

**STUDI PARAMETER REDAMAN
GESEKAN TANAH-TIANG FONDASI BERDASARKAN
DATABASE PENGUJIAN PDA DAN VERIFIKASI
UJI GESER LANGSUNG**

DISERTASI



**Oleh:
Rudy Febrijanto
2016 832 002**

**Promotor:
Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**Ko-Promotor:
Prof. Masyhur Irsyam, Ir., MSE., Ph.D.**

**PROGRAM DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
SEPTEMBER 2021**

**STUDI PARAMETER REDAMAN
GESEKAN TANAH-TIANG FONDASI BERDASARKAN
DATABASE PENGUJIAN PDA DAN VERIFIKASI
UJI GESER LANGSUNG**

DISERTASI



**Oleh:
Rudy Febrijanto
2016 832 002**

**Promotor:
Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**Ko-Promotor:
Prof. Masyhur Irsyam, Ir., MSE., Ph.D.**

**PROGRAM DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
SEPTEMBER 2021**

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI PARAMETER REDAMAN GESEKAN TANAH-TIANG FONDASI BERDASARKAN DATABASE PENGUJIAN PDA DAN VERIFIKASI UJI GESER LANGSUNG



Oleh :
Rudy Febrijanto
2016 832 002

Telah Dinyatakan Lulus dari Program Doktor Teknik Sipil
Universitas Katolik Parahyangan
dalam Ujian Disertasi Terbuka
pada Hari/Tanggal :
Sabtu, 11 September 2021

Promotor :

Prof. Ir. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D.

Ko-Promotor :

Prof. Ir. Masyhur Irsyam, M.S.E., Ph.D.

PROGRAM DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
SEPTEMBER 2021

Pernyataan

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Rudy Febrijanto
Nomor Pokok Mahasiswa : 2016 832 002
Program Studi : Doktor Teknik Sipil, Program Pascasarjana
Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa disertasi dengan judul:

STUDI PARAMETER REDAMAN GESEKAN TANAH TIANG FONDASI BERDASARKAN DATABASE PENGUJIAN PDA DAN VERIFIKASI UJI GESER LANGSUNG

Adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan Promotor dan Ko-Promotor. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau tuntutan non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan di : Bandung

Tanggal : September 2021



Rudy Febrijanto

ABSTRAK

Pendekatan nilai redaman tanah untuk tiang pancang awalnya telah diusulkan oleh Smith sejak tahun 1960 berdasarkan metode persamaan gelombang. Metode tersebut untuk menghitung kapasitas tiang pada akhir pemancangan, sebagai fungsi resistansi penetrasi tiang. Model Dinamis yang ada pada sistem tiang-tanah menggunakan pendekatan *velocity-dependent* untuk perhitungan resistansi dinamis yang mana fungsi dari kecepatan tiang dan koefisien redaman.

Penentuan parameter redaman tanah untuk tiang pancang yang diuji secara dinamis dapat ditentukan dari metode pencocokan-sinyal (*signal matching*), dimana untuk mendapatkan kecocokan terbaik dari kapasitas tiang adalah memvariasikan koefisien redaman, sedangkan parameter model konstanta tidak berubah. Nilai parameter redaman berdasarkan metode pencocokan-sinyal yang bervariasi untuk jenis tanah tertentu, diperlukan pengumpulan data redaman dari laporan-laporan hasil uji *Pile Dynamic Analyzer* (PDA) sehingga dapat mengetahui *trend* dari variasi nilai redaman pada jenis tanah tertentu tersebut.

Alternatif penentuan nilai redaman dari sistem tanah-tiang di laboratorium dapat dimodelkan dengan alat uji geser langsung, dimana benda ujinya dari tanah dan mortar. Alat uji Geser Langsung cocok untuk mensimulasikan resistansi geser antara tanah dan tiang. Namun, mekanisme pemancangan tiang tidak hanya menyebabkan perpindahan yang besar antara tiang dan tanah, tetapi juga dalam kecepatan tinggi. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini tidak hanya untuk menghasilkan perilaku geser tanah-tiang saja, tetapi juga sifat-sifat redaman tanah-tiang.

