

PENGARUH KEKAKUAN LENTUR PADA DEFLEKSI TIANG PONDASI YANG DIBEBANI LATERAL

Yohanes Kevin D.
NRP : 1121038

Pembimbing : Andrias Suhendra N., S.T., M.T.

ABSTRAK

Pondasi dalam lingkup teknik sipil mendapatkan peran yang sangat penting dalam sebuah konstruksi. Pondasi berguna untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari atas ke tanah dasar yang kuat menahannya. Adapun beban luar yang bekerja pada pondasi dapat berupa beban aksial, beban lateral dan momen.

Tiang pancang yang dianalisis pada tugas akhir ini adalah tiang pancang beton dengan variasi kekakuan lentur, EI (*flexural stiffness*): 0.54EI, 1EI, 1.7EI, 2.7EI pada tanah non kohesif yang homogen dengan N-SPT = 6 (*loose sand*). Hasil Perbandingan defleksi pada kepala tiang yang dihasilkan antara SAP2000 dan AllPile untuk 0.54EI sebesar 17.71%, 1EI sebesar 7.65%, 1.7EI sebesar 1.15% dan 2.7EI sebesar 2.71%.

Perbandingan Pu antara metode Reese and Matlock dan Program AllPile untuk 0.54EI pada kedalaman: 1.9m adalah 0.0023%, 3.8m adalah 0.001%, 5.6m adalah 0.0004%, 7.5m adalah 0.0004%, 9.4m adalah 0.0003%, 11.3m adalah 0.0003%, 13.1m adalah 0.0002%. Perbandingan Pu antara metode Reese and Matlock dan Program AllPile untuk 1EI pada kedalaman: 1.9m adalah 0.0015%, 3.8m adalah 0.0006%, 5.6m adalah 0.0003%, 7.5m adalah 0.0003%, 9.4m adalah 0.0003%, 11.3m adalah 0 %, 13.1m adalah 0.0001%. Perbandingan Pu antara metode Reese and Matlock dan Program AllPile untuk 1.7EI pada kedalaman: 1.9m adalah 0.5658%, 3.8m adalah 0.0002%, 5.6m adalah 0.0001%, 7.5m adalah 0.0001%, 9.4m adalah 0.0002%, 11.3m adalah 0.0001%, 13.1m adalah 0 %. Perbandingan Pu antara metode Reese and Matlock dan Program AllPile untuk 2.7EI pada kedalaman: 1.9m adalah 1.7370%, 3.8m adalah 0.0002%, 5.6m adalah 0%, 7.5m adalah 0%, 9.4m adalah 0.0002%, 11.3m adalah 0.0001%, 13.1m adalah 0.0002%. Peningkatan nilai 0.54EI sampai 2.7EI mengalami persentase kenaikan defleksi ultimate sebesar 50% untuk metode Reese and Matlock dan untuk program AllPile sebesar 54.55%. Faktor yang mempengaruhi pertambahan defleksi ultimate adalah dimensi tiang, sehingga pengaruh nilai EI yang semakin meningkat akan menghasilkan nilai defleksi ultimate yang semakin bertambah.

Kata Kunci : EI (*flexural stiffness*), Reese and Matlock, AllPile, SAP2000.

INFLUENCE OF FLEXURAL STIFFNESS AT THE DEFLECTION PILE FOUNDATION WITH A LATERAL LOAD

***Yohanes Kevin D.
NRP : 1121038***

Supervisor : Andrias Suhendra N., S.T., M.T.

ABSTRACT

Foundation within scope of civil engineering get a very important role in a construction. The foundation has function put the building of the top and forwarding load from the surface to the subgrade soil. The external loads subjected on the foundation can be either axial load, lateral load and moment.

Driven pile analysed at this undergraduate thesis formed concrete driven pile with various of flexural stiffness (EI): 0.54EI, 1EI, 1.7EI and 2.7EI at homogen cohesionless soil with number of value SPT is 6 (loose sand). Comparison of the result pile head deflection produced between SAP2000 and AllPile for 0.54EI is 17.71%, 1 EI is 7.65%, 1.7EI is 1.15% and 2.7EI is 2.71%

