

# ANALISIS PENURUNAN PONDASI RAKIT PADA TOWER RADIO KARTASURA JAWA TENGAH

Danny Erlangga Supriyadi

NRP : 0921023

Pembimbing : Ir. Asriwiyanti Desiani, M.T.

## ABSTRAK

Semakin meningkatnya kebutuhan akan informasi bagi manusia menjadikan sarana pertukaran informasi sebagai salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi perkembangan suatu daerah. Salah satu sarana pertukaran informasi tersebut adalah melalui gelombang radio. Untuk memperlancar pertukaran informasi melalui gelombang radio dibutuhkan tower pemancar. Salah satu solusi penopang beban struktur dan beban yang bekerja pada tower adalah menggunakan pondasi rakit.

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis penurunan (*settlement*) pondasi rakit (*Mat Foundation*) berdasarkan metode konvensional dan metode elemen hingga dengan menggunakan perangkat lunak Plaxis 3D 2011. Beban yang diterima pondasi rakit berasal dari beban struktur tower radio setinggi 65 meter yang berfungsi sebagai tower pemancar gelombang radio. Selain hal diatas, akan dihitung pula dimensi, momen akibat beban angin, dan tulangan pondasi. Penyelidikan tanah yang dilakukan untuk mendapatkan parameter tanah yaitu menggunakan *Cone Penetration Test* (CPT) atau biasa disebut sondir. Dari hasil penyelidikan didapat jenis tanah yang mendominasi adalah *Silty Sand*, lapisan tanah dibagi menjadi 4 bagian dengan kedalaman berbeda.

Hasil analisis menghasilkan dimensi pondasi: panjang 6 m, lebar 6 m, dan tebal 0,3 m. Penurunan berdasarkan metode konvensional sebesar  $2,604 \times 10^{-3}$  m, sedangkan berdasarkan perangkat lunak Plaxis 3D 2011 sebesar  $7,951 \times 10^{-3}$  m. Perbedaan besar penurunan 67,25%, namun kedua penurunan tersebut masih dalam batas aman.

**Kata kunci:** Pondasi rakit, penurunan, Plaxis 3D

**ANALYSIS OF MAT FOUNDATION SETTLEMENT  
ON THE RADIO TOWER  
KARTASURA CENTRAL JAVA**

**Danny Erlangga Supriyadi**

**NRP : 0921023**

**Supervisor : Ir. Asriwiyanti Desiani, M.T.**

**ABSTRACK**

*The increasing need for people to make information exchange as very important need for the development of an area. One of these is a means of exchanging information via radio transmission. To facilitate the exchange of information through radio waves required transmitter tower. One solution is load-bearing structure and the load acting on the tower is using a raft foundation.*

*The purpose of this thesis is to analyze the settlement of raft foundation based on the conventional method and the finite element method using Plaxis 3D 2011 software. Mat foundation load received from the radio tower structural loads as high as 65 meters that serves as a radio transmitting tower. In addition to the above, the dimensions will be counted anyway, the moment due to wind load, and foundation reinforcement. Soil investigations carried out to obtain the soil parameters using the Cone Penetration Test (CPT) or usually called sondir. Obtained from the results of the investigation are dominating soil type silty Sand, soil layer is divided into 4 sections with different depths*

*Results of analysis produces foundation dimensions: length 6 m, width 6 m, and 0.3 m thick. Settlement based on conventional methods of  $2,604 \times 10^{-3}$  m, and based software Plaxis 3D 2011 at  $7.951 \times 10^{-3}$  m. The difference of settlement is 67.25%, but both are still in the safe limits.*

