

UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUJIAN INTEGRITAS TIANG PADA KONSTRUKSI TIANG
DENGAN *PILE CAP* MENGGUNAKAN *LOW STRAIN METHOD***

SKRIPSI

CHRISTMAN

0706197963

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**INTEGRITY TEST OF PILE GROUPS
WITH LOW STRAIN METHOD**

FINAL ASSIGNMENT

CHRISTMAN

0706197963

**FACULTY OF TECHNIC
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT**

DEPOK

JANUARY 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUJIAN INTEGRITAS TIANG PADA KONSTRUKSI TIANG
DENGAN *PILE CAP* MENGGUNAKAN *LOW STRAIN METHOD***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

CHRISTMAN

0706197963

FAKULTAS TEKNIK

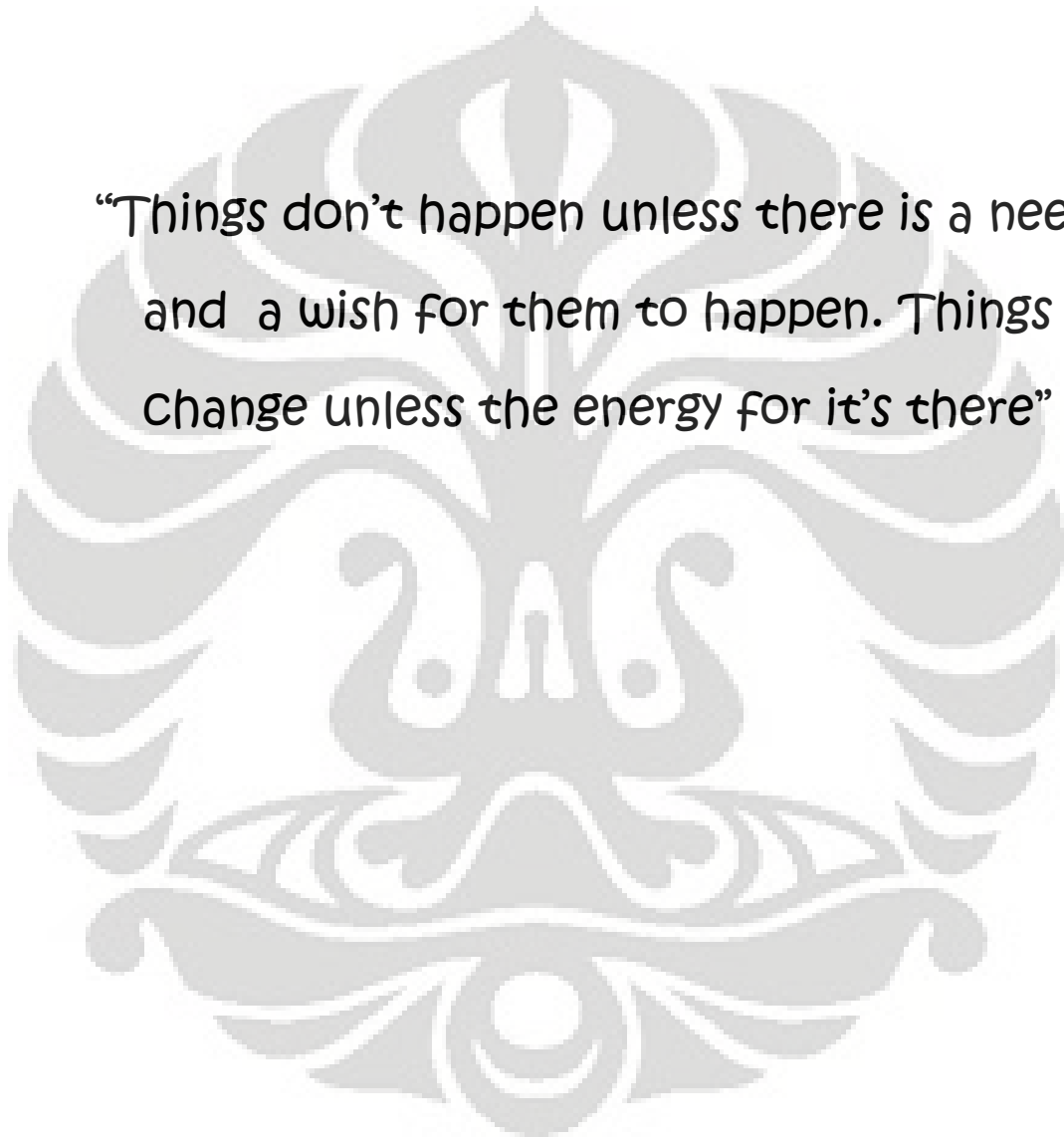
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

DEPOK

JANUARI 2010

***"GOD helps those who help
themselves"***

“Things don't happen unless there is a need
and a wish for them to happen. Things
change unless the energy for it's there”



STATEMENT OF ORIGINALITY

This final project's made by my own idea,
And I assure for all those sources that have been quoted or refered,
had written correctly.

Name : Christman

NPM : 0706197963

Signature :



Date : 12nd January 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Christman

NPM : 0706197963

Tanda Tangan :



Tanggal : 12 Januari 2010

SHEET OF APPROVAL

The final assignment submitted by :

Name : Christman
NPM : 07 06 19 7963
Study Program : Civil Engineering
Title : Integrity Test of Pile Groups With Low Strain Method

Has succeeded to be submitted in examiner board and accepted as partial fulfilment needed to obtain Bachelor Degree in Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Indonesia.

EXAMINER BOARD

Counsellor : Ir. Widjojo A. Prakoso, Ph.D

Examiner 1 : Dr.-Ing. Ir. Henki Wibowo

Examiner 2 : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, MSc

Decided in : Depok

Date : 12nd January 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Christman

NPM : 0706197963

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengujian Integritas Tiang Pada Konstruksi Tiang Dengan Pile Cap Menggunakan Low Strain Method.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Sarjana Ekstensi, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Widjojo A. Prakoso, Ph.D

Penguji 1 : Dr.-Ing. Ir. Henki Wibowo

Penguji 2 : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, MSc

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 12 Januari 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini sangatlah sulit untuk diselesaikan tanpa terlepas dari bantuan dan dukungan baik material maupun spiritual serta bimbingan dari berbagai pihak dan untuk itu dengan segala kerendahan hati perkenankan penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- (1). Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan doa serta dukungannya;
- (2). Ir. Widjojo A. Prakoso Phd, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3). Dr.-Ing. Ir. Henki Wibowo dan Dr. Ir. Damrizal Damoerin, MSc sebagai tim penguji yang telah memberikan saran sebagai dasar perbaikan atau revisi skripsi ini.
- (4). Rekha Kartika, yang telah banyak menemani dan membantu saya sepanjang penyusunan skripsi ini.
- (5). Teman-teman sipil ekstensi 2007 atas dukungan serta bantuannya dalam menyusun skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Januari 2010

Penulis

**STATEMENT OF AGREEMENT FOR FINAL ASSIGNMENT
PUBLICATION FOR ACADEMIC IMPORTANCES.**

As an academicist at University of Indonesia, I am who signing below :

Name : Christman
NPM : 0706197963
Study Program : Civil Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type : Final Assignment

For academic and science improvement, I agreed to give Non Exclusive Royalty of Free Right to University of Indonesia, as for my final project which title :

INTEGRITY TEST OF PILE GROUPS WITH LOW STRAIN METHOD

with all appliances beside (if it needed). And with non exclusive royalty of free right, so that University of Indonesia has fully right to saving, transferring or formatting into data base format, and also publishing this final project as long as give a credit title with my name as an owner.

I hereby enclose the statement.

Place : Depok , West Java

Date : January 12, 2010

Signed,



(Christman)



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Christman
NPM : 07 06 19 7963
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti Free Right*)** kepada Universitas Indonesia atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENGUJIAN INTEGRITAS TIANG PADA KONSTRUKSI TIANG DENGAN *PILE CAP* MENGGUNAKAN *LOW STRAIN METHOD*

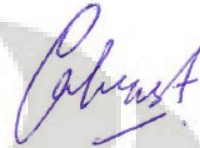
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Depok

Pada tanggal : 12 Januari 2010

Yang menyatakan,



(Christman)



ABSTRACT

Name : Christman
Study Program : Teknik Sipil
Title : Integrity Test of Pile Groups With Low Strain Method.

Low strain pile integrity testing (PIT) is a valuable tool to locate major defects in drilled shafts or concrete piles. This method is more efficient than others to detecting defective piles. From the description above, we performed Non-Destructive Evaluation (NDE) with Pile Integrity Tester (PIT) on pile groups (inaccessible pile head condition) to examine the depth of each piles individually. The results from this test is that the PIT can be applied to a pile group with pile cap, but the resulting data is limited because of the effect of pile cap thickness.

Key words :

Pile groups, Pile Cap, *Low Strain Method of Dynamic Pile Testing*, *Pile Integrity Test (P.I.T)*.

ABSTRAK

Nama : Christman
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengujian Integritas Tiang Pada Konstruksi Tiang dengan *Pile Cap* menggunakan *Low Strain Method*

Low strain Pile Integrity Testing (PIT) adalah suatu alat yang digunakan untuk menentukan integritas tiang pancang atau tiang bor. Metode ini lebih praktis dalam menentukan cacat pada tiang dibandingkan metode pengujian yang lain. Dari deskripsi diatas, maka penulis telah melakukan pengujian Non-Destructive Evaluation (NDE) menggunakan alat Pile Integrity Tester (PIT) untuk menentukan kedalaman pondasi tiang secara individual. Hasil yang didapat oleh penulis adalah bahwa alat PIT tersebut dapat diaplikasikan pada konstruksi grup tiang dengan pile cap, hanya data yang dihasilkan terbatas dikarenakan adanya pengaruh tebal pile cap yang cukup besar.

Kata kunci :

Grup tiang, *pile cap*, *Low Strain Method of Dynamic Pile Testing*, *Pile Integrity Test (P.I.T)*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xxix
DAFTAR LAMPIRAN	xxxvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan tujuan penulisan	2
1.3. Ruang lingkup penulisan	2
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB II STUDI LITERATUR	
2.1. Gelombang	5
2.2. Perambatan gelombang	6
2.3. Alat uji pembebanan dinamik	
2.3.1 Akselerometer	11
2.3.2 Pile Integrity Tester	12
2.4. Kombinasi Pembebanan	
2.4.1. Pulse Echo Method	13
2.4.2. Transient Response Method	14
2.4.3. Kombinasi PEM dan TRM	16

2.5. Pile Cap	16
2.6. Studi Kasus Sebelumnya.....	17

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Material dan peralatan yang digunakan	21
3.2. Prosedur pengambilan data melalui PIT	21
3.3. Metodologi pengolahan data dengan PIT	26
3.4. Data hasil PIT.....	26

BAB IV ANALISIS HASIL PERCOBAAN

4.1 Data hasil PIT	30
4.2 Analisa time domain	
2.3.1 Metode average	32
2.3.2 Metode stacking.....	67
2.3.3 Metode analisa profil	101
4.3 Analisa Frequency Domain	
2.3.1 Metode average	228
2.3.2 Metode stacking.....	263

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	298
5.2 Saran.....	299

DAFTAR REFERENSI

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tegangan dan pemantulan gelombang.....	7
Gambar 2.2	Mobility vs Frequency	8
Gambar 2.3	Komponen akselerometer dan hammer PIT.....	11
Gambar 2.4	Skema pengujian yang akan dilakukan.....	17
Gambar 2.5	Penampang melintang tiang tertanam.....	18
Gambar 2.6	Respon gaya dan kecepatan pada tiang.....	18
Gambar 2.7	Mobility tiang dengan pile cap.....	19
Gambar 3.1	Pemancangan grup tiang	26
Gambar 3.2	Simulasi grup tiang	27
Gambar 3.3	Contoh lokasi titik yang diuji pada pile cap as-5.....	28
Gambar 3.4	Pelaksanaan pile cap	29
Gambar 4.1	Pengujian yang dilakukan pada as tiang dan diantara as tiang ...	31
Gambar 4.2	Grafik metode average titik 1 Pile Cap as-4	33
Gambar 4.3	Grafik metode average titik 2 Pile Cap as-4	34
Gambar 4.4	Grafik metode average titik 3 Pile Cap as-4	35
Gambar 4.5	Grafik metode average titik 4 Pile Cap as-4	36
Gambar 4.6	Grafik metode average titik 5 Pile Cap as-4	37
Gambar 4.7	Grafik metode average titik 6 Pile Cap as-4	38
Gambar 4.8	Grafik metode average titik 7 Pile Cap as-4	39
Gambar 4.9	Grafik metode average titik 8 Pile Cap as-4	40
Gambar 4.10	Grafik metode average titik 9 Pile Cap as-4	41

Gambar 4.11	Grafik metode average titik 10 Pile Cap as-4	42
Gambar 4.12	Grafik metode average titik 11 Pile Cap as-4	43
Gambar 4.13	Grafik metode average titik 12 Pile Cap as-4	44
Gambar 4.14	Grafik metode average titik 1 Pile Cap as-5	45
Gambar 4.15	Grafik metode average titik 2 Pile Cap as-5	46
Gambar 4.16	Grafik metode average titik 3 Pile Cap as-5	47
Gambar 4.17	Grafik metode average titik 4 Pile Cap as-5	48
Gambar 4.18	Grafik metode average titik 5 Pile Cap as-5	49
Gambar 4.19	Grafik metode average titik 6 Pile Cap as-5	50
Gambar 4.20	Grafik metode average titik 7 Pile Cap as-5	51
Gambar 4.21	Grafik metode average titik 8 Pile Cap as-5	52
Gambar 4.22	Grafik metode average titik 10 Pile Cap as-5	53
Gambar 4.23	Grafik metode average titik 11 Pile Cap as-5	54
Gambar 4.24	Grafik metode average titik 12 Pile Cap as-5	55
Gambar 4.25	Grafik metode average titik 13 Pile Cap as-5	56
Gambar 4.26	Grafik metode average titik 14 Pile Cap as-5	57
Gambar 4.27	Grafik metode average titik 15 Pile Cap as-5	58
Gambar 4.28	Grafik metode average titik 16 Pile Cap as-5	59
Gambar 4.29	Grafik metode average titik 17 Pile Cap as-5	60
Gambar 4.30	Grafik metode average titik 18 Pile Cap as-5	61
Gambar 4.31	Grafik metode average titik 19 Pile Cap as-5	62
Gambar 4.32	Grafik metode average titik 20 Pile Cap as-5	63
Gambar 4.33	Grafik metode average titik 21 Pile Cap as-5	64

Gambar 4.34	Grafik metode stacking titik 1 Pile Cap as-4	67
Gambar 4.35	Grafik metode stacking titik 2 Pile Cap as-4	68
Gambar 4.36	Grafik metode stacking titik 3 Pile Cap as-4	69
Gambar 4.37	Grafik metode stacking titik 4 Pile Cap as-4	70
Gambar 4.38	Grafik metode stacking titik 5 Pile Cap as-4	71
Gambar 4.39	Grafik metode stacking titik 6 Pile Cap as-4	72
Gambar 4.40	Grafik metode stacking titik 7 Pile Cap as-4	73
Gambar 4.41	Grafik metode stacking titik 8 Pile Cap as-4	74
Gambar 4.42	Grafik metode stacking titik 9 Pile Cap as-4	75
Gambar 4.43	Grafik metode stacking titik 10 Pile Cap as-4	76
Gambar 4.44	Grafik metode stacking titik 11 Pile Cap as-4	77
Gambar 4.45	Grafik metode stacking titik 12 Pile Cap as-4	78
Gambar 4.46	Grafik metode stacking titik 1 Pile Cap as-5	79
Gambar 4.47	Grafik metode stacking titik 2 Pile Cap as-5	80
Gambar 4.48	Grafik metode stacking titik 3 Pile Cap as-5	81
Gambar 4.49	Grafik metode stacking titik 4 Pile Cap as-5	82
Gambar 4.50	Grafik metode stacking titik 5 Pile Cap as-5	83
Gambar 4.51	Grafik metode stacking titik 6 Pile Cap as-5	84
Gambar 4.52	Grafik metode stacking titik 7 Pile Cap as-5	85
Gambar 4.53	Grafik metode stacking titik 8 Pile Cap as-5	86
Gambar 4.54	Grafik metode stacking titik 10 Pile Cap as-5	87
Gambar 4.55	Grafik metode stacking titik 11 Pile Cap as-5	88
Gambar 4.56	Grafik metode stacking titik 12 Pile Cap as-5	89

Gambar 4.57	Grafik metode stacking titik 13 Pile Cap as-5	90
Gambar 4.58	Grafik metode stacking titik 14 Pile Cap as-5	91
Gambar 4.59	Grafik metode stacking titik 15 Pile Cap as-5	92
Gambar 4.60	Grafik metode stacking titik 16 Pile Cap as-5	93
Gambar 4.61	Grafik metode stacking titik 17 Pile Cap as-5	94
Gambar 4.62	Grafik metode stacking titik 18 Pile Cap as-5	95
Gambar 4.63	Grafik metode stacking titik 19 Pile Cap as-5	96
Gambar 4.64	Grafik metode stacking titik 20 Pile Cap as-5	97
Gambar 4.65	Grafik metode stacking titik 21 Pile Cap as-5	98
Gambar 4.66	Grafik low pass titik 1 Pile Cap as-4.....	101
Gambar 4.67	Grafik polynominal titik 1 Pile Cap as-4	102
Gambar 4.68	Grafik lower envelope titik 1 Pile Cap as-4.....	102
Gambar 4.69	Grafik upper envelope titik 1 Pile Cap as-4.....	103
Gambar 4.70	Grafik high pass titik 1 Pile Cap as-4	103
Gambar 4.71	Grafik three points titik 1 Pile Cap as-4.....	104
Gambar 4.72	Grafik zero line titik 1 Pile Cap as-4.....	104
Gambar 4.73	Grafik uniform pile titik 1 Pile Cap as-4.....	105
Gambar 4.74	Grafik low pass titik 2 Pile Cap as-4.....	106
Gambar 4.75	Grafik polynominal titik 2 Pile Cap as-4	106
Gambar 4.76	Grafik lower envelope titik 2 Pile Cap as-4.....	107
Gambar 4.77	Grafik upper envelope titik 2 Pile Cap as-4.....	107
Gambar 4.78	Grafik high pass titik 2 Pile Cap as-4	108
Gambar 4.79	Grafik three points titik 2 Pile Cap as-4.....	108

Gambar 4.80	Grafik zero line titik 2 Pile Cap as-4.....	109
Gambar 4.81	Grafik uniform pile titik 2 Pile Cap as-4.....	109
Gambar 4.82	Grafik low pass titik 3 Pile Cap as-4.....	110
Gambar 4.83	Grafik polynominal titik 3 Pile Cap as-4	110
Gambar 4.84	Grafik lower envelope titik 3 Pile Cap as-4.....	111
Gambar 4.85	Grafik upper envelope titik 3 Pile Cap as-4.....	111
Gambar 4.86	Grafik high pass titik 3 Pile Cap as-4	112
Gambar 4.87	Grafik three points titik 3 Pile Cap as-4.....	112
Gambar 4.88	Grafik zero line titik 3 Pile Cap as-4.....	113
Gambar 4.89	Grafik uniform pile titik 3 Pile Cap as-4.....	113
Gambar 4.90	Grafik low pass titik 4 Pile Cap as-4.....	114
Gambar 4.91	Grafik polynominal titik 4 Pile Cap as-4	114
Gambar 4.92	Grafik lower envelope titik 4 Pile Cap as-4.....	115
Gambar 4.93	Grafik upper envelope titik 4 Pile Cap as-4.....	115
Gambar 4.94	Grafik high pass titik 4 Pile Cap as-4	116
Gambar 4.95	Grafik three points titik 4 Pile Cap as-4.....	116
Gambar 4.96	Grafik zero line titik 4 Pile Cap as-4.....	117
Gambar 4.97	Grafik uniform pile titik 4 Pile Cap as-4.....	117
Gambar 4.98	Grafik low pass titik 5 Pile Cap as-4.....	118
Gambar 4.99	Grafik polynominal titik 5 Pile Cap as-4	118
Gambar 4.100	Grafik lower envelope titik 5 Pile Cap as-4.....	119
Gambar 4.101	Grafik upper envelope titik 5 Pile Cap as-4.....	119
Gambar 4.102	Grafik high pass titik 5 Pile Cap as-4	120

Gambar 4.103	Grafik three points titik 5 Pile Cap as-4.....	120
Gambar 4.104	Grafik zero line titik 5 Pile Cap as-4.....	121
Gambar 4.105	Grafik uniform pile titik 5 Pile Cap as-4.....	121
Gambar 4.106	Grafik low pass titik 6 Pile Cap as-4.....	122
Gambar 4.107	Grafik polynominal titik 6 Pile Cap as-4	123
Gambar 4.108	Grafik lower envelope titik 6 Pile Cap as-4.....	123
Gambar 4.109	Grafik upper envelope titik 6 Pile Cap as-4.....	124
Gambar 4.110	Grafik high pass titik 6 Pile Cap as-4	124
Gambar 4.111	Grafik three points titik 6 Pile Cap as-4.....	125
Gambar 4.112	Grafik zero line titik 6 Pile Cap as-4.....	125
Gambar 4.113	Grafik uniform pile titik 6 Pile Cap as-4.....	126
Gambar 4.114	Grafik low pass titik 7 Pile Cap as-4.....	126
Gambar 4.115	Grafik polynominal titik 7 Pile Cap as-4	127
Gambar 4.116	Grafik lower envelope titik 7 Pile Cap as-4.....	127
Gambar 4.117	Grafik upper envelope titik 7 Pile Cap as-4.....	128
Gambar 4.118	Grafik high pass titik 7 Pile Cap as-4	128
Gambar 4.119	Grafik three points titik 7 Pile Cap as-4.....	129
Gambar 4.120	Grafik zero line titik 7 Pile Cap as-4.....	129
Gambar 4.121	Grafik uniform pile titik 7 Pile Cap as-4.....	130
Gambar 4.122	Grafik low pass titik 8 Pile Cap as-4.....	130
Gambar 4.123	Grafik polynominal titik 8 Pile Cap as-4	131
Gambar 4.124	Grafik lower envelope titik 8 Pile Cap as-4.....	131
Gambar 4.125	Grafik upper envelope titik 8 Pile Cap as-4.....	132

Gambar 4.126	Grafik high pass titik 8 Pile Cap as-4	132
Gambar 4.127	Grafik three points titik 8 Pile Cap as-4.....	133
Gambar 4.128	Grafik zero line titik 8 Pile Cap as-4.....	133
Gambar 4.129	Grafik uniform pile titik 8 Pile Cap as-4.....	134
Gambar 4.130	Grafik low pass titik 9 Pile Cap as-4.....	134
Gambar 4.131	Grafik polynominal titik 9 Pile Cap as-4	135
Gambar 4.132	Grafik lower envelope titik 9 Pile Cap as-4.....	135
Gambar 4.133	Grafik upper envelope titik 9 Pile Cap as-4.....	136
Gambar 4.134	Grafik high pass titik 9 Pile Cap as-4	136
Gambar 4.135	Grafik three points titik 9 Pile Cap as-4.....	137
Gambar 4.136	Grafik zero line titik 9 Pile Cap as-4.....	137
Gambar 4.137	Grafik uniform pile titik 9 Pile Cap as-4.....	138
Gambar 4.138	Grafik low pass titik 10 Pile Cap as-4.....	138
Gambar 4.139	Grafik polynominal titik 10 Pile Cap as-4	139
Gambar 4.140	Grafik lower envelope titik 10 Pile Cap as-4.....	139
Gambar 4.141	Grafik upper envelope titik 10 Pile Cap as-4.....	140
Gambar 4.142	Grafik high pass titik 10 Pile Cap as-4	140
Gambar 4.143	Grafik three points titik 10 Pile Cap as-4.....	141
Gambar 4.144	Grafik zero line titik 10 Pile Cap as-4.....	141
Gambar 4.145	Grafik uniform pile titik 10 Pile Cap as-4.....	142
Gambar 4.146	Grafik low pass titik 11 Pile Cap as-4.....	142
Gambar 4.147	Grafik polynominal titik 11 Pile Cap as-4	143
Gambar 4.148	Grafik lower envelope titik 11 Pile Cap as-4.....	143

Gambar 4.149	Grafik upper envelope titik 11 Pile Cap as-4.....	144
Gambar 4.150	Grafik high pass titik 11 Pile Cap as-4	144
Gambar 4.151	Grafik three points titik 11 Pile Cap as-4.....	145
Gambar 4.152	Grafik zero line titik 11 Pile Cap as-4.....	145
Gambar 4.153	Grafik uniform pile titik 11 Pile Cap as-4.....	146
Gambar 4.154	Grafik low pass titik 12 Pile Cap as-4.....	146
Gambar 4.155	Grafik polynominal titik 12 Pile Cap as-4	147
Gambar 4.156	Grafik lower envelope titik 12 Pile Cap as-4.....	147
Gambar 4.157	Grafik upper envelope titik 12 Pile Cap as-4.....	148
Gambar 4.158	Grafik high pass titik 12 Pile Cap as-4	148
Gambar 4.159	Grafik three points titik 12 Pile Cap as-4.....	148
Gambar 4.160	Grafik zero line titik 12 Pile Cap as-4.....	148
Gambar 4.161	Grafik uniform pile titik 12 Pile Cap as-4.....	149
Gambar 4.162	Grafik low pass titik 1 Pile Cap as-5.....	150
Gambar 4.163	Grafik polynominal titik 1 Pile Cap as-5	150
Gambar 4.164	Grafik lower envelope titik 1 Pile Cap as-5	151
Gambar 4.165	Grafik upper envelope titik 1 Pile Cap as-5.....	151
Gambar 4.166	Grafik high pass titik 1 Pile Cap as-5	152
Gambar 4.167	Grafik three points titik 1 Pile Cap as-5.....	152
Gambar 4.168	Grafik zero line titik 1 Pile Cap as-5.....	153
Gambar 4.169	Grafik uniform pile titik 1 Pile Cap as-5.....	153
Gambar 4.170	Grafik low pass titik 2 Pile Cap as-5.....	154
Gambar 4.171	Grafik polynominal titik 2 Pile Cap as-5	154

Gambar 4.172	Grafik lower envelope titik 2 Pile Cap as-5.....	155
Gambar 4.173	Grafik upper envelope titik 2 Pile Cap as-5.....	155
Gambar 4.174	Grafik high pass titik 2 Pile Cap as-5	156
Gambar 4.175	Grafik three points titik 2 Pile Cap as-5.....	156
Gambar 4.176	Grafik zero line titik 2 Pile Cap as-5.....	157
Gambar 4.177	Grafik uniform pile titik 2 Pile Cap as-5.....	157
Gambar 4.178	Grafik low pass titik 3 Pile Cap as-5.....	158
Gambar 4.179	Grafik polynominal titik 3 Pile Cap as-5	158
Gambar 4.180	Grafik lower envelope titik 3 Pile Cap as-5.....	159
Gambar 4.181	Grafik upper envelope titik 3 Pile Cap as-5.....	159
Gambar 4.182	Grafik high pass titik 3 Pile Cap as-5	160
Gambar 4.183	Grafik three points titik 3 Pile Cap as-5.....	160
Gambar 4.184	Grafik zero line titik 3 Pile Cap as-5.....	161
Gambar 4.185	Grafik uniform pile titik 3 Pile Cap as-5.....	161
Gambar 4.186	Grafik low pass titik 4 Pile Cap as-5.....	162
Gambar 4.187	Grafik polynominal titik 4 Pile Cap as-5	162
Gambar 4.188	Grafik lower envelope titik 4 Pile Cap as-5.....	163
Gambar 4.189	Grafik upper envelope titik 4 Pile Cap as-5.....	163
Gambar 4.190	Grafik high pass titik 4 Pile Cap as-5	164
Gambar 4.191	Grafik three points titik 4 Pile Cap as-5.....	164
Gambar 4.192	Grafik zero line titik 4 Pile Cap as-5.....	165
Gambar 4.193	Grafik uniform pile titik 4 Pile Cap as-5.....	165
Gambar 4.194	Grafik low pass titik 5 Pile Cap as-5.....	166

Gambar 4.195	Grafik polynominal titik 5 Pile Cap as-5	166
Gambar 4.196	Grafik lower envelope titik 5 Pile Cap as-5.....	167
Gambar 4.197	Grafik upper envelope titik 5 Pile Cap as-5.....	167
Gambar 4.198	Grafik high pass titik 5 Pile Cap as-5	168
Gambar 4.199	Grafik three points titik 5 Pile Cap as-5.....	168
Gambar 4.200	Grafik zero line titik 5 Pile Cap as-5.....	169
Gambar 4.201	Grafik uniform pile titik 5 Pile Cap as-5.....	169
Gambar 4.202	Grafik low pass titik 6 Pile Cap as-5.....	170
Gambar 4.203	Grafik polynominal titik 6 Pile Cap as-5	170
Gambar 4.204	Grafik lower envelope titik 6 Pile Cap as-5.....	171
Gambar 4.205	Grafik upper envelope titik 6 Pile Cap as-5.....	171
Gambar 4.206	Grafik high pass titik 6 Pile Cap as-5	172
Gambar 4.207	Grafik three points titik 6 Pile Cap as-5.....	172
Gambar 4.208	Grafik zero line titik 6 Pile Cap as-5.....	173
Gambar 4.209	Grafik uniform pile titik 6 Pile Cap as-5.....	173
Gambar 4.210	Grafik low pass titik 7 Pile Cap as-5.....	174
Gambar 4.211	Grafik polynominal titik 7 Pile Cap as-5	174
Gambar 4.212	Grafik lower envelope titik 7 Pile Cap as-5.....	175
Gambar 4.213	Grafik upper envelope titik 7 Pile Cap as-5.....	175
Gambar 4.214	Grafik high pass titik 7 Pile Cap as-5	176
Gambar 4.215	Grafik three points titik 7 Pile Cap as-5.....	176
Gambar 4.216	Grafik zero line titik 7 Pile Cap as-5.....	177
Gambar 4.217	Grafik uniform pile titik 7 Pile Cap as-5.....	177

Gambar 4.218	Grafik low pass titik 8 Pile Cap as-5.....	178
Gambar 4.219	Grafik polynominal titik 8 Pile Cap as-5	178
Gambar 4.220	Grafik lower envelope titik 8 Pile Cap as-5	179
Gambar 4.221	Grafik upper envelope titik 8 Pile Cap as-5	179
Gambar 4.222	Grafik high pass titik 8 Pile Cap as-5	180
Gambar 4.223	Grafik three points titik 8 Pile Cap as-5.....	180
Gambar 4.224	Grafik zero line titik 8 Pile Cap as-5.....	181
Gambar 4.225	Grafik uniform pile titik 8 Pile Cap as-5.....	181
Gambar 4.226	Grafik low pass titik 10 Pile Cap as-5.....	182
Gambar 4.227	Grafik polynominal titik 10 Pile Cap as-5	182
Gambar 4.228	Grafik lower envelope titik 10 Pile Cap as-5.....	183
Gambar 4.229	Grafik upper envelope titik 10 Pile Cap as-5.....	183
Gambar 4.230	Grafik high pass titik 10 Pile Cap as-5	184
Gambar 4.231	Grafik three points titik 10 Pile Cap as-5.....	184
Gambar 4.232	Grafik zero line titik 10 Pile Cap as-5.....	185
Gambar 4.233	Grafik uniform pile titik 10 Pile Cap as-5.....	185
Gambar 4.234	Grafik low pass titik 12 Pile Cap as-5.....	186
Gambar 4.235	Grafik polynominal titik 12 Pile Cap as-5	186
Gambar 4.236	Grafik lower envelope titik 12 Pile Cap as-5.....	187
Gambar 4.237	Grafik upper envelope titik 12 Pile Cap as-5.....	187
Gambar 4.238	Grafik high pass titik 12 Pile Cap as-5	188
Gambar 4.239	Grafik three points titik 12 Pile Cap as-5.....	188
Gambar 4.240	Grafik zero line titik 12 Pile Cap as-5.....	189

Gambar 4.241	Grafik uniform pile titik 12 Pile Cap as-5.....	189
Gambar 4.242	Grafik low pass titik 13 Pile Cap as-5.....	190
Gambar 4.243	Grafik polynominal titik 13 Pile Cap as-5	190
Gambar 4.244	Grafik lower envelope titik 13 Pile Cap as-5.....	191
Gambar 4.245	Grafik upper envelope titik 13 Pile Cap as-5.....	191
Gambar 4.246	Grafik high pass titik 13 Pile Cap as-5	192
Gambar 4.247	Grafik three points titik 13 Pile Cap as-5.....	192
Gambar 4.248	Grafik zero line titik 13 Pile Cap as-5.....	193
Gambar 4.249	Grafik uniform pile titik 13 Pile Cap as-5.....	193
Gambar 4.250	Grafik low pass titik 14 Pile Cap as-5.....	194
Gambar 4.251	Grafik polynominal titik 14 Pile Cap as-5	194
Gambar 4.252	Grafik lower envelope titik 14 Pile Cap as-5.....	195
Gambar 4.253	Grafik upper envelope titik 14 Pile Cap as-5.....	195
Gambar 4.254	Grafik high pass titik 14 Pile Cap as-5	196
Gambar 4.255	Grafik three points titik 14 Pile Cap as-5.....	196
Gambar 4.256	Grafik zero line titik 14 Pile Cap as-5.....	197
Gambar 4.257	Grafik uniform pile titik 14 Pile Cap as-5.....	197
Gambar 4.258	Grafik low pass titik 15 Pile Cap as-5.....	198
Gambar 4.259	Grafik polynominal titik 15 Pile Cap as-5	198
Gambar 4.260	Grafik lower envelope titik 15 Pile Cap as-5.....	199
Gambar 4.261	Grafik upper envelope titik 15 Pile Cap as-5.....	199
Gambar 4.262	Grafik high pass titik 15 Pile Cap as-5	200
Gambar 4.263	Grafik three points titik 15 Pile Cap as-5.....	200

Gambar 4.264	Grafik zero line titik 15 Pile Cap as-5.....	201
Gambar 4.265	Grafik uniform pile titik 15 Pile Cap as-5.....	201
Gambar 4.266	Grafik low pass titik 16 Pile Cap as-5.....	202
Gambar 4.267	Grafik polynominal titik 16 Pile Cap as-5	202
Gambar 4.268	Grafik lower envelope titik 16 Pile Cap as-5.....	203
Gambar 4.269	Grafik upper envelope titik 16 Pile Cap as-5.....	203
Gambar 4.270	Grafik high pass titik 16 Pile Cap as-5	204
Gambar 4.271	Grafik three points titik 16 Pile Cap as-5.....	204
Gambar 4.272	Grafik zero line titik 16 Pile Cap as-5.....	205
Gambar 4.273	Grafik uniform pile titik 16 Pile Cap as-5.....	205
Gambar 4.274	Grafik low pass titik 17 Pile Cap as-5.....	206
Gambar 4.275	Grafik polynominal titik 17 Pile Cap as-5	206
Gambar 4.276	Grafik lower envelope titik 17 Pile Cap as-5.....	207
Gambar 4.277	Grafik upper envelope titik 17 Pile Cap as-5.....	207
Gambar 4.278	Grafik high pass titik 17 Pile Cap as-5	208
Gambar 4.279	Grafik three points titik 17 Pile Cap as-5.....	208
Gambar 4.280	Grafik zero line titik 17 Pile Cap as-5.....	209
Gambar 4.281	Grafik uniform pile titik 17 Pile Cap as-5.....	209
Gambar 4.282	Grafik low pass titik 18 Pile Cap as-5.....	210
Gambar 4.283	Grafik polynominal titik 18 Pile Cap as-5	210
Gambar 4.284	Grafik lower envelope titik 18 Pile Cap as-5.....	211
Gambar 4.285	Grafik upper envelope titik 18 Pile Cap as-5.....	211
Gambar 4.286	Grafik high pass titik 18 Pile Cap as-5	212

Gambar 4.287	Grafik three points titik 18 Pile Cap as-5.....	212
Gambar 4.288	Grafik zero line titik 18 Pile Cap as-5.....	213
Gambar 4.289	Grafik uniform pile titik 18 Pile Cap as-5.....	213
Gambar 4.290	Grafik low pass titik 19 Pile Cap as-5.....	214
Gambar 4.291	Grafik polynominal titik 19 Pile Cap as-5	214
Gambar 4.292	Grafik lower envelope titik 19 Pile Cap as-5.....	215
Gambar 4.293	Grafik upper envelope titik 19 Pile Cap as-5.....	215
Gambar 4.294	Grafik high pass titik 19 Pile Cap as-5	216
Gambar 4.295	Grafik three points titik 19 Pile Cap as-5.....	216
Gambar 4.296	Grafik zero line titik 19 Pile Cap as-5.....	217
Gambar 4.297	Grafik uniform pile titik 19 Pile Cap as-5.....	217
Gambar 4.298	Grafik low pass titik 20 Pile Cap as-5.....	218
Gambar 4.299	Grafik polynominal titik 20 Pile Cap as-5	218
Gambar 4.300	Grafik lower envelope titik 20 Pile Cap as-5.....	219
Gambar 4.301	Grafik upper envelope titik 20 Pile Cap as-5.....	219
Gambar 4.302	Grafik high pass titik 20 Pile Cap as-5	220
Gambar 4.303	Grafik three points titik 20 Pile Cap as-5.....	220
Gambar 4.304	Grafik zero line titik 20 Pile Cap as-5.....	221
Gambar 4.305	Grafik uniform pile titik 20 Pile Cap as-5.....	221
Gambar 4.306	Grafik low pass titik 21 Pile Cap as-5.....	222
Gambar 4.307	Grafik polynominal titik 21 Pile Cap as-5	222
Gambar 4.308	Grafik lower envelope titik 21 Pile Cap as-5.....	223
Gambar 4.309	Grafik upper envelope titik 21 Pile Cap as-5.....	223

Gambar 4.310	Grafik high pass titik 21 Pile Cap as-5	224
Gambar 4.311	Grafik three points titik 21 Pile Cap as-5.....	224
Gambar 4.312	Grafik zero line titik 21 Pile Cap as-5.....	225
Gambar 4.313	Grafik uniform pile titik 21 Pile Cap as-5.....	225
Gambar 4.314	Grafik metode average titik 1 Pile Cap as-4	229
Gambar 4.315	Grafik metode average titik 2 Pile Cap as-4	230
Gambar 4.316	Grafik metode average titik 3 Pile Cap as-4	231
Gambar 4.317	Grafik metode average titik 4 Pile Cap as-4	232
Gambar 4.318	Grafik metode average titik 5 Pile Cap as-4	233
Gambar 4.319	Grafik metode average titik 6 Pile Cap as-4	234
Gambar 4.320	Grafik metode average titik 7 Pile Cap as-4	235
Gambar 4.321	Grafik metode average titik 8 Pile Cap as-4	236
Gambar 4.322	Grafik metode average titik 9 Pile Cap as-4	237
Gambar 4.323	Grafik metode average titik 10 Pile Cap as-4	238
Gambar 4.324	Grafik metode average titik 11 Pile Cap as-4	239
Gambar 4.325	Grafik metode average titik 12 Pile Cap as-4	240
Gambar 4.326	Grafik metode average titik 1 Pile Cap as-5	241
Gambar 4.327	Grafik metode average titik 2 Pile Cap as-5	242
Gambar 4.328	Grafik metode average titik 3 Pile Cap as-5	243
Gambar 4.329	Grafik metode average titik 4 Pile Cap as-5	244
Gambar 4.330	Grafik metode average titik 5 Pile Cap as-5	245
Gambar 4.331	Grafik metode average titik 6 Pile Cap as-5	246
Gambar 4.332	Grafik metode average titik 7 Pile Cap as-5	247

Gambar 4.333	Grafik metode average titik 8 Pile Cap as-5	248
Gambar 4.334	Grafik metode average titik 10 Pile Cap as-5	249
Gambar 4.335	Grafik metode average titik 11 Pile Cap as-5	250
Gambar 4.336	Grafik metode average titik 12 Pile Cap as-5	251
Gambar 4.337	Grafik metode average titik 13 Pile Cap as-5	252
Gambar 4.338	Grafik metode average titik 14 Pile Cap as-5	253
Gambar 4.339	Grafik metode average titik 15 Pile Cap as-5	254
Gambar 4.340	Grafik metode average titik 16 Pile Cap as-5	255
Gambar 4.341	Grafik metode average titik 17 Pile Cap as-5	256
Gambar 4.342	Grafik metode average titik 18 Pile Cap as-5	257
Gambar 4.343	Grafik metode average titik 19 Pile Cap as-5	258
Gambar 4.344	Grafik metode average titik 20 Pile Cap as-5	259
Gambar 4.345	Grafik metode average titik 21 Pile Cap as-5	260
Gambar 4.346	Grafik metode stacking titik 1 Pile Cap as-4	261
Gambar 4.347	Grafik metode stacking titik 2 Pile Cap as-4	262
Gambar 4.348	Grafik metode stacking titik 3 Pile Cap as-4	263
Gambar 4.349	Grafik metode stacking titik 4 Pile Cap as-4	264
Gambar 4.350	Grafik metode stacking titik 5 Pile Cap as-4	265
Gambar 4.351	Grafik metode stacking titik 6 Pile Cap as-4	266
Gambar 4.352	Grafik metode stacking titik 7 Pile Cap as-4	267
Gambar 4.353	Grafik metode stacking titik 8 Pile Cap as-4	268
Gambar 4.354	Grafik metode stacking titik 9 Pile Cap as-4	269
Gambar 4.355	Grafik metode stacking titik 10 Pile Cap as-4	270

Gambar 4.356	Grafik metode stacking titik 11 Pile Cap as-4	271
Gambar 4.357	Grafik metode stacking titik 12 Pile Cap as-4	272
Gambar 4.358	Grafik metode stacking titik 1 Pile Cap as-5	275
Gambar 4.359	Grafik metode stacking titik 2 Pile Cap as-5	276
Gambar 4.360	Grafik metode stacking titik 3 Pile Cap as-5	277
Gambar 4.361	Grafik metode stacking titik 4 Pile Cap as-5	278
Gambar 4.362	Grafik metode stacking titik 5 Pile Cap as-5	279
Gambar 4.363	Grafik metode stacking titik 6 Pile Cap as-5	280
Gambar 4.364	Grafik metode stacking titik 7 Pile Cap as-5	281
Gambar 4.365	Grafik metode stacking titik 8 Pile Cap as-5	282
Gambar 4.366	Grafik metode stacking titik 10 Pile Cap as-5	283
Gambar 4.367	Grafik metode stacking titik 11 Pile Cap as-5	284
Gambar 4.368	Grafik metode stacking titik 12 Pile Cap as-5	285
Gambar 4.369	Grafik metode stacking titik 13 Pile Cap as-5	286
Gambar 4.370	Grafik metode stacking titik 14 Pile Cap as-5	287
Gambar 4.371	Grafik metode stacking titik 15 Pile Cap as-5	288
Gambar 4.372	Grafik metode stacking titik 16 Pile Cap as-5	289
Gambar 4.373	Grafik metode stacking titik 17 Pile Cap as-5	290
Gambar 4.374	Grafik metode stacking titik 18 Pile Cap as-5	291
Gambar 4.375	Grafik metode stacking titik 19 Pile Cap as-5	292
Gambar 4.376	Grafik metode stacking titik 20 Pile Cap as-5	293
Gambar 4.377	Grafik metode stacking titik 21 Pile Cap as-5	294

Gambar 4.378	Posisi pengujian menggunakan alat PIT-W	301
Gambar 4.379	Kondisi salah satu ujung tiang pancang	301
Gambar 4.380	Kondisi pada tengah-tengah ujung tiang pancang	302
Gambar 4.381	Kondisi ujung tiang pancang yang lain.....	302
Gambar 4.382	Grafik metode average tiang perpustakaan UI.....	304
Gambar 4.383	Grafik metode stacking tiang perpustakaan UI.....	305
Gambar 4.384	Grafik low pass tiang perpustakaan UI.....	306
Gambar 4.385	Grafik polynominal tiang perpustakaan UI.....	306
Gambar 4.386	Grafik lower envelope tiang perpustakaan UI	307
Gambar 4.387	Grafik upper envelope tiang perpustakaan UI	307
Gambar 4.388	Grafik high pass tiang perpustakaan UI.....	308
Gambar 4.389	Grafik three points tiang perpustakaan UI	308
Gambar 4.390	Grafik zero line tiang perpustakaan UI	309
Gambar 4.391	Grafik uniform pile tiang perpustakaan UI	309
Gambar 4.392	Grafik metode average tiang perpustakaan UI.....	311
Gambar 4.393	Grafik metode stacking tiang perpustakaan UI.....	312

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Daftar penomoran tiang dan panjang tiang	28
Tabel 4.1	Analisa grafik metode average titik 1 Pile Cap as-4	34
Tabel 4.2	Analisa grafik metode average titik 2 Pile Cap as-4	34
Tabel 4.3	Analisa grafik metode average titik 3 Pile Cap as-4	35
Tabel 4.4	Analisa grafik metode average titik 4 Pile Cap as-4	36
Tabel 4.5	Analisa grafik metode average titik 5 Pile Cap as-4	37
Tabel 4.6	Analisa grafik metode average titik 6 Pile Cap as-4	38
Tabel 4.7	Analisa grafik metode average titik 7 Pile Cap as-4	39
Tabel 4.8	Analisa grafik metode average titik 8 Pile Cap as-4	40
Tabel 4.9	Analisa grafik metode average titik 9 Pile Cap as-4	41
Tabel 4.10	Analisa grafik metode average titik 10 Pile Cap as-4	42
Tabel 4.11	Analisa grafik metode average titik 11 Pile Cap as-4	43
Tabel 4.12	Analisa grafik metode average titik 12 Pile Cap as-4	44
Tabel 4.13	Analisa grafik metode average titik 1 Pile Cap as-5	45
Tabel 4.14	Analisa grafik metode average titik 2 Pile Cap as-5	46
Tabel 4.15	Analisa grafik metode average titik 3 Pile Cap as-5	47
Tabel 4.16	Analisa grafik metode average titik 4 Pile Cap as-5	48
Tabel 4.17	Analisa grafik metode average titik 5 Pile Cap as-5	49
Tabel 4.18	Analisa grafik metode average titik 6 Pile Cap as-5	50
Tabel 4.19	Analisa grafik metode average titik 7 Pile Cap as-5	51
Tabel 4.20	Analisa grafik metode average titik 8 Pile Cap as-5	52

Tabel	4.21	Analisa grafik metode average titik 10 Pile Cap as-5	53
Tabel	4.22	Analisa grafik metode average titik 11 Pile Cap as-5	54
Tabel	4.23	Analisa grafik metode average titik 12 Pile Cap as-5	55
Tabel	4.24	Analisa grafik metode average titik 13 Pile Cap as-5	56
Tabel	4.25	Analisa grafik metode average titik 14 Pile Cap as-5	57
Tabel	4.26	Analisa grafik metode average titik 15 Pile Cap as-5	58
Tabel	4.27	Analisa grafik metode average titik 16 Pile Cap as-5	59
Tabel	4.28	Analisa grafik metode average titik 17 Pile Cap as-5	60
Tabel	4.29	Analisa grafik metode average titik 18 Pile Cap as-5	61
Tabel	4.30	Analisa grafik metode average titik 19 Pile Cap as-5	62
Tabel	4.31	Analisa grafik metode average titik 20 Pile Cap as-5	63
Tabel	4.32	Analisa grafik metode average titik 21 Pile Cap as-5	64
Tabel	4.33	Tabel hasil pengujian tebal pile cap dengan metode average pada pile cap as-4 dan pile cap as-5.....	64
Tabel	4.34	Analisa grafik metode stacking titik 1 Pile Cap as-4	67
Tabel	4.35	Analisa grafik metode stacking titik 2 Pile Cap as-4	68
Tabel	4.36	Analisa grafik metode stacking titik 3 Pile Cap as-4	69
Tabel	4.37	Analisa grafik metode stacking titik 4 Pile Cap as-4	70
Tabel	4.38	Analisa grafik metode stacking titik 5 Pile Cap as-4	71
Tabel	4.39	Analisa grafik metode stacking titik 6 Pile Cap as-4	72
Tabel	4.40	Analisa grafik metode stacking titik 7 Pile Cap as-4	73
Tabel	4.41	Analisa grafik metode stacking titik 8 Pile Cap as-4	74
Tabel	4.42	Analisa grafik metode stacking titik 9 Pile Cap as-4	75

Tabel	4.43	Analisa grafik metode stacking titik 10 Pile Cap as-4.....	76
Tabel	4.44	Analisa grafik metode stacking titik 11 Pile Cap as-4.....	77
Tabel	4.45	Analisa grafik metode stacking titik 12 Pile Cap as-4.....	78
Tabel	4.46	Analisa grafik metode stacking titik 1 Pile Cap as-5.....	79
Tabel	4.47	Analisa grafik metode stacking titik 2 Pile Cap as-5.....	80
Tabel	4.48	Analisa grafik metode stacking titik 3 Pile Cap as-5.....	81
Tabel	4.49	Analisa grafik metode stacking titik 4 Pile Cap as-5.....	82
Tabel	4.50	Analisa grafik metode stacking titik 5 Pile Cap as-5.....	83
Tabel	4.51	Analisa grafik metode stacking titik 6 Pile Cap as-5.....	84
Tabel	4.52	Analisa grafik metode stacking titik 7 Pile Cap as-5.....	85
Tabel	4.53	Analisa grafik metode stacking titik 8 Pile Cap as-5.....	86
Tabel	4.54	Analisa grafik metode stacking titik 10 Pile Cap as-5.....	87
Tabel	4.55	Analisa grafik metode stacking titik 11 Pile Cap as-5.....	88
Tabel	4.56	Analisa grafik metode stacking titik 12 Pile Cap as-5.....	89
Tabel	4.57	Analisa grafik metode stacking titik 13 Pile Cap as-5.....	90
Tabel	4.58	Analisa grafik metode stacking titik 14 Pile Cap as-5.....	91
Tabel	4.59	Analisa grafik metode stacking titik 15 Pile Cap as-5.....	92
Tabel	4.60	Analisa grafik metode stacking titik 16 Pile Cap as-5.....	93
Tabel	4.61	Analisa grafik metode stacking titik 17 Pile Cap as-5.....	94
Tabel	4.62	Analisa grafik metode stacking titik 18 Pile Cap as-5.....	95
Tabel	4.63	Analisa grafik metode stacking titik 19 Pile Cap as-5.....	96
Tabel	4.64	Analisa grafik metode stacking titik 20 Pile Cap as-5.....	97
Tabel	4.65	Analisa grafik metode stacking titik 21 Pile Cap as-5.....	98

Tabel 4.66	Tabel hasil pengujian tebal pile cap dengan metode stacking pada pile cap as-4 dan pile cap as-5.....	99
Tabel 4.67	Tabel hasil pengujian tebal pile cap dengan metode analisa profil pada pile cap as-4	226
Tabel 4.68	Tabel hasil pengujian tebal pile cap dengan metode analisa profil pada pile cap as-5	226
Tabel 4.69	Analisa grafik metode average titik 1 Pile Cap as-4	229
Tabel 4.70	Analisa grafik metode average titik 2 Pile Cap as-4	230
Tabel 4.71	Analisa grafik metode average titik 3 Pile Cap as-4	231
Tabel 4.72	Analisa grafik metode average titik 4 Pile Cap as-4	232
Tabel 4.73	Analisa grafik metode average titik 5 Pile Cap as-4	233
Tabel 4.74	Analisa grafik metode average titik 6 Pile Cap as-4	234
Tabel 4.75	Analisa grafik metode average titik 7 Pile Cap as-4	235
Tabel 4.76	Analisa grafik metode average titik 8 Pile Cap as-4	236
Tabel 4.77	Analisa grafik metode average titik 9 Pile Cap as-4	237
Tabel 4.78	Analisa grafik metode average titik 10 Pile Cap as-4	238
Tabel 4.79	Analisa grafik metode average titik 11 Pile Cap as-4	239
Tabel 4.80	Analisa grafik metode average titik 12 Pile Cap as-4	240
Tabel 4.81	Analisa grafik metode average titik 1 Pile Cap as-5	241
Tabel 4.82	Analisa grafik metode average titik 2 Pile Cap as-5	242
Tabel 4.83	Analisa grafik metode average titik 3 Pile Cap as-5	243
Tabel 4.84	Analisa grafik metode average titik 4 Pile Cap as-5	244
Tabel 4.85	Analisa grafik metode average titik 5 Pile Cap as-5	245

Tabel	4.86	Analisa grafik metode average titik 6 Pile Cap as-5	246
Tabel	4.87	Analisa grafik metode average titik 7 Pile Cap as-5	247
Tabel	4.88	Analisa grafik metode average titik 8 Pile Cap as-5	248
Tabel	4.89	Analisa grafik metode average titik 10 Pile Cap as-5	249
Tabel	4.90	Analisa grafik metode average titik 11 Pile Cap as-5	250
Tabel	4.91	Analisa grafik metode average titik 12 Pile Cap as-5	251
Tabel	4.92	Analisa grafik metode average titik 13 Pile Cap as-5	252
Tabel	4.93	Analisa grafik metode average titik 14 Pile Cap as-5	253
Tabel	4.94	Analisa grafik metode average titik 15 Pile Cap as-5	254
Tabel	4.95	Analisa grafik metode average titik 16 Pile Cap as-5	255
Tabel	4.96	Analisa grafik metode average titik 17 Pile Cap as-5	256
Tabel	4.97	Analisa grafik metode average titik 18 Pile Cap as-5	257
Tabel	4.98	Analisa grafik metode average titik 19 Pile Cap as-5	258
Tabel	4.99	Analisa grafik metode average titik 20 Pile Cap as-5	259
Tabel	4.100	Analisa grafik metode average titik 21 Pile Cap as-5	260
Tabel	4.101	Tabel hasil pengujian tebal pile cap dengan metode average pada pile cap as-4 dan pile cap as-5.....	99
Tabel	4.102	Analisa grafik metode stacking titik 1 Pile Cap as-4	261
Tabel	4.103	Analisa grafik metode stacking titik 2 Pile Cap as-4	262
Tabel	4.104	Analisa grafik metode stacking titik 3 Pile Cap as-4	263
Tabel	4.105	Analisa grafik metode stacking titik 4 Pile Cap as-4	264
Tabel	4.106	Analisa grafik metode stacking titik 5 Pile Cap as-4	265
Tabel	4.107	Analisa grafik metode stacking titik 6 Pile Cap as-4	266

Tabel	4.108	Analisa grafik metode stacking titik 7 Pile Cap as-4.....	267
Tabel	4.109	Analisa grafik metode stacking titik 8 Pile Cap as-4.....	268
Tabel	4.110	Analisa grafik metode stacking titik 9 Pile Cap as-4.....	269
Tabel	4.111	Analisa grafik metode stacking titik 10 Pile Cap as-4.....	270
Tabel	4.112	Analisa grafik metode stacking titik 11 Pile Cap as-4.....	271
Tabel	4.113	Analisa grafik metode stacking titik 12 Pile Cap as-4.....	272
Tabel	4.114	Analisa grafik metode stacking titik 1 Pile Cap as-5.....	275
Tabel	4.115	Analisa grafik metode stacking titik 2 Pile Cap as-5.....	276
Tabel	4.116	Analisa grafik metode stacking titik 3 Pile Cap as-5.....	277
Tabel	4.117	Analisa grafik metode stacking titik 4 Pile Cap as-5.....	278
Tabel	4.118	Analisa grafik metode stacking titik 5 Pile Cap as-5.....	279
Tabel	4.119	Analisa grafik metode stacking titik 6 Pile Cap as-5.....	280
Tabel	4.120	Analisa grafik metode stacking titik 7 Pile Cap as-5.....	281
Tabel	4.121	Analisa grafik metode stacking titik 8 Pile Cap as-5.....	282
Tabel	4.122	Analisa grafik metode stacking titik 10 Pile Cap as-5.....	283
Tabel	4.123	Analisa grafik metode stacking titik 11 Pile Cap as-5.....	284
Tabel	4.124	Analisa grafik metode stacking titik 12 Pile Cap as-5.....	285
Tabel	4.125	Analisa grafik metode stacking titik 13 Pile Cap as-5.....	286
Tabel	4.126	Analisa grafik metode stacking titik 14 Pile Cap as-5.....	287
Tabel	4.127	Analisa grafik metode stacking titik 15 Pile Cap as-5.....	288
Tabel	4.128	Analisa grafik metode stacking titik 16 Pile Cap as-5.....	289
Tabel	4.129	Analisa grafik metode stacking titik 17 Pile Cap as-5.....	290
Tabel	4.130	Analisa grafik metode stacking titik 18 Pile Cap as-5.....	291

Tabel 4.131	Analisa grafik metode stacking titik 19 Pile Cap as-5	292
Tabel 4.132	Analisa grafik metode stacking titik 20 Pile Cap as-5	293
Tabel 4.133	Analisa grafik metode stacking titik 21 Pile Cap as-5	294
Tabel 4.134	Tabel hasil pengujian tebal pile cap dengan metode stacking pada pile cap as-4 dan pile cap as-5.....	99
Tabel 4.135	Rangkuman hasil metode time domain dan frequency domain pada pile cap as-4 dan pile cap as-5.....	99
Tabel 4.136	Analisa grafik metode average tiang perpustakaan UI	304
Tabel 4.137	Analisa grafik metode stacking tiang perpustakaan UI.....	305
Tabel 4.138	Analisa grafik metode average tiang perpustakaan UI	311
Tabel 4.139	Analisa grafik metode stacking tiang perpustakaan UI.....	312

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 4.378	Posisi pengujian menggunakan alat PIT-W	301
Gambar 4.379	Kondisi salah satu ujung tiang pancang	301
Gambar 4.380	Kondisi pada tengah-tengah ujung tiang pancang	302
Gambar 4.381	Kondisi ujung tiang pancang yang lain	302
Gambar 4.382	Grafik metode average tiang perpustakaan UI	304
Gambar 4.383	Grafik metode stacking tiang perpustakaan UI	305
Gambar 4.384	Grafik low pass tiang perpustakaan UI	306
Gambar 4.385	Grafik polynominal tiang perpustakaan UI	306
Gambar 4.386	Grafik lower envelope tiang perpustakaan UI	307
Gambar 4.387	Grafik upper envelope tiang perpustakaan UI	307
Gambar 4.388	Grafik high pass tiang perpustakaan UI	308
Gambar 4.389	Grafik three points tiang perpustakaan UI	308
Gambar 4.390	Grafik zero line tiang perpustakaan UI	309
Gambar 4.391	Grafik uniform pile tiang perpustakaan UI	309
Gambar 4.392	Grafik metode average tiang perpustakaan UI	311
Gambar 4.393	Grafik metode stacking tiang perpustakaan UI	312
Tabel 4.136	Analisa grafik metode average tiang perpustakaan UI	304
Tabel 4.137	Analisa grafik metode stacking tiang perpustakaan UI	305
Tabel 4.138	Analisa grafik metode average tiang perpustakaan UI	311
Tabel 4.139	Analisa grafik metode stacking tiang perpustakaan UI	312

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Setiap bangunan sipil, seperti gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan, menara, dam atau tanggul, dan sebagainya harus mempunyai pondasi yang dapat mendukungnya. Pondasi adalah suatu bagian konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure*) ke lapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya.

Pada zaman sekarang ini banyak bangunan-bangunan yang telah berdiri kokoh tidak memiliki dokumen-dokumen tentang bangunan tersebut, seperti tidak lengkapnya gambar design atau gambar *as-built* yang menyediakan informasi seperti : tipe, kedalaman, geometry, atau material pondasi tersebut. Apabila di kemudian hari fungsi bangunan tersebut berubah atau beban yang diterima bangunan tersebut bertambah, maka hal ini akan menyulitkan bila diadakan pekerjaan renovasi atau pekerjaan penambahan kekuatan pada bangunan tersebut, khususnya pada struktur pondasi. Terdapat 2 hal yang menjadi masalah umum pada struktur pondasi bangunan :

1. Tipe pondasi dan kedalaman yang tidak diketahui
2. Tipe pondasi diketahui tetapi kedalaman tidak diketahui

Dari deskripsi di atas, maka penulis akan mencoba mencari tahu kedalaman pondasi suatu tiang tunggal dengan menganalisa kondisi pondasi tiang

dengan pile cap dengan cara *Non-Destructive Evaluation* (NDE) menggunakan alat *Pile Integrity Tester* (PIT).

1.2 MAKSUD DAN TUJUAN PENULISAN

Maksud dari penyusunan skripsi ini ialah untuk menganalisa perilaku gelombang yang terjadi pada pondasi tiang dengan pile cap sehingga dapat memperkirakan panjang tiang tunggal tersebut.

Adapun tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah melakukan serangkaian test laboratorium dengan menggunakan alat *Pile Integrity Tester* (PIT) untuk mengetahui hal-hal sebagai berikut :

1. Mengetahui proses pengujian *Non-Destructive Evaluation* (NDE) menggunakan alat *Pile Integrity Tester* (PIT).
2. Melakukan proses pengolahan data yang dilakukan *Pile Integrity Tester* (PIT) terhadap data dari akselerometer.
3. Mengetahui prinsip interpretasi *Pile Integrity Tester* (PIT) dalam memprediksi kondisi tiang maupun lokasi kerusakan tiang tersebut.
4. Mengetahui prinsip interpretasi *Pile Integrity Tester* (PIT) dalam memprediksi tebal pile cap tersebut.
5. Mempelajari karakteristik gelombang yang dihasilkan oleh alat *Pile Integrity Tester* (PIT) untuk bermacam-macam panjang tiang.

1.3 RUANG LINGKUP PENULISAN

Pada pembahasan skripsi kami hanya membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Pengetesan dengan alat *Pile Integrity Tester* (PIT) pada struktur pondasi tiang dengan pile cap.
2. Analisa menggunakan alat *Pile Integrity Tester* (PIT) dimana posisi pengetesan pada pile cap, dan posisi alat tersebut berada pas diatas tiang.
3. Analisa menggunakan alat *Pile Integrity Tester* (PIT) dimana posisi pengetesan pada pile cap, dan posisi alat tersebut tidak berada pas diatas tiang.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini sistematika penulisannya sebagai berikut :

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisikan dasar teori yang mendukung bagaimana cara memprediksi kondisi tiang tunggal pada suatu konstruksi pondasi tiang dengan pile cap dengan cara *Non-Destructive Evaluation* (NDE) menggunakan alat *Pile Integrity Tester* (PIT).

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan rangkaian kegiatan penelitian dengan menggunakan *Pile Integrity Tester* (PIT).

BAB IV ANALISA HASIL PERCOBAAN

Bab ini membahas analisa hasil percobaan meliputi analisa terhadap karakteristik data, analisa terhadap hasil bacaan dengan menggunakan alat *Pile Integrity Tester* (PIT).

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 GELOMBANG

Gelombang merupakan getaran yang merambat melalui medium dengan frekuensi dan amplitudo yang tetap.

Berdasarkan sifat fisiknya, gelombang dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan arah getar, gelombang dikelompokkan menjadi :
 - a) Gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus terhadap arah perambatannya, misalnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, dan cahaya.
 - b) Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah perambatannya, misalnya gelombang bunyi.
2. Berdasarkan amplitudo, gelombang dikelompokkan menjadi :
 - a) Gelombang berjalan, yaitu gelombang yang amplitudonya tetap di setiap titik yang dilalui gelombang, misalnya gelombang yang merambat pada tali yang sangat panjang.
 - b) Gelombang stasioner (diam), yaitu gelombang yang amplitudonya berubah-ubah ; misalnya gelombang pada senar gitar.
3. Berdasarkan medium perambatan, gelombang dikelompokkan menjadi :
 - a) Gelombang mekanik, yaitu gelombang yang memerlukan medium perambatan; misalnya bunyi dapat sampai di telinga kita karena ada udara sebagai medium (zat perantara).

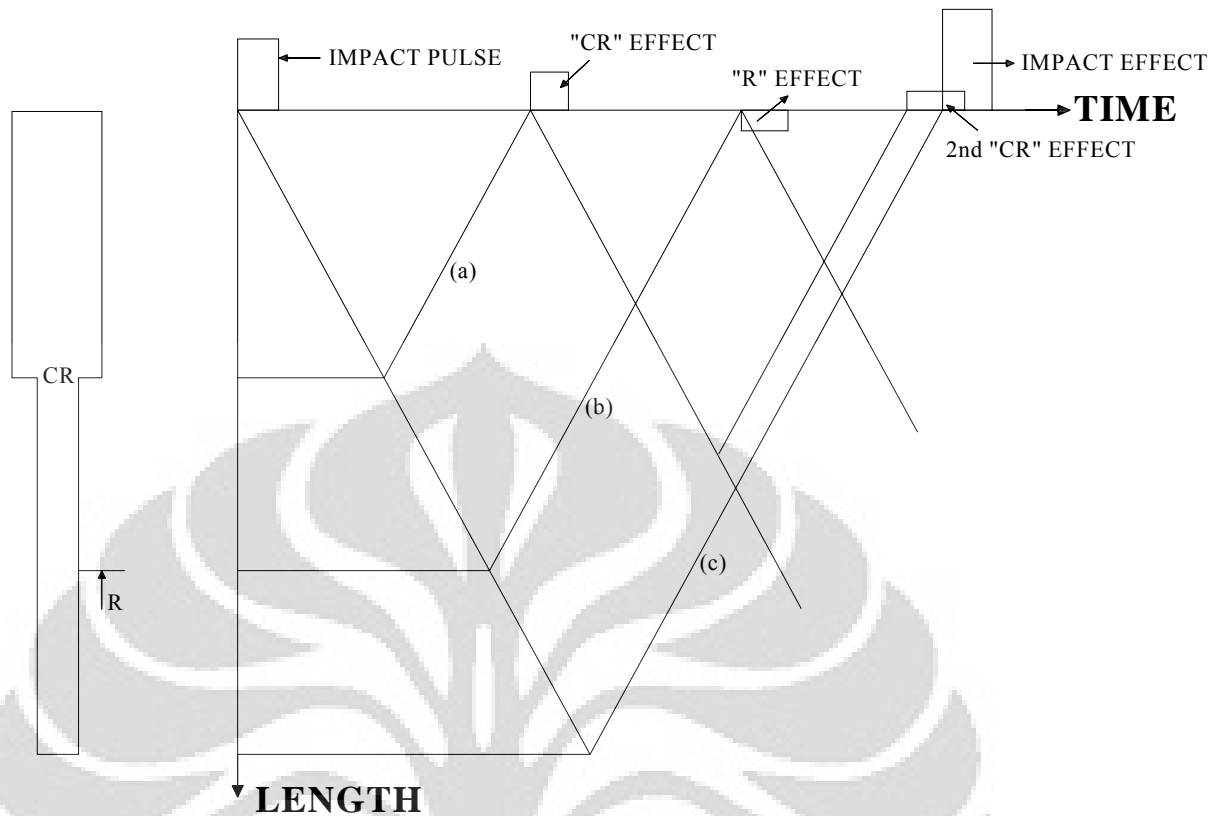
- b) Gelombang elektromagnetik, yaitu gelombang yang tidak memerlukan medium perambatan; misalnya cahaya matahari dapat sampai ke bumi walaupun antara matahari dan bumi ada ruang hampa (tanpa medium).

Apabila suatu tiang tunggal diberi tumbukan (*impact*) di salah satu ujungnya, misalnya dipukul dengan palu, maka gangguan tersebut akan merambat sepanjang tiang. Gelombang yang disebabkan oleh tumbukan (*impact*) yang dipukulkan secara vertikal pada permukaan pondasi pada umumnya adalah *P-wave* (*Primary Wave*) dimana gelombang ini merupakan gelombang longitudinal mekanik.

2.2 PERAMBATAN GELOMBANG PADA TIANG

Suatu tiang beton, baik *precast* dan tiang pancang ataupun tiang bor dan *cast in situ*, yang dipukul dengan menggunakan suatu *hammer* atau palu, akan menghasilkan suatu gelombang tegangan (*stress wave*) yang merambat di sepanjang tiang dengan kecepatan tetap menuju bagian bawah tiang yang kemudian dipantulkan kembali ke atas tiang. Ketika pemantulan gelombang tegangan (*stress wave*) kembali ke bagian atas tiang, terjadi suatu pengukuran terhadap gerakan diatas tiang tersebut.

Hasil dari tiap pengukuran tersebut berupa suatu kurva kecepatan atau percepatan yang diinterpretasikan sebagai suatu fungsi waktu. Kurva ini dianalisa untuk setiap pemantulan gelombang yang menandai terjadinya suatu perubahan kondisi pada bagian tiang dan untuk mengetahui kondisi eksisting dari tiang tersebut. Selain itu, pemantulan gelombang tersebut juga dapat disebabkan oleh efek dari tahanan tanah atau karena sifat tanah yang berubah.



Gambar 2.1. Tegangan dan pemantulan gelombang pada : (a) reduksi penampang tiang (CR) , (b) tahanan tanah pasif (R) dan (c) tegangan pada ujung bawah tiang

Gambar 2.1 (a) memperlihatkan perjalanan gelombang dimana penampangnya mengalami reduksi penampang “CR” akibat tumbukan dari palu. (b) memperlihatkan gelombang yang dihasilkan oleh tahanan tanah “R”. Dan (c) memperlihatkan efek tegangan yang dihasilkan oleh penampang yang telah tereduksi.

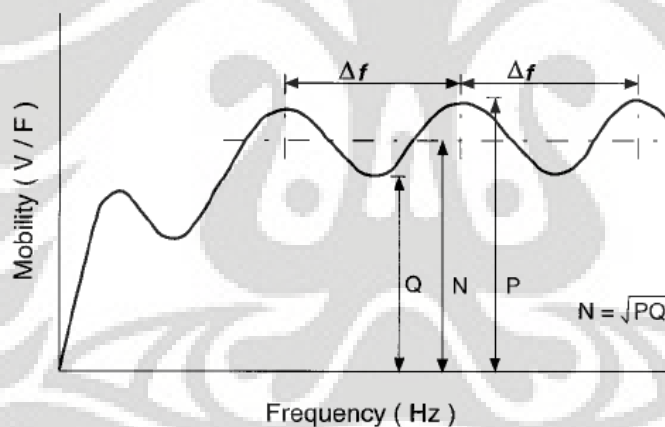
Pada pondasi tiang, besarnya waktu rambat gelombang tergantung juga pada karakteristik redaman dan penyebaran gelombang, dimana dapat dilihat dari kondisi pada ujung pondasi. Kondisi pada ujung pondasi ditentukan dari dua jenis, yaitu sebagai berikut :

- a) Kondisi dimana pada ujung pondasi dalam keadaan bebas atau dalam keadaan *void*.

- b) Kondisi dimana pada ujung pondasi dalam keadaan terjepit atau terdapat tanah keras (*bed rock*).

Untuk mengevaluasi kedua kondisi dari ujung pondasi tersebut maka terdapat perbedaan fase gelombang yang dihasilkan oleh *reflected wave* dan *incident wave*. Variasi pada fase dan besarnya gelombang terhadap waktu (*time domain*) ditentukan oleh perubahan waktu menjadi frekuensi (*frequency domain*) yang menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT).

Pada analisa *time domain*, kecepatan akibat pukulan *hammer* pada kepala tiang diplot terhadap waktu. Sedangkan analisa *frequency domain* dibentuk dengan melakukan perubahan gelombang pada *time domain* dengan analisa *Fast Fourier Transform* (FFT) menjadi spektrum frekuensi.



Gambar 2.2. Mobility vs Frequency

Gambar diatas memperlihatkan kurva mobility terhadap frekuensi yang ideal. Analisa seperti panjang tiang dan impedansi tiang dapat diperoleh pada gambar ini. Teori elastisitas mengindikasikan bahwa pondasi dalam berbentuk prisma atau segiempat seharusnya menghasilkan jarak frekuensi yang konstan pada puncak-puncak resonansinya. Frekuensi ini merupakan fungsi dari panjang tiang dan kecepatan rambat gelombang dimana panjang gelombang lebih besar

dari diameter tiang. Dengan mengukur perubahan frekuensi (Δf) pada puncak resonansinya, maka panjang dari atas pile cap ke sumber pemantulan (L), dapat ditentukan dengan rumus :

$$L = \frac{v_c}{2\Delta f} \quad (2.1)$$

dimana v_c merupakan kecepatan rambat gelombang pada beton, dapat juga dinyatakan dengan $v_c = \sqrt{\frac{E}{\rho_c}}$, dimana E = modulus Young dan ρ_c = berat jenis beton. Nilai v_c berkisar antara 3500 – 4500 m/s.

