

Desain Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba Pada Proyek *Mini Extraction Plant for Asphalt Buton*

Yeti Nur Hayati, Ida Farida

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No.2, Garut, 44151.

1311038.ynh@gmail.com
ida.farida@sttgarut.ac.id

Abstrak – Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang Teknik Sipil dengan keadaan lingkungan mendorong sumber daya manusia untuk melakukan penemuan terbaru. Seperti Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL) yang merupakan salah satu jenis pondasi dangkal yaitu pondasi rakit yang dimodifikasi oleh adanya beton pipih menerus, yang dibawahnya dikakukan oleh rib tegak, serta sistem perbaikan tanah. Semua bagian itu menjadi satu kesatuan konstruksi monolit. Oleh karena itu, KSSL dijadikan sebagai Alternatif Desain *Mini Extraction Plant for Asphalt Buton* menjadi tujuan penulis dalam penelitian tugas akhir. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui nilai daya dukung, tegangan dasar, penurunan dan kebutuhan tulangan dari KSSL. Metode penelitian yang digunakan merupakan model deskriptif kuantitatif, dengan menghitung desain pondasi yang mampu menahan dan menyebarkan beban struktur atas. Daya dukung ijin KSSL yang dihasilkan sebesar 514,095 KN/m² di atas tanah lempung, dengan total penurunan sebesar 2,34 cm. Dengan mutu beton (f_c') K-250 dan beban sebesar 29385 kg menghasilkan rencana dimensi penampang kolom 140 x 140 mm serta tulangan pokok 6 Ø 12, tulangan geser Ø10 – 80 (memenuhi) yang artinya mampu menahan beban geser dari luar. Tinggi rib settlement 1100 mm dengan desain perhitungan balok penampang T yang memiliki kuat momen nominal penampang terfaktor (ϕM_n) = 2271568900 N.mm > momen ultimit luar (M_u) = 581000 N.mm, yang artinya Ø M_n akan mampu menahan M_u . Serta rib konstruksi 1000 mm dengan desain perhitungan balok penampang T yang memiliki kuat momen nominal penampang terfaktor (ϕM_n) = 2031698900 N.mm > momen ultimit luar (M_u) = 616000 N.mm, yang artinya Ø M_n akan mampu menahan M_u . Sehingga dari kedua rib tersebut menghasilkan tulangan utama 6 Ø 12, tulangan sekunder Ø10 – 250 dan tulangan geser praktis Ø10 – 250.

Kata Kunci – Pondasi, KSSL, Daya Dukung Ijin.

Abstract – Along with technology's developments in civil engineering with environmental conditions mind, human resources can make a new invention. For example, Kontruksi Sarang Laba-laba (KSSL) or can be interpreted "the spider web construction". KSSL is a raft foundation one of shallow foundation wich modified by continous flat concrete, and the bottom part given by rigidity of straight rib and soil improvement system. The all of part become monolith construction unity. For that reason, the author take KSSL as an essay with title "Alternative Design KSSL *Mini Extraction Plant for Asphalt Button*. In this essay the author will focus to find out value of bearing capacity, primary stress, soil settlement, and the reinforcement's requirement from KSSL. The author use quantitative descriptive research method, by calculating the foundation design which is able to resist and spread the upper structure load. The result of KSSL's allowable bearing capacity is 514,095 kN/m² in a clay's surface, and soil settlement is 2,34 cm. With quality of concrete (f_c') K-250 and 29385 kg's load to obtain 140x140 mm column, 6 Ø 12 primary reinforcement, Ø10 – 130 shear reinforcement (ok), thats mean the KSSL is able to resist a shear load from the outside. The hight of settlement's rib is 1100 mm with T beam design calculation which have $M_n = 2271568900$ N.mm > $M_u = 581000$ N.mm, thats

mean ϕM_n will able to resist M_u . The construction rib is 1000 mm with T beam design calculation which have $M_n = 2031698900 \text{ N.mm} > M_u = 616000 \text{ N.mm}$, that's mean ϕM_n will able to resist M_u . And from of both rib will produce 6 $\phi 12$ primary reinforcement, $\phi 10 - 250$ secondary reinforcement, and $\phi 10 - 250$ practical shear reinforcement.

Keyword – Foundation, KSSL, Allowable Bearing Capacity.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

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.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah menganalisis dan merencanakan pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba Mini Exctration Plant for Asphalt Buton.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Merencanakan pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba.
2. Mengetahui daya dukung pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba.
3. Mengetahui penurunan dasar pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba.
4. Mengetahui kelebihan dari pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini adanya pembatasan masalah, diantaranya sebagai berikut :

1. Menghitung dan menganalisa daya dukung pondasi.
2. Menghitung dan menganalisa ketebalan pelat pondasi.
3. Menghitung dan menganalisa kebutuhan penulangan.
4. Menghitung dan menganalisa penurunan dasar pondasi.
5. Beban kombinasi tidak dihitung ulang.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini, diantaranya:

1. Manfaat secara teoritis
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan dapat berguna sebagai sumbangan pemikiran di bidang teknik sipil
2. Manfaat Praktis
Memberikan informasi dan sebagai bahan referensi dalam perencanaan pondasi, terutama untuk pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Tanah

Tanah mempunyai peranan sangat penting, karena akan menerima penyaluran beban yang diakibatkan dari suatu struktur di atasnya. Tanah memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda antara satu dan lainnya, sehingga perlu untuk mengklasifikasikannya.

