} > 20 \text{ cm} \text{ (memenuhi)}$$

Maka, diambil nilai R = 55 cm

$$y = \frac{\pi R t^2 + 4b (hk^2 - t^2)}{2\pi R t + 8b (hk - t)} = 52,38 \text{ cm}$$

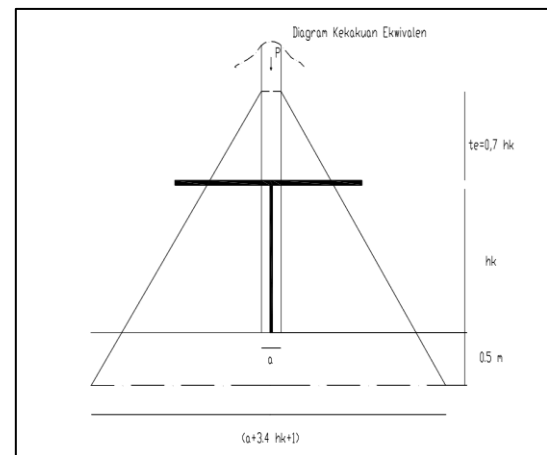
$$I_x = \frac{1}{12} \times 2\pi R t^3 + 2\pi R t \left(y - \frac{1}{2}t\right)^2 + 8 \cdot \frac{1}{12} \cdot b (hk - t)^3 + 8b (hk - t) \left(\frac{hk - t}{12} + t - y\right)^2 = 34354851,44 \text{ cm}^4$$

$$te = \sqrt[3]{12 \cdot \frac{I_x}{2\pi R}} = 106,1 \text{ cm} \approx 106 \text{ cm}$$

$$te (\text{max}) = 0,7 \cdot hk = 87,5 \text{ cm}$$

Karna nilai te lebih besar dari te max, Maka diambil nilai te = 87,5 cm.

##### 2. Tinggi Rib Konstruksi



**Gambar 3. Tinggi Rib Konstruksi**

a,b = Lebar kolom (m)

F = Luas daerah penyebaran beban

q<sub>0</sub> = Tegangan tanah maksimum

$$F = (a + 3,4 hk + 1) \cdot (b + 3,4 hk + 1)$$

Keseimbangan beban :

$$P = F \cdot q_0$$

$$P_{\text{max}} = q_0 (a + 3,4 hk + 1) \cdot (b + 3,4 hk + 1) = 1365,12 \text{ kN}$$

$$P_{\text{max}} = 1365,12 \text{ kN} > P_u = 1033,8 \text{ kN} \text{ (Aman)}$$

##### 3. Dimensi dan Penulangan Rib Konstruksi

Dengan memodelkan RIB sebagai balok yang ditumpu oleh dua tumpuan jepit. Diberi beban q (tegangan tanah max yang terjadi) dan diasumsikan penyebaran beban dianggap sudah merata di bawah rib sebesar 0,15 m atau setebal

rib. Maka dapat diketahui gaya-gaya dalam terbesar yang bekerja.

$$q = 42,02 \text{ kN/m}^2 \times 0,15 \text{ m}$$

$$= 6,3 \text{ kN/m}$$

$$L = 7,81 \text{ m}$$

Bidang Momen:

$$M = 1/12 \cdot q \cdot L^2$$

$$= 32 \text{ kNm}$$

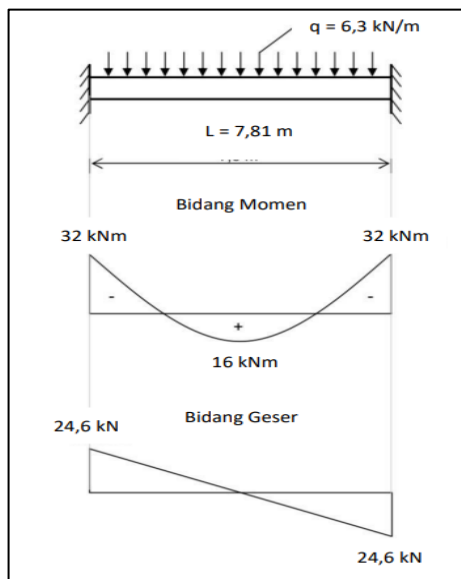
$$M_{\max} = 1/24 \cdot q \cdot L^2$$

$$= 16 \text{ kNm}$$

Bidang Geser:

$$D = 1/2 \cdot q \cdot L$$

$$= 24,6 \text{ kN}$$



Gambar 4. Gaya-Gaya Dalam yang Bekerja

#### 4. Tulangan Rib Konstruksi

Diketahui:

$$M_u = 16 \text{ kNm}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$b = 0,15 \text{ m} = 150 \text{ mm}$$

$$h_k = 1,25 \text{ m} = 1250 \text{ mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = 17,78 \text{ kNm}$$

$$D = 22 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$d = h - \frac{1}{2} \cdot \text{Tul. utama} - \text{Tul. sengkang} - p$$

$$= 1150 \text{ mm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d \cdot a - 0,425 \cdot f'_c \cdot b \cdot a^2$$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 150 \cdot 1150 \cdot a - 0,425 \cdot 25 \cdot 150 \cdot a^2$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai:

$$a = 4,86$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 4,86 \cdot 150}{420} = 36,88 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min } 1 = \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = 575 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min } 2 = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \cdot b \cdot d = 513 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ dipakai} = 575 \text{ mm}^2$$

Mecari nilai  $A_s \text{ max}$  :

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{420} \cdot \frac{600}{600 + 420}$$

$$= 0,025$$

$$\rho_{\max} = \left( \frac{0,003 + f_y/E_s}{0,008} \right) \rho_b$$

$$= \left( \frac{0,003 + 420/200000}{0,008} \right) 0,025 = 0,016$$

$$A_s \text{ maks} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d = 2781,984 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ D22} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 380 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ 2D22} = 2 \times 380 \text{ mm}^2 = 760 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ dipakai}$

$$= 760 \text{ mm}^2 > 575 \text{ mm}^2 \text{ (Aman)}$$

$$a \text{ pasang} = A_s \cdot f_y / 0,85 \cdot f'_c \cdot b = 100,18 \text{ mm}$$

$$Z = d - a/2 = 1100 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot Z = 351,21 \text{ kNm}$$

Menentukan  $\phi(\phi)$  :

$$c = \left( \frac{a}{0,85} \right) = 117,9$$

$$\epsilon_t = \left( \frac{d-c}{c} \right) 0,003 = 0,026$$

Jadi  $\phi(\phi)$  yang dipakai adalah 0,9.

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 351,21 = 316,1 \text{ kNm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$16 \text{ kNm} \leq 316,1 \text{ kNm} \text{ (Aman)}$$

#### 5. Tulangan Geser Rib Konstruksi

Diketahui:

$$V_u = 24,6 \text{ kN}$$

$$d = 1150 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 0,75$$

Pada jarak sejauh  $d$  dari tumpuan, maka:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\frac{V_u}{\Phi} = V_c + V_s$$

$$\frac{V_u}{\Phi} = \frac{24,6}{0,75} = 32,8 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 146,6 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \Phi \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 146,6 = 54,98 \text{ kN}$$

$$V_u > \frac{1}{2} \Phi \cdot V_c$$

$24,6 \text{ kN} < 54,98 \text{ kN}$ , berarti gunakan tulangan geser minimum.

$$V_c 1 = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 575 \text{ kN}$$

$$S = 150 \text{ mm}$$

$$A_v \text{ min } 1 = 0,062 \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y} = 29 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ min } 2 = \frac{0,35 \cdot b \cdot s}{f_y} = 33 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ min terpakai} = 33 \text{ mm}^2$$

Akan digunakan sengkang dengan diameter 8 mm

Av = jumlah luas penampang dua kali sengkang  
 $= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 100 \text{ mm}^2$

### 6. Tulangan Badan Rib Konstruksi

Syarat kebutuhan tulangan badan jika  $H > 900 \text{ mm}$ .