Mobility, N adalah kebalikan dari impedansi pada tiang (*Davis and Robertson 1975; Stain 1982*).

$$N = \frac{1}{\rho_c v_c A} \quad (2.2)$$

dimana A merupakan luas bidang permukaan tiang. Atau dapat juga dengan cara mengambil nilai geometris tengah antara puncak maksimum (P) dan puncak minimum (Q) dari puncak resonansi yang terjadi pada kurva *mobility* atau dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$N_c = \sqrt{PQ} \quad (2.3)$$

Jika nilai aktual ($N_c = \sqrt{PQ}$) lebih besar dari nilai teoritis $\left(N = \frac{1}{\rho_c v_c A} \right)$

maka dapat dikatakan bahwa terjadi perubahan bentuk pada tiang, mungkin karena pengecilan pada tiang (*necking*) atau karena mutu beton yang kurang baik (ρ_c atau v_c rendah).

Resolusi respon sinyal akibat adanya tumbukan (*impact*) dapat didefinisikan berdasarkan perbandingan antara P dan Q . Bila rasio P/Q

mendekati 1, maka tidak ada frekuensi resonansi yang dapat diidentifikasi. Resolusi sinyal yang tinggi ($P/Q > 1$) membuat puncak-puncak resonansi lebih mudah untuk dianalisa dan memudahkan untuk menginterpretasikan panjang tiang dan lokasi kelainan yang terjadi pada tiang.

2.2 ALAT UJI PEMBEBANAN DINAMIK

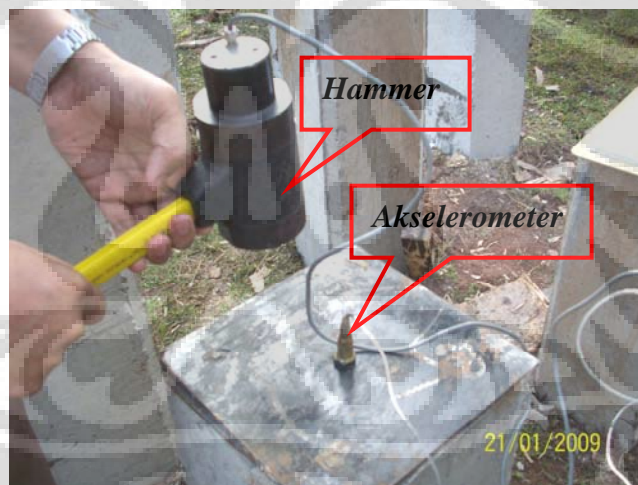
Masalah integritas pada tiang merupakan masalah yang rumit, karena keberadaan tiang dalam tanah yang tidak dapat dilihat dengan mata. Cara yang banyak dipakai menguji integritas tiang saat ini adalah dengan menggunakan alat *Pile Integrity Test*. Metode ini merupakan cara pemantulan gelombang yang merambat dari atas pondasi tiang yang kemudian dilanjutkan dengan menganalisa frekuensi pada gelombang sehingga dapat mengidentifikasi perubahan geometri dari pondasi tersebut.

Dalam melakukan uji ini, gelombang yang memiliki frekuensi rendah diberikan pada permukaan atas pondasi dengan cara memukulkan sebuah *hammer*. Gelombang yang merambat pada pondasi tersebut, akan memantul akibat perubahan geometri pondasi yang disebabkan kerusakan, kelainan pada struktur, dan lain-lain. Jika gelombang yang merambat pada kerusakan geometri dari struktur pondasi tersebut, memiliki ukuran yang lebih besar atau sama dengan panjang gelombangnya, gelombang tersebut dapat mencatat perubahan geometri yang terjadi hingga ke dasar pondasi. Oleh karena itu, pemantulan gelombang yang tercatat tersebut adalah akibat dari kerusakan atau kelainan yang terjadi pada struktur pondasi tersebut.

Pile Integrity Test tidak memerlukan pekerjaan pendahuluan apapun pada tiang yang akan ditest sehingga dapat langsung dilakukan pada setiap tiang pondasi yang sudah tertanam di dalam tanah dengan menempelkan akselerometer pada permukaan atas kepala tiang. Komponen-komponen alat pada *Pile Integrity Test* terdiri atas :

2.2.1 Akselerometer

Akselerometer adalah alat untuk mengukur percepatan gaya. Percepatan gaya ini bisa statis, seperti gaya konstan dari gravitasi, atau bisa juga dinamis yaitu yang disebabkan oleh gerakan atau getaran dari akselerometer tersebut. Fungsi dari akselerometer ini adalah untuk menganalisis gerakan atau percepatan dari suatu struktur yang akan diuji.



Gambar 2.3. Komponen akselerometer dan hammer pada alat PIT

2.2.2 Hammer

Hammer adalah palu kecil yang digunakan untuk memberikan *impact* (tumbukan) pada permukaan atas tiang sehingga menghasilkan suatu gelombang pendek dengan tingkat tegangan yang rendah. *Hammer* ini ada dua tipe, yaitu :

- a) *Non-instrumented Hammer* yang digunakan dalam metode *Pulse Echo Method* (PEM) dimana palu tidak dihubungkan ke *processing unit*.
- b) *Instrumented Hammer* yang digunakan dalam metode *Transient Response Method* (TRM) dimana palu dihubungkan ke *processing unit* dengan menggunakan kabel untuk membaca data impuls gaya (F/Z). *Instrumented hammer* ini disebut juga *acceleration hammer*, karena berfungsi sama seperti *accelerometer* untuk merekam data-data akselerasi.

2.2.3 *Pile Integrity Tester*

Pile Integrity Tester adalah alat untuk menganalisa tiang pancang dengan menggunakan tegangan kecil pada permukaan yang dihasilkan dari metode pukulan atau tumbukan (*impact*). Alat ini mudah dioperasikan secara manual dan dengan *software* PIT kita dapat memperoleh data secara langsung. Dalam pengoperasian alat ini, kita harus memahami data yang berhubungan dengan teori perambatan gelombang dan bagaimana sifat dari gelombang tersebut dalam melakukan perambatannya, agar data yang dihasilkan di lapangan dapat dianalisa secara tepat sesuai dengan kondisi lapangan yang sebenarnya.

Proses yang terjadi pada alat ini adalah gaya yang kecil (*impact*) diberikan pada permukaan atas benda uji, biasanya digunakan palu tangan (*hand-held hammer*) yang khusus, lalu terbentuk gelombang dari tempat *impact* menyebar ke bawah dari benda uji. Refleksi yang dihasilkan dipengaruhi dari bentuk dan kualitas dari material yang digunakan, dimana hal ini diamati berdasarkan saat gelombang tersebut telah kembali ke permukaan. Getaran pada permukaan terekam hingga semua refleksi utama dapat kembali ke permukaan. Bagian terdalam yang memberi refleksi adalah bagian ujung bawah dari benda uji.

Sementara pada palu, terdapat juga akselerometer yang berfungsi untuk merekam besarnya gaya (*impact*) yang dihasilkan.

2.3 METODE ANALISIS PIT

Data-data yang dihasilkan oleh P.I.T dapat diinterpretasikan berdasarkan beberapa metode analisis, yaitu :

2.3.1 *Pulse Echo Method* (PEM)

Adalah metode dimana data-data kecepatan pada kepala tiang menghasilkan kurva kecepatan dalam fungsi waktu (*time domain*). Ketika permukaan kepala tiang diberi sebuah tumbukan (*impact*) dari palu, maka akan timbul tegangan berupa gelombang (*stress wave*) yang merambat di sepanjang tiang sebesar p , dengan kecepatan tertentu. Kecepatan rambat gelombang tersebut dapat bervariasi berdasarkan perubahan yang terjadi pada bentuk tiang, mutu beton yang berbeda-beda, perubahan pada tahanan tanah (*soil resistance*), dan perubahan pada impedansi tiang. Impedansi tiang adalah perbandingan antara gaya (*force*) dengan kecepatan (*velocity*) atau tegangan gelombang p dibagi kecepatan gelombang v dan luas penampang A .

$$Z = \frac{F}{v} = \frac{p}{v \cdot A} \quad (2.4)$$

dimana :

Z = impedansi tiang (kg/s)

p = tegangan gelombang (N/m² atau Pa)

v = kecepatan gelombang (m/s)

A = luas penampang tiang (m²)

Karakteristik impedansi Z_o dari media perantara seperti udara, air, tanah, beton, baja dan lain sebagainya, merupakan sifat dari material yang didefinisikan sebagai berikut :

$$Z_o = \rho.c \quad (2.5)$$

dimana :

Z_o = karakteristik impedansi (N.s/m³ atau Pa.s/m)

ρ = kepadatan (*density*) material

Hubungan antara impedansi dengan karakteristik impedansi, yaitu :

$$Z_o = \frac{Z}{A} \quad (2.6)$$

Sehingga persamaan (2.1) menjadi :

$$Z = \rho.c.A \quad (2.7)$$

Dari persamaan (2.4) dapat disimpulkan bahwa impedansi tiang dipengaruhi oleh luas penampang tiang dan kualitas material tiang tersebut.

2.3.2 *Transient Response Method (TRM)*

Adalah metode yang menggambarkan analisis sinyal berdasarkan frekuensinya (*frequency domain*) yang menghasilkan pergerakan atau *mobility*, yaitu kecepatan dibagi gaya. TRM menggunakan dua buah *input channel*, yaitu :

- a) Akselerometer yang dipasang pada permukaan atas tiang untuk mengukur percepatan atau akselerasi gerakan pada permukaan atas tiang.
- b) *Instrumented hammer* (palu yang dipasangi *transducer*) untuk mengukur gaya (*force*).

TRM menghasilkan suatu analisis frekuensi berdasarkan spektrum rasio gaya dan kecepatan. Perbandingan kecepatan tiang $v(\omega)$ terhadap suatu gaya

tertentu $F(\omega)$ disebut *mobility*. *Mobility* adalah kebalikan dari impedansi dan merupakan suatu indikasi dari respon kecepatan tiang terhadap suatu gaya tertentu.

$$M(\omega) = \frac{v(\omega)}{F(\omega)} \quad (2.8)$$

dimana :

M = *Mobility*

$v(\omega)$ = respon percepatan tiang

$F(\omega)$ = gaya (*Force*)

Perbandingan antara *velocity* dan frekuensi menghasilkan *displacement*.

Sedangkan perbandingan antara gaya (*force*) dan *displacement* pada frekuensi tertentu disebut kekakuan dinamis (*dynamic stiffness*), yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$E_d = \frac{\omega F(\omega)}{v(\omega)} = \frac{2\pi f}{M(\omega)} \quad (2.9)$$

dimana :

E_d = kekakuan dinamis tiang (*dynamic stiffness*)

ω = frekuensi dalam radians per second

f = frekuensi dalam Hz

F = gaya (*force*)

v = percepatan tiang (*velocity*)

Dalam prakteknya, frekuensi rendah dibagi dengan *mobility* menghasilkan E_d . Nilai E_d ini akan bertambah seiring dengan semakin menurunnya respon pada ujung bawah tiang. Respon ujung bawah tiang yang rendah akan menghasilkan

ketahanan tanah (*soil resistance*) yang tinggi, yang dapat disebabkan oleh variabel properti material tiang yang tinggi.

2.3.3 Kombinasi antara PEM dan TRM

Kombinasi dari kedua metode ini menghasilkan kecepatan dalam fungsi waktu dan frekuensi (*time domain and frequency domain*).

2.4 PILE CAP

Pile Cap didefinisikan sebagai suatu blok beton yang berada diatas kepala tiang, atau grup suatu tiang berguna untuk menyalurkan beban dari struktur ke tiang atau grup tiang tersebut. Secara umum, pile cap menyalurkan beban dari struktur ke tiang atau grup tiang, lalu beban tersebut ditransfer lagi ke lapisan tanah dibawahnya.

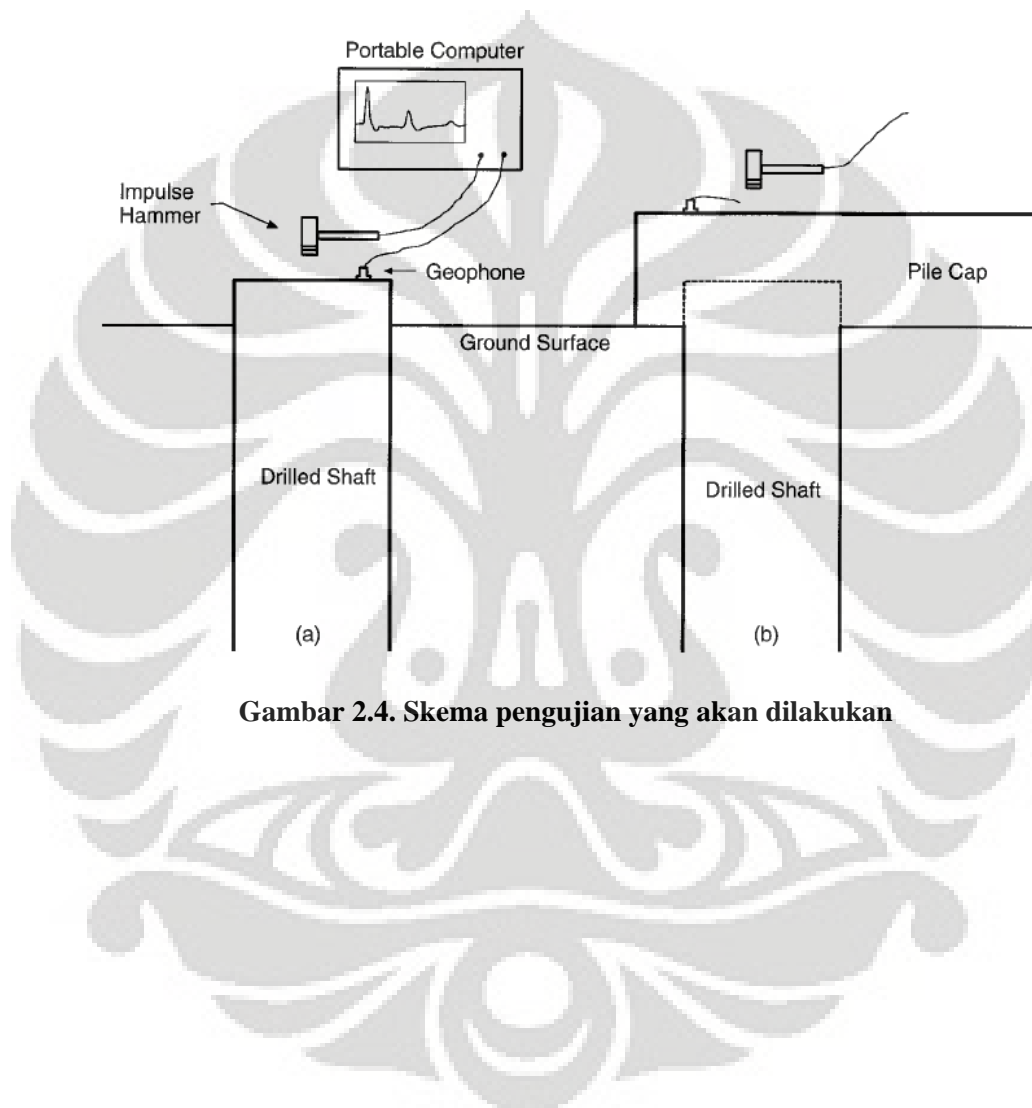
Fungsi dari pile cap adalah :

- a) Untuk mendistribusikan suatu beban tunggal yang nilainya sama dengan beban grup tiang tersebut.
- b) Untuk menstabilkan kekuatan tiang tunggal hingga meningkatkan stabilitas kekuatan keseluruhan suatu grup tiang.
- c) Untuk meningkatkan kekuatan pondasi tiang akibat kenaikan tegangan yang diakibatkan oleh beban bangunan atas (*upper structure*) maupun pergerakan tanah.

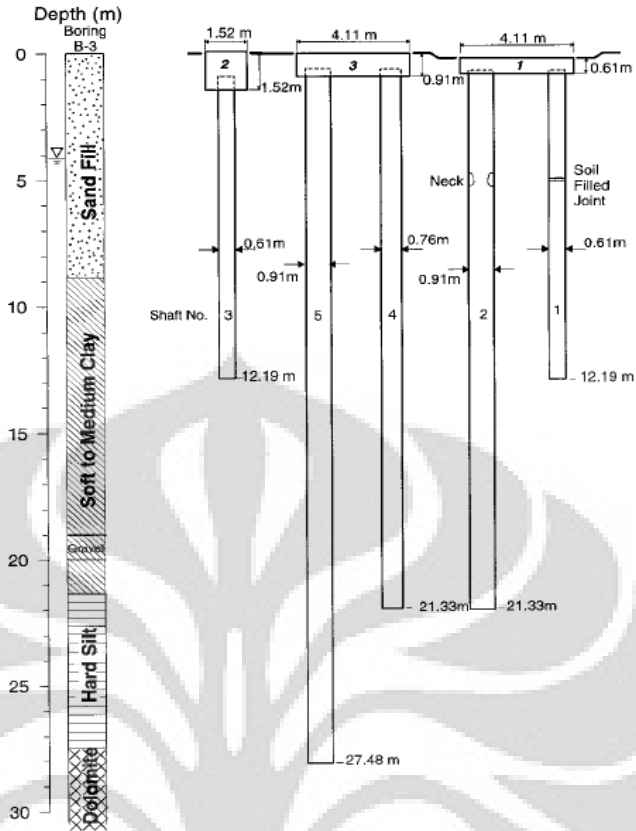
2.5 STUDI KASUS SEBELUMNYA

Sebuah konstruksi pondasi yang terdiri dari tiang tunggal dan pile cap dibuat di *National Geotechnical Experimentation Site (NGES)* di *University of*

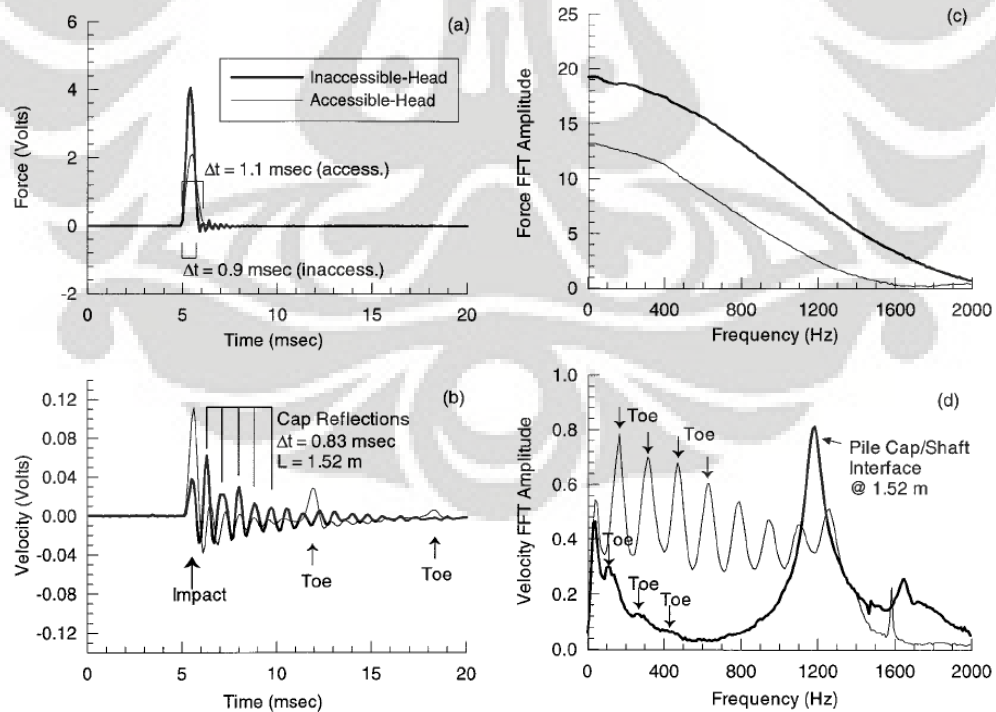
Northwestern untuk menguji teknik *Nondestructive Evaluation* (NDE). Percobaan ini dilakukan oleh Sarah.L.Gassman dan Richard J. Finno dimana mereka melakukan perbandingan antara tiang tunggal (*accessible-head*) dengan tiang tunggal dengan pile cap (*inaccessible-head*). Benda uji yang mereka gunakan terdapat 5 buah tiang tunggal dengan panjang yang berbeda-beda.



Gambar 2.4. Skema pengujian yang akan dilakukan

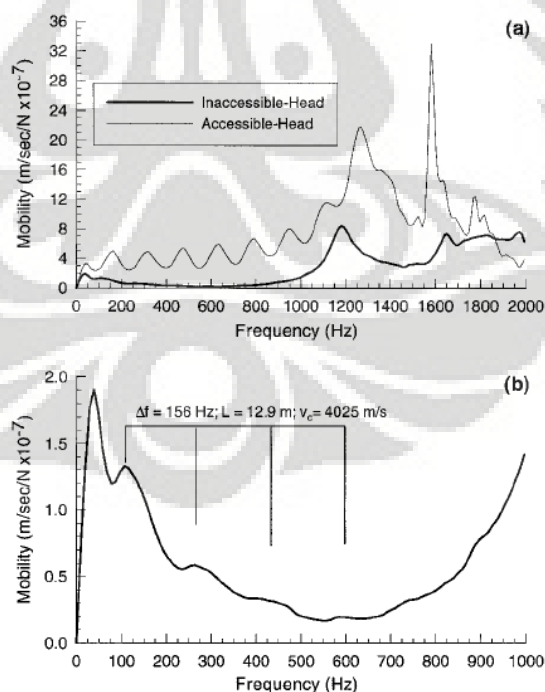


Gambar 2.5. Penampang melintang tiang yang telah tertanam dengan lapisan tanah



Gambar 2.6. Respon gaya dan kecepatan pada tiang dengan pile cap

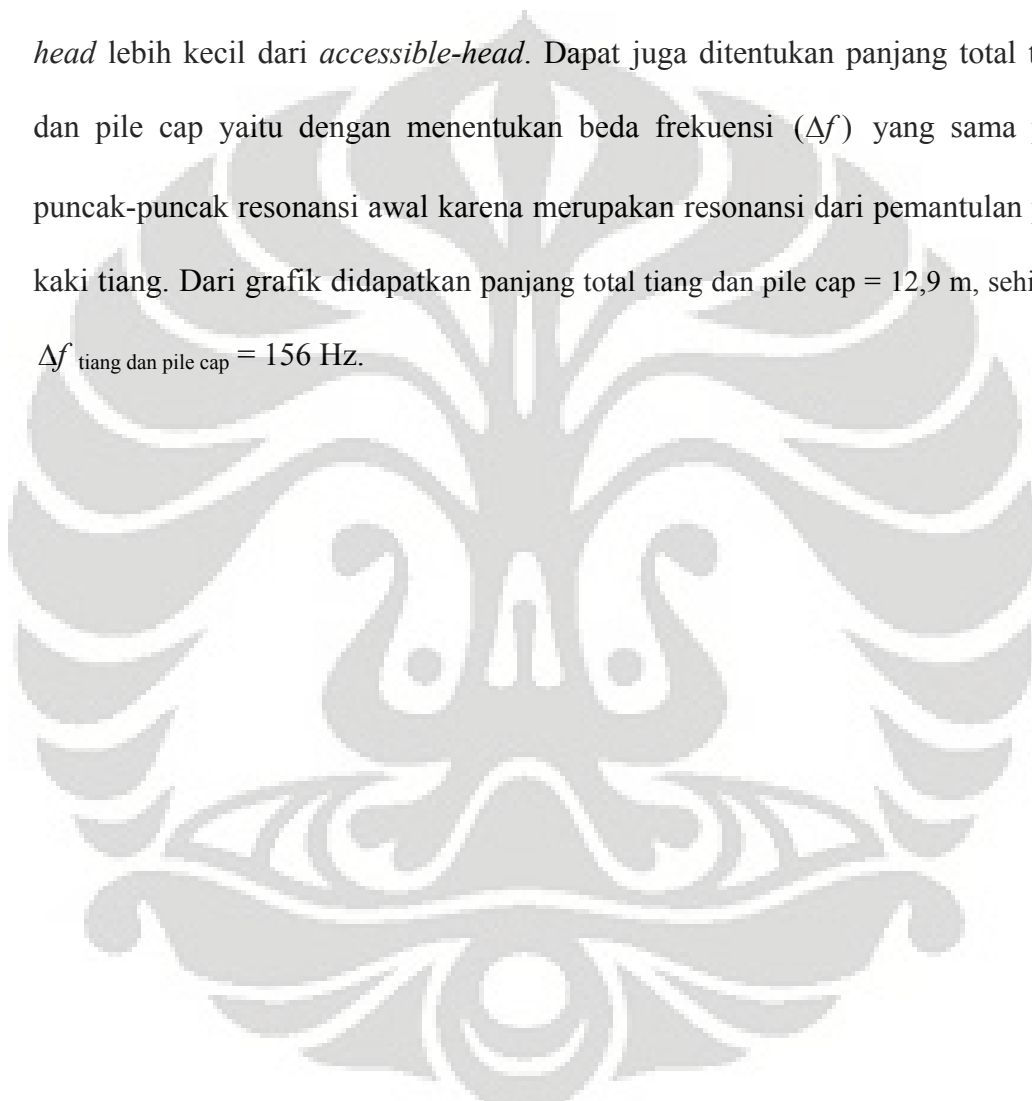
Gambar 2.6 memperlihatkan salah satu contoh hasil test yang pernah dilakukan pada tiang dengan pile cap (*inaccessible-head*). Kurva (a) memperlihatkan gaya yang terjadi pada *inaccessible-head* yang mempunyai jarak yang besar dan waktu kontak yang lebih pendek dibandingkan *accessible-head* (tiang tunggal). Kurva (b) mengindikasikan interpretasi dari sinyal kecepatan-waktu yang telah dilakukan dari pengujian *Sonic Echo* yang memberikan *impact* pada permukaan pile cap. Dari hasil grafik tersebut, didapatkan nilai Δt sebesar 0,83 ms dari analisa tinggi pile cap sebesar 1,52 m. Kurva (c) menunjukkan bahwa beban yang terjadi pada *inaccessible-head* mempunyai magnitude yang lebih besar dan waktu kontak yang lebih kecil dibandingkan pada *accessible head*. Kurva (d) menghasilkan interpretasi *frequency domain* yang telah ditransformasi dari *time domain* dengan menggunakan analisa *Fast Fourier Transform* (FFT).



Gambar 2.7. Mobility tiang dengan pile cap

Gambar 2.7 (a) memperlihatkan hasil mobility antara pengujian pada *accessible-head* dan *inaccessible-head* sampai frekuensi 2000 Hz. Kurva (b) mengindikasikan hasil pengujian pada *inaccessible-head* dengan jarak yang konstan pada puncak resonansi sampai frekuensi 1000 Hz.

Pada grafik mobilitas diatas, resonansi yang dihasilkan pada *inaccessible-head* lebih kecil dari *accessible-head*. Dapat juga ditentukan panjang total tiang dan pile cap yaitu dengan menentukan beda frekuensi (Δf) yang sama pada puncak-puncak resonansi awal karena merupakan resonansi dari pemantulan pada kaki tiang. Dari grafik didapatkan panjang total tiang dan pile cap = 12,9 m, sehingga $\Delta f_{\text{tiang dan pile cap}} = 156 \text{ Hz}$.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Material dan peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *P.I.T^m Collector*
2. Akselerometer
3. *Hammer* atau palu.

3.2 Prosedur pengambilan data melalui alat PIT

Prosedur pengumpulan data rekaman PIT adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan kepala tiang, pasang akselerometer pada tiang, dan hubungkan akselerometer (dan palu jika menggunakan dua input channel F dan A). Kemudian masuk ke *Main Menu Screen*.
2. Buat nama untuk proyek baru (klik *Project*).
3. Pilih mode yang digunakan (MODE). Ada empat opsi yang tersedia :
 - a) ACC : digunakan untuk melihat rekaman akselerasi kepala tiang.
 - b) VEL : digunakan untuk melihat rekaman kecepatan saja.
 - c) V+F : digunakan untuk melihat rekaman kecepatan dan juga rekaman gaya dari *instrumented hammer*.
 - d) V+V : jika terdapat dua buah akselerometer yang digunakan untuk mengambil rekaman kecepatan.
4. Tentukan satuan (UNIT).
5. Masukkan data informasi tiang yang akan diuji (gambar *hammer*).

6. Masuk ke Parameter Menu :

- a) AG : *Acc Gain* digunakan untuk memperkuat sinyal lemah. Jangkauan yang dapat diterima 1 sampai 128, direkomendasikan untuk memulainya dari 4. Angka yang muncul di setiap pukulan di sebelah kiri *work screen* mengindikasikan persentase dari skala penuh sinyal A to D. Sangat dianjurkan untuk membuat nilai ini berada antara 30 – 70, maka nilai AG akan naik atau turun menurut kekuatan pukulan.
- b) LE : *Pile Length*, panjang tiang digunakan untuk menghitung waktu perjalanan $\frac{2L}{v_c}$ dan menempatkan garis penanda waktu T_1 dan T_2 pada *analysis screen* dan *output*. Bila akan memasukkan panjang tiang yang baru, maka akan muncul pesan untuk memasukkan *magnificent delay* (panjang dimana perbesaran dimulai). Nilainya adalah 20 % dari panjang tiang.
- c) WS : *Wavespeed*, kecepatan gelombang longitudinal tiang digunakan untuk menghitung waktu perjalanan $\frac{2L}{v_c}$ dan jarak pantulan atau kerusakan yang diamati. Tipikal WS berkisar antara 10.500 hingga 14.500 *ft/sec* (3.200 hingga 4.420 *m/sec*). Jika panjang tiang dapat diketahui dengan baik, maka WS dapat diukur secara akurat dengan menggunakan garis waktu pada *analysis screen*. Jika LE tidak diketahui, WS harus diperkirakan antara 12.000 hingga 13.000 *ft/sec* (3.660 hingga 3.960 *m/sec*)

7. Jika data rekaman gaya juga ingin diambil (V+F), ada beberapa tambahan informasi yang harus dimasukkan pada Parameter Menu :

a) AC dan FC : *Acc Calibration* dan *Force Calibration* adalah berturut-turut nilai kalibrasi akselerometer dalam *g/volt* untuk *channel* A dan F. Sebenarnya yang diperlukan hanya memasukkan nilai FC jika data rekaman gaya juga diambil.

b) WT : *Hammer Weight* dipergunakan untuk menghitung gaya tumbukan; $F = ma$.

c) AR : *Pile Area*, luas kepala tiang nominal dipergunakan untuk menghitung skala F dan V .

d) FG : *Force Gain*, sama seperti AG tetapi untuk *hammer accelerometer*.

8. Masukkan jumlah pukulan, #BL dipergunakan untuk dirata-ratakan. Tekan OK untuk masuk ke *Work Screen*.

9. Pukul kepala tiang dengan menggunakan palu secara konsisten. Ketika jumlah pukulan yang didefinisikan #BL terpenuhi maka tulisan *COMPLETE* akan terlihat di layar. Cek kualitas data sebelum masuk ke *Analyze Sreen* :

a) Semua data rekaman seharusnya mirip dan konsisten dengan sebuah *impact peak* pada permulaannya.

b) Seperti telah disebutkan sebelumnya, skala angka A sampai D harus diantara 30 – 70. jika tidak maka AG harus disesuaikan.

- c) Jika beberapa pukulan berlangsung buruk, tekan *CLR* kemudian maka pukulan dimulai dari awal lagi.
- d) Untuk mengabaikan beberapa pukulan dari perhitungan rata-rata tekan tombol *Y/N* pada sebelah kiri *work screen*. Gunakan tombol \uparrow atau \downarrow untuk menentukan pukulan mana yang akan diabaikan.
- e) Setelah pengecekan selesai tekan *OK* untuk masuk ke *Analyze Screen*.

10. Pada *Analyze Screen* ada beberapa opsi yang bisa dilakukan.

Penjelasan opsi-opsi tersebut adalah sebagai berikut :

- a) *MA : Exponential Magnification*. Faktor pembesaran eksponensial digunakan untuk memperbesar sinyal pada ujung bawah tiang yaitu pada T_2 . Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa nilai *MA* sebaiknya diatur sekitar 1 sampai 30 sehingga amplitudo pantulan pada ujung bawah tiang kira-kira berada antara pertengahan sampai amplitudo penuh.
- b) *WS : Wavespeed*, kecepatan gelombang yang telah didefinisikan pada main menu. Jika setelah pembesaran dan *LE* telah diketahui dengan pasti, *wavespeed* dapat diubah pada *analyze screen*.
- c) *LE* : Jika panjang tidak diketahui dan *wavespeed* diketahui, panjang dapat disesuaikan dengan waktu terjadinya pantulan ujung bawah tiang.
- d) *MD : Magnification Delay* telah dimasukkan ketika menentukan *LE*.

- e) LO : Nilai peningkatan atau perbaikan sinyal yang memberikan penampilan yang lebih halus.
- f) HI : Nilai peningkatan atau perbaikan sinyal yang memberikan penampilan yang lebih lurus.
- g) WT : Berat Hammer. Tersedia jika dilakukan pengambilan rekaman gaya.
- h) DEL : Mengembalikan ke tampilan *Data Screen Collect*, tanpa menyimpan data yang baru saja diambil.
- i) OK : kembali ke Main Menu untuk pengujian selanjutnya.
- j) SIGNAL MENU : mengubah fungsi yang tersedia.
- k) PRIMARY MENU : kembali ke fungsi yang tersedia pada bentuk default.
- l) T_1 , T_2 , \uparrow , \downarrow , \leftarrow , \rightarrow Memperbolehkan pengguna menyesuaikan waktu T_1 dan T_2 yang digunakan untuk menghitung *wavespeed* dan *length*.
- m) PIVOT, \uparrow , \downarrow : Memperbolehkan pengguna untuk merotasikan data rekaman naik dan turun.
- n) WL : Memperbolehkan pengguna untuk mengaplikasikan analisis *wavelet* untuk menunjukkan kurva yang halus.
- o) HAMMER : untuk kembali ke *Data Collection Screen*.
- p) \uparrow , \downarrow yang berada di sebelah sinyal : digunakan untuk memanggil data record sebelum dan sesudah *current file*.

11. Untuk memproses ulang data dari memory, tekan *FOLDER* pada Main Menu. Pilih file yang ingin ditampilkan kemudian tekan OK.

3.3 Metodologi pengolahan data dengan PIT

Data yang direkam oleh PIT disimpan dalam media *PCMCIA flash card* dan dapat didownload ke dalam PC dengan menggunakan *flash card reader* melalui *USB port*. Data PIT yang telah didownload dapat dibaca dengan bantuan *software* PIT-W. Data tersebut dipindahkan ke dalam *excel* untuk pengolahan data lebih lanjut.

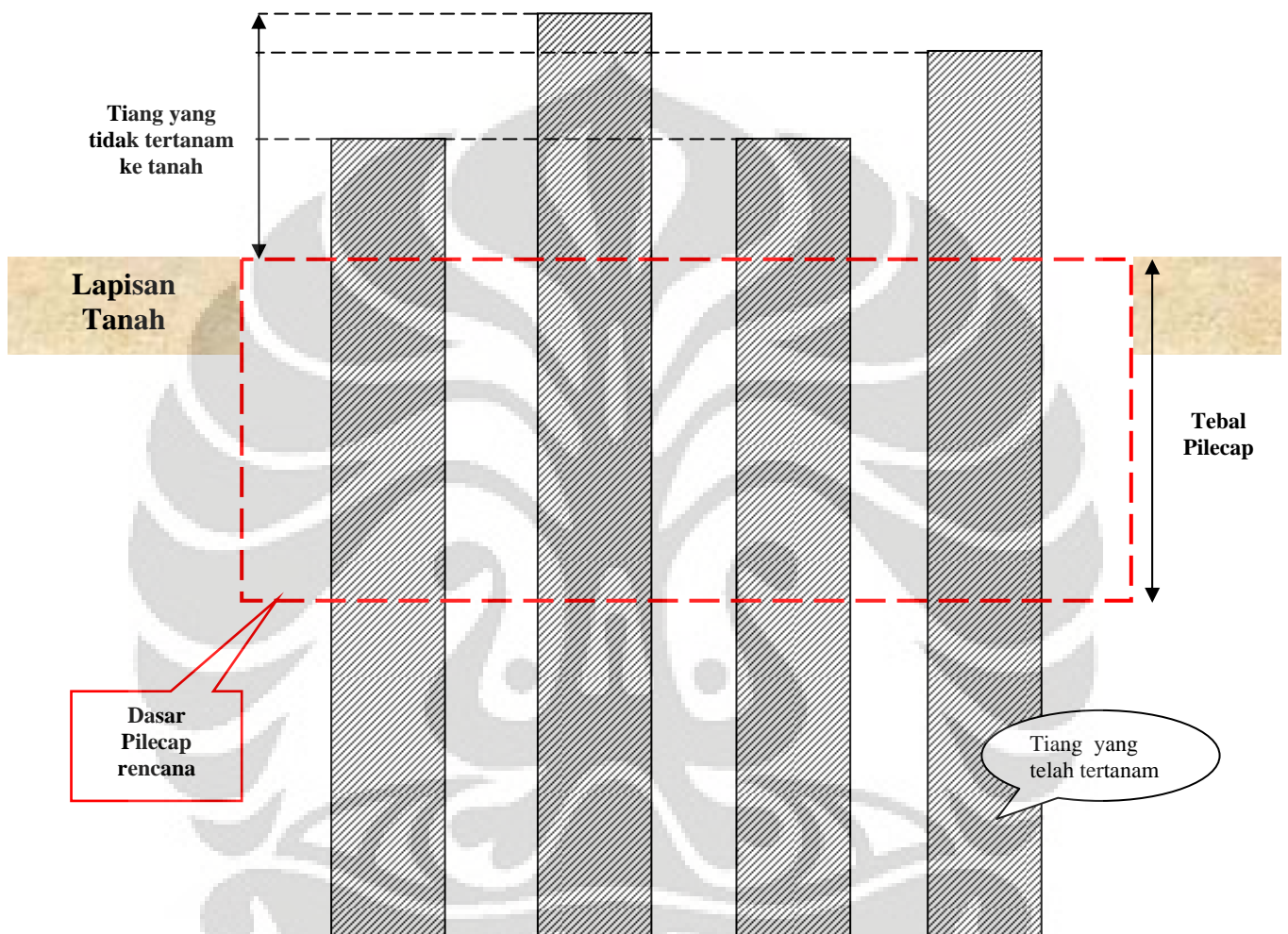
3.4 DATA HASIL PIT

Panjang Tiang bervariasi antara 9 m sampai 15 m. Tebal pilecap adalah 1,5 m. Posisi Sambungan antara tiang dan pile cap berada pada elevasi cut-off minipile tersebut



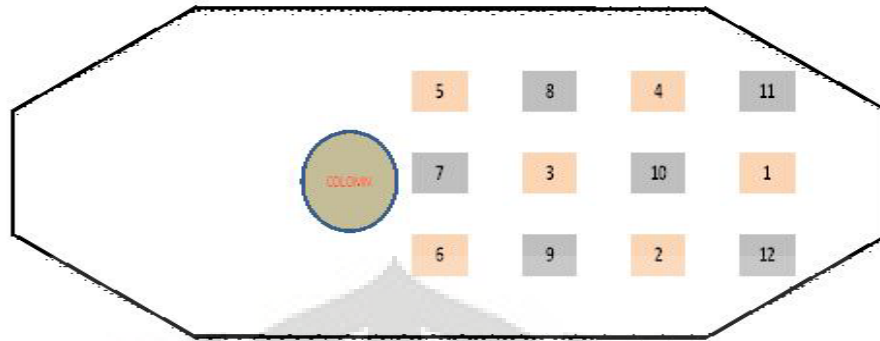
Gambar 3.1 Pemancangan Grup Tiang

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa tidak semua material tiang terpancang dalam tanah. Hal ini dikarenakan pada saat pemancangan, tiang tersebut sudah menemui lapisan tanah keras.



Gambar 3.2 Simulasi Grup Tiang

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa panjang tiang yang akan dianalisa adalah dari ujung tiang bawah sampai ujung pile cap atas. Sehingga ukuran panjang tiang sebenarnya (tiang yang tertanam + tebal pile cap) adalah panjang tiang dikurangi panjang yang belum tertanam.

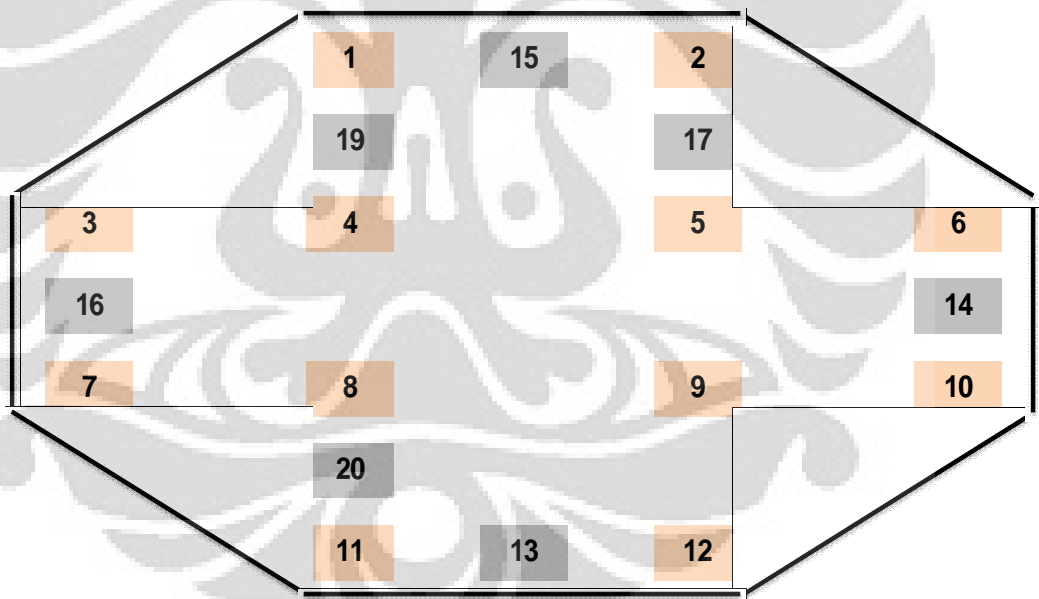


Gambar 3.3a Contoh lokasi titik yang diuji pada pile cap as-4

Keterangan gambar :

No = As Tiang

No = Diantara As Tiang



Keterangan gambar :

No = As Tiang

No = Diantara As Tiang

Gambar 3.3b Contoh lokasi titik yang diuji pada pile cap as-5

Tabel 3.1 Daftar penomoran tiang dan panjang tiang yang akan dianalisa (Pile Cap As-5)

Nomor As Tiang	Panjang tiang terpancang (m)	Panjang tiang yang tidak tertanam (m)	Tebal Pilecap (m)	Panjang Tiang yang akan dianalisa (m)
(a)	(b)	©	(d)	(e) = (b) – (c) – (d)
3	15	2	1,5	11,5
7	12	1,5	1,5	9
4	12	2,2	1,5	8,3
8	15	2	1,5	11,5
5	12	1	1,5	9,5
9	12	1	1,5	9,5
6	12	1,3	1,5	9,2
10	9	1,3	1,5	6,2



Gambar 3.4 Pelaksanaan Pile Cap

Posisi sambungan antara tiang dengan pile cap dapat kita lihat seperti gambar diatas. Pada saat penggalian dinding pile cap harus dilakukan secara manual agar dinding tanah di samping tidak ikut runtuh masuk ke daerah galian pilecap.

BAB IV

ANALISA HASIL PERCOBAAN

4.1. DATA HASIL PIT

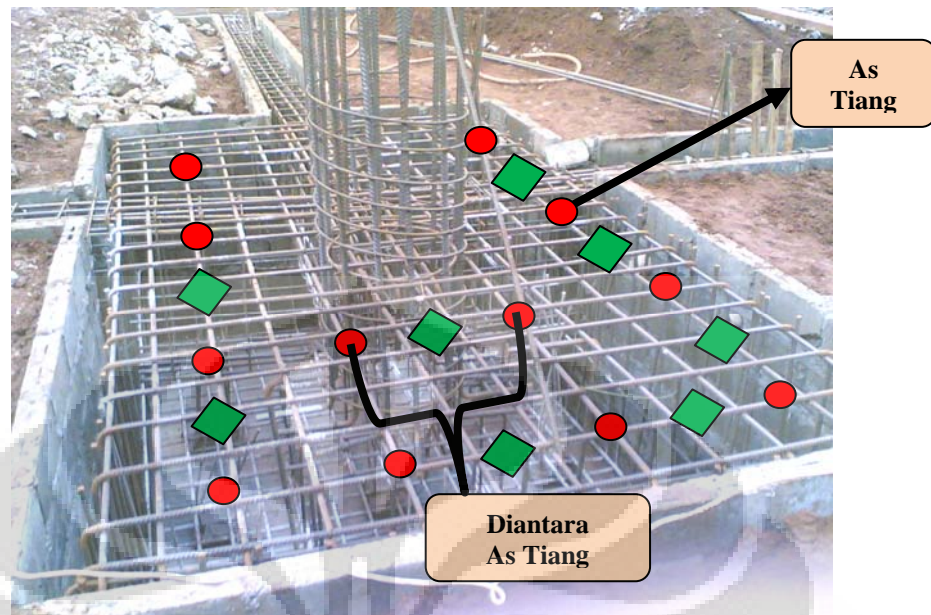
Hasil pengujian yang telah dilakukan adalah grafik percepatan atau kecepatan yang diplot terhadap waktu. Grafik tersebut dapat menginterpretasikan karakteristik sebuah struktur tiang dengan *pile cap* melalui pantulan gelombang yang dihasilkan. Metodologi pengujian adalah dengan :

a) Pengujian dilakukan pada as tiang

Pada saat *minipile* sudah terpancang dan sudah dilaksanakan konstruksi *pile cap*, maka penulis mengukur letak as-as tiang didalam konstruksi bekisting *pile cap* yang ada sebelum pengujian dilakukan diatas *pile cap*.

b) Pengujian dilakukan diantara as tiang dan as tiang

Selain diantara as-as tiang, penulis juga melakukan pengujian diantara kedua as tiang. Caranya sama seperti diatas, yaitu dengan melakukan pengukuran didalam konstruksi bekisting *pile cap*.



Gambar 4.1 Gambar pengujian yang dilakukan pada as tiang dan diantara as tiang

Untuk semua tiang, pukulan palu ditempatkan pada sebelah sisi tiang, sedangkan akselerometer ditempel diatas tiang dekat dengan tempat pukulan palu. Data yang direkam oleh alat PIT disimpan dalam media PCMCIA flash card dan dapat didownload ke dalam PC dengan menggunakan flash card reader melalui USB port. Data PIT yang telah didownload dapat dibaca dengan bantuan software PIT-W baik versi standar (tanpa analisis frekuensi) maupun PIT-W Pro (dapat digunakan untuk analisis frekuensi, profil dan multiple column). Data itu juga bisa dipindahkan kedalam excel.

4.2 Analisa time domain

Data time domain adalah data yang pertama kali dihasilkan oleh alat PIT (*Pile Integrity Tester*) pada saat melakukan percobaan. Data ini berupa kurva yang menggambarkan perubahan kecepatan gelombang berdasarkan variasi waktu.

Persamaan yang digunakan adalah $L = \frac{v_c \times \Delta t}{2}$ dengan asumsi $V_c = 4000 \text{ m/s}$

(beton kualitas tinggi). Pada percobaan ini dilakukan dengan 6 pukulan dan 1 pukulan lagi untuk hasil rata-rata (average) gelombang.

Metode yang digunakan untuk menganalisa tiang adalah :

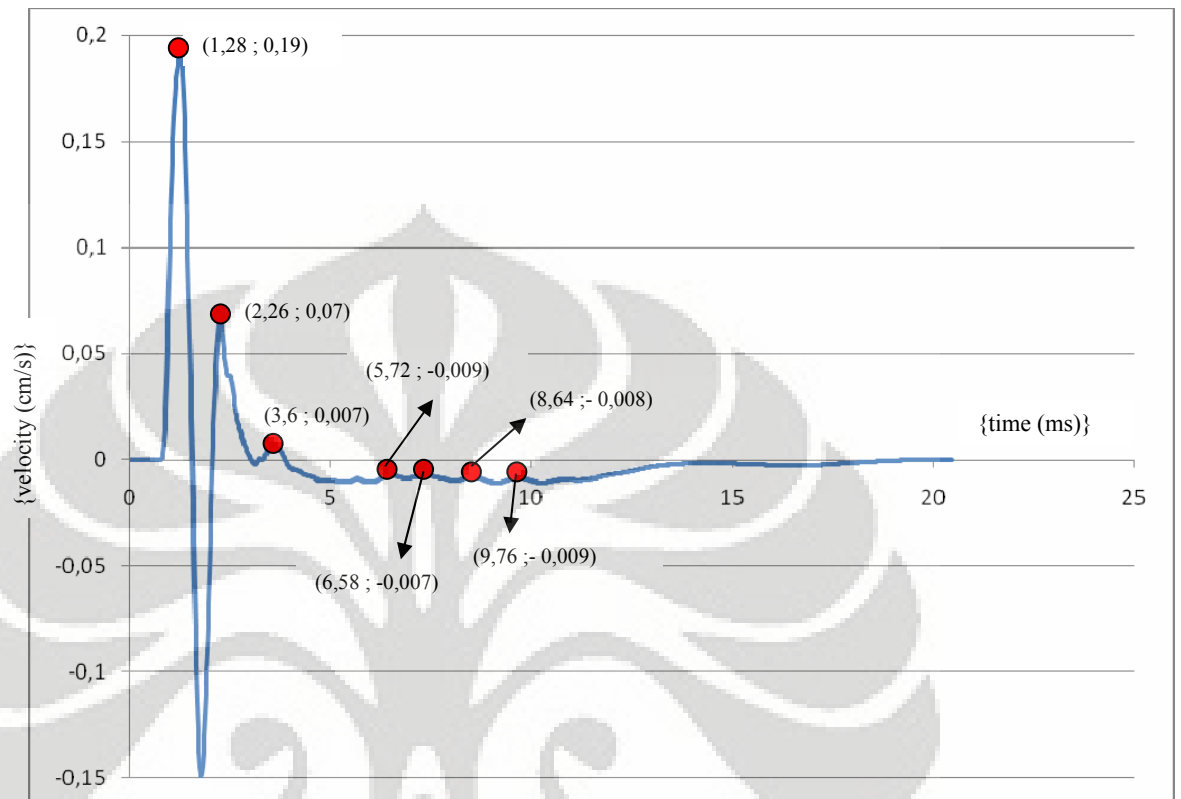
- a) Metode Average (menganalisa satu hasil gelombang dimana gelombang ini merupakan gelombang rata-rata yang dihasilkan langsung dari alat pada saat pengujian langsung).
- b) Metode Stacking (menganalisa satu hasil gelombang yang mewakili penggabungan dari enam gelombang yang telah dihasilkan dari alat pada saat pengujian langsung).
- c) Metode Analisa Profil (menganalisa gelombang dengan memperhatikan kondisi impedansi pada tiang).

4.2.1 Metode Average

Pada metode ini, penulis menganalisa dengan cara mengukur dari puncak-puncak gelombang yang terjadi. Puncak gelombang ini terjadi karena adanya perubahan nilai kecepatan gelombang terhadap waktu. Selisih waktu antara puncak gelombang satu dengan puncak gelombang setelahnya ataupun sebaliknya dinamakan Δt .

4.2.1.1 Pile Cap As-4

4.2.1.1.1 Titik 1



Gambar 4.2 Grafik metode average titik 1 Pile Cap As-4

Contoh analisa :

- Puncak gelombang 1 (t_1) = 1,28 ms
- Puncak gelombang 2 (t_2) = 2,26 ms
- $\Delta t = t_2 - t_1 = 2,26 \text{ ms} - 1,28 \text{ ms}$
= 0,98 ms = 0,00098 sekon
- Asumsi : $V_c = 4000 \text{ m/s}$ (beton kualitas tinggi)

- Panjang tiang = $L = \frac{v_c \times \Delta t}{2}$

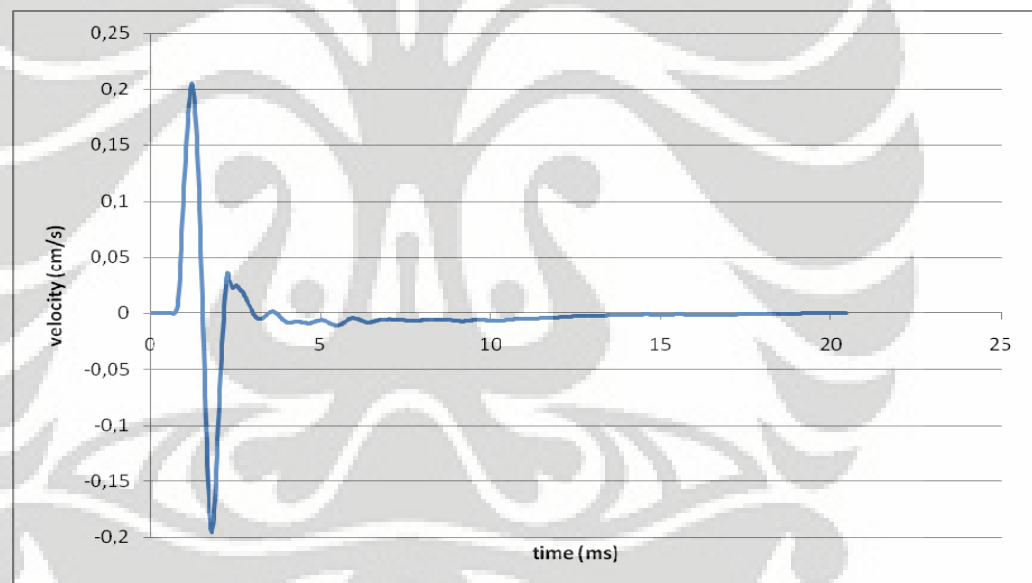
$$L = \frac{4000 \text{ m/s} \times 0,00098 \text{ s}}{2} = 1,960 \text{ m}$$

Untuk titik selanjutnya dapat ditampilkan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Analisa grafik metode average titik 1 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,28	2,26	0,98	4000	1,96
2	2,26	3,66	1,40	4000	2,80
3	3,66	6,62	2,96	4000	5,92
4	6,62	7,5	0,88	4000	1,76
5	7,5	8,66	1,16	4000	2,32
6	8,66	9,8	1.14	4000	2,28

4.2.1.1.2 Titik 2

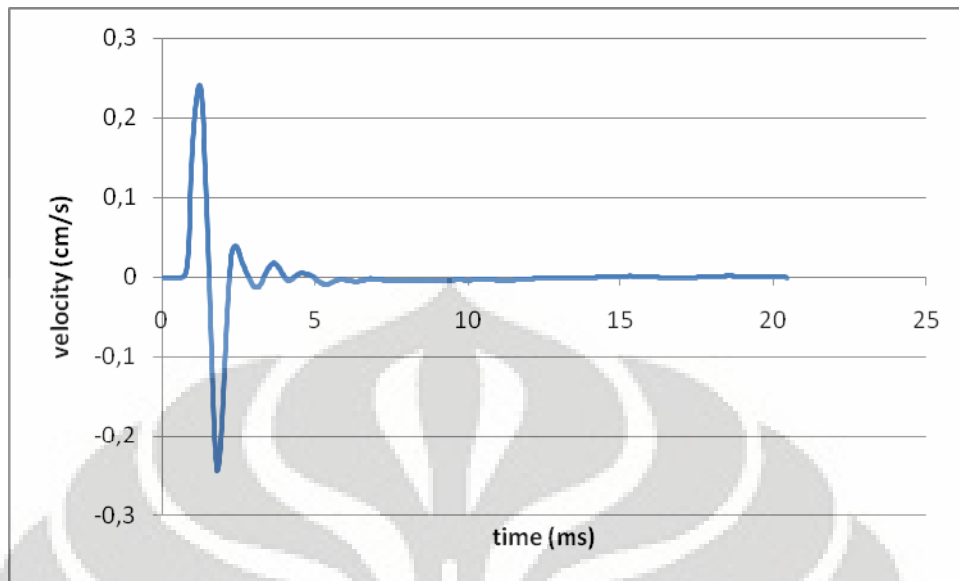


Gambar 4.3 Grafik metode average titik 2 Pile Cap As-4

Tabel 4.2 Analisa grafik metode average titik 2 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,24	1,06	4000	2,12
2	2,24	3,42	1,18	4000	2,36
3	3,42	5,74	2,32	4000	4,64

4.2.1.1.3 Titik 3

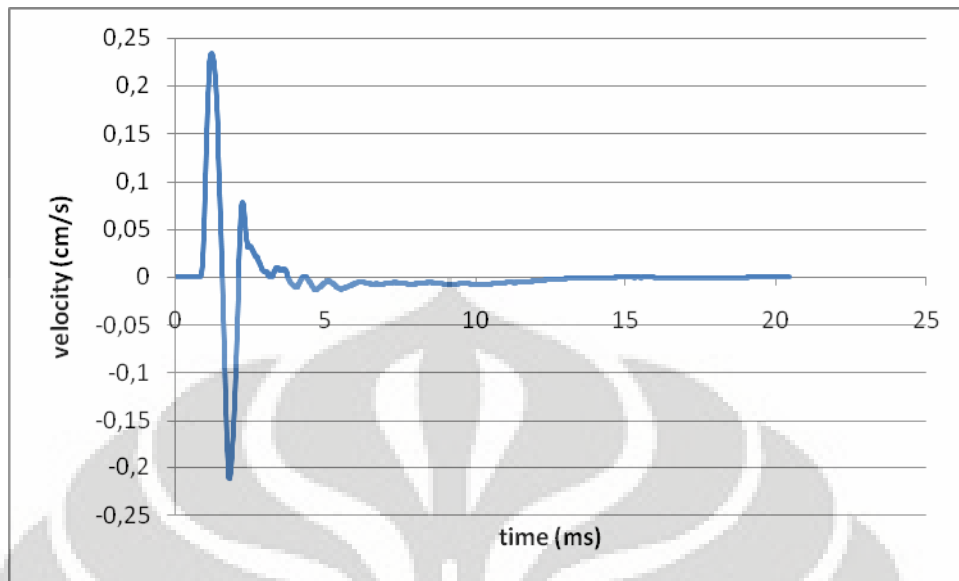


Gambar 4.4 Grafik metode average titik 3 Pile Cap As-4

Tabel 4.3 Analisa grafik metode average titik 3 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,30	1,12	4000	2,24
2	2,30	3,46	1,16	4000	2,32
3	3,46	4,32	0,86	4000	1,72

4.2.1.1.4 Titik 4

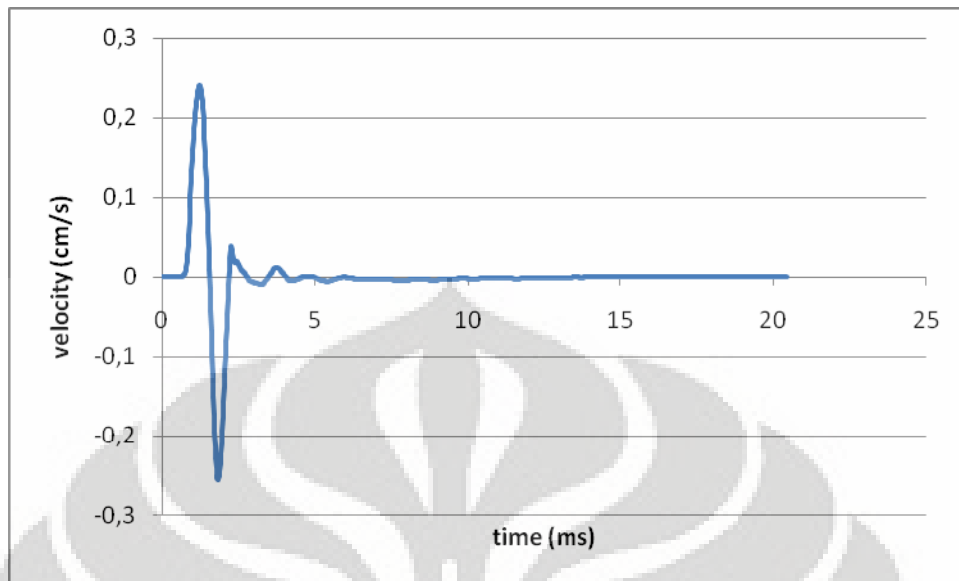


Gambar 4.5 Grafik metode average titik 4 Pile Cap As-4

Tabel 4.4 Analisa grafik metode average titik 4 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,24	2,26	1,02	4000	2,04
2	2,26	3,66	1,40	4000	2,80
3	3,66	4,42	0,76	4000	1,52

4.2.1.1.5 Titik 5

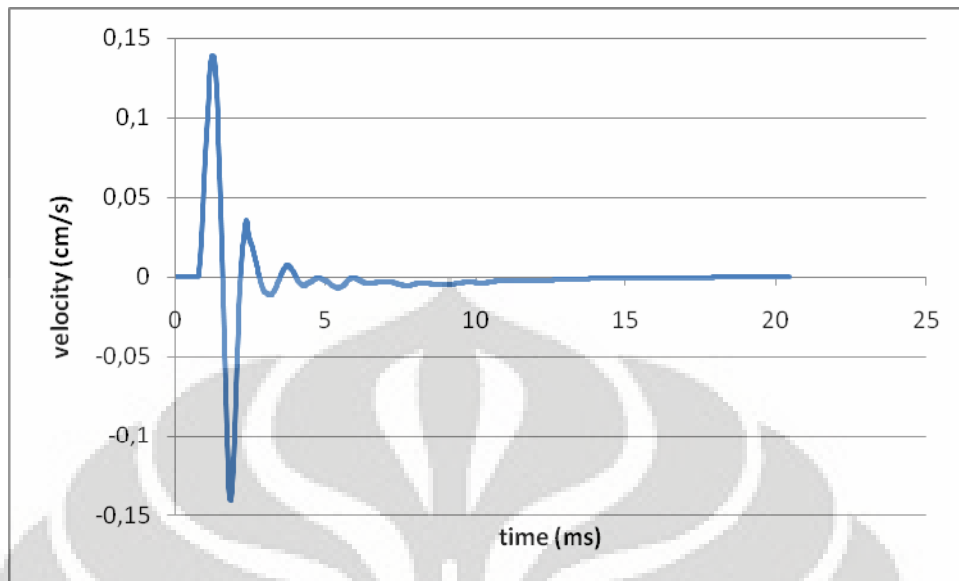


Gambar 4.6 Grafik metode average titik 5 Pile Cap As-4

Tabel 4.5 Analisa grafik metode average titik 5 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,24	1,06	4000	2,12
2	2,24	3,52	1,28	4000	2,56
3	3,52	4,32	0,80	4000	1,60

4.2.1.1.6 Titik 6

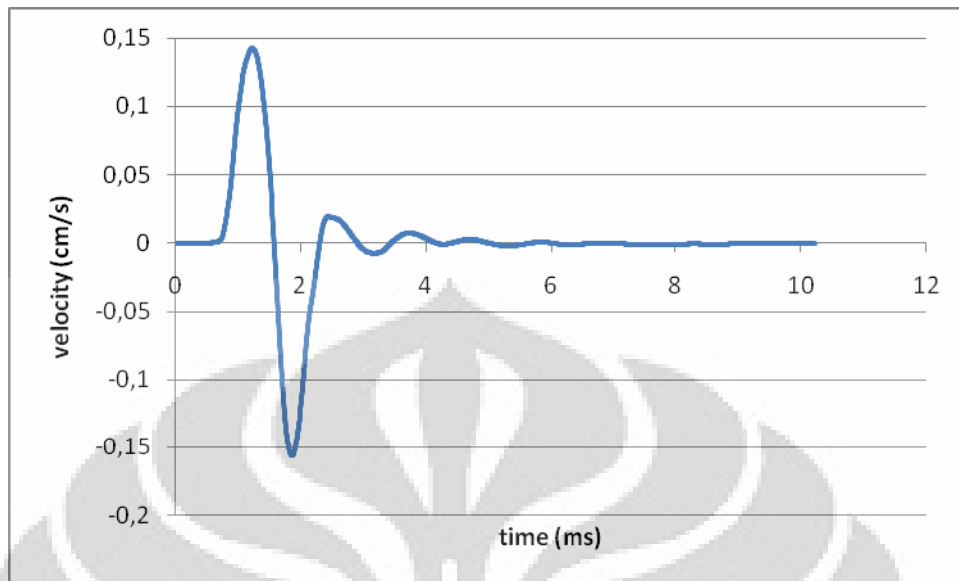


Gambar 4.7 Grafik metode average titik 6 Pile Cap As-4

Tabel 4.6 Analisa grafik metode average titik 6 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,28	2,38	1,10	4000	2,20
2	2,38	3,84	1,46	4000	2,92
3	3,84	4,92	1,08	4000	2,16

4.2.1.1.7 Titik 7

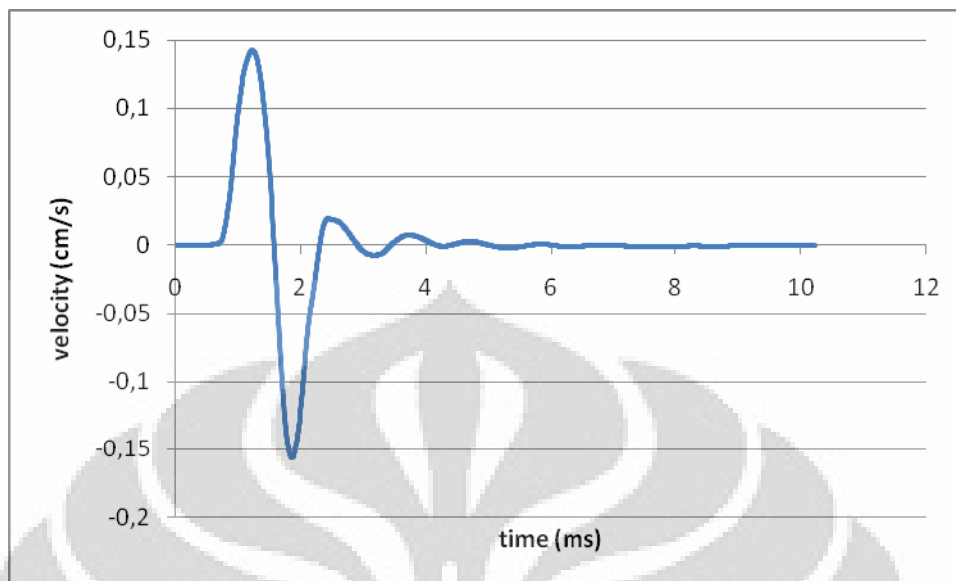


Gambar 4.8 Grafik metode average titik 7 Pile Cap As-4

Tabel 4.7 Analisa grafik metode average titik 7 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,29	2,62	1,33	4000	2,66
2	2,62	3,85	1,23	4000	2,46
3	3,85	4,71	0,86	4000	1,72

4.2.1.1.8 Titik 8

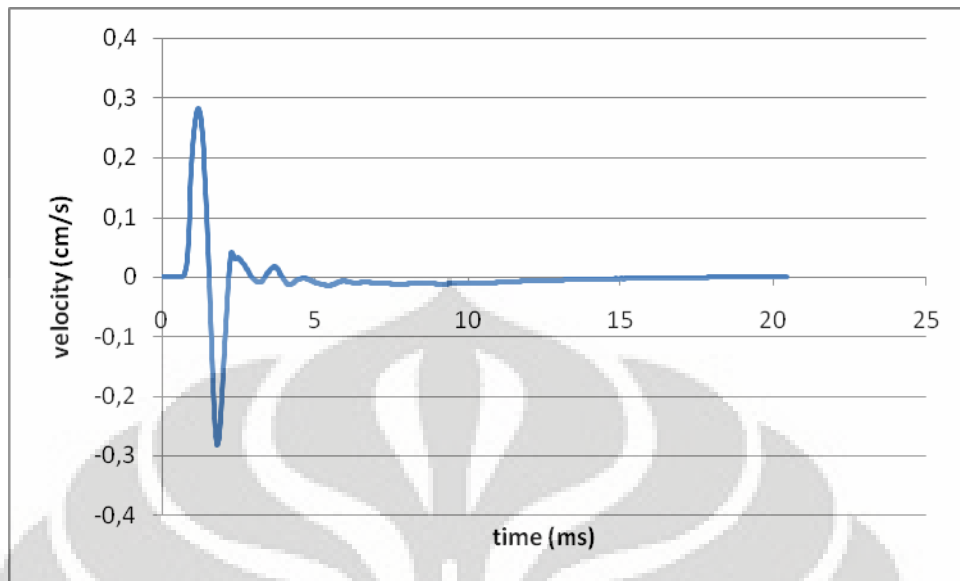


Gambar 4.9 Grafik metode average titik 8 Pile Cap As-4

Tabel 4.8 Analisa grafik metode average titik 8 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,28	2,60	1,32	4000	2,64
2	2,60	3,85	1,25	4000	2,50
3	3,85	4,80	0,95	4000	1,90

4.2.1.1.9 Titik 9

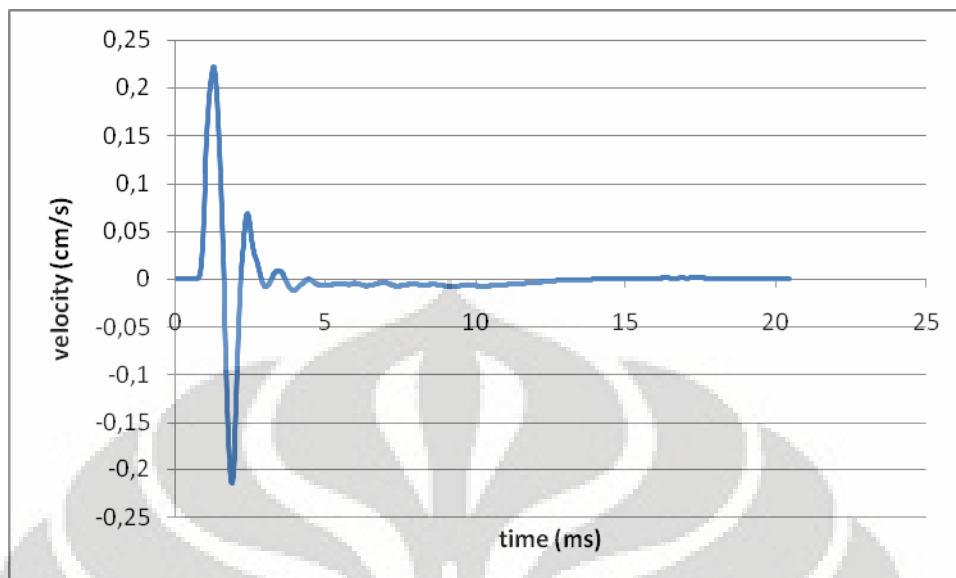


Gambar 4.10 Grafik metode average titik 9 Pile Cap As-4

Tabel 4.9 Analisa grafik metode average titik 9 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,24	1,12	4000	2,24
2	2,24	3,46	1,22	4000	2,44
3	3,46	4,32	0,86	4000	1,72

4.2.1.1.10 Titik 10

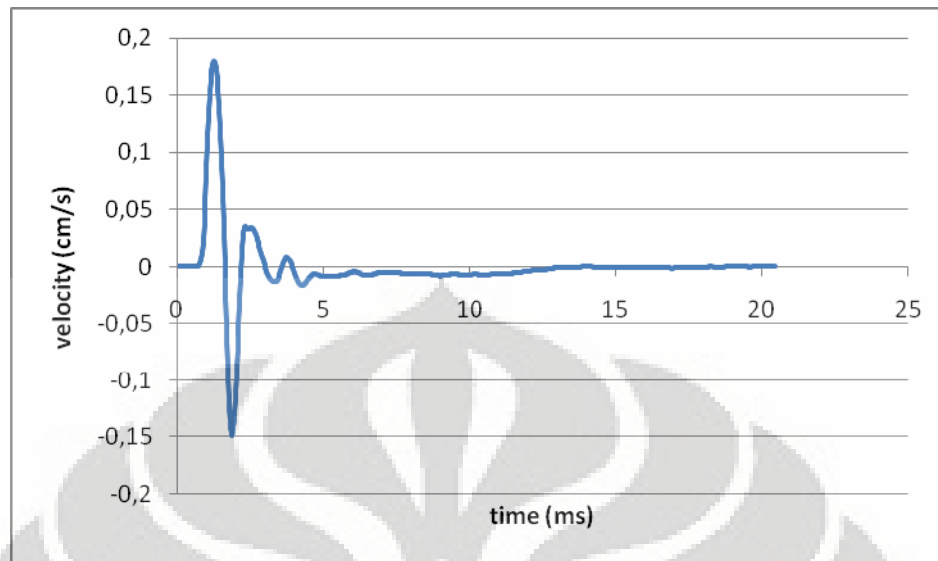


Gambar 4.11 Grafik metode average titik 10 Pile Cap As-4

Tabel 4.10 Analisa grafik metode average titik 10 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,22	2,34	1,12	4000	2,24
2	2,34	3,18	0,84	4000	1,68
3	3,18	4,14	0,96	4000	1,92