Klasifikasi tanah bertujuan untuk memberikan pemahaman mengenai karakteristik tanah dalam perencanaan suatu konstruksi. Menurut Braja M. Das 1995, Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) jilid 1, hal 72 menjelaskan metode-metode yang digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah, diantaranya.

1. Metode Klasifikasi Tanah Berdasarkan Butir
2. Metode Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO
3. USCS (*Unified Soil Classification System*)

2.2 Jenis-Jenis Pondasi

Pondasi merupakan struktur bawah tanah dari suatu konstruksi di atasnya. Fungsi pondasi adalah sebagai pelantara untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah paling keras yang berada dibawah pondasi serta tidak melampaui kemampuan kekuatan tanah tersebut. Karena, apabila hal itu terjadi akan menyebabkan penurunan yang sangat berlebih dan kerusakan pada konstruksi yang ditopangnya.

2.3 Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL)

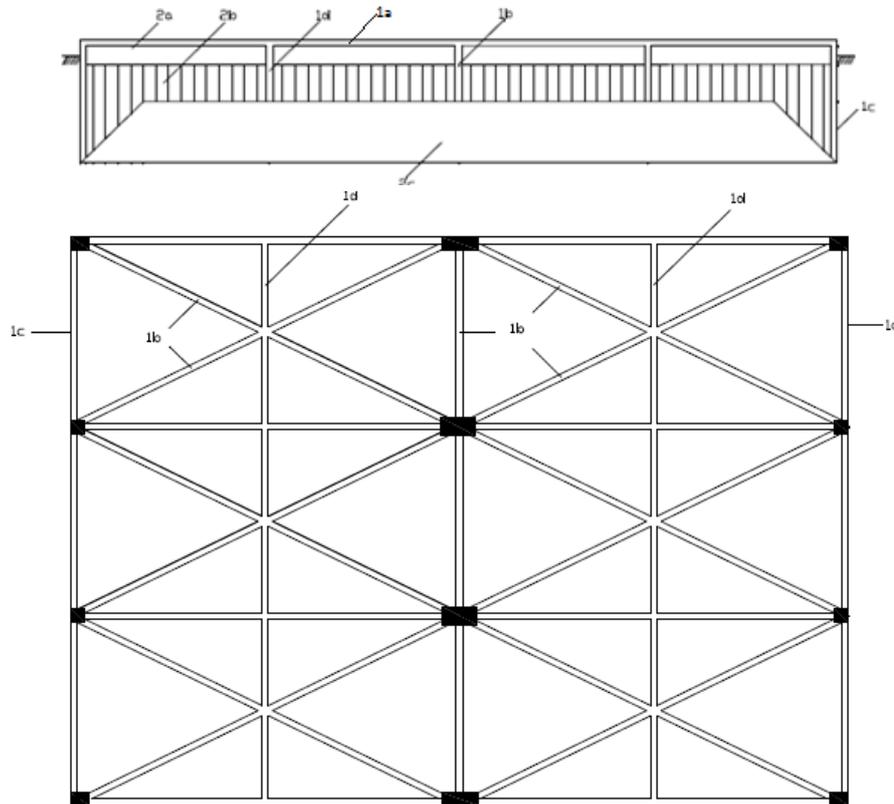
Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL) adalah bangunan konstruksi bawah tanah (*sub structure*) yang mempunyai sistem kombinasi antara pondasi pelat beton pipih menerus yang dibawahnya dikakukan oleh rib-rib tegak yang pipih dan tinggi dengan sistem perbaikan tanah diantara rib-rib dibawah pelat beton. Kombinasi ini menghasilkan kerja sama timbal balik yang saling menguntungkan sehingga membentuk sebuah pondasi yang memiliki kekakuak jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pondasi dangkal yang lainnya.

Konstruksi Sarang Laba-Laba dibagi menjadi 2 bagian, diantaranya:

1. Konstruksi beton
 - Berupa pelat beton pipih menerus yang dibawahnya dikakukan oleh rib-rib yang pipih dan tinggi.
 - Terdapat 3 jenis rib, yaitu rib konstruksi, rib settlement, dan rib pembagi.
 - Rib-rib tersebut ditempatkan sedemikian rupa, sehingga denah atas membentuk petak-petak segitiga dengan hubungan yang kaku.
2. Perbaikan tanah
 - Rongga disela antara rib diisi dengan lapisan tanah atau pasir yang memungkinkan diipadatkan dengan sempurna.

- Pemadatan dilakukan lapis demi lapis, tebal tiap lapis ± 20 cm dan dua sampai tiga lapis teratas harus melampaui 95% kepadatan maksimum (Standar Proctor).