Diketahui:

$Cc = 0 \text{ mm}$

$f_y = 420 \text{ Mpa}$

$f_s = 2/3 f_y = 280 \text{ MPa}$

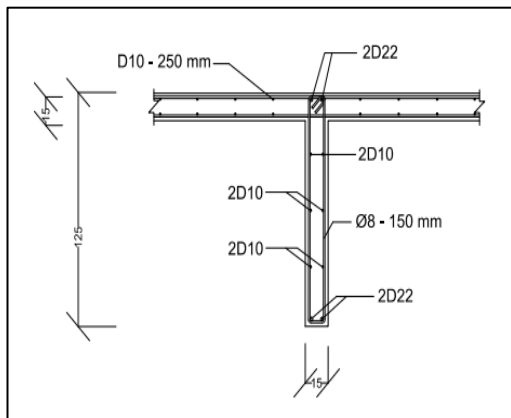
Kondisi 1 =  $380 \frac{280}{f_s} - 2,5Cc = 380 \text{ mm}$

Kondisi 2 =  $300 \frac{280}{f_s} = 300 \text{ mm}$

Syarat terpilih (S) = 300 mm

S pasang = 300 mm

Maka digunakan tulangan 2D10 dengan jarak pasang 300 mm.



Gambar 5. Detail Penulangan Rib Konstruksi

### e. Perhitungan Rib Settlement

#### 1. Tebal Ekuivalen Rib Settlement

Di dalam perhitungan tebal ekuivalen Konstruksi Sarang Laba-Laba, pengaruh dari perbaikan tanah dianggap = 0.

Kolom = 40 x 50 cm

Asumsi, Tebal pelat = 15 cm

Tebal rib = 15 cm

hs = 150 cm

$R = \sqrt{\frac{1033,8}{\pi \cdot 1086,58}} = 0,55 \text{ m} = 55 \text{ cm}$

Check :

$R > 0,5 \cdot a^1$

$55 \text{ cm} > 0,5 \cdot 40 \text{ cm}$

$55 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$  (**memenuhi**)

Maka, diambil nilai  $R = 55 \text{ cm}$

$y = \frac{\pi R t^2 + 4b (hk^2 - t^2)}{2\pi R t + 8b (hk - t)} = 64,33 \text{ cm}$

$I_x = \frac{1}{12} \times 2\pi R t^3 + 2\pi R t \left( y - \frac{1}{2} t \right)^2 + 8 \cdot \frac{1}{12} \cdot b (hk - t)^3 + 8b (hk - t) \left( \frac{hk - t}{12} + t - y \right)^2 = 64925104,38 \text{ cm}^4$

$te = \sqrt[3]{12 \cdot \frac{I_x}{2\pi R}} = 131,15 \text{ cm} \approx 131 \text{ cm}$

$te(\text{max}) = 0,7 \cdot hk = 105 \text{ cm}$

Karna nilai  $te$  lebih besar dari  $te \text{ max}$ , Maka diambil nilai  $te = 105 \text{ cm}$ .

### 2. Tinggi Rib Settlement

a, b = Lebar kolom (m)

F = Luas daerah penyebaran beban

$q_0$  = Tegangan tanah maksimum

$F = (a + 3,4 h_s + 1) \cdot (b + 3,4 h_s + 1)$

Keseimbangan beban :

$P = F \cdot q_0$

$P_{\text{max}} = q_0 (a + 3,4 h_s + 1) \cdot (b + 3,4 h_s + 1) = 1802,66 \text{ kN}$

$P_{\text{max}} = 1802,66 \text{ kN} > P_u = 1033,8 \text{ kN}$  (**Aman**)

### 3. Dimensi dan Penulangan Rib Settlement

Dengan memodelkan RIB sebagai balok yang ditumpu oleh dua tumpuan jepit. Diberi beban  $q$  (tegangan tanah max yang terjadi) dan diasumsikan penyebaran beban dianggap sudah merata di bawah rib sebesar 0,15 m atau setebal rib. Maka dapat diketahui gaya-gaya dalam terbesar yang berkerja.