Pengujian Geser Langsung dilakukan dengan benda uji antar-muka tanah-mortar. Metode pengujian sedikit dimodifikasi dimana bahan mortar ditempatkan di bawah elemen tanah sedikit dari bibir cincin uji. Pengujian yang dilakukan mirip dengan standar ASTM dan dilaksanakan di laboratorium uji Balai Geoteknik Jalan (Kementerian PUPR). Dua bahan yang digunakan untuk pengujian, yaitu tanah berpasir dan lempung. Permukaan mortar bervariasi (halus dan kasar) dan kecepatan geser ditentukan 2 bagian, dimana bagian pertama 0,01 mm/menit dan 1,0 mm/menit atau 100 kali lebih cepat untuk mendapatkan efek redaman antar-muka tanah-mortar, bagian kedua dengan variasi kecepatan 0,50 mm/menit, 0,75 mm/menit, 1,00 mm/menit, 1,25 mm/menit, 1,50 mm/menit, 1,75 mm/menit dan 2,00 mm/menit. Uji Geser Langsung tanah-mortar dalam penelitian ini dilakukan pada variasi tegangan normal.

Berdasarkan hasil studi menunjukan pola sebaran nilai redaman (Smith shaft damping) dari kompilasi data redaman terhadap nilai N-SPT pada laporan-laporan PDA menunjukan antara 0,1 s/m – 0,5 s/m. Nilai redaman (Smith shaft damping) rata-rata dari hasil uji geser langsung tanah-mortar 0,52 s/m (tanah kohesif) dan 0,33 s/m (non-kohesif), sedangkan nilai redaman yang diusulkan oleh beberapa penelitian sebelumnya 0,65 s/m (tanah kohesif) dan 0,15 s/m (non-kohesif).

Kata-kata kunci : Smith damping, resistansi dinamis, kompilasi data PDA, uji geser langsung, tanah-mortar.

ABSTRACT

The soil damping value approach for piles was originally proposed by Smith since 1960 based on the wave equation method. The method is to calculate pile capacity at the end of driving, as a function of pile penetration resistance. The Dynamic Model of the pile-soils system uses a velocity-dependent approach for the dynamic resistance calculation which is a function of pile velocity and damping coefficient.

Determination of soil damping parameters for dynamically tested piles can be determined from the signal-matching method, where in order to obtain the best match of pile capacity, the damping coefficient is varied, while the constant model parameters do not change. For the damping parameter value based on the varying signal-matching method for certain soil types, it is necessary to collect damping data from the reports of the Pile Dynamic Analyzer (PDA) test results so as to find out the trend of variations in the damping value in that particular soil type.

The alternative of determining the damping value of the soil-pile system in the laboratory can be modeled with a direct shear test device, where sample consists of soil and mortar. The Direct Shear device is suitable for simulation of the shear resistance between the soil and the pile. However, the pile driving mechanism not only results in a large displacement between the pile and the soil, but also in high speed. Therefore, the aim of this research is not only to determine the shear behavior of the soil-piles, but also the damping properties of the soil-piles.

The Direct Shear Test is carried out with the soil-mortar interface test specimen. The test method is slightly modified in which the mortar material is placed below the soil element slightly from the lips of the ring. The test conducted similar to ASTM standard and carried out at the Road Geotechnical Laboratory (Ministry of PUPR). Two materials are used for testing, sandy soils and clay soils. The surface of the mortar varies (smooth and rough) and the shearing rate is determined in 2 parts, where the first part is 0.01 mm/minute and 1.0 mm/minute which is 100 times faster to achieve the soil-mortar interface damping effect, the second part with varying shearing rate of 0.50 mm/minutes, 0.75 mm/minutes, 1.00 mm/minute, 1.25 mm/minutes, 1.50 mm/minutes, 1.75 mm/minutes and 2.00 mm/minutes. The soil-mortar direct shear test in this study was carried out at normal stress variations.