1a	: Pelat beton pipih menerus	2a	: Urugan pasir dipadatkan
1b	: Rib konstruksi	2b	: Urugan tanah dipadatkan
1c	: Rib settlement	2c	: Tanah asli yang ikut terpadatkan
1d	: Rib pembagi		



Gambar 2.1 Sketsa KSSL Untuk Penggunaan Gedung Bertingkat
Sumber : Ryantori dan Sutjipto, 1984

III. METODE PENELITIAN

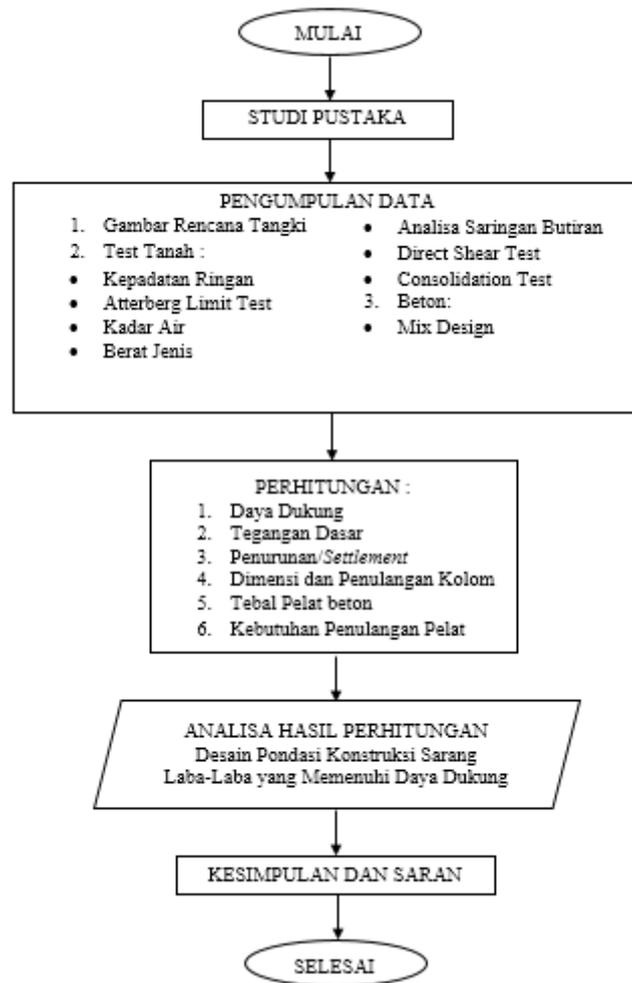
3.1 Tahapan Penelitian

Dalam menyusun Tugas Akhir dengan judul “Alternatif Desain Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba Mini Extraction Plant for Asphalt Buton” memiliki tahapan-tahapan secara sistematis untuk mencapai tujuan yang direncanakan, diantaranya:

1. Menemukan permasalahan yang terjadi dilapangan
2. Mengidentifikasi masalah pondasi konstruksi sarang laba-laba.
3. Menyusun studi kepustakaan baik itu dari buku, literatur maupaun jurnal sebagai dasar untuk mendapatkan penyelesaian yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat.
4. Mengumpulkan data yang diperlukan seperti gambar rencana tangki, tes tanah, serta mutu beton.
5. Melakukan perhitungan mengenai:
 - a. daya dukung pondasi,
 - b. tegangan yang terjadi,
 - c. *settlement*/penurunan,

- d. menentukan dimensi dan penulangan kolom,
- 6. Menarik kesimpulan dan saran terhadap penyusunan Tugas Akhir.

Untuk lebih jelasnya tahapan-tahapan tersebut disajikan dalam diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Klasifikasi Tanah

Hasil klasifikasi tanah merupakan upaya menganalisa untuk mengetahui jenis tanah dilapangan berdasarkan data hasil tes tanah dari laboratorium jasa konstruksi dengan mengacu pada peraturan yang berlaku.

Berdasarkan hasil tes tersebut maka dapat menarik kesimpulan bahwa jenis tanah dilokasi termasuk pada klasifikasi yang memenuhi syarat:

1. A-7-5 (metode AASHTO) dengan:
 - analisa ayakan No.200
 - (% lolos): 97,4
 - analisa ayakan No.40 dengan LL: 70,45% dan PI minimal: 22,67%,
 - tipe material yang paling dominan berlempung
 - penilaian sebagai bahan tanah dasar: biasa sampai jelek

- syarat PI: $22,67\% \leq LL: 70,45\% - 30\% = 40,45\%$.

Tabel 4.1 Hasil Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah lanau – lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Klasifikasi kelompok				
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

*Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$ † Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

Sumber : Braja M. Das, 1988

- MH (metode Unified) dengan:
 - tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No.200: 97,4
 - LL: 70,45%
 - jenis tanah lanau dan lempung.

Tabel 4.2 Hasil Klasifikasi Tanah Unified

Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)
		OL	Lanau - organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
		MH	Lanau anorganik atau pasir nanos diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis.
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Sumber : Braja M. Das, 1988

Maka jenis tanah berdasarkan hasil tes laboratorium termasuk kelas A-7-5 dalam metode AASHTO dan kelas MH dalam metode Unified, dari kedua metode tersebut menjelaskan bahwa jenis tanah termasuk ke jenis tanah lempung berlanau.