4.2.1.1.11 Titik 11

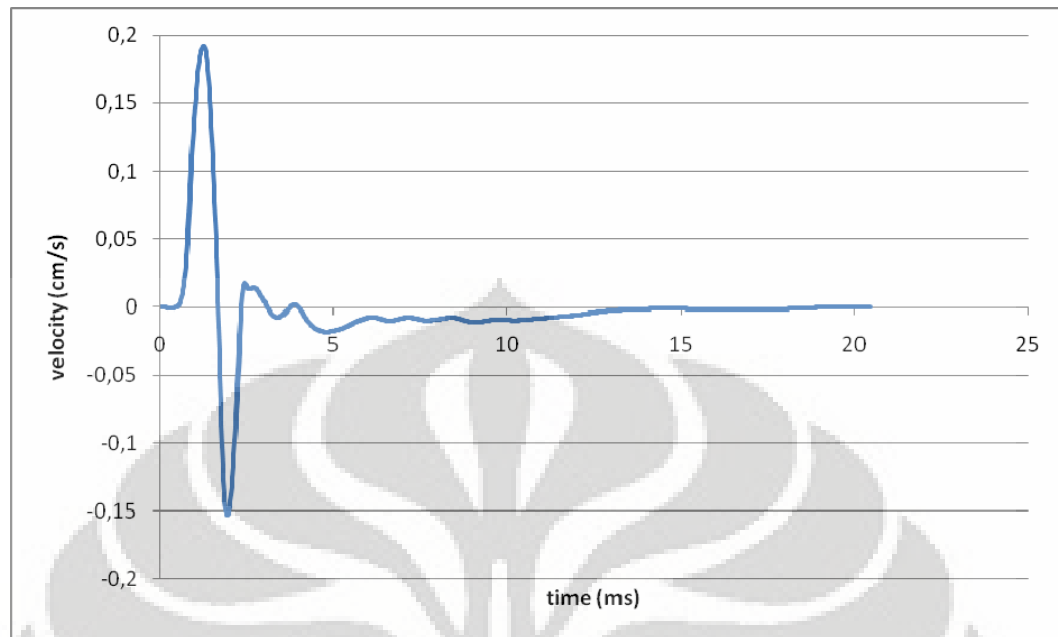


Gambar 4.12 Grafik metode average titik 11 Pile Cap As-4

Tabel 4.11 Analisa grafik metode average titik 11 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,24	1,06	4000	2,12
2	2,24	3,58	1,34	4000	2,68
3	3,58	5,52	1,94	4000	3,88

4.2.1.1.12 Titik 12



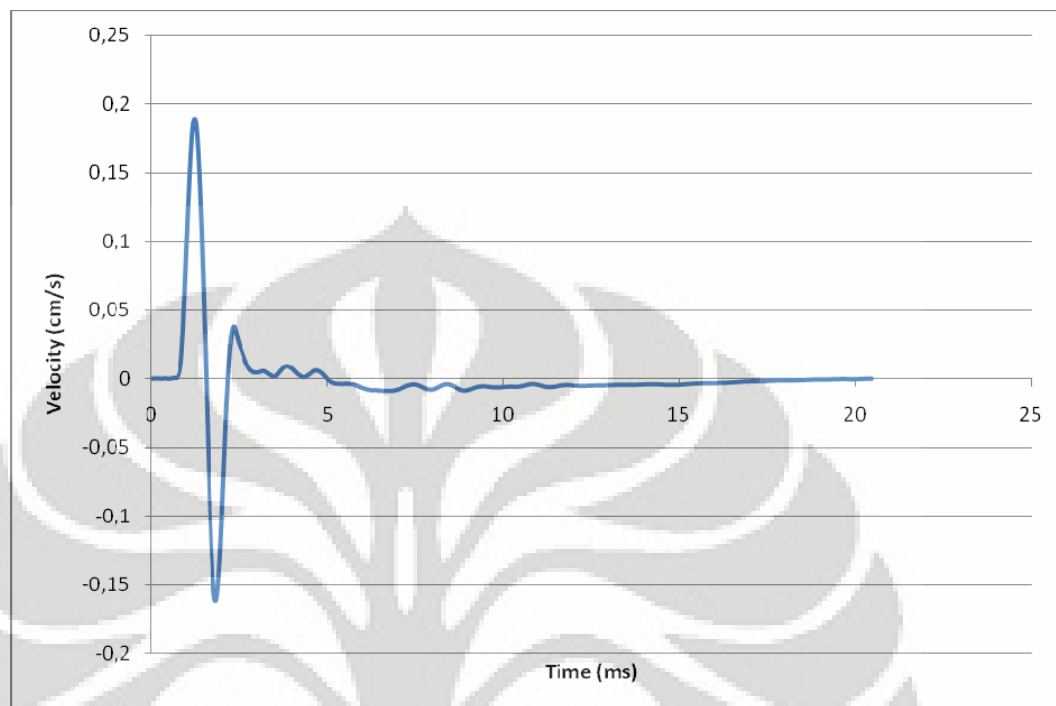
Gambar 4.13 Grafik metode average titik 12 Pile Cap As-4

Tabel 4.12 Analisa grafik metode average titik 12 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,32	2,50	1,18	4000	2,36
2	2,50	4,08	1,58	4000	3,16
3	4,08	6,38	2,30	4000	4,60

4.2.1.2 Pile Cap As-5

4.2.1.2.1 Titik 1

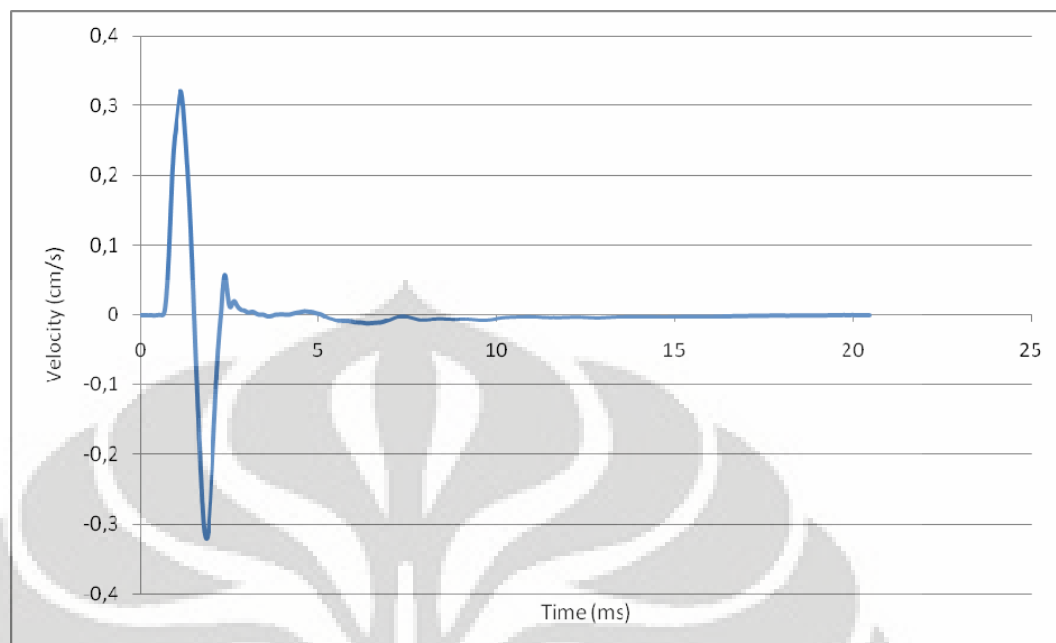


Gambar 4.14 Grafik metode average titik 1 Pile Cap As-5

Tabel 4.13 Analisa grafik metode average titik 1 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,28	1,10	4000	2,20
2	2,28	3,60	1,32	4000	2,64
3	3,60	4,56	0,96	4000	1,92

4.2.1.2.2 Titik 2

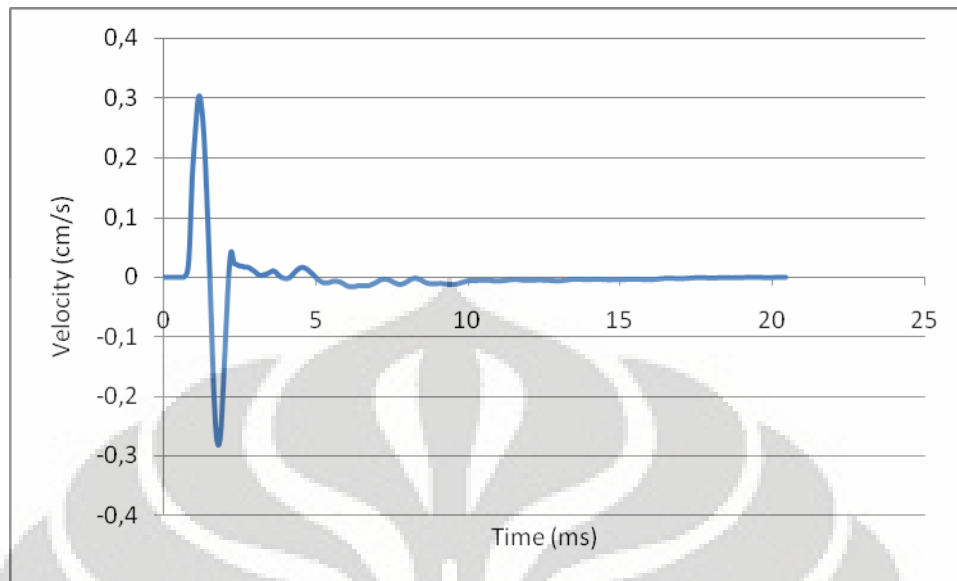


Gambar 4.15 Grafik metode average titik 2 Pile Cap As-5

Tabel 4.14 Analisa grafik metode average titik 2 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,28	1,10	4000	2,20
2	2,28	3,60	1,32	4000	2,64
3	3,60	4,46	0,86	4000	1,72

4.2.1.2.3 Titik 3

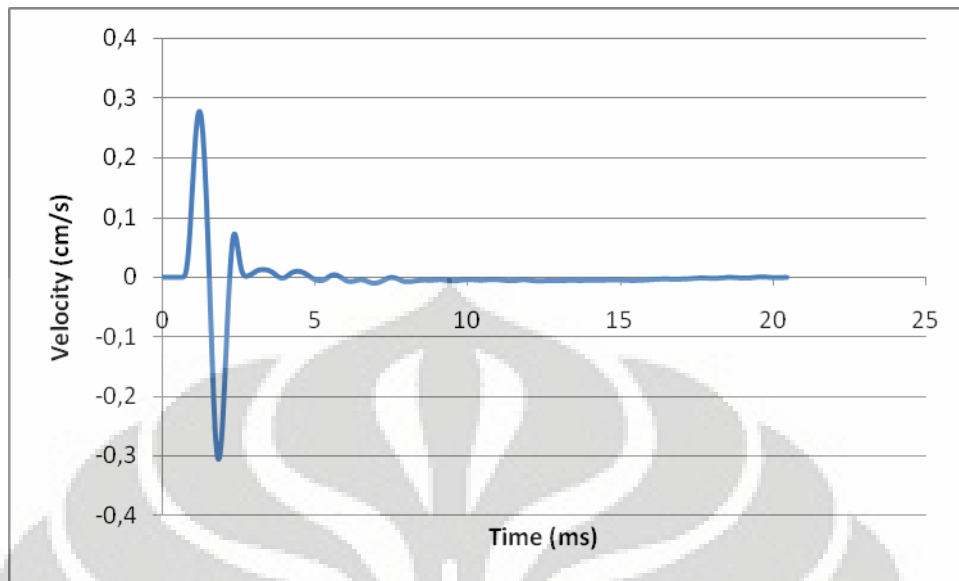


Gambar 4.16 Grafik metode average titik 3 Pile Cap As-5

Tabel 4.15 Analisa grafik metode average titik 3 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,34	1,22	4000	2,44
2	2,34	4,26	1,92	4000	3,84
3	4,26	6,84	2,58	4000	5,16

4.2.1.2.4 Titik 4

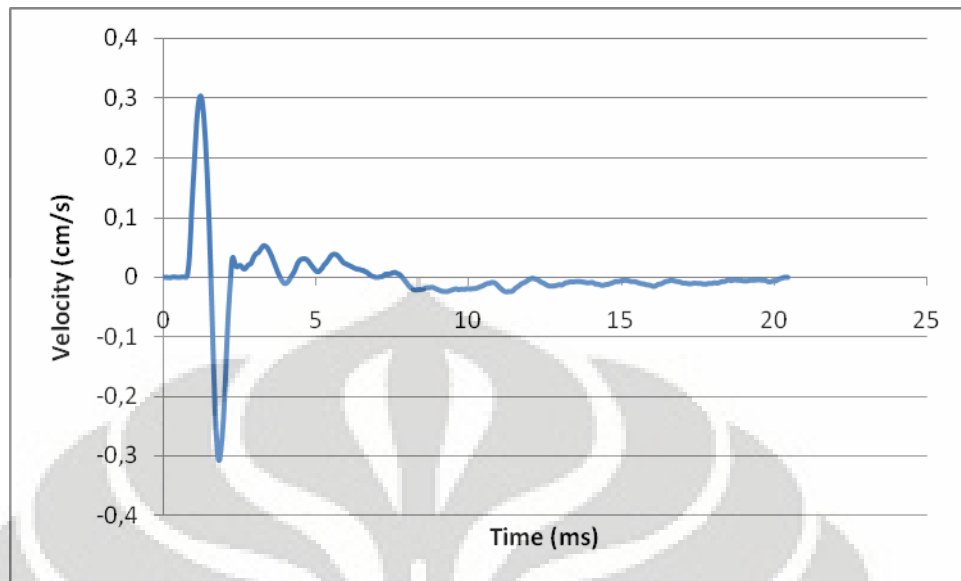


Gambar 4.17 Grafik metode average titik 4 Pile Cap As-5

Tabel 4.16 Analisa grafik metode average titik 4 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,22	1,06	4000	2,12
2	2,22	4,32	2,10	4000	4,20
3	4,32	5,50	1,18	4000	2,36

4.2.1.2.5 Titik 5

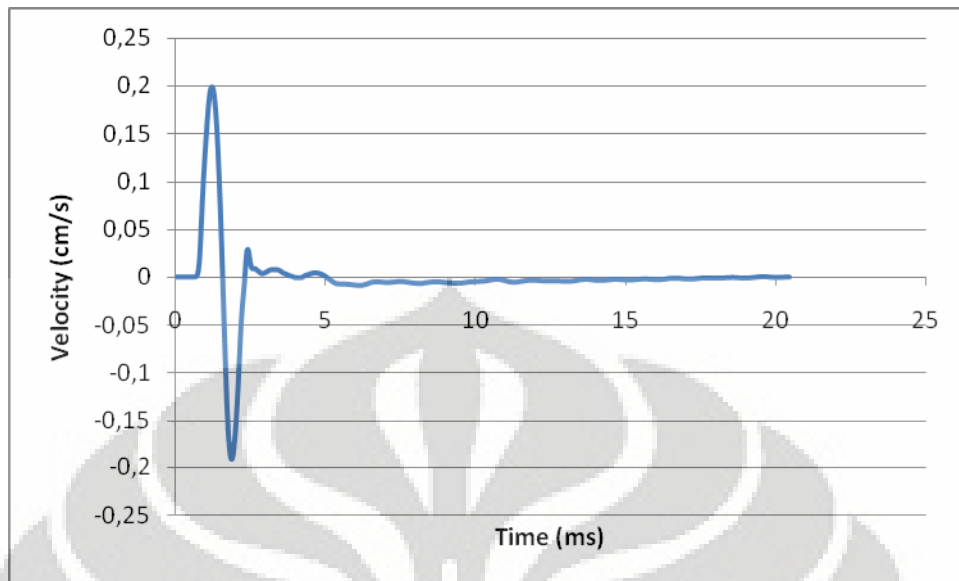


Gambar 4.18 Grafik metode average titik 5 Pile Cap As-5

Tabel 4.17 Analisa grafik metode average titik 5 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,32	1,14	4000	2,28
2	2,32	3,28	0,96	4000	1,92
3	3,28	4,24	0,96	4000	1,92

4.2.1.2.6 Titik 6

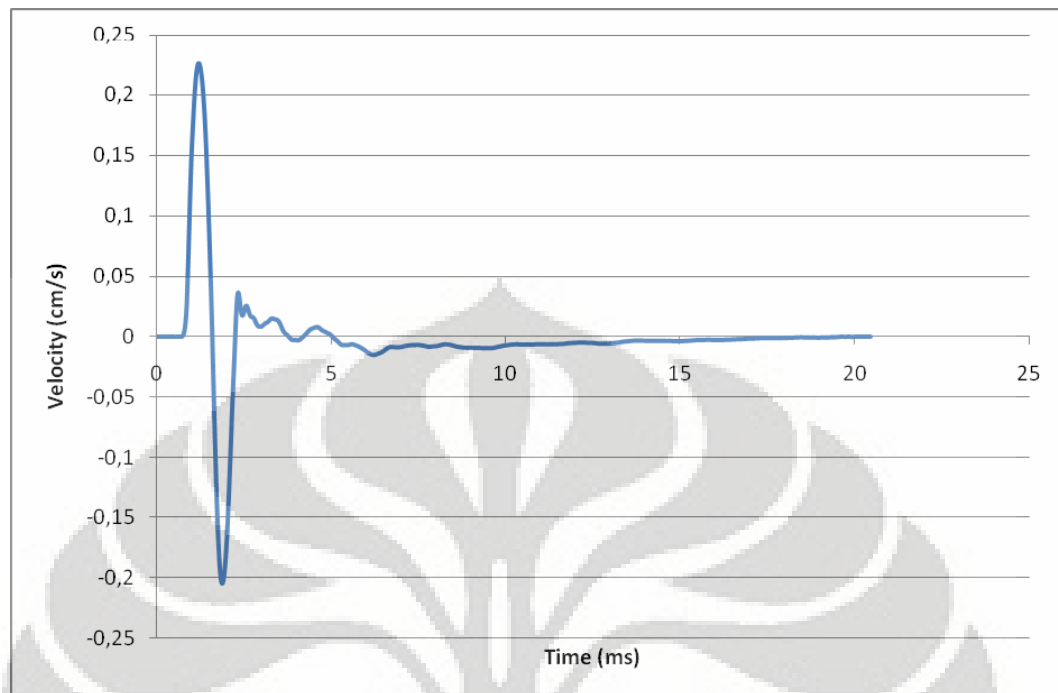


Gambar 4.19 Grafik metode average titik 6 Pile Cap As-5

Tabel 4.18 Analisa grafik metode average titik 6 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,36	1,18	4000	2,36
2	2,36	3,00	0,64	4000	1,28
3	3,00	4,38	1,38	4000	2,76

4.2.1.2.7 Titik 7

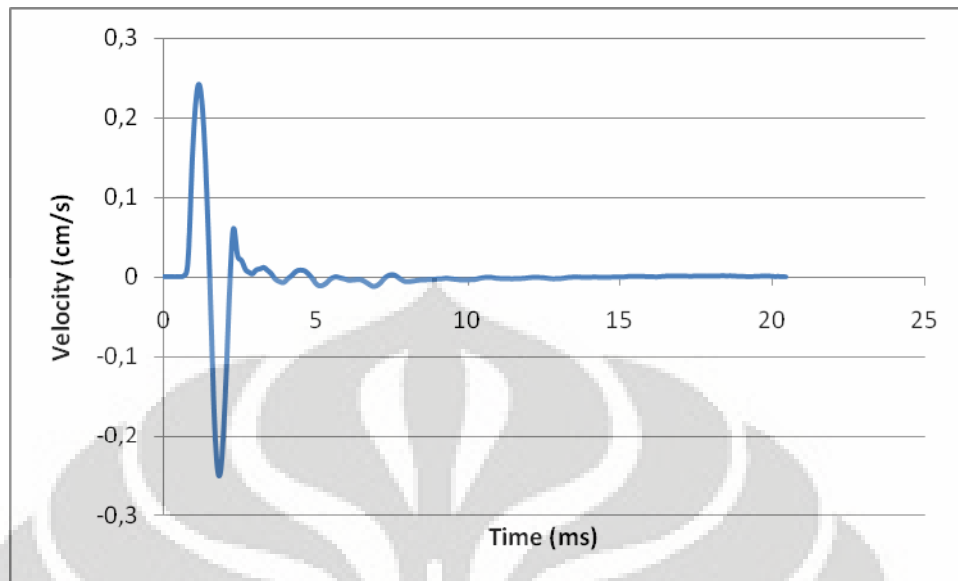


Gambar 4.20 Grafik metode average titik 7 Pile Cap As-5

Tabel 4.19 Analisa grafik metode average titik 7 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,36	1,24	4000	2,48
2	2,36	3,00	0,64	4000	1,28
3	3,00	4,38	1,38	4000	2,76

4.2.1.2.8 Titik 8

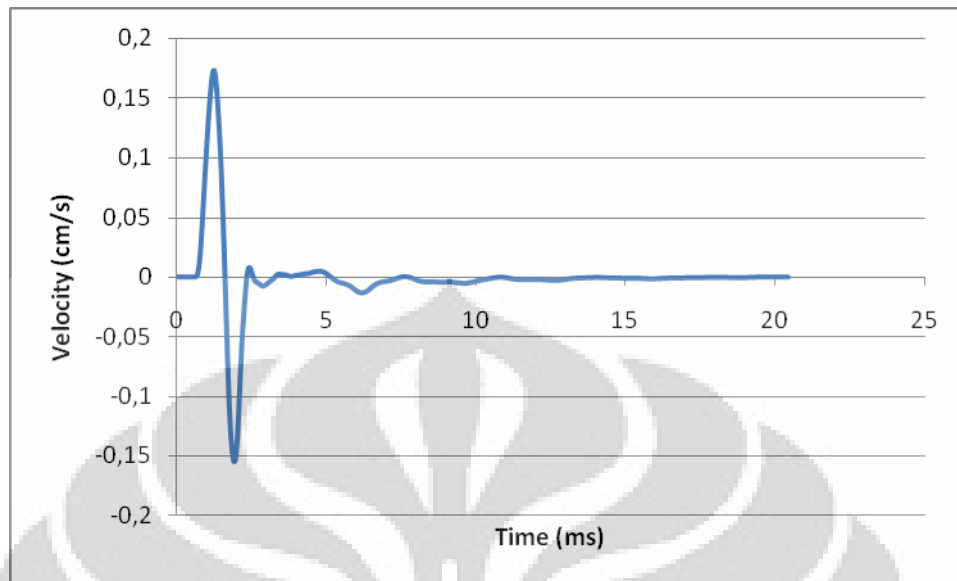


Gambar 4.21 Grafik metode average titik 8 Pile Cap As-5

Tabel 4.20 Analisa grafik metode average titik 8 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,14	2,30	1,16	4000	2,32
2	2,30	3,06	0,76	4000	1,52
3	3,06	4,16	1,10	4000	2,20

4.2.1.2.9 Titik 10

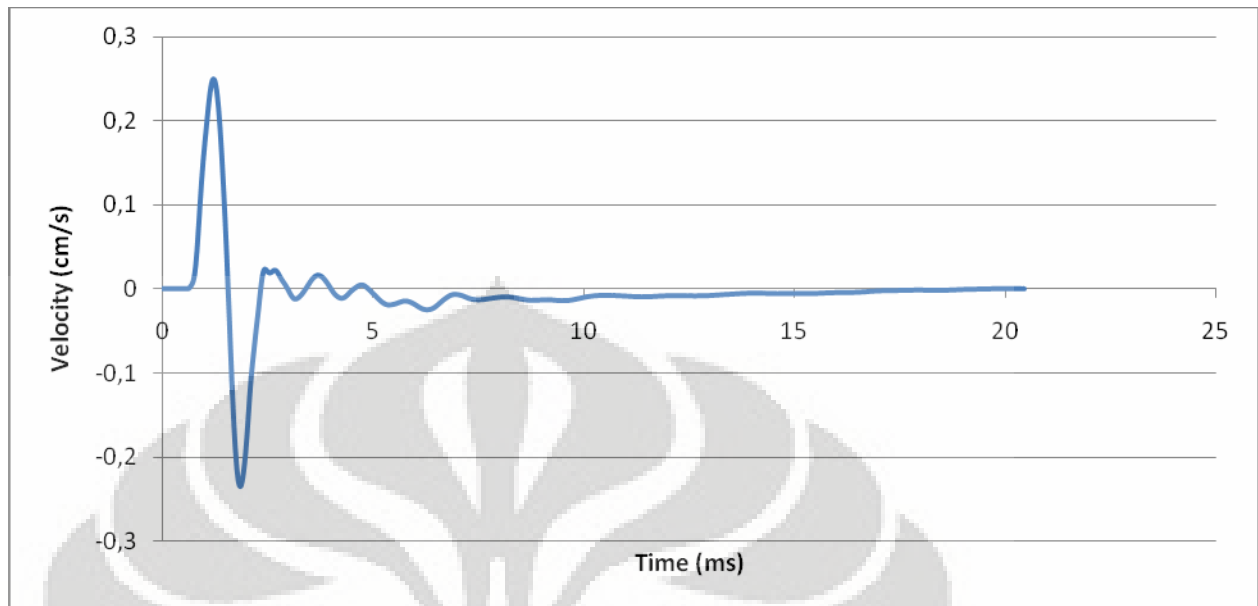


Gambar 4.22 Grafik metode average titik 10 Pile Cap As-5

Tabel 4.21 Analisa grafik metode average titik 10 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,36	1,20	4000	2,40
2	2,36	4,74	2,38	4000	4,76
3	4,74	7,32	2,58	4000	5,16

4.2.1.2.10 Titik 11

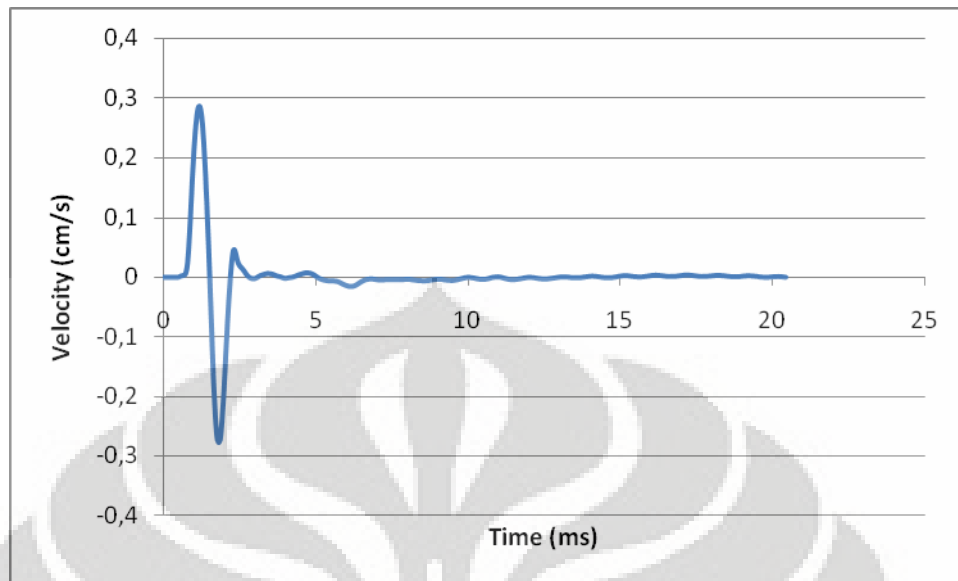


Gambar 4.23 Grafik metode average titik 11 Pile Cap As-5

Tabel 4.22 Analisa grafik metode average titik 11 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,40	1,24	4000	2,48
2	2,40	3,48	1,08	4000	2,16
3	3,48	4,48	1,00	4000	2,00

4.2.1.2.11 Titik 12

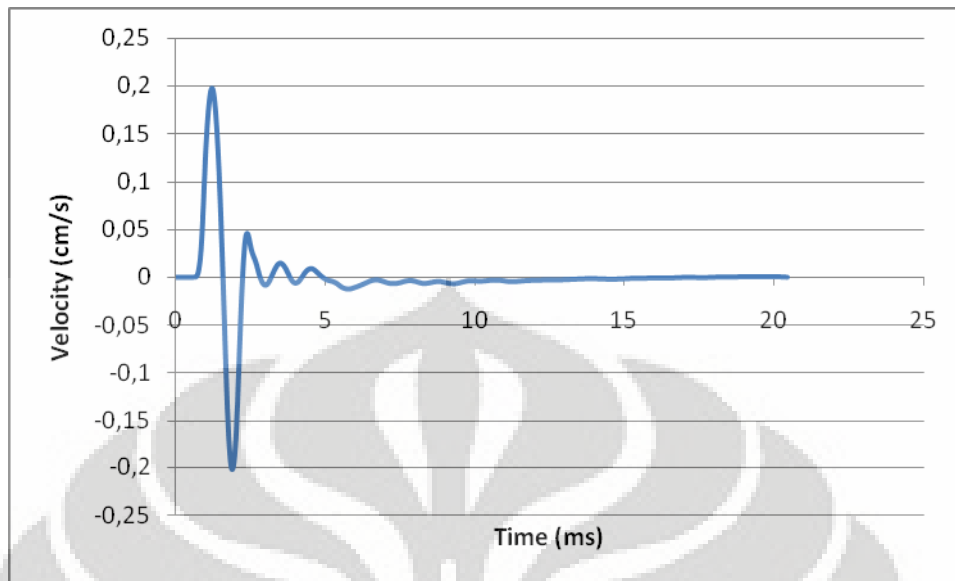


Gambar 4.24 Grafik metode average titik 12 Pile Cap As-5

Tabel 4.23 Analisa grafik metode average titik 12 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,28	1,16	4000	2,32
2	2,28	4,20	1,92	4000	3,84
3	4,20	6,46	2,26	4000	4,52

4.2.1.2.12 Titik 13

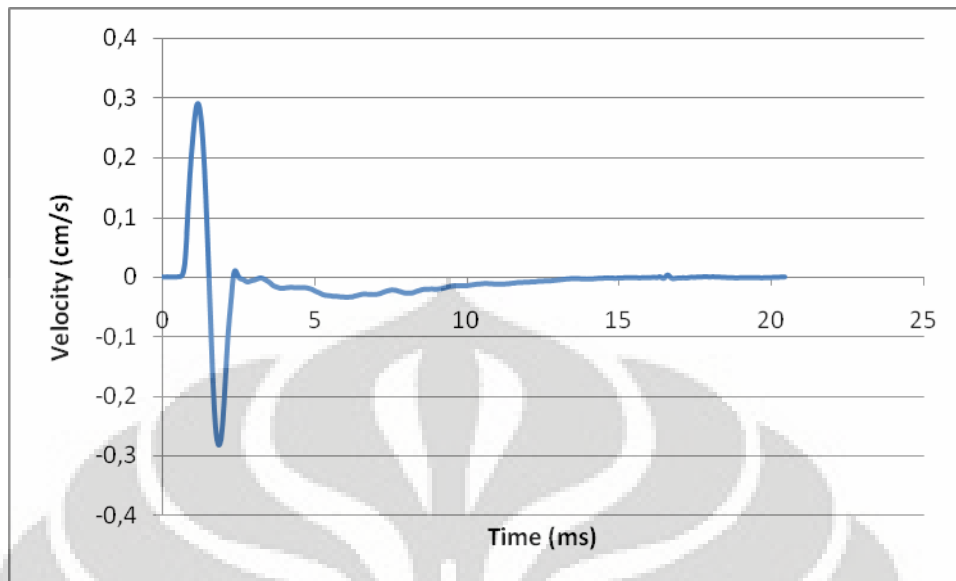


Gambar 4.25 Grafik metode average titik 13 Pile Cap As-5

Tabel 4.24 Analisa grafik metode average titik 13 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,14	2,32	1,18	4000	2,36
2	2,32	3,30	0,98	4000	1,96
3	3,30	4,26	0,96	4000	1,92

4.2.1.2.13 Titik 14

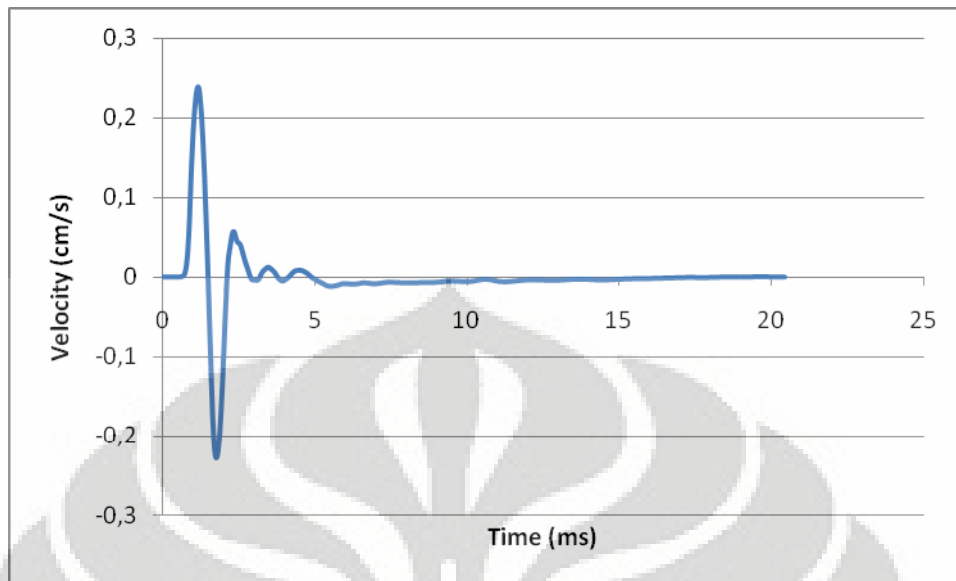


Gambar 4.26 Grafik metode average titik 14 Pile Cap As-5

Tabel 4.25 Analisa grafik metode average titik 14 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,34	1,22	4000	2,44
2	2,34	3,06	0,72	4000	1,44
3	3,06	4,98	1,92	4000	3,84

4.2.1.2.14 Titik 15

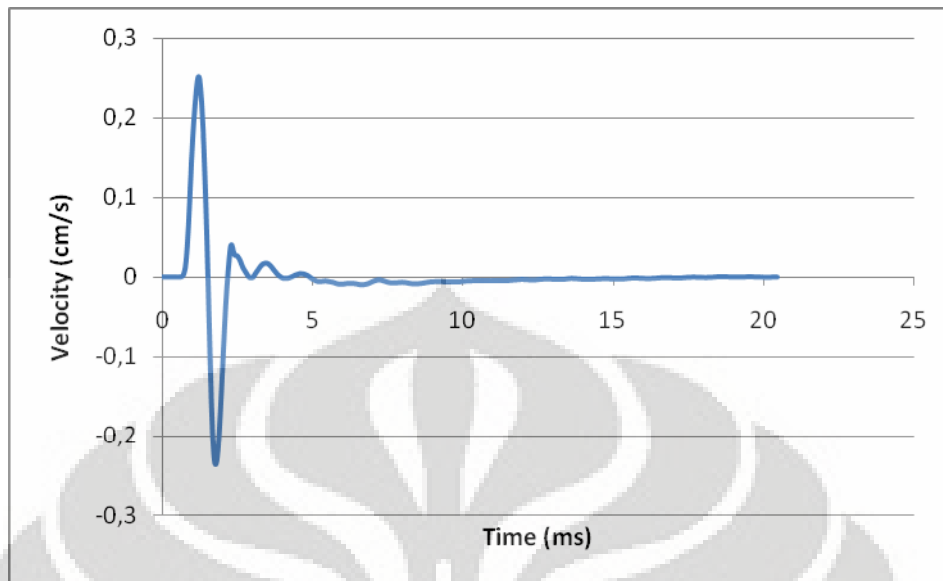


Gambar 4.27 Grafik metode average titik 15 Pile Cap As-5

Tabel 4.26 Analisa grafik metode average titik 15 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,14	2,30	1,16	4000	2,32
2	2,30	2,88	0,58	4000	1,16
3	2,88	4,22	1,34	4000	2,68

4.2.1.2.15 Titik 16

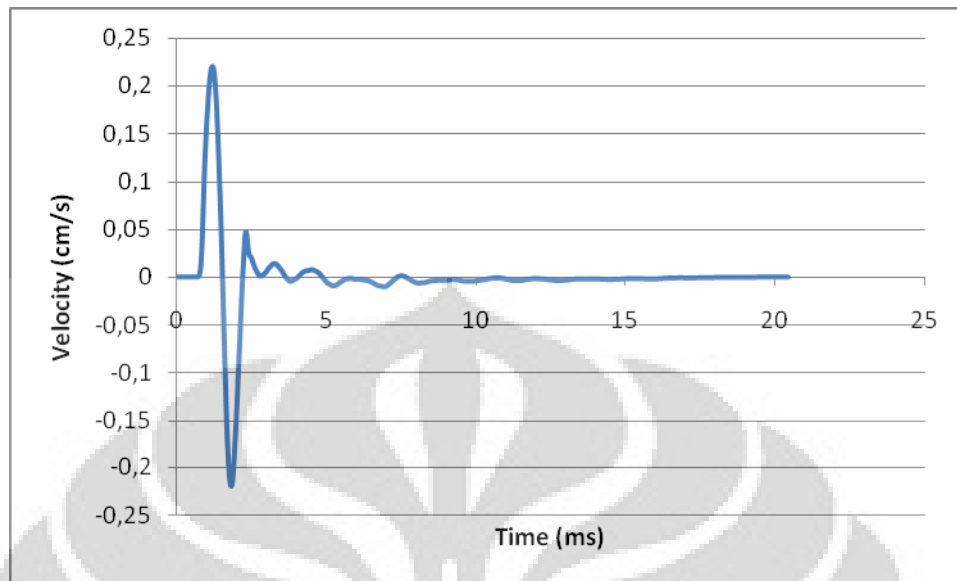


Gambar 4.28 Grafik metode average titik 16 Pile Cap As-5

Tabel 4.27 Analisa grafik metode average titik 16 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,26	1,08	4000	2,16
2	2,26	3,14	0,88	4000	1,76
3	3,14	4,20	1,06	4000	2,12

4.2.1.2.16 Titik 17

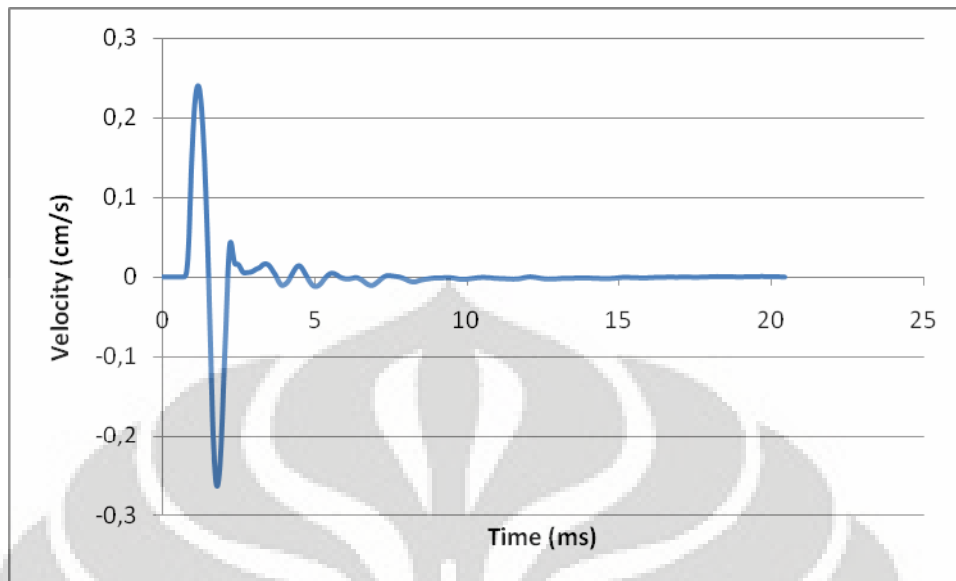


Gambar 4.29 Grafik metode average titik 17 Pile Cap As-5

Tabel 4.28 Analisa grafik metode average titik 17 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,28	1,16	4000	2,32
2	2,28	2,95	0,66	4000	1,32
3	2,95	4,12	1,18	4000	2,36

4.2.1.2.17 Titik 18

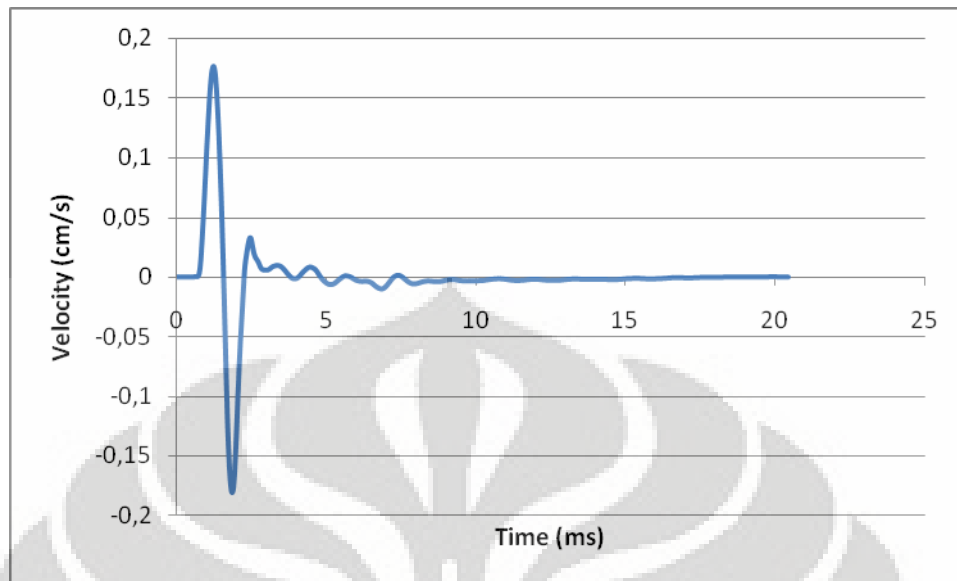


Gambar 4.30 Grafik metode average titik 18 Pile Cap As-5

Tabel 4.29 Analisa grafik metode average titik 18 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,22	1,10	4000	2,20
2	2,22	2,94	0,72	4000	1,44
3	2,94	4,12	4,12	4000	2,36

4.2.1.2.18 Titik 19

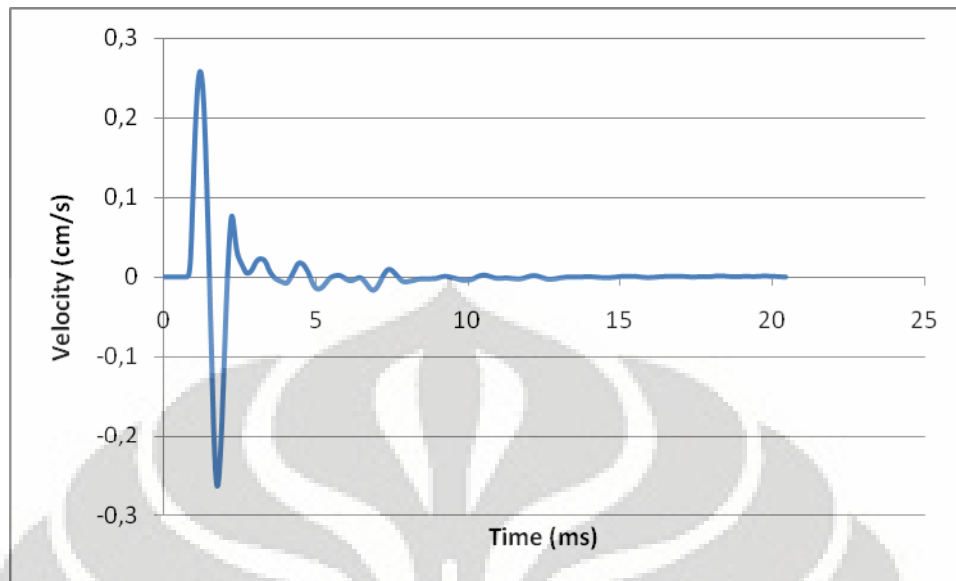


Gambar 4.31 Grafik metode average titik 19 Pile Cap As-5

Tabel 4.30 Analisa grafik metode average titik 19 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,40	1,24	4000	2,48
2	2,40	2,96	0,56	4000	1,12
3	2,96	4,10	1,14	4000	2,28

4.2.1.2.19 Titik 20

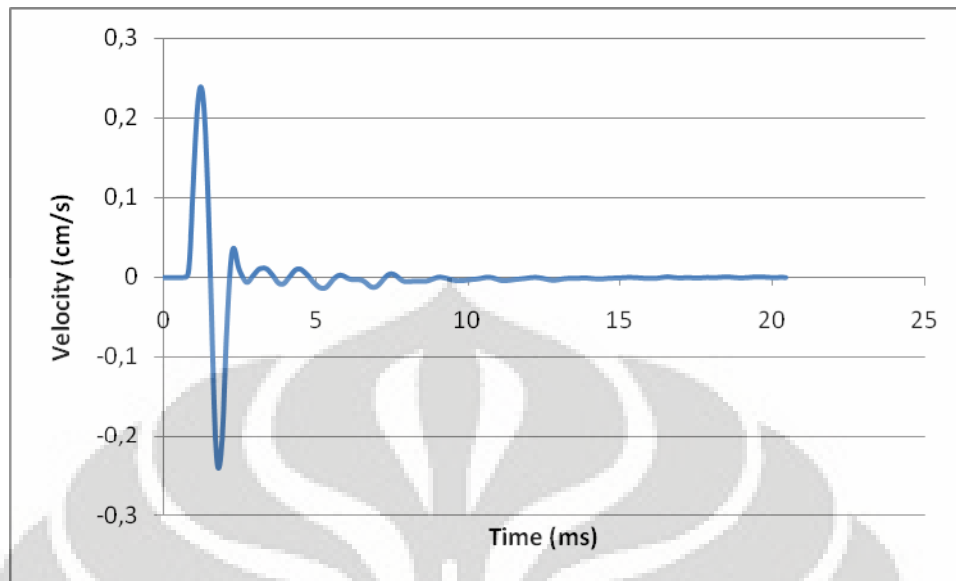


Gambar 4.32 Grafik metode average titik 20 Pile Cap As-5

Tabel 4.31 Analisa grafik metode average titik 20 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,22	1,04	4000	2,08
2	2,22	2,96	0,74	4000	1,48
3	2,96	4,32	1,36	4000	2,72

4.2.1.2.20 Titik 21



Gambar 4.33 Grafik metode average titik 21 Pile Cap As-5

Tabel 4.33 Analisa grafik metode average titik 21 pile cap As-5

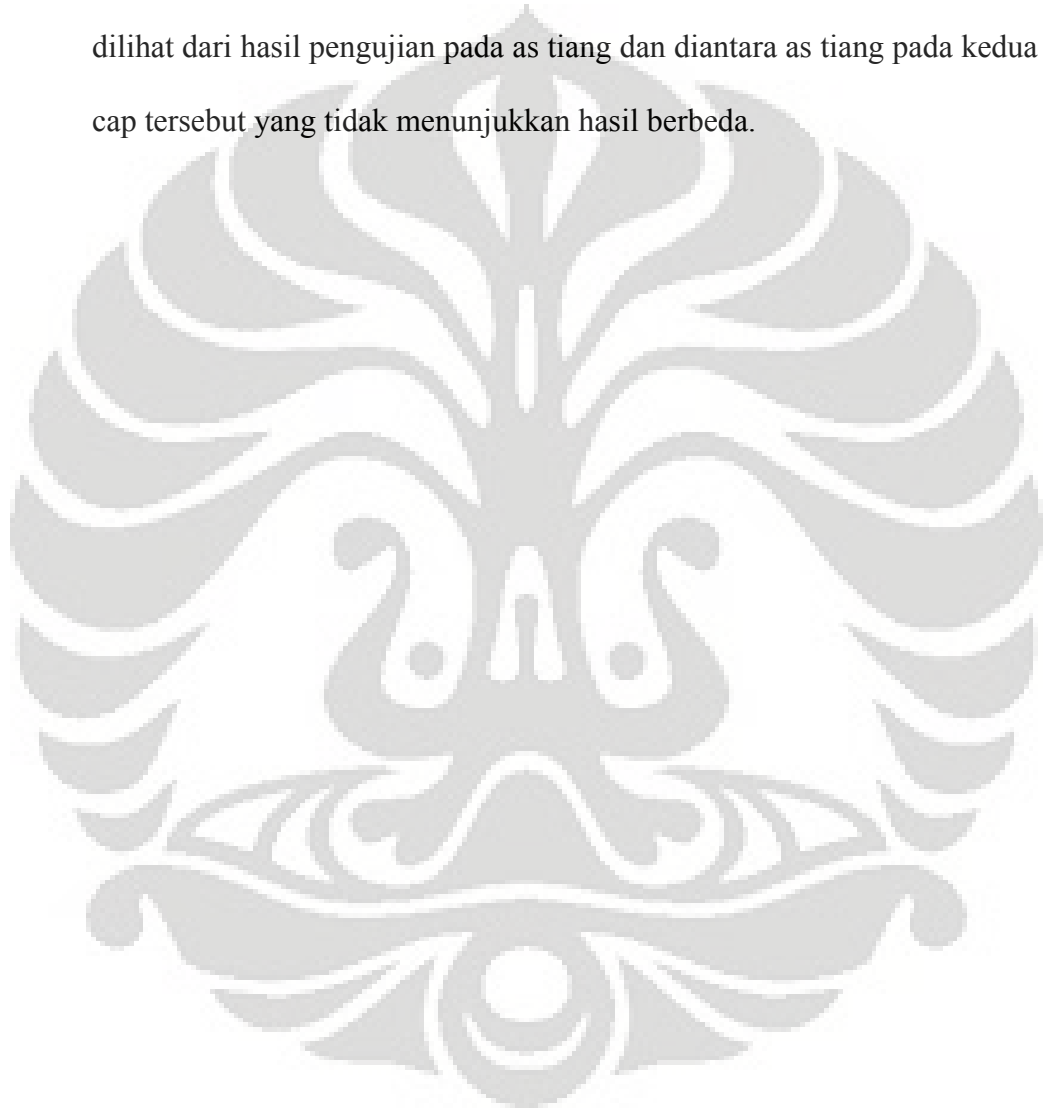
Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,26	1,08	4000	2,16
2	2,26	2,90	0,64	4000	1,28
3	2,90	4,12	1,22	4000	2,44

Tabel 4.33 Tabel hasil pengujian tebal pile cap dengan metode average pada pile cap as-4 dan pile cap as-5

FILE CAP	LOKASI TITIK	METODE TIME DOMAIN						
		Metode Average						
		L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	SD (m)	Average (m)	Min (m)	Max (m)
File Cap I (As- 4)	Astiang							
	Titik 1	1,96	2,68	5,92	2,11	3,52	1,96	5,92
	Titik 2	2,12	2,36	4,64	1,39	3,04	2,12	4,64
	Titik 3	2,24	2,32	1,72	0,33	2,09	1,72	2,32
	Titik 4	2,04	2,8	1,52	0,64	2,12	1,52	2,80
	Titik 5	2,12	2,56	1,6	0,48	2,09	1,60	2,56
	Titik 6	2,2	2,92	2,16	0,43	2,43	2,16	2,92
	Average (m)	2,11	2,61	2,93				
	Standar deviasi (m)	0,10	0,24	1,88				
	Min (m)	1,96	2,32	1,52				
	Max (m)	2,24	2,92	5,92				
	Diantara Astiang							
	Titik 7	2,66	2,46	1,72	0,50	2,28	1,72	2,66
	Titik 8	2,64	2,5	1,9	0,39	2,35	1,90	2,64
	Titik 9	2,24	2,44	1,72	0,37	2,13	1,72	2,44
	Titik 10	2,24	1,68	1,92	0,28	1,95	1,68	2,24
	Titik 11	2,12	2,68	3,88	0,90	2,89	2,12	3,88
	Titik 12	2,36	3,16	4,6	1,14	3,37	2,36	4,60
	Average (m)	2,38	2,49	2,62				
	Standar deviasi (m)	0,23	0,48	1,28				
	Min (m)	2,12	1,68	1,72				
Max (m)	2,66	3,16	4,60					
File Cap II (As- 5)	Astiang							
	Titik 1	2,2	2,64	1,92	0,36	2,25	1,92	2,64
	Titik 2	2,2	2,64	1,72	0,46	2,19	1,72	2,64
	Titik 3	2,44	3,84	5,16	1,36	3,81	2,44	5,16
	Titik 4	2,12	4,2	2,36	1,14	2,89	2,12	4,20
	Titik 5	2,28	1,92	1,92	0,21	2,04	1,92	2,28
	Titik 6	2,36	1,28	2,76	0,77	2,13	1,28	2,76
	Titik 7	2,48	1,28	2,76	0,79	2,17	1,28	2,76
	Titik 8	2,32	1,52	2,2	0,43	2,01	1,52	2,32
	Titik 10	2,4	4,76	5,16	1,49	4,11	2,40	5,16
	Titik 11	2,48	2,16	2	0,24	2,21	2,00	2,48
	Titik 12	2,32	3,84	4,52	1,13	3,56	2,32	4,52
	Average (m)	2,33	2,73	2,95				
	Standar deviasi (m)	0,12	1,24	1,33				
	Min (m)	2,12	1,28	1,72				
	Max (m)	2,48	4,76	5,16				
	Diantara Astiang							
	Titik 13	2,36	1,96	1,92	0,24	2,08	1,92	2,36
	Titik 14	2,44	1,44	3,84	1,21	2,57	1,44	3,84
	Titik 15	2,32	1,16	2,68	0,79	2,05	1,16	2,68
	Titik 16	2,16	1,76	2,12	0,22	2,01	1,76	2,16
Titik 17	2,32	1,32	2,36	0,59	2,00	1,32	2,36	
Titik 18	2,2	1,44	2,36	0,49	2,00	1,44	2,36	
Titik 19	2,48	1,12	2,28	0,73	1,96	1,12	2,48	
Titik 20	2,08	1,48	2,72	0,62	2,09	1,48	2,72	
Titik 21	2,16	1,28	2,44	0,61	1,96	1,28	2,44	
Average (m)	2,28	1,44	2,52					
Standar deviasi (m)	0,14	0,27	0,55					
Min (m)	2,08	1,12	1,92					
Max (m)	2,48	1,96	3,84					

Dari hasil analisa pada kedua pile cap (As-4 dan As-5) dengan menggunakan metode average didapatkan hasil :

1. Nilai pengujian pada kedua pile cap tidak ada yang menunjukkan keseragaman hasil, yaitu mendekati tebal pile cap sebenarnya = 1,5 m.
2. Lokasi pengujian ternyata tidak mempengaruhi hasil pengujian. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian pada as tiang dan diantara as tiang pada kedua pile cap tersebut yang tidak menunjukkan hasil berbeda.

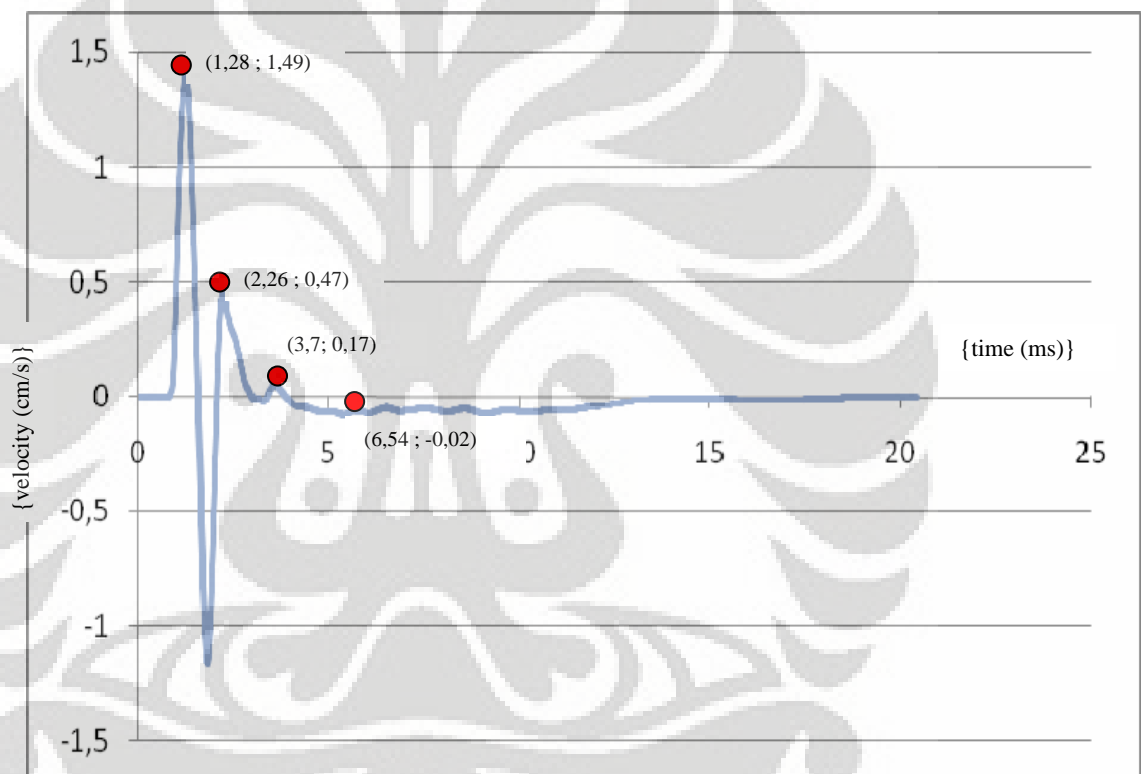


4.2.2 Metode Stacking

Pada metode ini, penulis menganalisa satu hasil gelombang yang mewakili penggabungan dari enam gelombang yang telah dihasilkan dari alat pada saat pengujian langsung. Proses analisa grafik sama seperti metode average sebelumnya.

4.2.2.1 Pile Cap As-4

4.2.2.1.1 Titik 1



Gambar 4.34 Grafik metode stacking titik 1 Pile Cap As-4

Contoh analisa :

- Puncak gelombang 1 (t_1) = 1,28 ms
- Puncak gelombang 2 (t_2) = 2,26 ms
- $\Delta t = t_2 - t_1 = 2,26 \text{ ms} - 1,28 \text{ ms}$
 $= 0,98 \text{ ms} = 0,00098 \text{ sekon}$

- Asumsi : $V_c = 4000 \text{ m/s}$ (beton kualitas tinggi)
- Panjang tiang = $L = \frac{v_c \times \Delta t}{2}$

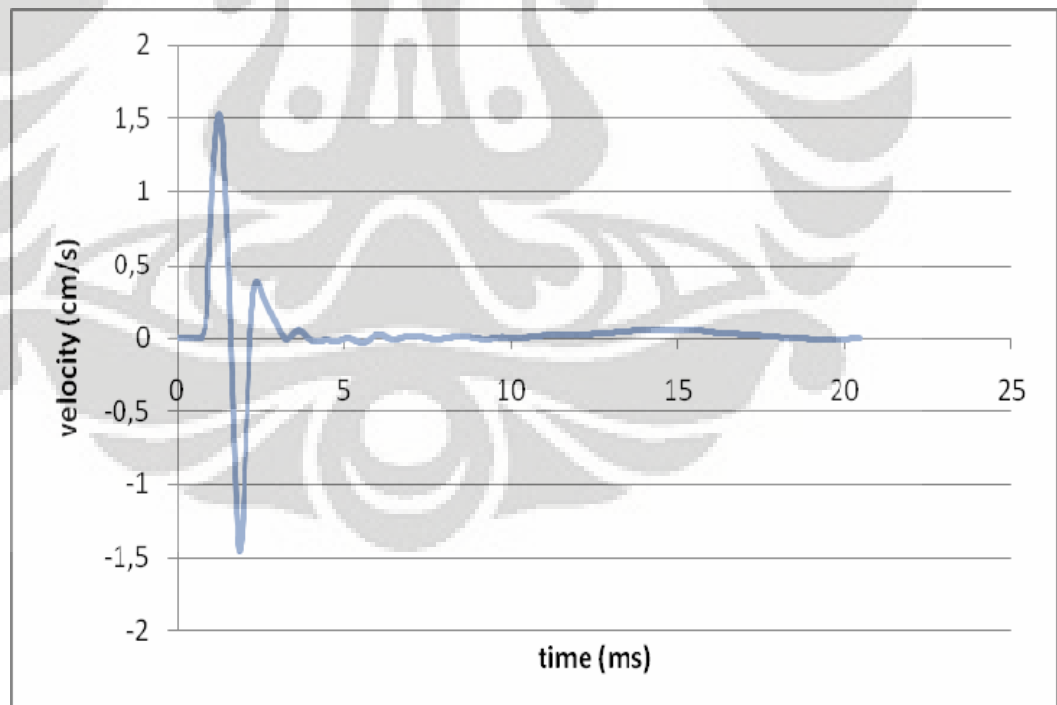
$$L = \frac{4000 \text{ m/s} \times 0,00098 \text{ s}}{2} = 1,960 \text{ m}$$

Untuk titik selanjutnya dapat ditampilkan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4.34 Analisa grafik metode stacking titik 1 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,28	2,26	0,98	4000	1,96
2	2,26	3,74	1,48	4000	2,96
3	3,74	6,54	2,80	4000	5,60

4.2.2.1.2 Titik 2

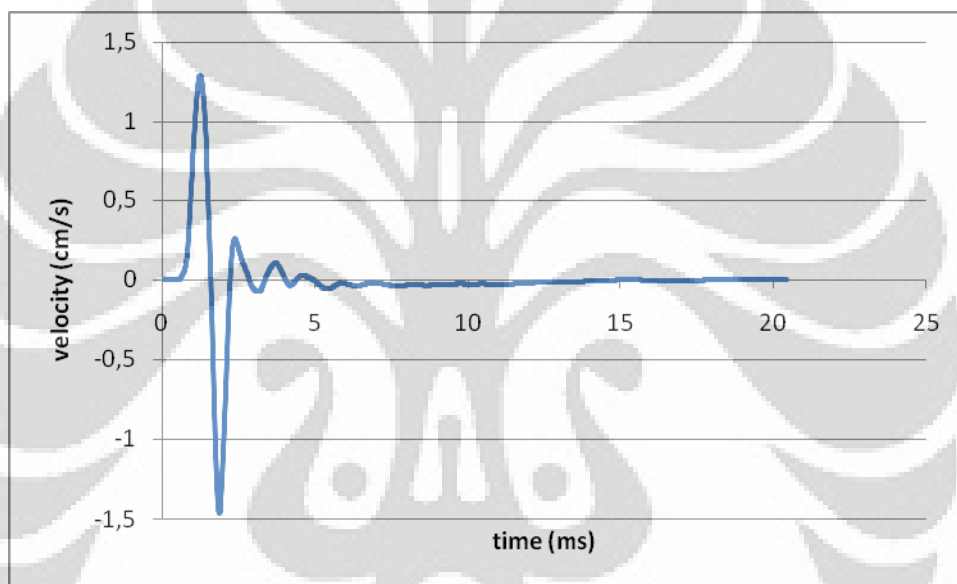


Gambar 4.35 Grafik metode stacking titik 2 Pile Cap As-4

Tabel 4.35 Analisa grafik metode stacking titik 2 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,20	2,26	1,10	4000	2,20
2	2,26	3,74	1,04	4000	2,08
3	3,74	5,72	2,38	4000	4,76

4.2.2.1.3 Titik 3

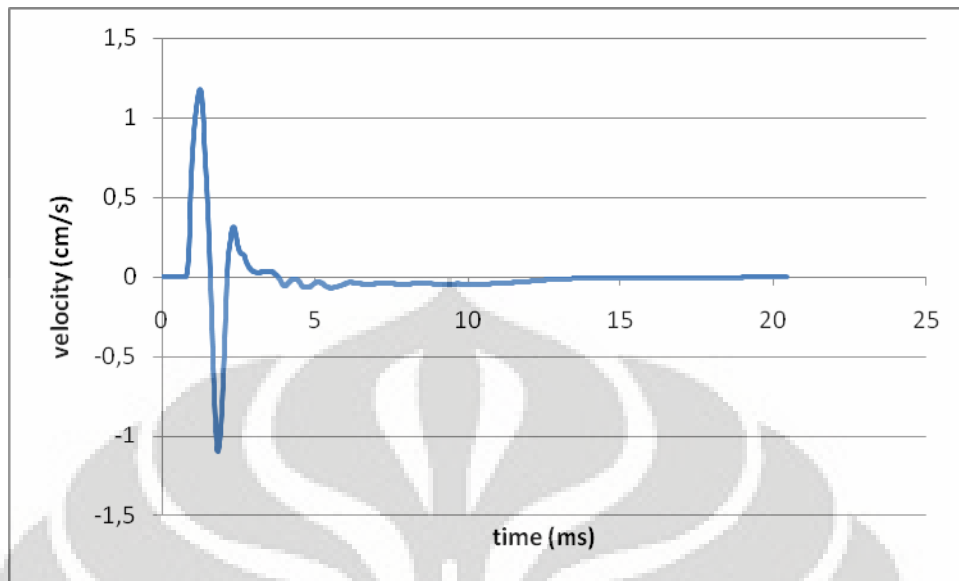


Gambar 4.36 Grafik metode stacking titik 3 Pile Cap As-4

Tabel 4.36 Analisa grafik metode stacking titik 3 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,28	2,44	1,16	4000	2,32
2	2,44	3,78	1,34	4000	2,68
3	3,78	5,06	1,28	4000	2,56

4.2.2.1.4 Titik 4

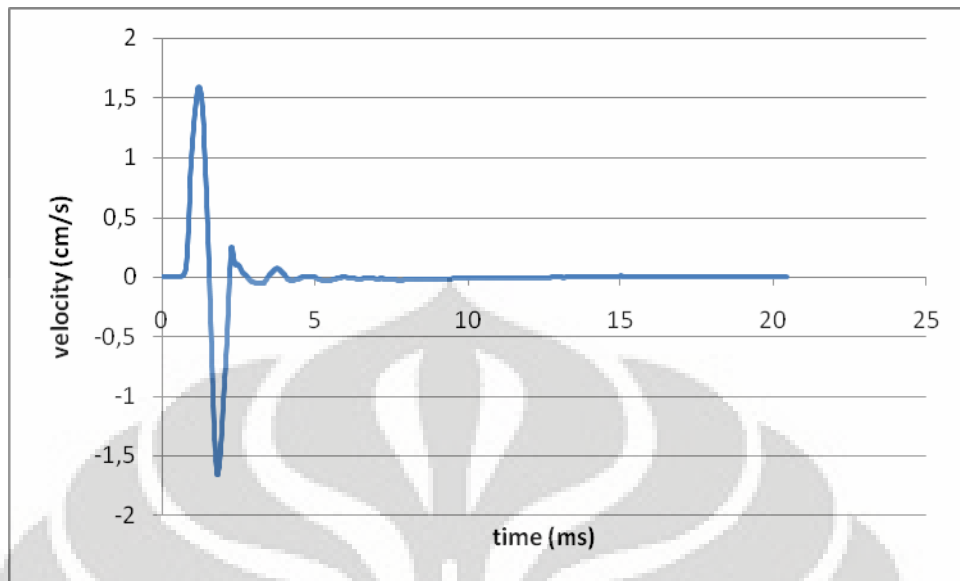


Gambar 4.37 Grafik metode stacking titik 4 Pile Cap As-4

Tabel 4.37 Analisa grafik metode stacking titik 4 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,20	2,30	1,10	4000	2,20
2	2,30	3,94	1,64	4000	3,28
3	3,94	4,94	1,00	4000	2,00

4.2.2.1.5 Titik 5

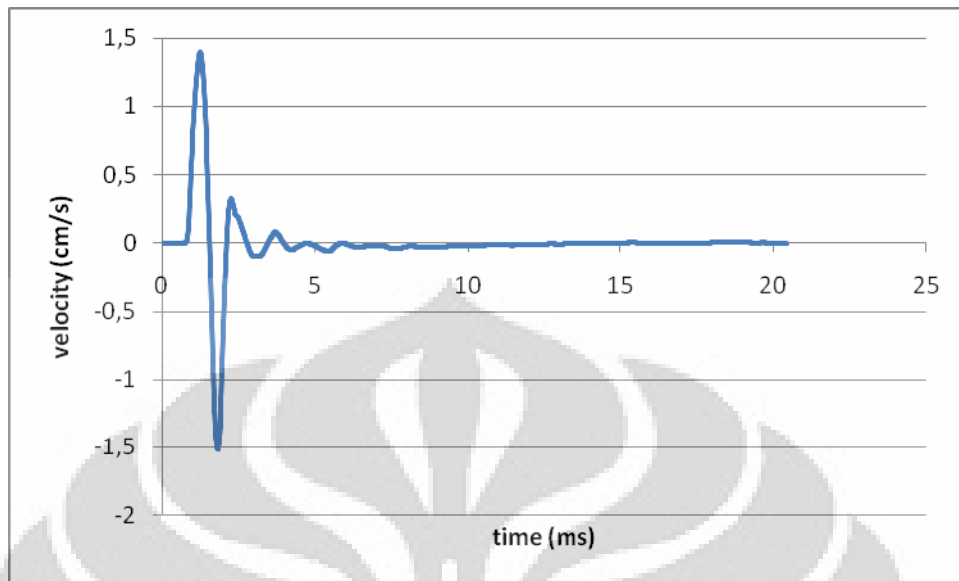


Gambar 4.38 Grafik metode stacking titik 5 Pile Cap As-4

Tabel 4.38 Analisa grafik metode stacking titik 5 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,26	1,10	4000	2,20
2	2,26	3,56	1,30	4000	2,60
3	3,56	4,44	0,88	4000	1,76

4.2.2.1.6 Titik 6

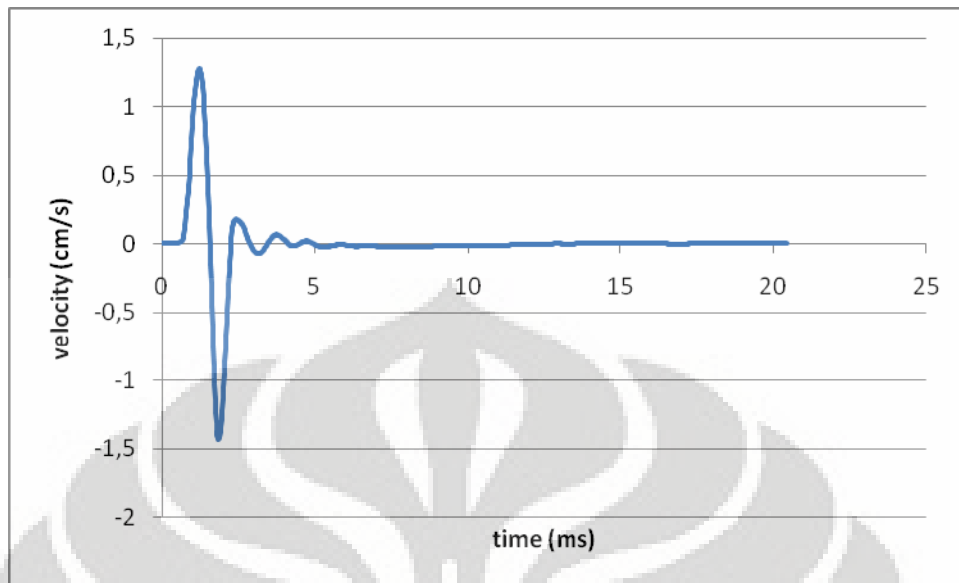


Gambar 4.39 Grafik metode stacking titik 6 Pile Cap As-4

Tabel 4.39 Analisa grafik metode stacking titik 6 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,30	2,30	1,00	4000	2,00
2	2,30	3,86	1,56	4000	3,12
3	3,86	4,96	1,10	4000	2,20