**Keywords:** *Mat foundation, Settlement, Plaxis 3D*

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN .....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR NOTASI .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Maksud Dan Tujuan .....	2
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan .....	2
1.4 Sistematika Penulisan .....	2
1.5 Lisensi Perangkat Lunak .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Tower Radio .....	4
2.2 Pondasi .....	4
2.2.1 Pondasi Rakit .....	5
2.2.2 Daya Dukung Pondasi Rakit .....	6
2.2.3 Penurunan Pelat .....	10
2.2.4 Penurunan Pada Tanah Pasir .....	11
2.3 Parameter Tanah .....	12
2.3.1 Jenis Tanah .....	12
2.3.2 Parameter Tanah $\gamma$ , $k$ , $E$ , $\phi$ , ( $\nu$ ), dan $K_s$ .....	13
2.4 Konstanta Pegas Tanah ( $K_s$ ) .....	19
2.5 Perencanaan Pondasi Rakit .....	23
2.5.1 Metode Kaku Konvensional ( <i>Conventional Rigid Method</i> ) .....	23
2.5.2 Metode Fleksibel ( <i>Flexible Method</i> ) .....	28
2.5.2.1 Metode Konstanta Pegas .....	28
2.5.2.2 Metode <i>Winkler</i> .....	29
2.5.2.3 Metode <i>Coupled</i> .....	30
2.5.2.4 Metode <i>Pseudo-Coupled</i> .....	31
2.5.2.5 Metode <i>Multiple-Parameter</i> .....	33
2.5.2.6 Metode Lentur Taksiran ( <i>Approximate Flexible Method</i> ).....	33
2.5.3 Metode Elemen Diskrit ( <i>Discrete Element Method</i> ).....	35
2.5.3.1 Metode Beda Hingga .....	35
2.5.3.2 Metode Kisi Hingga .....	36
2.5.3.3 Metode Elemen Hingga .....	39
2.6 Perangkat Lunak Plaxis .....	40

BAB III STUDI KASUS .....	41
3.1 Material Pondasi .....	41
3.2 Pembebanan Struktur .....	41
3.3 Data Tanah .....	46
3.3.1 Klasifikasi Jenis Tanah .....	48
3.3.2 Parameter Tanah $\gamma$ , $k$ , $E$ , $\varphi$ , ( $\nu$ ), dan $K_s$ .....	51
3.4 Penentuan Desain Pondasi Rakit .....	54
3.5 Perangkat Lunak PLAXIS 3D.....	54
3.5.1 Pemodelan Dan Analisis Menggunakan Perangkat Lunak PLAXIS 3D 2011 .....	54
BAB IV ANALISIS DATA .....	67
4.1 Parameter Tanah .....	67
4.2 Data Teknis Pondasi Rakit .....	67
4.3 Desain Pondasi Rakit .....	68
4.4 Analisis Penurunan Pondasi Rakit Dengan Metode Schmertmann .....	79
4.5 Analisis Penurunan Pondasi Rakit Dengan Perangkat Lunak PLAXIS 3D 2011 .....	81
4.6 Rekapitulasi Perhitungan Penurunan .....	82
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	83
5.1 Kesimpulan .....	83
5.2 Saran .....	83
DAFTAR PUSTAKA .....	84
DAFTAR LAMPIRAN .....	85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Pondasi Rakit Yang Lazim Digunakan. (a) Pelat Rata, (b) Pelat Tebal Dibawah Kolom, (c) Pelat Wafel. (d) Pelat Dengan Pedestal. (e) Tembok Basement Sebagai Bagian Dari Pelat.....	6
Gambar 2.2	Reduksi Momen Lentur Di Dalam Konstruksi Di Atas Tanah Dengan Menggunakan Pondasi Pelat.....	11
Gambar 2.3	Grafik Hubungan $q_c$ dan $FR$ .....	13
Gambar 2.4	Penentuan Nilai Konstanta Pegas Tanah Berdasarkan Beberapa Uji Coba. (a) penentuan $K_s$ berdasarkan uji tekan, (b) penentuan $K_s$ berdasarkan uji pembebanan [Bowles, 1983] .....	19
Gambar 2.5	Metode Penetapan $K_s$ Pada Persegi Dan Segitiga .....	22
Gambar 2.6	Distribusi Tegangan Dengan Metode Konvensional .....	24
Gambar 2.7	Asumsi Dalam Metode Konvensional Dimana Tegangan Parabolik Yang Bervariasi Dianggap Tidak Ada Sehingga Pendistribusian Tegangan Menjadi Lebih Sederhana .....	25
Gambar 2.8	Distribusi Tegangan Pada Pondasi Rakit a) <i>On Bedrock Or Very Hard Soil</i> , b) <i>On Stiff Soil</i> , c) <i>On Soft Soil</i> [Teng, 1962] .....	25
Gambar 2.9	Konstanta Pegas Tanah Menggunakan Analogi “ <i>Bed Of Springs</i> ” ..	29
Gambar 2.10	Penurunan Akibat Beban Merata Pelat Dan Tanah Yang Seragam: (a) Metode <i>Winkler</i> , (b) Aktual .....	31
Gambar 2.11	Pemodelan Interaksi Tanah – Struktur Menggunakan Coupling Pegas .....	31
Gambar 2.12	Tipikal Dari Pelat Yang Dibagi Menjadi Beberapa Bagian Untuk Metode <i>Pseudo – Coupled</i> . Nilai $K_s$ Yang Meningkatkan Mulai Dari Bagian Terdalam Hingga Bagian Terluar .....	32
Gambar 2.13	Faktor – Faktor $Z_i$ .....	34
Gambar 2.14	Elemen Beda Hingga Dengan Metode $rh \times h$ .....	35
Gambar 2.15	Metode Analisa Kisi Hingga .....	37
Gambar 2.16	Elemen Pelat Pada Metode Elemen Hingga .....	39
Gambar 3.1	Tampak Samping dan Denah Tower .....	44
Gambar 3.2	Sistem Konstruksi dan Rencana Antena .....	45
Gambar 3.3	Geometri Struktur Tower .....	46
Gambar 3.4	Grafik Hasil Sondir .....	48
Gambar 3.5	Grafik Hubungan $q_c$ dan $FR$ .....	49
Gambar 3.6	<i>Project Properties</i> .....	55
Gambar 3.7	Model Pada <i>Project Properties</i> .....	55
Gambar 3.8	<i>Modify Soil Layers</i> .....	57
Gambar 3.9	<i>Material Sets</i> .....	57
Gambar 3.10	<i>Input Parameter Tanah-General</i> .....	57
Gambar 3.11	<i>Input Parameter Tanah-Parameters</i> .....	57
Gambar 3.12	<i>Input Parameter Tanah-Flow Parameters</i> .....	58
Gambar 3.13	<i>Input Parameter Tanah-Interfaces</i> .....	58
Gambar 3.14	<i>Input Parameter Tanah-Initial</i> .....	58
Gambar 3.15	<i>Input Parameter Pelat</i> .....	59
Gambar 3.16	<i>Create Surface</i> .....	59
Gambar 3.17	Penentuan Material Pelat Pada <i>Selection Explorer</i> .....	60

