

STUDI PENGARUH KONSTANTA PEGAS TANAH TERHADAP RESPON TEGANGAN DAN PENURUNAN PADA PONDASI PELAT (*MAT FOUNDATION*)

Andreas Nugraha
NRP: 0621011

Pembimbing: Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.

ABSTRAK

Permasalahan yang pada umumnya timbul pada perencanaan suatu pondasi pelat adalah mengenai besar dan waktu penurunan yang terjadi pada pondasi pelat. Besarnya penurunan tersebut sangat berkaitan dengan kondisi dari tanah serta perilaku dari pondasi pelat itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara konstanta pegas tanah (k_s) terhadap respon tegangan tanah dan penurunan yang terjadi pada pondasi pelat, mencari nilai batas maksimum penurunan dari pondasi pelat, dan menentukan nilai konstanta pegas tanah yang paling tepat untuk perencanaan pondasi pelat.

Pada penelitian ini pondasi yang direncanakan adalah pondasi pelat datar, dengan dimensi pelat $26 \times 26 \text{ m}^2$, serta ketebalan pelat yang seragam yaitu sebesar 2 m. Pondasi tersebut bertumpu di atas lapisan tanah yang homogen, dengan tiga variasi konstanta pegas tanah (k_s) yang berbeda. Analisis dan perhitungan pada perencanaan pondasi pelat, dilakukan dengan menggunakan bantuan program *SAFE 12* yang berbasis metode elemen hingga.

Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa nilai konstanta pegas tanah (k_s) tidak mempunyai pengaruh yang besar terhadap nilai respon tegangan tanah yang terjadi. Selain itu berdasarkan data hasil analisis pondasi pelat yang diperoleh, tanah pasir padat (*dense sand*) dengan nilai k_s yang berkisar antara $0,6526 \cdot 10^7 - 1,3052 \cdot 10^7 \text{ kg/m}^3$ dan $1 \cdot 10^7 \text{ kg/m}^3$ untuk perhitungan adalah yang terkecil nilai penurunannya dan juga memenuhi batas penurunan maksimum yang diijinkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada jenis tanah pasir, nilai $k_s \geq 1 \cdot 10^7 \text{ kg/m}^3$ merupakan nilai konstanta pegas tanah (k_s) yang paling tepat untuk perencanaan pondasi pelat.

Kata kunci: Pondasi pelat, Konstanta pegas tanah, Penurunan pondasi, Respon tegangan tanah, Nilai batas penurunan

***STUDY OF SOIL SPRING CONSTANT INFLUENCE
AGAINST STRESS RESPONSE AND MAT
FOUNDATION SETTLEMENT***

**Andreas Nugraha
NRP: 0621011**

Supervisor: Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.

ABSTRACT

The problems which commonly appear in mat foundation planning is about value and time of settlement that happened at mat foundation. That settlement value really be related to soil condition and behaviour from mat foundation its self. This research head for analyze a relation between soil spring constant (k_s) against soil stress response and settlement that happened at mat foundation, and to determine the most appropriate soil spring constant value for mat foundation planning.

In this research, planned foundation is a flat slab foundation, with slab measure is 26 x 26 m², and with uniform slab thickness is 2 m. That foundation supported on a homogeneous soil layer, with three different variation of soil spring constant (k_s). Analysis and calculation in mat foundation planning, can be solved with use a SAFE 12 programe help, that based on finite element method.

From the research, obtained a result, if that soil spring constant (k_s) did not have an significant influence to soil stress response value that happens. Apart from that, based on analysis mat foundation data result that was obtained, a dense sand with k_s value between $0,6526 \cdot 10^7 - 1,3052 \cdot 10^7$ kg/m³ and $1 \cdot 10^7$ kg/m³ for calculation is the smallest settlement value and fill the maximum limit allowable settlement, so can be concluded, if $k_s \geq 1 \cdot 10^7$ kg/m³ is the most appropriate soil spring constant value for mat foundation planning.

