

Analisis Perencanaan Fondasi Pada Tower BTS XL di Desa Lamreung Kec. Darul Imarah Kab. Aceh Besar Provinsi Nanggro Aceh Darusalam

Raden Adhisatyo Trengginas, Sekar Mentari

Program Studi Teknik Sipil, Tanri Abeng University

Jl. Swadarma Raya No.58, Ulujami, Kec. Pesanggrahan, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota
Jakarta 12250

Email: raden.adhisatyo07@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dan komunikasi di Indonesia memacu peningkatan pembangunan menara pemancar di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan mendesain struktur fondasi menara pemancar tipe “*Self Supporting Tower*” di Desa Lamreung Kec. Darul Imarah Kab. Aceh Besar Provinsi Nanggro Aceh Darusalam, sehingga perencanaan beban angin dan data tanah diambil dari lokasi tersebut. Menara di desain setinggi 42 meter. Untuk analisis struktur digunakan program bantuan program PCaMats berdasarkan data tanah yang ada. Beban angin dihitung menggunakan bantuan program MS.TOWER berdasarkan TIA/EIA-222-F. Tujuan akhir penelitian ini adalah menghitung daya dukung fondasi, memeriksa stabilitas terhadap guling dan geser, merencanakan dimensi fondasi, dan dapat menentukan penulangan yang optimum. Dan hasil dari penelitian dapat dianalisis menggunakan fondasi rakit dengan dimensi 7,5m x 7,5m dan tebal 0,35m pada kedalaman 1,8 dibawah permukaan tanah, didapatkan faktor keamanan 1,58 terhadap stabilitas terhadap daya dukung, 8,12 untuk stabilitas terhadap guling dan 9,41 untuk stabilitas terhadap geser. Fondasi tersebut dapat dinyatakan mampu menahan beban yang bekerja. Tulangan yang digunakan untuk Fondasi sesuai dengan perhitungan, yaitu 20D16 untuk tulangan longitudinal pedestal, \varnothing 10–250mm untuk tulangan sengkang pedestal, D16-200mm untuk tulangan slab baik arah X atau Y maupun atas atau bawah dan D16-100 untuk tulangan pad.

Kata Kunci: *Self-supporting Tower, perencanaan fondasi, menara pemancar, fondasi rakit.*

ABSTRACT

The development of technology and communication in Indonesia has spurred an increase in tower construction transmitter in Indonesia. This study aims to analyze and design the foundation structure of the "Self-Supporting Tower" type transmitter tower in Lamreung Village, Darul Imarah District, Aceh Besar Regency, Nanggro Aceh Darusalam Province, so that wind load planning and soil data are taken from that location. The tower is designed as high as 42 meters. For structural analysis, the PCaMats program was used based on existing soil data. Wind load is calculated using the help of the MS.TOWER program based on TIA/EIA-222-F. The final objective of this research is to calculate the bearing capacity of the foundation, check the stability against overturning and shear, plan the dimensions of the foundation, and determine the optimum reinforcement. And the results of the study can be analysed using a raft foundation with dimensions of 7.5 m x 7.5 m and 0.35 m thick at a depth of 1.8 below the ground surface, obtained a safety factor of 1.58 for stability to bearing capacity, 8.12 for stability against overturning and 9.41 for stability against shear. The foundation can be declared capable of withstanding the working load. The reinforcement used for the foundation is in accordance with the calculation: 20D16 for pedestal longitudinal reinforcement, 10–250mm for pedestal stirrup reinforcement, D16-200mm for slab reinforcement in either X or Y direction or up or down and D16-100 for pad reinforcement.

Keywords: *Self-supporting Tower, foundation planning, transmitter tower, raft foundation.*

1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Seiring dengan perkembangan zaman, perkembangan teknologi yang pesat di Indonesia, terutama pada bidang telekomunikasi baik di kota besar maupun kecil. Telepon genggam yang dahulu hanya berfungsi sebagai media komunikasi dua arah baik telepon atau berkirim pesan sekarang sudah menjadi multifungsi. Sebuah telepon genggam dapat bekerja apabila menerima sinyal dari menara pengirim sinyal *Base Transceiver Station (BTS)*, dengan meningkatnya pengguna telepon genggam maka diperlukan peningkatan jumlah menara pengirim sinyal tersebut.

