

STUDI BESAR TEGANGAN DAN PENURUNAN TANAH TERHADAP PERUBAHAN KETEBALAN PELAT PADA PONDASI PELAT (*MAT FOUNDATION*)

**Rugun
NRP: 0621019**

Pembimbing: Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.

ABSTRAK

Beban yang dipikul oleh pondasi pelat berasal dari beban struktur di atasnya dan berat sendiri dari pelat tersebut. Berat sendiri pelat sangat berkaitan dengan dimensi dari pelat tersebut yaitu panjang, lebar, dan tebal pelat. Oleh karena itu akan dilakukan penyelidikan pengaruh tebal pelat terhadap penurunan dan tegangan tanah yang terjadi, sehingga pada saat perencanaan tebal pelat yang digunakan adalah tebal pelat optimum. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis penurunan tanah dan respons tegangan tanah yang terjadi pada pondasi pelat akibat variasi dari tebal pelat pondasi, serta menentukan tebal pelat yang optimum berdasarkan besar penurunan dan tegangan tanah yang terjadi.

Pada penelitian ini pondasi yang direncanakan mempunyai dimensi sebesar 22 x 22 m², sedangkan tebal pelat pondasi yang berubah-ubah. Pondasi tersebut bertumpu di atas lapisan tanah yang homogen, dengan lima variasi ketebalan pelat yang berbeda. Analisis dan perhitungan pada perencanaan pondasi pelat, dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *SAFE 12.1.1* yang berbasis metode elemen hingga.

Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh suatu kesimpulan bahwa penambahan tebal pelat tidak berpengaruh terhadap penurunan pondasi pelat yang terjadi. Hal ini disebabkan karena dimensi pelat yang lebih berpengaruh terhadap penurunan adalah panjang dan lebar pelat. Penambahan tebal pelat akan menyebabkan peningkatan pada tegangan tanah maksimum dan tegangan tanah minimum yang terjadi, walaupun peningkatan tersebut tidak terlalu besar, karena respon tegangan tanah yang terjadi lebih dipengaruhi oleh pembebanan yang bekerja dan daya dukung dari tanah itu sendiri. Oleh karena itu tebal pelat optimum tidak dapat diperoleh pada penelitian Tugas Akhir ini.

Kata kunci: Pondasi pelat, Ketebalan pelat, Penurunan pondasi, Respon tegangan tanah, Tebal pelat optimum

SOIL PRESSURE AND SETTLEMENT ANALYSIS ON MAT FOUNDATION DUE TO CHANGES ON SLAB THICKNESS

**Rugun
NRP: 0621019**

Pembimbing: Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.

ABSTRACT

Load that imposed on mat foundation comes from the load of a structure on top of it and the mass of the mat foundation itself. The mass itself is related to the dimension of the mat, i.e. length, width, and thickness. Hence, analysis on effect of mat thickness on settlement and soil pressure should be done so that the applied thickness of the slab is the optimum one. The goal of this undergraduate thesis is to analyze settlement and soil pressure response that happened as a result of variation in mat foundation thickness, and to determine the optimum thickness for the slab based on settlement and soil pressure that occurred.

In this research, the dimension of the mat foundation is $22 \times 22 \text{ m}^2$ and changes will be applied on its thickness. The foundation will be lied on homogenous ground, with five variations in slab thickness. Analysis and calculation on mat foundation designing are carried out by using SAFE 12.1.1, a finite element method based software.

From this research a conclusion can be derived, that addition in slab thickness does not bring effect on settlement that has been imposed to mat foundation. This is because the dimensions that have significant effect on settlement are the length and width of the mat. Thickening on slab will increase maximum soil pressure and minimum soil pressure that have occurred, in fact, the increasing itself is not significant since soil pressure response that occurred is affected more on imposed load and carrying capacity of a ground itself. That is why the optimum thickness for the slab can't be derived from this research.

Key words: Mat foundation, Slab thickness, Foundation settlement, Soil pressure response, Mat optimum thickness.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Keterangan Tugas Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Notasi	xvii
Daftar lampiran	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan	2
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Teori Pondasi Pelat	4
2.1.1 Daya dukung dari Pondasi Pelat	7
2.1.2 Penurunan Pelat	10
2.2 Modulus Reaksi Tanah Dasar	11
2.3 Perencanaan Pondasi Pelat	17
2.3.1 Metode Konvensional (<i>Rigid Method</i>)	18
2.3.2 Metode Pondasi Fleksibel	20

