

DESAIN PONDASI TIANG DENGAN *NAVFAC* DAN *EUROCODE 7*

Messamina Sofyan
0821026

Pembimbing: Ibrahim Surya, Ir., M. Eng.

ABSTRAK

Eurocode 7 dalam desain geoteknik telah secara aktif digunakan di negara-negara Uni Eropa. Desain pondasi dengan *Eurocode 7* diperlukan karena hasil yang didapat lebih kompleks dan terdapat faktor parsial yang berbeda dari masing-masing pendekatan desain. Pembahasan dalam Tugas Akhir ini mencakup desain pondasi tiang yang membandingkan metoda *NAVFAC* dan *Eurocode 7*.

Desain pondasi tiang dengan *Eurocode 7* terutama didasarkan pada desain keadaan batas dengan faktor parsial. Ada tiga pendekatan desain yang melibatkan prinsip Pendekatan Faktor Bahan dan Pendekatan Faktor Ketahanan. Sebagai pendekatan 1 dan 2 menggunakan faktor tindakan dan tahanan. Pendekatan Desain 3 menggunakan faktor parsial pada tindakan dan sifat material yang khas.

Dengan menggunakan metoda *NAVFAC* didapatkan kapasitas dukung tiang sebesar 3746,35 kN serta penurunan sebesar 37,94 mm. Sedangkan dengan menggunakan metoda *Eurocode 7* didapatkan kapastitas dukung tiang yang bervariasi karena tergantung pada beban yang akan dipikul tiang tersebut. Selain itu digunakan program Plaxis 2D v.10 untuk simulasi pembebanan statis pondasi untuk mengetahui penurunan yang terjadi.

Kata kunci: Pondasi Tiang, *NAVFAC*, *Eurocode 7*, Plaxis 2D v.10, Penurunan.

DESIGN OF PILE FOUNDATION WITH *NAVFAC* AND *EUROCODE 7*

Messamina Sofyan
0821026

Supervisor: Ibrahim Surya, Ir., M. Eng.

ABSTRACT

In geotechnical design *Eurocode 7* already used in Europe. Design of pile foundation with *Eurocode 7* is important because the result are more complexity, and there are partial factor that different from each approach. The discussion in this final project includes design of pile foundation with *NAVFAC* method and *Eurocode 7*.

Design of pile foundation especially basis on design limit state and partial factor. There are three design approach which involve Material Factor Approach and Resistance Factor Approach. Design Approach 1 and 2 use action factor and resistance factor. Design Approach 3 use partial factor in action and material factor.

By using *NAVFAC* method the result of bearing capacity is 3746,35 kN and settlement is 37,94 mm. While using the *Eurocode 7* the result of bearing capacity are varies because it depends on the load which bear by this pile. Simulation static loading of pile foundation with Plaxis 2D v.10 is a software to know settlement of this pile.

Keywords: Pile Foundation, *NAVFAC*, *Eurocode 7*, Plaxis 2D v.10, *Settlement*.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Keterangan Surat Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Penelitian	v
Pernyataan Publikasi Laporan Penelitian.....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel.....	xvi
Daftar Notasi	xviii
Daftar Lampiran.....	xxii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Sistematika Penelitian.....	2
1.5 Lisensi Perangkat Lunak.....	2
1.6 Diagram Alir Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan	4
2.2 <i>NAVFAC Foundations and Earth Structures Design Manual 7.2</i> ...	4
2.2.1. Aplikasi <i>NAVFAC</i>	5
2.2.2. Pemilihan Jenis Pondasi Dalam	6
2.2.3 Daya Dukung Pondasi Dalam	7
2.2.4 Daya Dukung Empiris	12
2.2.5 Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang	14