Based on the results of the study, the distribution pattern of the Smith shaft damping value from the compilation of the Smith shaft damping data on the N-SPT value in PDA reports shows between 0.1 s/m – 0.5 s/m. The Smith shaft damping value from the results of the direct shear soil-mortar test about 0.52 s/m (cohesive soils) and 0.33 s/m (non-cohesive), while the damping value proposed by several previous researchers, which is 0.65 s/m (cohesive soils) s/m and 0.15 s/m (non-cohesive).

Keywords: Smith damping, dynamic resistance, PDA data compilation, direct shear test, soil-mortar

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT., atas berkah dan karunia-Nya sehingga penulisan disertasi ini dapat diselesaikan tepat waktu. Disertasi ini membahas mengenai penentuan variasi nilai redaman Smith pada tanah-tiang berdasarkan kompilasi data redaman Smith dari laporan-laporan pengujian PDA di Indonesia serta penentuan parameter redaman Smith berdasarkan uji laboratorium menggunakan alat Geser langsung (*direct shear*) dengan benda uji tanah-mortar pada variasi kecepatan geser.

Penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Prof. Paulus Pramono Rahardjo, MSCE., Ph.D. dan Prof. Dr. Ir. Masyhur Irsyam, M.S.E. sebagai promotor dan ko-promotor yang selalu memberi masukan yang begitu luar biasa, semoga saya dapat membagikan ilmu dan kebijaksanaan kepada orang-orang di sekitar saya.

Terima kasih kepada bapak Budijanto Widjaja, Ph.D., ibu Dr. Rinda Karlinasari, ibu Dr. Silvia Fransisca Herina dan Dr. Herry Vaza sebagai penguji. Staf tata usaha dan seluruh timnya yang sangat membantu dalam proses perkuliahan hingga kelulusan.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada bapak Rektor Universitas Katolik Parahyangan Bandung dan juga kepada bapak Doddi Yudianto, Ph.D, Dekan Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, serta bapak Aswin Lim, Ph.D, Ketua Program Studi Doktor Ilmu Teknik Sipil, yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan Studi S3 Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Ucapan khusus saya berikan kepada bapak Dr. Ir. Hedy Rahadian, M.Sc., bapak Dr. Ir. Danis Hidayat Sumadilaga, M.Eng.Sc, bapak Ir. Lukman Hakim, M.Sc. dan bapak Ir. Deded P. Sjamsudin, M.Eng.Sc., yang telah mendukung dalam proses penyelesaian disertasi selama masa kedinasan saya di Puslitbang Jalan dan Jembatan. Saran, masukan dan bantuan yang diberikan sungguh tak ternilai. Terima kasih.

Juga tak lupa terima kasih kepada kedua orang tua saya, yang sudah mendidik dan membesarkan tanpa pamrih, akhirnya saya menyadari bahwa waktu dan keluarga adalah hal yang berharga, mertua saya, Saudara saya, serta teman lainnya yang sangat mendukung hingga disertasi ini dapat selesai.

Akhirnya, terima kasih penulis ucapkan kepada Imas Yuspita, istri tercinta yang selalu ada, dan memberi dukungan penuh untuk tindakan dan keputusan yang saya ambil, dan ketiga anak tercinta saya, Malkan Nuraziz, Balya Fathani dan Secha Wanhasausan untuk kasih sayang serta pengorbanan yang mereka berikan.

Semoga penelitian ini memberikan kontribusi untuk membuka khasanah dunia keilmuan dan konstruksi khususnya bidang ilmu Geoteknik.

Bandung, September 2021
Rudy Febrijanto

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	I-1
1.1 LATAR BELAKANG	I-1
1.2 MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN	I-3
1.3 METODE DAN LINGKUP PENELITIAN	I-4
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN	I-5
1.5 HIPOTESA	I-6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 REVIEW KUAT GESER TANAH	II-1
2.2 INTERAKSI TANAH – FONDASI TIANG	II-13
2.3 PARAMETER REDAMAN TANAH - FONDASI TIANG	II-19
2.4 PILE DYNAMIS ANALIZER (PDA).....	II-21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 KOMPILASI DATA REDAMAN	III-1
3.2 TAHAP PENGUJIAN TANAH-MORTAR.....	III-2
3.3 PENENTUAN PARAMETER REDAMAN	III-8
BAB 4 PENGUMPULAN DATA	IV-1
4.1 KOMPILASI DATA REDAMAN PADA UJI PDA	IV-1
4.2 PENGUJIAN GESER LANGSUNG TANAH-MORTAR	IV-3