2.3.2.1 Metode Koefisien Modulus Reaksi Tanah Dasar	21
2.3.2.2 Metode Winkler	22
2.3.2.3 Metode Coupled	23
2.3.2.4 Metode Pseudo–Coupled	24
2.3.2.5 Metode Multiple–Parameter	26
2.3.2.6 Metode Lentur Taksiran	26
2.3.3 Metode Elemen Diskrit (<i>Discrete Elemen Method</i>)	28
2.3.3.1 Metode beda Hingga (<i>finite difference method</i>)	28
2.3.3.2 Metode Kisi Hingga (<i>finite grid method</i>)	29
2.3.3.3 Metode Elemen Hingga (<i>finite elemen method</i>)	31
BAB III STUDI KASUS	
3.1 Material Pondasi Pelat	32
3.2 Pembebanan Struktur	33
3.3 Data Tanah	37
3.4 Pemodelan Dalam <i>SAFE</i> 12.1.1	38
3.4.1 Teori <i>SAFE</i> 12.1.1	38
3.4.2 Penginputan Data pada <i>SAFE</i>	39
BAB IV ANALISIS DAN HASIL	
4.1 Hasil Output dari <i>SAFE</i>	50
4.2 Korelasi tebal pelat terhadap penurunan	85
4.3 Korelasi tebal pelat terhadap tegangan tanah	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	90
Daftar Pustaka	91
Lampiran	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis pondasi pelat yang lazim.(a) pelat rata;(b) pelat yang ditebalkan di bawah kolom; (c) balok dan pelat; (d) pelat dengan kaki tiang; (e) dinding ruangan bawah tanah sebagai bagian dari pondasi telapak	5
Gambar 2.2	Pondasi pelat dengan kemungkinan penggunaan telapak sebar untuk menyelamatkan tenaga kerja, biaya pembentukan, dan memperkuat tulangan negatif.....	6
Gambar 2.3	Pondasi pelat langsung ditopang oleh tanah.....	7
Gambar 2.4	Pondasi pelat yang ditopang oleh pondasi tiang.....	7
Gambar 2.5	Peningkatan kapasitas daya dukung dengan menggunakan pondasi pelat.....	8
Gambar 2.6	Grafik hubungan antara butiran dengan D_{50} dan rasio q/N	10
Gambar 2.7	Reduksi momen lentur di dalam konstruksi di atas tanah dengan menggunakan pondasi pelat.....	11
Gambar 2.8	Isobar tekanan yang didasarkan pada persamaan Boussinesq untuk pondasi telapak persegi dan pondasi telapak memanjang.....	13
Gambar 2.9	Dua pondasi dibebani dengan q' yang sama, tapi tiap pondasi mempunyai lebar yang berbeda.....	13
Gambar 2.10	Penentuan nilai konstanta pegas tanah (k_s).....	14
Gambar 2.11	Uji Pembebanan Pelat.....	14
Gambar 2.12	Metode penetapan k_s pada persegi dan segitiga.....	17
Gambar 2.13	Distribusi tegangan dengan metode konvensional.....	19
Gambar 2.14	Dalam metode konvensional diasumsikan tidak ada tegangan yang bervariasi parabolik, sehingga pendistribusian tegangannya menjadi sederhana.....	20

Gambar 2.15	Distribusi tegangan pada pondasi pelat a) pelat tipis b) pelat cukup tebal c) pelat tebal [Teng,1962].....	20
Gambar 2.16	Modulus reaksi tanah dasar menggunakan analogi “ <i>bed of spring</i> ” untuk memodelkan interaksi tanah–struktur pada pondasi pelat.....	22
Gambar 2.17	Penurunan akibat pembebanan merata pada tanah yang seragam (a) Metode <i>Winkler</i> (b) Metode Aktual.....	24
Gambar 2.18	Pemodelan interaksi-tanah struktur menggunakan coupling pegas..	24
Gambar 2.19	Tipikal dari pelat yang dibagi dalam beberapa zone untuk analisis <i>pseudo-coupled</i> . Nilai k_s yang meningkat mulai dari zone terdalam hingga zone terluar.....	25
Gambar 2.20	Faktor – faktor z_i	27
Gambar 2.21	Elemen beda hingga dengan dimensi $rh \times h$	28
Gambar 2.22	Metode Analisa Kisi Hingga.....	29
Gambar 2.23	Elemen pelat pada elemen hingga.....	31
Gambar 3.1	Denah arsitektur lantai dasar tampak atas.....	34
Gambar 3.2	Penempatan setiap kolom pada lantai dasar bangunan.....	35
Gambar 3.3	Tampak 3 dimensi dari bangunan.....	35
Gambar 3.4	Penomoran setiap joint.....	36
Gambar 3.5	Tampilan perangkat lunak <i>SAFE</i> 12.1.1.....	39
Gambar 3.6	Tampilan model awal <i>SAFE</i>	40
Gambar 3.7	Nilai ϕ pada ACI 318-08.....	41
Gambar 3.8	Mengubah satuan sesuai dengan yang akan digunakan.....	41
Gambar 3.9	Dimensi dan jarak antar kolom pada pelat.....	42
Gambar 3.10	Data Material Pelat.....	43
Gambar 3.11	Cara memberikan ketebalan pada pelat.....	43
Gambar 3.12	Beberapa variasi tebal pelat.....	44
Gambar 3.13	Cara memberikan nilai modulus reaksi tanah dasar (k_s).....	44
Gambar 3.14	Beberapa tipe beban pada pondasi pelat.....	45
Gambar 3.15	Beban mati tambahan yang dipikul oleh tiap kolom (kg).....	46
Gambar 3.16	Kombinasi Pembebanan yang digunakan.....	47

