

**STUDI PERBANDINGAN KAPASITAS DUKUNG VERTIKAL
MINI PILE UKURAN 20X20 CM MENGGUNAKAN
BERBAGAI FORMULA DINAMIK BERDASARKAN DATA
PEMANCANGAN TIANG**

YUSRI RURAN

NRP : 0621053

Pembimbing : Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

BANDUNG

ABSTRAK

Salah satu jenis pondasi yang banyak digunakan pada bangunan tinggi adalah pondasi tiang pancang. Dalam Tugas Akhir ini, dibahas tentang bagaimana membandingkan semua hasil dari formula dinamik dan statik (metode Meyerhoff, Schmertmann, dan menggunakan software Driven) terhadap formula modified ENR. Salah satu data yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan data pemancangan tiang dari proyek di Bandung Utara yang dapat dianalisis dengan menggunakan rumus formula dinamik. Tiang pancang yang digunakan memiliki ukuran 20x20 cm dengan mutu beton K-450 dan di pancang dengan system *drop hammer* dengan tinggi jatuh 1 m.

Formula Gates memiliki persentase yang cukup mendekati terhadap formula Modified ENR yang berkisar pada nilai antara 0,03% - 18,71% (rata-rata 7,85%), sedangkan formula Danish memiliki persentase yang cukup jauh dengan rata-rata 67,05% terhadap formula Modified ENR dan untuk formula Janbu (rata-rata 36,60%), PCUBC (rata-rata 14,35%), Hilley (20,97%). Kapasitas tiang pancang yang cukup besar berkisar pada nilai *final set* antara 0,2 cm – 0,4 cm, sedangkan tiang banyak terpancang dengan nilai *final set* antara 0,4 cm - 0,5 cm, sehingga lebih memungkinkan untuk memperoleh kapasitas yang baik pada nilai *final set* 0,4 cm. Kapasitas maksimum yaitu Tiang 14 memiliki nilai *final set* sebesar 0,2 cm.

DAFTAR KONVERSI SATUAN

Dari English	Ke SI	Konversi	Jenis Satuan	Dari SI	Ke English	Konversi
ft	m	0.3048	Panjang	m	ft	3.2808
inch	mm	25.4		mm	inch	0.039
ft ²	m ²	0.0929	Luas	m ²	ft ²	10.764
inch ²	mm ²	645.2		mm ²	inch ²	0.0015
ft ³	m ³	0.028	Volume	m ³	ft ³	35.714
inch ³	mm ³	16387		mm ³	inch ³	6.10E-05
ft ⁴	m ⁴	0.0086	Inersia	m ⁴	ft ⁴	115.856
inch ⁴	mm ⁴	416231		mm ⁴	inch ⁴	2.00E-06
lbm	kg	0.4536	Massa	kg	lbm	2.2046
lbm/ft ³	kg/m ³	16.02	Berat Jenis	kg/m ³	lbm/ft ³	0.062
lb	N	4.448	Gaya	N	lb	0.2248
kip	kN	4.448		kN	kip	0.2248
lbs/ft	N/m	14.59	Gaya per Satuan Panjang	N/m	lbs/ft	0.0685
kips/ft	kN/m	14.59		kN/m	kips/ft	0.0685
lbs/in ²	kPa	6.895	Gaya per Satuan Luas; Tegangan; Tekanan; Modulus Elastisitas; Volume	kPa	lbs/in ²	0.145
kips/in ²	Mpa	6.895		Mpa	kips/in ²	0.145
lbs/ft ²	Pa	47.88		Pa	lbs/ft ²	0.021
kips/ft ²	kPa	47.88		kPa	kips/ft ²	0.021
lbs/ft ³	N/m ³	157.1		N/m ³	lbs/ft ³	0.0064
kips/ft ³	kN/m ³	157.1		kN/m ³	kips/ft ³	0.0064
lb-inch	N-mm	112.98	Momen atau Energi	N-mm	lb-inch	0.0089
kip-inch	kN-mm	112.98		kN-mm	kip-inch	0.0089
lb-ft	N-m	1.356		N-m	lb-ft	0.7375
kip-ft	kN-m	1.356		kN-m	kip-ft	0.7375
ft-lb	Joule	1.356		Joule	ft-lb	0.7375
ft-kip	kJoule	1.356		kJoule	ft-kip	0.7375
s/ft	s/m	3.2808	Kelembaban	s/m	s/ft	0.3048
blows/ft	blows/m	3.2808	Hitungan Pukulan	blows/m	blows/ft	0.3048