BAB 5 STUDI KASUS	V-1
5.1 SMITH DAMPING BERDASARKAN KOMPILASI DATA UJI PDA	V-1
5.2 SMITH DAMPING BERDASARKAN UJI GESER LANGSUNG TANAH-MORTAR	V-3
 BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	 VI-1
6.1 KESIMPULAN	VI-1
6.2 SARAN	VI-2

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ϕ	sudut friksi
c	kohesi tanah
σ_n	tegangan normal
R_u	resistansi-tanah statis ultimit
τ_t	friksi total
τ_s	friksi statis sesaat
v	kecepatan tiang
J_s	parameter <i>Smith damping</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Definisi sudut friksi	II-2
Gambar 2.2	Sudut friksi pada pasir kuarsa terhadap ukuran butir	II-3
Gambar 2.3	Hubungan antara tegangan geser dan perpindahan pada uji Geser Langsung	II-4
Gambar 2.4	Maksimum tegangan geser diplot terhadap tegangan normalnya (garis keruntuhan Coulomb)	II-5
Gambar 2.5	Perkembangan persimpangan (a) kondisi tanpa beban (unloaded); (b) kondisi dengan beban normal yang ringan; (c) saat beban normal dinaikkan; aliran plastik pada titik kontak dengan tekanan normal yang konstan	II-6
Gambar 2.6	Prinsip shear-box awal dibuat dengan tipe kontrol-tegangan	II-8
Gambar 2.7	Peralatan alat uji Geser Langsung	II-9
Gambar 2.8	Karakteristik geser pada variasi kecepatan geser dengan tegangan normal 50 kPa (a) kondisi pada tegangan geser puncak (b) kondisi pada tegangan residual di daerah pergeseran 20 mm (Deying Li, Thomas Glade, Kunlong, Chin, 2017)	II-9
Gambar 2.9	Sudut geser dalam (ϕ) tanah pasir pada variasi kecepatan geser (a) Grafik sudut geser dalam puncak pada variasi kepadatan relatif (b)	II-10
Gambar 2.10	Grafik plastisitas tanah	II-12
Gambar 2.11	Bagan alir untuk pengklasifikasian tanah butir halus ($LL > 50$; lolos ayakan No. 200 $\geq 50\%$), sumber : SNI 6371:2015	II-13
Gambar 2.12	Faktor kuat geser secara grafis	II-14
Gambar 2.13	Diagram perpindahan beban pada ujung tiang (Smith, 1962) ...	II-15
Gambar 2.14	Metode analisis persamaan gelombang yang menggambarkan Tiang dan berbagai pemodelannya (a) aktual (b) pemodelannya (Smith, 1962)	II-16
Gambar 2.15	Metode numerik untuk solusi persamaan gelombang pada tiang fondasi	II-17
Gambar 2.16	Hubungan Beban-Defomasi pada tanah	II-18
Gambar 2.17	Variabel Smith damping pada (a) lempung dan pasir (b)	II-21