4.2.2.1.7 Titik 7

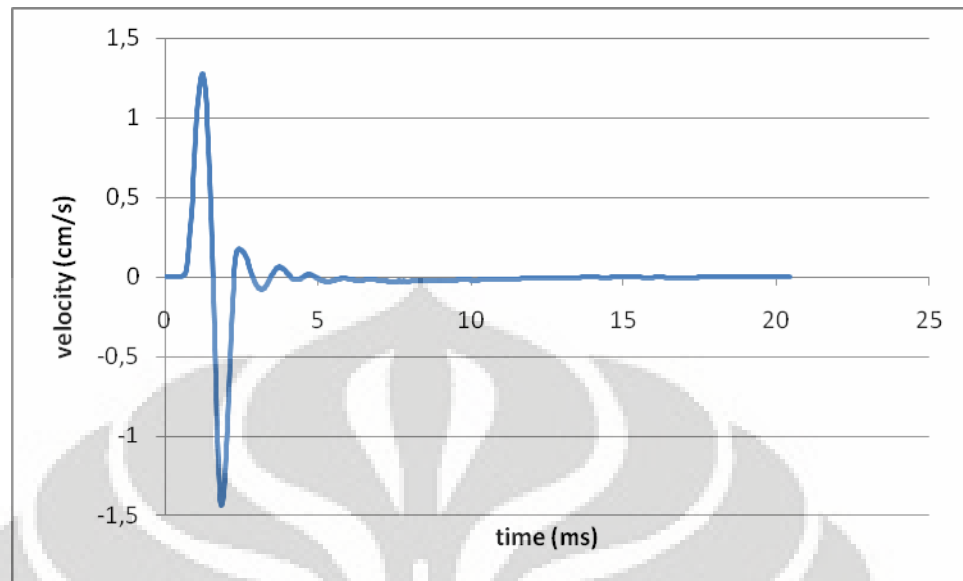


Gambar 4.40 Grafik metode stacking titik 7 Pile Cap As-4

Tabel 4.40 Analisa grafik metode stacking titik 7 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,32	1,16	4000	2,32
2	2,32	3,50	1,18	4000	2,36
3	3,50	4,20	0,70	4000	1,40

4.2.2.1.8 Titik 8

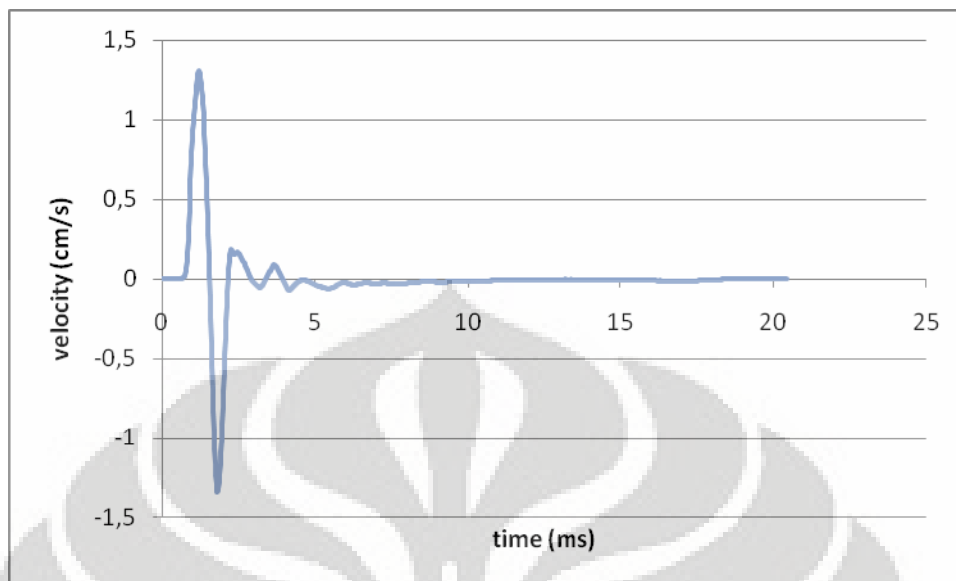


Gambar 4.41 Grafik metode stacking titik 8 Pile Cap As-4

Tabel 4.41 Analisa grafik metode stacking titik 8 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,32	1,16	4000	2,32
2	2,32	3,48	1,16	4000	2,32
3	3,48	4,32	0,84	4000	1,68

4.2.2.1.9 Titik 9

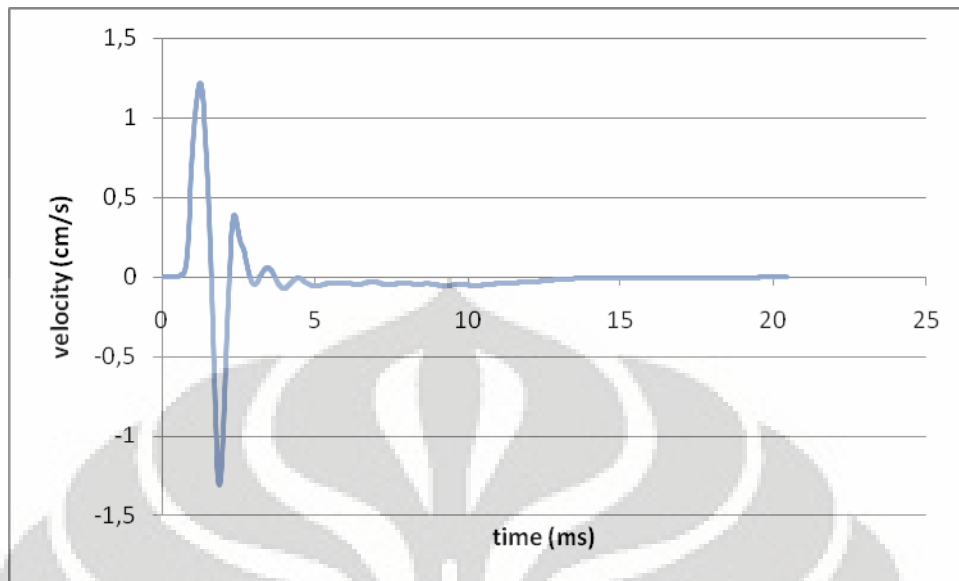


Gambar 4.42 Grafik metode stacking titik 9 Pile Cap As-4

Tabel 4.42 Analisa grafik metode stacking titik 9 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,22	1,04	4000	2,08
2	2,22	3,52	1,30	4000	2,60
3	3,52	4,34	0,82	4000	1,64

4.2.2.1.10 Titik 10

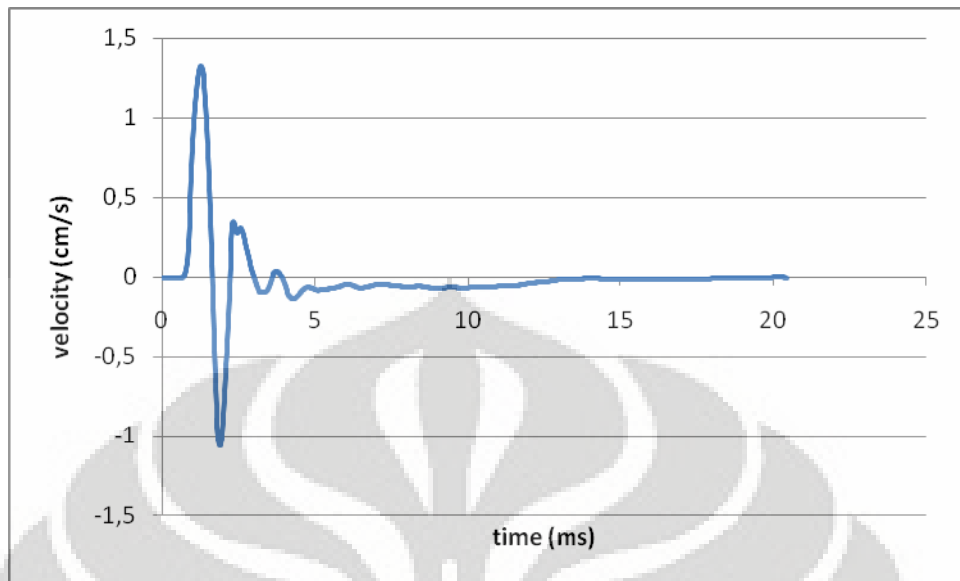


Gambar 4.43 Grafik metode stacking titik 10 Pile Cap As-4

Tabel 4.43 Analisa grafik metode stacking titik 10 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,20	2,32	1,12	4000	2,24
2	2,32	3,26	0,94	4000	1,88
3	3,26	4,10	0,84	4000	1,68

4.2.2.1.11 Titik 11

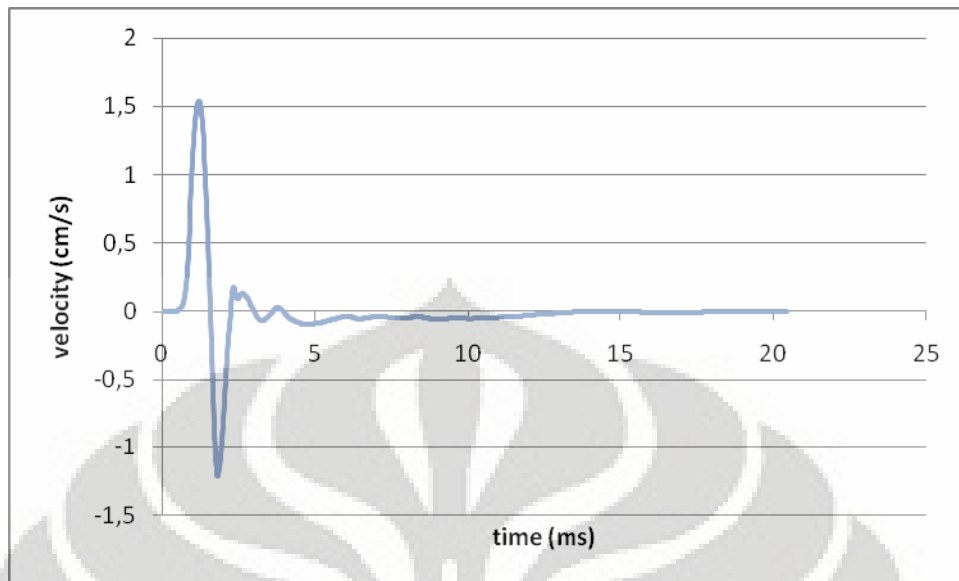


Gambar 4.44 Grafik metode stacking titik 11 Pile Cap As-4

Tabel 4.44 Analisa grafik metode stacking titik 11 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,20	2,32	1,12	4000	2,24
2	2,32	3,62	1,30	4000	2,60
3	3,62	5,60	1,98	4000	3,96

4.2.2.1.12 Titik 12



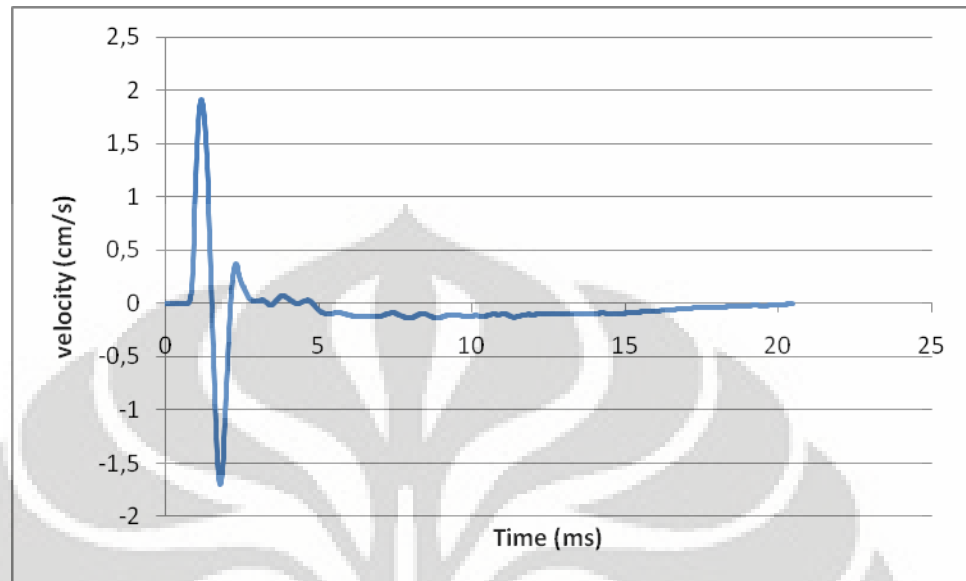
Gambar 4.45 Grafik metode stacking titik 12 Pile Cap As-4

Tabel 4.45 Analisa grafik metode stacking titik 12 pile cap As-4

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,32	1,16	4000	2,32
2	2,32	3,56	1,24	4000	2,48
3	3,56	5,78	2,22	4000	4,44

4.2.2.2 Pile Cap As-5

4.2.2.2.1 Titik 1

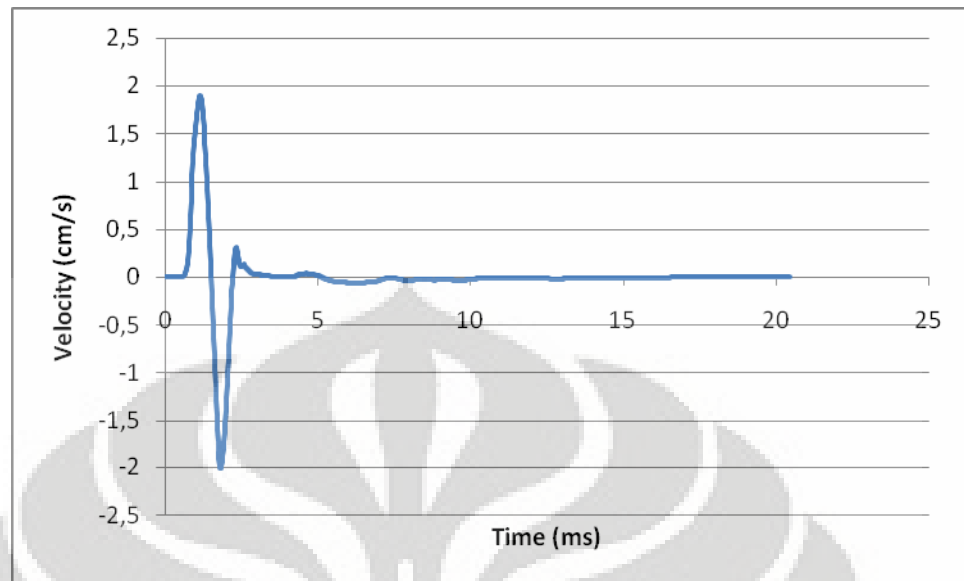


Gambar 4.46 Grafik metode stacking titik 1 Pile Cap As-5

Tabel 4.46 Analisa grafik metode stacking titik 1 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,22	1,10	4000	2,20
2	2,22	3,56	1,34	4000	2,68
3	3,56	4,38	0,82	4000	1,64

4.2.2.2.2 Titik 2

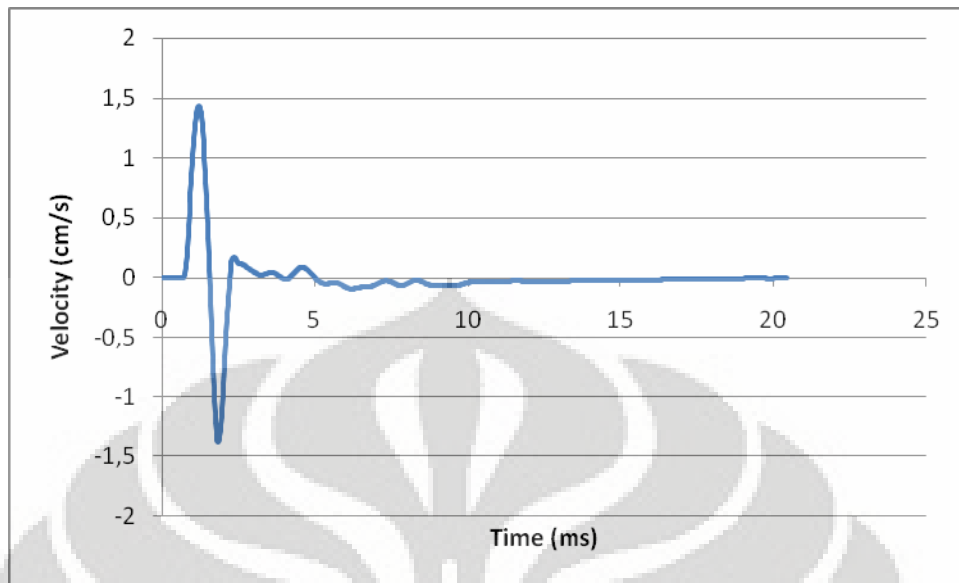


Gambar 4.47 Grafik metode stacking titik 2 Pile Cap As-5

Tabel 4.47 Analisa grafik metode stacking titik 2 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,24	1,08	4000	2,16
2	2,24	3,32	1,08	4000	2,16
3	3,32	4,48	1,16	4000	2,32

4.2.2.2.3 Titik 3

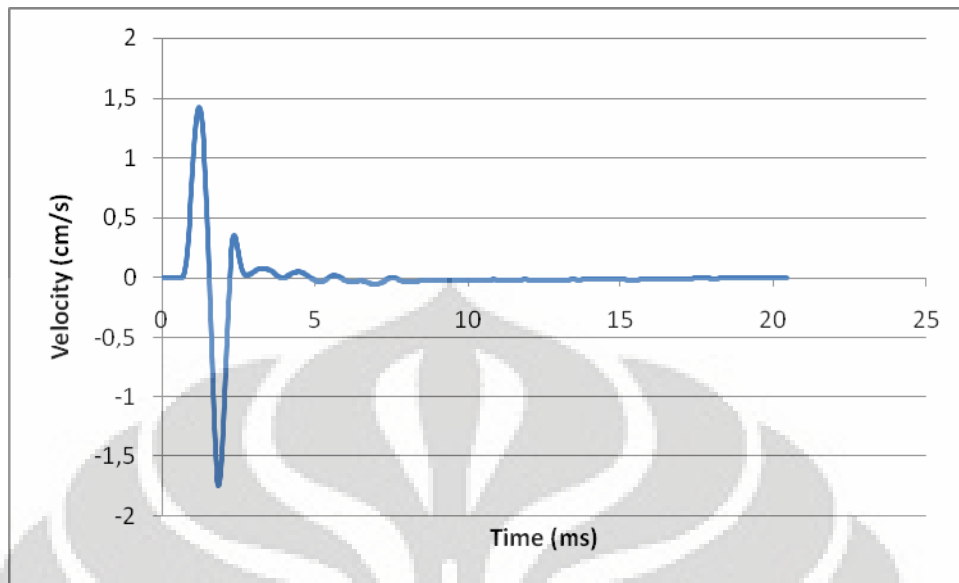


Gambar 4.48 Grafik metode stacking titik 3 Pile Cap As-5

Tabel 4.48 Analisa grafik metode stacking titik 3 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,10	2,30	1,20	4000	2,40
2	2,30	3,68	1,38	4000	2,76
3	3,68	6,64	2,96	4000	5,92

4.2.2.2.4 Titik 4

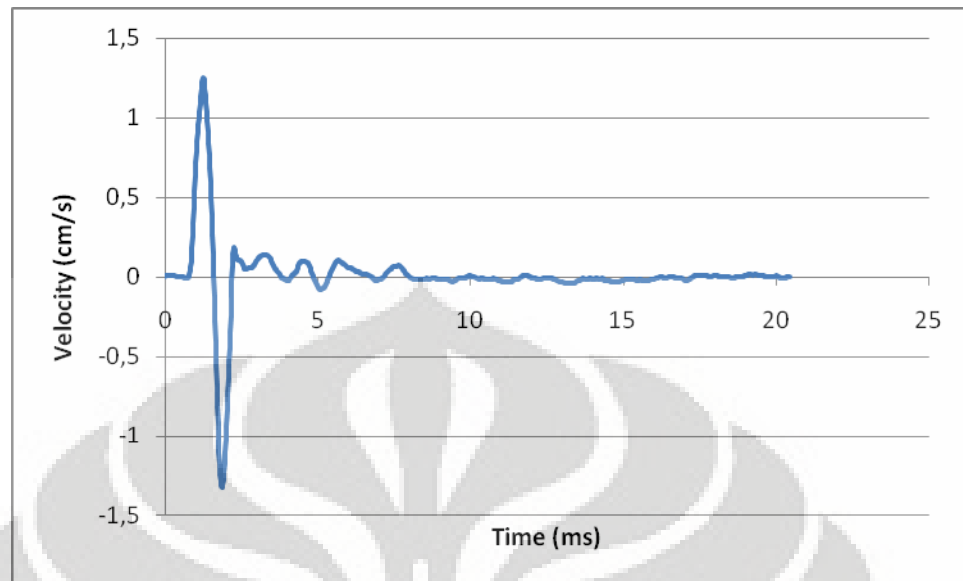


Gambar 4.49 Grafik metode stacking titik 4 Pile Cap As-5

Tabel 4.49 Analisa grafik metode stacking titik 4 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,16	2,28	1,12	4000	2,24
2	2,28	4,32	2,04	4000	4,08
3	4,32	6,82	2,50	4000	5,00

4.2.2.2.5 Titik 5

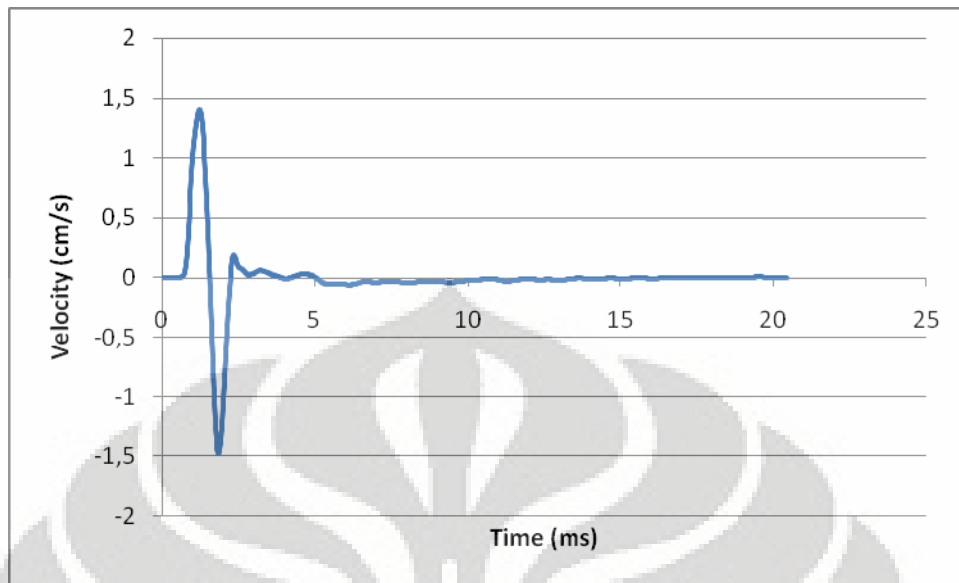


Gambar 4.50 Grafik metode stacking titik 5 Pile Cap As-5

Tabel 4.50 Analisa grafik metode stacking titik 5 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,14	2,30	1,16	4000	2,32
2	2,30	3,12	0,82	4000	1,64
3	3,12	4,08	0,96	4000	1,92

4.2.2.2.6 Titik 6

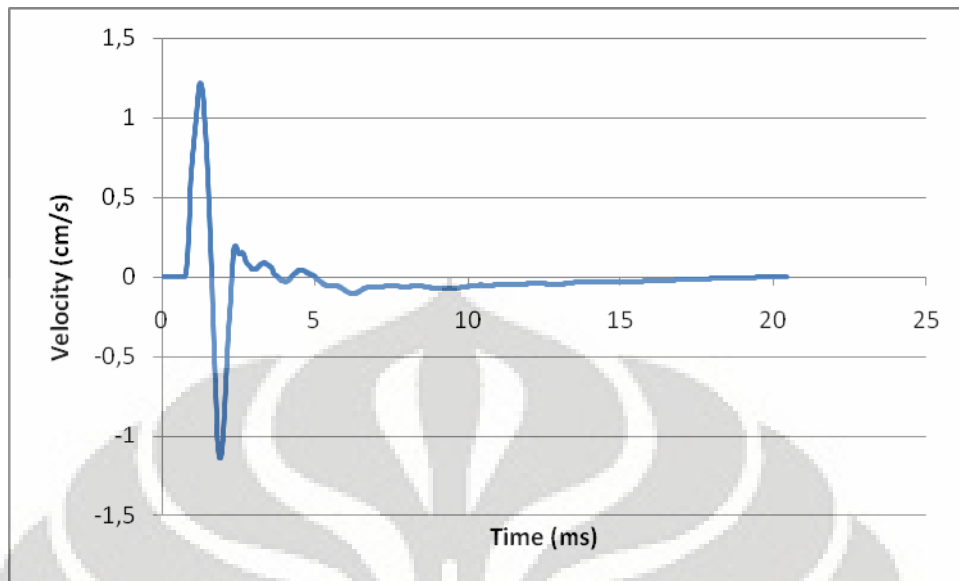


Gambar 4.51 Grafik metode stacking titik 6 Pile Cap As-5

Tabel 4.51 Analisa grafik metode stacking titik 6 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,20	2,24	1,04	4000	2,08
2	2,24	2,94	0,70	4000	1,40
3	2,94	4,34	1,40	4000	2,80

4.2.2.2.7 Titik 7

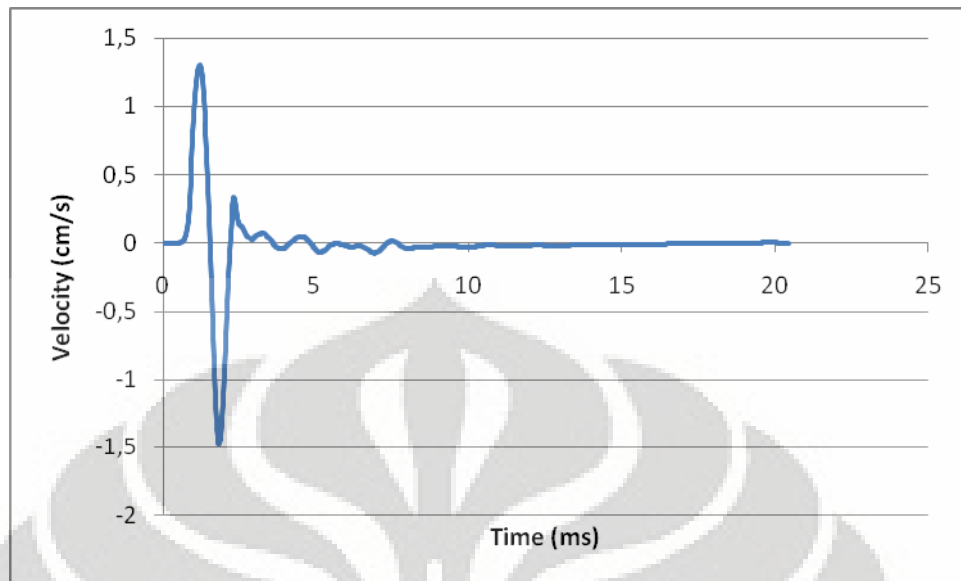


Gambar 4.52 Grafik metode stacking titik 7 Pile Cap As-5

Tabel 4.52 Analisa grafik metode stacking titik 7 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,14	2,30	1,16	4000	2,32
2	2,30	4,12	1,82	4000	3,64
3	4,12	5,86	1,74	4000	3,48

4.2.2.2.8 Titik 8

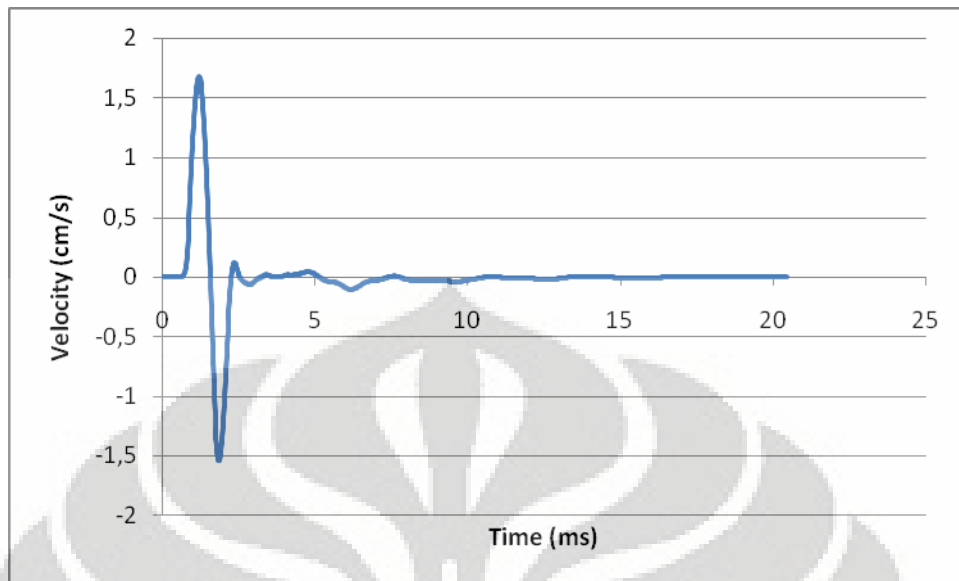


Gambar 4.53 Grafik metode stacking titik 8 Pile Cap As-5

Tabel 4.53 Analisa grafik metode stacking titik 8 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,20	2,36	1,16	4000	2,32
2	2,36	2,96	0,60	4000	1,20
3	2,96	4,24	1,28	4000	2,56

4.2.2.2.9 Titik 10

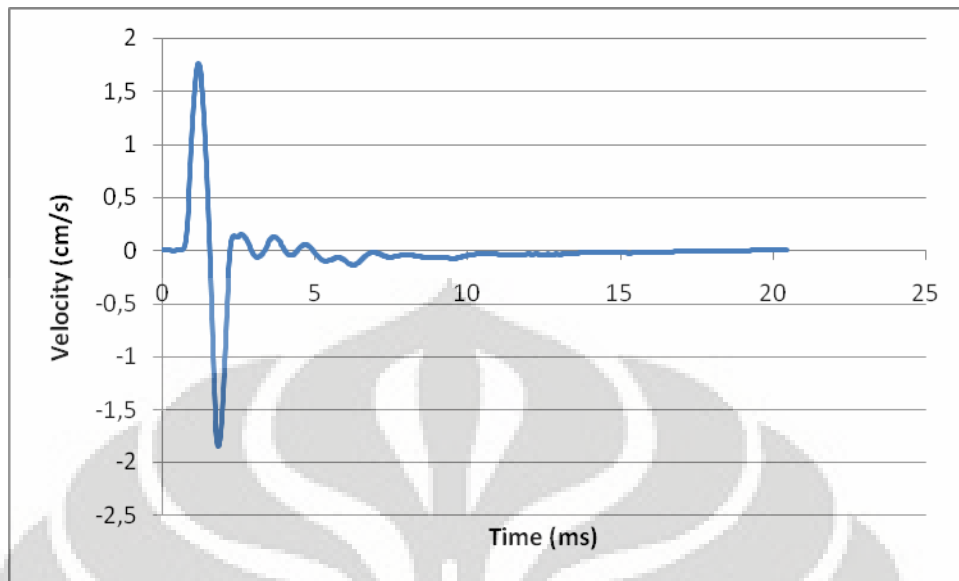


Gambar 4.54 Grafik metode stacking titik 10 Pile Cap As-5

Tabel 4.54 Analisa grafik metode stacking titik 10 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,14	2,30	1,16	4000	2,32
2	2,30	4,40	2,10	4000	4,20
3	4,40	7,30	2,90	4000	5,80

4.2.2.2.10 Titik 11

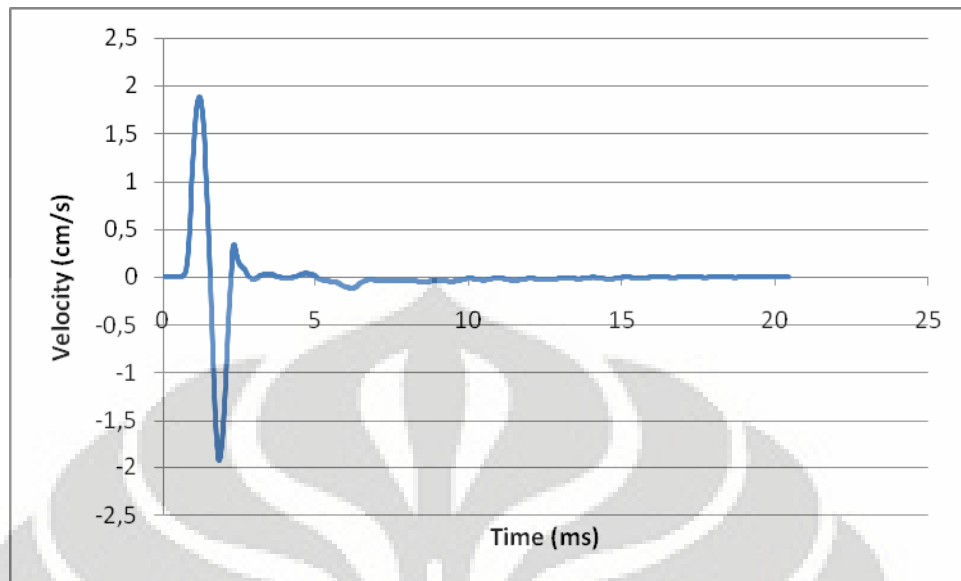


Gambar 4.55 Grafik metode stacking titik 11 Pile Cap As-5

Tabel 4.55 Analisa grafik metode stacking titik 11 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,10	2,28	1,18	4000	2,36
2	2,28	3,40	1,12	4000	2,24
3	3,40	4,08	0,68	4000	1,36

4.2.2.2.11 Titik 12

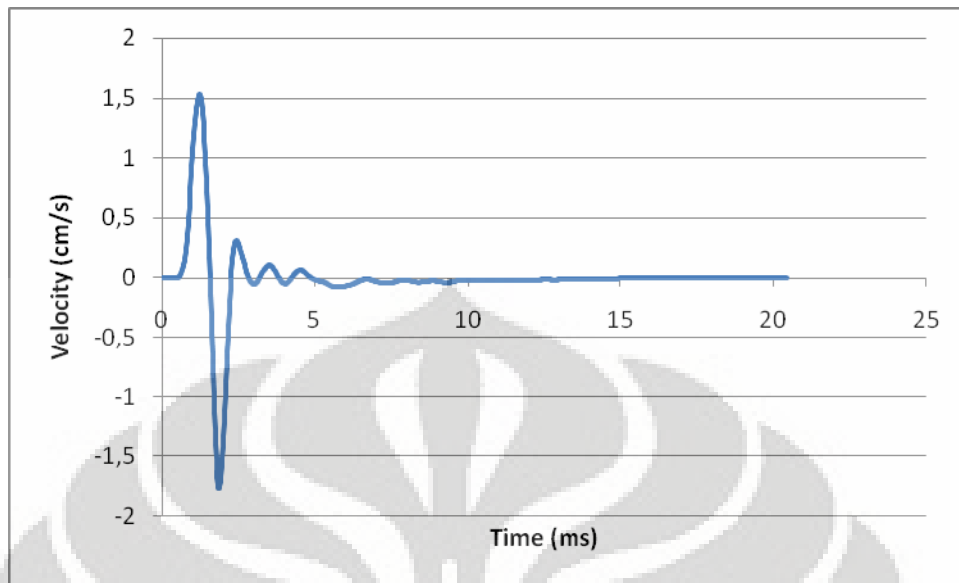


Gambar 4.56 Grafik metode stacking titik 12 Pile Cap As-5

Tabel 4.56 Analisa grafik metode stacking titik 12 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,28	1,16	4000	2,32
2	2,28	3,94	1,66	4000	3,32
3	3,94	6,20	2,26	4000	4,52

4.2.2.2.12 Titik 13

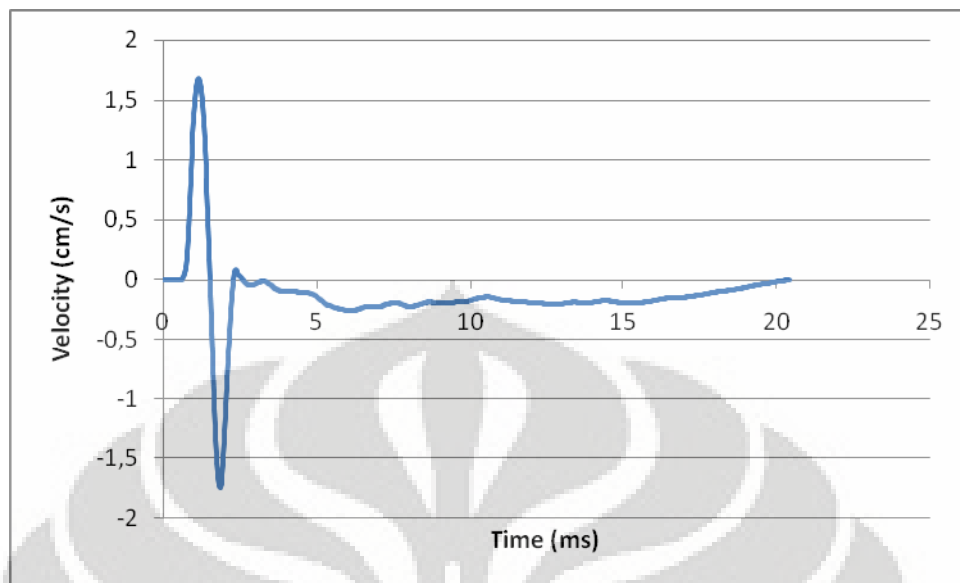


Gambar 4.57 Grafik metode stacking titik 13 Pile Cap As-5

Tabel 4.57 Analisa grafik metode stacking titik 13 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,20	2,38	1,18	4000	2,36
2	2,38	3,24	0,86	4000	1,72
3	3,24	4,22	0,98	4000	1,96

4.2.2.2.13 Titik 14

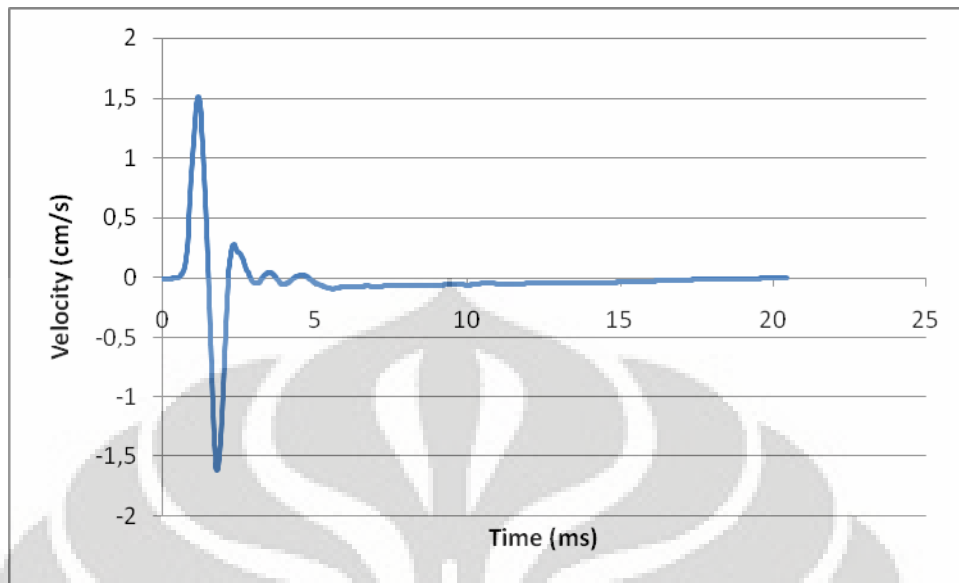


Gambar 4.58 Grafik metode stacking titik 14 Pile Cap As-5

Tabel 4.58 Analisa grafik metode stacking titik 14 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,10	2,30	1,20	4000	2,40
2	2,30	3,00	0,70	4000	1,40
3	3,00	4,20	1,20	4000	2,40

4.2.2.2.14 Titik 15

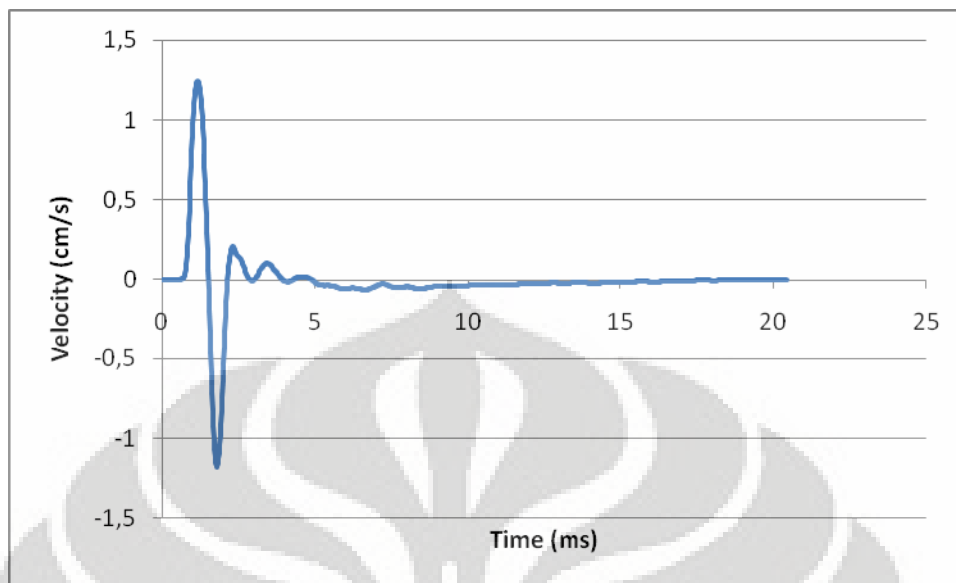


Gambar 4.59 Grafik metode stacking titik 15 Pile Cap As-5

Tabel 4.59 Analisa grafik metode stacking titik 15 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,14	2,28	1,14	4000	2,28
2	2,28	3,24	0,96	4000	1,92
3	3,24	4,28	1,04	4000	2,08

4.2.2.2.15 Titik 16

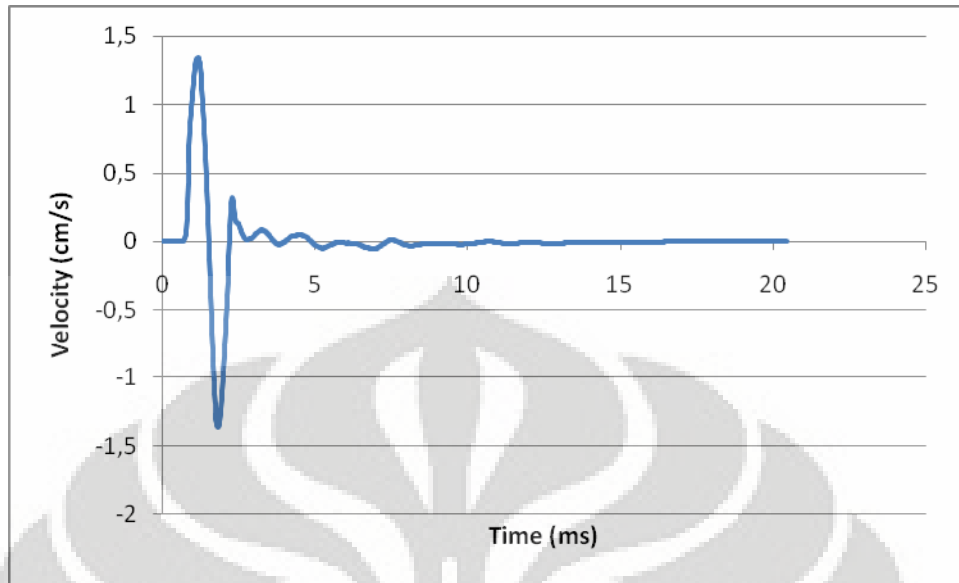


Gambar 4.60 Grafik metode stacking titik 16 Pile Cap As-5

Tabel 4.60 Analisa grafik metode stacking titik 16 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,10	2,24	1,1	4000	2,28
2	2,24	3,18	0,94	4000	1,88
3	3,18	4,34	1,16	4000	2,32

4.2.2.2.16 Titik 17

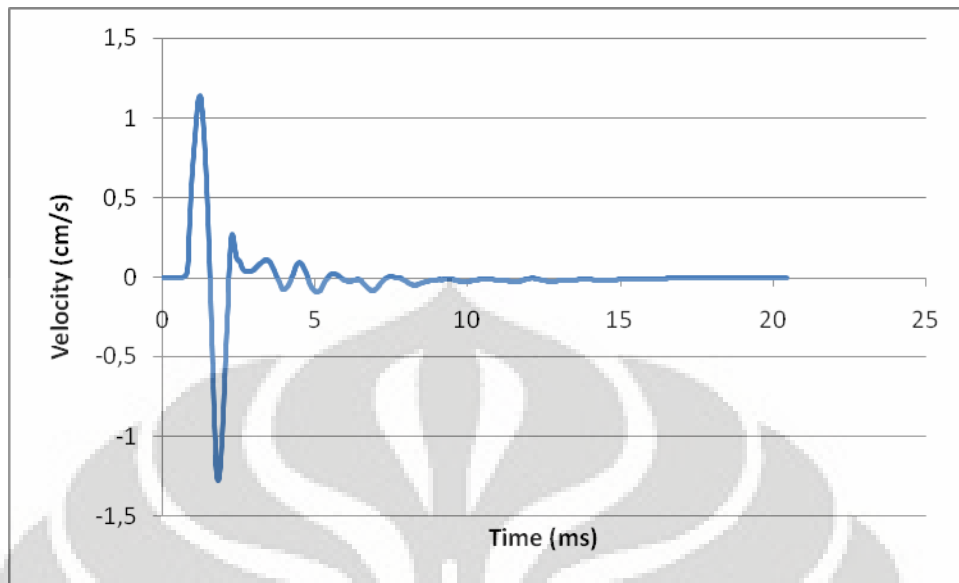


Gambar 4.61 Grafik metode stacking titik 17 Pile Cap As-5

Tabel 4.61 Analisa grafik metode stacking titik 17 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,10	2,30	1,20	4000	2,40
2	2,30	2,70	0,40	4000	0,80
3	2,70	4,18	1,48	4000	2,96

4.2.2.2.17 Titik 18

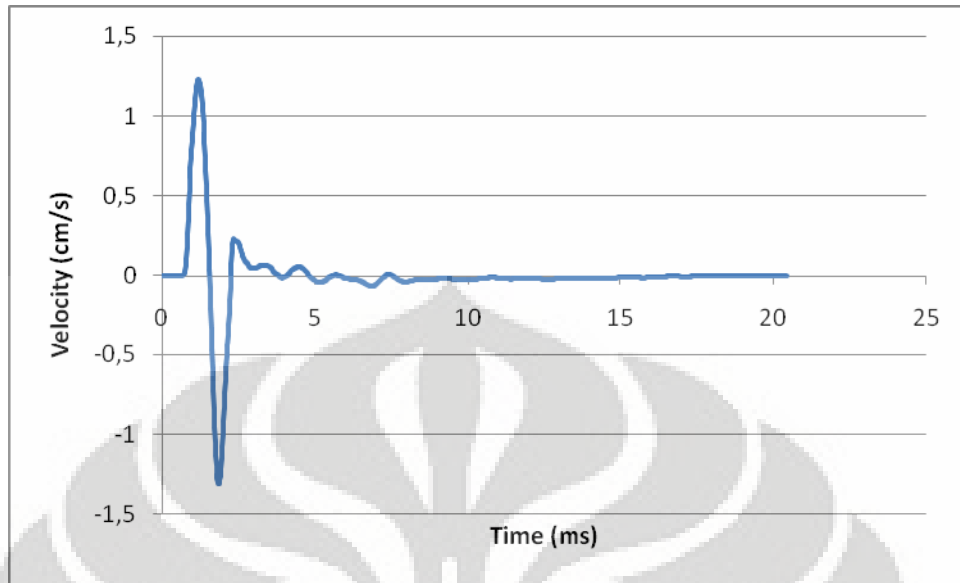


Gambar 4.62 Grafik metode stacking titik 18 Pile Cap As-5

Tabel 4.62 Analisa grafik metode stacking titik 18 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,26	1,08	4000	2,16
2	2,26	3,18	0,92	4000	1,84
3	3,18	4,38	1,20	4000	2,40

4.2.2.2.18 Titik 19

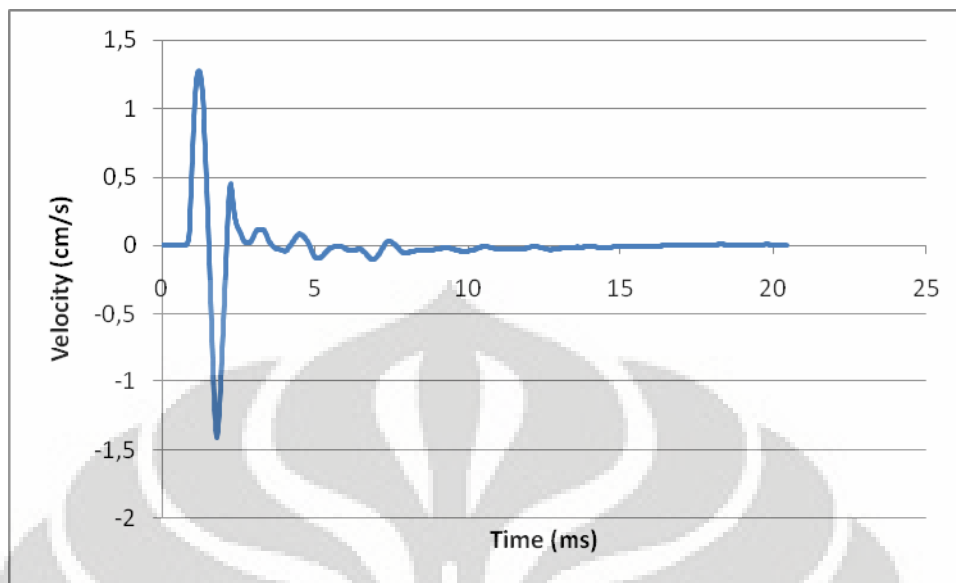


Gambar 4.63 Grafik metode stacking titik 19 Pile Cap As-5

Tabel 4.63 Analisa grafik metode stacking titik 19 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,12	2,32	1,20	4000	2,40
2	2,32	2,96	0,64	4000	1,28
3	2,96	4,02	1,06	4000	2,12

4.2.2.2.19 Titik 20

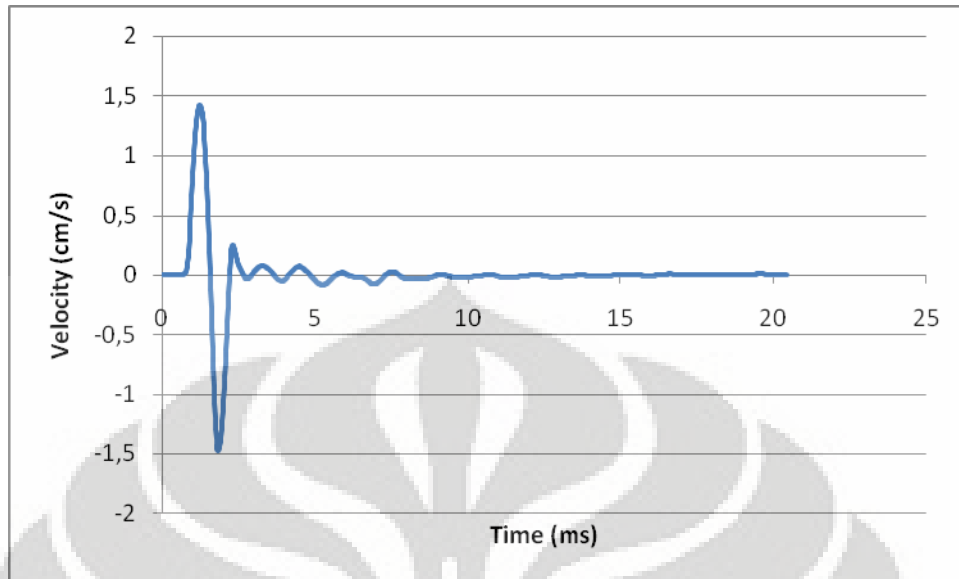


Gambar 4.64 Grafik metode stacking titik 20 Pile Cap As-5

Tabel 4.64 Analisa grafik metode stacking titik 20 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,14	2,22	1,08	4000	2,16
2	2,22	2,96	0,74	4000	1,48
3	2,96	4,28	1,32	4000	2,64

4.2.2.2.20 Titik 21



Gambar 4.65 Grafik metode stacking titik 21 Pile Cap As-5

Tabel 4.65 Analisa grafik metode stacking titik 21 pile cap As-5

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,18	2,28	1,10	4000	2,20
2	2,28	2,86	0,58	4000	1,16
3	2,86	4,24	1,38	4000	2,76

Tabel 4.66 Tabel hasil pengujian tebal pile cap dengan metode stacking pada pile cap as-4 dan pile cap as-5

FILECAP	LOKASI TITIK	METODE TIME DOMAIN						
		Metode Stacking						
		L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	SD (m)	Average (m)	Min (m)	Max (m)
File Cap I (As- 4)	Astiang							
	Titik 1	1,96	2,96	5,6	1,88	3,51	1,96	5,6
	Titik 2	2,2	2,08	4,76	1,51	3,01	2,08	4,76
	Titik 3	2,32	2,68	2,56	0,18	2,52	2,32	2,68
	Titik 4	2,2	3,28	2	0,69	2,49	2	3,28
	Titik 5	2,2	2,6	1,76	0,42	2,19	1,76	2,6
	Titik 6	2	3,12	2,2	0,60	2,44	2	3,12
	Average (m)	2,15	2,79	3,15				
	Standar deviasi (m)	0,14	0,43	1,62				
	Min (m)	1,96	2,08	1,76				
	Max (m)	2,32	3,28	5,60				
	Diantara Astiang							
	Titik 7	2,32	2,36	1,4	0,54	2,03	1,4	2,36
	Titik 8	2,32	2,32	1,68	0,37	2,11	1,68	2,32
	Titik 9	2,08	2,6	1,64	0,48	2,11	1,64	2,6
	Titik 10	2,24	1,88	1,68	0,28	1,93	1,68	2,24
	Titik 11	2,24	2,6	3,96	0,91	2,93	2,24	3,96
	Titik 12	2,32	2,48	4,44	1,18	3,08	2,32	4,44
	Average (m)	2,25	2,37	2,47				
	Standar deviasi (m)	0,09	0,27	1,36				
	Min (m)	2,08	1,88	1,40				
Max (m)	2,32	2,60	4,44					
File Cap II (As- 5)	Astiang							
	Titik 1	2,2	2,68	1,64	0,52	2,17	1,64	2,68
	Titik 2	2,16	2,16	2,32	0,09	2,21	2,16	2,32
	Titik 3	2,4	2,76	5,92	1,94	3,69	2,4	5,92
	Titik 4	2,24	4,08	5	1,41	3,77	2,24	5
	Titik 5	2,32	1,64	1,92	0,34	1,96	1,64	2,32
	Titik 6	2,08	1,4	2,8	0,70	2,09	1,4	2,8
	Titik 7	2,32	3,64	3,48	0,72	3,15	2,32	3,64
	Titik 8	2,32	1,2	2,56	0,73	2,03	1,2	2,56
	Titik 10	2,32	4,2	5,8	1,74	4,11	2,32	5,8
	Titik 11	2,36	2,24	1,36	0,55	1,99	1,36	2,36
	Titik 12	2,32	3,32	4,52	1,10	3,39	2,32	4,52
	Average (m)	2,28	2,67	3,39				
	Standar deviasi (m)	0,10	1,05	1,66				
	Min (m)	2,08	1,20	1,36				
	Max (m)	2,40	4,20	5,92				
	Diantara Astiang							
	Titik 13	2,36	1,72	1,96	0,32	2,01	1,72	2,36
	Titik 14	2,4	1,4	2,4	0,58	2,07	1,4	2,4
	Titik 15	2,28	1,92	2,08	0,18	2,09	1,92	2,28
	Titik 16	2,28	1,88	2,32	0,24	2,16	1,88	2,32
Titik 17	2,4	0,8	2,96	1,12	2,05	0,8	2,96	
Titik 18	2,16	1,84	2,4	0,28	2,13	1,84	2,4	
Titik 19	2,4	1,28	2,12	0,58	1,93	1,28	2,4	
Titik 20	2,16	1,48	2,64	0,58	2,09	1,48	2,64	
Titik 21	2,2	1,16	2,76	0,81	2,04	1,16	2,76	
Average (m)	2,29	1,50	2,40					
Standar deviasi (m)	0,10	0,38	0,33					
Min (m)	2,16	0,80	1,96					
Max (m)	2,40	1,92	2,96					

Dari hasil analisa pada kedua pile cap (As-4 dan As-5) dengan menggunakan metode stacking didapatkan hasil :

1. Nilai pengujian pada kedua pile cap tidak ada yang menunjukkan keseragaman hasil, yaitu mendekati tebal pile cap sebenarnya = 1,5 m.
2. Lokasi pengujian ternyata tidak mempengaruhi hasil pengujian. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian pada as tiang dan diantara as tiang pada kedua pile cap tersebut yang tidak menunjukkan hasil berbeda.



4.2.3 Metode Analisa Profil

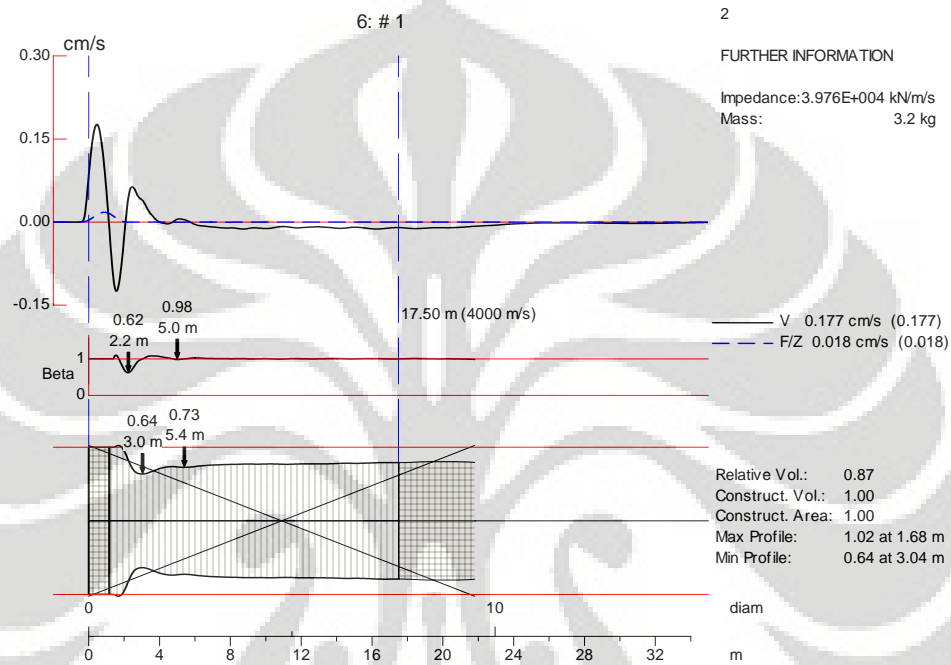
Menganalisa grafik dengan memperhatikan impedansi pada tiang.

4.2.3.1 Pile Cap As-4

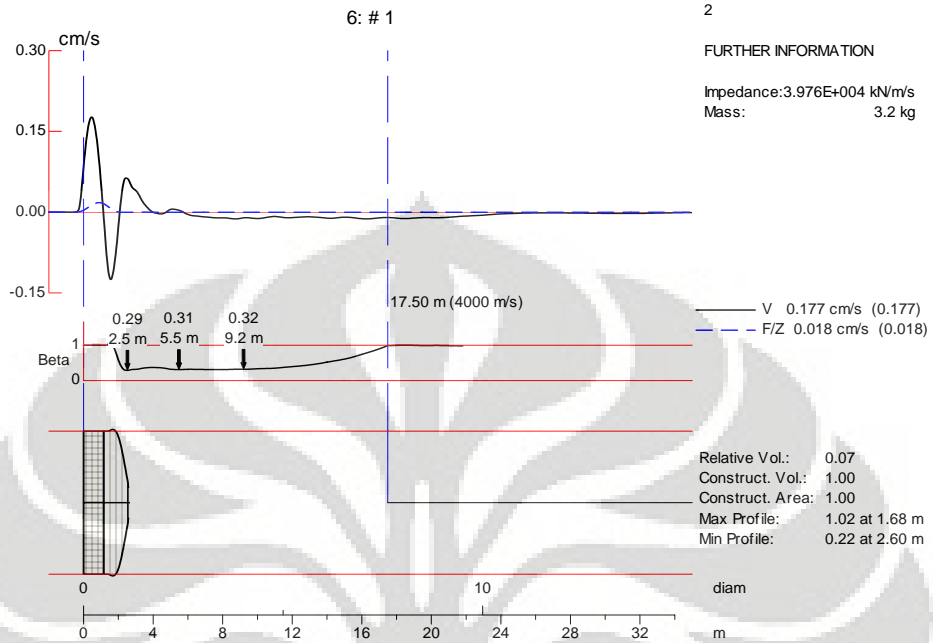
4.2.3.1.1 Titik 1

University of Indonesia
PILE CAP AS4 1; Pile: 2
2

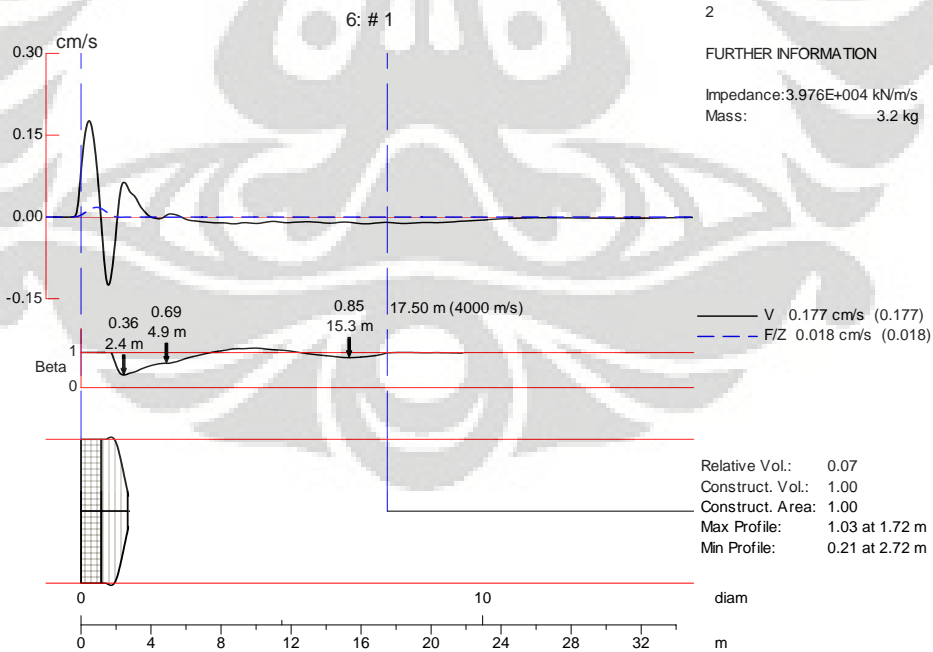
12/19/2009
Collected: 5/20/2009
Profile 2003-2



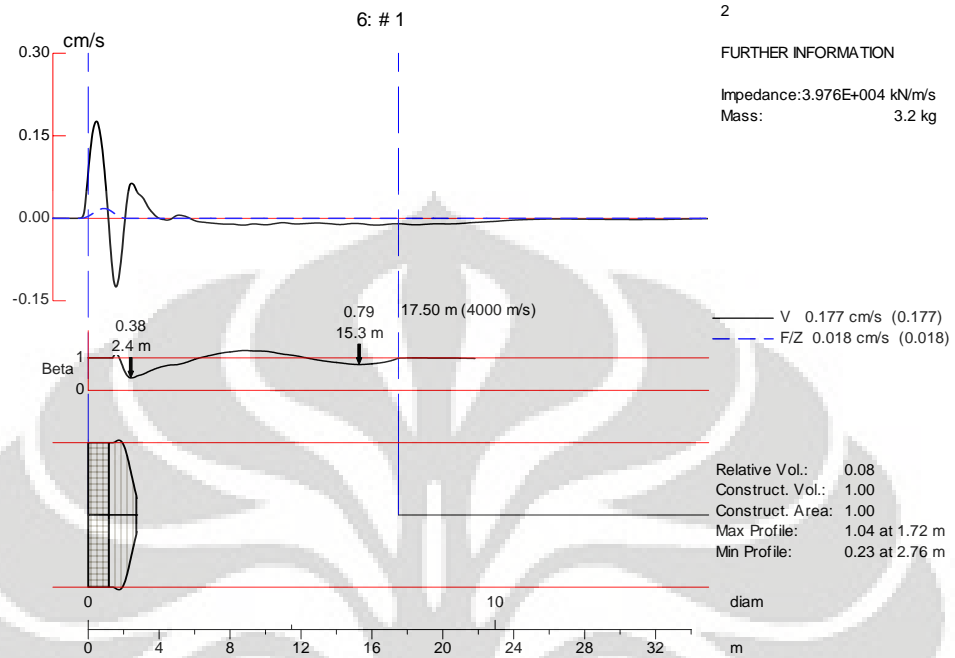
Gambar 4.66 Grafik low pass titik 1 Pile Cap As-4



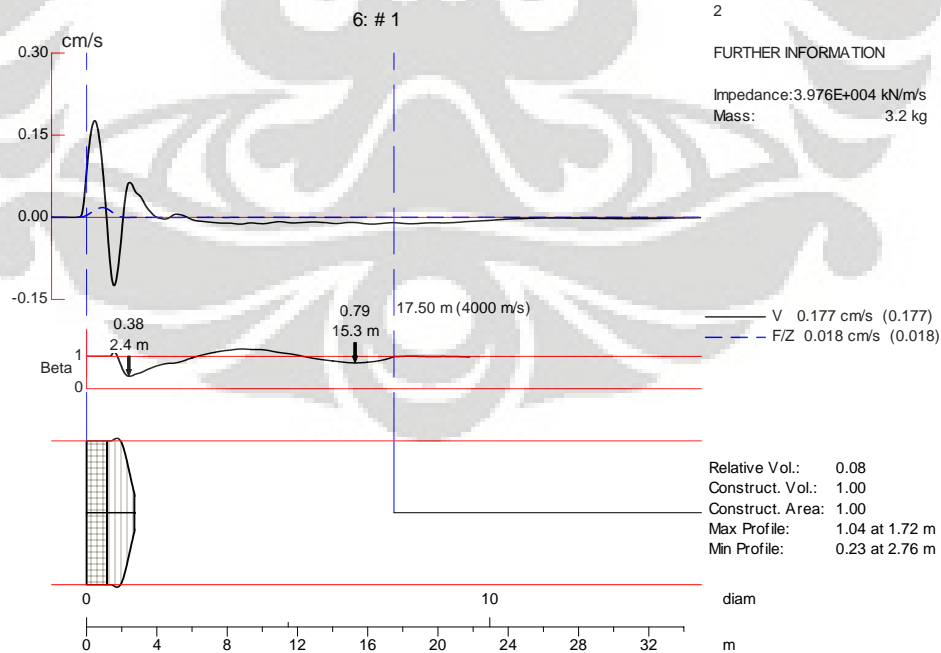
Gambar 4.67 Grafik polinomial titik 1 Pile Cap As-4



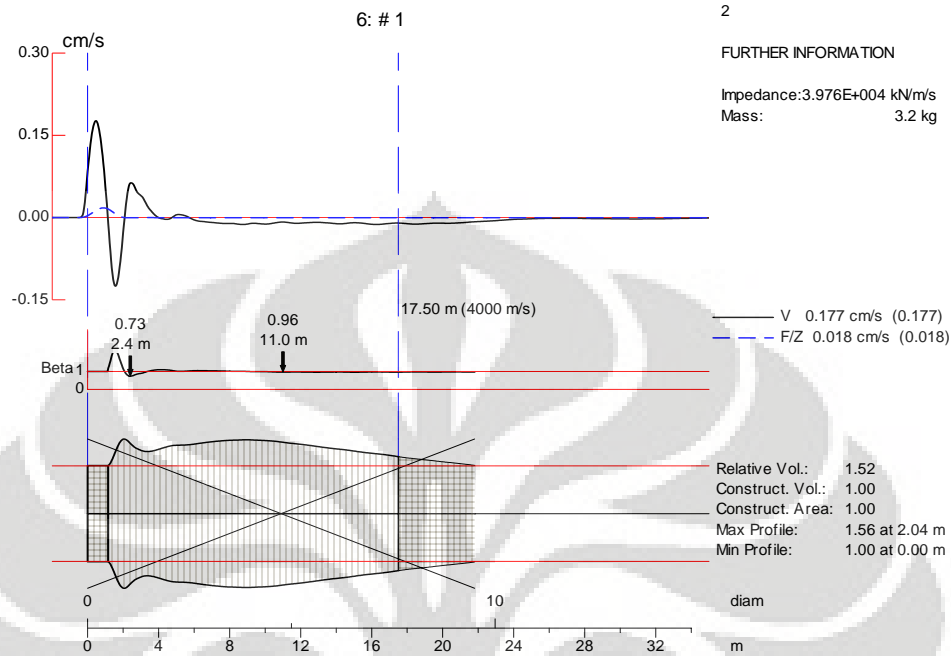
Gambar 4.68 Grafik lower envelope titik 1 Pile Cap As-4



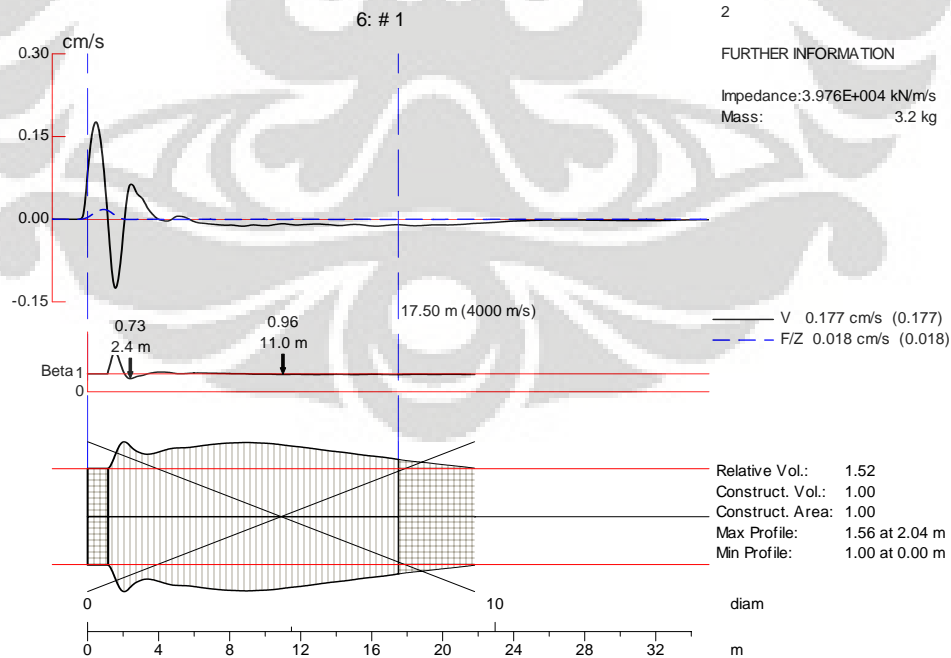
Gambar 4.69 Grafik upper envelope titik 1 Pile Cap As-4



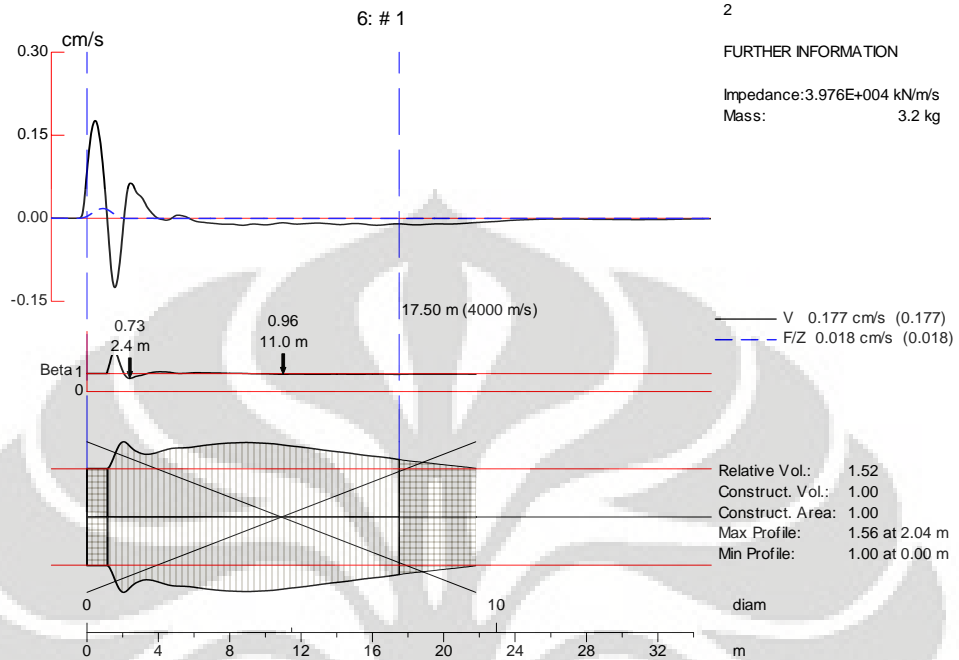
Gambar 4.70 Grafik High Pass titik 1 Pile Cap As-4