2.2.6. Penurunan Pondasi Tiang	16
2.3 Desain Pondasi Tiang Menurut <i>Eurocode 7</i>	22
2.3.1 Tinjauan Pustaka.....	22
2.3.2 Kategori Geoteknik	23
2.3.3 Desain dalam Keadaan Batas	24
2.3.4 Pendekatan Desain	25
2.3.5 Prosedur Desain berdasarkan <i>Eurocode 7</i>	29
2.3.6 Prosedur Desain Pondasi Tiang berdasarkan Perhitungan....	30
2.3.7 Prosedur Desain Pondasi Tiang berdasarkan Percobaan.....	35
2.3.8 Prosedur Desain Pondasi Tiang berdasarkan Simulasi Beban Statis dengan Plaxis	37
BAB III PERBANDINGAN DESAIN PONDASI TIANG DENGAN MENGUNAKAN NAVFAC DAN EUROCODE 7	
3.1 Permasalahan Hipotesis	40
3.2 Pendekatan Desain.....	43
3.3 Kapasitas Dukung Tekan Tiang Ultimit Menggunakan <i>Eurocode 7</i>	50
3.4 Simulasi Pembebanan Pondasi Tiang dengan Menggunakan <i>Plaxis</i>	50
3.5 Perbandingan Antara Desain dan Simulasi Beban Statis dengan Plaxis.....	63
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
4.1 Kesimpulan.....	65
4.2 Saran.....	68
Daftar Pustaka	69
Lampiran	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Alir Penelitian.....	3
Gambar 2.1	Fungsi Pondasi Tiang.....	5
Gambar 2.2	Jenis Pondasi Dalam.....	7
Gambar 2.3	Kapasitas Dukung Pondasi Tiang pada Tanah Butir Halus.....	8
Gambar 2.4	Kapasitas Dukung Pondasi Tiang pada Tanah Kohesi.....	10
Gambar 2.5	Grafik Hubungan c dan c_A/c	11
Gambar 2.6	Grafik Hubungan (Z/B atau $Z/2R$) dan N_c	11
Gambar 2.7	Pondasi Kelompok Tiang.....	15
Gambar 2.8	Grafik Hubungan Spasi antar Tiang dengan Efisiensi Kelompok Tiang.....	16
Gambar 2.9	Desain Kedalaman Kelompok Tiang.....	22
Gambar 2.10	Berbagai Akibat yang Terjadi dari Keadaan Batas.....	25
Gambar 2.11	Diagram Alir Verifikasi Kapasitas Dukung Pondasi Tiang.....	28
Gambar 3.1	Contoh Desain Pondasi Tiang Hipotesis.....	40
Gambar 3.2	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 550 kN.....	51
Gambar 3.3	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 1100 kN.....	52
Gambar 3.4	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 1650 kN.....	52
Gambar 3.5	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 2200 kN.....	53
Gambar 3.6	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 3300 kN.....	53
Gambar 3.7	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 4400 kN.....	54
Gambar 3.8	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 6600 kN.....	54
Gambar 3.9	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 8800 kN.....	55
Gambar 3.10	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 9900 kN.....	55
Gambar 3.11	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 11000 kN.....	56
Gambar 3.12	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 13200 kN.....	56
Gambar 3.13	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 14300 kN.....	57
Gambar 3.14	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 15400 kN.....	57
Gambar 3.15	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 16500 kN.....	58
Gambar 3.16	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 17600 kN.....	58

Gambar 3.17	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 18700 kN	59
Gambar 3.18	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 19800 kN	59
Gambar 3.19	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 20900 kN	60
Gambar 3.20	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 22000 kN	60
Gambar 3.21	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 23100 kN	61
Gambar 3.22	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 24200 kN	61
Gambar 3.23	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 25300 kN	62
Gambar 3.24	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 26400 kN	62
Gambar 3.25	Hasil <i>Output</i> Desain Pendekatan 1 Beban 27500 kN	63
Gambar 3.26	Grafik Hubungan Beban dengan Penurunan	64
Gambar L1.1	Hasil Pembebanan Tiang Statis di Lapangan	72
Gambar L2.1	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 0 ton	73
Gambar L2.2	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 100 ton	74
Gambar L2.3	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 189 ton	74
Gambar L2.4	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 290 ton	75
Gambar L2.5	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 377 ton	75
Gambar L2.6	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 471 ton	76
Gambar L2.7	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 566 ton	76
Gambar L2.8	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 660 ton	77
Gambar L2.9	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 754 ton	77
Gambar L2.10	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 560 ton	78
Gambar L2.11	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 377 ton	78
Gambar L2.12	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 180 ton	79
Gambar L2.13	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 0 ton	79
Gambar L2.14	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 195 ton	80
Gambar L2.15	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 377 ton	80
Gambar L2.16	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 570 ton	81
Gambar L2.17	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 755 ton	81
Gambar L2.18	Grafik Penurunan dengan Beban Parameter Tanah <i>Mohr-Coulomb</i>	82
Gambar L2.19	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 0 ton	83
Gambar L2.20	Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 100 ton	83