Pu comparison between Reese and Matlock method and Program AllPile for 0.54EI at a depth of; 1.9m is 0.0023%, 3.8m is 0.001%, 5.6m is 0.0004%, 7.5m is 0.0004%, 9.4m is 0.0003%, 11.3m is 0.0003%, 13.1m is 0.0002%. Pu comparison between Reese and Matlock method and Program AllPile for 1EI at a depth of; 1.9m is 0.0015%, 3.8m is 0.0006%, 5.6m is 0.0003%, 7.5m is 0.0003%, 9.4m is 0.0003%, 11.3m is 0 %, 13.1m is 0.0001%. Pu comparison between Reese and Matlock method and Program AllPile for 1.7EI at a depth of; 1.9m is 0.5658%, 3.8m is 0.0002%, 5.6m is 0.0001%, 7.5m is 0.0001%, 9.4m is 0.0002%, 11.3m is 0.0001%, 13.1m is 0 %. Pu comparison between Reese and Matlock method and Program AllPile for 2.7 EI at a depth of; 1.9m is 1.7370%, 3.8m is 0.0002%, 5.6m is 0%, 7.5m is 0%, 9.4m is 0.0002%, 11.3m is 0.0001%, 13.1m is 0.0002%. Increasing the value 0.54EI until 2.7EI has percentage increase of 50% ultimate deflection for Reese and Matlock method's and for software AllPile has increased until 54.55%. Affecting factor the increase of ultimate deflection is dimension of pile, so the effect of increasing the value of EI will produce the ultimate deflection values are increasing too.

Keywords : EI (Flexural Stiffness), Reese and Matlock, AllPile, SAP2000.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	1
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan	1
1.4 Sistematika Penulisan	2
1.5 Lisensi Perangkat Lunak	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Parameter Tanah	4
2.1.1 Korelasi Jenis Tanah terhadap <i>Constant of Horizontal Subgrade Reaction</i>	4
2.1.2 Korelasi Jenis Tanah terhadap <i>Constant of Horizontal Subgrade Reaction</i> untuk <i>Submerged Sand</i>	5
2.1.3 Parameter Tanah dan Korelasinya	5
2.1.4 Penentuan Kriteria Tiang Pendek dan Tiang Panjang	6
2.1.5 Tiang Dengan Beban Lateral (Metode <i>Reese and Matlock</i>)	8
2.1.5.1 Kepala Tiang Bebas	8
2.1.5.2 Kepala Tiang Terjepit	12
2.1.6 Prosedur Kurva p-y dengan Beban Lateral pada Tanah Non-Kohesif	13
2.1.7 Hipotesis Pegas <i>Winkler</i>	20
2.2 Pengertian Pondasi	22
2.3 Jenis dan Tipe pada Pondasi Dalam	23
2.3.1 Tiang Pancang	23
2.3.2 Tiang Bor	23
2.4 Perangkat Lunak <i>AllPile</i>	23
2.5 Perangkat Lunak <i>SAP2000</i>	24
BAB III ALUR PENELITIAN, INTERPRETASI DATA TANAH, TATA CARA PENGGUNAAN PERANGKAT LUNAK DAN TATA CARA PERHITUNGAN MANUAL	
3.1 Alur Penelitian	26
3.1.1 Data Tanah	27