Menara pengirim sinyal merupakan struktur bangunan yang terdiri dari struktur utama berupa rangkaian struktur baja dan struktur bawah berupa fondasi. Agar menara tersebut dapat berdiri kokoh untuk menahan beban sendiri dan beban hidup maka harus di perhitungkan kekuatannya begitu pun untuk fondasi, artinya kapasitas fondasi haruslah cukup untuk menahan beban yang ada di atasnya untuk selanjutnya disalurkan ke dalam lapisan tanah.

Perencanaan fondasi pada proyek Tower BTS XL di Desa Lamreung Kec. Darul Imarah Kab. Aceh Besar Provinsi Nanggro Aceh Darusalam agar fondasi tersebut dapat menahan beban serta didapatkan dimensi dan penulangan dengan se-efisien mungkin.

Pada penelitian ini akan membahas fondasi rakit (*raft foundation*) yang akan dipakai dalam proyek Tower BTS XL di Desa Lamreung Kec. Darul Imarah Kab. Aceh Besar Provinsi Nanggro Aceh Darusalam.

2. METODE PENELITIAN

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti atau pihak pertama. Dalam hal ini, penulis memperoleh data primer langsung dari karyawan yang mengerjakan proyek Tower BTS XL di Desa Lamreung Kec. Darul Imarah Kab. Aceh Besar Provinsi Nanggro Aceh Darusalam.

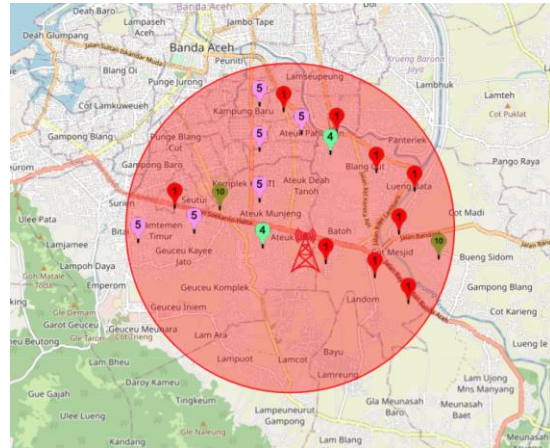
2. Data Sekunder

Yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung dalam penelitian atau dari pihak lain yang terkait dengan objek yang diteliti. Data ini bisa diperoleh dari studi pustaka berupa buku, referensi, dokumen, dan sebagainya yang berfungsi untuk melengkapi data primer. Data yang diperlukan dari data sekunder , yaitu:

- a. Dimensi standar untuk *raft foundation* untuk Tower BTS.

- b. Data Hasil Laboratorium tanah di lokasi.

2.1 Tempat dan waktu penelitian

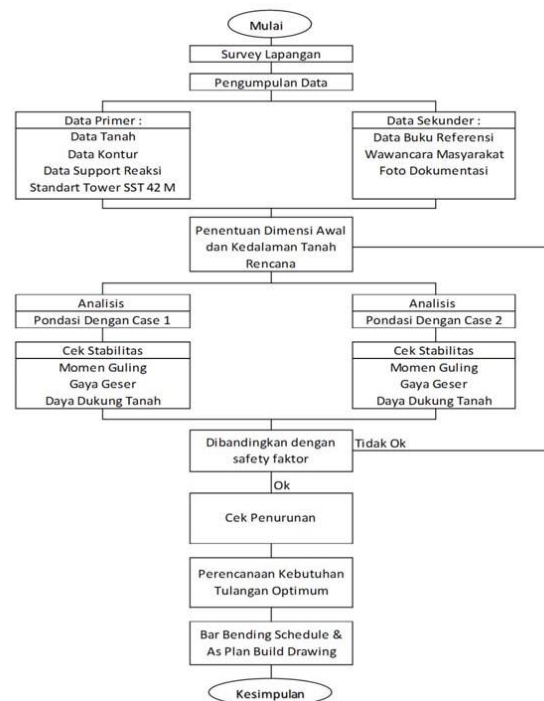


Gambar 1. Lokasi Proyek Pembangunan Tower BTS XL di Desa Darul Imarah (sumber: Googlemaps TBGSys, 2008)