4.2 Hasil Analisa Pondasi

a. Daya Dukung Ijin Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba

Analisa daya dukung tanah ijin pondasi ditentukan dengan menggunakan rumus Mayerhof:

$$\begin{aligned} q_{ult} \text{ (pondasi rakit)} &= c N_c S_c i_c d_c + q N_q S_q i_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma i_\gamma d_\gamma \\ &= 1028,19 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_a \text{ (pondasi rakit)} &= \frac{q_{ult}}{SF} \text{ (SF = 3)} \\ &= 342,73 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_a \text{ (KSL)} &= 1,5 \cdot q_a \text{ (pondasi rakit)} \\ &= 514,095 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka, daya dukung ijin untuk pondasi konstruksi sarang laba-laba yang direncanakan sebesar 514,095 KN/m².

b. Hasil Tegangan Dasar Pondasi

Untuk menghitung tegangan pondasi dasar beban yang digunakan merupakan hasil kombinasi pembebanan dari desain tangki, sebesar 29.358 kg = 293,58 KN. Dengan luas segidelapan beraturan yang berdiameter 3,4 m dapat dihitung dengan rumus:

$$A = 8,174 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} q_0 &= \frac{\Sigma P}{A} \\ &= 35,92 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka, dengan luasan pondasi sebesar 8,174 m² terjadi tegangan terhadap tanah dasar sebesar 35,92 KN/m² < daya dukung ijin sebesar 514,095 KN/m² (**memenuhi**).

c. Hasil Penurunan/Settlement

Penurunan pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba merupakan penjumlahan total antara penurunan seketika dan penurunan konsolidasi (primer dan sekunder).

1. Penurunan Seketika dapat dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan teori elastis dari Thimoshenko dan Goodier (1951):

Nilai μ , E dan Iw:

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

$$\mu = 0,0054 \text{ m} = 0,54 \text{ cm}$$

$$E = 15 \text{ Mpa} = 15000 \text{ KN/m}^2$$

$$I_w = 0,88$$

2. Penurunan konsolidasi primer dapat dihitung dengan:

$$C_c = 0,42 \text{ (termasuk lempung yang struktur tanahnya tidak terganggu)}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$e_o = 0,46$$

$$P_o = 1,080 \text{ kg/cm}^2 = 108,0 \text{ KN/m}^2$$

$$q_n = q_0 - (\gamma_d \times D_f)$$

$$21,323 \text{ KN/m}^2$$

$$= \frac{x}{r} = \frac{0}{1,7} = 0$$

$$= \frac{z}{r} = \frac{1}{1,7} = 0,5$$

Maka nilai $I = 0,31$

$$\Delta P = qn \times I$$

$$= 17,272 \text{ KN/m}^2$$

$$S_{cp} = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log\left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o}\right)$$

$$= \mathbf{0,018 \text{ m}} = 1,8 \text{ cm}$$

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

$$= 0,54 + 1,8$$

$$= 2,34 \text{ cm}$$

Maka, penurunan total yang terjadi pada pondasi konstruksi sarang laba-laba sebesar 2,34 cm.

d. Menentukan Penulangan Kolom

Beban aksial maksimum didapatkan berdasarkan hasil kombinasi sebesar 29.358 kg, beban di tumpu oleh 4 kolom, maka beban per 1 kolom sebesar 7339,5 kg dengan mutu beton rencana K-250 menggunakan tulangan baja dengan mutu baja 240 Mpa, serta selimut beton dengan tebal 35 mm.

$$P_u = 7339,5 \text{ kg} = 73,395 \text{ KN}$$

Mutu beton = K-250

$$= f_c' = \frac{250 \times 0,83}{10} = 20,75 \text{ MPa}$$

Mutu baja, $f_y = 240 \text{ Mpa}$

Rasio penulangan memanjang, $\rho_g = 0,03$

ϕ Sengkang = 0,65

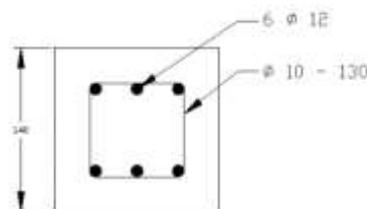
Selimut beton, $P = 35 \text{ mm}$

Dari hasil perhitungan menggunakan SNI 03-2487-2002 mendapatkan dimensi kolom:

Kolom 140 x 140 mm

Tulangan pokok 6- Ø 12

Tulangan geser Ø 10 – 130



Gambar 4.4 Penampang Tulangan Kolom
Sumber: Hasil Gambar, 2017

4.3 Perhitungan Konstruksi Sarang Laba-Laba Rib *Settlement*

a. Perhitungan Ketebalan Ekuivalen

Dalam perhitungan tebal ekuivalen KSSL, pengaruh dari perbaikan tanah dianggap = 0.

