

PENGARUH RASIO KELANGSINGAN TERHADAP DAYA DUKUNG AKSIAL FONDASI *STEEL PIPE PILES* PADA PROYEK PEMBANGUNAN DERMAGA PELABUHAN IPI ENDE NUSA TENGGARA TIMUR

**Alvin Laurent Tualaka
1421051**

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

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki 17.504 pulau besar dan kecil. Pada masa kepemimpinan presiden Indonesia, Widodo, saat ini pembangunan infrastruktur menjadi prioritas utama, khususnya infrastruktur pada bidang transportasi. Salah satu infrastruktur pada bidang transportasi adalah pelabuhan. Pada umumnya pelabuhan memiliki berbagai macam fasilitas, salah satunya dermaga. Bagian terpenting dari struktur dermaga adalah fondasi. Jenis fondasi yang biasanya digunakan pada struktur dermaga adalah fondasi tiang pancang. Fondasi tiang pancang adalah salah satu jenis fondasi dalam, yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban yang bekerja pada struktur atas ke dalam lapisan tanah dengan kapasitas daya dukung yang memenuhi.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh rasio kelangsingan (L/D) terhadap daya dukung aksial fondasi tiang pancang tunggal tipe *steel pipe piles*. Metode yang digunakan dalam analisis antara lain: perhitungan empiris dengan menggunakan metode U.S. Army Corps (1992); interpretasi kurva beban terhadap penurunan berdasarkan *output* perangkat lunak *AllPile* menggunakan metode Davisson (1972) dan metode Mazurkiewicz (1972); dan formula dinamik dengan menggunakan formula Janbu (1970) dan Danish (1967). Analisis dilakukan pada tiang tepi kanan (A2) dan pada tiang tepi kiri (D5 dan D12) dermaga Pelabuhan Ipi Ende Nusa Tenggara Timur. Terdapat 3 variasi nilai rasio kelangsingan yang dianalisis antara lain: L_{aktual}/D ; $(L_{aktual} + 5m)/D$; dan $(L_{aktual} - 5m)/D$.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung aksial ultimit pada tiang A2, D5, dan D12 dengan nilai rasio kelangsingan L_{aktual}/D berturut-turut adalah 1950kN; 1835kN; dan 2250kN. Perubahan nilai daya dukung aksial ultimit pada tiang dengan nilai rasio kelangsingan $(L_{aktual} - 5m)/D$ mengalami rata-rata penurunan sebesar 23,2% dan pada tiang dengan nilai rasio kelangsingan $(L_{aktual} + 5m)/D$ mengalami rata-rata peningkatan sebesar 36,2% jika dibandingkan terhadap nilai daya dukung aksial ultimit tiang dengan nilai rasio kelangsingan L_{aktual}/D . Formula dinamik yang direkomendasikan untuk digunakan pada lokasi dermaga adalah formula Janbu (1970).

Kata kunci: daya dukung aksial tiang, rasio kelangsingan, tiang pancang, *steel pipe piles*

**EFFECT OF SLENDERNESS RATIO TO
AXIAL BEARING CAPACITY OF STEEL PIPE PILES
ON DEVELOPMENT OF JETTY FOUNDATIONS
PROJECT AT IPI ENDE PORT
EAST NUSA TENGGARA**

**Alvin Laurent Tualaka
1421051**

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

ABSTRACT

Indonesia is an archipelago country with 17,504 large and small islands. During the reign of president Widodo, infrastructure development has become the main priority, especially transportation infrastructure. One of the transportation infrastructures is port. Generally, ports have a variety of facilities, one of which is the jetty. The most important part of the jetty structure is the foundation. The type of foundation which commonly used in the jetty structure is driven pile. Driven pile is one of deep foundations type that functioned to transfer the working loads from the superstructures into the soil layer with qualified bearing capacity.

The purpose of this research is to evaluate the effect of the slenderness ratio (L/D) on the bearing capacity of single driven pile foundations. The methods that used to analyze are: empirical calculation using U.S. Army Corps (1992) method; load vs settlement interpretation curve of Allpile's software outputs using Davisson (1972) and Mazurkiewicz (1972) method; and dynamic formula using Janbu formula (1970) and Danish formula (1967). The analysis of this research will be carried out on right side jetty pile (A2) and left side jetty pile (D5 and D12) at Ipi Port, Ende, East Nusa Tenggara. There are 3 variations of slenderness ratio: L_{actual}/D ; $(L_{actual} + 5m)/D$; and $(L_{actual} - 5m)/D$.