3.1.2	Data Pondasi	27
3.2	Perangkat Lunak <i>AllPile</i>	27
3.2.1	Input	28
3.2.2	Output	33
3.3	Perangkat Lunak <i>SAP2000</i>	35
3.3.1	Input	35
3.3.2	Output	42
3.4	Tata Cara Analisis <i>Metode Reese and Matlock</i>	44
BAB IV	PENYAJIAN DAN ANALISIS DATA	
4.1	Hasil Analisis Metode <i>Reese and Matlock</i>	47
4.1.1	Hasil Analisis pada Tiang 0.3 x 0.3m	47
4.1.2	Hasil Analisis pada Tiang 0.35 x 0.35m	51
4.2.3	Hasil Analisis pada Tiang 0.4 x 0.4m	54
4.1.4	Hasil Analisis pada Tiang 0.45 x 0.45m	57
4.2	Hasil Analisis dengan Menggunakan Program <i>AllPile</i>	60
4.2.1	Hasil Analisis pada Tiang 0.3 x 0.3m	60
4.2.2	Hasil Analisis pada Tiang 0.35 x 0.35m	62
4.2.3	Hasil Analisis pada Tiang 0.4 x 0.4m	64
4.2.4	Hasil Analisis pada Tiang 0.45 x 0.45m	66
4.3	Hasil Analisis Dengan Menggunakan Software <i>SAP2000</i>	68
4.4.1	Hasil Analisis pada Tiang 0.3 x 0.3m	68
4.4.2	Hasil Analisis pada Tiang 0.35 x 0.35m	68
4.4.3	Hasil Analisis pada Tiang 0.4 x 0.4m	69
4.4.4	Hasil Analisis pada Tiang 0.45 x 0.45m	70
4.4	Rekapitulasi Perhitungan Metode <i>Reese and Matlock</i> , Program <i>AllPile</i> dan Program <i>SAP2000</i>	70
4.5	Analisa Data	78
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Simpulan	91
5.2	Saran	92
	DAFTAR PUSTAKA	93
	LAMPIRAN	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perilaku pondasi tiang dibebani lateral H dan momen M berupa (a) Defleksi; (b) Putaran sudut; (c) Momen; (d) Geser dan (e) Reaksi tanah.....	9
Gambar 2.2	(a) Grafik koefisien A_y dan A_m untuk tiang kepala bebas (b) Grafik koefisien B_y dan B_m untuk tiang kepala bebas	12
Gambar 2.3	Kurva p-y dan defleksi pada tiang (a) Bentuk kurva dengan kedalaman yang bervariasi x dibawah permukaan tanah, (b) Kurva dengan nilai x, (c) defleksi yang terjadi pada tiang	14
Gambar 2.4	Mendapatkan nilai x dan membuat kurva p-y (a) mendapatkan nilai x dari perpotongan nilai P_{cr} dan P_{cd} , (b) membuat kurva p-y.....	18
Gambar 2.5	(a) <i>Batter Piles</i> , (b, c) Hipotesis <i>Winkler</i> , (d) Tiang dengan beban lateral	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2	<i>Pile Type</i>	28
Gambar 3.3	<i>Pile Profile Page</i>	29
Gambar 3.4	<i>Pile Properties Page</i>	29
Gambar 3.5	<i>Pile Section Screen</i>	30
Gambar 3.6	<i>Load and Group</i>	31
Gambar 3.7	<i>Soil Properties</i>	31
Gambar 3.8	<i>Soil Parameter Screen</i>	32
Gambar 3.9	<i>Pull-down menus</i>	32
Gambar 3.10	Hasil Kondisi Tanah dan Profil Tiang.....	33
Gambar 3.11	Defleksi Tiang dan Beban	34
Gambar 3.12	Momen Tiang dan Beban	34
Gambar 3.13	Kurva P-Y	35
Gambar 3.14	<i>New Model</i>	36
Gambar 3.15	<i>Grid System</i>	36
Gambar 3.16	<i>Define Grid Data</i>	37
Gambar 3.17	<i>Define Material</i>	37
Gambar 3.18	<i>Material Property</i>	38
Gambar 3.19	<i>Frame Properties</i>	38
Gambar 3.20	Dimensi Tiang	39
Gambar 3.21	<i>Joint Restraints</i>	39
Gambar 3.22	<i>Joint Springs</i>	40
Gambar 3.23	<i>Define Loads</i>	40
Gambar 3.24	<i>Joint Forces</i>	41
Gambar 3.25	Pemodelan pada <i>SAP2000</i>	41
Gambar 3.26	<i>Set Analysis Cases to Run</i>	42
Gambar 3.27	<i>SAP Analysis Monitor</i>	42
Gambar 3.28	<i>Table for Display</i>	43
Gambar 3.29	<i>Joint Displacement</i>	43
Gambar 3.30	Defleksi yang Terjadi pada Kepala Tiang Ketika Diberi Beban Lateral	44
Gambar 3.31	Pemodelan Tiang dan Parameter Tanah	45