Dengan data Primer dan Sekunder waktu pelaksanaan penelitian adalah Semester ganjil di Tanri Abeng University antara bulan Januari sampai April 2021.

2.2 Bagan alir penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir berikut:



Gambar 2. Alur Rencana Pelaksanaan Penelitian

Penjelasan sistematika bagan alir metodologi. Dimulai dengan survey lapangan untuk mendapatkan data yang diperlukan. Data yang didapat berupa Data Primer dan Data sekunder. Dari data tersebut dilanjutkan dengan penentuan dimensi

awal dan kedalaman tanah rencana. Selanjutnya mulai menganalisis fondasi dengan *case* yang di dapat dari perhitungan MS.TOWER. pada tahap analisis ini *case* 1 dan 2 dilakukan tahapan cek stabilitas nya pada Momen guling, gaya geser, dan daya dukung tanah. Kemudian dilakukan perbandingan dengan Faktor Keamanan (FK), jika tidak memenuhi Faktor Keamanan akan kembali pada tahapan penentuan dimensi awal dan kedalaman tanah rencana. Jika memenuhi syarat safety faktor dilanjutkan ke tahap cek penurunan, lalu Perencanaan kebutuhan tulangan Optimum, terakhir yaitu dengan dibuatnya *Bar Bending Schedule* dan *As Plan Drawing* nya.

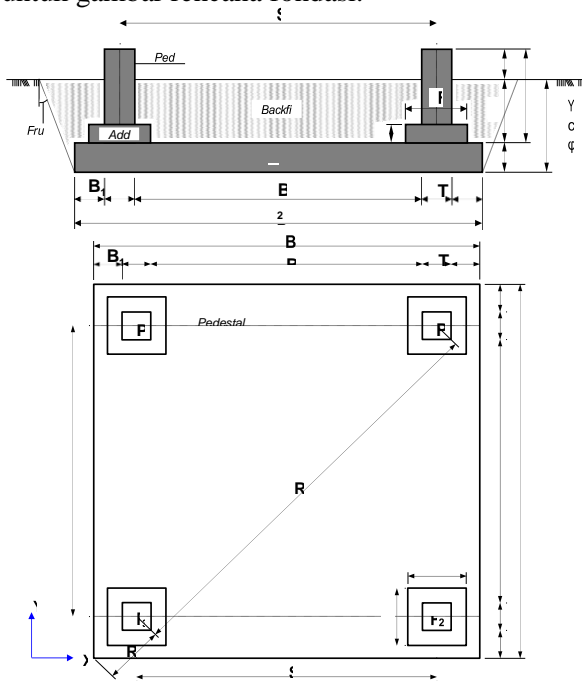
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Keterangan ukuran Fondasi

Foundation Geometry													
S	B1	B2	B	D	T	H1	H2	H	Z	R1	R2	E	F
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
3,400	1,75	2,80	7,50	0,35	0,60	0,70	1,45	2,15	1,8	4,81	2,90	0,20	1,20

3.1 Geometri Fondasi

Berikut dapat dilihat pada gambar di bawah ini untuk gambar rencana fondasi.



Gambar 3. Rencana Layout Fondasi

3.2 Reaksi Perletakan Tower SST-42M

Berdasarkan nilai reaksi perletakan (*support reaction*) rencana, maka besarnya beban yang bekerja adalah beban yang terdapat pada pedestal / kolom tipe tower SST 42 m yaitu berdasarkan tabel di bawah ini.