The results of this research showed that ultimate axial bearing capacity on A2, D5, and D12 pile with slenderness ratio L_{actual}/D respectively are 1950kN; 1835kN; and 2250kN. The change of ultimate axial bearing capacity value with slenderness ratio $(L_{actual} - 5m)/D$ decreased by 23.2% and the pile with slenderness ratio $(L_{actual} + 5m)/D$ increased by + 36.2% when compared to ultimate axial bearing capacity with slenderness ratio L_{actual}/D . The recommended dynamic formula for use in the location of the jetty is the Janbu formula.

Keywords: *axial bearing capacity, slenderness ratio, pile driving, steel pipe piles*

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	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
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
BAB II TINJAUAN LITERATUR	4
2.1 Fondasi	4
2.2 Jenis-jenis Fondasi	5
2.3 Fondasi Tiang Pancang	7
2.3.1 Fondasi Tiang Kayu	8
2.3.2 Fondasi Tiang Baja	9
2.3.3 Fondasi Tiang Beton	11
2.4 Metode Konstruksi dan Peralatan untuk Tiang Pancang	12
2.4.1 Proses Pemancangan Tiang	12
2.4.2 Perlengkapan Pemancangan Tiang	13
2.4.3 Rekaman Pemancangan	15
2.5 Kapasitas Daya Dukung Aksial Fondasi Tiang Pancang Cara Statik	16
2.5.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p) pada Tanah Pasir	17
2.5.2 Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s) pada Tanah Pasir	21
2.6 Kapasitas Daya Dukung Aksial Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Formula Dinamik	22
2.7 Interpretasi Hasil Uji Pembebanan Statik	26
2.7.1 Metode Davisson	26
2.7.2 Metode Mazurkiewicz	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Diagram Alir Penelitian	29
3.2 Data Beban	30
3.2.1 Beban Gravitasi	30

3.2.2	Beban Gempa	30
3.2.3	Beban <i>Berthing</i>	31
3.2.4	Gaya <i>Mooring</i> pada Dermaga	31
3.2.5	Beban Kendaraan	31
3.2.6	Gaya Gelombang dan Arus	32
3.2.7	Kombinasi Pembebanan	32
3.2.8	Hasil Perhitungan Struktur	33
3.3	Data Parameter Tanah	34
3.4	Data Tiang Pancang	35
3.5	Data Kalendering Pemancangan	35
3.6	Data Tiang yang Dianalisis	36
3.7	Perangkat Lunak <i>Allpile v 6.5</i>	36
3.8	Langkah-langkah Penggunaan Perangkat Lunak <i>Allpile v 6.5</i>	37
3.8.1	<i>Input</i> pada Perangkat Lunak <i>Allpile v 6.5</i>	37
3.8.2	<i>Output</i> pada Perangkat Lunak <i>Allpile v 6.5</i>	45
BAB IV ANALISIS DATA		47
4.1	Analisis Daya Dukung Aksial Tiang dengan Perhitungan Empiris	47
4.1.1	Daya Dukung Aksial Tiang A2	47
4.1.2	Daya Dukung Aksial Tiang D5	50
4.1.3	Daya Dukung Aksial Tiang D12	52
4.2	Analisis Daya Dukung Aksial Tiang dengan Perangkat Lunak <i>Allpile</i>	55
4.2.1	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang A2	56
4.2.1.1	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang A2 Metode Davisson	56
4.2.1.2	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang A2 Metode Mazurkiewicz	58
4.2.2	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang D5	60
4.2.2.1	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang D5 Metode Davisson	60
4.2.2.2	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang D5 Metode Mazurkiewicz	62
4.2.3	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang D12	64
4.2.3.1	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang D12 Metode Davisson	64
4.2.3.2	Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang D12 Metode Mazurkiewicz	65
4.3	Analisis Daya Dukung Tiang dengan Data Kalendering Pemancangan	67
4.4	Analisis Pengaruh Rasio Kelangsingan Terhadap Daya Dukung Aksial Tiang Berdasarkan Perhitungan Empiris dan Program <i>Allpile</i>	70
4.5	Analisis Pengaruh Rasio Kelangsingan Terhadap Daya Dukung Aksial Tiang Berdasarkan Perhitungan Empiris, Formula	