Gambar 4.71 Grafik Three Points titik 1 Pile Cap As-4

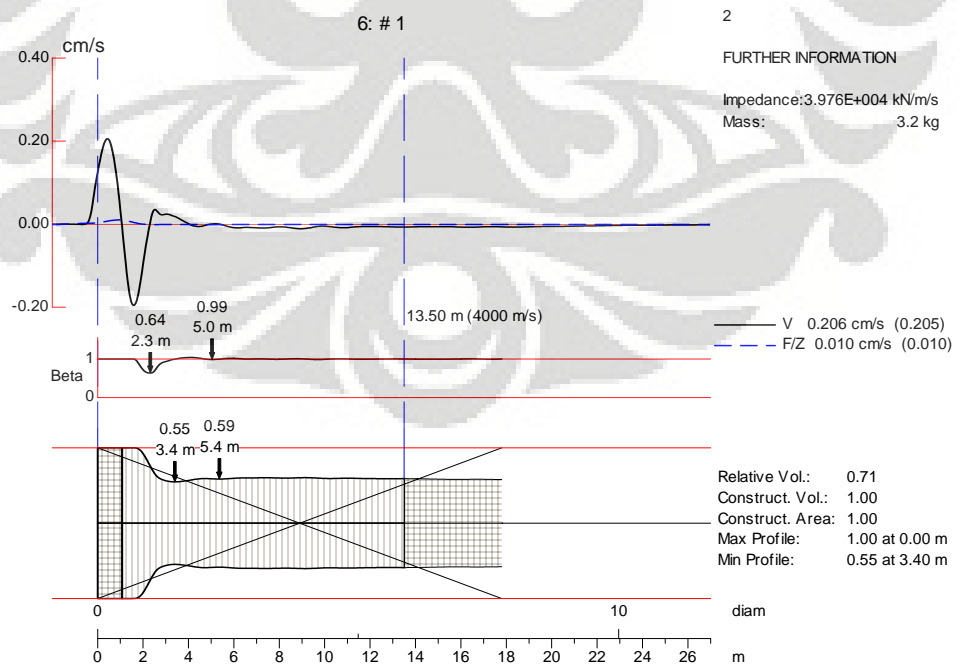


Gambar 4.72 Grafik Zero Line titik 1 Pile Cap As-4

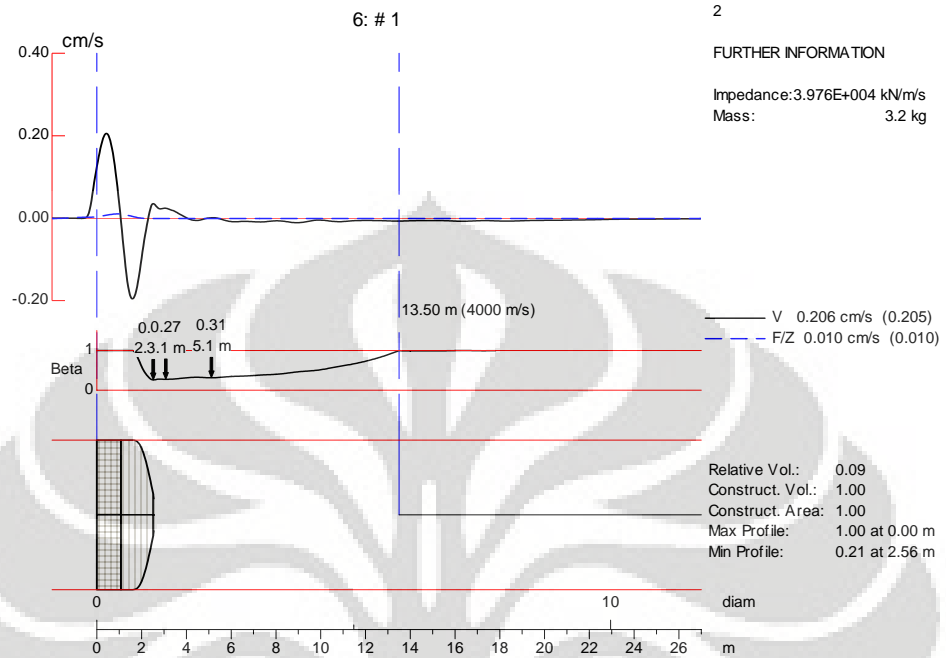


Gambar 4.73 Grafik Uniform Pile titik 1 Pile Cap As-4

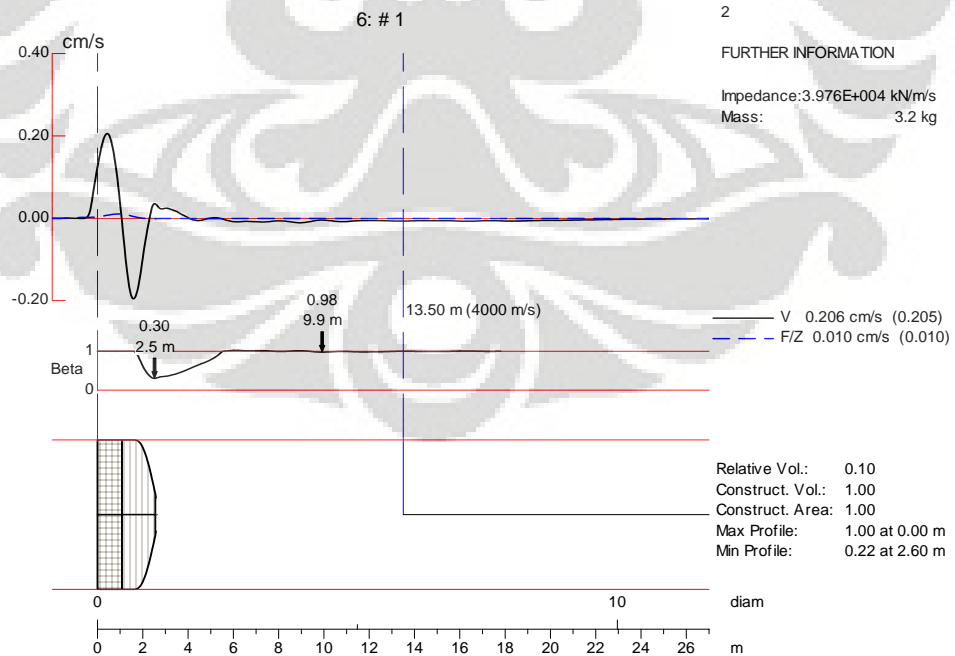
4.2.3.1.2 Titik 2



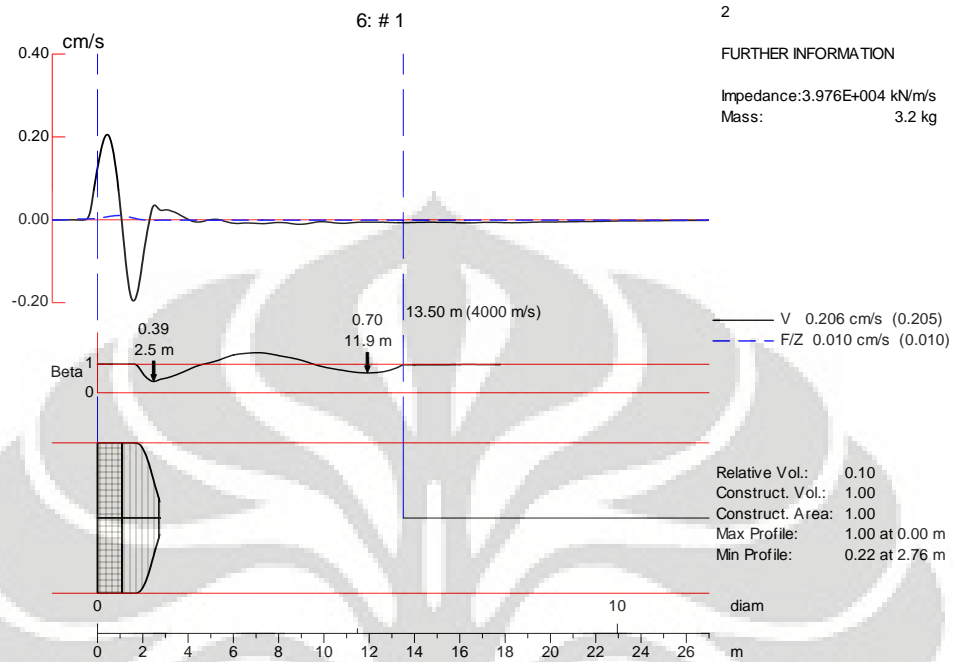
Gambar 4.74 Grafik low pass titik 2 Pile Cap As-4



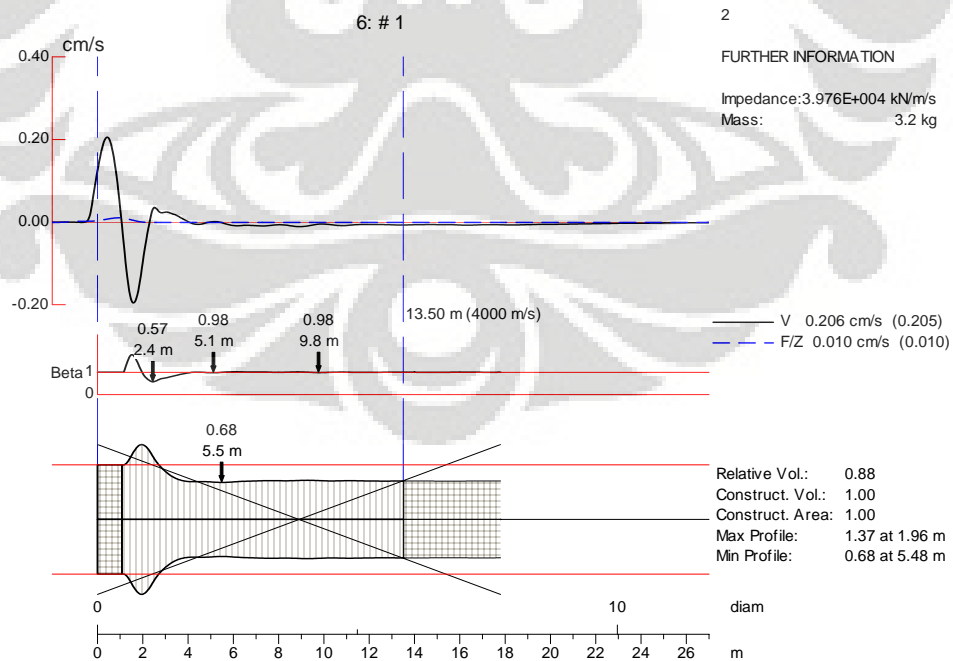
Gambar 4.75 Grafik Polynominal titik 2 Pile Cap As-4



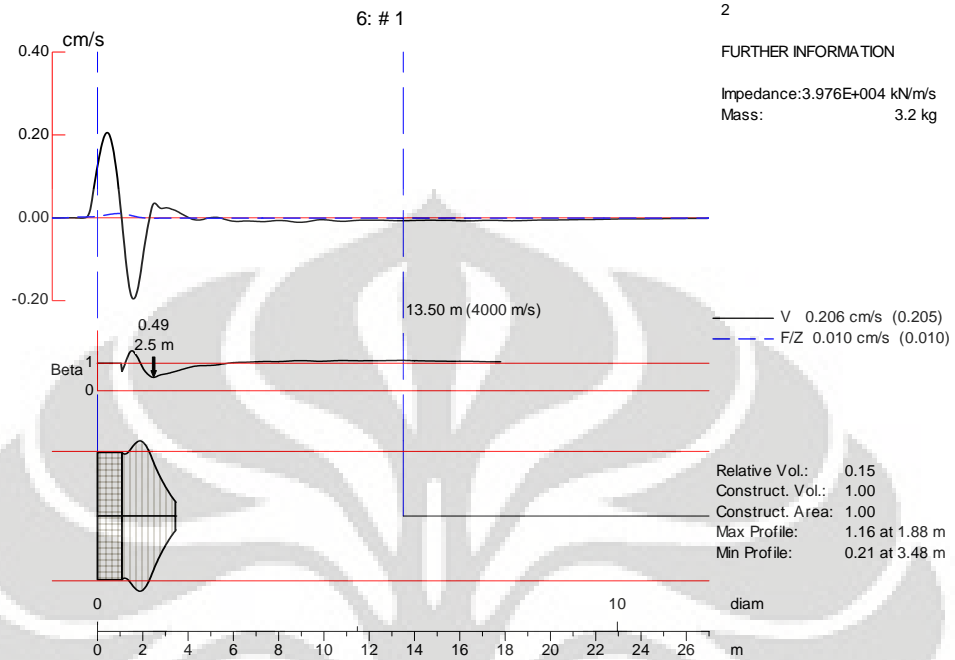
Gambar 4.76 Grafik Lower Envelope titik 2 Pile Cap As-4



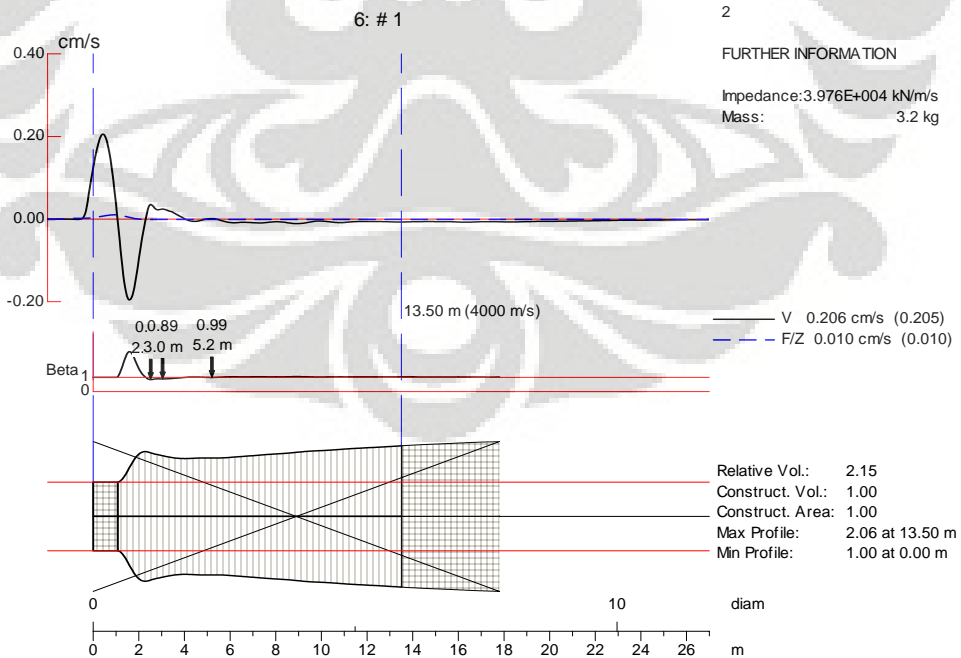
Gambar 4.77 Grafik Upper Envelope titik 2 Pile Cap As-4



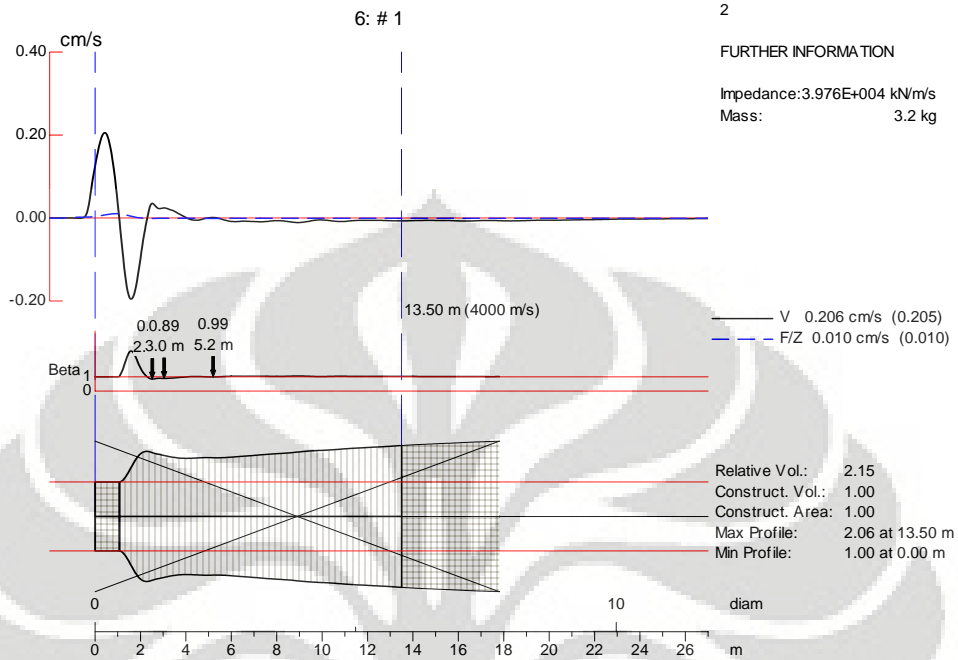
Gambar 4.78 Grafik High Pass titik 2 Pile Cap As-4



Gambar 4.79 Grafik Three Points titik 2 Pile Cap As-4

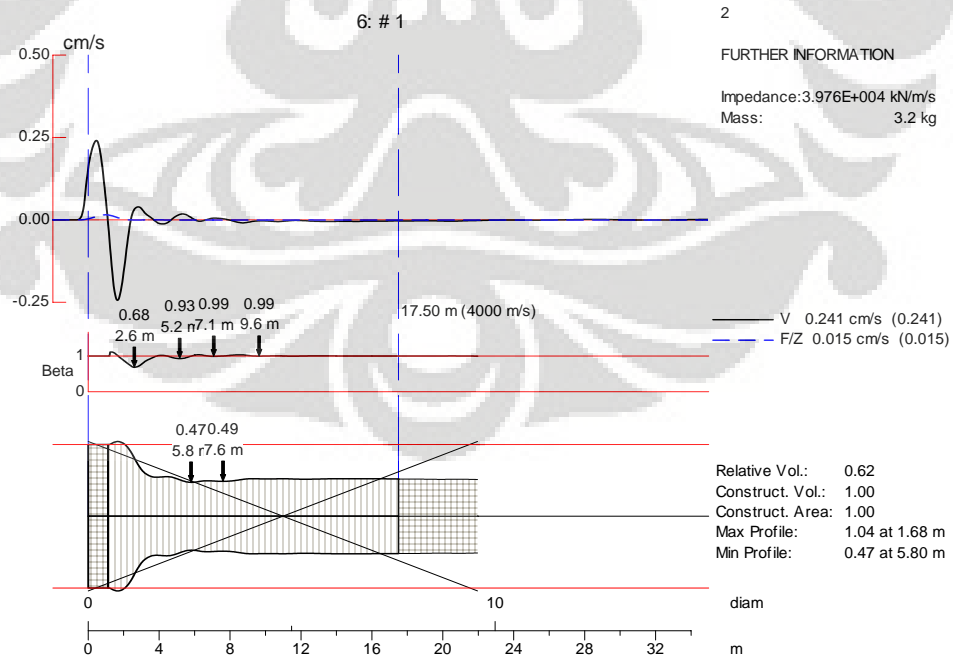


Gambar 4.80 Grafik Zero Line titik 2 Pile Cap As-4

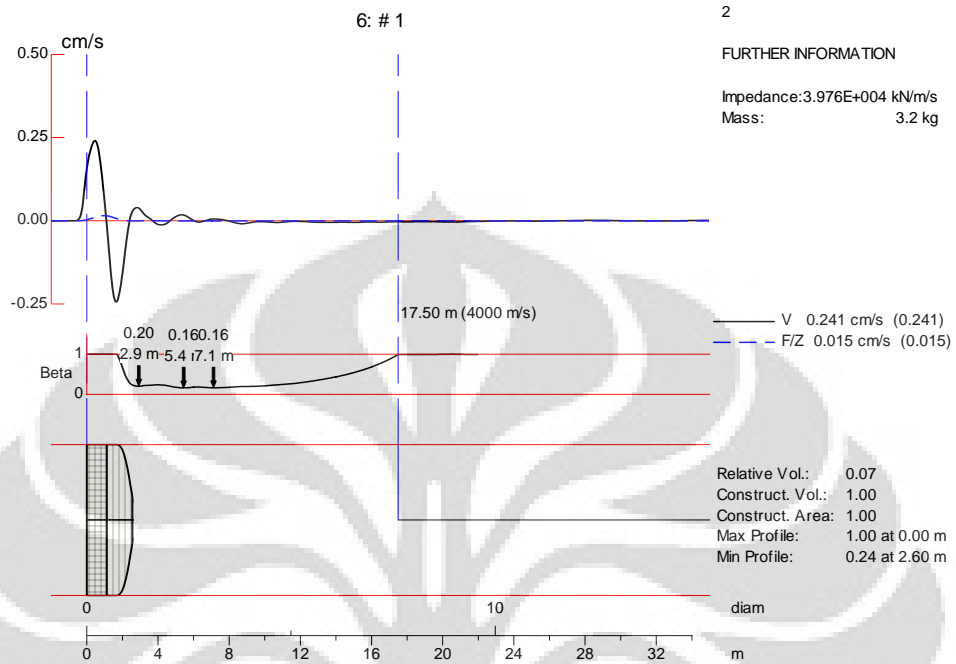


Gambar 4.81 Grafik Uniform Pile titik 2 Pile Cap As-4

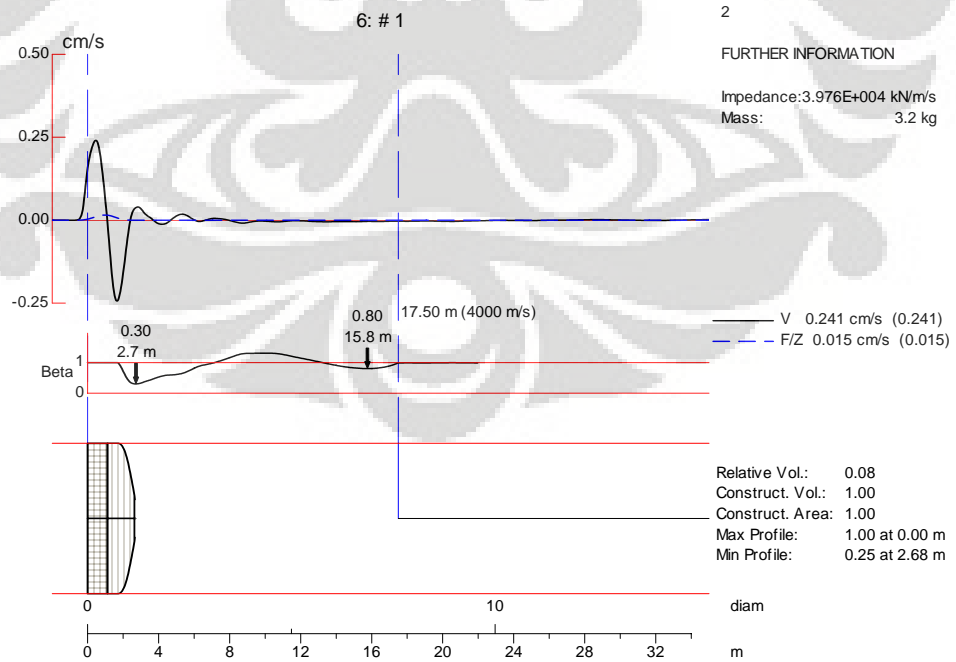
4.2.3.1.3 Titik 3



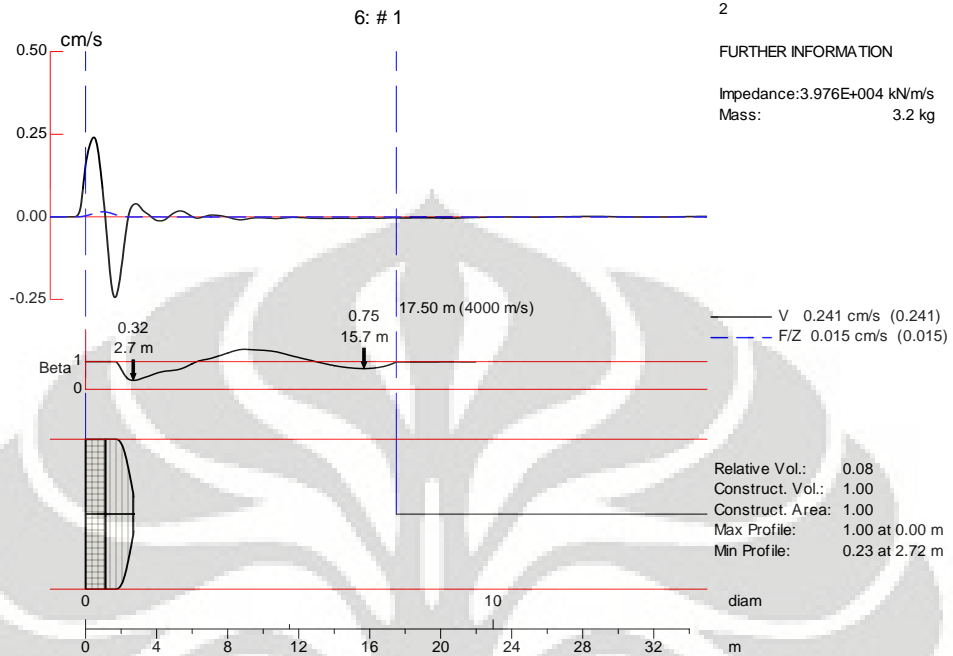
Gambar 4.82 Grafik low pass titik 3 Pile Cap As-4



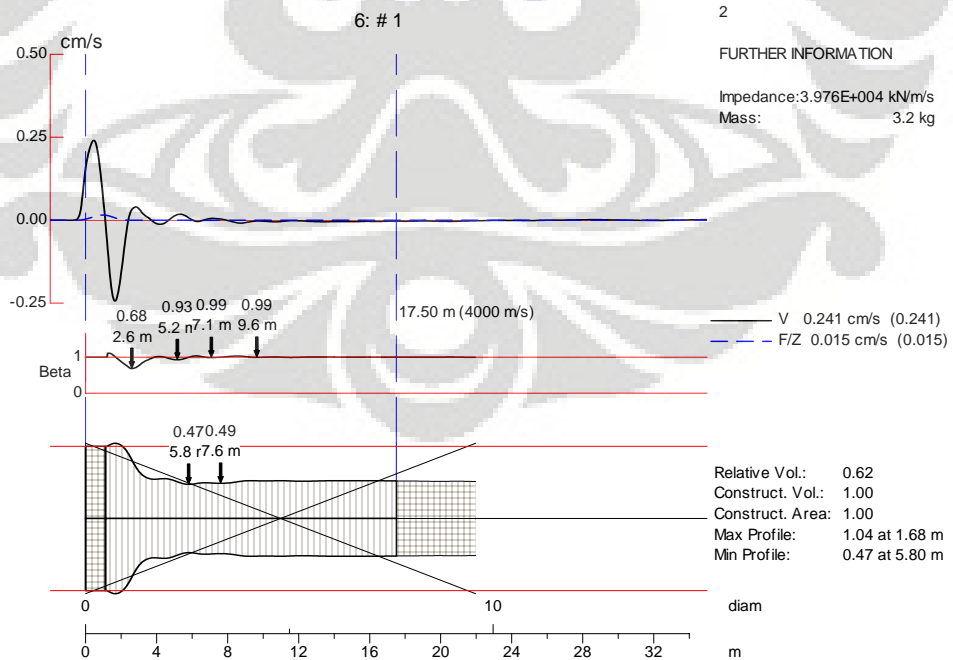
Gambar 4.83 Grafik Polynominal titik 3 Pile Cap As-4



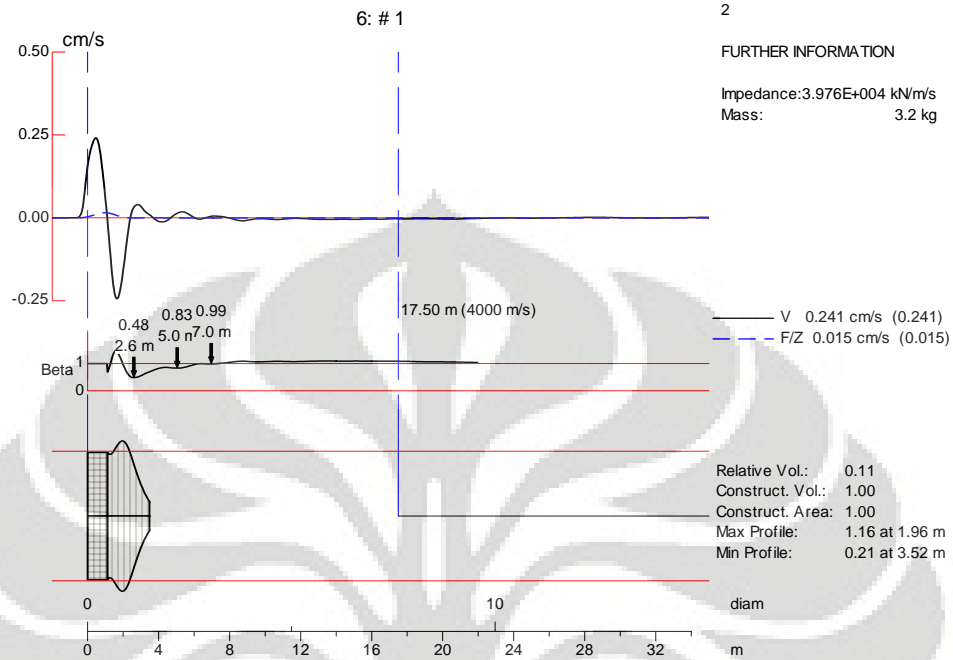
Gambar 4.84 Grafik Lower Envelope titik 3 Pile Cap As-4



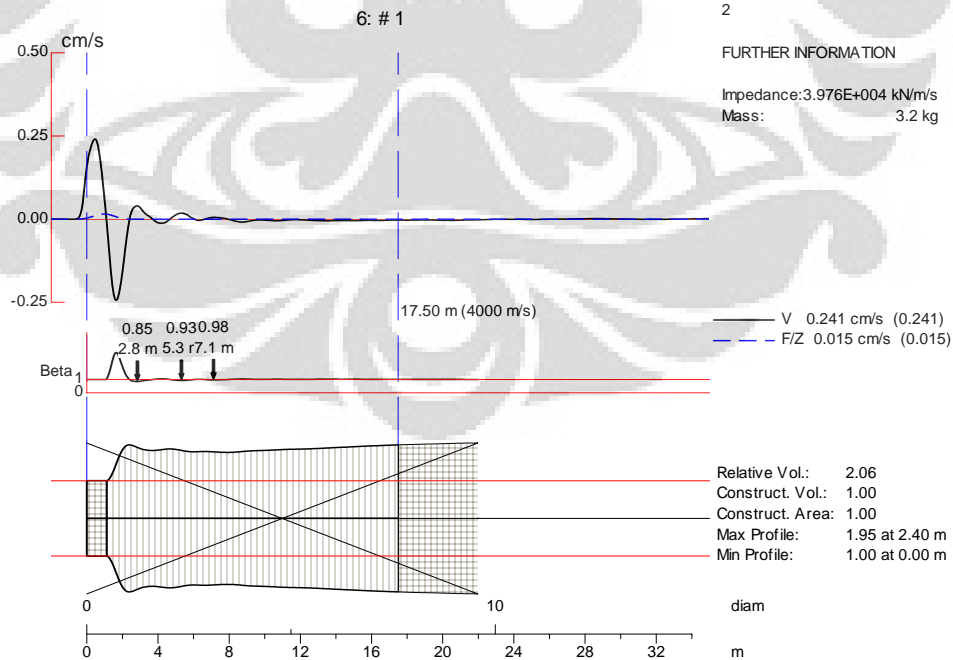
Gambar 4.85 Grafik Upper Envelope titik 3 Pile Cap As-4



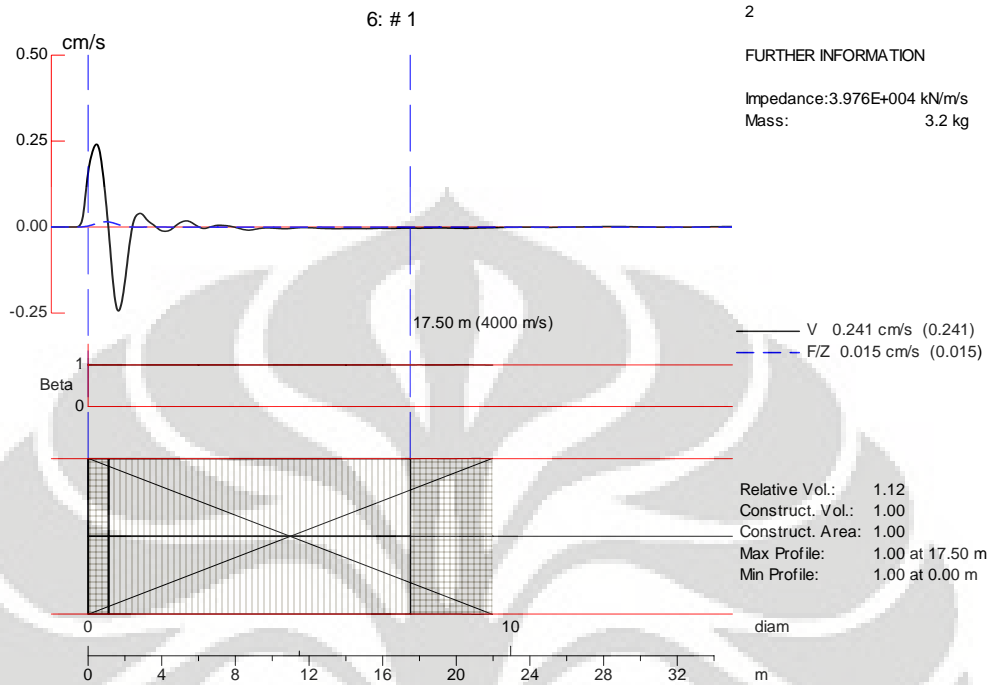
Gambar 4.86 Grafik High Pass titik 3 Pile Cap As-4



Gambar 4.87 Grafik Three Points titik 3 Pile Cap As-4

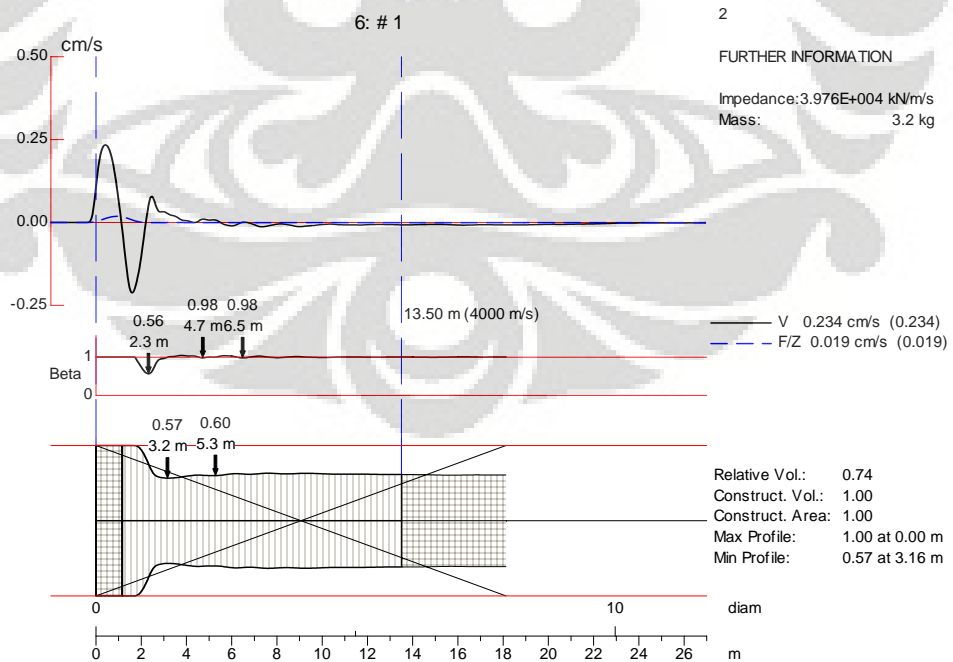


Gambar 4.88 Grafik Zero Line titik 3 Pile Cap As-4

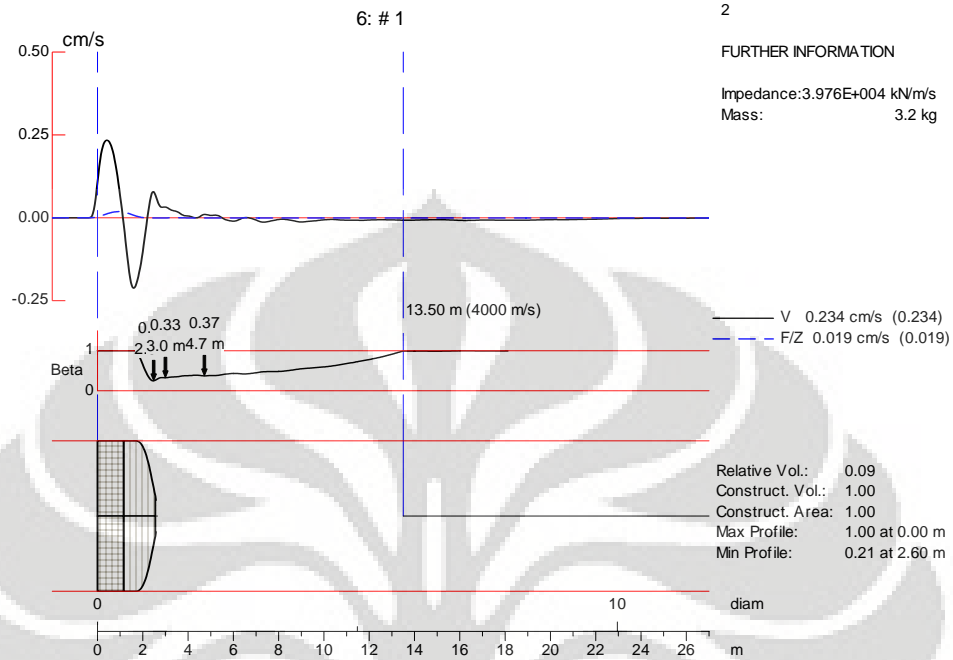


Gambar 4.89 Grafik Uniform Pile titik 3 Pile Cap As-4

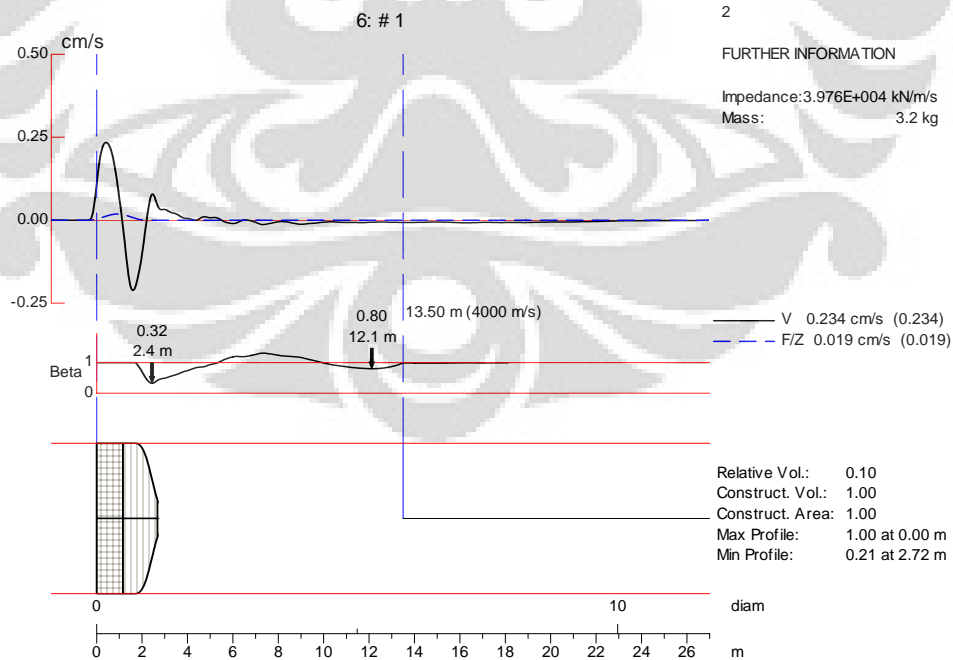
4.2.3.1.4 Titik 4



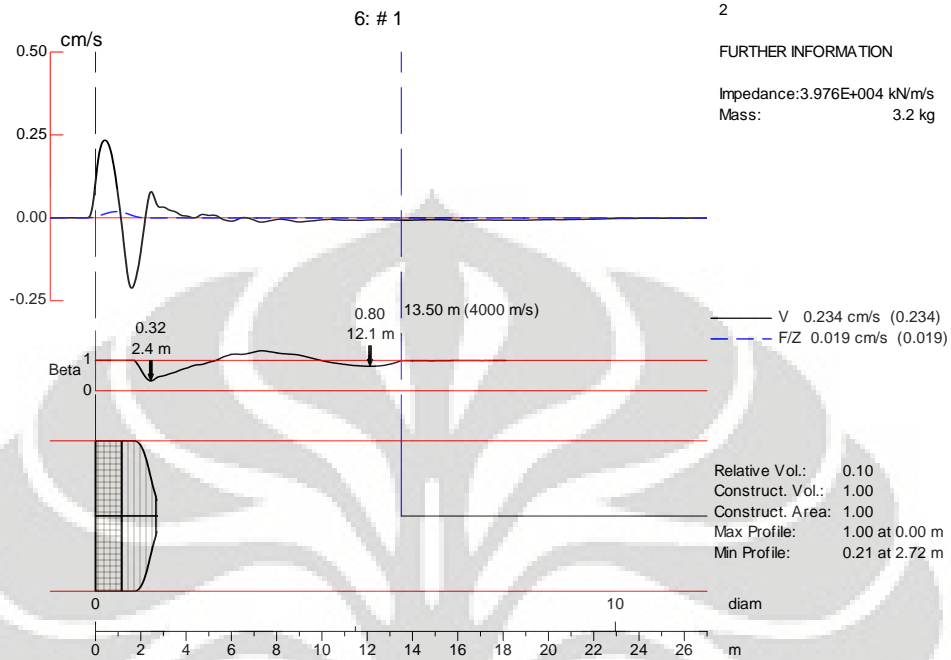
Gambar 4.90 Grafik low pass titik 4 Pile Cap As-4



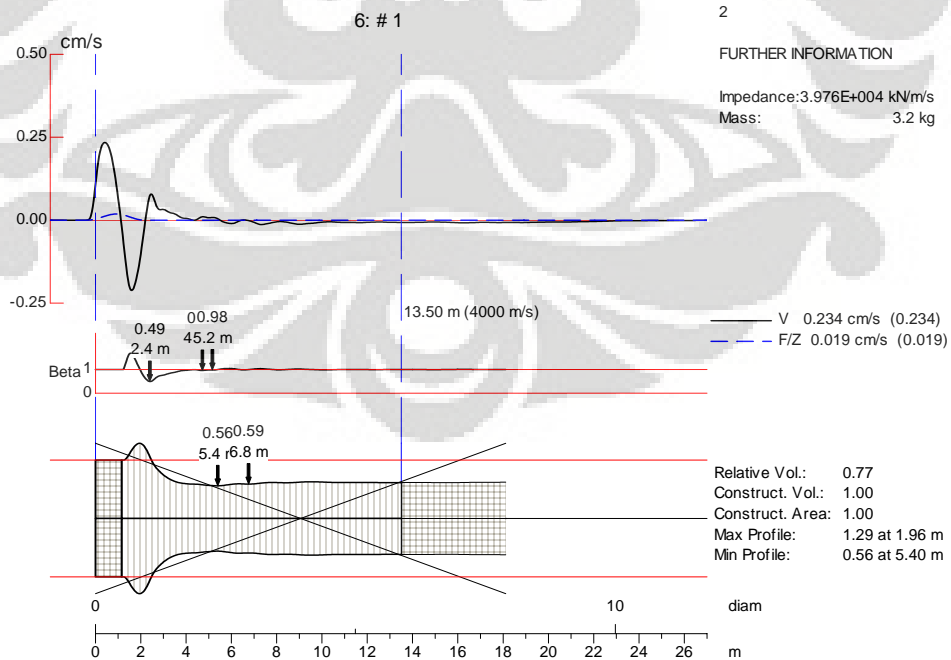
Gambar 4.91 Grafik Polynominal titik 4 Pile Cap As-4



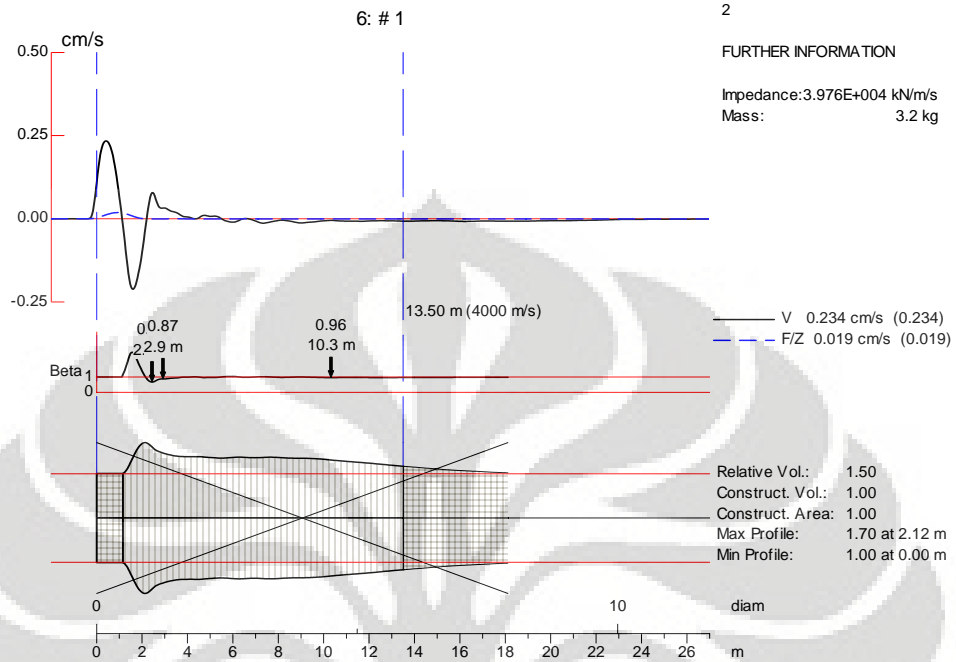
Gambar 4.92 Grafik Lower Envelope titik 4 Pile Cap As-4



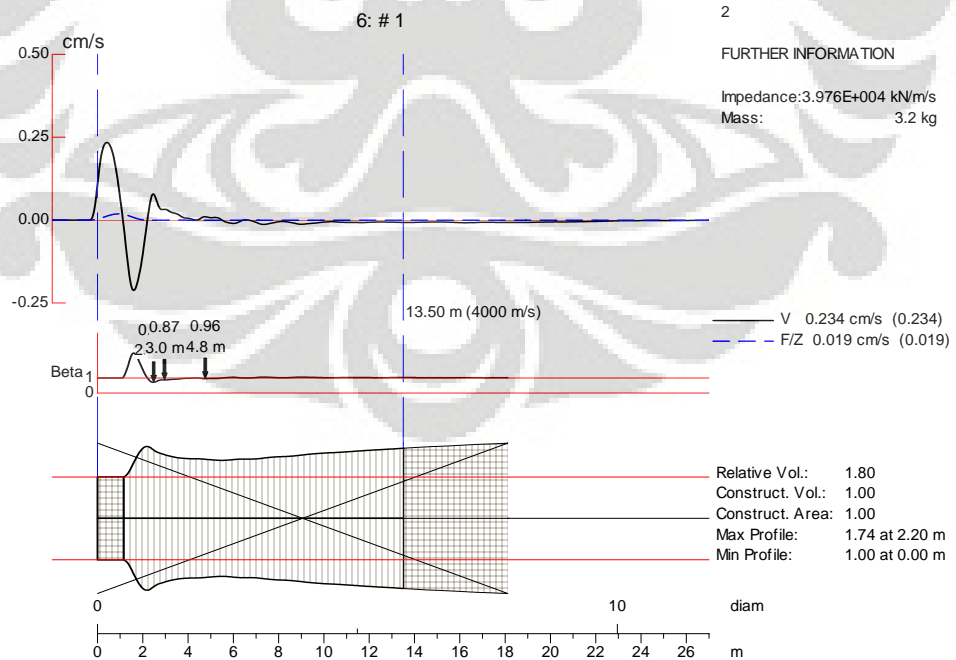
Gambar 4.93 Grafik Upper Envelope titik 4 Pile Cap As-4



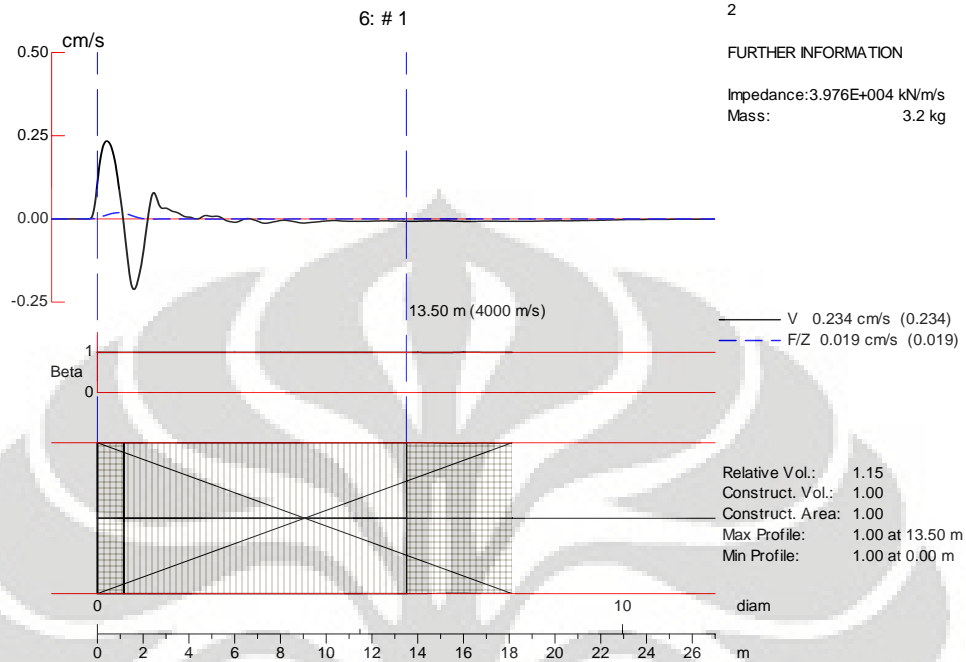
Gambar 4.94 Grafik High Pass titik 4 Pile Cap As-4



Gambar 4.95 Grafik Three Points titik 4 Pile Cap As-4

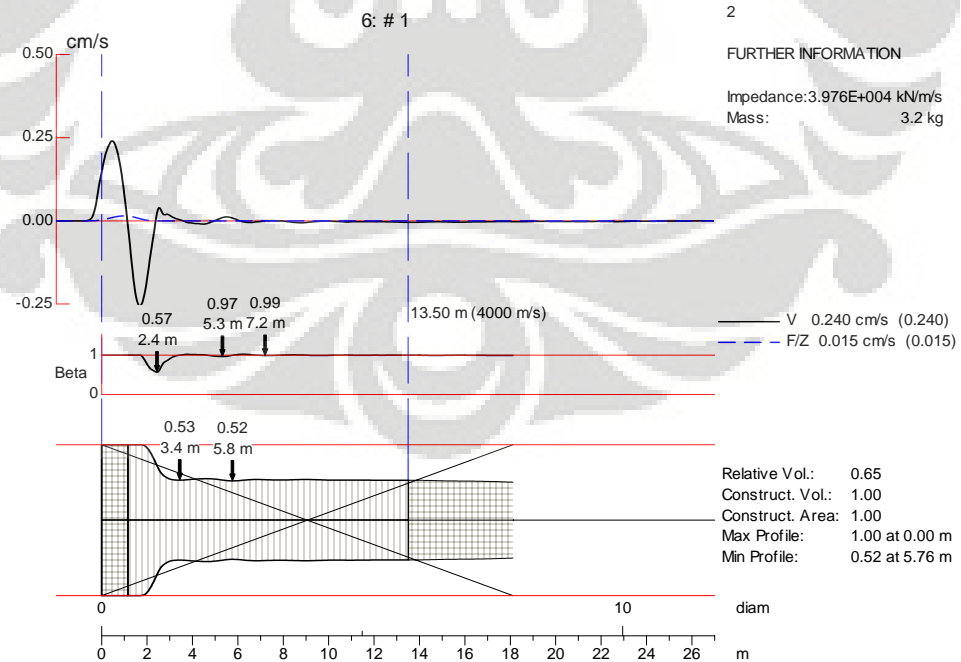


Gambar 4.96 Grafik Zero Line titik 4 Pile Cap As-4

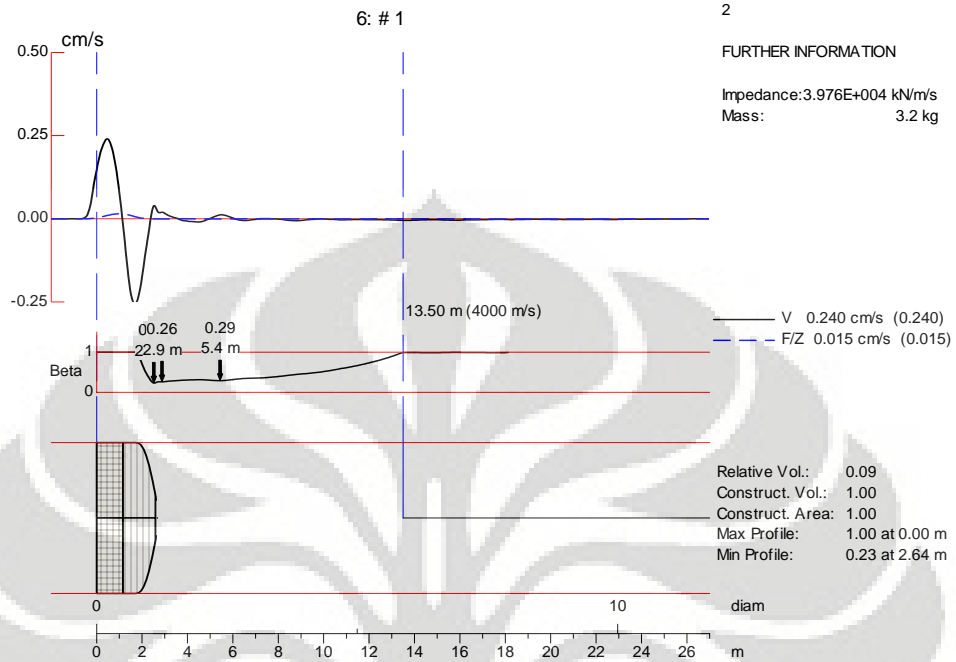


Gambar 4.97 Grafik Uniform Pile titik 4 Pile Cap As-4

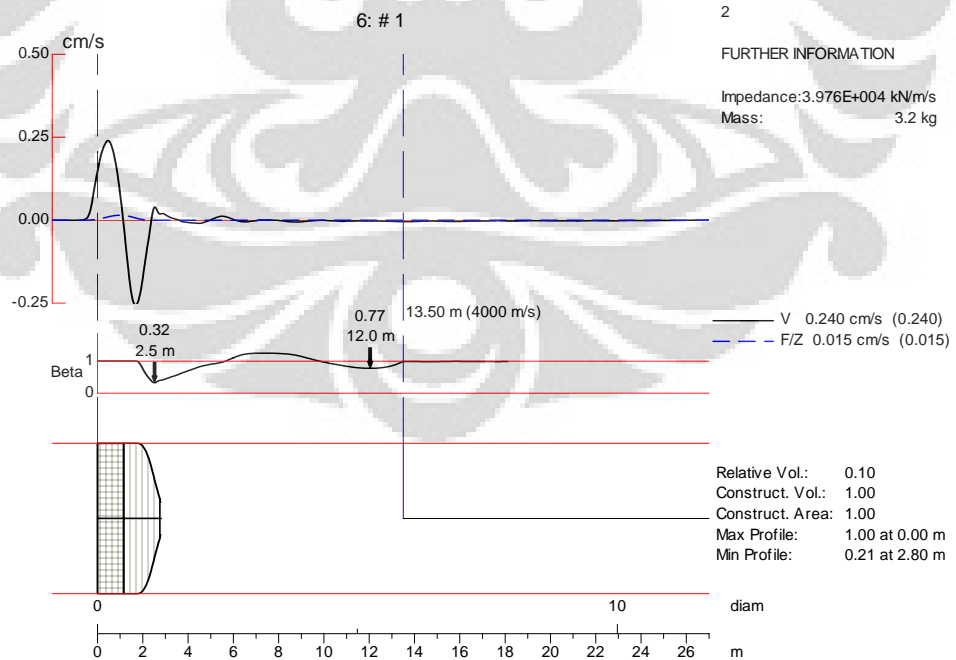
4.2.3.1.5 Titik 5



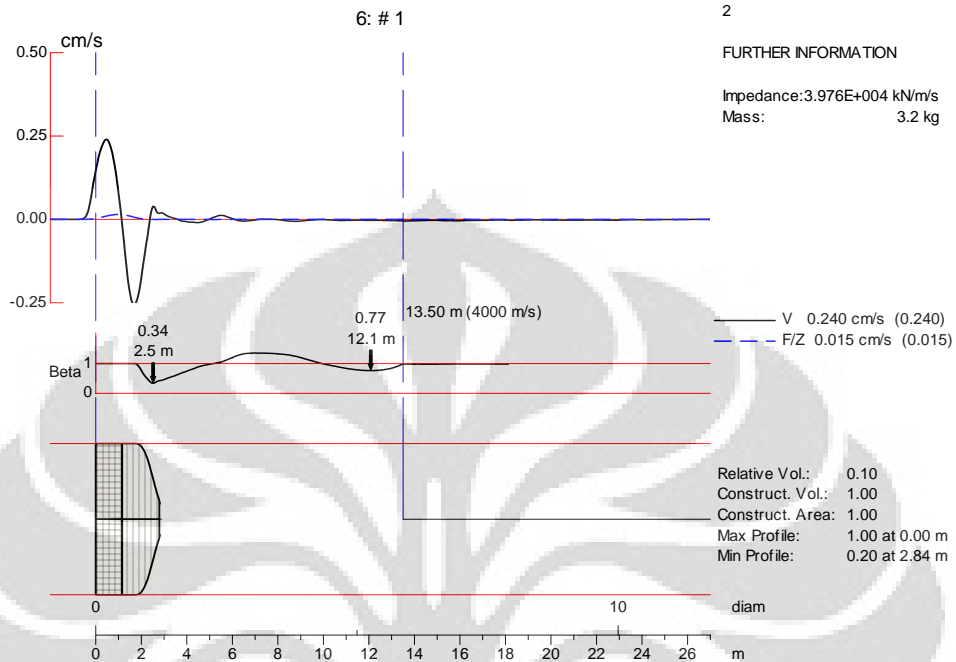
Gambar 4.98 Grafik low pass titik 5 Pile Cap As-4



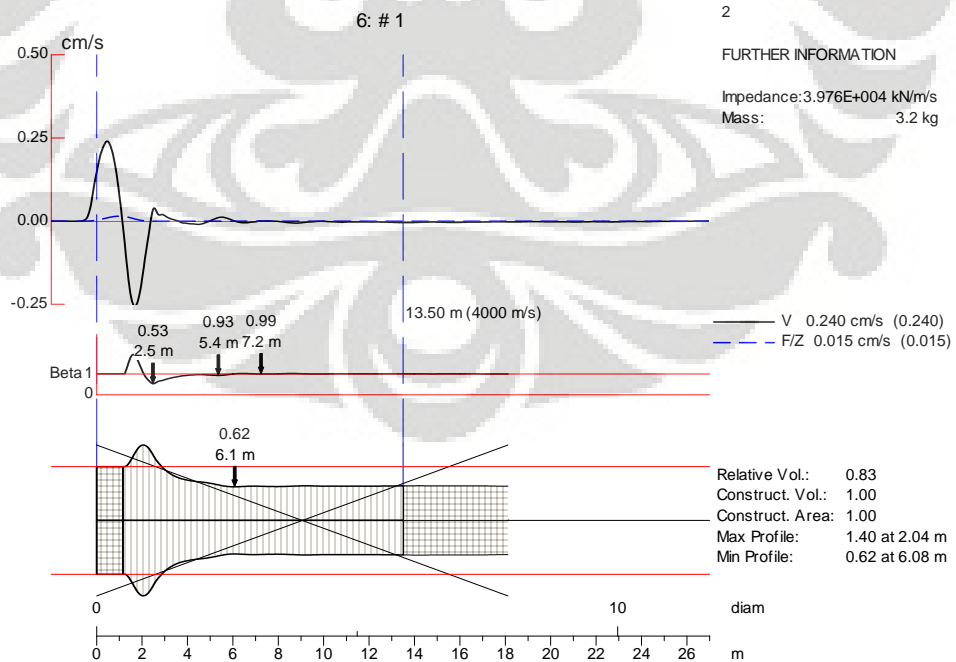
Gambar 4.99 Grafik Polynominal titik 5 Pile Cap As-4



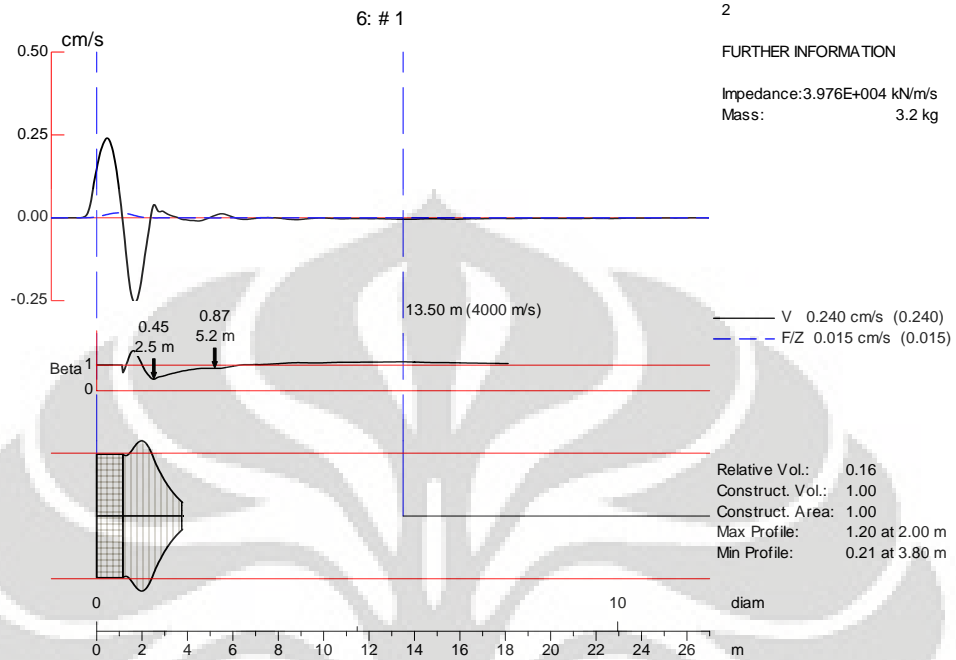
Gambar 4.100 Grafik Lower Envelope titik 5 Pile Cap As-4



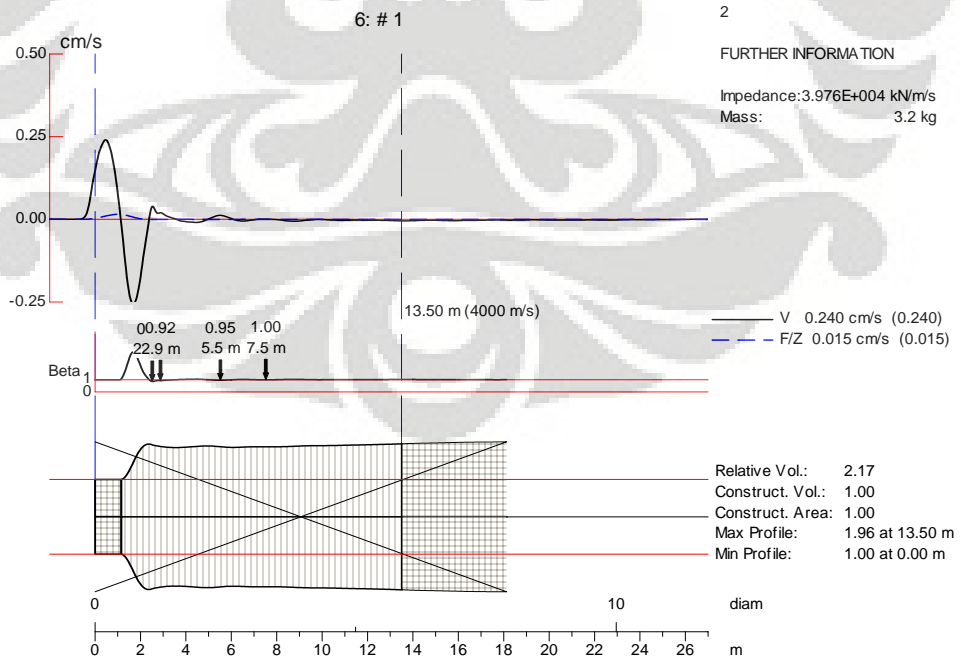
Gambar 4.101 Grafik Upper Envelope titik 5 Pile Cap As-4



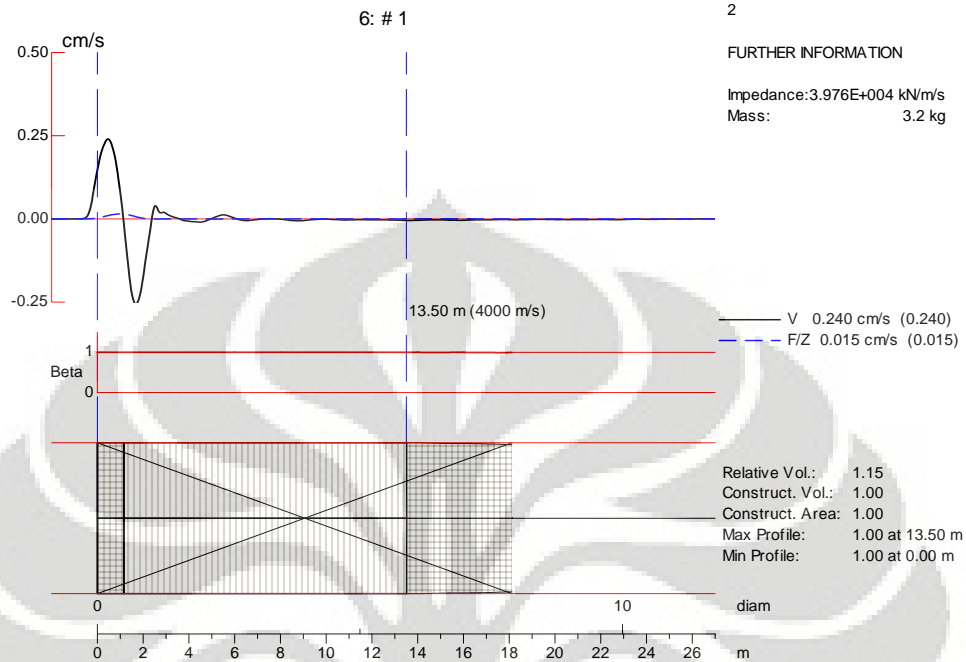
Gambar 4.102 Grafik High Pass titik 5 Pile Cap As-4



Gambar 4.103 Grafik Three Points titik 5 Pile Cap As-4

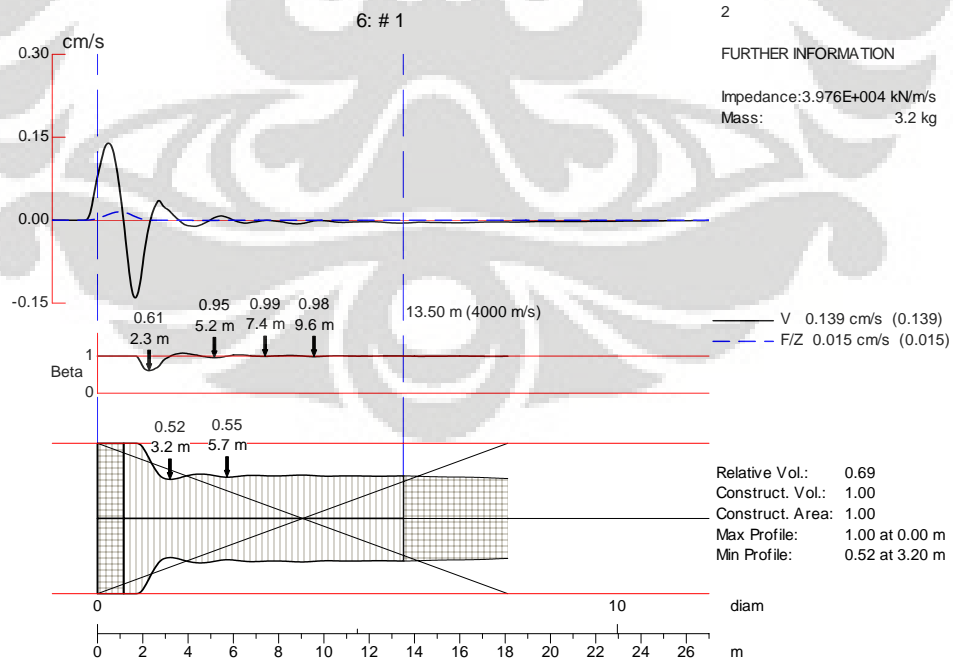


Gambar 4.104 Grafik Zero Line titik 5 Pile Cap As-4

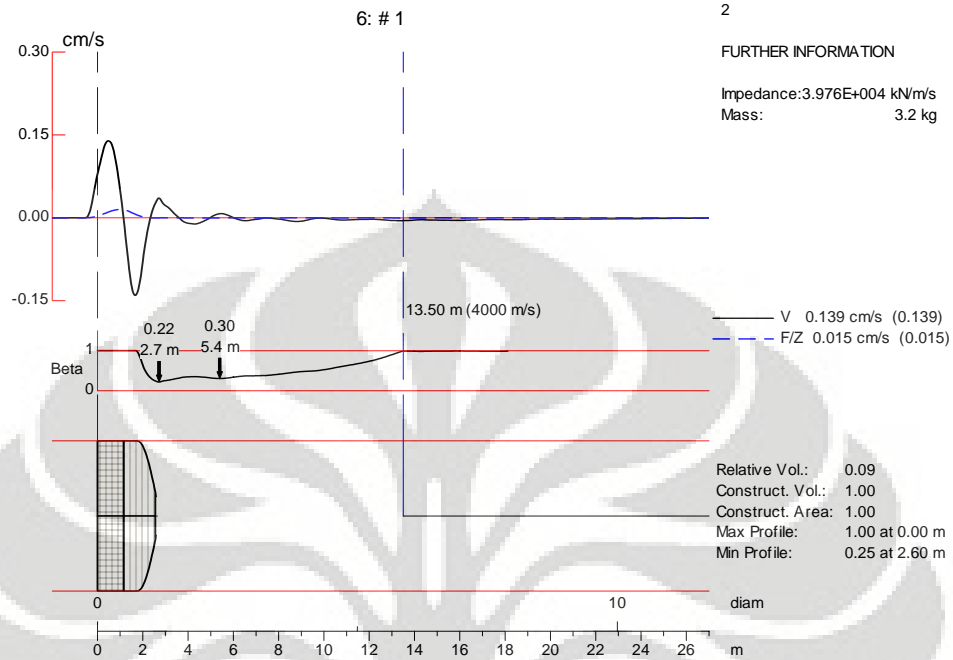


Gambar 4.105 Grafik Uniform Pile titik 5 Pile Cap As-4

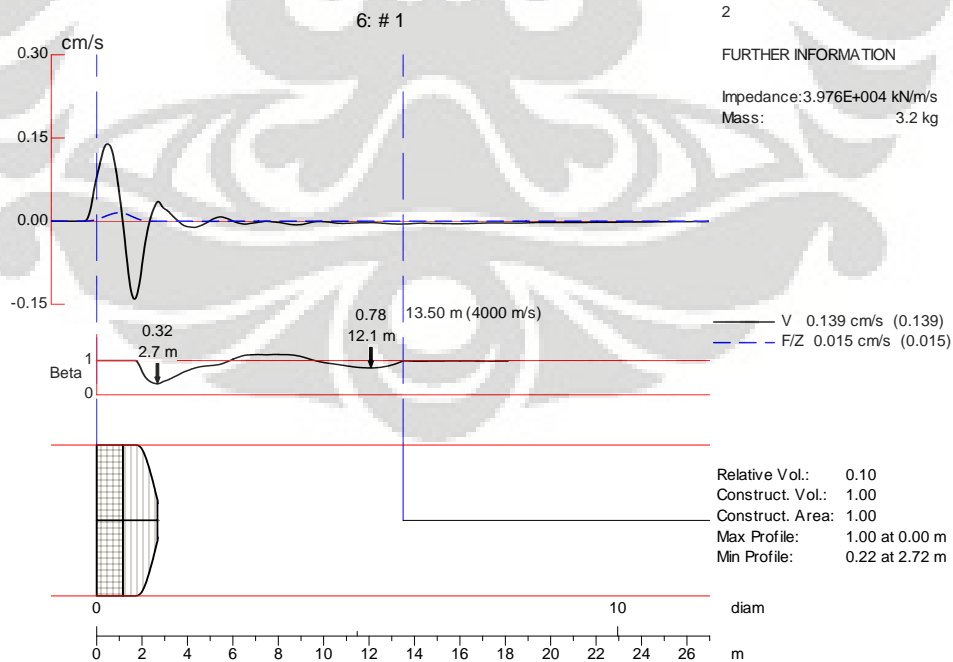
4.2.3.1.6 Titik 6



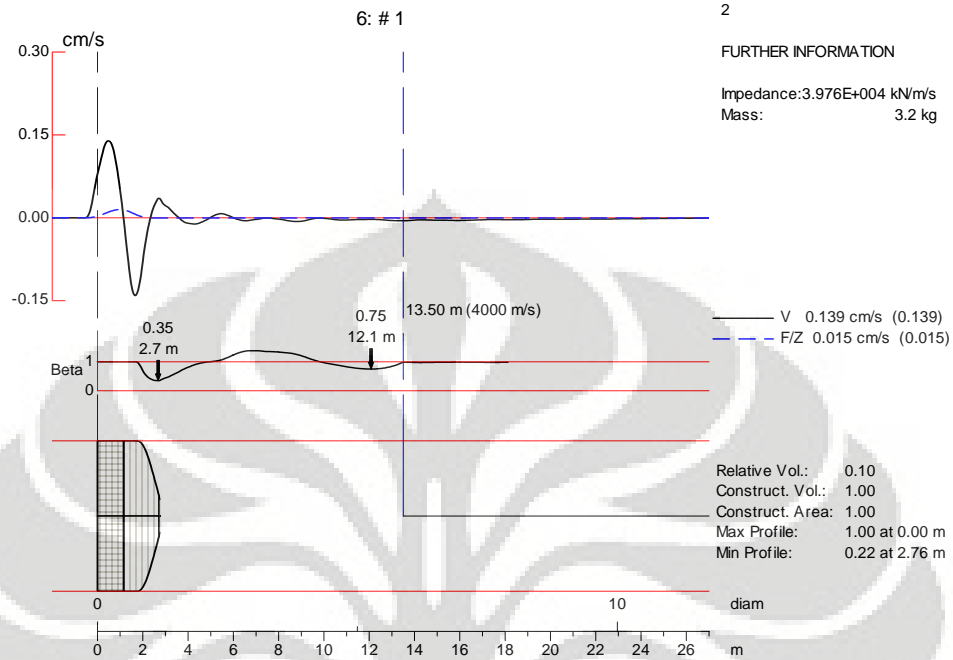
Gambar 4.106 Grafik low pass titik 6 Pile Cap As-4