Gambar L2.21 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 189 ton.....	84
Gambar L2.22 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 290 ton.....	84
Gambar L2.23 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 377 ton.....	85
Gambar L2.24 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 471 ton.....	85
Gambar L2.25 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 566 ton.....	86
Gambar L2.26 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 660 ton.....	86
Gambar L2.27 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 754 ton.....	87
Gambar L2.28 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 560 ton.....	87
Gambar L2.29 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 377 ton.....	88
Gambar L2.30 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 180 ton.....	88
Gambar L2.31 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 0 ton.....	89
Gambar L2.32 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 195 ton.....	89
Gambar L2.33 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 377 ton.....	90
Gambar L2.34 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 570 ton.....	90
Gambar L2.35 Hasil <i>Output</i> Pembebanan Tiang Statis 755 ton.....	91
Gambar L2.36 Grafik Penurunan dengan Beban Parameter Tanah <i>Hardening Soil Model</i>	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor Kapasitas Daya Dukung.....	9
Tabel 2.2	Koefisien K_{HT} dan K_{HC}	9
Tabel 2.3	Koefisien Gaya Gesek	10
Tabel 2.4	Koefisien c dan c_A	12
Tabel 2.5	Hubungan Jenis Tiang, C_u dan α	18
Tabel 2.6	Koefisien C_p pada Pondasi Tiang Tunggal.....	18
Tabel 2.7	Faktor Empiris (β)	20
Tabel 2.8	Kategori Geoteknik.....	23
Tabel 2.9	Desain Pendekatan dalam <i>Eurocode 7</i>	30
Tabel 2.10	Karakteristik Perlawanan Tiang Desain Pendekatan 1	32
Tabel 2.11	Karakteristik Perlawanan Tiang Desain Pendekatan 2	33
Tabel 2.12	Karakteristik Perlawanan Tiang Desain Pendekatan 3	34
Tabel 2.13	Faktor Korelasi Tes Pembebanan Tiang.....	35
Tabel 2.14	Karakteristik Faktor Perlawanan Tiang berdasarkan Tes Pembebanan Statis.....	37
Tabel 3.1	Parameter Material Beton dan Tanah	41
Tabel 3.2	Nilai VGK , VQK dan $V_{c,d}$, $R_{c,d}$ Berdasarkan Desain Pendekatan 1	48
Tabel 3.3	Nilai VGK , VQK dan $V_{c,d}$, $R_{c,d}$ Berdasarkan Desain Pendekatan 2	48
Tabel 3.4	Nilai VGK , VQK dan $V_{c,d}$, $R_{c,d}$ Berdasarkan Desain Pendekatan 3	49
Tabel 3.5	Hasil Tes Pembebanan Statis	50
Tabel 3.6	Pembebanan Tiang dengan Penurunan.....	63
Tabel 4.1	Nilai VGK , VQK dan $V_{c,d}$, $R_{c,d}$ Berdasarkan Desain Pendekatan 1	65
Tabel 4.2	Nilai VGK , VQK dan $V_{c,d}$, $R_{c,d}$ Berdasarkan Desain Pendekatan 2	66
Tabel 4.3	Nilai VGK , VQK dan $V_{c,d}$, $R_{c,d}$ Berdasarkan Desain	

	Pendekatan 3	67
Tabel 4.4	Pembebanan Tiang dengan Penurunan.....	68

DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang tiang, m ²
A _b	= Luas penampang ujung tiang, m ²
A _s	= Luas selimut tiang, m ²
A1,A2	= Tindakan struktur ke-1 dan ke-2
B	= Lebar pondasi, m
B _g	= Lebar blok kelompok tiang, m
C	= Kohesi tanah, kPa
C _d	= Batas Desain, kN
C _u	= Kohesi tanah <i>undrained</i> , kPa
c _A	= Adhesi tanah, kPa
D	= Diameter tiang, m
\bar{D}	= Dimensi terkecil dari kelompok tiang, m
DA1	= Desain Pendekatan 1
DA2	= Desain Pendekatan 2
DA3	= Desain Pendekatan 3
D ₁ ,D ₂	= Kedalaman kelompok tiang, m
Ed	= Efek tindakan, kN
Ep	= Modulus elastisitas tiang, kPa
Es	= Modulus elastisitas tanah, kPa
FS	= Faktor keamanan
<i>f</i>	= Koefisien dari reaksi gaya lateral
<i>f_c</i>	= perlawanan atau gaya gesek dari <i>cone penetration</i>
<i>f_n</i>	= Gaya gesek negatif, kPa
<i>f_s</i>	= Daya dukung selimut tiang, kPa
<i>f_{ult}</i>	= Perlawanan atau gaya gesek selimut tiang ultimit, kPa
Ge	= Efisiensi kelompok tiang
Iwp	= Faktor pengaruh
Iws	= Faktor pengaruh