Dinamik, dan Program <i>Allpile</i>	73
BAB V KESSIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	78



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pelabuhan Ipi Ende-Nusa Tenggara Timur	2
Gambar 2.1 Fondasi Tiang Pancang Kayu	9
Gambar 2.2 Fondasi Tiang Pancang Baja	10
Gambar 2.3 Fondasi <i>Screw Pile</i>	10
Gambar 2.4 Tipikal Detail Tiang Pancang Beton Pracetak	11
Gambar 2.5 Tipikal Detail Tiang Pancang Beton Pratekan	12
Gambar 2.6 Susunan Komponen Tiang Pancang	15
Gambar 2.7 Klasifikasi <i>Impact Hammers</i>	15
Gambar 2.8 <i>Final Set</i> pada Proses Kalendering	16
Gambar 2.9 Hubungan Unit Tahanan Ujung Batas dan Sudut Geser Dalam pada Tanah Pasir	18
Gambar 2.10 Faktor Daya Dukung Ujung N_c^* dan N_q^*	18
Gambar 2.11 Variasi Nilai N_q^* Terhadap Ratio Pembebanan	19
Gambar 2.12 Hubungan ϕ' dan N_q	21
Gambar 2.13 Interpretasi Daya Dukung Ultimit dengan Metode Davisson	27
Gambar 2.14 Interpretasi Daya Dukung Ultimit dengan Metode Mazurkiewicz	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2 Tampilan Awal Program <i>Allpile</i> versi 6.5	37
Gambar 3.3 <i>Input Pile Type</i>	38
Gambar 3.4 <i>Input Pile Profile</i>	39
Gambar 3.5 Tampilan Awal <i>Toolbars Pile Properties</i>	40
Gambar 3.6 Tampilan <i>Toolbars Pile Section Screen</i>	41
Gambar 3.7 Tampilan Setelah <i>Input</i> pada <i>Toolbars Pile Properties</i>	41
Gambar 3.8 Tampilan <i>Input</i> pada <i>Toolbars Load and Group</i>	42
Gambar 3.9 Tampilan Awal <i>Toolbars Soil Properties</i>	43
Gambar 3.10 <i>Soil Parameters Screen</i> (Lapisan 1)	43
Gambar 3.11 <i>Soil Properties</i> Setelah <i>Input</i>	44
Gambar 3.12 Pemodelan pada <i>Allpile</i> Telah Selesai	44
Gambar 3.13 <i>Vertical Analysis Result</i>	45
Gambar 3.14 <i>Vertical Load vs Settlement</i> pada Tiang A2 (Panjang Aktual)	46
Gambar 4.1 Sketsa Tiang A2 (Panjang Aktual)	47
Gambar 4.2 Sketsa Tiang D5 (Panjang Aktual)	50
Gambar 4.3 Sketsa Tiang D12 (Panjang Aktual)	53
Gambar 4.4 Kurva <i>Load vs. Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i>	56
Gambar 4.5 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> Metode Davisson untuk Tiang A2 (Panjang Aktual)	58
Gambar 4.6 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> Metode Mazurkiewicz untuk Tiang A2 (Panjang Aktual)	59
Gambar 4.7 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> Metode Davisson untuk Tiang D5 (Panjang Aktual)	61
Gambar 4.8 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> Metode Mazurkiewicz untuk Tiang D5 (Panjang Aktual)	63
Gambar 4.9 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i>	

Metode Davisson untuk Tiang D12 (Panjang Aktual)	65
Gambar 4.10 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> Metode Mazurkiewicz untuk Tiang D12 (Panjang Aktual)	66
Gambar 4.11 Hasil Perhitungan Daya Dukung Aksial Berdasarkan Perhitungan Empiris dan Program <i>Allpile</i>	71
Gambar 4.12 Kurva L/D – Qult Berdasarkan Perhitungan Empiris	72
Gambar 4.13 Kurva L/D – Qult Berdasarkan Analisis <i>Allpile</i>	72
Gambar 4.14 Kurva L/D – Qult dengan Panjang Aktual Berdasarkan Perhitungan Empiris, <i>Allpile</i> , dan Formula Dinamik	74