Gambar 2.18	Nilai Smith Shaft Damping meningkat.....	II-24
Gambar 2.19	Nilai Smith shaft damping menurun.....	II-24
Gambar 3.1	Tipikal data profil tanah dasar yang homogen dan hasil uji PDA.....	III-2
Gambar 3.2	Tipikal data profil tanah dasar yang heterogen dan hasil uji PDA.....	III-2
Gambar 3.3	Ukuran butiran pasir berdasarkan standar ASTM dan USCS.....	III-4
Gambar 3.4	Benda uji untuk diuji Kekesatan permukaan dan Geser Langsung.....	III-4
Gambar 3.5	Bentuk permukaan benda uji I dan II.....	III-5
Gambar 3.6	Skema pengujian benda uji lempung-mortar pada alat geser langsung	III-7
Gambar 3.7	Grafik hubungan tegangan-perpindahan.....	III-8
Gambar 3.8	Grafik hubungan tegangan-perpindahan pada kecepatan geser berbeda.....	III-9
Gambar 4.1	Data hasil uji PDA dan boring log di lokasi Mall Summarecon, Bandung, Jawa Barat	IV-1
Gambar 4.2	Ploting data tanah pada Grafik Platisitas	IV-4
Gambar 4.3	Uji konsistensi kuat geser tanah-mortar dengan kecepatan geser 1.50 mm/min dan variasi tegangan Normal	IV-6
Gambar 4.4	Uji Geser Tanah-Mortar dengan kecepatan geser 0.75 mm/min dan variasi tegangan Normal.....	IV-6
Gambar 4.5	Uji geser tanah-mortar berdasarkan perbedaan pengambilan benda uji tanah	IV-7
Gambar 4.6	Uji geser tanah-mortar berdasarkan perbedaan tebal benda uji tanah.....	IV-8
Gambar 4.7	Grafik hasil pengujian Lempung-Mortar menggunakan Direct Shear dengan variasi Kecepatan geser (V) dan Gradasi Mortar (#4 dan #40).....	IV-9
Gambar 4.8	Grafik hasil pengujian uji geser langsung Tanah-Mortar pada Penelitian I dengan benda uji Lempung.....	IV-9
Gambar 4.9	Grafik hasil pengujian uji geser langsung Tanah-Mortar pada Penelitian I dengan benda uji Pasir.....	IV-10

Gambar 4.10	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Demak dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4$ kg/cm ²	IV-11
Gambar 4.11	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Demak dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2$ kg/cm ²	IV-11
Gambar 4.12	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Demak dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6$ kg/cm ²	IV-12
Gambar 4.13	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Danau Kerinci dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4$ kg/cm ²	IV-12
Gambar 4.14	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Danau Kerinci dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2$ kg/cm ²	IV-13
Gambar 4.15	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Danau Kerinci dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6$ kg/cm ²	IV-13
Gambar 4.16	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Depok dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4$ kg/cm ²	IV-14
Gambar 4.17	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Depok dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2$ kg/cm ²	IV-14
Gambar 4.18	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Depok dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6$ kg/cm ²	IV-15
Gambar 4.19	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Gedebage dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4$ kg/cm ²	IV-15
Gambar 4.20	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Gedebage dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2$ kg/cm ²	IV-16
Gambar 4.21	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Gedebage dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6$ kg/cm ²	IV-16
Gambar 4.22	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Jatigede (Kuning) dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4$ kg/cm ²	IV-17

Gambar 4.23	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Jatigede (Kuning) dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$	IV-17
Gambar 4.24	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Jatigede (Kuning) dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$	IV-18
Gambar 4.25	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Jatigede (Merah) dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4 \text{ kg/cm}^2$	IV-18
Gambar 4.26	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Jatigede (Merah) dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$	IV-19
Gambar 4.27	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Jatigede (Merah) dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$	IV-19
Gambar 4.28	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Kaliwungu dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4 \text{ kg/cm}^2$	IV-20
Gambar 4.29	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Kaliwungu dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$	IV-20
Gambar 4.30	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Kaliwungu dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$	IV-21
Gambar 4.31	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Pangalengan dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4 \text{ kg/cm}^2$	IV-21
Gambar 4.32	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Pangalengan dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$	IV-22
Gambar 4.33	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Pangalengan dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$	IV-22
Gambar 4.34	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Semarang dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4 \text{ kg/cm}^2$	IV-23
Gambar 4.35	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Semarang dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$	IV-23