Gambar 3.17	Cara untuk menampilkan beban yang telah diinputkan.....	48
Gambar 3.18	Cara untuk melakukan <i>mesh area</i>	48
Gambar 3.19	Pengecekan terhadap modulus reaksi tanah dasar dan tebal pelat...	49
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara tebal pelat dengan penurunan di beberapa titik nodal untuk $k_s = 0.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^3$	86
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara tebal pelat dengan tegangan tanah minimum untuk $k_s = 0.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^3$	87
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara tebal pelat dengan tegangan tanah maksimum untuk $k_s = 0.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^3$	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Besar nilai stabilitas (faktor keamanan) yang sering digunakan.....	9
Tabel 2.2	Faktor reduksi untuk setiap harga B.....	9
Tabel 2.3	Penurunan pada pondasi telapak sebar dan pondasi pelat.....	11
Tabel 2.4	Jangkauan Nilai–Nilai Modulus Reaksi Tanah Dasar.....	16
Tabel 2.5	Luasan yang membantu pada tiap simpul.....	16
Tabel 3.1	Hasil analisis ETABS dan nilai Fz digunakan sebagai beban Pondasi (<i>support reaction</i>).....	37
Tabel 4.1	Tegangan tanah untuk $k_s = 0.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^3$ dan tebal pelat 0.75 m.....	50
Tabel 4.2	Nodal Displacement ($k_s = 0.1 \text{ kg/m}^3$ dan tebal 0,75 m).....	51
Tabel 4.3	Tegangan tanah untuk $k_s = 0.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^3$ dan tebal pelat 1.25 m.....	57
Tabel 4.4	Nodal Displacement ($k_s = 0.1 \text{ kg/m}^3$ dan tebal 1,25 m).....	58
Tabel 4.5	Tegangan tanah untuk $k_s = 0.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^3$ dan tebal pelat 1.5 m.....	64
Tabel 4.6	Nodal Displacement ($k_s = 0.1 \text{ kg/m}^3$ dan tebal 1,5 m).....	65
Tabel 4.7	Tegangan tanah untuk $k_s = 0.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^3$ dan tebal pelat 1.75 m.....	71
Tabel 4.8	Nodal Displacement ($k_s = 0.1 \text{ kg/m}^3$ dan tebal 1,75 m).....	72
Tabel 4.9	Tegangan tanah untuk $k_s = 0.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^3$ dan tebal pelat 2 m.....	78
Tabel 4.10	Nodal Displacement ($k_s = 0.1 \text{ kg/m}^3$ dan tebal 2m).....	79
Tabel 4.11	Penurunan untuk variasi tebal pelat di beberapa titik nodal.....	85
Tabel 4.12	Persentase penurunan diferensial pada titik nodal yang ditinjau untuk setiap variasi pelat.....	85
Tabel 4.13	Tegangan tanah untuk tiap variasi tebal pelat.....	87

