

ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG AKSIAL, TRANSFER BEBAN, BEBAN-PENURUNAN PADA PONDASI TIANG BOR BERDASARKAN HASIL UJI BEBAN TIANG TERINSTRUMENTASI, PROGRAM *ALLPILE*, DAN PROGRAM *GEO5*

Angel Refanie
NRP : 1221075

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

ABSTRAK

Pondasi tiang bor merupakan salah satu jenis pondasi dalam, berfungsi menyalurkan beban bangunan pada lapisan tanah dengan kapasitas daya dukung yang memenuhi (*bearing stratum*). Pada pondasi tiang bor yang menerima beban aksial, beban didistribusikan ke tanah melalui tahanan ujung dan tahanan selimut tiang. Untuk mengetahui perilaku distribusi beban ke tanah melalui tahanan ujung dan tahanan selimut tiang dilakukan uji beban tiang terinstrumentasi yang dilengkapi instrumen berupa *VWSG* dan *tell-tale extensometer*.

Analisis dilakukan pada pondasi tiang bor dengan diameter 1,0 m, panjang 59,3 m, pada tanah yang terdiri atas *medium silty clay*, *stiff silty clay*, dan *hard clay*. Pembebanan dilakukan sampai 300% dari beban kerja sebesar 600 ton melalui 6 siklus pembebanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas daya dukung aksial, perilaku transfer beban, dan beban-penurunan pada pondasi tiang bor akibat pembebanan aksial. Metode yang digunakan dalam analisis adalah perhitungan empiris hasil uji beban tiang terinstrumentasi yang kemudian dibandingkan dengan *output* dari program *Allpile* dan program *GEO5*.

Kapasitas daya dukung aksial berdasarkan nilai N_{SPT} minimum dengan menggunakan perhitungan empiris adalah sebesar 1230 ton, dengan program *Allpile* sebesar 1861 ton, dan dengan program *GEO5* sebesar 909 ton. Dari kurva beban terhadap kedalaman, tahanan ujung tiang memikul beban 0,51% dari *applied load* dan sisanya dipikul oleh tahanan selimut tiang. Dengan besar perpindahan tiang berkisar 0,49%~1,41% dari diameter tiang, tahanan selimut tiang telah termobilisasi seluruhnya. Penurunan tiang dari kurva beban-penurunan pada beban kerja 600 ton dari hasil analisis uji beban tiang terinstrumentasi adalah sebesar 3,8 mm, dari program *Allpile* dengan N_{SPT} maksimum sebesar 12,5 mm, dari program *Allpile* dengan N_{SPT} minimum sebesar 11,7 mm, dan dari program *GEO5* sebesar 16,3 mm.

kata kunci: kapasitas daya dukung aksial, penurunan, tiang bor, transfer beban, uji beban tiang terinstrumentasi

AXIAL BEARING CAPACITY, LOAD TRANSFER, LOAD-SETTLEMENT ANALYSIS ON BORED PILE BASED ON INSTRUMENTED PILE LOAD TEST RESULT, ALLPILE, AND GEO5 PROGRAM

Angel Refanie
NRP : 1221075

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

ABSTRACT

Bored pile is one kind of deep foundation, serves to distribute structure load to soil layer which has adequate bearing capacity (bearing stratum). On bored pile receives axial load, the load is distributed to the ground through end bearing and skin friction resistance of the pile. To know distribution behavior to the ground through end bearing and skin friction resistance, instrumented pile load test performed using VWSG and tell-tale extensometer instrument.

Analysis was performed on bored pile which is 1,0 m in diameter, 59,3 m in length, on the soil consist of medium silty clay, stiff silty clay, and hard clay. Loading performed up to 300% of the 600 tons working load through 6 loading cycles. This research aims to analyze axial pile bearing capacity, load transfer behavior, and load-settlement on bored pile due to axial loading. Method used in analysis is empirical calculation of instrumented pile load test result compared with output from Allpile and GEO5 program.