Tabel 2. Reaksi Perletakan standar tower SST-42 m

Pedestal	Case 1 - Overturning to The Corner of Slab				
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)
1	-9,416	8,627	14,687	-0,335	-0,274
2	-19,708	20,170	-345,982	0,250	0,264
3	-7,070	10,941	48,337	-0,232	-0,377
4	-22,040	22,534	409,124	0,352	0,367
Resultant	-58,234	62,272	126,166	0,035	-0,020
Pedestal	Case 2 - Overturning to The Edge of Slab				
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)
1	-9,651	22,248	299,500	0,072	0,490
2	6,828	19,529	-225,235	-0,050	-0,372
3	-7,654	19,561	-236,398	-0,021	0,378
4	9,509	21,521	288,298	0,063	-0,465
Resultant	-0,968	82,859	126,165	0,064	0,031

3.3 Spesifikasi Material

- Beton K-225:
 - Kuat tekan : 18,675 MPa
 - berat jenis : 2400 kg/cm²
 - Modulus elastisitas : 19268.3 MPa
 - Possion rasio : 0,2
- Baja ST-37:
 - Tegangan Leleh : 240 MPa
 - Tegangan Putus : 370 MPa
 - Modulus elastisitas : 200000 MPa

3.4 Parameter Tanah

Berdasarkan hasil Uji Sondir dan yang dilakukan dilapangan, maka didapatkan hasil uji lab sebagai berikut.

Tabel 3. Data Sondir

Kedalaman (m')	Penetrasi Konus (kg/cm ²)	Jumlah Perlawanan (kg/cm ²)
0.00	0	0
0.20	10	14
0.40	18	23
0.60	14	18
0.80	12	17
1.00	10	15
1.20	8	12
1.40	10	15
1.60	12	17
1.80	14	19
2.00	10	15

$$q_c = 14 \text{ kg/cm}^2 \text{ pada kedalaman (1.8 m)}$$

$$= 140 \text{ t/m}^2 \text{ pada kedalaman (1.8 m)}$$

$$q_{all} = q_c / 15 * (\text{Bowles, 1996})$$

$$= 9,33 \text{ t/m}^2$$

$$= 91,5 \text{ kN/m}^2 \text{ diinput ke PcaMats}$$

Tabel 4. Data Ringkasan Hasil Lab

SNI 1965-2008		
Keterangan		Nilai
Kadar air	%	23.114
Berat Volume	Grami/Cm ³	1.541
Derajat Kejuhunan	%	95.215
Porositas	%	38.019
Angka Pori	%	24.471
Liquid Limit	%	42.96
Plastis Limit	%	30.85
Plastisitas Indeks (PI)	%	12.11
Koefisien Permeabilitas	Cm/Detik	-
Indeks Rekomresi	Cr	-
Indeks Kompresi	Gc	-
φ	(Derajat)	9.64
Specific Gravity		2.487
Lempung / Lanau	%	43.475
Pasir	%	56.525
Kerikil	%	0.000
Warna		Putih Bercah Merah

Keterangan :

- Sudut geser (φ) = 9,64°
- Kohesi tanah (C) = 0,155 Kg/cm²
- Kadar air (W) = 23,114%
- Berat spesifik (Gs) = 2,487 gr/cm³
- Berat jenis tanah (γs) = 1,54 gr/cm³

Modulus reaksi tanah dasar

- k = 120 * qall (Bowles, 1996)
- k = 120 * 91.5 kN/m²
- k = 10980 kN/m³ diinput ke PcaMats