DAFTAR NOTASI

A	Luas pondasi pelat $B \times L$, m^2
B	Dimensi pelat yang paling kecil, m
B'	Lebar dasar pondasi yang tegak lurus pada arah yang ditinjau, m
b	Lebar pelat, m
c	Kohesi tanah, kg/m^2
D	Kekakuan pelat, kgm
D _f	Kedalaman pelat, m
d _c	Faktor kedalaman untuk persamaan kapasitas daya dukung tanah nilai kohesi
d _q	Faktor kedalaman untuk persamaan kapasitas daya dukung tanah nilai beban
d _γ	Faktor kedalaman untuk persamaan kapasitas daya dukung tanah nilai berat volume tanah
E _c	Modulus elastisitas beton, MPa
E _s	Modulus elastisitas baja, MPa
e _i	Peralihan, mm
f _c '	Kuat tekan beton, Mpa
F _i	Gaya titik nodal terhadap sumbu lokal, N
f _y	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa
f _{ys}	Kuat leleh untuk tulangan sengkang, MPa
G	Berat jenis, kg/m^3
h	Tinggi, m
I	Momen inersia
i _c	Faktor inklinasi untuk persamaan kapasitas daya dukung tanah untun kohesi
I _f	Momen inersia untuk pondasi telapak, m^4
i _q	Faktor inklinasi untuk persamaan kapasitas daya dukung tanah untuk beban
i _γ	Faktor inklinasi untuk persamaan kapasitas daya dukung tanah untuk berat volume tanah

I_s	Momen inersia tanah
I_x	Momen inersia untuk penampang arah sumbu x, m^4
I_y	Momen inersia untuk penampang arah sumbu y, m^4
J	Konstanta torsi
K_d	Indeks tegangan lateral
K_f	Faktor kekakuan
k_s	Modulus reaksi tanah dasar atau konstanta pegas tanah, kN/m^3
k_s'	Nilai konstanta pegas dari uji pembebanan, kN/m^3
L	Jari-jari kekenyalan efektif, m
m	Faktor pengali dimensi pondasi
M_r	Momen radial per satuan lebar, kgm/m
M_t	Momen tangensial per satuan lebar, kgm/m
M_x	Momen yang bekerja pada arah sumbu x
M_y	Momen yang bekerja pada arah sumbu y
N	Faktor kapasitas daya dukung
N_c	Koefisien daya dukung tanah untuk nilai kohesi
N_q	Koefisien daya dukung tanah untuk nilai beban
N_γ	Koefisien daya dukung tanah untuk nilai berat volume tanah
N_{55}	Nilai SPT pada pukulan ke-55
n	Eksponen untuk memberikan nilai k_s yang paling cocok
P	Beban statik terpusat, kg
P_i	Gaya titik nodal, N
P_o'	Tekanan langsung di tempat, kg/m^2
Q	Tegangan tanah
q	Modulus reaksi tanah dasar per satuan luas pondasi pelat, kN/m^3
q_a	Kapasitas daya dukung tanah yang diijinkan
q_c	Tahanan ujung, kg/m^2
q_{ult}	Kapasitas daya dukung tanah <i>ultimate</i> , kg
s_c	Faktor bentuk untuk persamaan kapasitas daya dukung
s_q	Faktor bentuk untuk persamaan kapasitas daya dukung

s_u	Kuat geser tak terdrainase (<i>undrained shear strength</i>)
s_γ	Faktor bentuk untuk persamaan kapasitas daya dukung
SF	Faktor Keamanan
t	Tebal pelat, m
u	Peralihan di suatu titik nodal searah sumbu X, mm
u_D	Tegangan air pori disepanjang pelat
V	Geseran per satuan lebar pelat, kg/m
W_f	Berat sendiri pelat
w	Peralihan terhadap sumbu Z, mm
w_i	Peralihan pada titik i, mm
X	Koordinat arah x di suatu titik pada elemen
x	Sumbu koordinat arah x
x_{maks}	Defleksi maksimum
Y	Koordinat arah y di suatu titik pada elemen
y	Sumbu koordinat arah y
Z	Kedalaman yang ditinjau di bawah tanah, m
Z_i	Faktor-faktor untuk menghitung penurunan, momen, dan geser
α	Kemiringan
γ	Berat jenis tanah, kg/m ³
δ	Deformasi atau penurunan di titik pelat, mm
Δ	Pergerakan relative di antara ujung-ujung balok
ΔH	Penurunan Pondasi, mm
Δq	Pertambahan tegangan dalam lapisan dari beban telapak, kg/m ²
ϵ_{maks}	Regangan maksimum
ΣP	Jumlah beban struktur yang bekerja pada pelat
λ	Faktor pengali
μ	Faktor reduksi pada persamaan vesic
μ_c	nilai banding Poisson untuk pondasi pelat
Φ	sudut geser dalam
Ω	Faktor penyesuaian torsi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L1 <i>Point Label</i>	93
Lampiran L2 <i>Panel Geometry</i>	94
Lampiran L3 <i>Area Label</i>	95
Lampiran L4 <i>Global and Local Axes</i>	96