The axial bearing capacity with minimum N_{SPT} value based on empirical calculation, Allpile program, and GEO5 program respectively are 1230 ton, 1861 ton, and 909. From load-depth curve, end bearing resistance carries 0,51% of applied load and the rest of the load is carried by skin friction resistance. With displacement range 0,49%~1,41% of pile diameter, skin friction resistance has fully mobilized. Pile settlement from load-settlement curve on 600 tons working load from instrumented pile load test result, Allpile program with maximum N_{SPT} value, Allpile program with minimum N_{SPT} value, and GEO5 program respectively are 3,8 mm, 12,5 mm, 11,7 mm, and 16,3 mm.

keywords: axial bearing capacity, bored pile, instrumented pile load test, load transfer, settlement

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	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.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Sistematika Penulisan	3
1.5 Lisensi Perangkat Lunak	4
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	5
2.1 Pondasi.....	5
2.2 Pondasi Tiang.....	5
2.3 Mekanisme Transfer Beban pada Pondasi Tiang.....	7
2.4 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor.....	9
2.5 Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor	12
2.5.1 Daya Dukung Ujung.....	13
2.5.2 Daya Dukung Selimut	13
2.6 Pengujian Pondasi Tiang.....	14
2.6.1 Metode Pengujian Tiang.....	15
2.6.2 Metode Uji Pembebanan Tiang	16
2.7 Uji Beban Tiang Terinstrumentasi	18
2.8 Instrumen pada Uji Beban Tiang Terinstrumentasi	19
2.9 Hasil Uji Beban Tiang Terinstrumentasi	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Bagan Alir Penelitian dan Analisis Data.....	25
3.2 Program <i>Mathcad 15</i>	29
3.3 Langkah-Langkah Penggunaan Program <i>Mathcad 15</i>	29
3.4 Program <i>Allpile v 6.5</i>	34
3.5 Langkah-Langkah Penggunaan Program <i>Allpile v 6.5</i>	34
3.5.1 <i>Input</i> pada Program <i>Allpile v 6.5</i>	34
3.5.2 <i>Output</i> pada Program <i>Allpile v 6.5</i>	42
3.6 Program <i>GEO5 – Piles v 19</i>	45
3.7 Langkah-Langkah Penggunaan Program <i>GEO5 – Piles v 19</i>	45