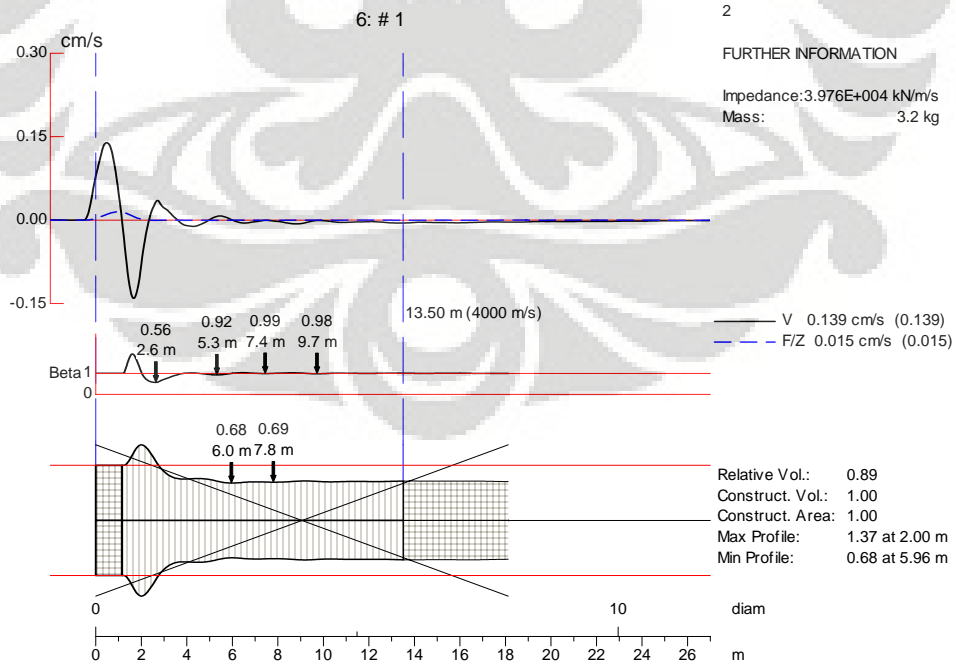
Gambar 4.107 Grafik Polynominal titik 6 Pile Cap As-4



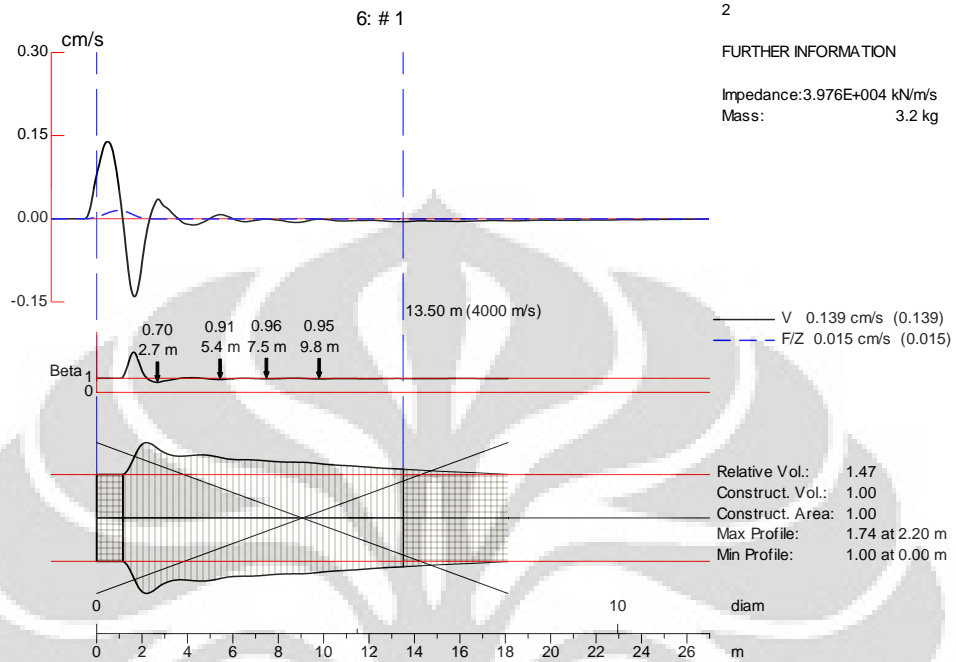
Gambar 4.108 Grafik Lower Envelope titik 6 Pile Cap As-4



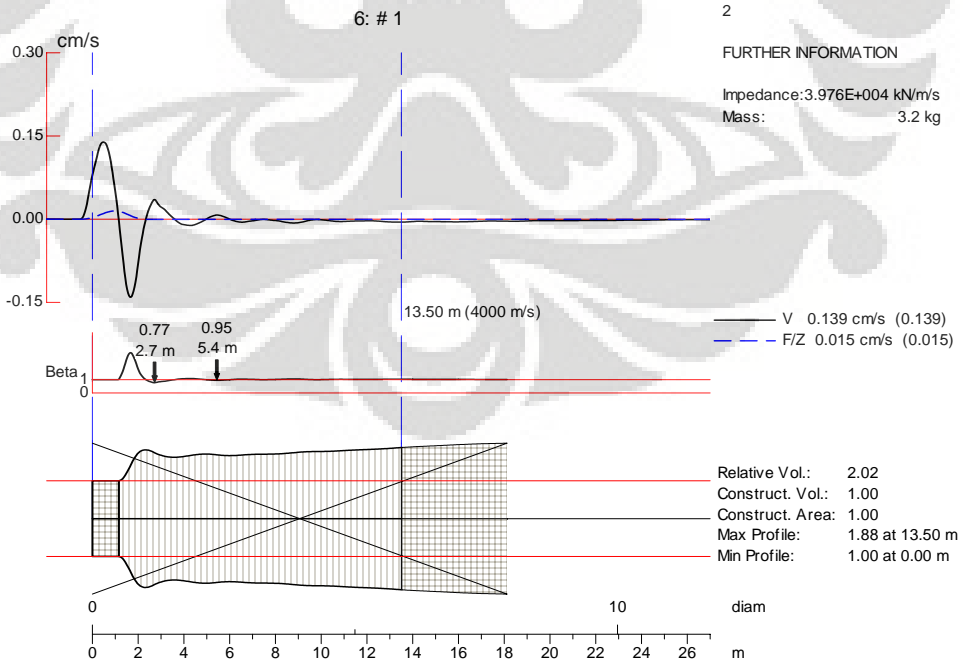
Gambar 4.109 Grafik Upper Envelope titik 6 Pile Cap As-4



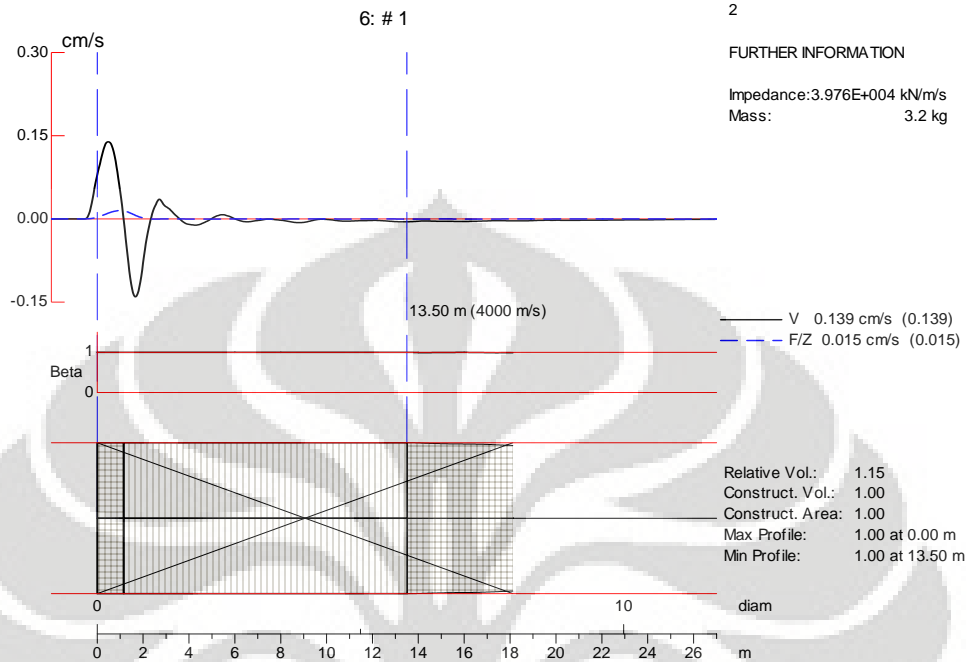
Gambar 4.110 Grafik High Pass titik 6 Pile Cap As-4



Gambar 4.111 Grafik Three Points titik 6 Pile Cap As-4

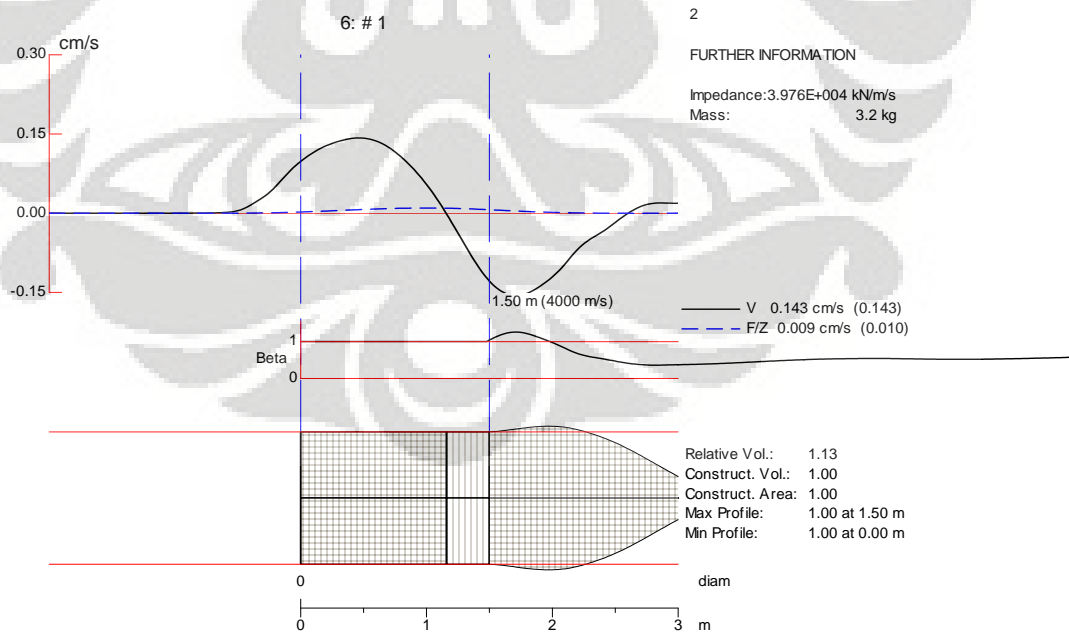


Gambar 4.112 Grafik Zero Line titik 6 Pile Cap As-4

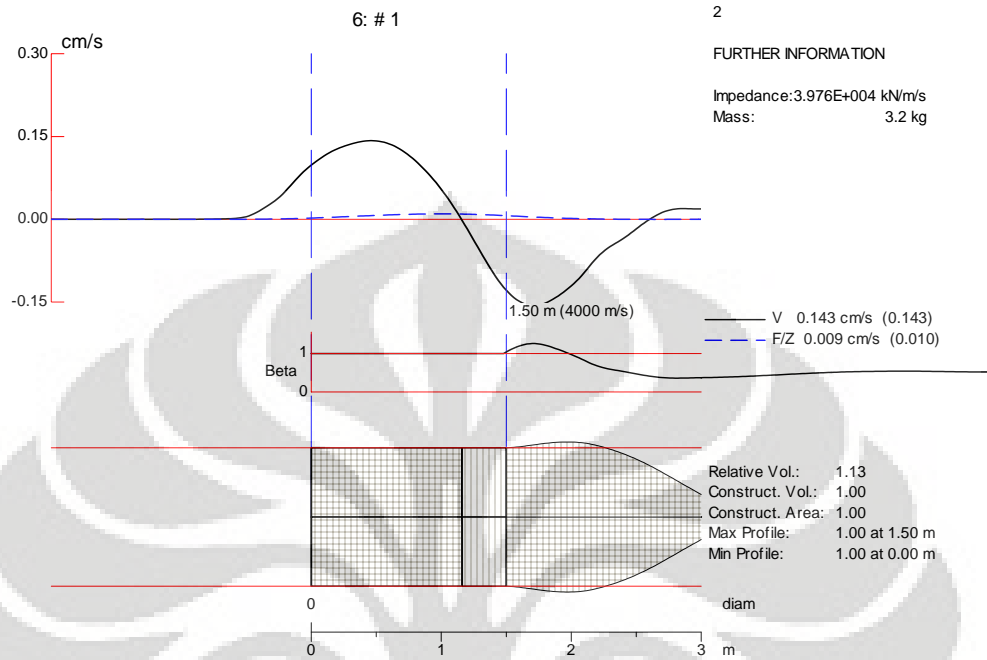


Gambar 4.113 Grafik Uniform Pile titik 6 Pile Cap As-4

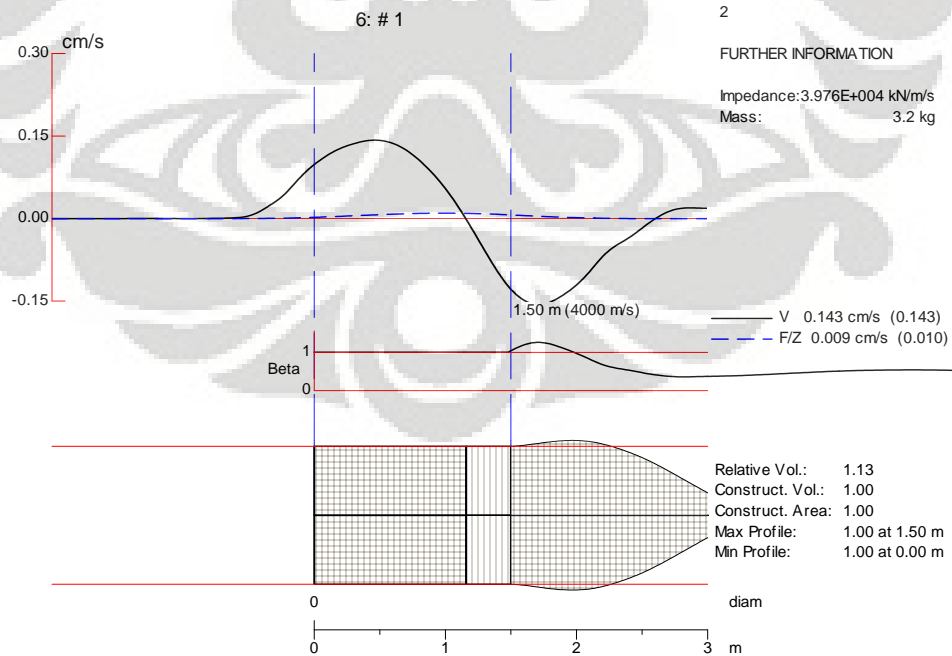
4.2.3.1.7 Titik 7



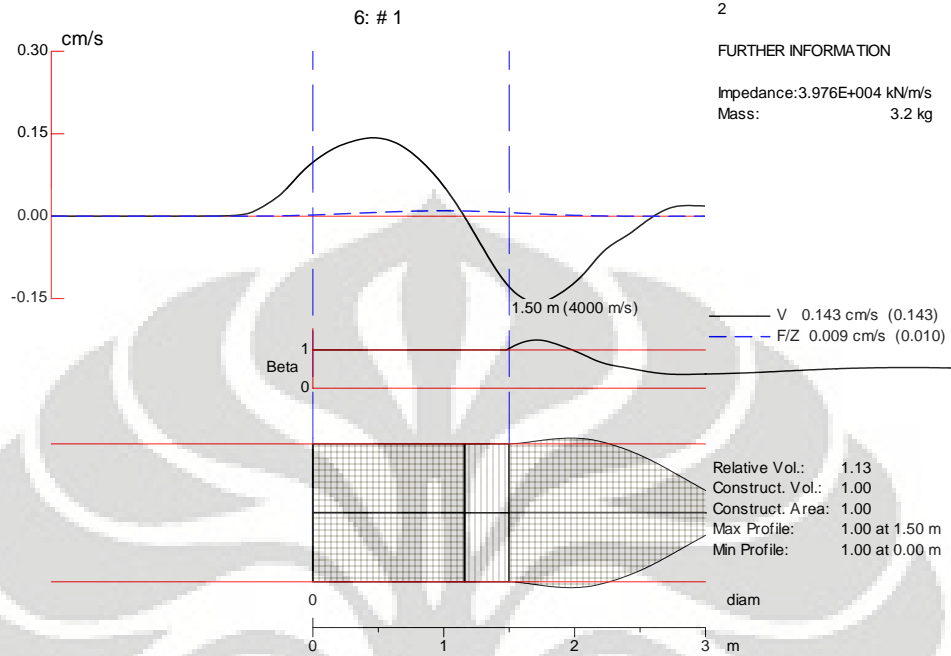
Gambar 4.114 Grafik low pass titik 7 Pile Cap As-4



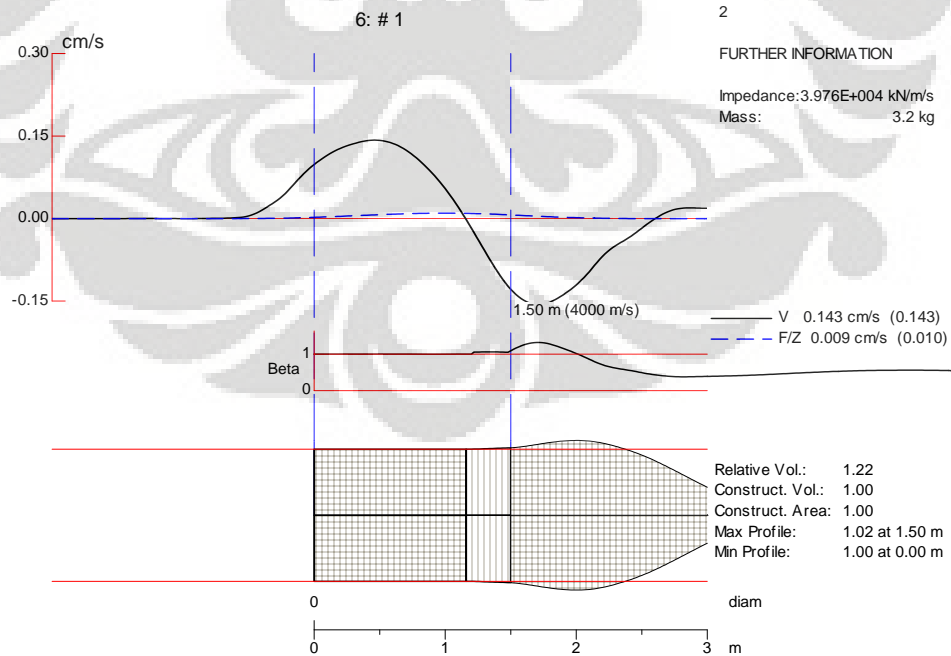
Gambar 4.115 Grafik Polynominal titik 7 Pile Cap As-4



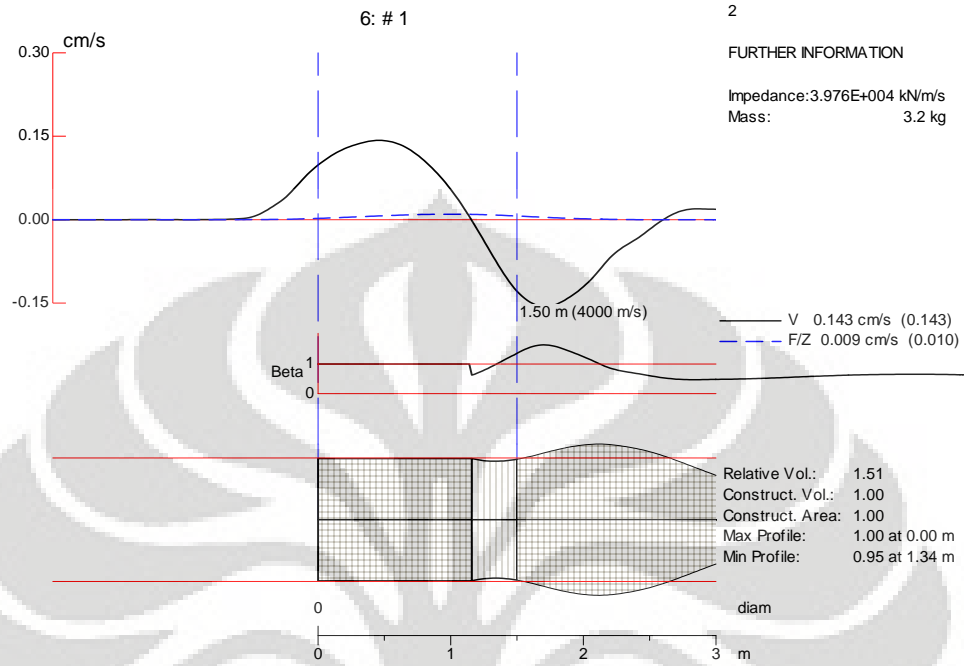
Gambar 4.116 Grafik Lower Envelope titik 7 Pile Cap As-4



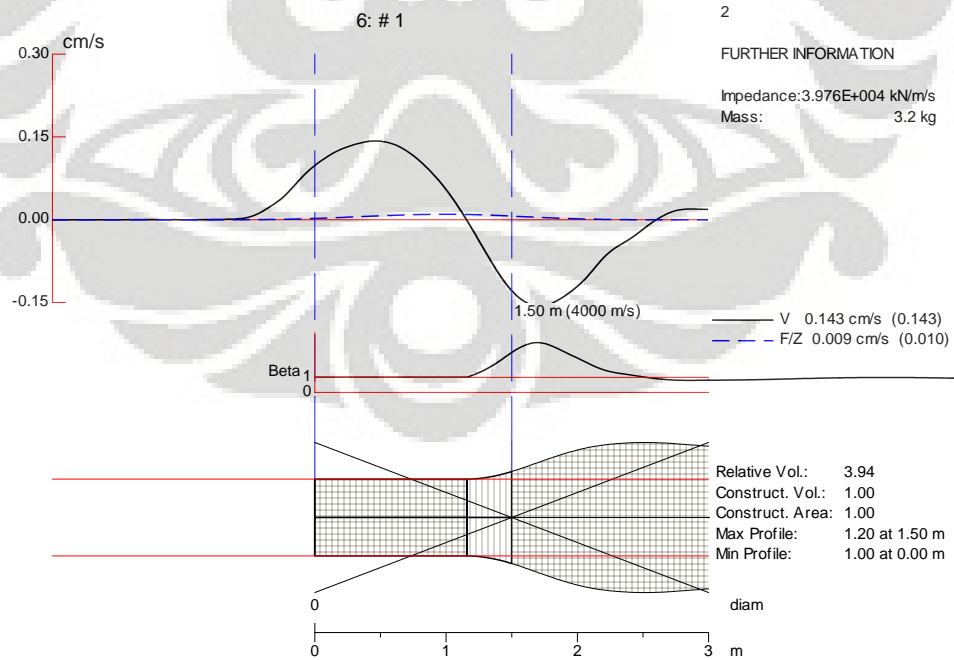
Gambar 4.117 Grafik Upper Envelope titik 7 Pile Cap As-4



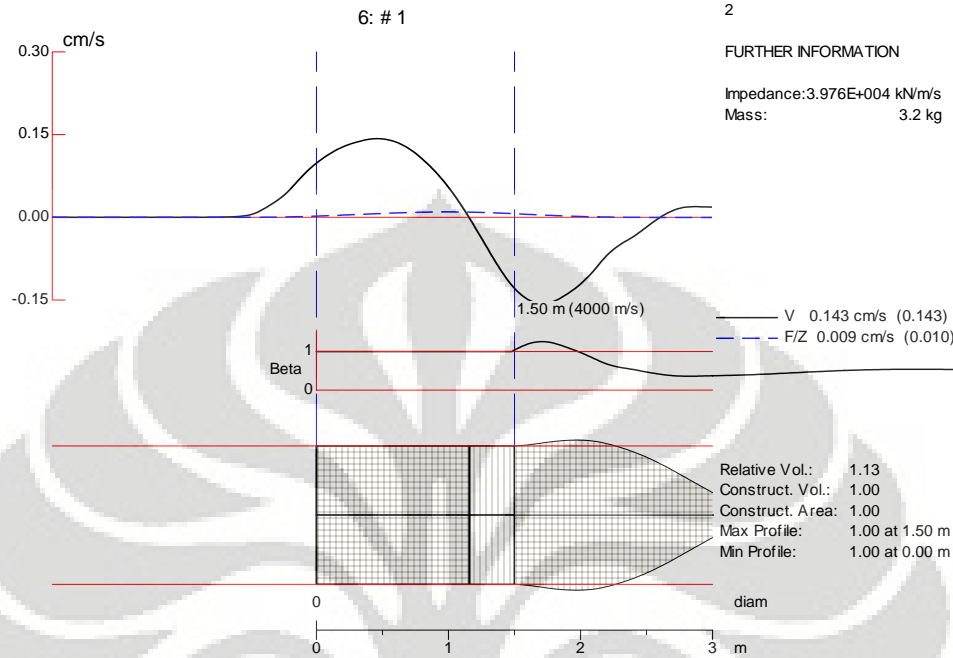
Gambar 4.118 Grafik High Pass titik 7 Pile Cap As-4



Gambar 4.119 Grafik Three Points titik 7 Pile Cap As-4

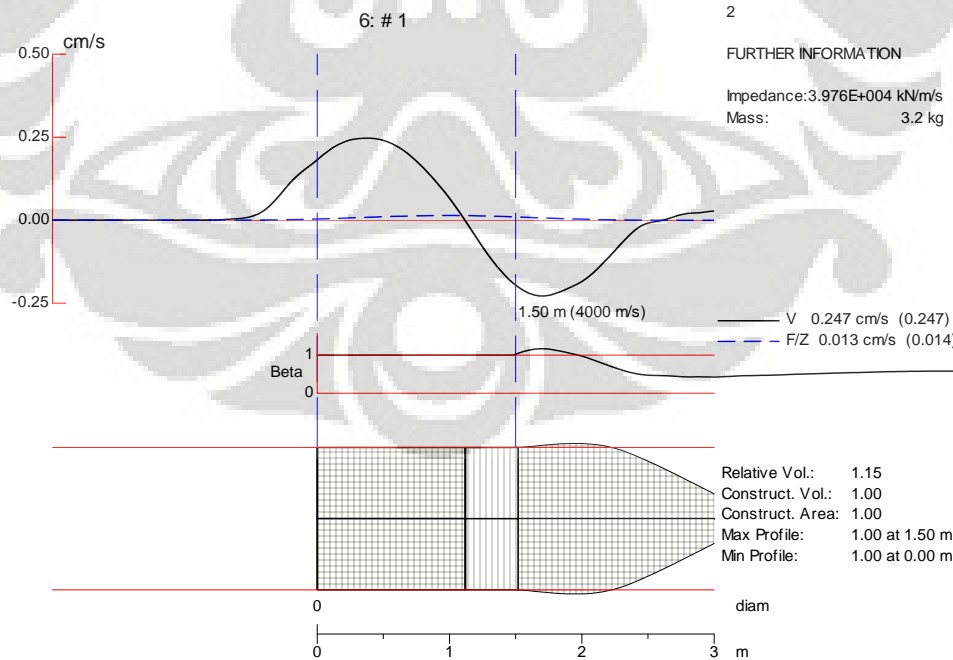


Gambar 4.120 Grafik Zero Line titik 7 Pile Cap As-4

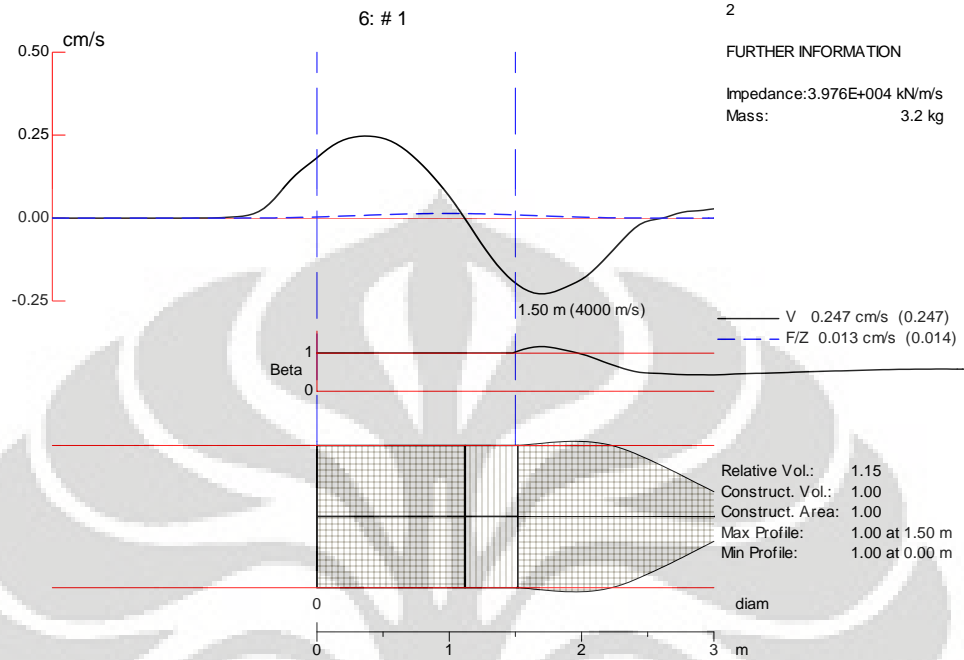


Gambar 4.121 Grafik Uniform Pile titik 7 Pile Cap As-4

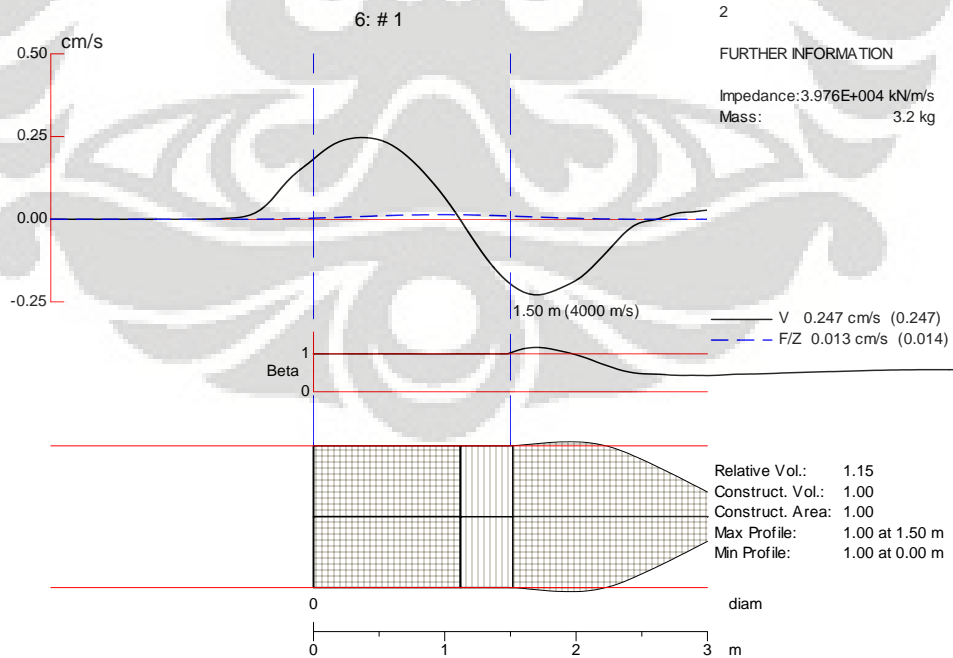
4.2.3.1.8 Titik 8



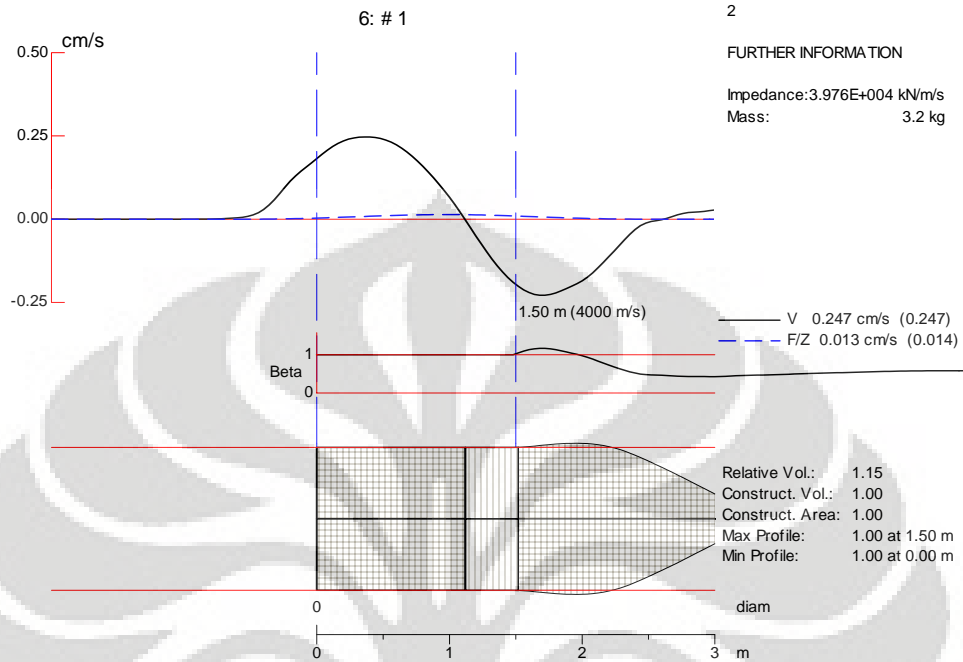
Gambar 4.122 Grafik low pass titik 8 Pile Cap As-4



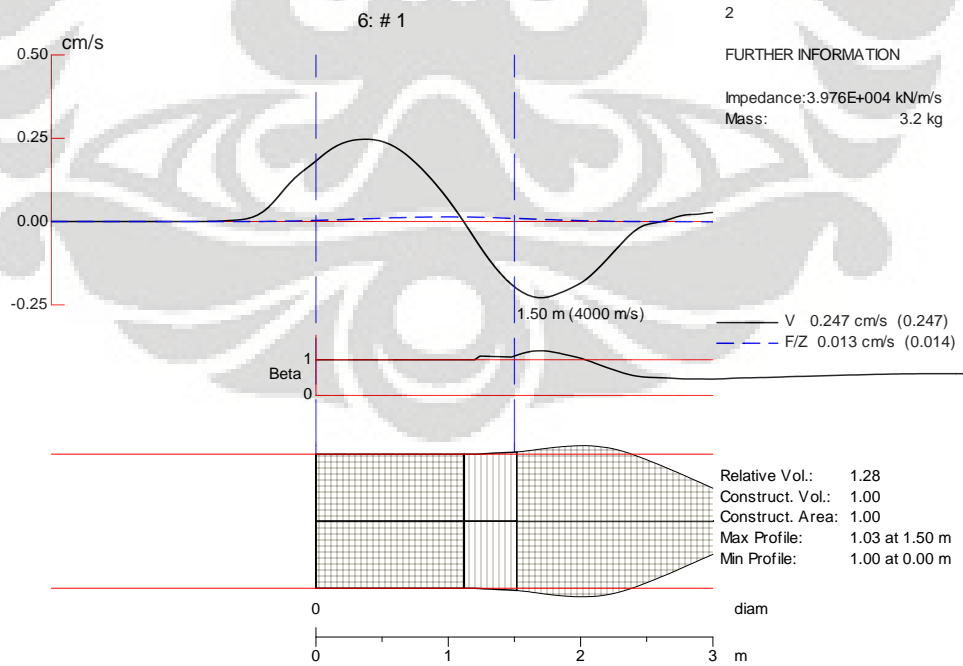
Gambar 4.123 Grafik Polynominal titik 8 Pile Cap As-4



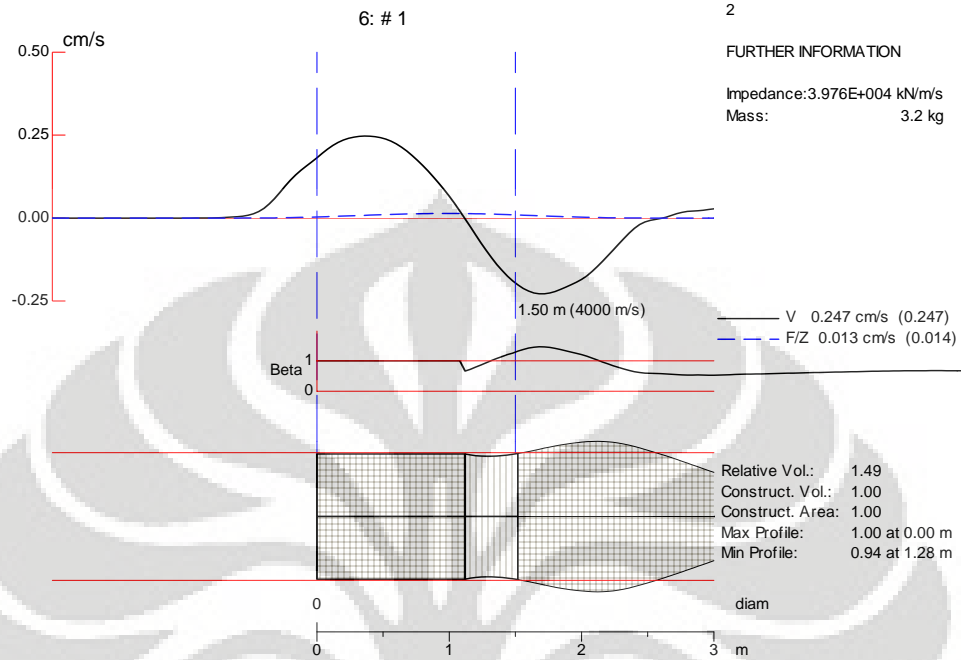
Gambar 4.124 Grafik Lower Envelope titik 8 Pile Cap As-4



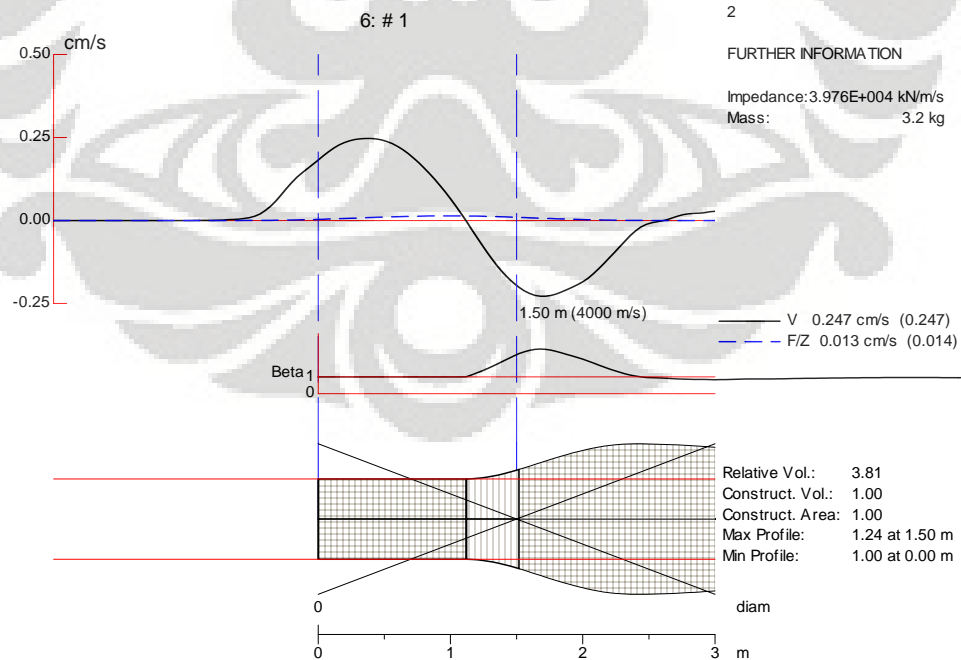
Gambar 4.125 Grafik Upper Envelope titik 8 Pile Cap As-4



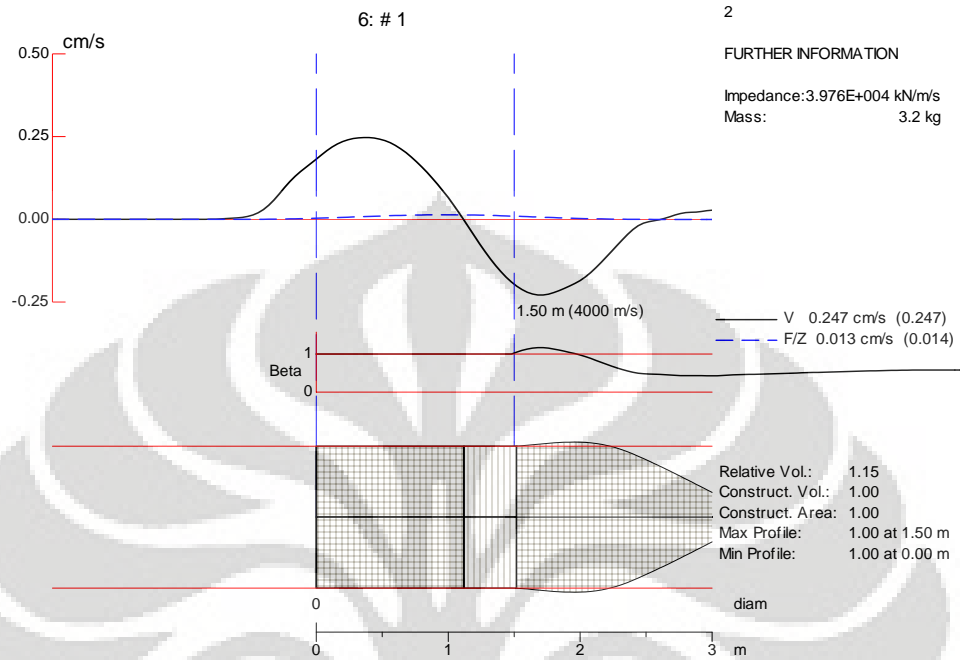
Gambar 4.126 Grafik High Pass titik 8 Pile Cap As-4



Gambar 4.127 Grafik Three Points titik 8 Pile Cap As-4

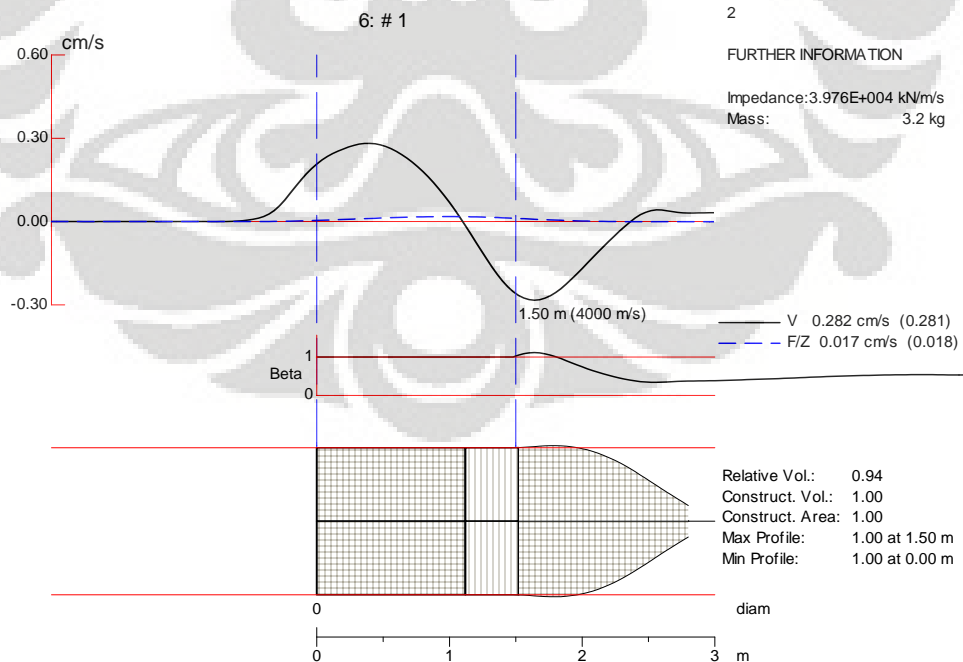


Gambar 4.128 Grafik Zero Line titik 8 Pile Cap As-4

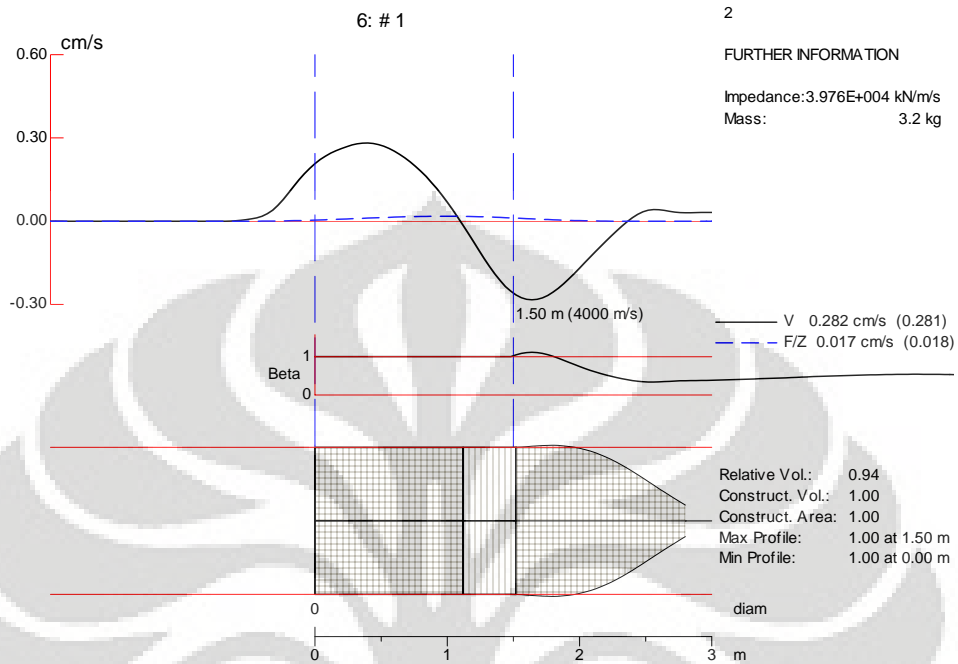


Gambar 4.129 Grafik Uniform Pile titik 8 Pile Cap As-4

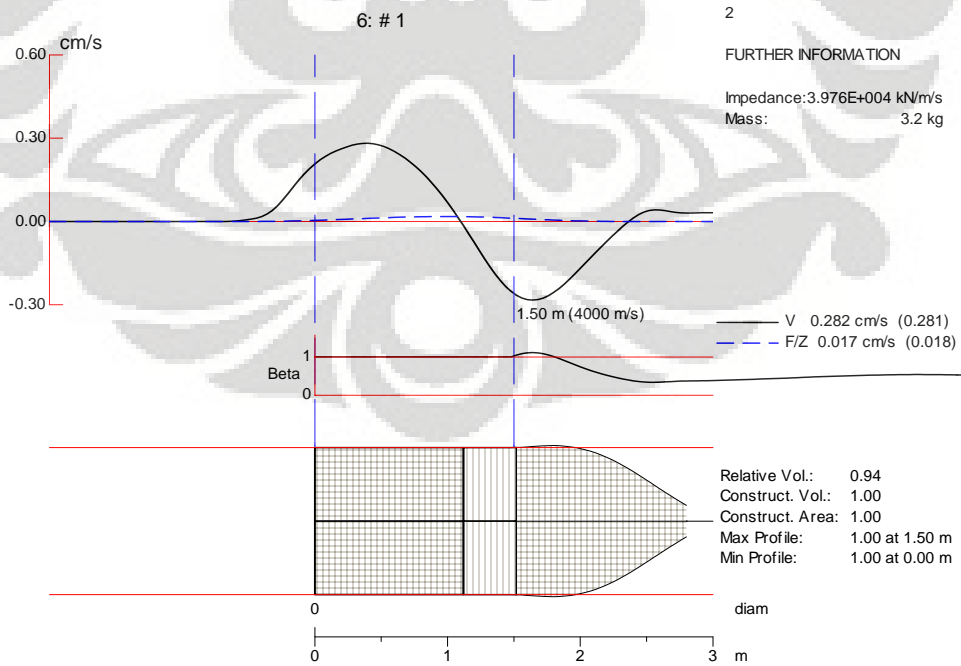
4.2.3.1.9 Titik 9



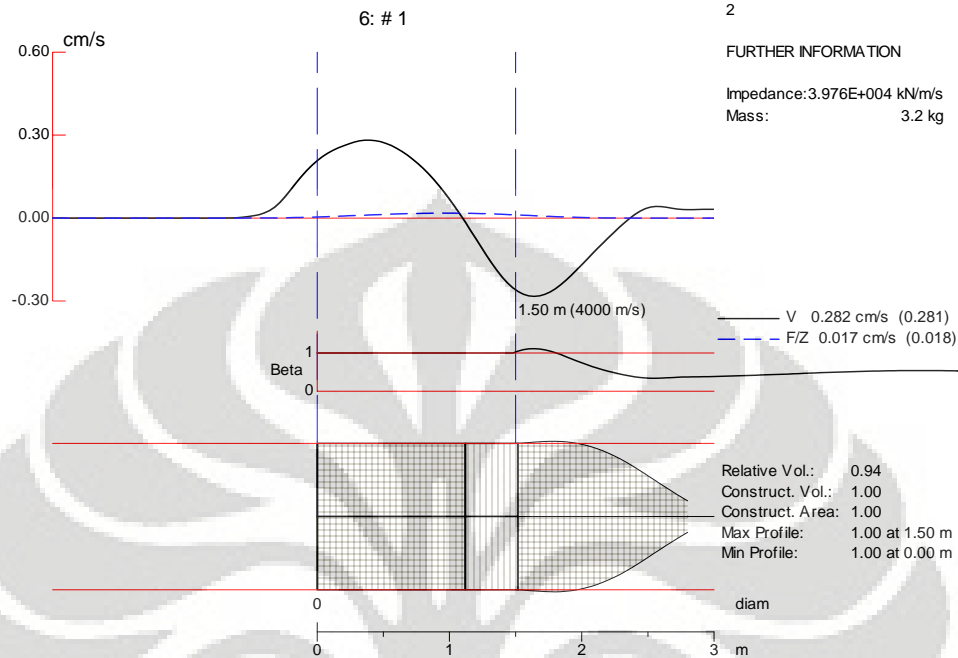
Gambar 4.130 Grafik low pass titik 9 Pile Cap As-4



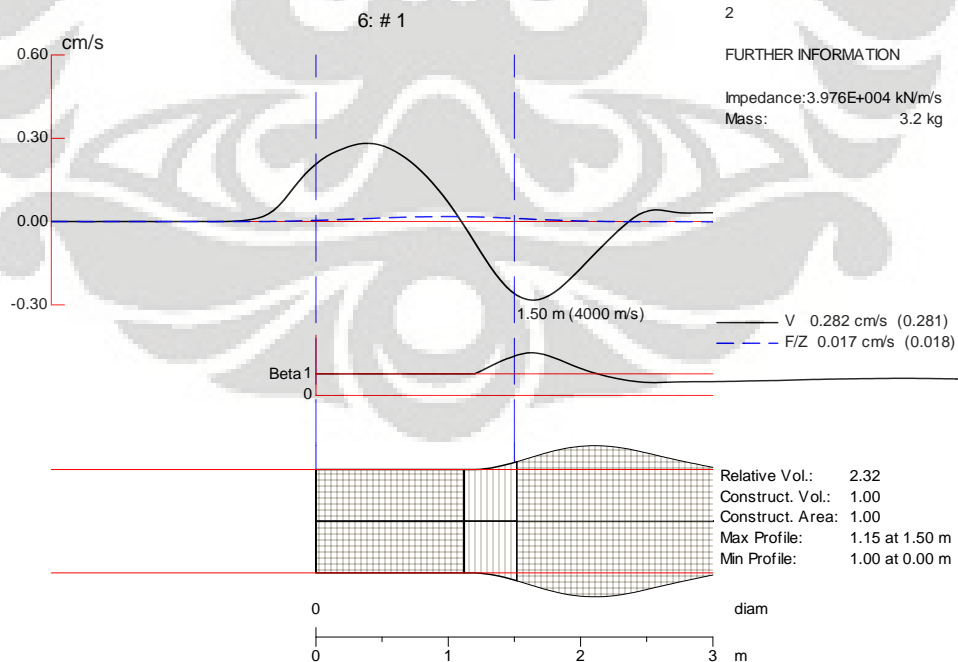
Gambar 4.131 Grafik Polynominal titik 9 Pile Cap As-4



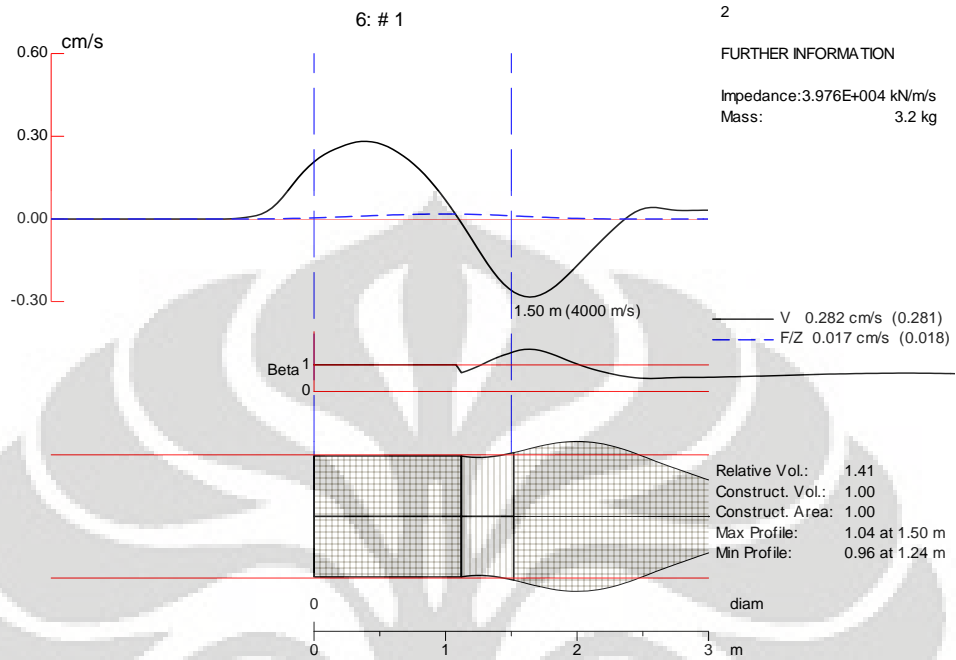
Gambar 4.132 Grafik Lower Envelope titik 9 Pile Cap As-4



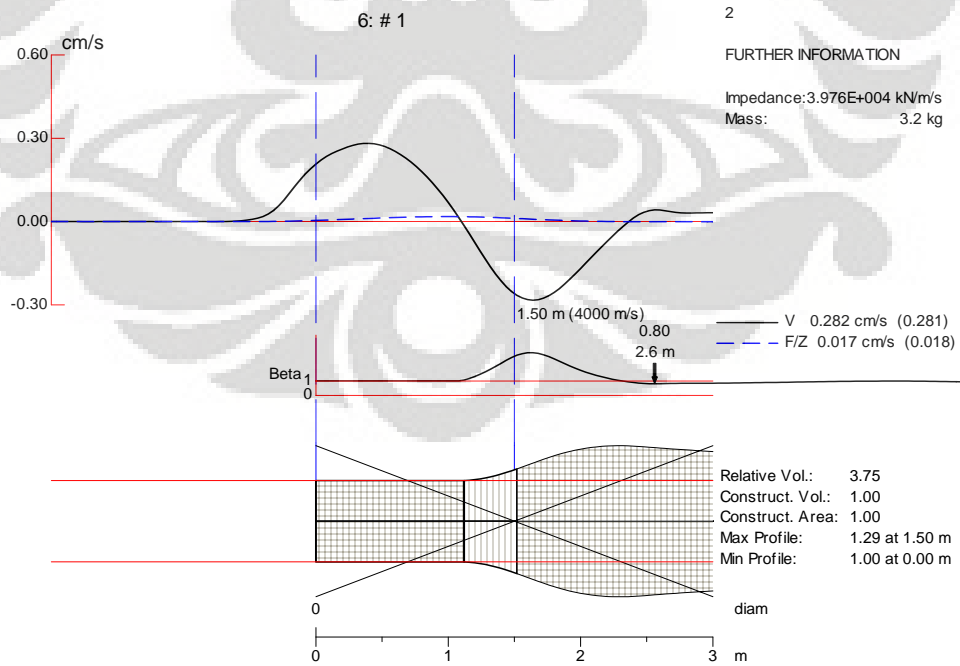
Gambar 4.133 Grafik Upper Envelope titik 9 Pile Cap As-4



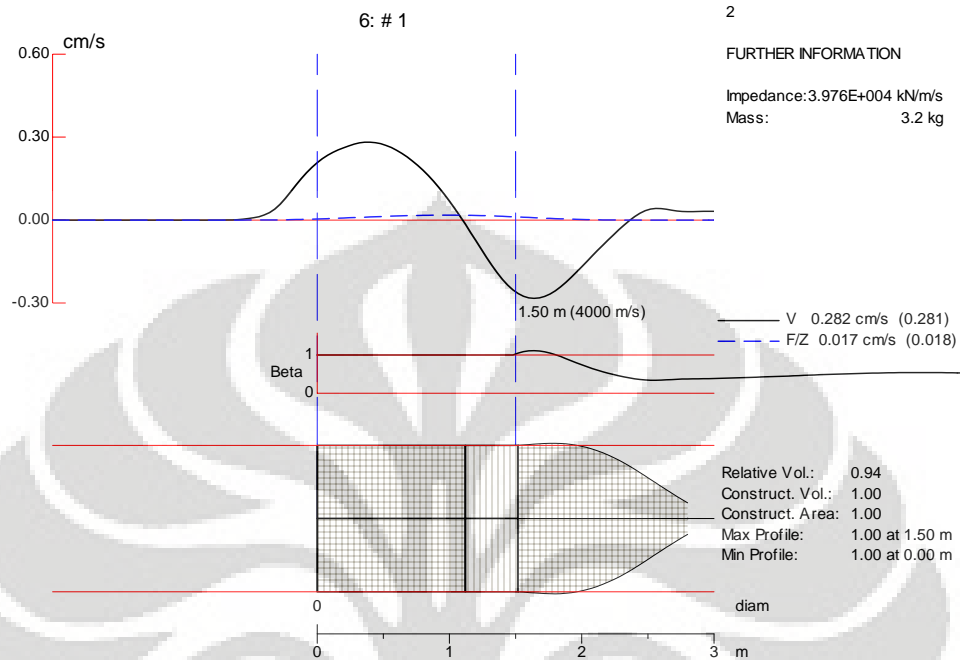
Gambar 4.134 Grafik High Pass titik 9 Pile Cap As-4



Gambar 4.135 Grafik Three Points titik 9 Pile Cap As-4

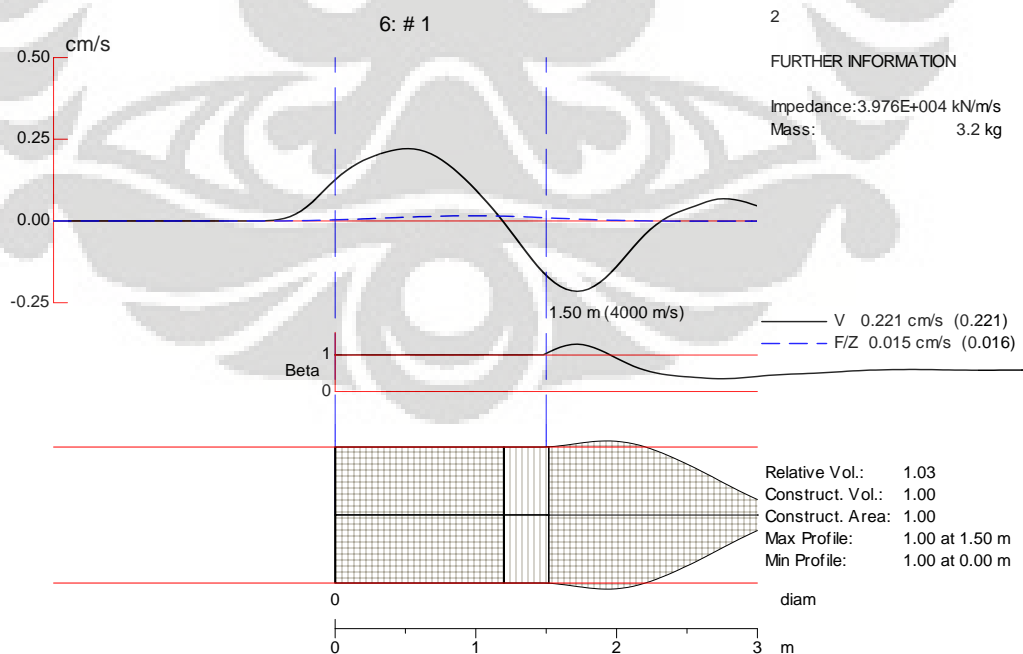


Gambar 4.136 Grafik Zero Line titik 9 Pile Cap As-4

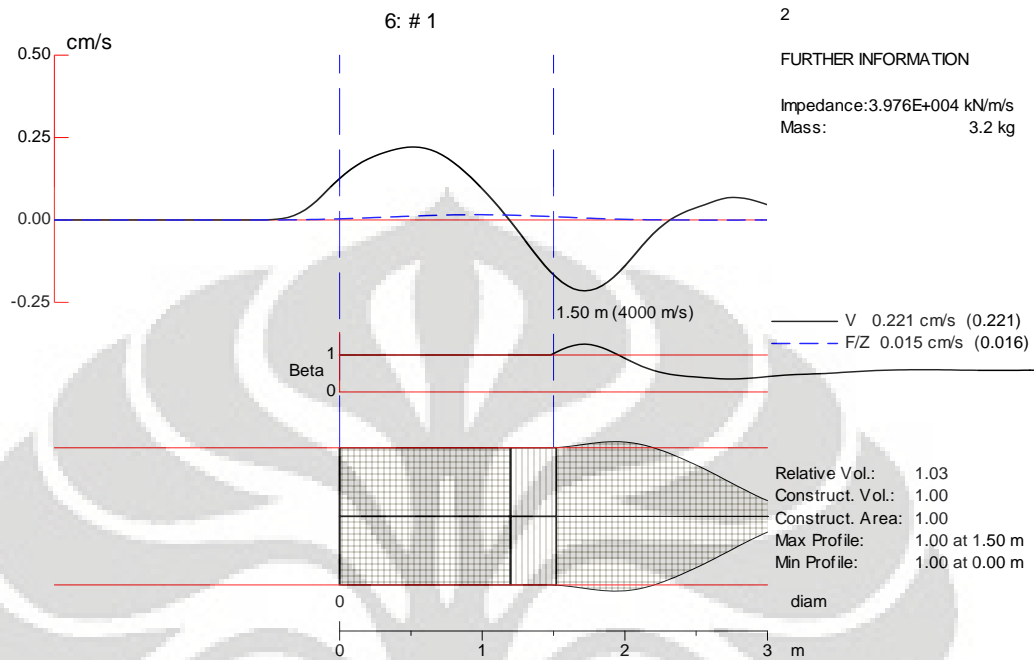


Gambar 4.137 Grafik Uniform Pile titik 9 Pile Cap As-4

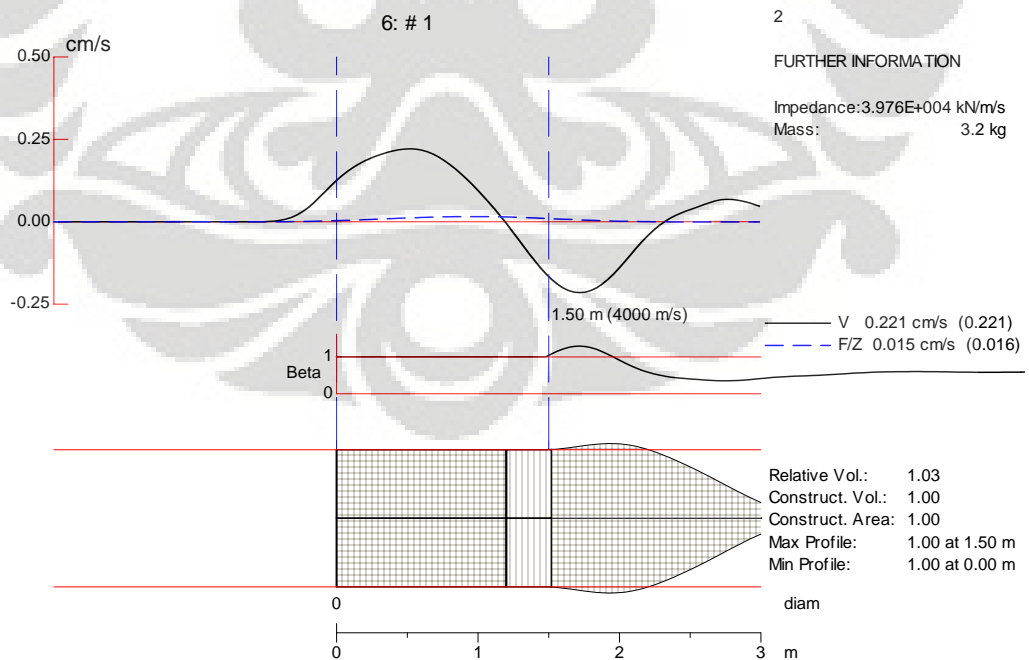
4.2.3.1.10 Titik 10



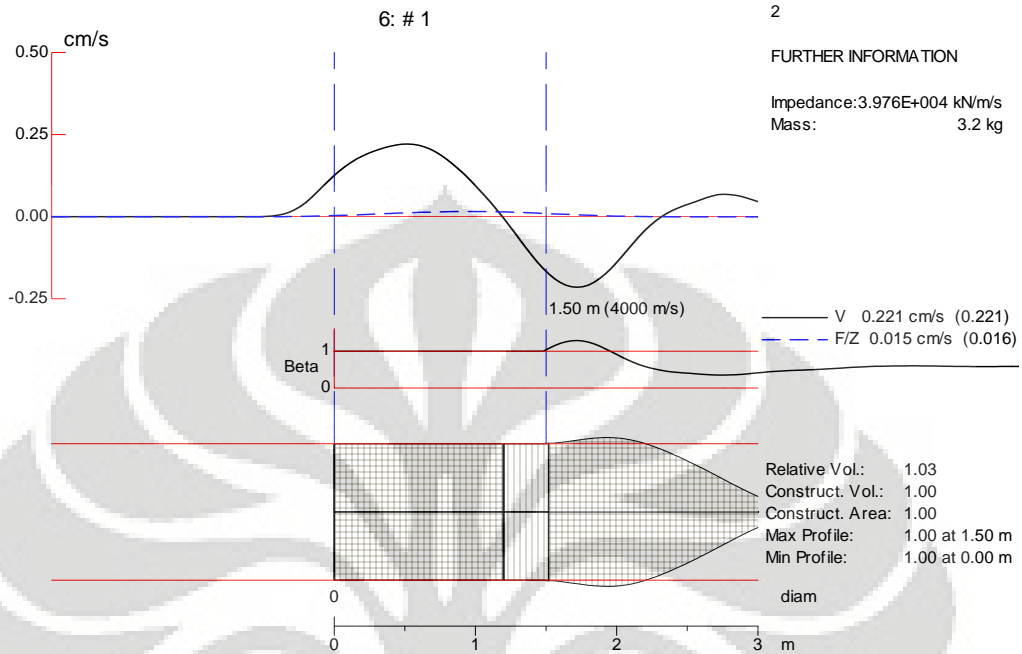
Gambar 4.138 Grafik low pass titik 10 Pile Cap As-4