Gambar 3.18	<i>Point Loads</i> .....	60
Gambar 3.19	<i>Input Nilai Beban Pada Selection Explorer</i> .....	61
Gambar 3.20	<i>Extrude</i> Untuk Pembuatan Volume Galian .....	61
Gambar 3.21	Volume Galian .....	62
Gambar 3.22	Penentuan Material Pada Volume Galian .....	62
Gambar 3.23	<i>Generate Mesh</i> .....	63
Gambar 3.24	<i>Phases Explorer</i> .....	64
Gambar 3.25	<i>Staged Construction</i> -Penggalian.....	64
Gambar 3.26	<i>Staged Construction</i> -Pengecoran Pelat .....	64
Gambar 3.27	<i>Staged Construction</i> -Penutupan Lubang Galian.....	64
Gambar 3.28	<i>Staged Construction</i> -Pembebanan Pada Pondasi.....	65
Gambar 3.29	<i>Calculation</i> .....	65
Gambar 3.30	Hasil <i>Output</i> .....	66
Gambar 4.1	Sketsa Pondasi Rakit .....	68
Gambar 4.2	Pembagian Area Pada Pondasi Rakit .....	71
Gambar 4.3	Diagram Momen Pada Pelat Pondasi Tanpa Pengaruh Gaya Geser Akibat Beban Angin .....	75
Gambar 4.4	Diagram Momen Pada Pelat Pondasi Dengan Pengaruh Gaya Geser Akibat Beban Angin .....	77
Gambar 4.5	Menghitung Penurunan Dengan Menggunakan Faktor Regangan ...	80
Gambar 4.6	<i>Output</i> Analisis <i>Plaxis 3D</i> .....	81
Gambar 4.7	Deformasi Pada Pelat Pondasi .....	81
Gambar 4.8	Deformasi Tanah Dibawah Pondasi .....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Faktor Daya Dukung .....	7
Tabel 2.2	Perbandingan Pondasi Telapak Sebar Dan Pondasi Rakit .....	10
Tabel 2.3	Batas Penurunan Maksimum (Skempton & MacDonald, 1955) .....	11
Tabel 2.4	Perkiraan Harga Berat Jenis Tanah Untuk Berbagai Tanah .....	14
Tabel 2.5	Harga Koefisien Rembesan .....	15
Tabel 2.6	Perkiraan Nilai E Untuk Beberapa Jenis Tanah .....	16
Tabel 2.7	Perkiraan Nilai-Nilai Yang Cocok Untuk Sudut Geser Dalam ( $\phi$ ) .....	18
Tabel 2.8	Perkiraan Nilai Poisson Ratio .....	18
Tabel 2.9	Jangkauan Nilai – Nilai Konstanta Pegas Tanah .....	21
Tabel 2.10	Luasan Yang Membantu Pada Tiap Simpul .....	22
Tabel 3.1	Hasil Analisis Berdasarkan 3 Kontrol Keamanan .....	43
Tabel 3.2	Reaksi Perletakan .....	43
Tabel 3.3	Data Sondir Pada Lokasi Pembanguna Tower .....	46
Tabel 3.4	Hasil Perkiraan Jenis Tanah Berdasarkan Klasifikasi Tanah Menurut Robertson .....	50
Tabel 3.5	Hasil Intepretasi Data Sondir .....	52
Tabel 4.1	Parameter Tanah .....	67
Tabel 4.2	Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Pondasi Rakit.....	82