$q = 42,02 \text{ kN/m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 6,3 \text{ kN/m}$

$L = 6 \text{ m}$

Bidang Momen:

$M = 1/12 \cdot q \cdot L^2$

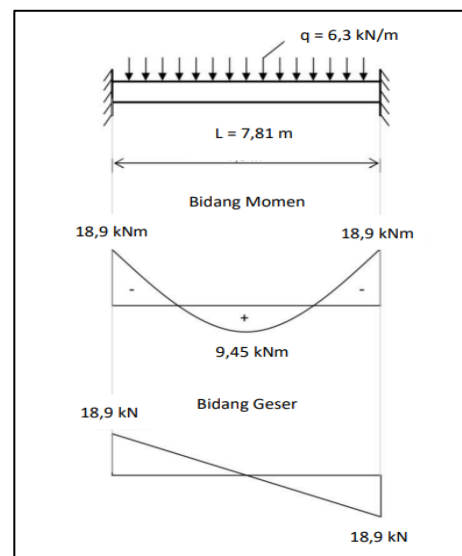
$= 18,9 \text{ kNm}$

$M_{\text{max}} = 1/24 \cdot q \cdot L^2$

$= 9,45 \text{ kNm}$

Bidang Geser:

$D = 1/2 \cdot q \cdot L = 18,9 \text{ kN}$



Gambar 6. Gaya-Gaya Dalam yang Bekerja

### 4. Tulangan Rib Settlement

Diketahui:

$M_u = 9,45 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned} \Phi &= 0,9 \\ b &= 0,15 \text{ m} = 150 \text{ mm} \\ h_s &= 1,5 \text{ m} = 1500 \text{ mm} \\ f'_c &= 25 \text{ Mpa} \\ f_y &= 420 \text{ Mpa} \\ M_n &= \frac{Mu}{\phi} = 10,5 \text{ kNm} \\ D &= 22 \text{ mm} \\ \emptyset &= 10 \text{ mm} \\ d &= h - \frac{1}{2} \cdot \text{Tul. utama} - \text{Tul. sengkang} - p \\ &= 1400 \text{ mm} \\ M_n &= 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d \cdot a - 0,425 \cdot f'_c \cdot b \cdot a^2 \\ &= 0,85 \cdot 25 \cdot 150 \cdot 1400 \cdot a - 0,425 \cdot 25 \cdot 150 \cdot a^2 \end{aligned}$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai:  
 $a = 2,35$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = 17,87 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min 1} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = 700 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min 2} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \cdot b \cdot d = 625 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ dipakai} = 700 \text{ mm}^2$$

Mecari nilai  $A_s$  max :

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{420} \cdot \frac{600}{600+420} \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= \left( \frac{0,003+f_y/E_s}{0,008} \right) \rho_b \\ &= \left( \frac{0,003+420/200000}{0,008} \right) 0,025 \\ &= 0,016 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ maks} = \rho_{\text{max}} \cdot b \cdot d = 3386,72 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ D22} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 380 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ 2D22} = 2 \times 380 \text{ mm}^2 = 760 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ dipakai} \\ &= 760 \text{ mm}^2 > 700 \text{ mm}^2 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

$$a \text{ pasang} = A_s \cdot f_y / 0,85 \cdot f'_c \cdot b = 100,18 \text{ mm}$$

$$Z = d - a/2 = 1350 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot Z = 431,04 \text{ kNm}$$

Menentukan  $\phi(\Phi)$  :

$$c = \left( \frac{a}{0,85} \right) = 117,9$$

$$e_t = \left( \frac{d-c}{c} \right) 0,003 = 0,033$$

Jadi  $\phi(\Phi)$  yang dipakai adalah 0,9.