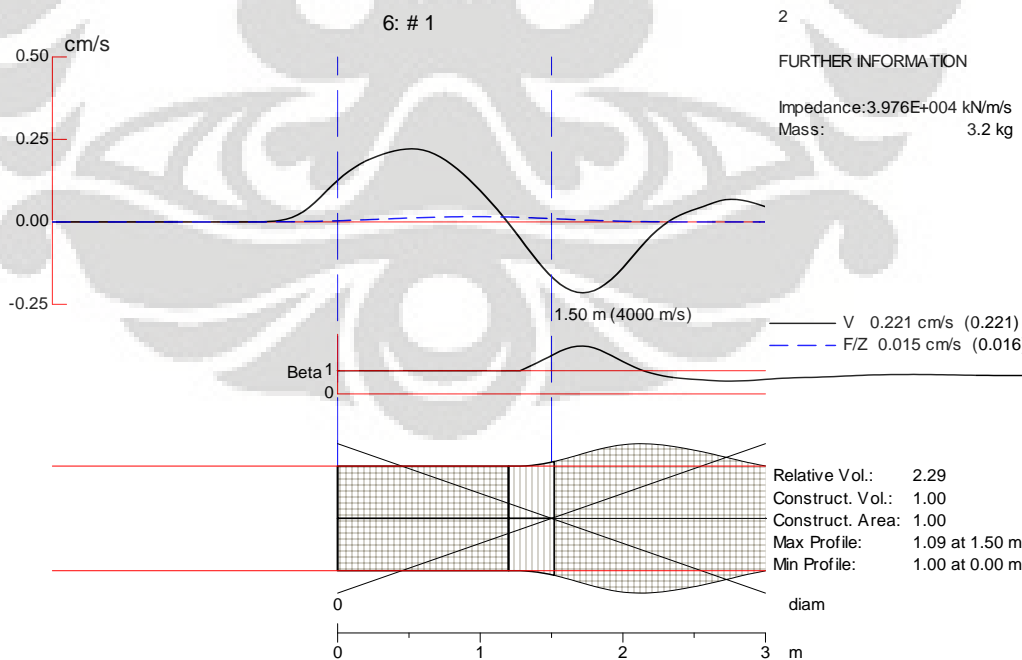
Gambar 4.139 Grafik Polynominal titik 10 Pile Cap As-4



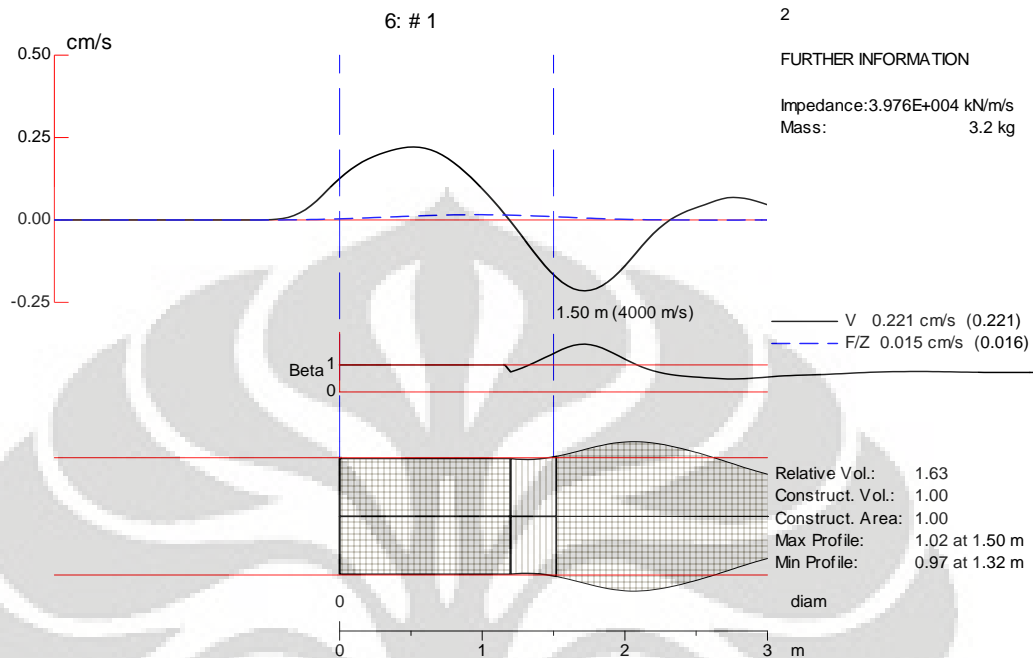
Gambar 4.140 Grafik Lower Envelope titik 10 Pile Cap As-4



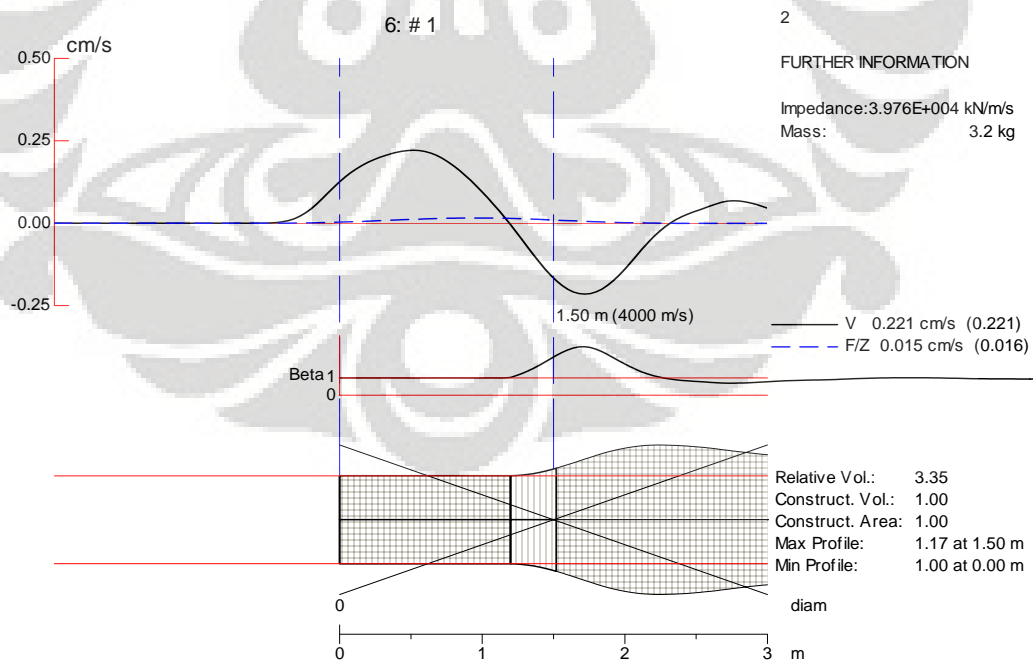
Gambar 4.141 Grafik Upper Envelope titik 10 Pile Cap As-4



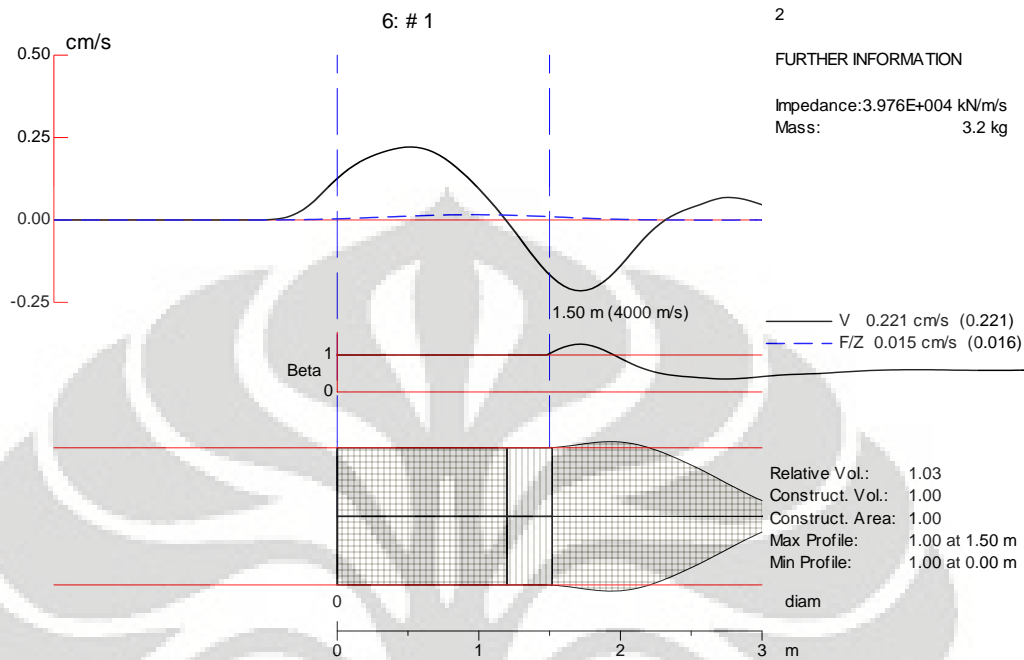
Gambar 4.142 Grafik High Pass titik 10 Pile Cap As-4



Gambar 4.143 Grafik Three Points titik 10 Pile Cap As-4

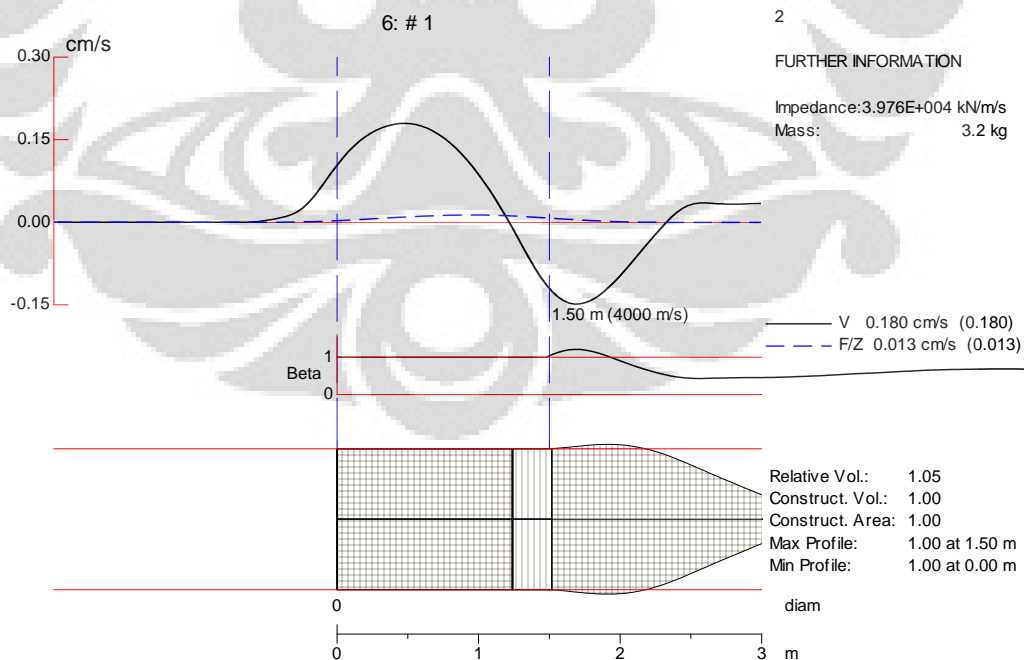


Gambar 4.144 Grafik Zero Line titik 10 Pile Cap As-4

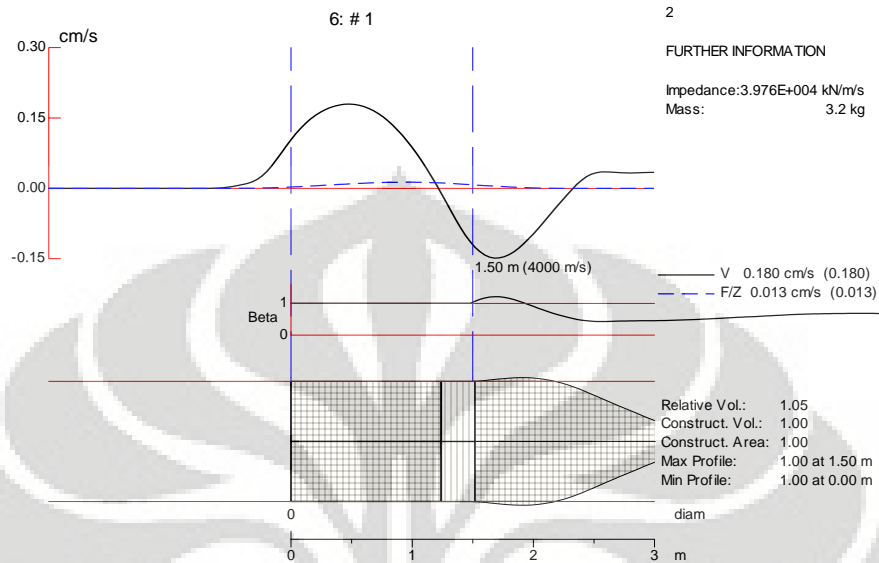


Gambar 4.145 Grafik Uniform Pile titik 10 Pile Cap As-4

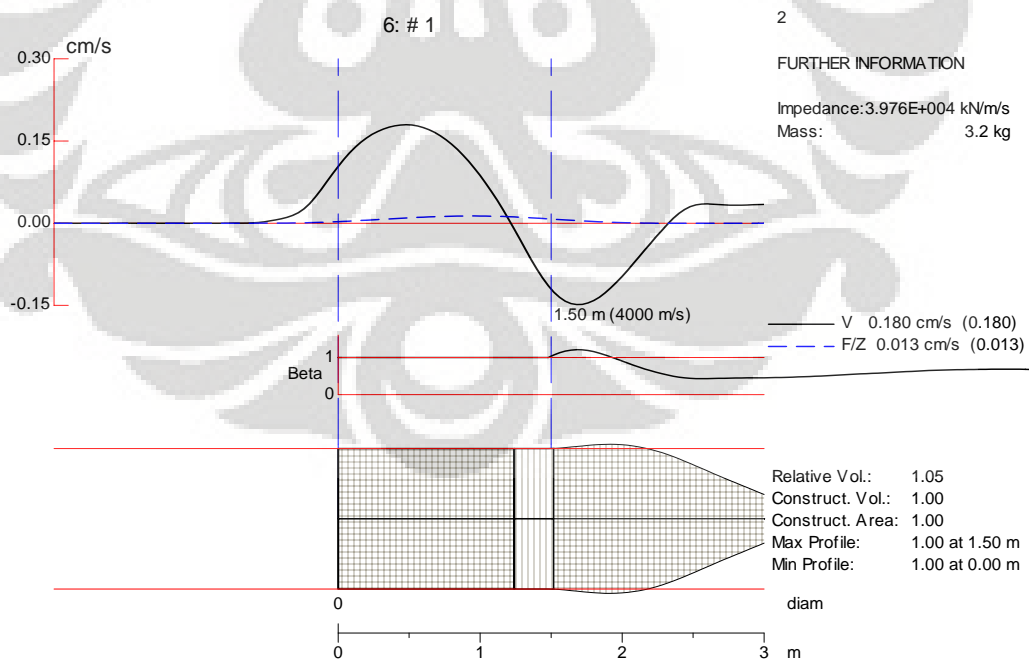
4.2.3.1.11 Titik 11



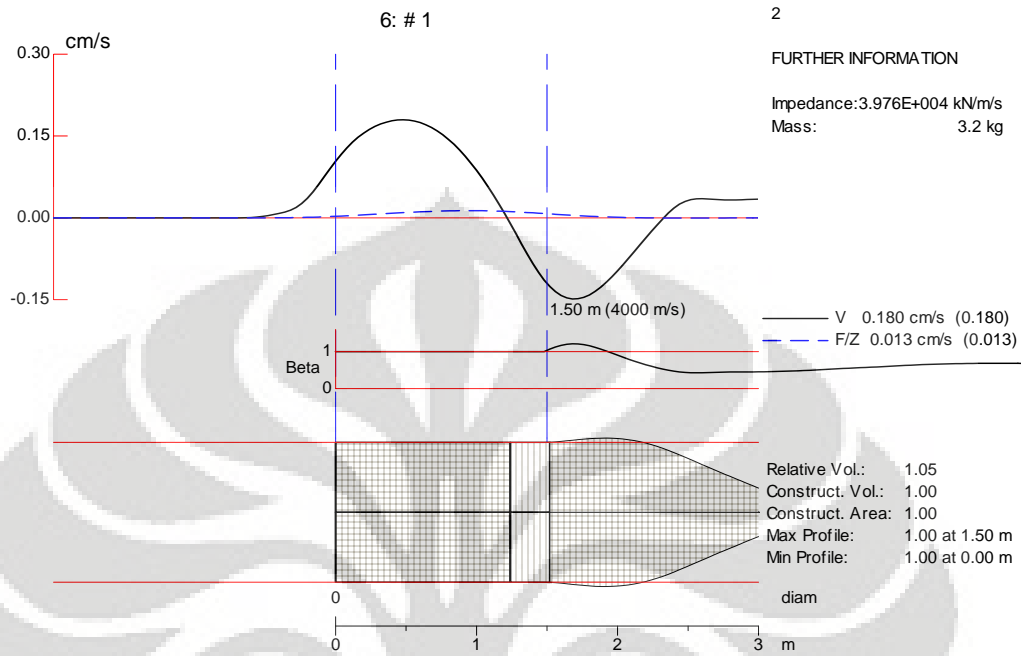
Gambar 4.146 Grafik low pass titik 11 Pile Cap As-4



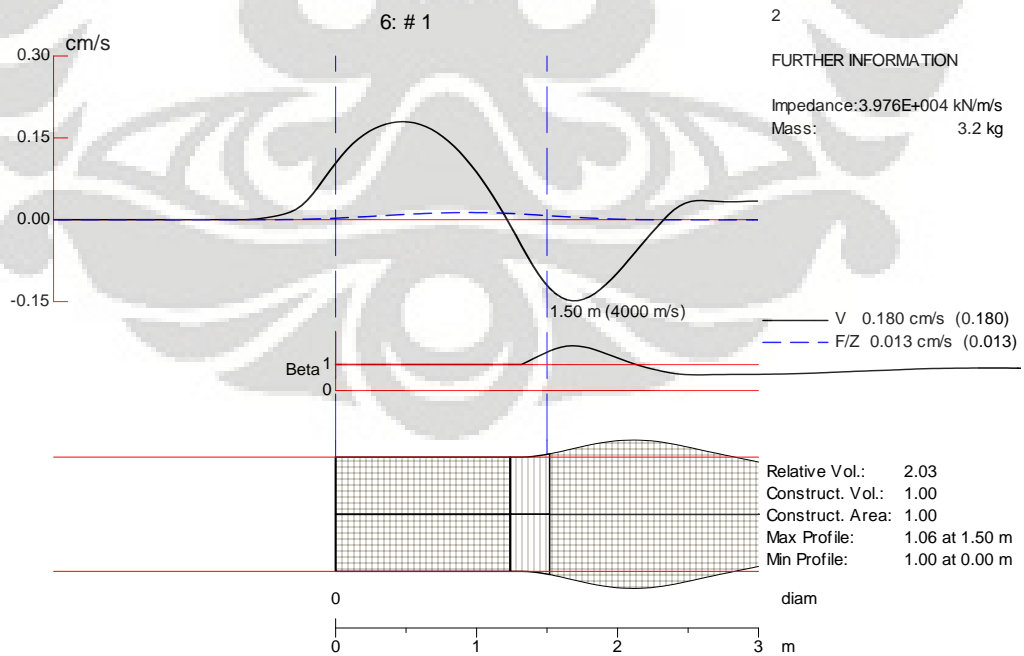
Gambar 4.147 Grafik Polynominal titik 11 Pile Cap As-4



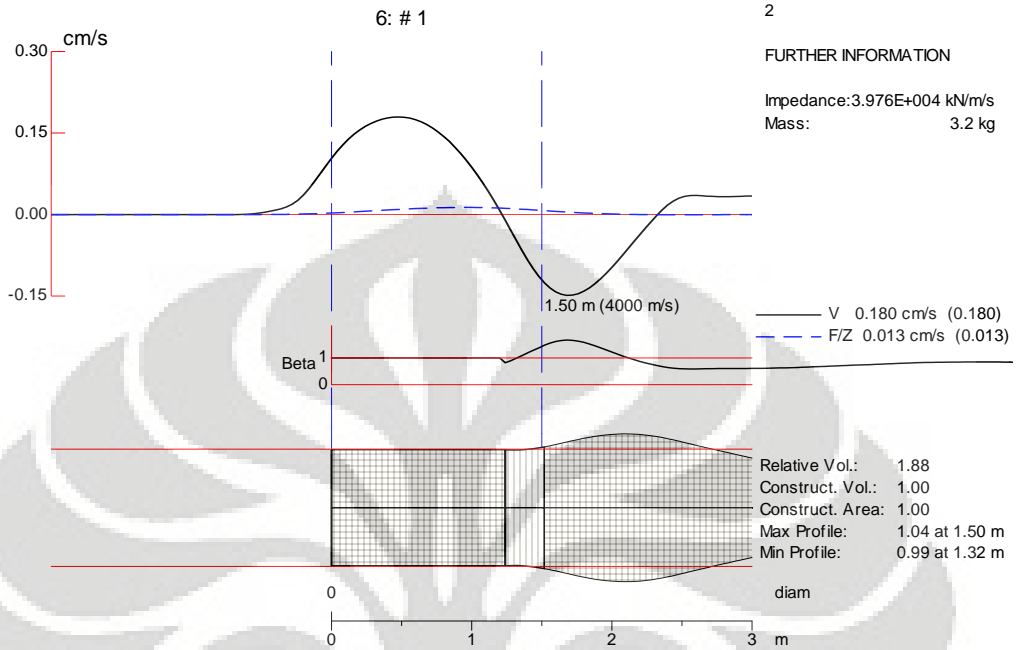
Gambar 4.148 Grafik Lower Envelopetik 11 Pile Cap As-4



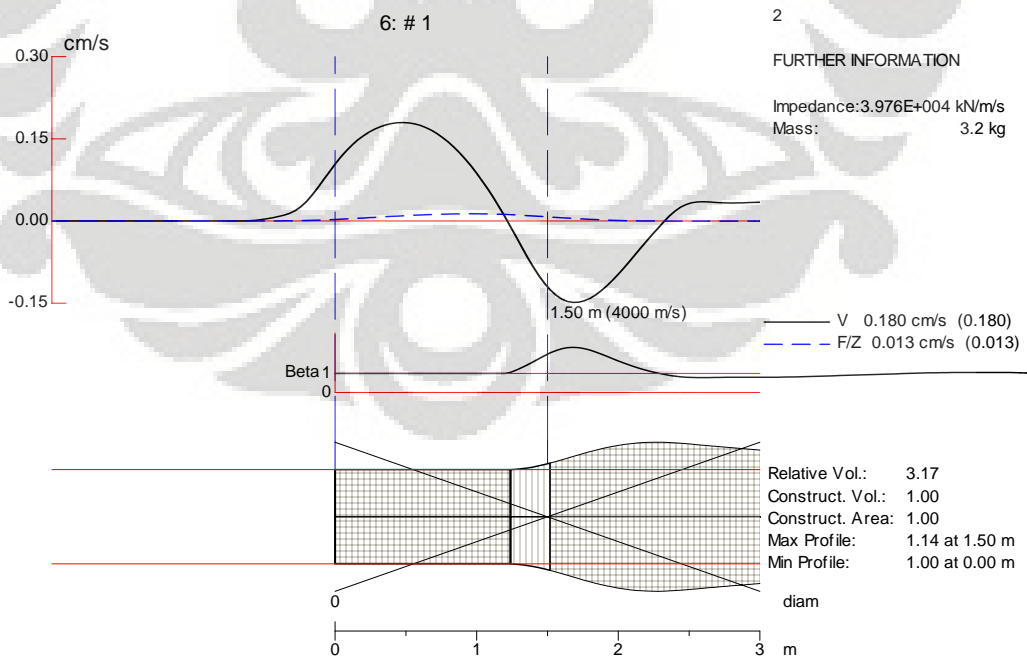
Gambar 4.149 Grafik Upper Envelope titik 11 Pile Cap As-4



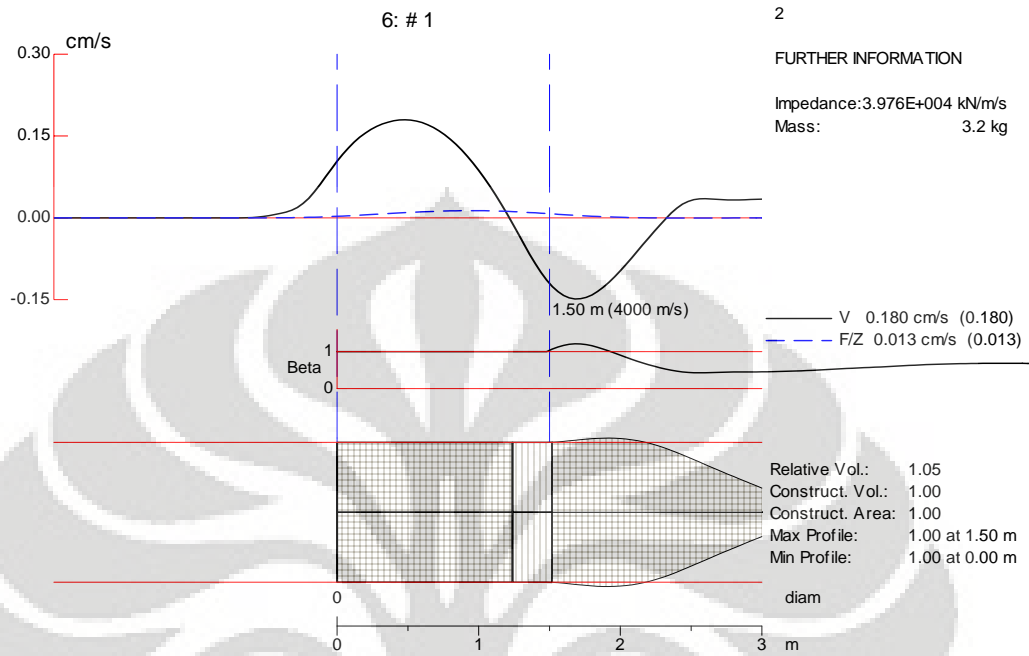
Gambar 4.150 Grafik High Pass titik 11 Pile Cap As-4



Gambar 4.151 Grafik Three Points titik 11 Pile Cap As-4

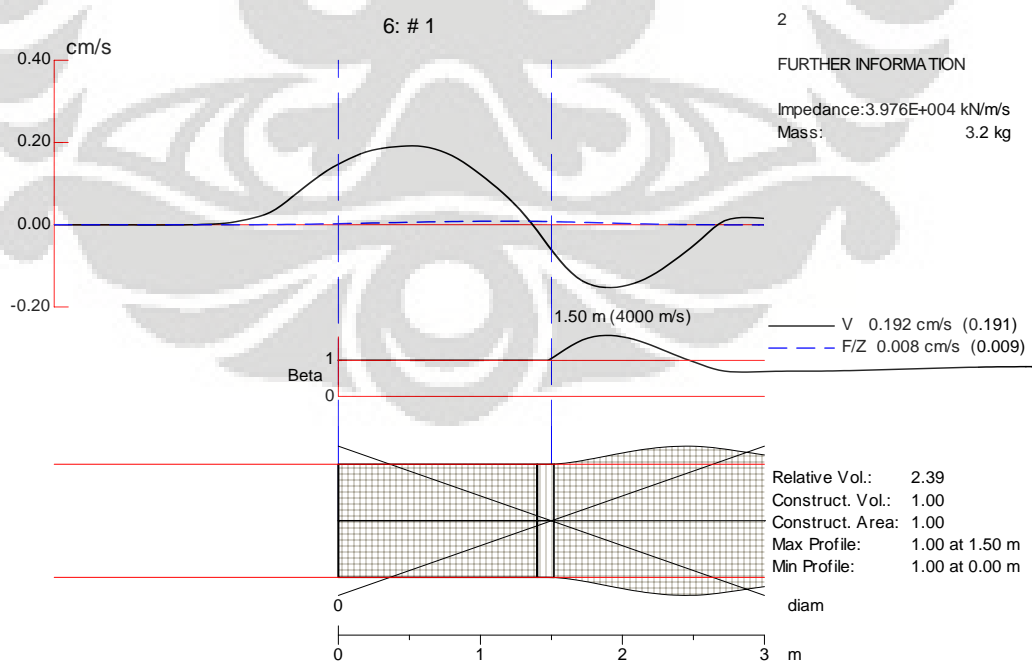


Gambar 4.152 Grafik Zero Line titik 11 Pile Cap As-4

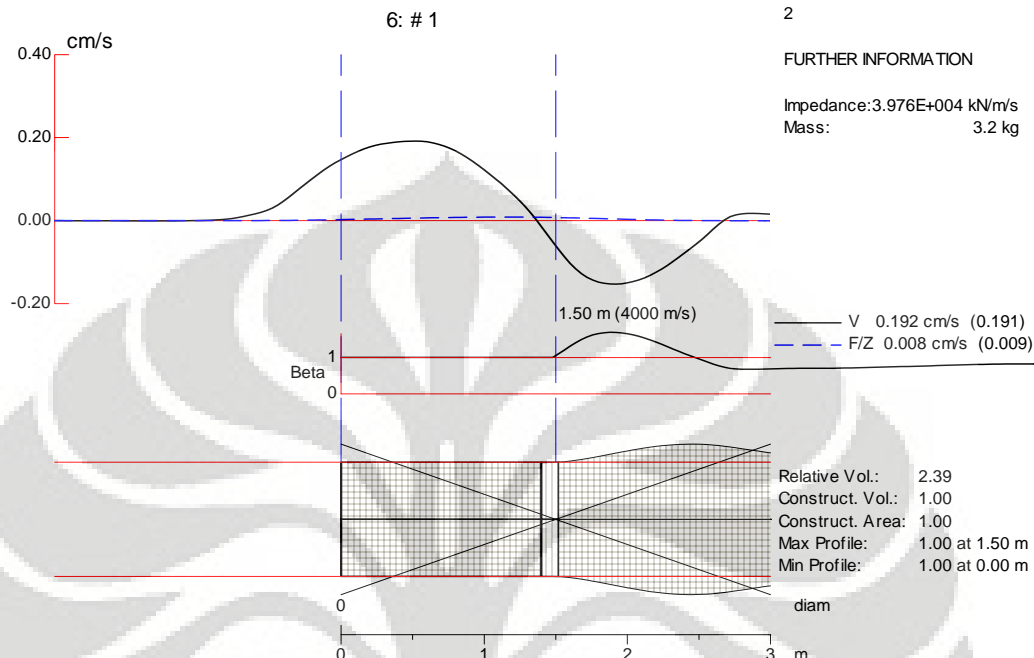


Gambar 4.153 Grafik Uniform Pile titik 11 Pile Cap As-4

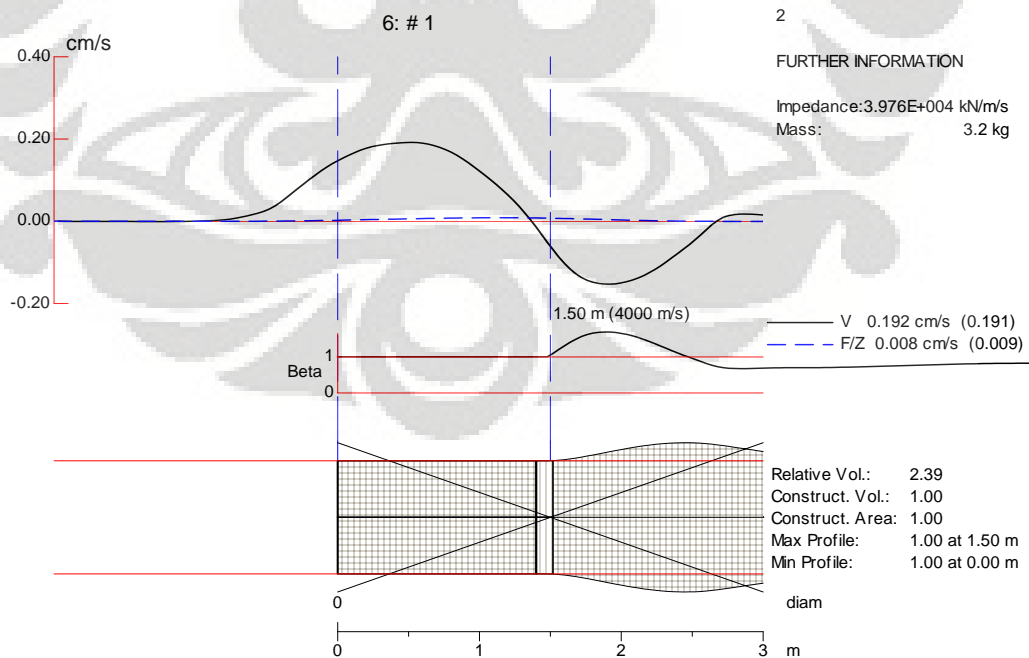
4.2.3.1.12 Titik 12



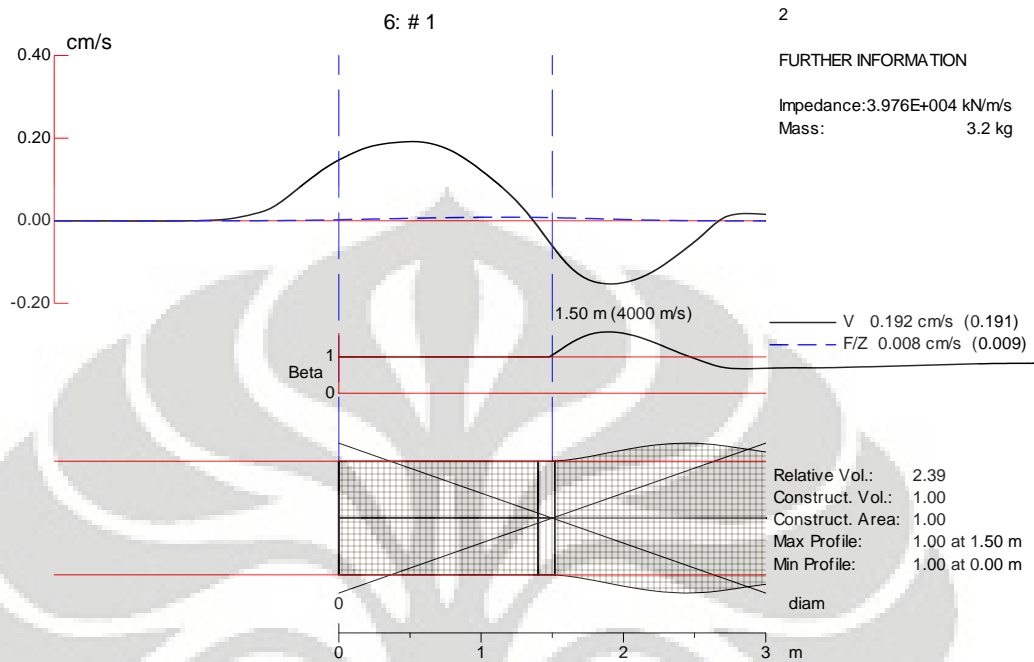
Gambar 4.154 Grafik low pass titik 12 Pile Cap As-4



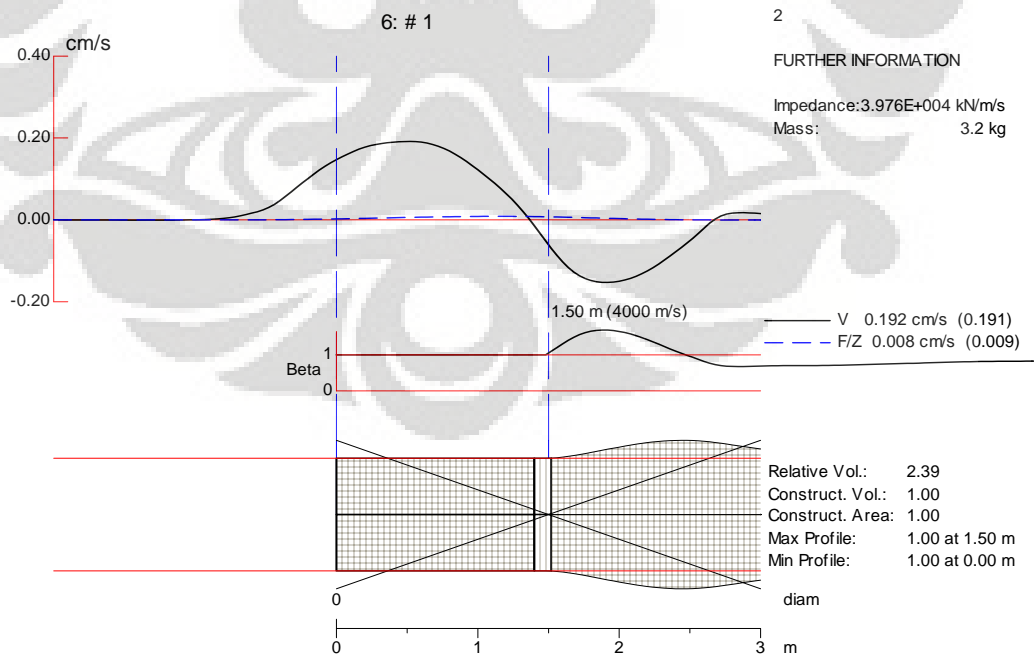
Gambar 4.155 Grafik Polynominal titik 12 Pile Cap As-4



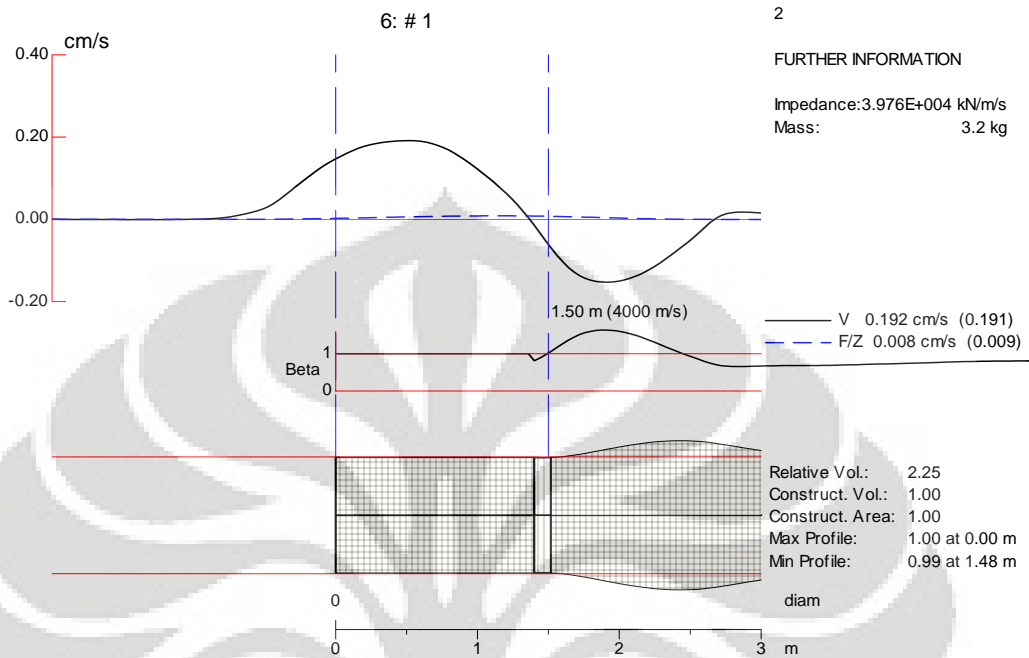
Gambar 4.156 Grafik Lower Envelope titik 12 Pile Cap As-4



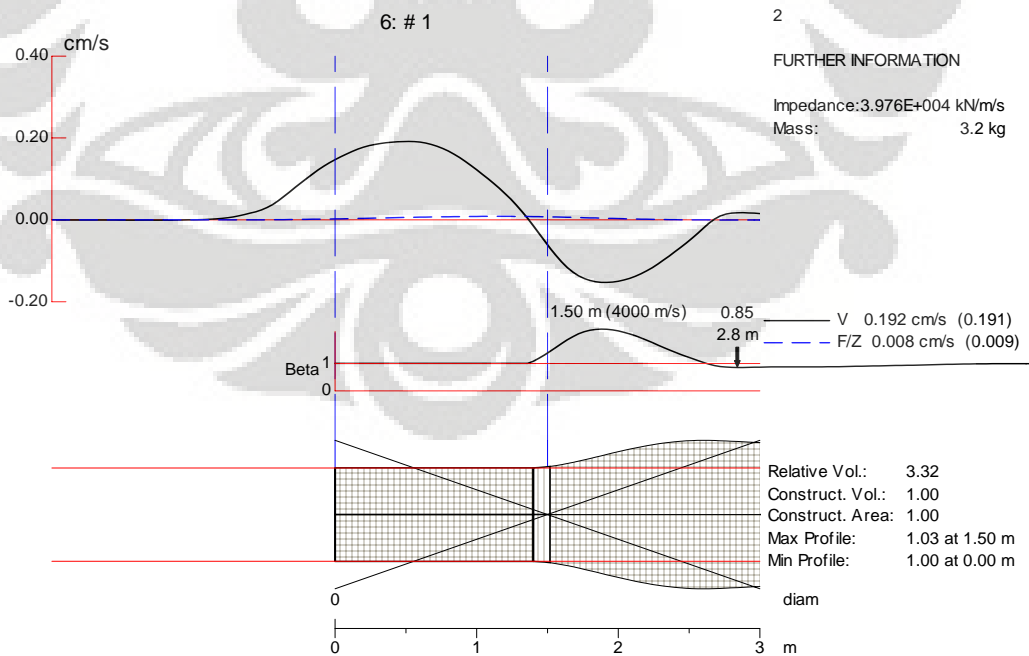
Gambar 4.157 Grafik Upper Envelope titik 12 Pile Cap As-4



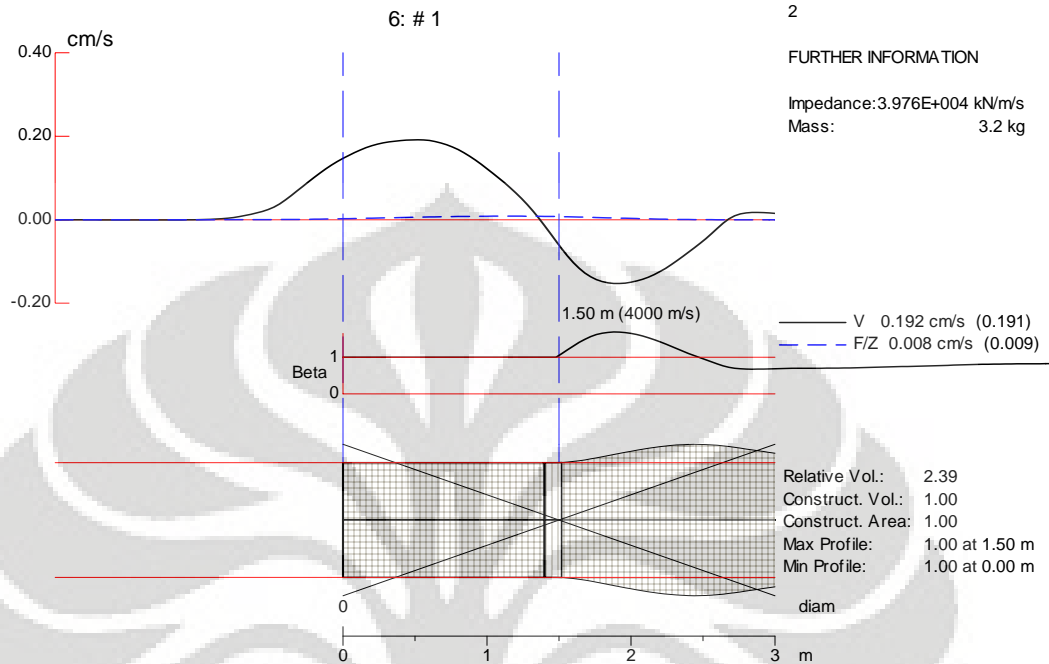
Gambar 4.158 Grafik High Pass titik 12 Pile Cap As-4



Gambar 4.159 Grafik Three Points titik 12 Pile Cap As-4



Gambar 4.160 Grafik Zero Line titik 12 Pile Cap As-4



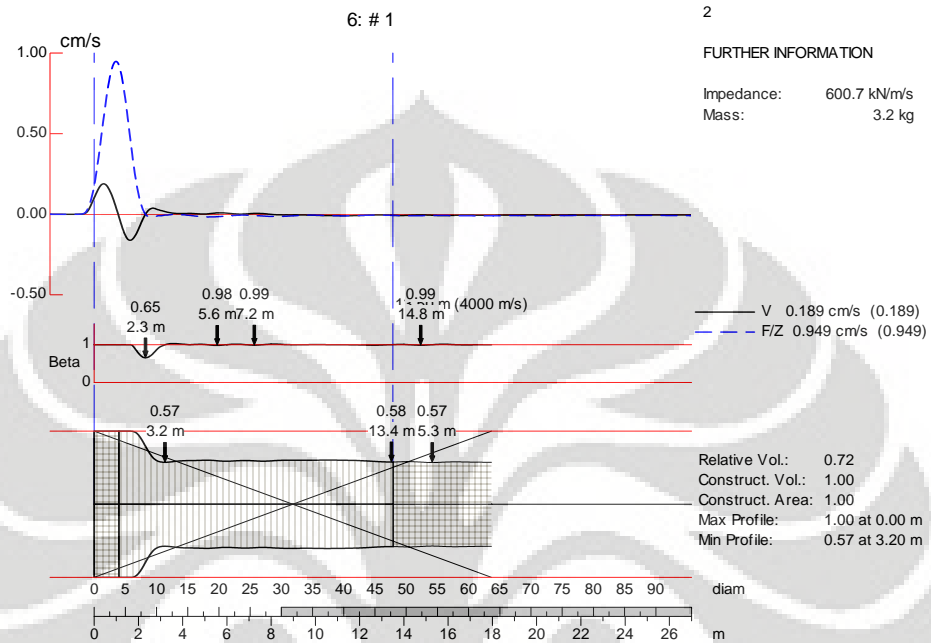
Gambar 4.161 Grafik Uniform Pile titik 12 Pile Cap As-4

4.2.3.2 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 1

University of Indonesia
 PILE CAP AS5-1; Pile: 2
 2

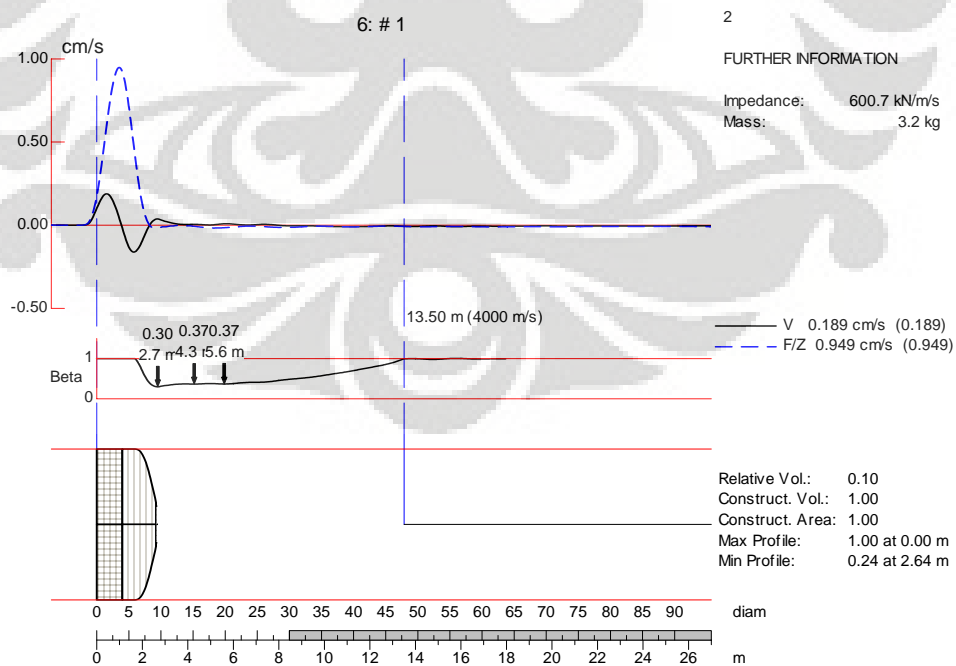
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



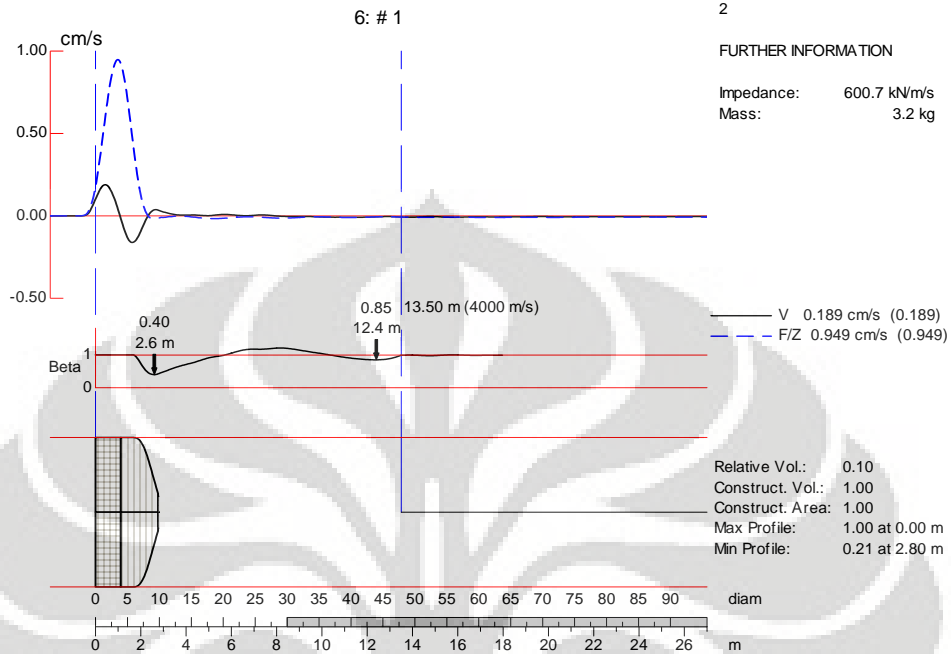
Gambar 4.162 Grafik low pass titik 1 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5-1; Pile: 2
 2

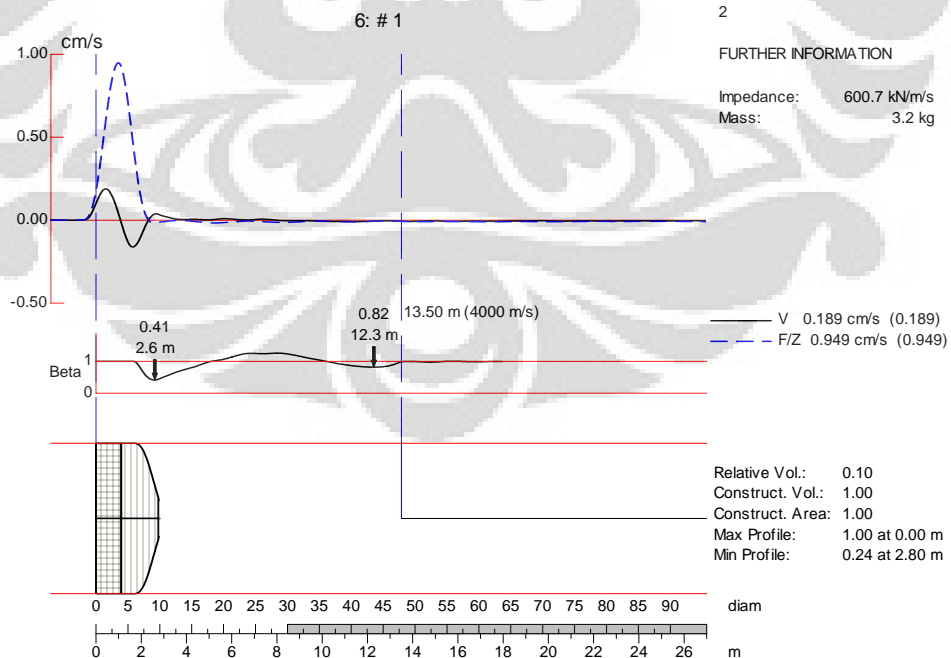
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



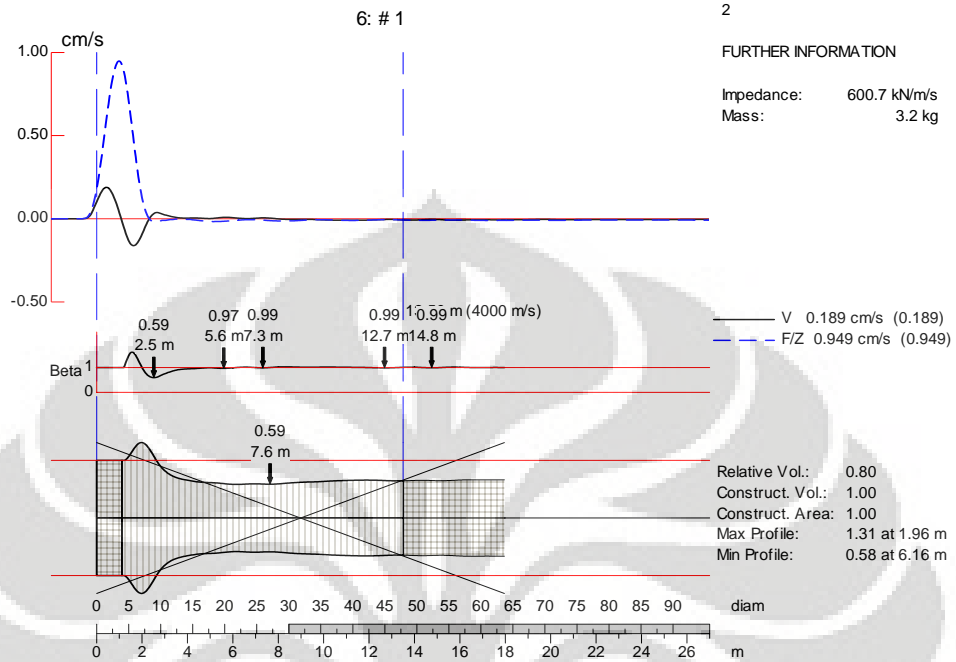
Gambar 4.163 Grafik Polynomial titik 1 Pile Cap As-5



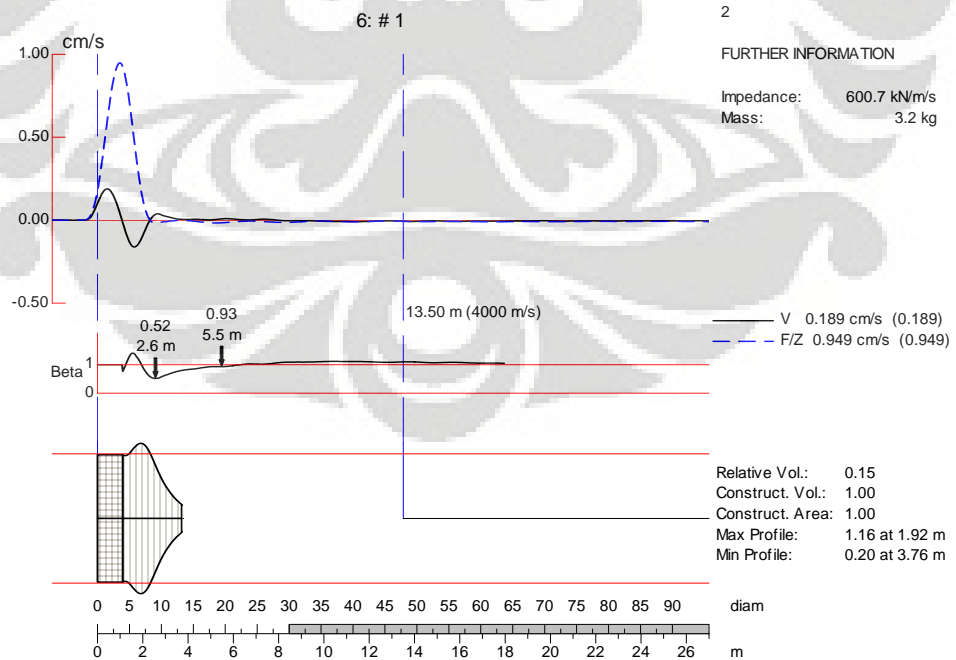
Gambar 4.164 Grafik Lower Envelope titik 1 Pile Cap As-5



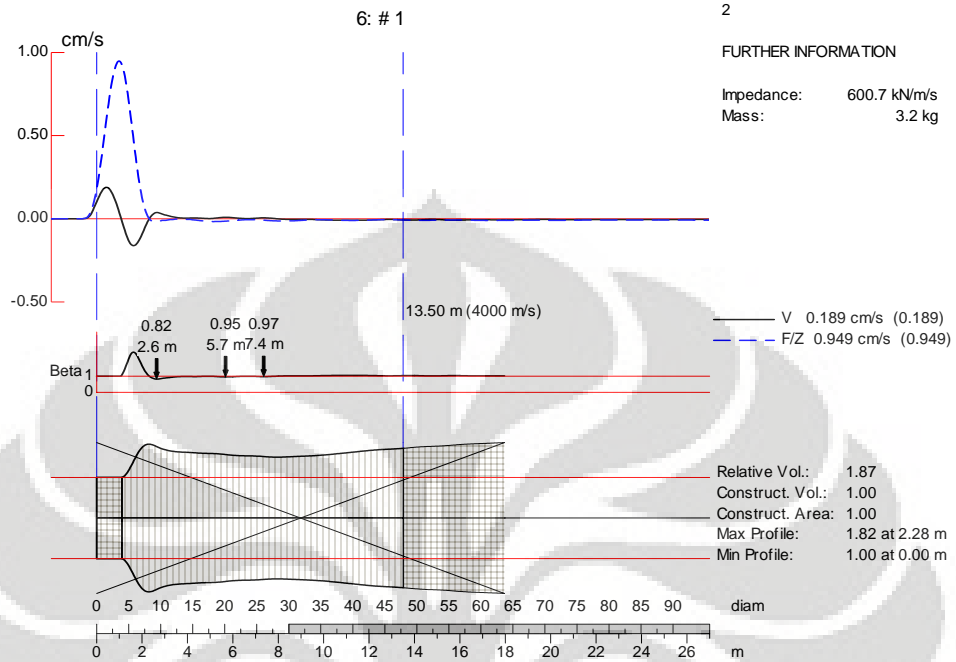
Gambar 4.165 Grafik Upper Envelope titik 1 Pile Cap As-5



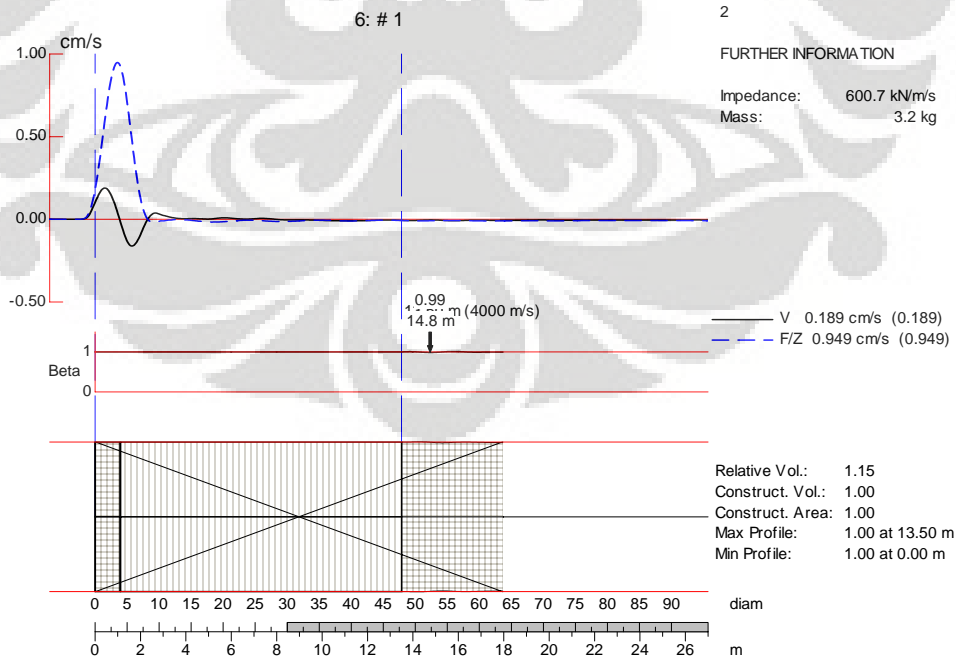
Gambar 4.166 Grafik High Pass titik 1 Pile Cap As-5



Gambar 4.167 Grafik Three Points titik 1 Pile Cap As-5



Gambar 4.168 Grafik Zero Line titik 1 Pile Cap As-5

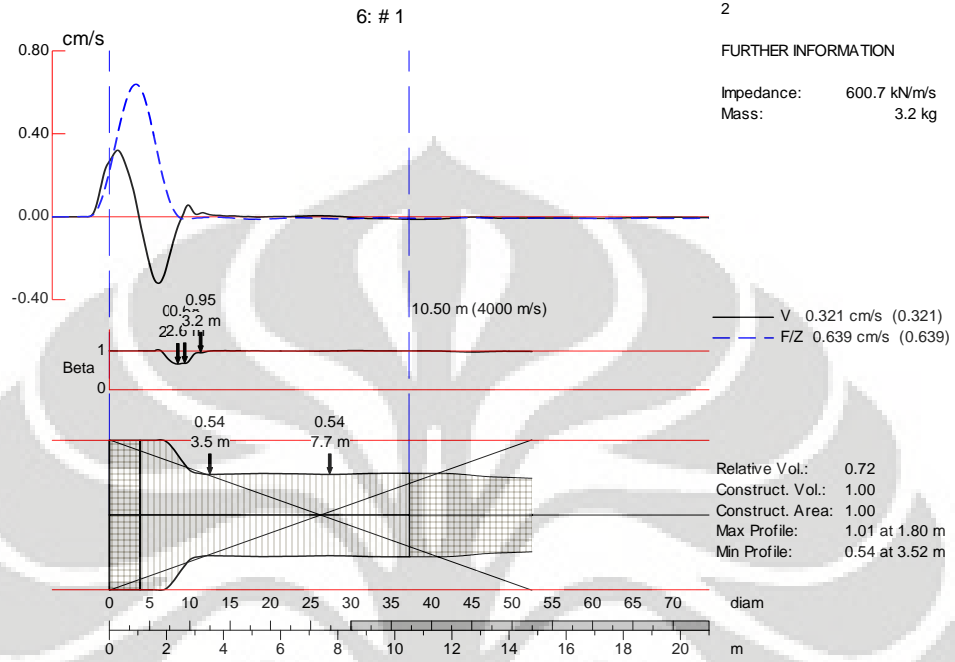


Gambar 4.169 Grafik Uniform Pile titik 1 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 2

University of Indonesia
 PILE CAP AS5-2; Pile: 2
 2

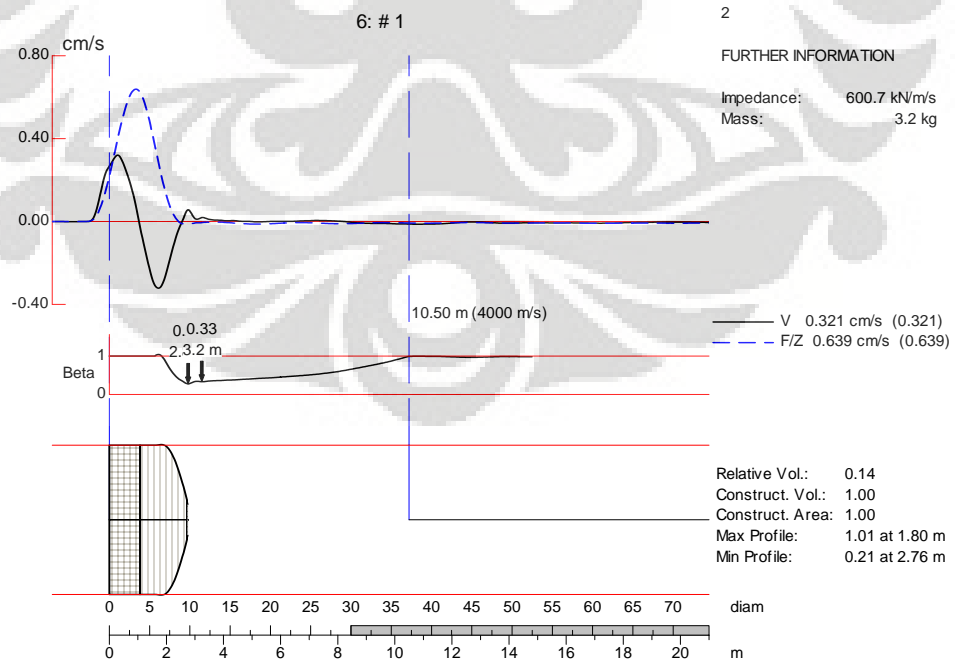
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



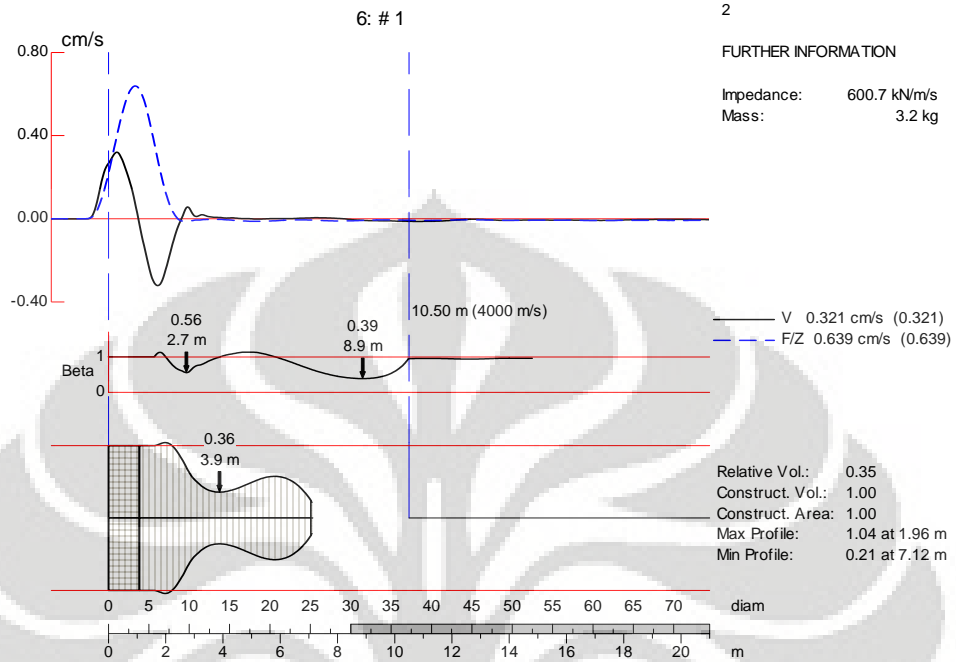
Gambar 4.170 Grafik low pass titik 2 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5-2; Pile: 2
 2

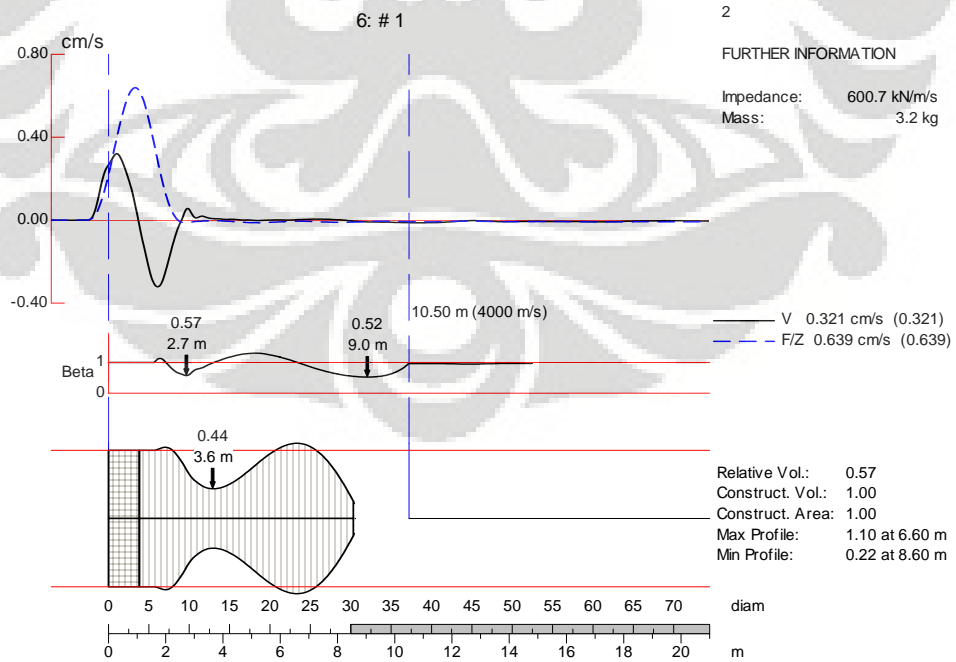
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



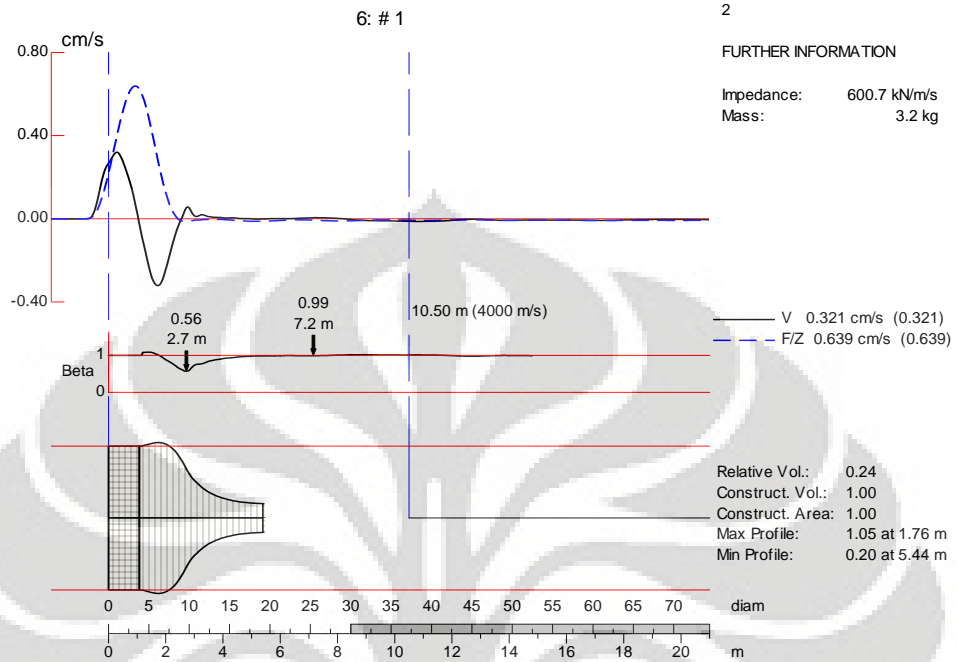
Gambar 4.171 Grafik Polynomial titik 2 Pile Cap As-5



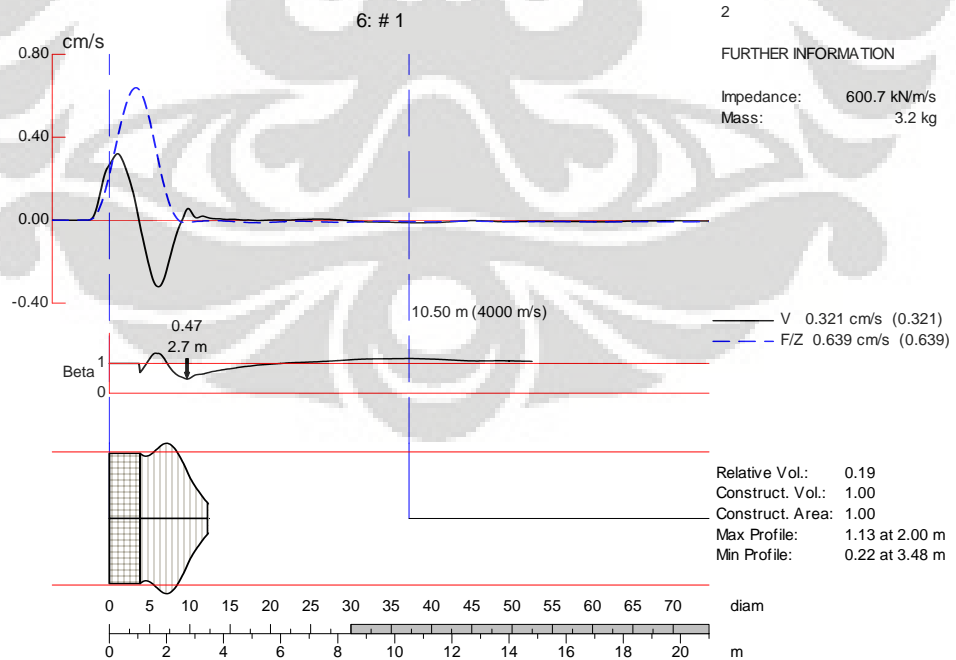
Gambar 4.172 Grafik Lower Envelope titik 2 Pile Cap As-5