Key words: *Mat foundation, Soil spring constant, Foundation settlement, Soil stress response, Settlement border value*

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
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Notasi	xv
Daftar Lampiran	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan	2
1.4 Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN LITERATUR	
2.1 Kegunaan Pondasi Pelat (<i>Mat Foundation</i>)	4
2.2 Jenis-jenis dari Pondasi Pelat	6
2.3 Stabilitas dan Penurunan pada Pondasi Pelat	7
2.4 Konstanta Pegas Tanah (k_s)	13
2.5 Metode Desain dan Analisis pada Pondasi Pelat	22
2.5.1 Metode Pelat Kaku	22
2.5.2 Metode Lentur Taksiran	23
2.5.3 Metode Elemen Diskrit	25
2.5.3.1 Metode Beda Hingga	25
2.5.3.2 Metode Kisi Hingga	27
2.5.3.3 Metode Elemen Hingga	29

BAB III STUDI KASUS DAN ANALISIS	
3.1 Material Pondasi	31
3.2 Data Pembebanan Pondasi	32
3.3 Variasi Tinjauan	36
3.4 Perangkat Lunak <i>SAFE 12</i>	36
3.5 Pemodelan dan Analisis Pondasi Pelat	38
3.5.1 Penentuan Unit Satuan	39
3.5.2 Peraturan yang Digunakan (<i>Design Code</i>)	40
3.5.3 Pemilihan Tipe Model	41
3.5.4 Pendefinisian Material	42
3.5.5 Pendefinisian Properti	43
3.5.6 Penggambaran Model Pelat	45
3.5.7 Definisi Model Beban pada perangkat lunak <i>SAFE 12</i>	46
3.5.8 Kombinasi Pembebanan	47
3.5.9 Input Beban	47
3.5.10 <i>Mesh Area</i>	49
3.5.11 Analisis Pondasi Pelat	50
BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hubungan Antara Nilai k_s dengan Respon Tegangan Tanah	63
4.2 Hubungan Antara Nilai k_s dengan Penurunan Pondasi Pelat	68
4.3 Nilai Batas Penurunan Pondasi Pelat	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
Daftar Pustaka	77
Lampiran	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kedalaman dan lebar dari pondasi telapak dan pondasi pelat.	5
Gambar 2.2	Tipe-tipe umum pondasi pelat.....	7
Gambar 2.3	Pondasi telapak pada tanah dengan $\varphi = 0$	8
Gambar 2.4	Empat jalur tegangan yang mungkin dari pemampatan atau uji triaxial lanjutan dan kasus-kasus lapangan yang terkait....	10
Gambar 2.5	Reduksi momen lentur pada konstruksi di atas tanah dengan menggunakan pondasi pelat.....	11
Gambar 2.6	Penentuan nilai konstanta pegas tanah berdasarkan beberapa uji coba.....	13
Gambar 2.7	Uji pembebanan pelat.....	14
Gambar 2.8	Isobar tekanan yang didasarkan pada persamaan Boussinesq untuk pondasi telapak bujursangkar dan pondasi telapak.....	15
Gambar 2.9	Dua pondasi dibebani dengan q' yang sama dengan lebar pondasi yang berbeda.....	16
Gambar 2.10	Cara membagi rata k_s untuk membangun pegas simpul pada persegi panjang dan segitiga.....	21
Gambar 2.11	Faktor-faktor Z_i	24
Gambar 2.12	Elemen beda hingga dengan dimensi $rh \times h$	25
Gambar 2.13	Metode analisis kisi hingga.....	27
Gambar 2.14	Elemen pelat pada elemen hingga.....	30
Gambar 3.1	Struktur gedung dalam tampilan 3D.....	33
Gambar 3.2	Denah arsitek lantai dasar gedung perkantoran.....	33
Gambar 3.3	Denah struktur lantai dasar gedung perkantoran.....	34
Gambar 3.4	Penomoran kolom (<i>point</i>).....	35
Gambar 3.5	Perangkat lunak <i>SAFE version 12</i>	37
Gambar 3.6	Tampilan window dari program <i>SAFE 12</i>	38
Gambar 3.7	Penentuan unit satuan.....	40
Gambar 3.8	<i>Design preferences</i>	41