3.4.1 Volume tanah

$$= \frac{\left\{ \left(\left(\left(\tan 30^\circ \cdot H_2 \right) + 2 \right) + B \right)^2 + \left(\left(\left(\tan 30^\circ \cdot H_2 \right) + 2 \right) + B \right)^2 \right\} \cdot H_2}{3} - \left\{ \left(\left(T^2 \right) \cdot \left(H_2 - E \right) + \left(\left(F^2 \right) \cdot E \right) \right) \cdot 4 \right\}$$

$$= \frac{\left\{ \left(\left(\left(\tan 30^\circ \cdot 1.45 \right) + 2 \right) + 7.5 \right)^2 + \left(7.5 \right)^2 + \left\{ \left(\left(\tan 30^\circ \cdot 1.45 \right) + 2 \right) + 7.5 \right\}^2 \right\} \cdot 1.45}{3} - \left\{ \left(\left(0.6^2 \right) \cdot \left(1.45 - 0.2 \right) + \left(1.2^2 \right) \cdot 0.2 \right) \cdot 4 \right\}$$

$$= 101,126 - 2,952$$

Vs = 98,2 m³

3.4.2 Berat tanah

= Vs * γs * g

= 98,2 * 1,54 * 9,807

Ws = 1482,7 kN/m³

3.4.3 Tekanan tanah di atas slab

$$= \frac{Ws}{(B^2) - (T^2) + (F^2) * 4}$$

$$= \frac{1482,7}{(7,5^2) - (0,6^2) + (1,2^2) * 4}$$

= 30,228 kN/m²

Ps = 30228 Pa... diinput ke PcaMats

3.4.4 Volume beton pedestal

= (H-E) * (T²)

= (2,15-0,2) * 0,62

Vc = 0,76 m³

3.4.5 Tekanan beton di atas slab

$$= \frac{17,887}{0,36}$$

= 49,68 kN/m²

Pc = 49680 Pa... diinput ke PcaMats

Berdasarkan *output* dari *PcaMats* didapatkan *Max. Base pressure / tekanan* maksimal yang diakibatkan beban fondasi sebesar 69,0 kN/m², didapatkan dari akibat tekanan reaksi perletakan Case 1

FK Daya dukung = $\frac{qall}{max.base\ pressure}$

FK Daya dukung Case 1 = $\frac{91,5}{69,0}$

= 1,32 > 1,0 (*max.ratio*)... ok

FK Daya dukung Case 2 = $\frac{91,5}{57,65}$

= 1,58 > 1,0 (*max.ratio*)... ok

3.6 Pemeriksaan Stabilitas Fondasi Rakit

3.6.1 Cek Stabilitas terhadap guling

Tabel 5. Gaya Guling yang terjadi pada case 1

Item	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Moment Arm (m)	
				H (m)	L (m)
P1	-9,416	8,627	14,687	2,50	7,71
P2	-19,708	20,170	-345,982	2,50	5,30
P3	-7,070	10,941	48,337	2,50	2,90
P4	-22,040	22,534	409,124	2,50	5,30
Weight of Soil (kN)		1482,7		5,30	
Weight of Conc. (kN)		556,59		5,30	

ΣMg = FxP1/cos 45. Hp1 + FxP2/cos 45. Hp2 + FxP3/cos 45. Hp3 + FxP4/cos 45. Hp4 + FzP2.Lp2

ΣMg = -33,29 + -69,68 + -25 + -77,93 + 1833,7 = 1627,8 kN-m

ΣMt = Ws.Hs + Wc.Hc + FzP1.Lp1 + FzP3.Lp3 + FzP4.Lp4

ΣMt = 7858,31 + 2949,927 + 113,236 + 140,177 + 2168,357

ΣMt = 13230,01 kN-m

FK Guling = $\frac{EMt}{EMg}$

= $\frac{13230,01}{1627,8}$

= 8,12 > 1,5 (*Safety faktor*). Ok

Tabel 5. Gaya guling yang terjadi pada Case 2

Item	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Moment Arm (m)	
				H (m)	L (m)
P1	-9,651	22,248	299,500	2,50	2,05
P2	6,828	19,529	-225,235	2,50	5,45
P3	-7,654	19,561	-236,398	2,50	5,45
P4	9,509	21,521	288,298	2,50	2,05
Weight of Soil (kN)		1482,7		3,75	
Weight of Conc. (kN)		556,59		3,75	