Gambar 4.1	Kurva <i>Pcr</i> dan <i>Pcd</i>	48
Gambar 4.2	Kurva p-y Tiang Pondasi 0.3 x 0.3m.....	50
Gambar 4.3	Kurva <i>Pcr</i> dan <i>Pcd</i>	52
Gambar 4.4	Kurva p-y Tiang Pondasi 0.35 x 0.35m.....	53
Gambar 4.5	Kurva <i>Pcr</i> dan <i>Pcd</i>	55
Gambar 4.6	Kurva p-y Tiang Pondasi 0.4 x 0.4m.....	56
Gambar 4.7	Kurva <i>Pcr</i> dan <i>Pcd</i>	58
Gambar 4.8	Kurva p-y Tiang Pondasi 0.45 x 0.45m.....	59
Gambar 4.9	Defleksi yang Terjadi pada Kepala Tiang 0.3 x 0.3m.....	60
Gambar 4.10	Momen yang Terjadi Sepanjang Tiang 0.3 x 0.3m	61
Gambar 4.11	Kurva p-y Tiang Pondasi 0.3 x 0.3m.....	61
Gambar 4.12	Defleksi yang Terjadi pada Kepala Tiang 0.35 x 0.35m.....	62
Gambar 4.13	Momen yang Terjadi Sepanjang Tiang 0.35 x 0.35m	63
Gambar 4.14	Kurva p-y Tiang Pondasi 0.35 x 0.35m.....	63
Gambar 4.15	Defleksi yang Terjadi pada Kepala Tiang 0.4 x 0.4m.....	64
Gambar 4.16	Momen yang Terjadi Sepanjang Tiang 0.4 x 0.4m	65
Gambar 4.17	Kurva p-y Tiang Pondasi 0.4 x 0.4m.....	65
Gambar 4.18	Defleksi yang Terjadi pada Kepala Tiang 0.45 x 0.45m.....	66
Gambar 4.19	Momen yang Terjadi Sepanjang Tiang 0.45 x 0.45m	67
Gambar 4.20	Kurva p-y Tiang Pondasi 0.45x 0.45m.....	67
Gambar 4.21	Defleksi pada Tiang Pondasi 0.3 x 0.3m.....	68
Gambar 4.22	Defleksi pada Tiang Pondasi 0.35 x 0.35m.....	69
Gambar 4.23	Defleksi pada Tiang Pondasi 0.4 x 0.4m.....	69
Gambar 4.24	Defleksi pada Tiang Pondasi 0.45 x 0.45m.....	70
Gambar 4.25	Kurva p-y Metode <i>Reese and Matlock</i> dan program <i>AllPile</i> dengan Tiang 0.3 x 0.3m.....	78
Gambar 4.26	Kurva p-y Metode <i>Reese and Matlock</i> dan program <i>AllPile</i> dengan Tiang 0.35 x 0.35m	79
Gambar 4.27	Kurva p-y Metode <i>Reese and Matlock</i> dan program <i>AllPile</i> dengan Tiang 0.4 x 0.4m	80
Gambar 4.28	Kurva p-y Metode <i>Reese and Matlock</i> dan program <i>AllPile</i> dengan Tiang 0.45 x 0.45m	81
Gambar 4.29	Kurva Defleksi Hasil <i>SAP2000</i> dan <i>AllPile</i> dengan 0.54 <i>EI</i> dan 1.7 <i>EI</i>	82
Gambar 4.30	Kurva Defleksi Hasil <i>SAP2000</i> dan <i>AllPile</i> dengan 1.0 <i>EI</i> dan 2.7 <i>EI</i>	83
Gambar 4.31	Kurva p-y dengan Perbandingan <i>EI</i> pada Kedalaman 1.9m.....	84
Gambar 4.32	Kurva p-y dengan Perbandingan <i>EI</i> pada Kedalaman 3.8m.....	85
Gambar 4.33	Kurva p-y dengan Perbandingan <i>EI</i> pada Kedalaman 5.6m.....	85
Gambar 4.34	Kurva p-y dengan Perbandingan <i>EI</i> pada Kedalaman 7.5m.....	86
Gambar 4.35	Kurva p-y dengan Perbandingan <i>EI</i> pada Kedalaman 9.4m.....	86
Gambar 4.36	Kurva p-y dengan Perbandingan <i>EI</i> pada Kedalaman 11.3m.....	87
Gambar 4.37	Kurva p-y dengan Perbandingan <i>EI</i> pada Kedalaman 13.1m.....	87
Gambar 4.38	Kurva <i>EI</i> dan <i>Ultimate Soil Resistance</i>	88
Gambar 4.39	Kurva <i>EI</i> dan Defleksi untuk Setiap Kedalaman.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Estimasi Nilai Dari η_h	4
Tabel 2.2	Nilai η_h untuk <i>Submerged Sand</i> yang Direkomendasikan	5
Tabel 2.3	Parameter Tanah untuk Tanah Non-Kohesif	5
Tabel 2.4	Parameter Tanah untuk Tanah Kohesif	5
Tabel 2.5	<i>Modulus of Subgrade Reaction (k_1) vs N-SPT</i> untuk Tanah Non-Kohesif	6
Tabel 2.6	<i>Modulus of Subgrade Reaction (k_1) vs N-SPT</i> untuk Tanah Kohesif	6
Tabel 2.7	Hubungan antara k_1 dan C_u	7
Tabel 2.8	Kriteria Jenis Perilaku Tiang	8
Tabel 2.9	Koefisien A untuk Tiang Panjang ($Z_{max} \geq 5$): Kepala Tiang Bebas	10
Tabel 2.10	Koefisien B untuk Tiang PAnjang ($Z_{max} \geq 5$): Kepala Tiang Bebas	11
Tabel 2.11	Nilai K_0 untuk Berbagai Jenis Tanah	16
Tabel 2.12	Koefisien A_1 dan B_1	19
Tabel 3.1	Hubungan nilai N – SPT dengan Parameter Desain	27
Tabel 3.2	Data Pondasi	27
Tabel 4.1	Perhitungan untuk Membuat Kurva p-y Tiang 0.3 x 0.3m	49
Tabel 4.2	Perhitungan Mencari Nilai Kekakuan Pegas	50
Tabel 4.3	Perhitungan untuk Membuat Kurva p-y Tiang 0.35 x 0.35m	52
Tabel 4.4	Perhitungan Mencari Nilai Kekakuan Pegas	53
Tabel 4.5	Perhitungan untuk Membuat Kurva p-y Tiang 0.4 x 0.4m	55
Tabel 4.6	Perhitungan Mencari Nilai Kekakuan Pegas	56
Tabel 4.7	Perhitungan untuk Membuat Kurva p-y Tiang 0.45 x 0.45m	58
Tabel 4.8	Perhitungan Mencari Nilai Kekakuan Pegas	59
Tabel 4.9	Perbandingan Kurva p-y Metode <i>Reese and Matlock</i> dan Program <i>AllPile</i> Tiang 0.3 x 0.3m	71
Tabel 4.10	Perbandingan Kurva p-y Metode <i>Reese and Matlock</i> dan Program <i>AllPile</i> Tiang 0.35 x 0.35m	72
Tabel 4.11	Perbandingan Kurva p-y Metode <i>Reese and Matlock</i> dan Program <i>AllPile</i> Tiang 0.4 x 0.4m	73
Tabel 4.12	Perbandingan Kurva p-y Metode <i>Reese and Matlock</i> dan Program <i>AllPile</i> Tiang 0.45 x 0.45m	74
Tabel 4.13	Perbandingan Defleksi Tiang 0.3 x 0.3m pada Program <i>SAP2000</i> dan Program <i>AllPile</i>	75
Tabel 4.14	Perbandingan Defleksi Tiang 0.35 x 0.35m pada Program <i>SAP2000</i> dan Program <i>AllPile</i>	75
Tabel 4.15	Perbandingan Defleksi Tiang 0.4 x 0.4m pada Program <i>SAP2000</i> dan Program <i>AllPile</i>	76
Tabel 4.16	Perbandingan Defleksi Tiang 0.45 x 0.45m pada Program <i>SAP2000</i> dan Program <i>AllPile</i>	76
Tabel 4.17	Hubungan Variasi <i>EI</i> terhadap Y_u dan P_u yang Dihasilkan oleh Metode <i>Reese and Matlock</i> dan Program <i>AllPile</i>	77