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 431,04 = 387,9 \text{ kNm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$9,45 \text{ kNm} \leq 387,9 \text{ kNm (Aman)}$$

## 5. Tulangan Geser Rib Settlement

Diketahui:

$$V_u = 18,9 \text{ kN}$$

$$d = 1400 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,75$$

Pada jarak sejauh  $d$  dari tumpuan, maka:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\frac{V_u}{\phi} = V_c + V_s$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{18,9}{0,75} = 25,2 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 178,5 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \phi \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 178,5 = 66,94 \text{ kN}$$

$$V_u > \frac{1}{2} \phi \cdot V_c$$

18,9 kN < 66,94 kN, berarti gunakan tulangan geser minimum.

$$V_c 1 = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 700 \text{ kN}$$

$$S = 150 \text{ mm}$$

$$A_v \text{ min 1} = 0,062 \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y} = 29 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ min 2} = \frac{0,35 \cdot b \cdot s}{f_y} = 33 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ min terpakai} = 33 \text{ mm}^2$$

Akan digunakan sengkang dengan diameter 8 mm

$$\begin{aligned} A_v &= \text{jumlah luas penampang dua kali} \\ &\quad \text{sengkang} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

## 6. Tulangan Badan Rib Settlement

Syarat kebutuhan tulangan badan jika  $H > 900 \text{ mm}$ .

Diketahui:

$$C_c = 0 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f_s = 2/3 f_y = 280 \text{ MPa}$$

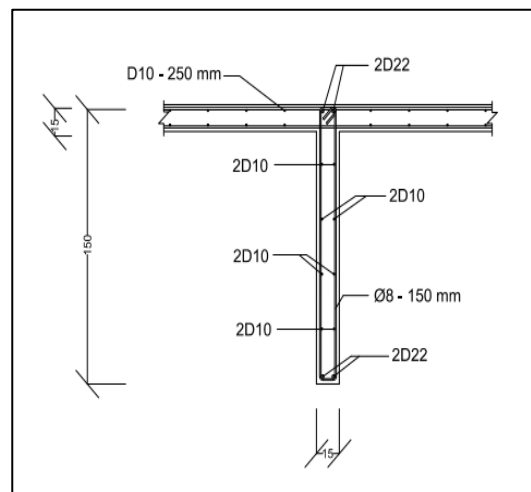
$$\text{Kondisi 1} = 380 \frac{280}{f_s} - 2,5 C_c = 380 \text{ mm}$$

$$\text{Kondisi 2} = 300 \frac{280}{f_s} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat terpilih (S)} = 300 \text{ mm}$$

$$S \text{ pasang} = 300 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan 2D10 dengan jarak pasang 300 mm.



Gambar 7. Detail Penulangan Rib Settlement  
**f. Penulangan Pelat**

Diketahui :

$$\begin{aligned}H &= 150 \text{ mm} \\b &= 1000 \text{ mm} \\p &= 30 \text{ mm} \\f'c &= 25 \text{ MPa} \\f_y &= 420 \text{ MPa} \\tul. atas &= 10 \text{ mm} \\tul. bawah &= 10 \text{ mm} \\L_x &= 6 \text{ m} \\L_y &= 5 \text{ m}\end{aligned}$$

Tinggi efektif tulangan:

$$\begin{aligned}dx &= H - p - \frac{1}{2} \text{ tul. Atas} \\&= 115 \text{ mm} \\dy &= H - p - \frac{1}{2} \text{ tul. Atas} - \text{tul. Bawah} \\&= 105 \text{ mm} \\As_{\min dx} &= \frac{0,0018}{2} \cdot b \cdot dx = 104 \text{ mm}^2 \\As_{\min dy} &= \frac{0,0018}{2} \cdot b \cdot dy = 95 \text{ mm}^2 \\W_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,2 \text{ SIDL} \\&= 24 \text{ kN/m}^3 \cdot \text{tebal pelat} + 2,5 \text{ kN/m}^2 + \\&\quad 1,5 \text{ kN/m}^2 \\&= 7,6 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5}{6} = 0,8 = 1$$

$$\begin{aligned}M_{lx} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x &\rightarrow x = 36 \\M_{ly} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x &\rightarrow x = 36 \\M_{ty} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x &\rightarrow x = 36 \\M_{tx} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x &\rightarrow x = 36\end{aligned}$$