## DAFTAR NOTASI

$A$	Luas pondasi
$A_s$	Luas baja tulangan per satuan panjang
$B$	Lebar pondasi
$c$	Nilai kohesi tanah
$C_1$	Faktor koreksi kedalaman
$C_2$	Faktor koreksi akibat rangkai
$D$	Kekakuan pelat
$E_f$	Modulus telapak
$E_s$	Modulus tanah
$d$	Tebal pelat
$e_i$	Peralihan
$F_{cd}$	Faktor kedalaman terhadap nilai kohesi
$F_{ci}$	Faktor inklinasi terhadap nilai kohesi
$F_{cs}$	Faktor lengkung terhadap nilai kohesi
$F_i$	Gaya titik nodal terhadap sumbu lokal
$F_{qd}$	Faktor kedalaman terhadap nilai beban
$F_{qi}$	Faktor inklinasi terhadap nilai beban
$F_{qs}$	Faktor lengkung terhadap nilai beban
$F_{\gamma d}$	Faktor kedalaman terhadap nilai berat volume tanah
$F_{\gamma i}$	Faktor inklinasi terhadap nilai berat volume tanah
$F_{\gamma s}$	Faktor lengkung terhadap nilai berat volume tanah
$f_c$	Kuat tekan beton
$f_y$	Kuat leleh baja tulangan
$G$	Berat jenis
$H$	Dimensi pelat
$I_x$	Momen inersia terhadap sumbu $x$
$I_y$	Momen inersia terhadap sumbu $y$
$I_z$	Faktor regangan
$J$	Konstanta torsi
$K_1$	Nilai dari pengujian beban pelat persegi sama sisi 1 x 1 kaki
$K_s$	Konstanta pegas
$L$	Jari – jari kekenyalan efektif
$M_u$	Momen terfaktor
$M_x$	Momen pada beban kolom terhadap sumbu $x$
$M_y$	Momen pada beban kolom terhadap sumbu $y$
$N_c$	Faktor daya dukung terhadap nilai kohesi
$N_q$	Faktor daya dukung terhadap nilai beban
$N_\gamma$	Faktor daya dukung terhadap nilai berat volume
$P$	Beban kolom
$P_i$	Gaya titik nodal
$Q$	Beban vertikal pada kolom pondasi
$q$	Tegangan efektif dibawah pondasi
$\bar{q}$	Tegangan pada dasar pondasi
$q_{net(u)}$	Daya dukung tanah bersih
$q_c$	Tahanan konus



$q_{net(all)}$	Daya dukung tanah bersih ijin
$q_u$	Daya dukung tanah ultimit
$t$	Waktu dalam satuan tertentu
$U$	Beban kolom terfaktor
$u_D$	Tegangan air pori di sepanjang pelat
$V$	Geseran per lebar satuan pelat
$W_f$	Berat sendiri pelat
$w$	Peralihan terhadap sumbu $z$
$x$	Perbandingan jarak $r/L$
$Z_i$	Faktor – faktor untuk menghitung penurunan, momen, dan geser dalam pondasi pelat yang fleksibel.
$\alpha$	Sudut kemiringan
$\gamma$	Berat jenis tanah
$\Phi$	Faktor reduksi = 0,85
$\Delta$	Penurunan di titik pelat
$\mu_c$	<i>Poisson ratio</i>