Gambar 3.9	Tampilan <i>New Model Initialization</i>	42
Gambar 3.10	Tampilan pendefinisian material.....	42
Gambar 3.11	Input data material pondasi pelat.....	43
Gambar 3.12	<i>Slab Property Data</i>	44
Gambar 3.13	<i>Soil Subgrade Property Data</i>	45
Gambar 3.14	Variasi tinjauan nilai k_s dalam <i>Soil Subgrade Properties</i>	45
Gambar 3.15	Model pondasi pelat (<i>Mat Foundation</i>) yang direncanakan....	46
Gambar 3.16	Pendefinisian model beban.....	46
Gambar 3.17	Kombinasi pembebanan.....	47
Gambar 3.18	Input beban.....	48
Gambar 3.19	Model pondasi pelat dengan beban yang telah diinputkan.....	48
Gambar 3.20	<i>Mesh area</i> pada pondasi pelat.....	49
Gambar 3.21	Tampilan pondasi pelat setelah dilakukan <i>mesh area</i>	49
Gambar 3.22	Model pondasi pelat dalam tampilan 3D.....	50
Gambar 3.23	Deformasi struktur pondasi pelat.....	50
Gambar 3.24	<i>Nodal displacement</i> pada arah sumbu global.....	51
Gambar 4.1	Hasil output <i>soil pressures</i>	63
Gambar 4.2	Tampilan <i>Slab Forces / Stresses</i>	64
Gambar 4.3	Panel-panel yang ditinjau.....	65
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara nilai k_s dan tegangan minimum pada setiap panel yang ditinjau.....	66
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara nilai k_s dan tegangan maksimum pada setiap panel yang ditinjau.....	66
Gambar 4.6	Hasil output <i>nodal displacement</i>	68
Gambar 4.7	Posisi dari setiap titik yang ditinjau.....	69
Gambar 4.8	Grafik hubungan antara nilai k_s dan penurunan pada setiap titik yang ditinjau.....	70
Gambar 4.9	Penurunan yang terjadi pada potongan As 2 untuk setiap peningkatan nilai k_s	71
Gambar 4.10	Posisi dari setiap titik yang ditinjau pada potongan As 2.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perkiraan nilai penurunan pondasi.....	11
Tabel 2.2	Luas yang membantu pada tiap simpul.....	20
Tabel 2.3	Nilai perkiraan k_s berdasarkan jenis tanah.....	22
Tabel 3.1	Data pembebanan pondasi (<i>support reaction</i>).....	34
Tabel 3.2	Variasi nilai konstanta pegas tanah (k_s) yang digunakan.....	36
Tabel 3.3	Pendefinisian properti.....	43
Tabel 3.4	<i>Nodal Displacement</i> ($k_s = 0,1.10^7$ kg/m ³).....	51
Tabel 3.5	<i>Nodal Displacement</i> ($k_s = 0,5.10^7$ kg/m ³).....	55
Tabel 3.6	<i>Nodal Displacement</i> ($k_s = 1,0.10^7$ kg/m ³).....	58
Tabel 3.7	<i>Soil Pressures</i> ($k_s = 0,1.10^7$ kg/m ³).....	61
Tabel 3.8	<i>Soil Pressures</i> ($k_s = 0,5.10^7$ kg/m ³).....	61
Tabel 3.9	<i>Soil Pressures</i> ($k_s = 1,0.10^7$ kg/m ³).....	62
Tabel 4.1	Data tegangan maksimum dan tegangan minimum pada setiap panel yang ditinjau.....	65
Tabel 4.2	Persentase penurunan dan peningkatan tegangan untuk setiap perubahan nilai k_s yang terjadi.....	67
Tabel 4.3	Penurunan pada setiap titik yang ditinjau.....	69
Tabel 4.4	Persentase beda penurunan pada titik-titik yang ditinjau untuk setiap perubahan nilai k_s yang terjadi.....	71
Tabel 4.5	Penurunan pada potongan As 2.....	72
Tabel 4.6	Besar penurunan pondasi yang diijinkan.....	73
Tabel 4.7	Perbandingan antara nilai penurunan yang terjadi terhadap besar penurunan maksimum yang diijinkan.....	73

DAFTAR NOTASI

A	Luas pondasi pelat $B \times L$, m^2
a	Tebal dinding, mm
a_i	Koordinat umum
A_s	Suatu nilai konstan baik untuk bagian horisontal maupun vertikal
B	Dimensi pondasi telapak yang terkecil, m
B'	Lebar dasar pondasi yang tegak lurus pada arah yang ditinjau, m
b	Lebar pelat, m
B_s	Koefisien untuk kedalaman pondasi
C	Indeks kompresi, adalah 40 untuk SI dan 12 untuk Fps
c	Kohesi tanah, kg/m^2
D	Kedalaman pondasi telapak, m
d	Kekakuan pelat, kgm
d_c	Faktor kedalaman untuk persamaan kapasitas daya dukung
d_q	Faktor kedalaman untuk persamaan kapasitas daya dukung
d_γ	Faktor kedalaman untuk persamaan kapasitas daya dukung
E	Modulus elastisitas, MPa
E_f	Modulus tanah dan pondasi telapak, MPa
e_i	Peralihan, mm
EI_b	Kekakuan lentur dari bagian bangunan atas tanah dan pondasi
EI_f	Kekakuan lentur pondasi pelat
E_s	Modulus elastisitas tanah, MPa
e_x	Eksentrisitas pada arah sumbu x
e_y	Eksentrisitas pada arah sumbu y
F_2	Faktor pembagi yang bernilai 0,08 untuk SI dan 4 untuk Fps
f_c'	Kuat tekan beton karakteristik, MPa
F_i	Gaya titik nodal terhadap sumbu lokal, N
f_y	Tegangan leleh yang disyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa
f_{ys}	Kuat leleh baja, MPa
G	Berat jenis, kg/m^3