BAB IV ANALISIS DATA.....	54
4.1 Data Tanah	54
4.2 Data Tiang.....	55
4.3 Instrumentasi Tiang.....	55
4.4 Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang	56
4.4.1 Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang dengan Perhitungan Empiris.....	57
4.4.2 Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang dengan Program <i>Allpile</i>	60
4.4.3 Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang dengan Program <i>GEO5</i>	61
4.4.4 Perbandingan Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang dari Perhitungan Empiris dengan Program <i>Allpile</i> dan <i>GEO5</i>	63
4.5 Analisis Transfer Beban.....	64
4.5.1 Kurva Transfer Beban terhadap Kedalaman	64
4.5.2 Kurva Tahanan Selimut Tiang Rata-Rata terhadap Perpindahan Tiang.....	72
4.6 Analisis Beban terhadap Penurunan.....	76
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Simpulan	78
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Transfer Beban pada Tanah.....	7
Gambar 2.2	Kurva Hubungan Beban terhadap Penurunan	8
Gambar 2.3	Distribusi Pemikulan Beban pada Pondasi Tiang	8
Gambar 2.4	Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor dengan Cara Kering.....	10
Gambar 2.5	Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor dengan Menggunakan <i>Casing</i>	11
Gambar 2.6	Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor dengan Menggunakan <i>Slurry</i>	12
Gambar 2.7	Pengujian dengan Tiang Jangkar.....	15
Gambar 2.8	Pengujian dengan Sistem <i>Kentledge</i>	16
Gambar 2.9	Perbandingan Waktu yang Diperlukan untuk Berbagai Metode Pembebanan Tiang	17
Gambar 2.10	Pengujian Tiang dengan Instrumentasi	18
Gambar 2.11	<i>Vibrating Wire Strain Gauge</i>	20
Gambar 2.12	<i>Tell-tale Extensometer</i>	21
Gambar 2.13	Kurva Beban-Penurunan pada Uji Beban Tiang Aksial.....	22
Gambar 2.14	Kurva Beban-Penurunan pada Tanah Pasir dan Lempung.....	23
Gambar 2.15	Kurva Transfer Beban pada Tanah Kohesif	23
Gambar 2.16	Kurva Transfer Beban Normalisasi pada Selimut Tiang	24
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	26
Gambar 3.2	Bagan Alir Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial.....	27
Gambar 3.3	Bagan Alir Analisis Transfer Beban	28
Gambar 3.4	Bagan Alir Analisis Beban – Penurunan.....	28
Gambar 3.5	Tampilan Program <i>Mathcad 15</i>	30
Gambar 3.6	Tampilan Program <i>Allpile v 6.5</i>	35
Gambar 3.7	<i>Pile Type</i>	36
Gambar 3.8	<i>Pile Profile</i>	36
Gambar 3.9	<i>Pile Properties</i>	37
Gambar 3.10	<i>Pile Section Screen</i>	38
Gambar 3.11	<i>Pile Properties</i> Setelah <i>Input</i>	39
Gambar 3.12	<i>Load and Group</i>	39
Gambar 3.13	<i>Soil Properties</i>	40
Gambar 3.14	<i>Soil Parameter Screen</i> ($N_{SPT} = 4$)	41
Gambar 3.15	<i>Soil Parameter</i> Setelah <i>Input</i>	41
Gambar 3.16	<i>Advance Page</i>	42
Gambar 3.17	<i>Vertical Analysis Result</i>	43
Gambar 3.18	<i>Soil Stress, Side Resistance, Axial Force vs. Depth</i>	44
Gambar 3.19	<i>Vertical Load vs. Settlement</i>	44
Gambar 3.20	<i>Project</i>	46
Gambar 3.21	<i>Settings</i>	46
Gambar 3.22	<i>Profile</i>	47
Gambar 3.23	<i>Modulus Kh</i>	47
Gambar 3.24	<i>Soils (Loosened Top Soil)</i>	48
Gambar 3.25	<i>Assign</i>	49