DAFTAR ISI

SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR.....	i
SURAT KETERANG SELESAI TUGAS AKHIR.....	ii
ABSTRAK	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR KONVERSI SATUAN	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Material Konstruksi	6
2.2 Komponen Peralatan Tambahan untuk Pemancangan Tiang.....	15
2.2.1 Alat Ukur (<i>Theodolit</i>)	15
2.2.2 Patok Kayu	16
2.2.3 Helm (<i>Helmet</i>)	17
2.2.4 Bantalan (<i>Cushion Material</i>)	18
2.2.5 Sepatu Tiang (<i>Pile Toe</i>)	21

2.2.6	Sambungan (<i>Splices</i>).....	23
2.2.7	Palu (<i>Hammer</i>).....	27
2.3	Konsep Energi <i>Hammer</i>	40
2.4	Cara Pemilihan Ukuran <i>Hammer</i>	41
2.5	Rekaman Pemancangan (<i>Driving Record</i>) dan Pencatatan <i>Final Set</i>	42
2.6	Komentar Umum Mengenai Pemancangan	43
2.7	Uji Sondir.....	45
2.8	Pengamatan Muka Air Tanah	51
2.9	Cara Pelaporan Hasil Penyelidikan Geoteknik	52
2.10	Penentuan Kapasitas Aksial Pondasi Tiang Pancang dengan Cara Statik	53
2.11	Penentuan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Hasil CPT (Metode Schmertmann – Nottingham, 1975).....	59
2.12	Penentuan Formula Dinamik	61
BAB 3	STUDI KASUS.....	67
3.1	Sekilas Tentang Program Driven.....	67
3.2	Menentukan Kapasitas Statik Menggunakan Software	68
3.3	Hasil kapasitas titik sondir S1 menggunakan program driven.....	78
BAB 4	ANALISIS KAPASITAS DUKUNG TIANG PANCANG.....	94
4.1	Menentukan Kapasitas Tiang Menggunakan Formula Dinamik	94
4.1.1	Formula Modified ENR	95
4.1.2	Formula Janbu.....	96

4.1.3	Formula Danish.....	96
4.1.4	Formula Gates.....	97
4.1.5	Formula PCUBC.....	97
4.1.6	Formula Hiley.....	98
4.1.7	Gambar perbandingan kapasitas dukung tiang antar formula dinamik untuk tiang 1 - 85	107
4.2	Menentukan Kapasitas Statik.....	110
4.2.1	Kapasitas Statik Menggunakan Metode Meyerhoff	110
4.2.2	Kapasitas Statik Menggunakan Metode Schmertmann – Nottingham.....	121
4.3	Grafik perbandingan kapasitas dukung tiang antara kapasitas statik dan formula Modified ENR.....	138
4.4	Menentukan Kapasitas Berdasarkan Kuat Tekan Beton.....	141
BAB 5 PENUTUP		143
5.1	Kesimpulan	143
5.2	Saran	145

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- α = Adhesi tanah
- ϕ = Sudut geser dalam
- A_p = Luas tiang
- B, D = Panjang sisi tiang
- c_u = Kohesi tak terdrainase
- e_h = Efisiensi *hammer*
- E_h = Energi *hammer*
- E = Modulus elastisitas tiang
- f_s = Gesekan selimut
- h = Tinggi jatuh hammer (pada formula dinamik) dan tinggi setiap lapisan (pada metode statik)
- JHP = Jumlah perlawanan lekat
- $K_{s,c}$ = Faktor reduksi gesekan selimut tiang
- L = Panjang Tiang
- n = Nilai koefisien restitusi tiang
- N_q^* = Faktor daya dukung ujung
- P = Keliling tiang
- P_u = Kapasitas ultimit tiang
- q_c = Tahanan ujung sondir
- Q_s = Kapasitas selimut tiang