Kolom = 140 x 140 mm

Rencana:

Tebal pelat, $t = 200 \text{ mm}$

Tebal rib, $b = 110 \text{ mm}$

$h_k = 1100 \text{ mm}$

$$A = \frac{P}{q_a}$$

$$A = \frac{P}{q_a} \rightarrow \pi R^2 = \frac{P}{q_a}$$

$R = 213 \text{ mm}$

Syarat:

$R > 0,5 a_1$

$213 \text{ mm} > 0,5 \times 140 = 70 \text{ mm}$ (**memenuhi**)

Menghitung statis momen pada sisi atas:

$$y = \frac{\pi \cdot R \cdot t^2 + 4b(h_k^2 - t^2)}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot t + 8b(h_k - t)}$$

$= 54,34 \text{ cm}$

Menghitung momen inersia

$$I_x = \frac{1}{12} \times (2 \cdot \pi \cdot R \cdot t)^3 + 2 \cdot \pi \cdot R \cdot t \cdot \left(y - \frac{1}{2}t\right)^2 + 8 \cdot \frac{1}{12} \cdot b(h_k - t)^3 + 8 \cdot b(h_k - t) \cdot \left(\frac{h_k - t}{2} + t - y\right)^2$$

$$= 1.607.114.709 \text{ cm}^4$$

Menghitung tebal ekuivalen (t_e)

$$t_e = \sqrt[3]{12 \cdot \frac{I_x}{2 \cdot \pi \cdot R}}$$

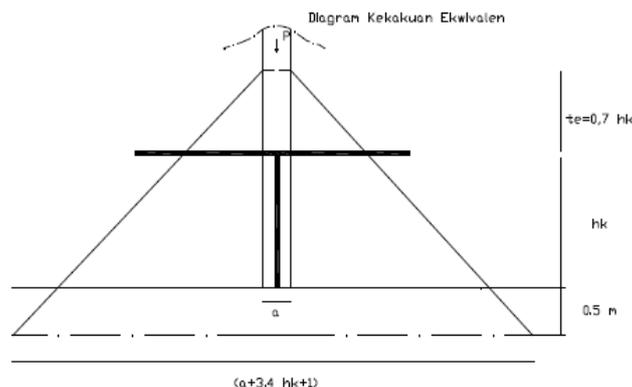
$= 524,36 \text{ cm}$

$t_e \text{ maks} = 0,7 h_k = 0,7 \times 110 = 77 \text{ cm}$

Bandingkan, ambil nilai terkecil.

Maka nilai t_e adalah 77 cm .

b. Tinggi Rib Settlement (h_k)



Gambar 4.5 Luasan Daerah Penyebaran Sebelum Memikul Momen Rib Settlement

Sumber : Ryantori dan Sujipto, 1984

Dimana :

$a, b = 0,14 \text{ m}$

$h_k = 1,1 \text{ m}$

$q_o = 35,92 \text{ KN/m}^2$

Menghitung beban maksimal (P_{max})

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

$P_{\text{max}} = F \cdot q_o$

$= 885,41 \text{ KN}$

Menghitung tinggi rib (h_k)

Untuk $q_0 = q_a$, maka:

Maka nilai h_k yaitu 0,05 m.

$$\begin{aligned} \text{Maka, } q_0 &= \frac{P_{\max}}{(a + 3,4 \cdot h_k + 1) \cdot (b + 3,4 \cdot h_k + 1)} \\ &= 543,196 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= q_a \cdot (a + 3,4 \cdot h_k + 1) \cdot (b + 3,4 \cdot h_k + 1) \\ &= 837,975 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_s &= P_{\max} - P_1 \\ &= 47,435 \text{ KN} \end{aligned}$$

$P_s = P$ sisa

$P_1 =$ sebagian beban yang terdistribusi habis.

c. Dimensi dan Penulangan Rib Settlement (hk)

$$\text{Lebar penyebaran } F = \frac{P}{q_a}$$

Luas penyebaran beban:

$$F = (a + 3,4h_k + 2c + 1) \cdot (b + 3,4h_k + 2c + 1)$$

$$F = 1,72 \text{ m}^2$$

Cek:

$$q = \frac{q_{yg \text{ bekerja}}}{F} \leq q_{ijin}$$

$$q = 170,686 \leq 514,095 \text{ KN/m}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Untuk mendapatkan momen maksimum yang akan digunakan merupakan momen maksimum yang terbesar.

Menghitung momen maksimum:

$$M_{\max} = \frac{P_s}{n} \cdot \frac{1}{2} c = 0,053 \text{ KN.m}$$

Dengan memodelkan rib sebagai balok tinggi yang ditumpu oleh tumpuan elastis. Pembebanan

$$\begin{aligned} P &= q_a \cdot (a + 3,4h_k + 2c + 1) \cdot (b + 3,4h_k + 2c + 1) \\ 0 &= 4c^2 + 5,104 c - 0,092 \end{aligned}$$