$$\Sigma M_g = F_z P_2 \cdot L_{p2} + F_z P_3 \cdot L_{p3}$$

$$\Sigma M_g = 1227,53 + 1288,36 = 2515,89 \text{ kN-m}$$

$$\Sigma M_t = W_s \cdot H_s + W_c \cdot H_c + F_z p_1 \cdot L_{p1} + F_z p_4 \cdot L_{p4}$$

$$\Sigma M_t = 5560,125 + 2087,212 + 613,975 + 591,01 = 8852,322 \text{ kN-m}$$

$$FK \text{ Guling} = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g}$$

$$= \frac{8852,322}{2515,89}$$

$$= 3,51 > 1,5 \dots ok$$

3.6.2 Cek Stabilitas terhadap geser

$$FK \text{ geser} = \frac{(W_s + W_c + F_z) \text{tg } \theta^\circ}{F_y}$$

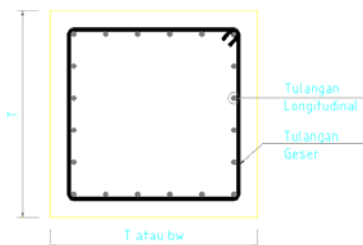
$$= \frac{(1482,7 + 556,59 + 126,166) \text{tg } 20^\circ}{82,859}$$

$$= \frac{779,56}{82,859}$$

$$= 9,41 > 1,5 \dots ok$$

3.7 Cek Kebutuhan Tulangan

3.7.1 Tulangan Longitudinal



Gambar 4. Ilustrasi tulangan pedestal

$$A_g = T_2 = 0,62 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$A_{st1} = 0,36/100 = 0,0036 \text{ m}^2$$

Coba dengan:

$$Dia = D \text{ 16 mm}$$

$$\text{Jumlah} = 20$$

$$A_{st2} = 3,14 \cdot \left(\frac{16}{2}\right)^2 \cdot 20 \cdot 0,000001 = 0,0040$$

$$A_{st2} > A_{st1} \text{ Mutu baja ST-37}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

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

$$\phi = 0,65$$

Kebutuhan :

$$\phi P_n > P_u$$

Dimana :

$$P_u = F_z = 30,55 \text{ ton}$$

$$P_n = 0,80 \cdot \phi [0,85 \cdot f'_c (A_g - A_{s2}) + f_y \cdot A_{s2}]$$

$$= 0,80 \cdot 0,65 [0,85 \cdot 18,675 (360 - 400) + 240 \cdot 400] = 0,000102$$

$$= 382,90 \text{ ton}$$

$$\phi P_n = P_n \cdot \phi$$

$$= 382,90 \cdot 0,65 = 248,88 \text{ ton}$$

Jadi, $\phi P_n > P_u = 248,88 \text{ ton} > 30,55 \text{ ton} \dots ok$

3.7.2 Tulangan Geser

Coba dengan:

Dia = 10 mm

Gunakan jarak antar sengkang dari nilai terkecil dari :

$$16x \text{ diameter tulangan longitudinal} = 16 \cdot 16 = 256 \text{ mm}$$

$$48x \text{ diameter tulangan sengkang} = 48 \cdot 10 = 480 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil ukuran jarak terkecil} = D \cdot 1000 = 0,6 \cdot 1000 = 600 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai, Jarak = 256 mm = 250 mm

Cek kuat geser:

$$A_{s \text{ min-1}} (\text{mm}^2) = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w S}{f_y} \quad \text{not less than } A_{s \text{ min-2}} (\text{mm}^2) = \frac{b_w S}{3f_y}$$

$$(1) A_s \text{ min} = \frac{1}{16} \sqrt{18,675} \cdot 0,98 \frac{600 \cdot 250}{240} = 170,67 \text{ mm}^2$$

$$(2) A_s \text{ min} = \frac{600 \cdot 250}{3 \cdot 240} = 212,77 \text{ mm}^2$$

Gunakan : (2) $A_s \text{ min} = 212,77 \text{ mm}^2$ Kuat geser Actual :

$$A_v = 2 \cdot 3,14 (Dia / 2)^2$$

$$A_v = 2 \cdot 3,14 (10/2)^2 = 157 \text{ mm}^2$$

thus: $A_s < \text{used } A_{s \text{ min}} \rightarrow \text{Need Additional U-Stirrup!} \rightarrow \text{Try to Use U-Stirrup Dia. (mm) = 10}$
Direction of U-Stirrup = 1
Spacing of U-Stirrup (mm) = 250
 $A_{s \text{ min}} (\text{mm}^2) = 157$.