Q_p = Kapasitas ujung tiang

R_f = Rasio gesekan

s = Final set

S_u = Kuat geser tak terdrainase

σ'_v = Tegangan vertikal efektif tanah

u = Tekanan air pori

W_r = Berat *hammer*

W_p = Berat tiang

γ = Berat jenis tanah

γ_{beton} = Berat jenis beton

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tempat titik pengambilan untuk tiang pancang pracetak	12
Gambar 2.2	Pondasi tiang beton pracetak (Proyek NISP Learning Center).....	13
Gambar 2.3	Alat ukur (<i>Theodolit</i>) (Proyek NISP Learning Center).....	16
Gambar 2.4	Patok kayu (Proyek NISP Learning Center)	16
Gambar 2.5	Komponen helm (D.F.I Publication, 1981).....	17
Gambar 2.6	Helm pada alat pemancangan (Proyek NISP Learning Center)....	18
Gambar 2.7	Bantalan tiang (<i>Pile Cushion</i>).....	20
Gambar 2.8	Pelindung ujung tiang (<i>Pile Toe</i>)	22
Gambar 2.9	Pelindung tiang dengan perpanjangan bagian H.....	22
Gambar 2.10	Sambungan yang digunakan pada tiang beton pratekan	24
Gambar 2.11	Sambungan pasak yang disemen (Bruce dan Herbert, 1974)	24
Gambar 2.12	Klasifikasi <i>hammer</i>	27
Gambar 2.13	<i>Drop hammer</i> (Proyek NISP Learning Center)	30
Gambar 2.14	Skema dari <i>single acting air/steam hammer</i>	31
Gambar 2.15	Skema dari <i>double acting air/steam hammer</i>	32
Gambar 2.16	Skema dari <i>differential acting air/steam hammer</i>	33
Gambar 2.17	<i>Single acting hammer</i>	33
Gambar 2.18	<i>Double acting hammer</i>	33
Gambar 2.19	<i>Diesel hammer</i>	34
Gambar 2.20	(a) Skema dari <i>vibratory hammer</i> (b) <i>Vibratory hammer</i>	37
Gambar 2.21	Skema dari <i>Hydraulic hammer</i>	38
Gambar 2.22	<i>Single acting hydraulic hammer</i>	39

Gambar 2.23	<i>Double acting hydraulic hammer</i>	39
Gambar 2.24	Mesin pancang dengan penekanan hidrolik	39
Gambar 2.25	Pencatatan <i>final set</i>	43
Gambar 2.26	Bentuk konus sondir listrik dan sondir mekanis	47
Gambar 2.27	Contoh pelaporan hasil uji sondir	48
Gambar 2.28	Klasifikasi tanah berdasarkan hasil uji sondir listrik	48
Gambar 2.29	Klasifikasi tanah berdasarkan hasil uji sondir mekanis	49
Gambar 2.30	Korelasi tahanan ujung sondir dengan kepadatan relatif dan ϕ ...	50
Gambar 2.31	Korelasi tahanan ujung sondir terhadap ϕ	50
Gambar 2.32	Variasi nilai N_k terhadap indeks plastisitas	51
Gambar 2.33	Faktor daya dukung ujung N_c^* dan N_q^*	54
Gambar 2.34	Variasi satuan perlawanan ujung tiang pada pasir berlapis	55
Gambar 2.35	Variasi nilai α terhadap C_u	58
Gambar 2.36	Faktor koreksi gesekan selimut tiang pada sondir listrik	61
Gambar 2.37	Faktor koreksi gesekan selimut tiang pada sondir mekanis	61
Gambar 3.1	Definisi Proyek	68
Gambar 3.2	Profil tanah pada segmen atau lapisan 1	69
Gambar 3.3	Profil tanah pada segmen/lapisan 2	69
Gambar 3.4	<i>Input</i> sisi tiang	69
Gambar 3.5	Profil akhir dari tiap lapisan tanah	70
Gambar 3.6	Memilih grafik koefisien adhesi	70
Gambar 3.7	Input sudut geser dalam	70
Gambar 4.1	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 1 – 10	107

Gambar 4.2	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 11 – 20.....	108
Gambar 4.3	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 21 – 30.....	108
Gambar 4.4	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 31 – 40.....	108
Gambar 4.5	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 41 – 50.....	109
Gambar 4.6	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 51 – 60.....	109
Gambar 4.7	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 61 – 70.....	109
Gambar 4.8	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 71 – 80.....	110
Gambar 4.9	Grafik perbandingan kapasitas formula dinamik untuk tiang 81 – 85.....	110
Gambar 4.10	Grafik perbandingan kapasitas formula Modified ENR terhadap kapasitas metode statik untuk titik sondir (S1).....	139
Gambar 4.11	Grafik perbandingan kapasitas formula Modified ENR terhadap kapasitas metode statik untuk titik sondir (S2).....	140
Gambar 4.12	Grafik perbandingan kapasitas formula Modified ENR terhadap kapasitas metode statik untuk titik sondir (S3).....	140
Gambar 4.13	Grafik perbandingan kapasitas formula Modified ENR terhadap kapasitas metode statik untuk titik sondir (S4)	141