### 1. Momen Lapangan Arah x

$$\begin{aligned}M_{lx} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x \\&= 9,85 \text{ kNm} \\M_n &= 10,9 \text{ kNm} \\As_{\text{perlu}} &= 231 \text{ mm}^2 \\As_{D10} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2 \\As_{4D10} &= 4 \times 78,5 \text{ mm}^2 = 314 \text{ mm}^2 \\As_{\text{pasang}} &314 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 231 \text{ mm}^2 \\S &= \frac{b}{n} = 250 \text{ mm} \\M_n &= 14,76 \text{ kNm} \\phi M_n &= 0,9 \cdot 14,76 = 13,28 \text{ kNm} \\Mu &\leq phi M_n \\9,85 \text{ kNm} &\leq 13,28 \text{ kNm} \text{ (Aman)} \\Maka digunakan tulangan D10 -250 \text{ mm} &\text{ (As} \\&= 314 \text{ mm}^2)\end{aligned}$$

### 2. Momen Lapangan Arah y

$$\begin{aligned}M_{ly} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x \\&= 9,85 \text{ kNm} \\M_n &= 10,9 \text{ kNm} \\As_{\text{perlu}} &= 231 \text{ mm}^2 \\As_{D10} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2 \\As_{4D10} &= 4 \times 78,5 \text{ mm}^2 = 314 \text{ mm}^2 \\As_{\text{pasang}} &314 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 231 \text{ mm}^2 \\S &= \frac{b}{n} = 250 \text{ mm} \\M_n &= 14,76 \text{ kNm} \\phi M_n &= 0,9 \cdot 14,76 = 13,28 \text{ kNm} \\Mu &\leq phi M_n\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}9,85 \text{ kNm} &\leq 13,28 \text{ kNm} \text{ (Aman)} \\Maka digunakan tulangan D10 -250 \text{ mm} &\text{ (As} \\&= 314 \text{ mm}^2)\end{aligned}$$

### 3. Momen Tumpuan Arah x

$$\begin{aligned}M_{tx} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x \\&= 9,85 \text{ kNm} \\M_n &= 10,9 \text{ kNm} \\As_{\text{perlu}} &= 231 \text{ mm}^2 \\As_{D10} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2 \\As_{4D10} &= 4 \times 78,5 \text{ mm}^2 = 314 \text{ mm}^2 \\As_{\text{pasang}} &314 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 231 \text{ mm}^2 \\S &= \frac{b}{n} = 250 \text{ mm} \\M_n &= 14,76 \text{ kNm} \\phi M_n &= 0,9 \cdot 14,76 = 13,28 \text{ kNm} \\Mu &\leq phi M_n \\9,85 \text{ kNm} &\leq 13,28 \text{ kNm} \text{ (Aman)} \\Maka digunakan tulangan D10 -250 \text{ mm} &\text{ (As} \\&= 314 \text{ mm}^2)\end{aligned}$$

### 4. Momen Tumpuan Arah y

$$\begin{aligned}M_{ly} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x \\&= 9,85 \text{ kNm} \\M_n &= 10,9 \text{ kNm} \\As_{\text{perlu}} &= 231 \text{ mm}^2 \\As_{D10} &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2 \\As_{4D10} &= 4 \times 78,5 \text{ mm}^2 = 314 \text{ mm}^2 \\As_{\text{pasang}} &314 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 231 \text{ mm}^2 \\S &= \frac{b}{n} = 250 \text{ mm} \\M_n &= 14,76 \text{ kNm} \\phi M_n &= 0,9 \cdot 14,76 = 13,28 \text{ kNm} \\Mu &\leq phi M_n \\9,85 \text{ kNm} &\leq 13,28 \text{ kNm} \text{ (Aman)} \\Maka digunakan tulangan D10 -250 \text{ mm} &\text{ (As} \\&= 314 \text{ mm}^2)\end{aligned}$$