h	Tinggi, m
I	Momen inersia, m^4
i_c	Faktor inklinasi untuk persamaan kapasitas daya dukung
I_f	Momen inersia pondasi telapak, m^4
i_q	Faktor inklinasi untuk persamaan kapasitas daya dukung
I_s	Momen inersia tanah, m^4
i_y	Faktor inklinasi untuk persamaan kapasitas daya dukung
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	Konstanta pegas
k_1	Nilai dari hasil pengujian beban pelat persegi 1 x 1 feet
K_d	Indeks tegangan lateral
K_f	Faktor kekakuan
k_s	Konstanta pegas tanah atau modulus reaksi tanah dasar, 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-momen radial dan tangensial per satuan lebar, kgm/m
M_x	Momen yang bekerja pada arah sumbu x, kgm
M_{xy}	Momen puntir pada arah x tegak lurus sumbu y, kgm
M_y	Momen yang bekerja pada arah sumbu y, kgm
M_{yx}	Momen puntir pada arah y tegak lurus sumbu x, kgm
N	Faktor kapasitas daya dukung
N_{55}	Nilai SPT pada pukulan ke-55
n	Eksponen untuk memberikan k_s nilai yang paling tepat
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
P	Beban statik terpusat, kg
P_i	Gaya titik nodal, N
P_0'	Tekanan langsung ditempat, kg/m^2

q	Modulus reaksi tanah dasar per satuan luas pondasi pelat, kN/m^3
q_a	Daya dukung yang diijinkan, kg
q_c	Tahanan ujung, kg/m^2
q_{con}	Tekanan tanah konstan, kg/m^2
q_0	Tekanan pelat pada kondisi awal, kg/m^2
q_{ult}	Kapasitas daya dukung ultimate, kg
R	Jumlah total beban vertikal pada pelat, kg
s_c	Faktor bentuk untuk persamaan kapasitas daya dukung
s_q	Faktor bentuk untuk persamaan kapasitas daya dukung
s_γ	Faktor bentuk untuk persamaan kapasitas daya dukung
SF	Faktor keamanan
t	Tebal pelat, m
U_x	<i>Displacement</i> pada arah sumbu x
U_y	<i>Displacement</i> pada arah sumbu y
U_z	<i>Displacement</i> pada arah sumbu z
u	Peralihan di suatu titik nodal searah sumbu X, mm
V	Geseran per satuan lebar pelat, kg/m
w	Peralihan terhadap sumbu Z, mm
w_i	Peralihan pada titik i, mm
x_{maks}	Defleksi maksimum
Z	Kedalaman yang ditinjau di bawah tanah, m
Z_i	Faktor-faktor untuk menghitung defleksi, momen dan geseran
α	Kemiringan
γ	Berat jenis tanah, kg/m^3
δ	Deformasi atau penurunan yang terjadi, mm
Δ	Pergerakan relatif di antara ujung-ujung balok
ΔH	Penurunan pondasi, mm
Δq	Pertambahan tegangan dalam lapisan dari beban telapak, kg/m^2
ε_{maks}	Regangan maksimum
λ	Faktor pengali
μ	Faktor reduksi pada persamaan vesic
Ω	Faktor penyesuaian torsi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L1	<i>Panel Geometry</i>	78
Lampiran L2	<i>Area Label</i>	79
Lampiran L3	<i>Point Label</i>	80
Lampiran L4	<i>Node Coordinate</i>	81
Lampiran L5	<i>Global and Local Axes</i>	82
Lampiran L6	<i>Point Loads</i> (SDL, dalam satuan kg).....	83
Lampiran L7	<i>Soil Properties</i> (untuk $k_s = 0,1 \cdot 10^7 \text{ kg/m}^3$).....	84
Lampiran L8	<i>Soil Properties</i> (untuk $k_s = 0,5 \cdot 10^7 \text{ kg/m}^3$).....	86
Lampiran L9	<i>Soil Properties</i> (untuk $k_s = 1,0 \cdot 10^7 \text{ kg/m}^3$).....	88