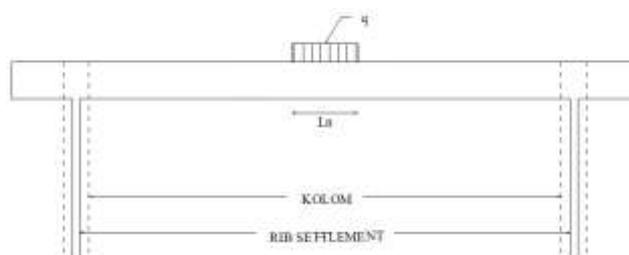
Dari persamaan diatas mendapatkan nilai c dengan menggunakan rumus a,b,c.

$$\begin{aligned} C_1 &= 0,018 \text{ (digunakan)} \\ C_2 &= -1,294 \end{aligned}$$

diletakkan diatas diantara kedua rib dan kolom. Maka untuk jarak beban yang diperhitungkan menggunakan konsep meja (beban yang dikakukan oleh rib dan kolom), yaitu:

$$L_n = 2700 - 2(70) - 2(110) = 360 \text{ mm}$$

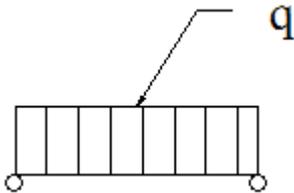
Beban merata (q) merupakan tegangan maksimum = 35,92 KN/m.



Gambar 4.6 Pemodelan Rib *Settlement*
Sumber : Hasil Gambar, 2017

Bidang Momen:

Menentukan Momen Maksimum:



$$\text{➤ } M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 = 0,581 \text{ KN.m}$$

d. Maka, momen maksimum yang digunakan adalah 0,581 KN.m

Perhitungan balok menggunakan konsep analisa balok penampang T.

1. Tulangan Utama

Diketahui:

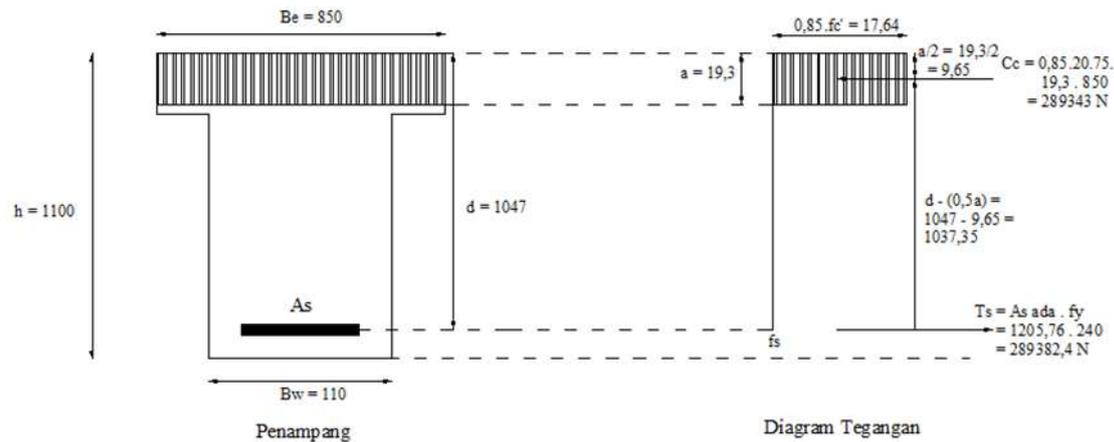
- $M_u = 0,581 \text{ KN.m}$
- Mutu Beton (f_c') = K-250 $\approx 20,75 \text{ MPa}$
- Mutu Baja (f_y) = 240 Mpa
- Panjang bentang balok, $L = 3.400 \text{ mm}$
- Jarak antar pusat-pusat balok, $S = 1.350 \text{ mm}$
- Lebar dinding, $b_w = 110 \text{ mm}$
- Tebal pelat, $t = 200 \text{ mm}$
- Tinggi pelat, $h = 1100 \text{ mm}$
- Lebar efektif, Be :
 - $\frac{1}{4} \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 3400 = 850 \text{ mm}$
 - $S = 1.350 \text{ mm}$
 - $B_w + 16 t = 110 + (16 \times 200) = 33110 \text{ mm}$

Pilih yang terkecil, maka $Be = 850 \text{ mm}$

- Modulus Elastisitas Baja, $E_s = 200.000 \text{ Mpa}$
- \emptyset Tulangan utama yang direncanakan = 16 mm
- $A_s = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$
- Untuk 6 $\emptyset 12$, maka A_s ada = $6 \cdot 200,96 = 1.205,76 \text{ mm}^2$
- \emptyset Tulangan Sengkang = 10 mm
- Selimut beton, $P = 35 \text{ mm}$

$d = h - P - \emptyset$ Tulangan sengkang $- (1/2 \emptyset$ Tulangan utama)

$d' = P + \emptyset$ Tulangan sengkang $- (1/2 \emptyset$ Tulangan tekan)



Gambar 4.7 Sketsa Tegangan Beton Rib *Settlement*
Sumber : Hasil Gambar, 2017

Untuk kebutuhan penulangan yang digunakan, diantaranya:

- Tulangan utama = 6 Ø 16 ($A_s = 1.205,76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan pokok sekunder = Ø 10 – 250 ($A_s = 314 \text{ mm}^2$)
- Tulangan geser praktis = Ø 10 – 250 ($A_s = 314 \text{ mm}^2$)

e. Penulangan Pelat

Beban yang diperhitungkan, $q_a = 514,095 \text{ KN/m}^2$

Lebar pelat yang ditinjau, $c = 0,018 \text{ m}$

$q_u =$ Beban q_a selebar c

$$= q_a \cdot c = 514,095 \cdot 0,018 = 9,254 \text{ KN/m}$$

$f_y = 240 \text{ Mpa}$

$P = 35 \text{ mm}$

$f_c' = 20,75 \text{ Mpa}$

$t = 200 \text{ mm}$

Bentang pelat, jarak antar rib:

$L_y = 1350 \text{ mm}$

$L_x = 1350 \text{ mm}$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{1.350}{1.350} = 1 < 2, \text{ maka gunakan tulangan rangkap.}$$

Asumsi :

Ø tulangan rencana = 12 mm

Menentukan tinggi serat tekan terluar ke titik berat tulangan tekan (d') dan tinggi efektif pelat (d).

$$d' = 35 + 6 = 41 \text{ mm}$$

$$d = 200 - 35 - 6 = 159 \text{ mm}$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{41}{159} = 0,2$$

Menghitung nilai rasio penulangan maksimal ρ_{\max} .

$$\rho_{\max} = \beta \cdot \frac{4500}{6000 + f_y} \cdot 0,85 \frac{f_c'}{f_y}$$

$$= 0,045$$

Menghitung nilai rasio penulangan minimum ρ_{\min} .

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0058$$

Menggunakan skema penyaluran beban pelat tipe II:

$$Mlx = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot x \rightarrow x = 25$$

$$Mly = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot x \rightarrow x = 25$$

$$Mtx = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot x \rightarrow x = 51$$

$$Mty = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot x \rightarrow x = 51$$

f. Perhitungan Konstruksi Sarang Laba-Laba Rib Konstruksi

Dalam perhitungan tebal ekivalen KSSL, pengaruh dari perbaikan tanah dianggap = 0. Dengan perhitungan seperti pada rib *settlement*, maka didapatkan:

Kolom	140 x 140 mm
Tebal Pelat, t	200 mm
Tebal Rib, b	110 mm
hk	0,014 m, Maka, tinggi rib konstruksi 1000 mm.
Jari – jari, R	213 mm
Tebal ekivalen, t_e	70 cm
P max	740,37 KN
P1	525,085 KN/m ² (sebagian beban yang terdistribusi habis).
Ps	15,496 KN
Nilai c	0,0062
F	1,44 m ²
q = 204,063 ≤ 514,095,35 KN/m ² (memenuhi)	
Momen Maks	0,615 KN.m

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan pada Desain Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba Pada Proyek Mini Extraction for Asphalt Buton, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Jenis tanah dilapangan berdasarkan hasil tes laboratorium termasuk kelas A-7-5 dalam metode AASHTO dan kelas MH (lanau yang memiliki plastisitas tinggi), berdasarkan kedua metode tersebut menjelaskan bahwa jenis tanah yang ada dilapangan termasuk ke tanah lempung berlanau.
2. Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL) merupakan pondasi dangkal dengan tipe modifikasi dari pondasi rakit, dengan kedalaman (D_f) = 1100 mm < lebar pondasi (B) = 3400 mm.
3. Daya dukung ijin pondasi (q_a) KSSL dengan rumus Mayerhof sebesar 514,095 KN/m². Hasil tersebut merupakan 1,5 dari daya dukung pondasi rakit, karena memiliki faktor-faktor yang dapat menguntungkan, diantaranya:
 - a. Pembesian minimum pada rib dan pelat
 - b. Ketahanan terhadap *differensial settlement* karena tegangan akibat beban sudah merata pada lapisan tanah pendukung.
 - c. Total settlement menjadi lebih kecil, karena pengaruh terhadap pemadatan yang efektif pada lapisan tanah dan bekerjanya tegangan geser pada rib terluar dari KSSL.
 - d. Ketahanan terhadap gempa menjadi lebih tinggi, karena adanya rib-rib diagonal disamping rib-rib yang melintang dan membujur, dan KSSL merupakan suatu konstruksi yang monolit dan kaku.

4. Luasan pondasi sebesar $8,174 \text{ m}^2$ terjadi tegangan terhadap tanah dasar sebesar $35,92 \text{ KN/m}^2 < \text{ daya dukung ijin sebesar } 514,095 \text{ KN/m}^2$ (**memenuhi**) dalam artian daya dukung ijin mampu menahan tegangan tanah dasar pondasi.
5. Penurunan seketika sebesar $0,54 \text{ cm}$, sedangkan penurunan konsolidasi primer sebesar $1,8 \text{ cm}$. Maka total penurunan pondasi KSSL yang dialami tanah sebesar $2,34 \text{ cm}$.
6. Beban aksial maksimum sebesar $293,58 \text{ KN}$ menghasilkan penampang kolom $140 \times 140 \text{ mm}$ dengan tulangan pokok yang digunakan yaitu $6 - \text{Ø } 12$ dan tulangan geser $\text{Ø } 10 - 130$.
7. Adanya rib dibawah pelat, maka menghasilkan pelat yang memiliki kekakuan atau tebal ekuivalen (t_e) yang tinggi. Di dalam KSSL kekakuan yang tinggi ini dapat mereduksi *differensial settlement*.