Kemudian, tulangan geser actual menjadi :

$$A_v' = A_v + A_{v1} = 157 + 157 = 314 \text{ mm}^2$$

Check : $A_v' > A_s \text{ min} = 314 \text{ mm}^2 > 212,77 \text{ mm}^2 \text{ ok}$

3.7.3 Tulangan Sengkang

where :

$$\phi = \text{shear strength reduction factor} = 0,65$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c (\text{lb}) = 2 \left(1 + \frac{N_u}{2000 A_g}\right) \sqrt{f'_c} b_w d$$

Dimana :

$$N_u = C = F_z = 409,124 \cdot 224,8809 = 91974,72 \text{ lb}$$

$$A_g = (T_2) \cdot 1550,003 = 0,62 \cdot 1550,003$$

$$= 558 \text{ in}^2$$

$$b_w = T * 39,36996 = 0,6 * 39,37$$

$$= 23,62 \text{ in}$$

$$d = (T - (\text{conc.cover}/1000) - (\text{Dia}/1000) - (\text{Dia}/1000)/2) * 39,37$$

$$= (0,6 - 0,005 - 0,0010 - 0,0016/2) * 39,37$$

$$= 20,94 \text{ in}$$

$$f_c' = 186,75 * 14,223$$

$$= 2656,21 \text{ psi}$$

Jadi,

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{91974,72}{2000 * 558} \right) \sqrt{2656,21} * 23,62 * 20,94$$

$$= 55201,07 \text{ lb}$$

$$V_c = 55201,07 * 0,0004535924 = 25,04 \text{ ton}$$

$$V_s (\text{ton}) = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$V_s = \frac{\left(\frac{157}{1000000} \right) * (10 * 102) * 0,6 - \left(\frac{50}{1000} \right) - \left(\frac{10}{1000} \right) - \left(\frac{16}{1000} \right) / 2}{250/1000}$$

$$V_s = 8,01 \text{ ton}$$

Oleh karena itu,

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 25,04 \text{ ton} + 8,01 \text{ ton}$$

$$= 33,05 \text{ ton}$$

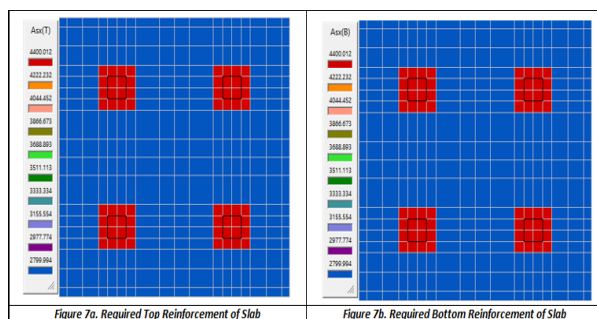
$$\phi V_n = 0,65 * 33,05 \text{ ton} = 21,48 \text{ ton}$$

$$V_u = 22,534 * 0,102 = 2,30 \text{ ton}$$

Check $\phi V_n > V_u = 21,48 \text{ ton} > 2,30 \text{ ton} \dots \text{ok}$

Tulangan Slab

Berdasarkan hasil dari PCaMats sebagai analisis *finite element*, kebutuhan tulangan slab yaitu:



Gambar 5. Kebutuhan tulangan arah X dan Y, atas dan bawah

Berdasarkan output dari PcaMats kebutuhan tulangan adalah baik arah-x maupun arah-y, dengan tekanan akibat beban tower.