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ringkasan dari sambungan tiang pancang beton pracetak	25
Tabel 2.2	Karakteristik <i>hammer</i> tiang dan penggunaannya.....	29
Tabel 2.3	Energi <i>hammer</i> yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas tiang.....	42
Tabel 2.4	Penentuan nilai K dan δ	57
Tabel 2.5	Nilai efisiensi palu (e_h).....	65
Tabel 2.6	Nilai koefisien restitusi tiang (n).....	65
Tabel 2.7	Nilai perpendekan elastik kepala tiang pancang dan topi (<i>cap blok</i>) tiang pancang (k_1).....	66
Tabel 3.1	Jenis Tanah Sondir S1 berdasarkan Klasifikasi Schmertmann Menggunakan Grafik Sondir S1	71
Tabel 3.2	Jenis Tanah Sondir S2 berdasarkan Klasifikasi Schmertmann Menggunakan Grafik Sondir S2	72
Tabel 3.3	Jenis Tanah Sondir S3 berdasarkan Klasifikasi Schmertmann Menggunakan Grafik Sondir S3	74
Tabel 3.4	Jenis Tanah Sondir S4 berdasarkan Klasifikasi Schmertmann Menggunakan Grafik Sondir S4	76
Tabel 3.5	Parameter yang di <i>input</i> pada Driven berdasarkan data sondir S1	78
Tabel 3.6	Ultimate Profile (S1).....	79
Tabel 3.7	Restrike - Skin Friction (S1).....	79
Tabel 3.8	Restrike - End Bearing (S1).....	80
Tabel 3.9	Restrike - Summary of Capacities (S1).....	80

Tabel 3.10	Driving - Skin Friction (S1).....	80
Tabel 3.11	Driving - End Bearing (S1).....	80
Tabel 3.12	Driving - Summary of Capacities (S1)	81
Tabel 3.13	Ultimate - Skin Friction (S1)	81
Tabel 3.14	Ultimate - End Bearing (S1)	81
Tabel 3.15	Ultimate - Summary of Capacities (S1).....	81
Tabel 3.16	Parameter yang di <i>input</i> pada Driven berdasarkan data sondir S2	82
Tabel 3.17	Ultimate Profile (S2).....	83
Tabel 3.18	Restrike - Skin Friction (S2).....	83
Tabel 3.19	Restrike - End Bearing (S2).....	83
Tabel 3.20	Restrike - Summary of Capacities (S2).....	84
Tabel 3.21	Driving - Skin Friction (S2).....	84
Tabel 3.22	Driving - End Bearing (S2).....	84
Tabel 3.23	Driving - Summary of Capacities (S2)	85
Tabel 3.24	Ultimate - Skin Friction (S2)	85
Tabel 3.25	Ultimate - End Bearing (S2)	85
Tabel 3.26	Ultimate - Summary of Capacities (S2).....	86
Tabel 3.27	Parameter yang di <i>input</i> pada Driven berdasarkan data sondir S3	86
Tabel 3.28	Ultimate Profile (S3).....	87
Tabel 3.29	Restrike - Skin Friction (S3).....	87
Tabel 3.30	Restrike - End Bearing (S3).....	87
Tabel 3.31	Restrike - Summary of Capacities (S3).....	88

Tabel 3.32	Driving - Skin Friction (S3).....	88
Tabel 3.33	Driving - End Bearing (S3).....	88
Tabel 3.34	Driving - Summary of Capacities (S3)	89
Tabel 3.35	Ultimate - Skin Friction (S3)	89
Tabel 3.36	Ultimate - End Bearing (S3)	89
Tabel 3.37	Ultimate - Summary of Capacities (S3).....	90
Tabel 3.38	Parameter yang di <i>input</i> pada Driven berdasarkan data sondir S4	90
Tabel 3.39	Ultimate Profile (S4).....	91
Tabel 3.40	Restrike - Skin Friction (S4).....	91
Tabel 3.41	Restrike - End Bearing (S4).....	91
Tabel 3.42	Restrike - Summary of Capacities (S4).....	92
Tabel 3.43	Driving - Skin Friction (S4).....	92
Tabel 3.44	Driving - End Bearing (S4).....	92
Tabel 3.45	Driving - Summary of Capacities (S4)	92
Tabel 3.46	Ultimate - Skin Friction (S4)	93
Tabel 3.47	Ultimate - End Bearing (S4)	93
Tabel 3.48	Ultimate - Summary of Capacities (S4).....	93
Tabel 4.1	Parameter yang sama untuk setiap tiang yang akan di <i>input</i> pada program Microsoft Excel.....	98
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Kapasitas Tiang Pancang Menggunakan Rumus Formula Dinamik.....	99
Tabel 4.3	Perbandingan Kapasitas Tiang Berdasarkan <i>Final Set</i>	103

Tabel 4.4	Persentase Perbandingan Kapasitas Masing-masing Formula Dinamik Terhadap Formula Modified ENR	105
Tabel 4.5	Perbandingan Kapasitas Metode Statik Untuk Masing-masing Titik Sondir dan formula Modified ENR.....	138
Tabel 4.6	Perbandingan Persentase Kapasitas Metode Statik Terhadap Formula Modified ENR Tiang Pancang	139