Adapun tebal ekuivalen rib sebagai berikut:

Rib settlement = 77 cm

Rib konstruksi = 70 cm .

8. Dimensi rib yang didapatkan diantaranya:

a. Rib *settlement*:

- Kolom $140 \times 140 \text{ mm}$
- Tinggi = 1100 mm
- Tebal pelat = 200 mm
- Tebal rib = 110 mm

b. Rib konstruksi:

- Kolom $140 \times 140 \text{ mm}$
- Tinggi = 1000 mm
- Tebal pelat = 200 mm
- Tebal rib = 110 mm

9. Penulangan yang direncanakan, diantaranya:

a. Rib *settlement*:

- Tulangan pokok = $6 \text{ Ø } 16$
- Tulangan pokok sekunder = $\text{Ø } 12 - 250$
- Tulangan geser praktis = $\text{Ø } 10 - 250$

Untuk pelat didapatkan dimensi penulangan:

- As Lx tarik digunakan $\text{Ø } 12 - 100$ ($A_s = 1131 \text{ mm}^2$).
- As Lx tekan digunakan $\text{Ø } 12 - 200$ ($A_s = 565 \text{ mm}^2$).
- As Ly tarik digunakan $\text{Ø } 12 - 100$ (905 mm^2).
- As Ly tekan digunakan $\text{Ø } 12 - 200$ ($A_s = 565 \text{ mm}^2$).
- As tix tarik digunakan $\text{Ø } 12 - 100$ ($A_s = 1131 \text{ mm}^2$).
- As tix tekan digunakan $\text{Ø } 12 - 200$ ($A_s = 565 \text{ mm}^2$).
- As tiy tarik digunakan $\text{Ø } 12 - 100$ ($A_s = 1131 \text{ mm}^2$).
- As tiy tekan digunakan $\text{Ø } 12 - 200$ ($A_s = 565 \text{ mm}^2$).

b. Rib konstruksi:

- Tulangan pokok = $6 \text{ Ø } 16$
- Tulangan pokok sekunder = $\text{Ø } 12 - 250$
- Tulangan geser praktis = $\text{Ø } 10 - 250$

Untuk pelat didapatkan dimensi penulangan:

- As Lx tarik digunakan $\text{Ø } 12 - 100$ ($A_s = 1131 \text{ mm}^2$).
- As Lx tekan digunakan $\text{Ø } 12 - 200$ ($A_s = 565 \text{ mm}^2$).
- As Ly tarik digunakan $\text{Ø } 12 - 100$ (905 mm^2).
- As Ly tekan digunakan $\text{Ø } 12 - 200$ ($A_s = 565 \text{ mm}^2$).
- As tix tarik digunakan $\text{Ø } 12 - 100$ ($A_s = 1131 \text{ mm}^2$).
- As tix tekan digunakan $\text{Ø } 12 - 200$ ($A_s = 565 \text{ mm}^2$).

- As tiy tarik digunakan $\varnothing 12 - 100$ ($A_s = 1131 \text{ mm}^2$).
As tiy tekan digunakan $\varnothing 12 - 200$ ($A_s = 565 \text{ mm}^2$).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan untuk Tugas Akhir, maka peneliti memberikan beberapa saran, diantaranya:

1. Untuk melakukan analisa dan perhitungan secara manual, dibutuhkan ketelitian dan pemahaman yang baik terhadap konsep, teori dan rumus untuk mendapatkan pendekatan sebagai solusi dari permasalahan.
2. Untuk penelitian selanjutnya, diperlukan analisa berbandingan terhadap kelebihan dari masing-masing jenis pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute . (2013). *Welded Tanks for Oil Storage 12th Edition*. Dalam *API 650*. American Petroleum Institute.
- Badan Standarisasi Narional. (2002). *Tangki Baja Las Untuk Penimbun Minyak*. Dalam *SNI 13-3501-2002*. Badan Standarisasi Narional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Dalam *SNI 03-2847-2002*. Badan Standarisasi Nasional.
- Bowles, J. E. (1991). *Analisa dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 1*. 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.
- Hadihardja, J. (1997). *Rekayasa Fundasi II, Fundasi Dangkal dan Fundasi Dalam*. Depok: Gunadarma.
- Haryono, R.C, M. (2007). *Analisa Penggunaan Pondasi Sarang Laba-Laba Pada Gedung BNI '46 Wilayah 05 Semarang*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Holtz, Robert D, K. (1981). *An Introduction To Geotechnical*. Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanic Series.
- Marcelina, L. (2014). *Alternatif Pondasi Dangkal Pada Konstruksi Tangki Minyak*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Ryantori, I. S. (1984). *Konstruksi Sarang Laba-Laba*. Surabaya: PT. Katama Suryabumi.
- Sosrodarsono, S. N. (1984). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: Pradnya Paramita.