Gambar 4.36	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Semarang dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$	IV-24
Gambar 4.37	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Sakura dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4 \text{ kg/cm}^2$	IV-24
Gambar 4.38	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Sakura dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$	IV-25
Gambar 4.39	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Sakura dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$	IV-25
Gambar 4.40	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Tanjung Sari dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 2,4 \text{ kg/cm}^2$	IV-26
Gambar 4.41	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Tanjung Sari dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$	IV-26
Gambar 4.42	Kurva pergeseran vs tegangan geser benda uji Tanjung Sari dengan variasi kecepatan geser, pada tegangan normal, $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$	IV-27
Gambar 5.1	Sebaran nilai Smith damping tanah lempung, lanau dan pasir terhadap nilai N-SPT	V-2
Gambar 5.2	Sebaran nilai Smith damping terhadap nilai N-SPT untuk berbagai jenis tanah hasil analisis CAPWAP per lapisan tanah..	V-3
Gambar 5.3	Variasi nilai Smith damping terhadap penggeseran pada uji geser langsung lempung-mortar	V-4
Gambar 5.4	Hasil uji tanah-mortar dengan tegangan normal $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$ dan variasi kecepatan geser pada benda uji tanah Jatigede-kuning (a) ; Data representatif untuk perhitungan smith damping (b)	V-5
Gambar 5.5	Hasil uji tanah-mortar dengan tegangan normal $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$ dan variasi kecepatan geser pada benda uji tanah Jatigede-kuning (a) ; Data representatif untuk perhitungan smith damping (b)	V-7

Gambar 5.6	Hasil uji tanah-mortar dengan tegangan normal $\sigma_n = 2.4$ kg/cm ² dan variasi kecepatan geser pada benda uji tanah Jatigede-kuning (a) ; Data representatif untuk perhitungan smith damping (b).....	V-8
Gambar 5.7	Sebaran nilai Smith damping rata-rata untuk tanah lempung, lanau dan pasir pada tegangan normal $\sigma_n = 0,6$ kg/cm ² ; benda uji mortar halus	V-10
Gambar 5.8	Sebaran nilai Smith damping rata-rata untuk tanah lempung, lanau dan pasir pada tegangan normal $\sigma_n = 1,2$ kg/cm ² ; benda uji mortar halus	V-10
Gambar 5.9	Sebaran nilai Smith damping rata-rata untuk tanah lempung, lanau dan pasir pada tegangan normal $\sigma_n = 2,4$ kg/cm ² ; benda uji mortar halus	V-10
Gambar 5.10	Sebaran nilai Smith damping rata-rata untuk tanah lempung, lanau dan pasir pada tegangan normal $\sigma_n = 0,6$ kg/cm ² ; benda uji mortar kasar	V-12
Gambar 5.11	Sebaran nilai Smith damping rata-rata untuk tanah lempung, lanau dan pasir pada tegangan normal $\sigma_n = 1,2$ kg/cm ² ; benda uji mortar kasar	V-12
Gambar 5.12	Sebaran nilai Smith damping rata-rata untuk tanah lempung, lanau dan pasir pada tegangan normal $\sigma_n = 2,4$ kg/cm ² ; benda uji mortar kasar	V-12
Gambar 5.13	Pola sebaran nilai redaman (Smith shaft damping) hasil uji geser langsung tanah-mortar terhadap plastisitas tanah	V-14
Gambar 5.14	Hubungan nilai N-SPT terhadap Smith damping hasil uji geser langsung tanah-mortar	V-14

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipikal propertis kuat geser tanah lempung yang dipadatkan.....	II-11
Tabel 2.2	Nilai pendekatan korelasi kuat geser tanah terhadap N-SPT	II-11
Tabel 2.3	Faktor redaman berdasarkan eksperimen (Roussel, 1979)	II-20
Tabel 2.4	Nilai redaman tanah-tiang rekomendasi The American Petroleum Institute (API)	II-21
Tabel 2.5	Variasi nilai pencocokan Smith shaft damping pada Capwap ..	II-24
Tabel 3.1	Variasi tegangan normal dan kecepatan geser Penelitian I	III-7
Tabel 3.2	Variasi tegangan normal dan kecepatan geser Penelitian II	III-8
Tabel 4.1	Pengumpulan data faktor redaman hasil uji PDA	IV-2
Tabel 4.2	Klasifikasi sampel tanah yang diuji	IV-4
Tabel 5.1	Perhitungan Smith Damping rata-rata dengan tegangan normal $\sigma_n = 0,6 \text{ kg/cm}^2$ pada benda uji tanah dari Jatigede (kuning).	V-6
Tabel 5.2	Perhitungan Smith Damping rata-rata dengan tegangan normal $\sigma_n = 1,2 \text{ kg/cm}^2$ pada benda uji tanah dari Jatigede (kuning).	V-7
Tabel 5.3	Perhitungan Smith Damping rata-rata dengan tegangan normal $\sigma_n = 2,4 \text{ kg/cm}^2$ pada benda uji tanah dari Jatigede (kuning).	V-8