DAFTAR NOTASI

B	Diameter tiang
Cu	<i>Shear strength</i>
D	Diameter
Dr	<i>Relative density</i>
EI	Kekakuan lentur tiang
E _p	Modulus elastisitas tiang
f _c '	Kuat tekan beton
f _y	Tegangan leleh pada baja tulangan
H	Beban lateral yang bekerja di kepala tiang
I _p	Momen inersia tiang
k	Kekakuan pegas
K _A	Koefisien tekanan tanah aktif
K _p	Koefisien tekanan tanah pasif
K ₀	Koefisien tekanan tanah lateral pada kondisi <i>at rest</i> .
$k_h=k_1$	<i>Modulus of subgrade reaction</i>
k _s	Koefisien modulus <i>subgrade</i> tanah dalam arah horisontal
L	Panjang tiang
M	Momen yang bekerja di kepala tiang
η_h	<i>Constant of horizontal subgrade reaction</i>
N-SPT	<i>Number of Standard Penetration Test</i>
P	<i>Soil resistance</i>
P _k , P _m , P _u	<i>Points on p-y curve corresponding to y_k, y_m, y_u</i>
P _u	Ultimate soil resistance
P _{cd}	<i>Soil resistance below critical depth x_r</i>
P _{cr}	<i>Soil resistance from ground surface to a critical depth x_r</i>
q _u	<i>Unconfined Compressive Strength</i>
R	<i>Soil reaction per unit length</i>
S _x	Putaran sudut
S _u	<i>Undrained shear strength</i>
T	Faktor kekakuan
V _x	Gaya geser

x	Kedalaman di bawah permukaan tanah, dihitung dari kepala tiang
x_r	Kedalaman kritis
Y_k, Y_m, Y_u	<i>Points on p-y curve</i>
Y_u	Ultimate defleksi
Y_x	Defleksi di kepala tiang
y	Defleksi
ϕ	Sudut geser dalam
γ	Berat isi tanah
γ_d	Berat isi tanah kering
γ_{sat}	Berat isi tanah terendam
γ_{unsat}	Berat isi tanah tidak terendam
γ_w	Berat isi air

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Defleksi Program <i>AllPile</i>	95
--	----