Gambar 3.26 <i>Load</i>	49
Gambar 3.27 <i>Geometry</i>	50
Gambar 3.28 <i>Material</i>	50
Gambar 3.29 <i>GWT+Subsoil</i>	51
Gambar 3.30 <i>Stage Settings</i>	51
Gambar 3.31 <i>Vertical Capacity</i>	52
Gambar 3.32 <i>Settlement</i>	53
Gambar 4.1 Jenis Tanah dan Dimensi Pondasi Tiang Bor.....	54
Gambar 4.2 Lokasi Pemasangan Instrumen pada Tiang Bor	56
Gambar 4.3 Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Program <i>Allpile</i> untuk N_{SPT} Minimum	60
Gambar 4.4 Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Program <i>GEO5</i> untuk N_{SPT} Minimum	62
Gambar 4.5 Kurva Transfer Beban – <i>1st Cycle</i>	66
Gambar 4.6 Kurva Transfer Beban – <i>2nd Cycle</i>	67
Gambar 4.7 Kurva Transfer Beban – <i>3rd Cycle</i>	67
Gambar 4.8 Kurva Transfer Beban – <i>4th Cycle</i>	68
Gambar 4.9 Kurva Transfer Beban – <i>5th Cycle</i>	68
Gambar 4.10 Kurva Transfer Beban – <i>6th Cycle</i>	69
Gambar 4.11 Distribusi Beban Aksial dari Program <i>Allpile</i> dengan N_{SPT} Minimum.....	70
Gambar 4.12 Perbandingan Kurva Transfer Beban Instrumentasi – <i>Allpile</i>	70
Gambar 4.13 Kurva Tahanan Selimut Rata-Rata terhadap Perpindahan.....	75
Gambar 4.14 Kurva Normalisasi Tahanan Selimut Rata-Rata terhadap Perpindahan.....	76
Gambar 4.15 Kurva Perbandingan Beban terhadap Penurunan.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Parameter Tanah untuk Lempung	25
Tabel 3.2	Nilai N_{SPT} Minimum dan Maksimum yang Digunakan	25
Tabel 4.1	Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor untuk Nilai N_{SPT} Minimum dan Maksimum dengan Perhitungan Empiris	59
Tabel 4.2	Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor untuk Nilai N_{SPT} Minimum dan Maksimum dengan Program <i>Allpile</i>	61
Tabel 4.3	Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor untuk Nilai N_{SPT} Minimum dan Maksimum dengan Program <i>GEO5</i>	62
Tabel 4.4	Perbandingan Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor dari Perhitungan Empiris dan Program <i>Allpile</i> ..	63
Tabel 4.5	Perbandingan Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor dari Perhitungan Empiris dan Program <i>GEO5</i> ...	64
Tabel 4.6	<i>Average Calculated Load</i> pada Kedalaman VWSG di Setiap Siklus Pembebanan	65
Tabel 4.7	Perbandingan Distribusi Beban dari Uji Beban Terinstrumentasi pada 6^{th} Cycle dan Program <i>Allpile</i> Kondisi Ultimit.....	71
Tabel 4.8	Bacaan <i>Tell-tale Extensometer</i>	72
Tabel 4.9	Perpindahan pada Beban 169,2 ton.....	73
Tabel 4.10	Tahanan Selimut Tiang dan Perpindahan Tiang.....	74
Tabel 4.11	Normalisasi Tahanan Selimut Tiang dan Perpindahan Tiang.....	74

DAFTAR NOTASI

A	luas penampang tiang bor
B	diameter tiang bor
c_u	kuat geser tanah
d	kedalaman pemasangan instrumen
f_s	tahanan selimut tiang per satuan luas
f_{sc}	tahanan selimut tiang maksimum
E	modulus elastisitas tiang bor
E_c	modulus elastisitas beton
L	panjang tiang bor
L_i	panjang segmen tiang
L_{TT}	jarak antara dua <i>tell-tale extensometer</i>
N_{SPT}	nilai yang diperoleh dari penyelidikan SPT (<i>Standard Penetration Test</i>)
p	keliling penampang tiang
q_p	tahanan ujung per satuan luas
Q	beban
Q_a	daya dukung ijin tiang
Q_p	daya dukung ultimit ujung tiang
Q_s	daya dukung ultimit selimut tiang
Q_u	daya dukung ultimit tiang
Q_{TT}	beban di tengah antara dua <i>tell-tale extensometer</i>
Q_{VWSG}	beban pada lokasi pemasangan VWSG
SF	faktor keamanan
W_p	berat sendiri tiang
WL	<i>working load</i> (beban kerja)
z_s	perpindahan tiang hasil perhitungan
z_t	perpindahan tiang bacaan <i>tell-tale extensometer</i>
α	faktor adhesi
ΔL_{TT}	selisih perpindahan antara dua <i>tell-tale extensometer</i>
ε	regangan
Φ	sudut geser dalam
σ	tegangan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Jenis Tanah dan Konsistensi Tanah.....	81
Lampiran 2	Perhitungan Empiris Kapasitas Daya Dukung Aksial dengan Nilai N_{SPT} Maksimum	82
Lampiran 3	Hasil Analisis Program <i>Allpile</i> dengan Nilai N_{SPT} Maksimum	85
Lampiran 4	Hasil Analisis Program <i>GEO5</i> dengan Nilai N_{SPT} Maksimum	87
Lampiran 5	Perhitungan Perpindahan Hasil <i>Check Compatibility</i>	88