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I : Data hasil pengumpulan nilai redaman dari laporan-laporan uji PDA

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kapasitas daya dukung fondasi tiang dapat ditentukan berdasarkan pembebanan statis dan atau pembebanan dinamis. Umumnya fondasi tiang yang di pancang ke dalam tanah dilakukan secara dinamis artinya melalui pukulan (*impact*) atau getaran (*vibration*). Sehingga dalam memprediksi kapasitas daya dukung tiang fondasi menggunakan perhitungan metode dinamis, dimana gaya-gaya yang terjadi antara hubungan tiang dan tanah harus diperhitungkan.

Gaya-gaya yang terjadi pada hubungan antara tanah dan tiang fondasi saat pemancangan, terdiri dari Tahanan Tanah Dinamis (*dynamic soil resistance*) dan Tahanan Tanah Statis (*static soil resistance*). Parameter pada tahanan tanah dinamis merupakan gabungan dari kekakuan tanah dan redaman (*damping*), sedangkan parameter pada tahanan tanah statis hanya terdiri dari kekakuan tanah. Parameter redaman akibat gesekan antara tanah-struktur pada fondasi tiang merupakan salah satu parameter yang menentukan dalam memprediksi nilai kapasitas fondasi tiang saat pemancangan.

Perhitungan parameter redaman pada fondasi tiang pancang menggunakan persamaan gelombang telah diteliti sejak tahun 1970-an, baik dalam bentuk persamaan empiris maupun berdasarkan hasil pengukuran instrumenasi di lapangan berupa pengukur percepatan (*accelerometer*) dan pengukur regangan

(*strain gauge*). Salah satu input penting dalam analisis pemancangan tiang dengan metode perambatan gelombang adalah besarnya redaman pada regangan geser besar atau perpindahan. Koefisien variable redaman pada analisis persamaan gelombang digunakan untuk mencocokkan dan pengukuran prediksi kapasitas tiang pancang. Program aplikasi untuk memprediksi resistensi dinamis fondasi tiang digunakan program CAPWAP, dimana program aplikasi tersebut memperhitungkan faktor redaman tanah sebagai parameter dasar untuk penyesuaian dari solusi persamaan gelombang dengan properti tanah dependen waktu setelah penyesuaian dari kalkulasi gaya, energi dan velositas dengan mengukur nilainya. Dikarenakan koefisien redaman dipilih untuk mencocokkan (*matching*) pada tahanan gesek (*shaft predominant*) atau tahanan ujung (*toe resistensi*), maka nilai redaman yang didapat tersebut merupakan nilai perkiraan hasil pencocokan.

Pemodelan gesekan antara tanah-struktur pada fondasi tiang pancang dapat dilakukan dengan uji laboratorium menggunakan alat uji Geser Langsung (*direct shear*). Benda uji yang digunakan terbagi dua yaitu bagian atas berupa tanah dan bagian bawah berupa mortar semen, dimana benda uji tersebut digeser dengan variasi kontrol kecepatan geser dan variasi kontrol tegangan normal. Kuat geser benda uji tanah-mortar ini dikorelasikan dengan menggunakan persamaan Smith's untuk mendapatkan parameter redaman gesekan pada benda uji tanah-mortar.

1.2 MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud dalam melakukan studi ini adalah :

- Mempelajari trend dari variasi nilai redaman (damping) pada jenis tanah tertentu, berdasarkan kompilasi (kumpulan) data redaman tanah-tiang dari laporan-laporan hasil pengujian Pile Dynamic Analyzer (PDA) beberapa lokasi di Indonesia.
- Mempelajari perilaku geser tiang-tanah berdasarkan pemodelan tanah-mortar menggunakan alat uji Geser Langsung (*direct shear*).
- Mempelajari parameter redaman pada benda uji tanah-mortar akibat pengaruh kecepatan geser dan perbedaan kekasaran permukaan mortar menggunakan alat uji Geser Langsung.