$$A_s \text{ req} = 2799,99 + 2799,99 = 5599,988 \text{ mm}^2$$

dicoba dengan:

$$\text{Dia} = D 16 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = \left(\frac{7500 - \left(\frac{50}{1000} \right) * 2}{200/1000} + 1 \right) 2$$

$$= 76 \text{ pcs}$$

$$A_s \text{ tot} = 3,14 * (16/2)^2 * 76$$

$$= 15280,71 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tot} > A_s \text{ req}$$

$$15280,71 \text{ mm}^2 > 5599,988 \text{ mm}^2 \dots \text{ok}$$

Digunakan tulangan arah-x dan arah-y, atas dan bawah D 16 – 200 mm

1. Tulangan Pad

$$A_s \text{ req} = 4400,01 - 2799,99 = 1600,02 \text{ mm}^2$$

dicoba dengan:

$$\text{Dia} = D 16 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = \left(\frac{1200 - \left(\frac{50}{1000} \right) * 2}{100/1000} + 1 \right) 2$$

$$= 24 \text{ pcs}$$

$$A_s \text{ tot} = 3,14 * (16/2)^2 * 24$$

$$= 4825,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tot} > A_s \text{ req}$$

$$4825,5 \text{ mm}^2 > 1600,02 \text{ mm}^2 \dots \text{ok}$$

Digunakan tulangan pad D 16 – 100 mm

4. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan fondasi Tower BTS XL di Desa Lamreung Kec. Darul Imarah Kab. Aceh Besar Provinsi Nanggro Aceh Darusalam dapat disimpulkan:

1. Dengan menggunakan fondasi rakit (*raft foundation*) dengan dimensi 7,5x7,5m dan tebal 0,35m pada kedalaman 1,8m di bawah permukaan tanah, didapatkan faktor keamanan stabilitas terhadap daya dukung $1,58 > 1$ (max ratio), faktor keamanan untuk stabilitas terhadap guling $8,12 > 1,5$ (*safety factor*), untuk stabilitas terhadap geser $9,41 > 1,5$ (*safety factor*).
2. Tulangan yang digunakan untuk fondasi sesuai dengan perhitungan, yaitu 20D16 untuk tulangan longitudinal pedestal, $\phi 10$ -250 mm untuk tulangan sengkang pedestal, D16-200 mm untuk tulangan slab baik arah-x atau arah-y maupun atas atau bawah dan D16-100 mm untuk tulangan pad.

B. Saran

Perencanaan struktur bawah bangunan haruslah disesuaikan dengan kondisi tanah yang akan didirikan bangunan dan juga harus diperhatikan terhadap beban – beban yang akan didistribusikan ke struktur bawah bangunan, yaitu fondasi. Pembangunan Tower akan butuh waktu yang sangat lama mulai dari fondasi hingga struktur

selesai. Kontraktor akan memilih menggunakan design dimana biaya, mutu, waktu lebih optimum. Fondasi rakit (*raft foundation*) adalah pilihan yang tepat untuk kondisi tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada PT. XL Axiata, PT. Tower Bersama Group dan pihak proyek Pembangunan Tower Regional Sumbagut.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadila, S., (2014). Analisa Desain Struktur dan FIN Menara Pemancar Tipe Self Supporting Tower di Kota Palembang. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 2(4).
- Budi, G. S. (2011), *Pondasi Dangkal*, Andi, Yogyakarta
- Bowles, J. E., (1996). *Analisis Dan Desain Pondasi* Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., (1993). *Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*. Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta
- Hardiyatmo, H. C., (2011). *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*. Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Rahman, A. A., Hariati, F., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2020). Korelasi Nilai Daya Dukung Ultimit Tiang Bor Hasil Analisis Dengan Hasil Pengujian PDA Test (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi III A Ruas Simpang Yasmin-Simpang Salabenda). *Jurnal Komposit*, 4(2), 43-49.
- SNI 03-1726-2002. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-1726-2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 03-1727-2002. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- TIA Standard, (1996). *Structural standards for steel antenna towers and antenna supporting structures*. Telecommunications Industry Association.