### g. Penurunan

Penurunan yang terjadi hanya penurunan segera, karena jenis tanah non kohesi. Modulus elastisitas tanah pada tanah berpasir (E) = 48000 kN/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}S_i &= \sigma B \frac{1-\mu^2}{E_s} l_w \\&= 42,02 \text{ kN/m}^2 \cdot 12 \text{ m} \cdot \frac{1-0,2^2}{48000 \text{ kN/m}^2} \cdot 1,2 \\&= 0,012 \text{ m} = 1,2 \text{ cm}.\end{aligned}$$

Penurunan izin < 15 cm + b/600 (b dalam cm, Terdapat dalam SNI 8460-2017)

Penurunan izin < 17 cm

Jadi penurunan segera/seketika yang terjadi sebesar 1,2 cm masih memenuhi syarat dari penurunan izin yaitu < 17 cm. ( Aman)

### KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan pada analisis fondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSL) sebagai alternatif perencanaan struktur bawah pada



pembangunan gedung X di Air Tawar Kota Padang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Daya dukung tanah KSSL ( $q_a$ ) sebesar 1086,58 kN/m<sup>2</sup>.
2. Tegangan tanah maksimum sebesar 42,02 kN/m<sup>2</sup>.
3. Tebal ekuivalen:
  - a. Rib konstruksi = 87,5 cm
  - b. Rib settlement = 105 cm
4. Dimensi Penulangan:
  - a. Tulangan Rib Konstruksi  
Tulangan pokok atas = 2D22  
Tulangan pokok bawah = 2D22  
Tulangan badan = 2D10  
Sengkang = Ø8 – 150 mm
  - b. Tulangan Rib Settlement  
Tulangan pokok atas = 2D22  
Tulangan pokok bawah = 2D22  
Tulangan badan = 2D10  
Sengkang = Ø8 – 150 mm
5. Tulangan pelat yang digunakan yaitu D10 – 250 mm.
6. Penurunan/settlement yang dialami oleh tanah sebesar 1,2 cm, cm masih memenuhi syarat dari penurunan izin yaitu < 17 cm.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI - 1726 - 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI - 1727 - 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI - 8460 - 2017 tentang persyaratan perencanaan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI - 2847 - 2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bella, Tita Maya, (2014). *Analisis Settlement Konstruksi Sarang Laba-Laba Proyek Pembangunan Gedung BNI 46 Jl. Dr.Cipto Semarang Dengan Perkuatan Minipile Beton Menggunakan Software Plaxis Versi 8.2*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Bowles, J. E. (1991). *Analisa dan Desain Fondasi Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan Desain Fondasi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1991). *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Haryono, R.C, M. (2007). *Analisa Penggunaan Fondasi Sarang Laba-Laba Pada Gedung BNI '46 Wilayah 05 Semarang*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hayati, Y. N., (2017). *Analisis Kekuatan Fondasi Konstruksi Laba-laba, Jurnal Ilmiah Faktor Exacta*, Halaman 8-11.
- Nurochmah, S. (2016) *Penggunaanan Fondasi tahan gempa KSSL dengan Metode Simulasi Getaran*. *Jurnal Ilmiah Faktor Exacta*, Halaman 6-8.
- Reza Satria Warman, (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik*.
- Ryantori, I. S. (1984). *Konstruksi Sarang Laba-Laba*. Surabaya: PT. Katama Suryabumi.
- Sosrodarsono, S. N. (1984). *Mekanika Tanah dan Teknik Fondasi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Terzaghi, Karl, (1987). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Yusmar, F., Prita Melinda, A., dan Sandra, N. (2021). "Studi Komparasi Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen Menggunakan Aplikasi Metode Elemen Hingga Dengan SNI 1726 2019". *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*. 10(II). Hlm. 114–123.