K_{HC}	= Rasio dari tegangan horisontal efektif ke tegangan vertikal efektif di sisi elemen saat elemen menerima tekan
K_{HT}	= Rasio dari tegangan horisontal efektif ke tegangan vertikal efektif di sisi elemen saat elemen menerima tarik
L	= Panjang tiang pancang, m
Lg	= Panjang blok kelompok tiang, m
M1, M2	= Faktor material
N	= Jumlah pukulan di ujung tiang
\bar{N}	= Jumlah rata-rata SPT
Nc	= Faktor gaya dukung
Nq	= Faktor daya dukung
NCS	= Faktor daya dukung untuk pondasi bujur sangkar, pondasi bulat
NCC	= Faktor daya dukung untuk pondasi menerus
n	= Jumlah pondasi dalam satu kelompok
P_n	= Beban gaya gesek negatif ultimit, kN
P_{kritis}	= Gaya tekuk kritis
P_{total}	= Beban total pada kelompok tiang, kN
P_T	= Tegangan vertikal efektif di ujung tiang, kPa
p	= Keliling selimut tiang, m
Q_G	= Kapasitas daya dukung ultimit kelompok tiang, kN
Q_p	= Perlawanan ujung tiang, kN
Q_s	= Perlawanan selimut tiang, kN
Q_{ult}	= Kapasitas dukung ultimit, kN
Q_{all}	= Kapasitas dukung ijin, kN
q_b	= Daya dukung ujung tiang, kPa
q_c	= Perlawanan dari <i>cone penetration</i> , kPa
q_l	= Perlawanan batas tiang, kPa
R	= Jari-jari tiang, m
Rd	= Perlawanan desain, kN
R1	= Faktor perlawanan tanah 1
R2	= Faktor perlawanan tanah 2
R3	= Faktor perlawanan tanah 3

R_4	= Faktor perlawanan tanah 4
$R_{b,k}$	= Perlawanan ujung tiang, kN
$R_{b,cal}$	= Perhitungan perlawanan ujung tiang, kN
$R_{c,k}$	= Nilai karakteristik perlawanan tekan, kN
$R_{c,d}$	= Daya dukung pada tiang, kN
$(R_{c,m})_{mean}$	= Rata-rata perlawanan tekan
$(R_{c,m})_{min}$	= Perlawanan tekan minimal, kN
$R_{s,cal}$	= Perhitungan perlawanan selimut tiang, kN
$R_{s,k}$	= Perlawanan selimut tiang, kN
S	= Daerah permukaan tiang per unit panjang
T	= Faktor kekakuan
T_{ult}	= Kapasitas dukung beban tarik ultimit, kN
T_{all}	= Kapasitas dukung tarik ijin, kN
$V_{c,d}$	= Beban tekan aksial pada tiang, kN
V_{Gk}	= Beban tetap yang diberikan pada tiang, kN
V_{Qk}	= Beban tidak tetap yang diberikan pada tiang, kN
W_g	= Penurunan pondasi kelompok tiang, mm
W_{Gk}	= Berat sendiri tiang, kN
W_{ss}	= Penurunan akibat perubahan beban aksial, mm
W_o	= Penurunan pondasi tunggal yang didapat dari percobaan pembebanan, mm
W_{pp}	= Penurunan pondasi akibat penyaluran beban, mm
W_{ps}	= Penurunan pondasi akibat penyaluran beban, mm
X	= Sifat material
Z	= Kedalaman tiang, m
α	= Faktor adhesi
β	= Koefisien gesek selimut
ν_s	= Poisson's rasio tanah
Φ_u	= Sudut geser tanah, °
δ	= Gaya gesek antara tiang dan tanah, °
γ_1, γ_2	= Berat jenis efektif tanah, kN/m ³
γ_b	= Karakteristik perlawanan ujung tiang

γ_E	= Karakteristik terhadap efek dari tindakan
γ_F	= Karakteristik terhadap tindakan
γ_s	= Karakteristik perlawanan selimut tiang
γ_G	= Karakteristik akibat beban tetap yang diberikan
γ_M	= Karakteristik faktor material
γ_Q	= Karakteristik akibat beban tidak tetap yang diberikan
γ_t	= Karakteristik akibat perlawanan total
γ_ϕ	= Karakteristik akibat perlawanan geser dalam
γ_c'	= Karakteristik akibat kohesi efektif
γ_{cu}	= Karakteristik akibat kohesi <i>undrained</i>
γ_{qu}	= Karakteristik akibat kuat tekan
γ_{st}	= Karakteristik akibat regangan
γ_{Rd}	= Karakteristik perlawanan tiang
ξ_1, ξ_2	= Faktor korelasi tes pembebanan tiang statis
ξ_3, ξ_4	= Faktor korelasi tes pembebanan pada tanah
ψ	= Konversi nilai karakteristik

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pembebanan Tiang Statis di Lapangan.....	71
Lampiran 2 Hasil <i>Output</i> Simulasi Pembebanan Tiang Statis.....	73