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Kedalaman Kritis (Z_c) pada Tanah Pasir	17
Tabel 2.2 Perkiraan Nilai N_t	20
Tabel 2.3 Penentuan Nilai K_d dan K_t	22
Tabel 2.4 Penentuan Nilai δ	22
Tabel 2.5 Nilai Efisiensi Palu (e_h)	25
Tabel 2.6 Nilai Koefisien Restitusi Tiang (n)	25
Tabel 3.1 Data Beban Gravitasi pada Dermaga	30
Tabel 3.2 Gaya Aksial pada Koordinat Perletakan Struktur Dermaga	33
Tabel 3.3 Parameter untuk Tanah Pasir	34
Tabel 3.4 Parameter Tanah yang Digunakan	35
Tabel 3.5 Data Tiang Pancang	35
Tabel 3.6 Data Tiang yang Akan Dianalisis	36
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Daya Dukung Aksial Berdasarkan Perhitungan Empiris pada Tiang A2	49
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya Dukung Aksial Berdasarkan Perhitungan Empiris pada Tiang D5	52
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Daya Dukung Aksial Berdasarkan Perhitungan Empiris pada Tiang D12	55
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Penurunan Elastis untuk Tiang A2	57
Tabel 4.5 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang A2	60
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Penurunan Elastis untuk Tiang D5	61
Tabel 4.7 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang D5	63
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Penurunan Elastis untuk Tiang D12	64
Tabel 4.9 Interpretasi Kurva <i>Load vs Settlement</i> Hasil <i>Output Allpile</i> pada Tiang D12	67
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Daya Dukung Aksial Berdasarkan Formula Dinamik	70
Tabel 4.11 Persentase Perubahan Nilai Daya Dukung Aksial	73
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Daya Dukung Aksial Berdasarkan Perhitungan Empiris, Program <i>Allpile</i> , dan Formula Dinamik	74

DAFTAR NOTASI

A	Luas penampang tiang
A_p	Luas penampang ujung tiang
A_s	Luas selimut tiang
D	Diameter tiang
E	Modulus elastisitas tiang
E_h	Energi palu
e_h	Efisiensi palu
FK	Faktor keamanan
f_s	Gesekan selimut
K_d	Koefisien tekanan tanah
k	Tekanan elastisitas tiang
Ko	Koefisien tekanan tanah <i>at rest</i>
L	Panjang tiang
L_b	Panjang penetrasi ke dalam lapisan pasir padat
n	Koefisien restitusi
N_q^*	Faktor daya dukung ujung
N_t	Koefisien daya dukung ujung
p	Keliling tiang
Q	Beban uji yang diberikan
Q_{all}	Daya dukung ijin tiang
Q_p	Daya dukung ultimit ujung tiang
q_p	Daya dukung per satuan luas
Q_s	Daya dukung ultimit selimut tiang
Q_{ult}	Daya dukung ultimit tiang
q'	Tegangan efektif tanah pada ujung tiang
q_1	Daya dukung batas
$q_{1(D)}$	Nilai q_1 pada lapis pasir padat (<i>dense</i>)
$q_{1(L)}$	Nilai q_1 pada lapis pasir lepas (<i>loose</i>)
s	<i>Final set</i>
S_e	Penurunan elastis
W_p	Berat tiang
W_r	Berat palu
Z_c	Kedalaman kritis
ΔL	Panjang segmen tiang
γ	Berat jenis tanah
σ'_v	Tegangan efektif tanah
ϕ	Sudut geser dalam
δ	Sudut geser antara tanah dan tiang

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Denah Dermaga	78
Lampiran L.2 Hasil <i>Boring Log</i>	79
Lampiran L.3 Kalendering Pemancangan	81
Lampiran L.4 Perhitungan Empiris	87
Lampiran L.5 Kurva <i>Load vs Settlement</i>	101
Lampiran L.6 Analisis <i>Allpile</i>	105
Lampiran L.7 Data <i>Hammer</i>	111