Sedangkan tujuan dari studi ini adalah :

- Memperoleh *trend* dan pola sebaran parameter redaman gesekan tanah-tiang fondasi berdasarkan kompilasi data redaman hasil pengujian PDA di Indonesia
- Memperoleh parameter redaman geser dengan uji *interface* tanah dengan material struktur menggunakan alat Uji Geser Langsung (*Direct Shear*) pada tegangan normal dan kecepatan geser yang berbeda.

1.3 METODE DAN LINGKUP PENELITIAN

1.3.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka akan menekankan pada referensi yang berhubungan dengan studi ini, seperti penelitian dalam paper, tesis, disertasi, maupun jurnal. Kajian pustaka ini dilakukan untuk memberi arahan dalam penelitian yang akan dilakukan dan mempelajari *state of the art* (pengetahuan terbaru) mengenai masalah tersebut.

1.3.2 Lingkup Penelitian

Lingkup kajian penelitian adalah :

- Pengumpulan dan penentuan nilai redaman gesek berdasarkan kompilasi data dari laporan-laporan hasil uji *Pile Dynamic Analyzer* (PDA) di Indonesia.
- Penyiapan benda uji mortar yang memiliki kekasaran permukaan berbeda.
- Penyiapan benda uji tanah berdasarkan klasifikasi tanah untuk penggolongan jenis tanah lempung, lanau dan pasir.
- Pengujian geser antara benda uji tanah-mortar menggunakan alat uji Geser Langsung (*direct shear*) dengan variasi kecepatan geser dan variasi tegangan normal.
- Analisis perilaku dan penentuan parameter redaman pada benda uji tanah-mortar menggunakan alat uji Geser Langsung dengan variasi kecepatan geser dan variasi tegangan normal.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan untuk penelitian yang akan dilakukan dibagi dalam lima bab sebagai berikut :

- **Bab 1 Pendahuluan**, membahas latar belakang penelitian, tujuan penelitian, metode dan lingkup masalah, serta sistematika penulisan.
- **Bab 2 Tinjauan Pustaka**, membahas referensi dan literature yang berkaitan dengan lingkup penelitian. Secara umum bab ini akan membahas teori dasar persamaan Smith Damping dan analisis persamaan gelombang untuk memperhitungkan resistensi dinamis tanah-tiang metode pengujian kuat geser langsung tanah-mortar di laboratorium.
- **Bab 3 Metode Penelitian**, membahas langkah penelitian secara detail dimulai dari pembuatan benda uji tanah-mortar dan prosedur pengujian yang dilakukan untuk memperoleh data yang akan dianalisis.
- **Bab 4 Pengumpulan Data**, berisi hasil pengumpulan data, hasil pengujian, pengolahan data, grafik dan korelasi-korelasi yang diperoleh.
- **Bab 5 Studi Kasus**, berisi hasil pembahasan pola sebaran nilai redaman gesek (*smith damping*) berdasarkan hasil kompilasi data nilai redaman dari laporan-laporan pengujian PDA, serta penentuan parameter redaman dari hasil uji geser langsung tanah-mortar.
- **Bab 6 Kesimpulan dan Saran**, berisi kesimpulan dari hasil studi kasus beserta rekomendasi untuk keperluan penelitian lebih lanjut.

1.5 HIPOTESA

Hipotesa dalam penelitian ini, antara lain :

- Pola sebaran nilai redaman tanah-tiang pada lempung, cenderung akan memberikan nilai yang lebih tinggi dari tanah pasir.
- Sedangkan pola sebaran nilai redaman tanah-tiang pada tanah lunak, cenderung akan memberikan nilai yang lebih tinggi dari tanah keras.
- Parameter redaman tanah-tiang dapat diturunkan dari uji Geser langsung (*direct shear test*) tanah-mortar dengan memvariasikan kecepatan geser.
- Trend berbeda akan diperoleh untuk nilai redaman (*damping*) hasil uji geser tanah-mortar pada variasi tegangan normal dan jenis tanah yang berbeda.