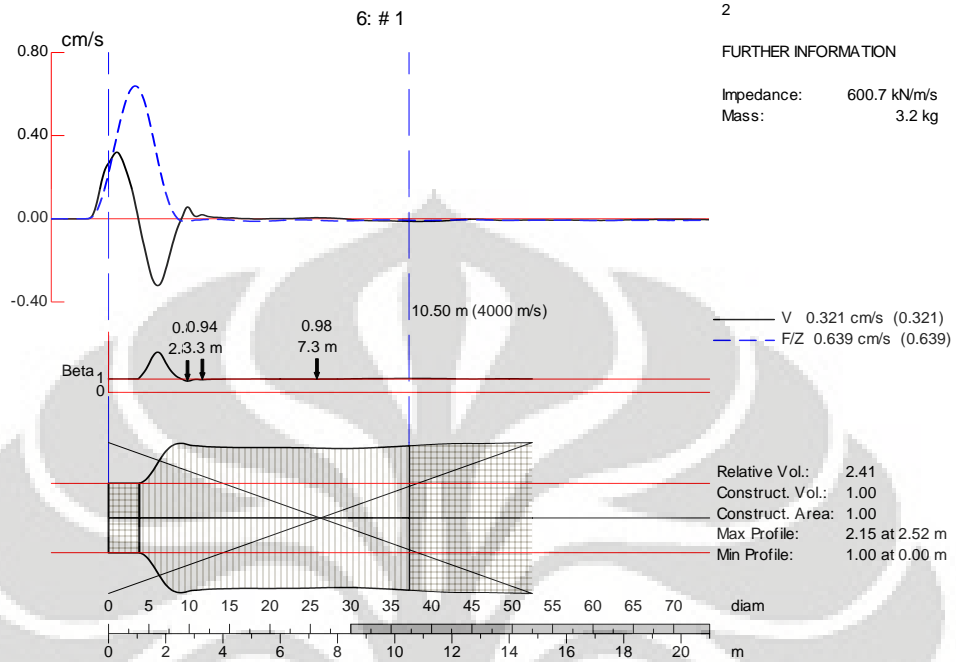
Gambar 4.173 Grafik Upper Envelope titik 2 Pile Cap As-5



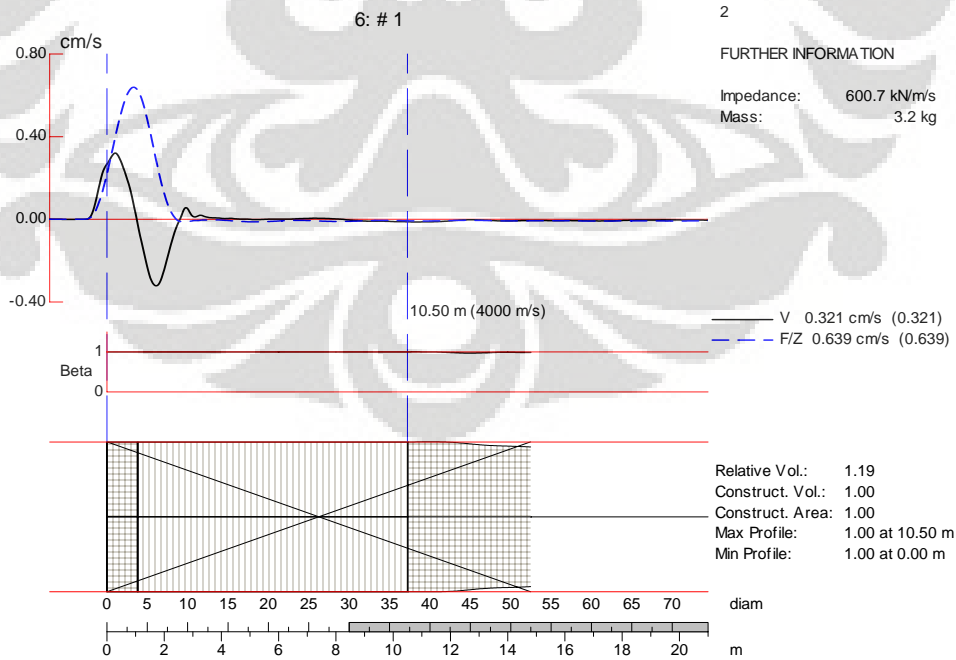
Gambar 4.174 Grafik High Pass titik 2 Pile Cap As-5



Gambar 4.175 Grafik Three Points titik 2 Pile Cap As-5



Gambar 4.176 Grafik Zero Line titik 2 Pile Cap As-5

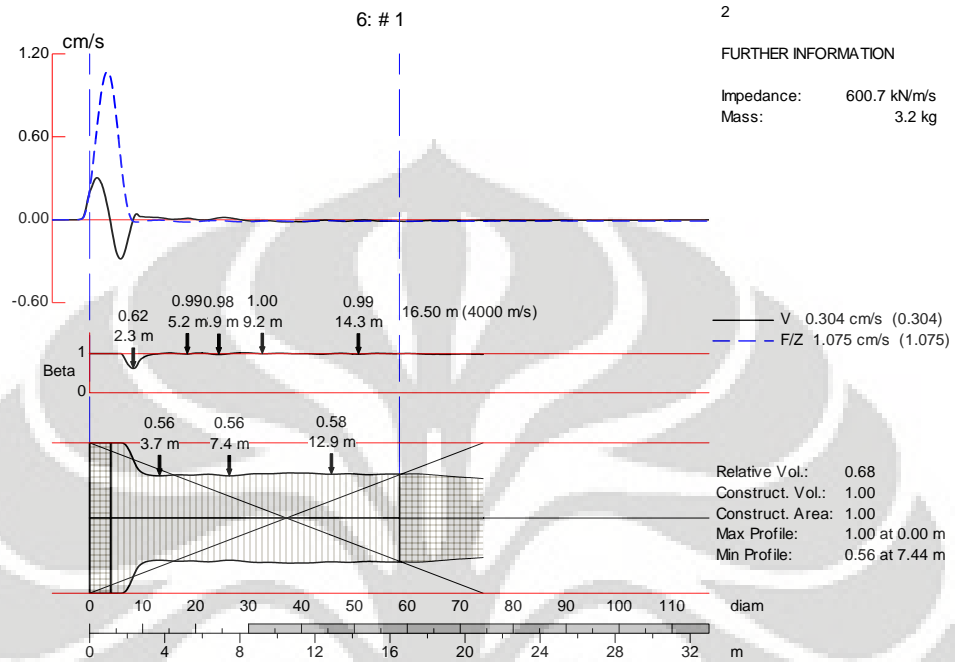


Gambar 4.177 Grafik Uniform Pile titik 2 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 3

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 3; Pile: 2
 2

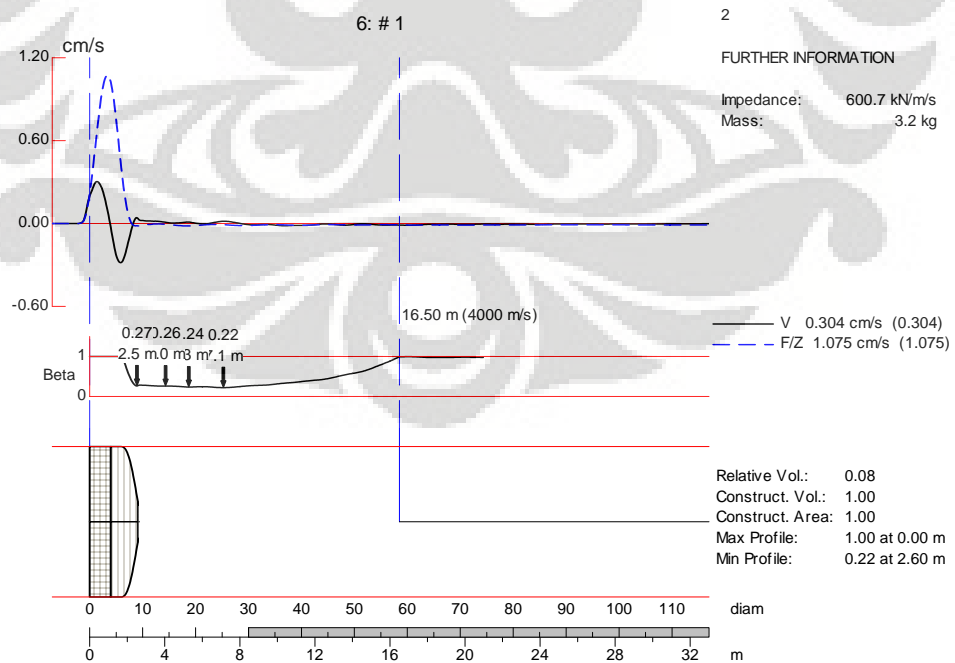
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



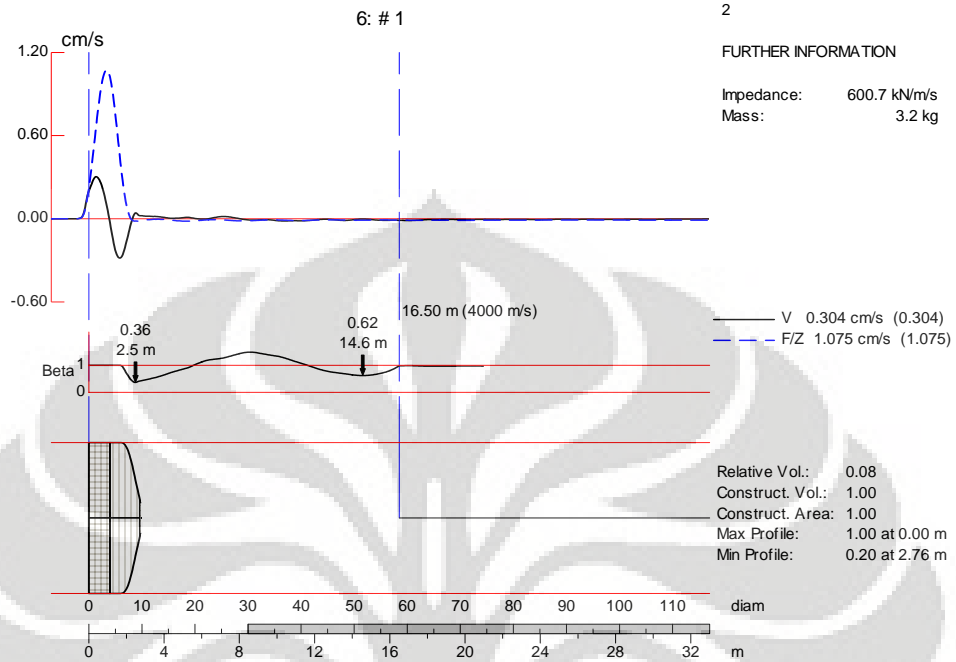
Gambar 4.178 Grafik low pass titik 3 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 3; Pile: 2
 2

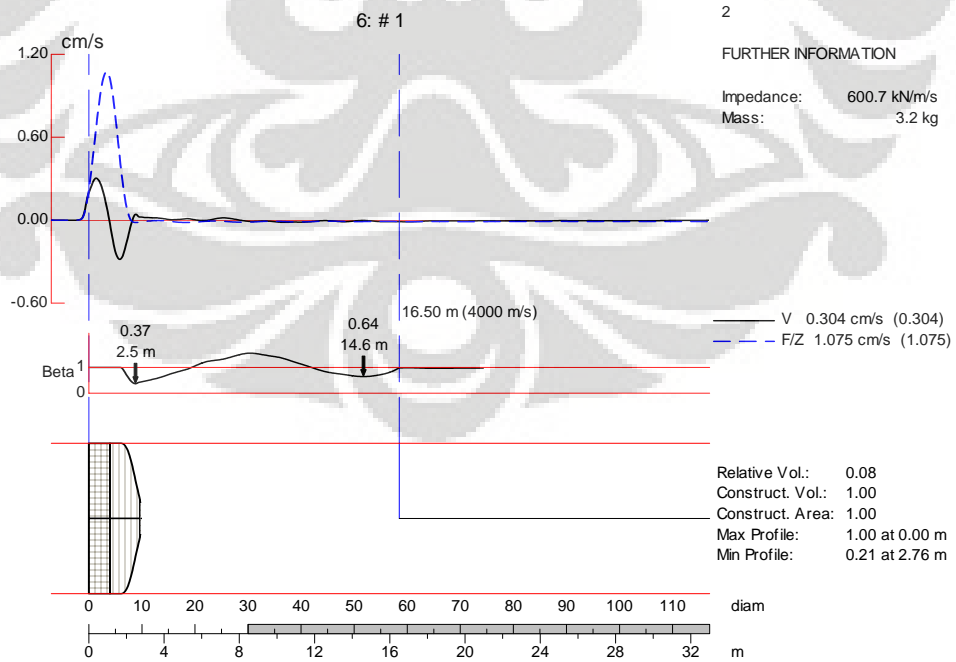
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



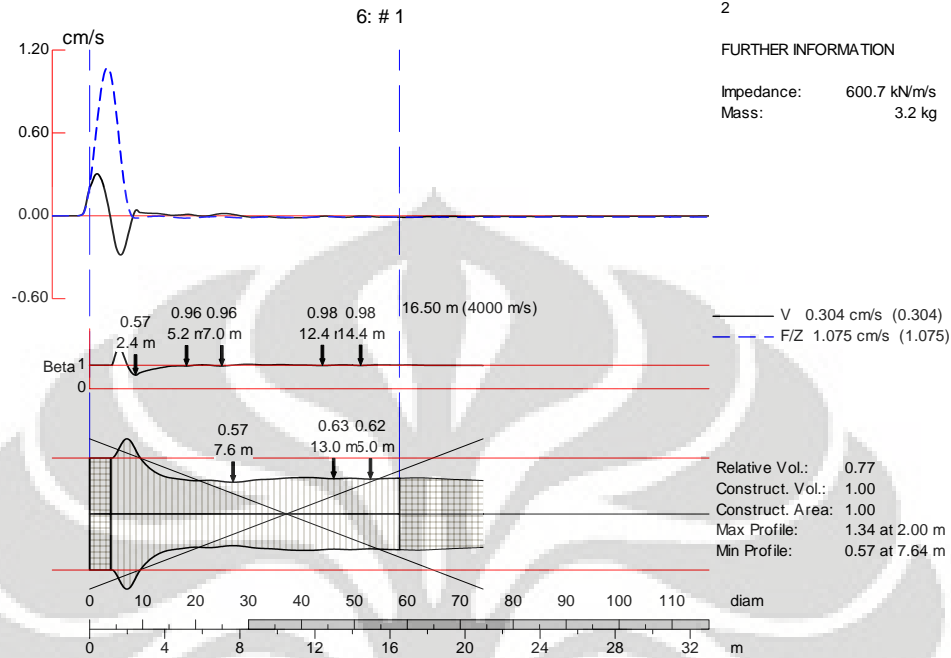
Gambar 4.179 Grafik Polynomial titik 3 Pile Cap As-5



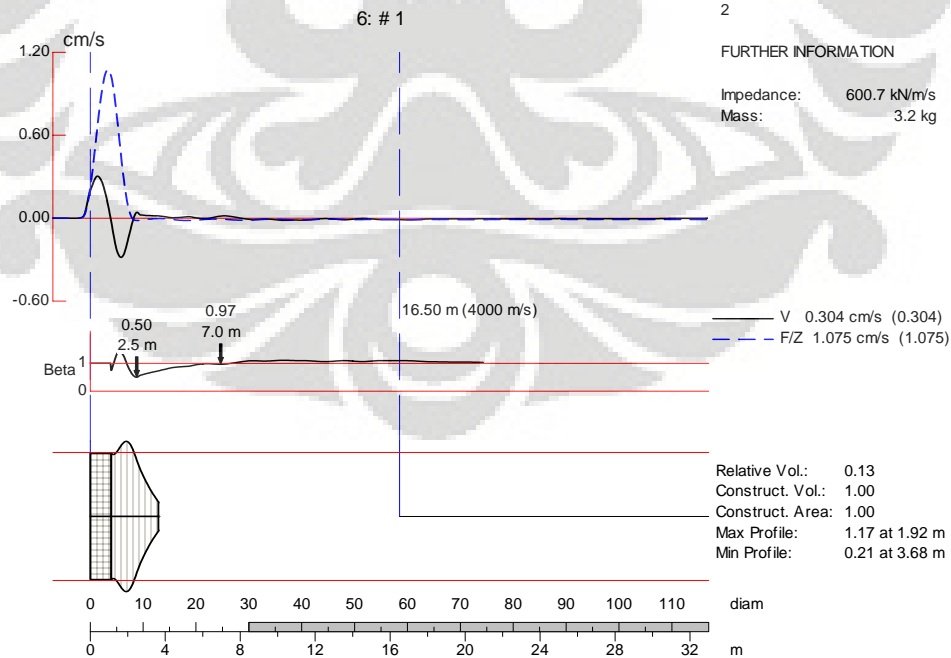
Gambar 4.180 Grafik Lower Envelope titik 3 Pile Cap As-5



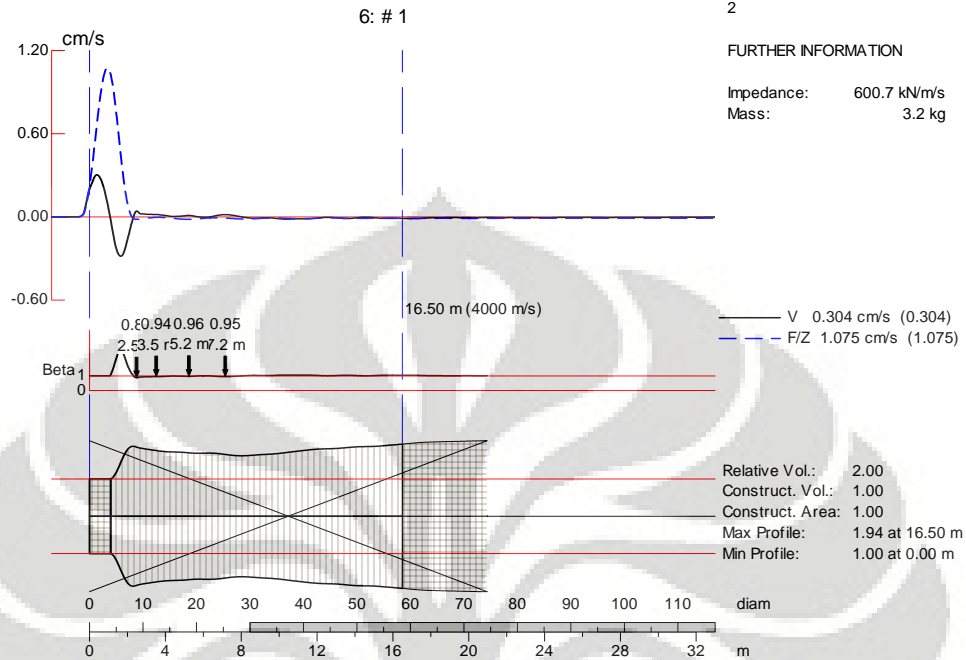
Gambar 4.181 Grafik Upper Envelope titik 3 Pile Cap As-5



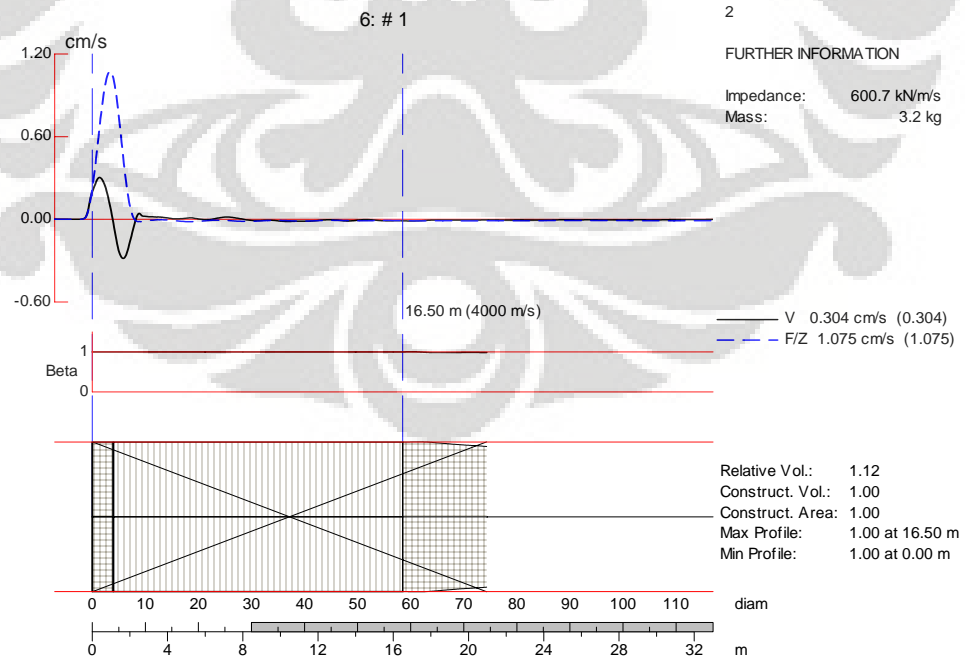
Gambar 4.182 Grafik High Pass titik 3 Pile Cap As-5



Gambar 4.183 Grafik Three Points titik 3 Pile Cap As-5



Gambar 4.184 Grafik Zero Line titik 3 Pile Cap As-5

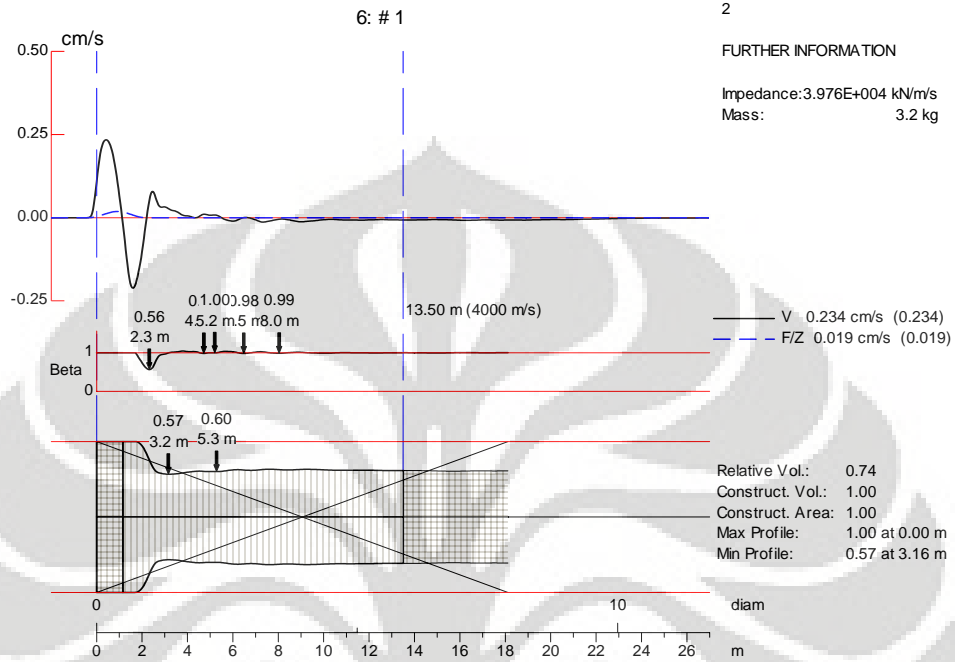


Gambar 4.185 Grafik Uniform Pile titik 3 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 4

University of Indonesia
 PILE CAP AS4 4; Pile: 2
 2

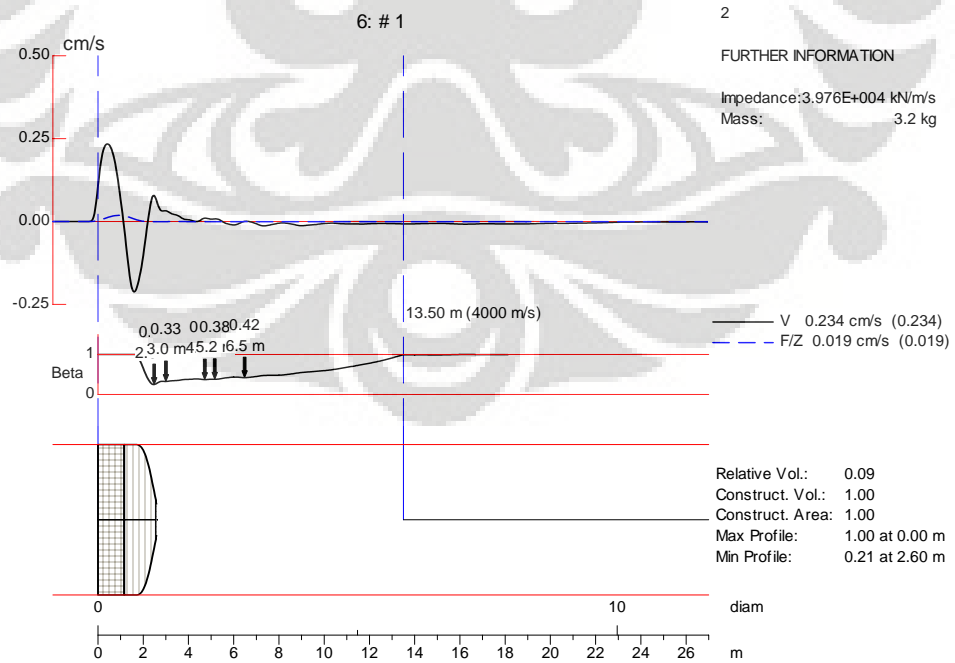
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



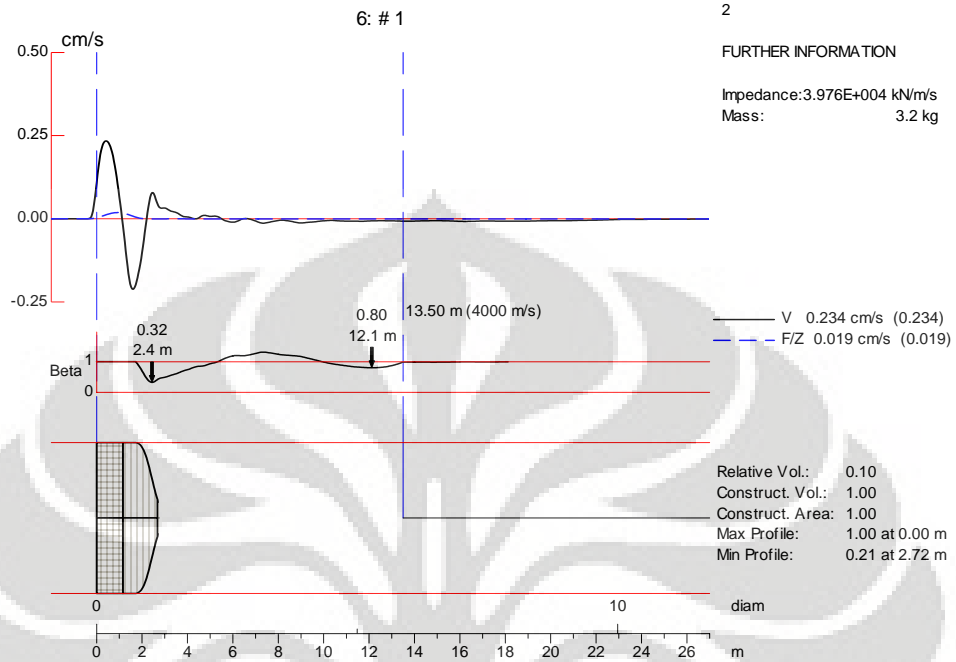
Gambar 4.186 Grafik low pass titik 4 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS4 4; Pile: 2
 2

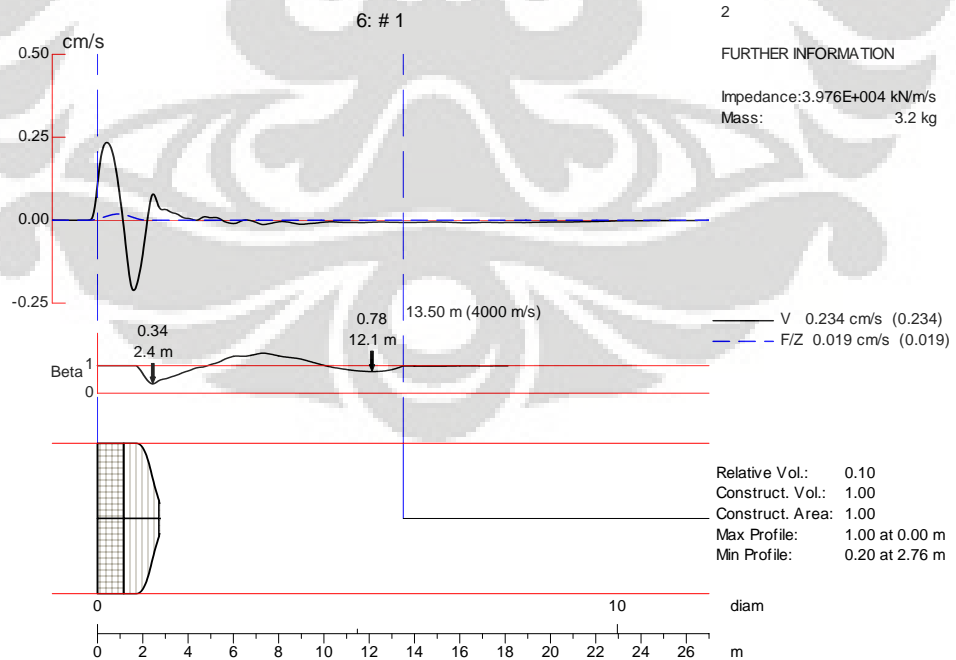
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



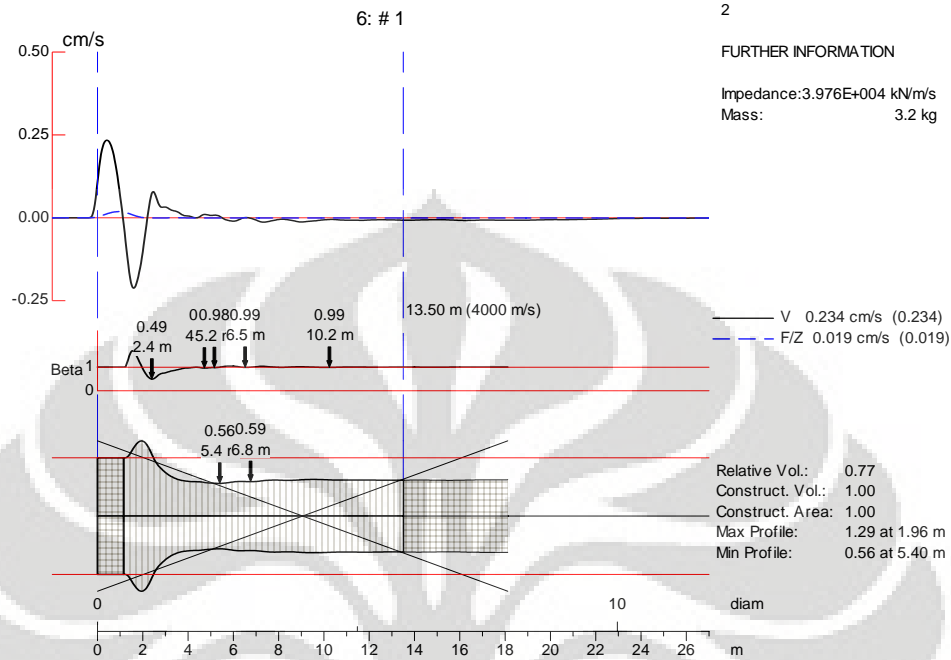
Gambar 4.187 Grafik Polynomial titik 4 Pile Cap As-5



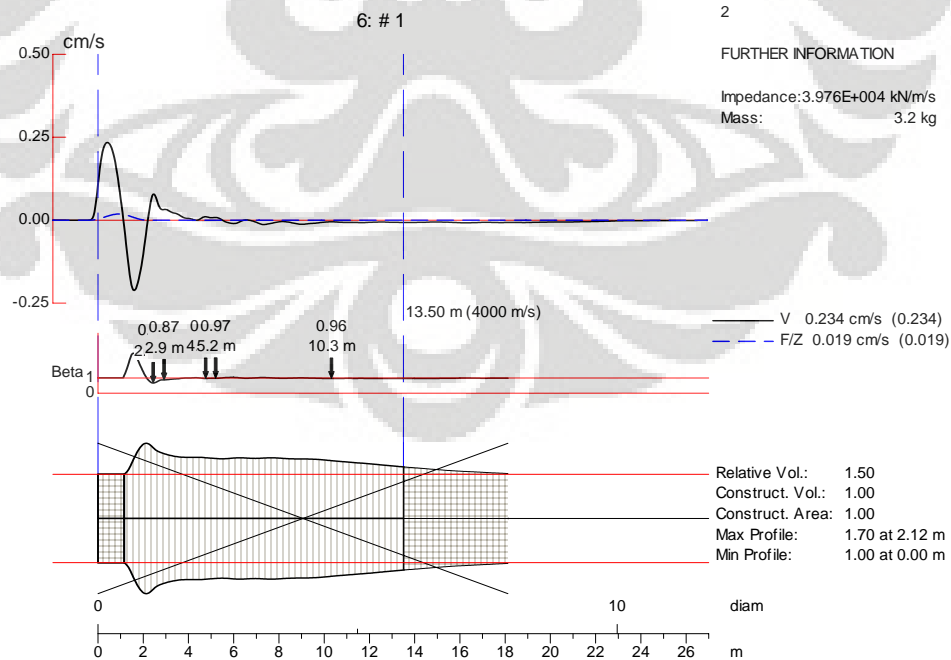
Gambar 4.188 Grafik Lower Envelope titik 4 Pile Cap As-5



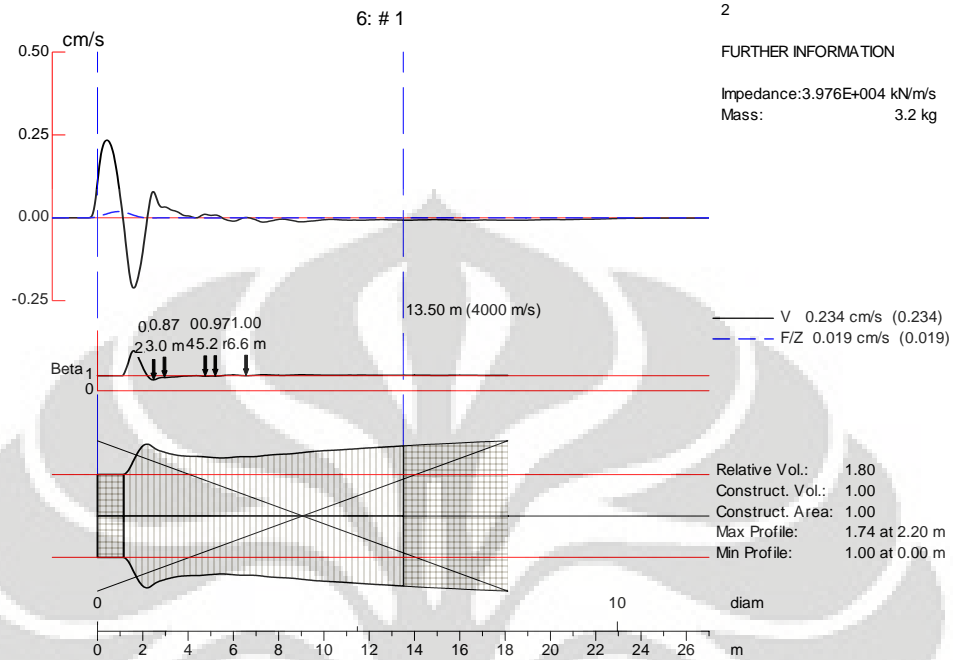
Gambar 4.189 Grafik Upper Envelope titik 4 Pile Cap As-5



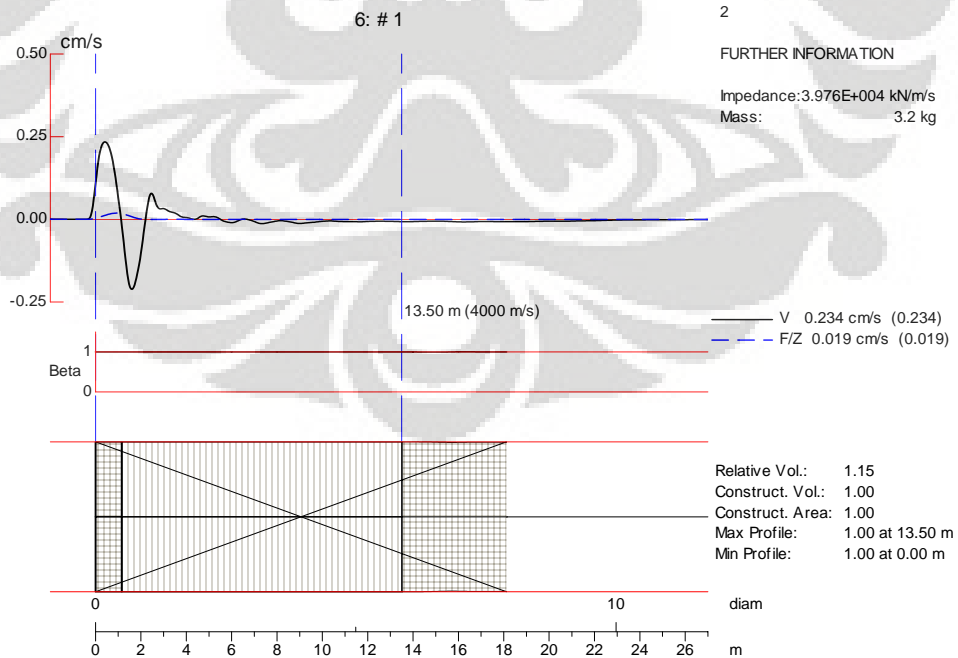
Gambar 4.190 Grafik High Pass titik 4 Pile Cap As-5



Gambar 4.191 Grafik Three Points titik 4 Pile Cap As-5



Gambar 4.192 Grafik Zero Line titik 4 Pile Cap As-5

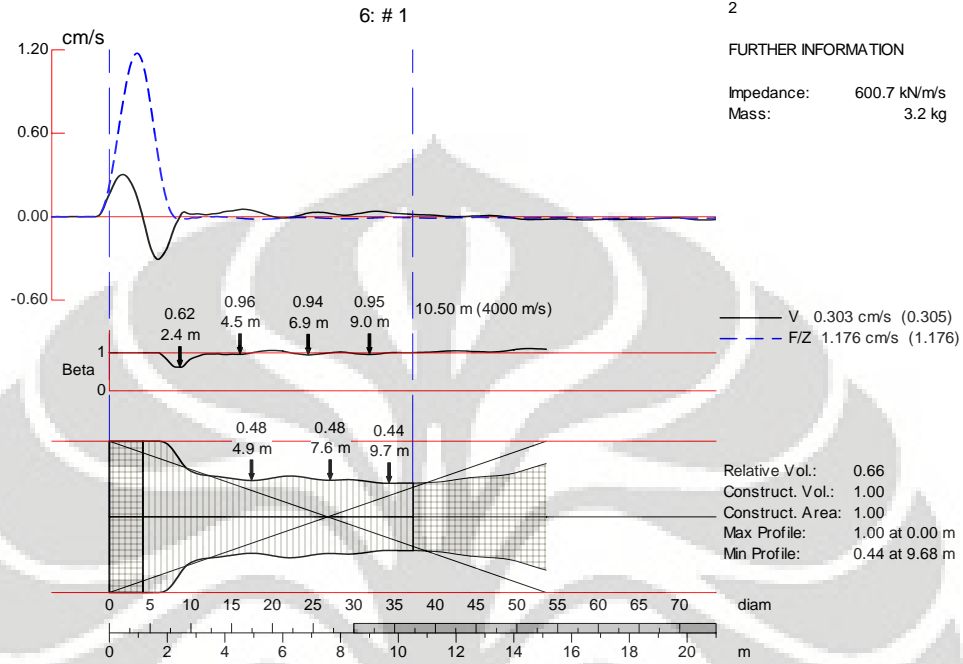


Gambar 4.193 Grafik Uniform Pile titik 4 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 5; Pile: 2
 2

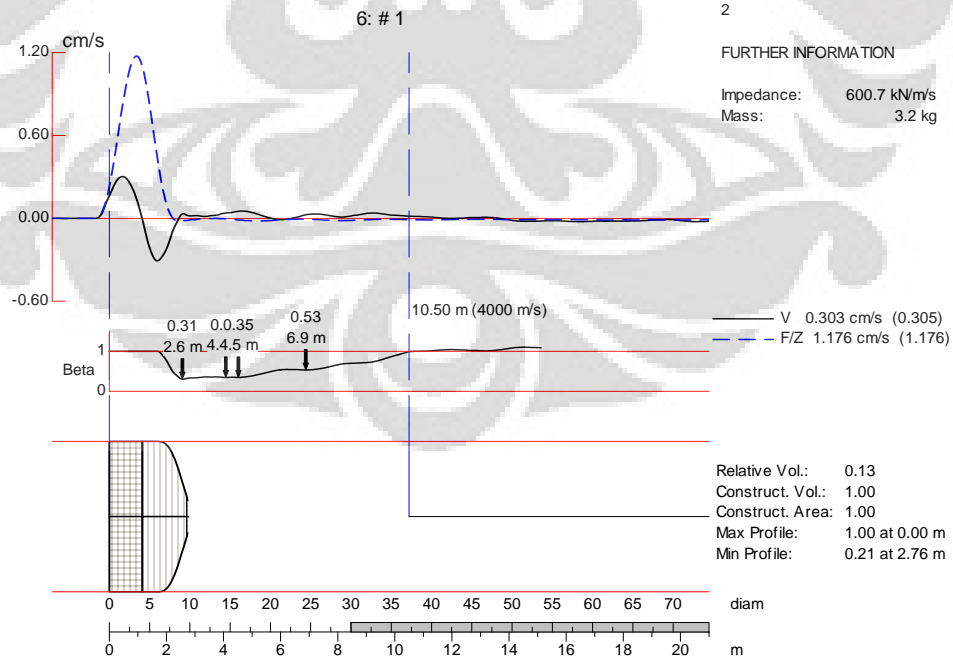
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



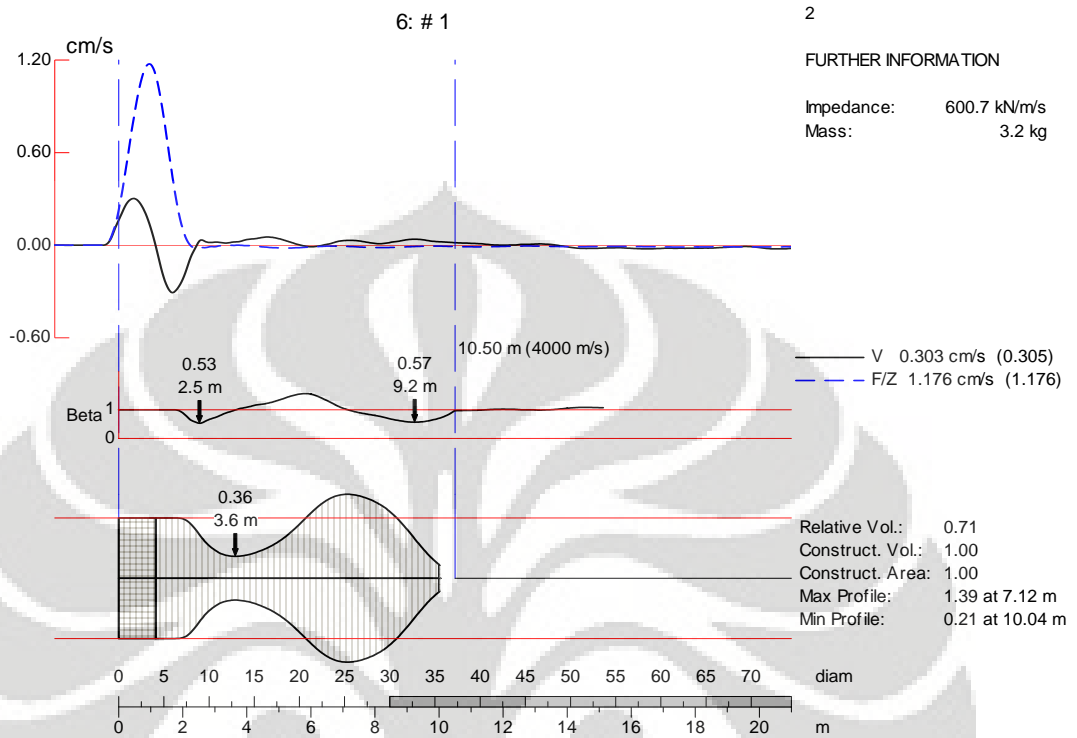
Gambar 4.194 Grafik low pass titik 5 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 5; Pile: 2
 2

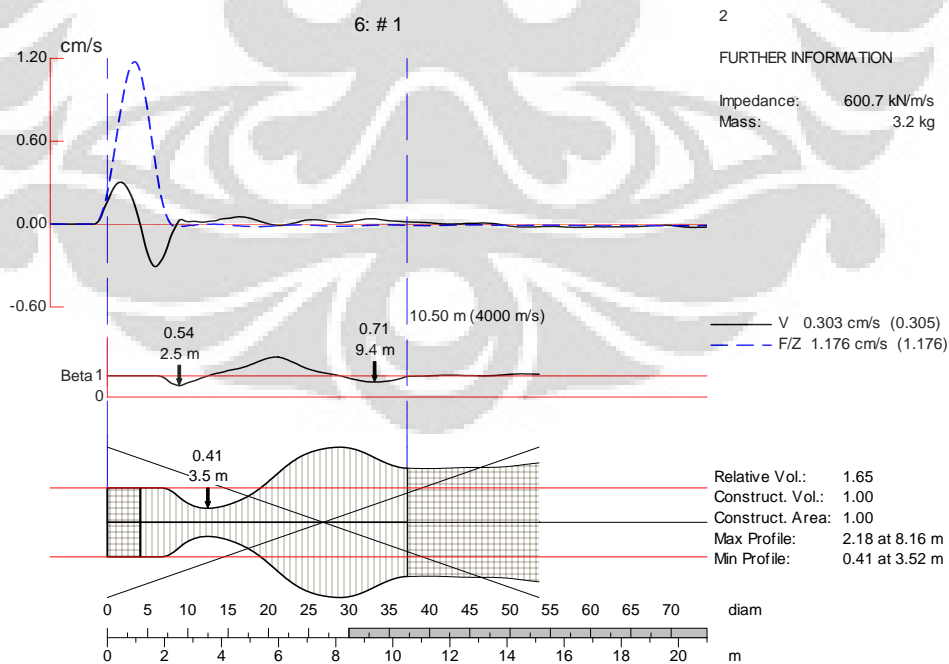
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



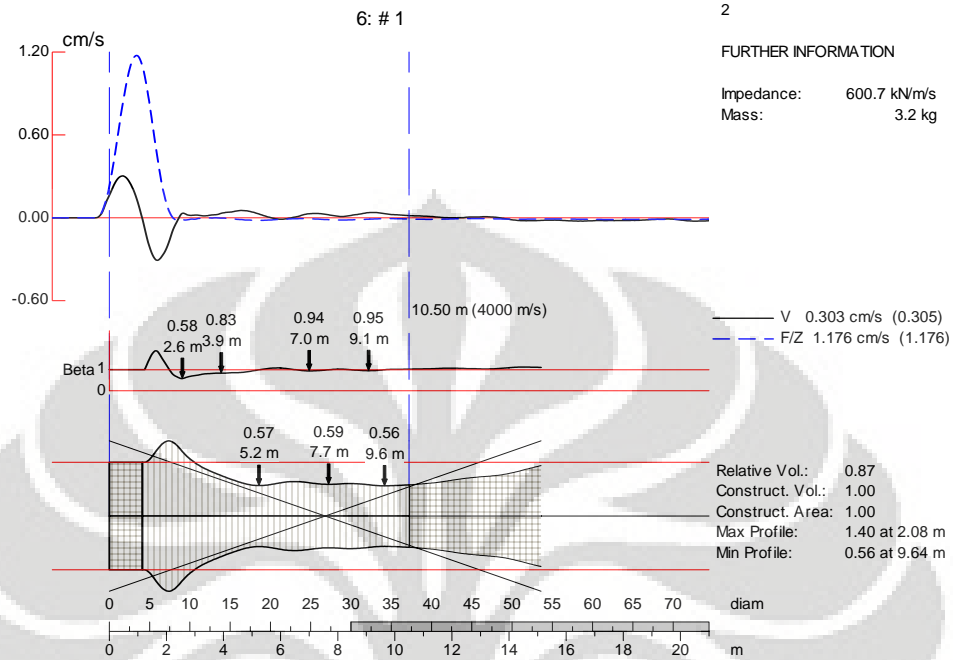
Gambar 4.195 Grafik Polynomial titik 5 Pile Cap As-5



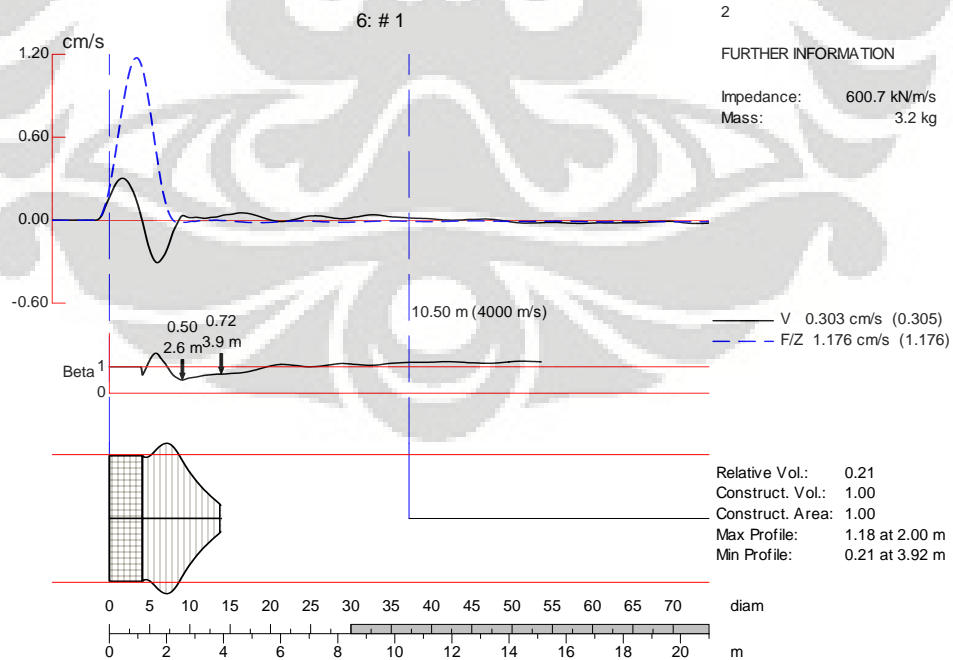
Gambar 4.196 Grafik Lower Envelope titik 5 Pile Cap As-5



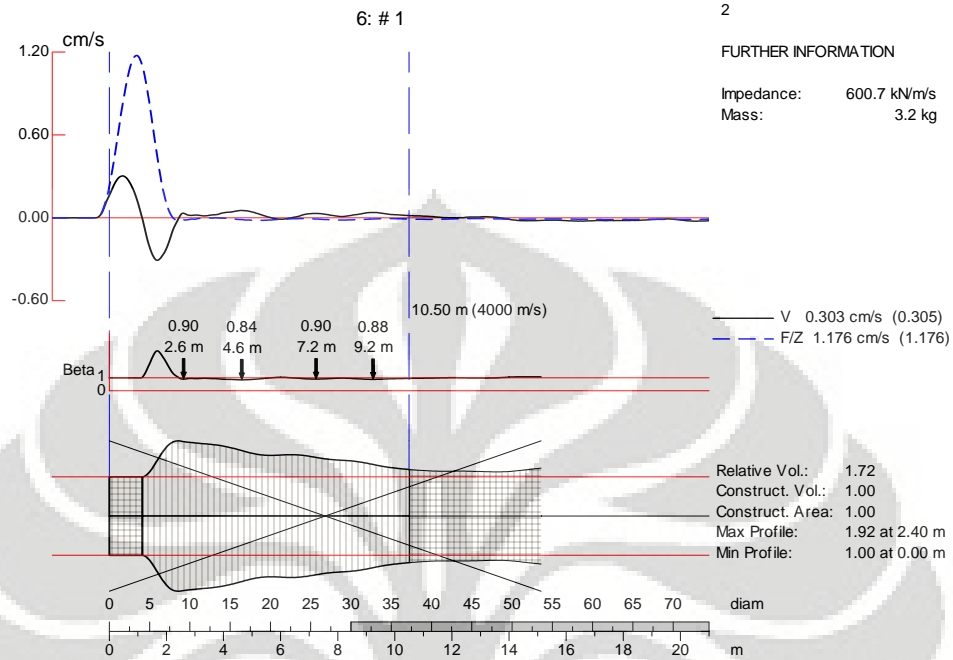
Gambar 4.197 Grafik Upper Envelope titik 5 Pile Cap As-5



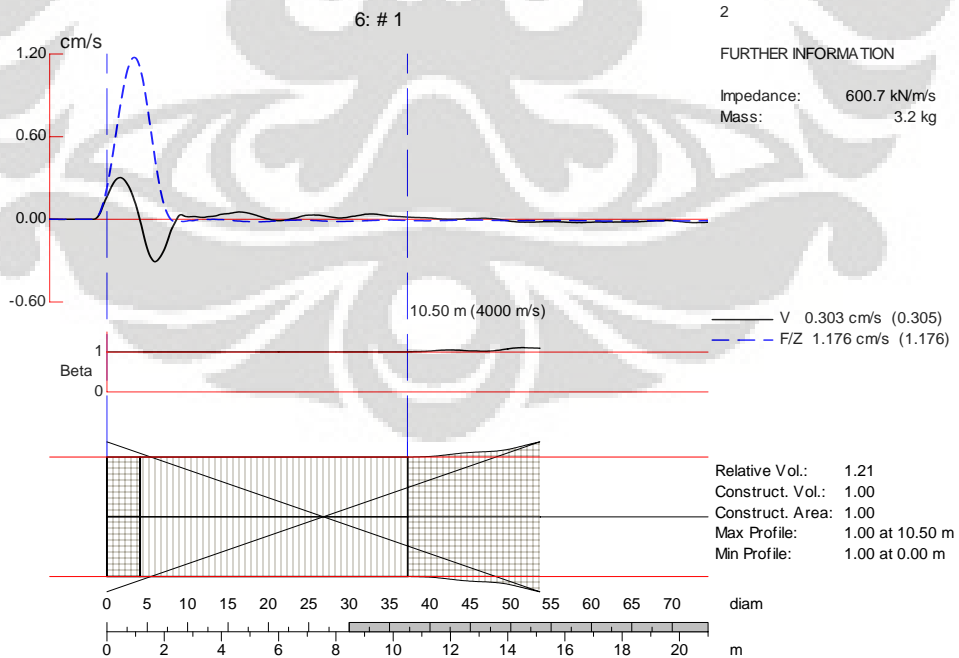
Gambar 4.198 Grafik High Pass titik 5 Pile Cap As-5



Gambar 4.199 Grafik Three Points titik 5 Pile Cap As-5



Gambar 4.200 Grafik Zero Line titik 5 Pile Cap As-5

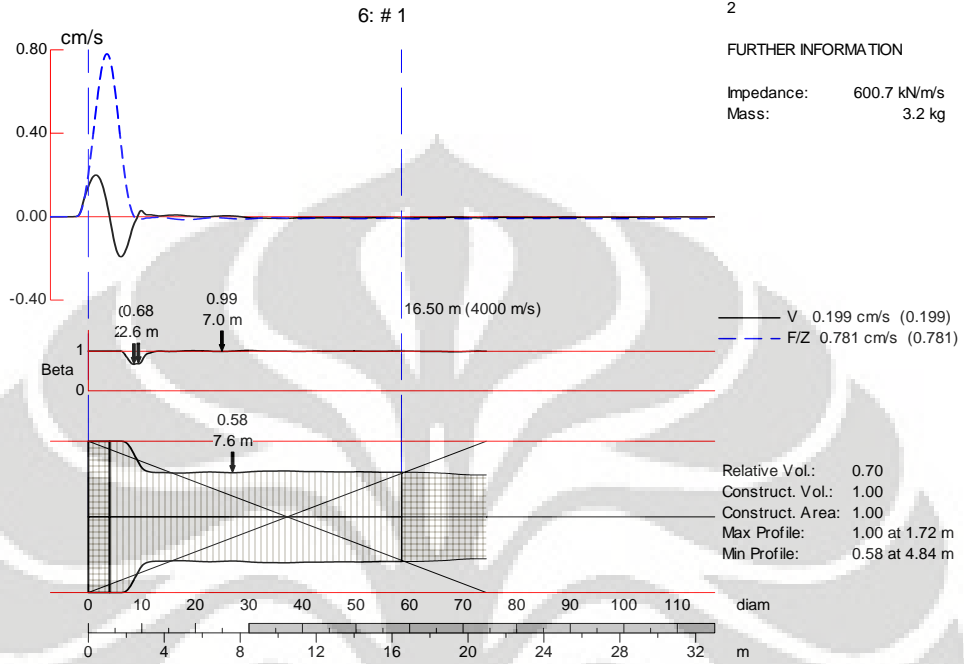


Gambar 4.201 Grafik Uniform Pile titik 5 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 6

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 6; Pile: 2
 2

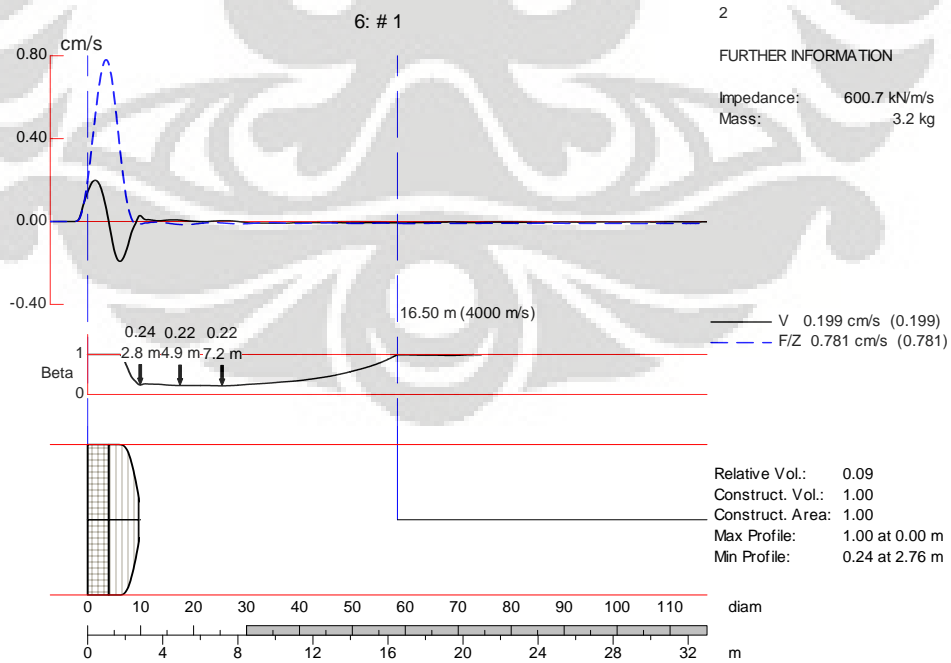
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



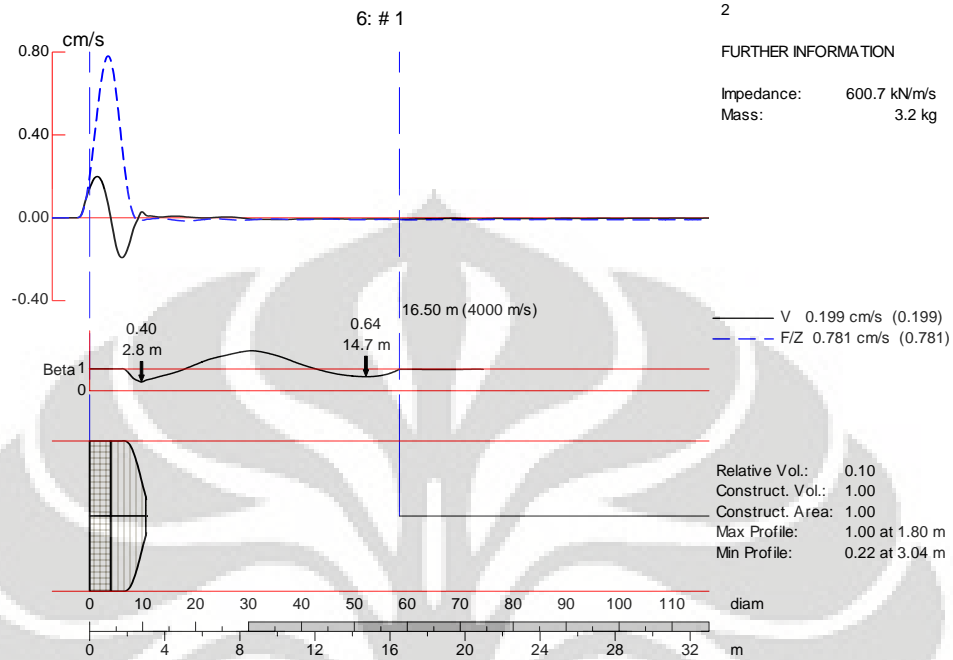
Gambar 4.202 Grafik low pass titik 6 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 6; Pile: 2
 2

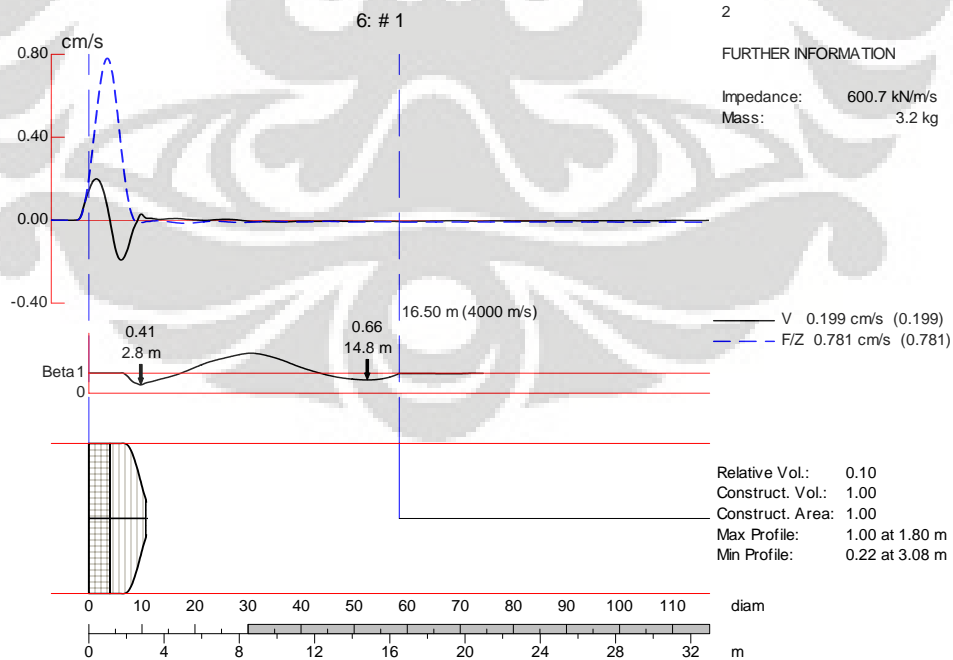
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



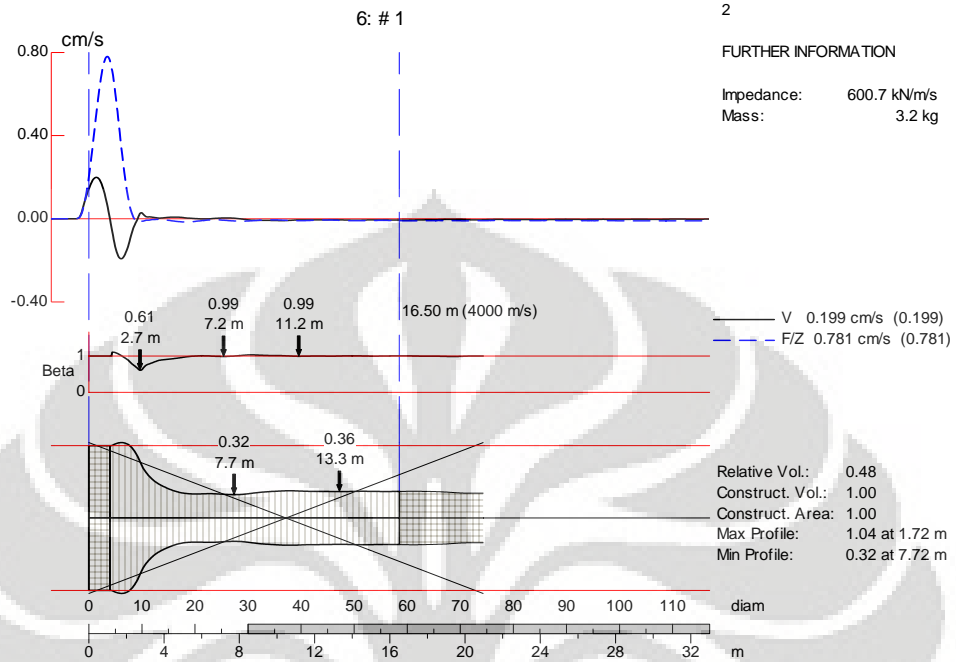
Gambar 4.203 Grafik Polynomial titik 6 Pile Cap As-5



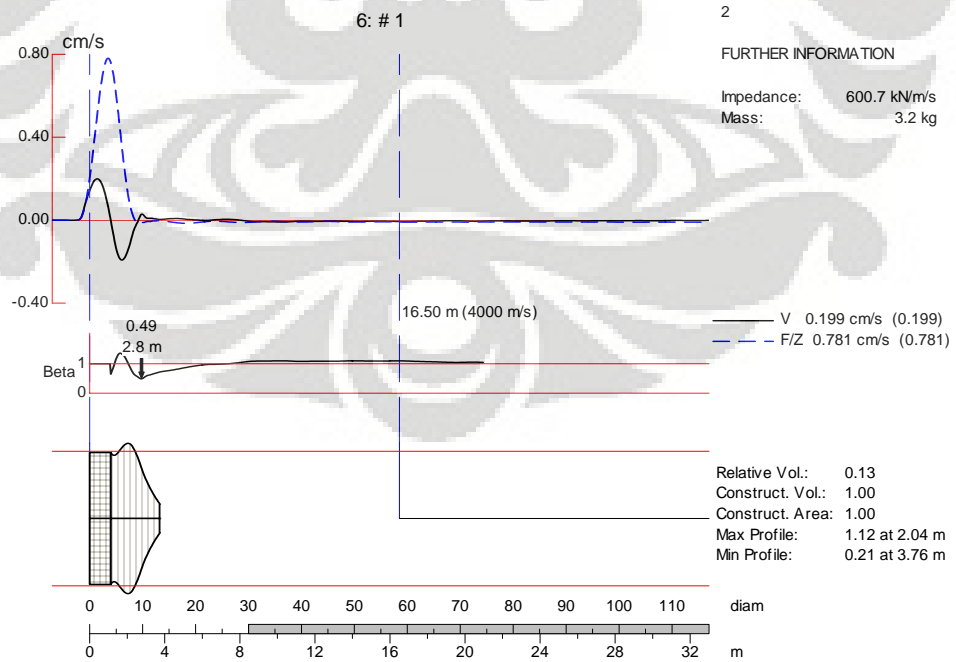
Gambar 4.204 Grafik Lower Envelope titik 6 Pile Cap As-5



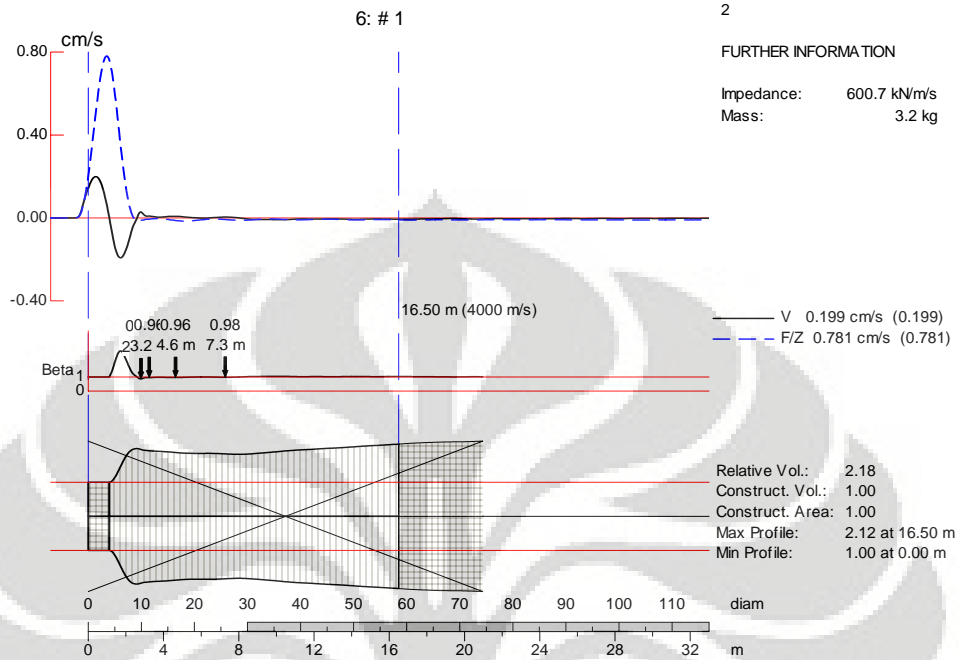
Gambar 4.205 Grafik Upper Envelope titik 6 Pile Cap As-5



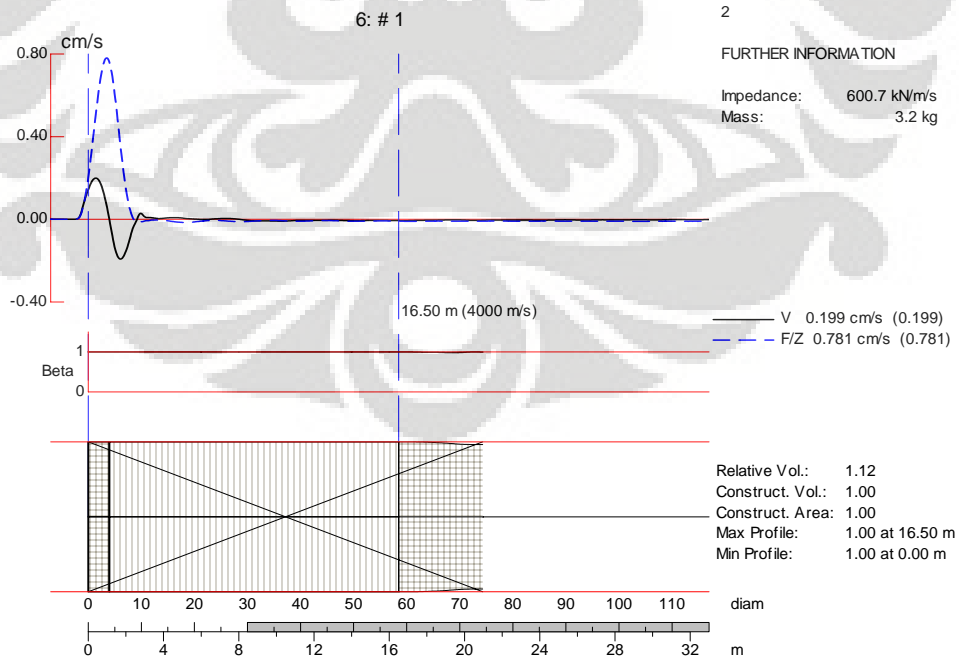
Gambar 4.206 Grafik High Pass titik 6 Pile Cap As-5



Gambar 4.207 Grafik Three Points titik 6 Pile Cap As-5



Gambar 4.208 Grafik Zero Line titik 6 Pile Cap As-5

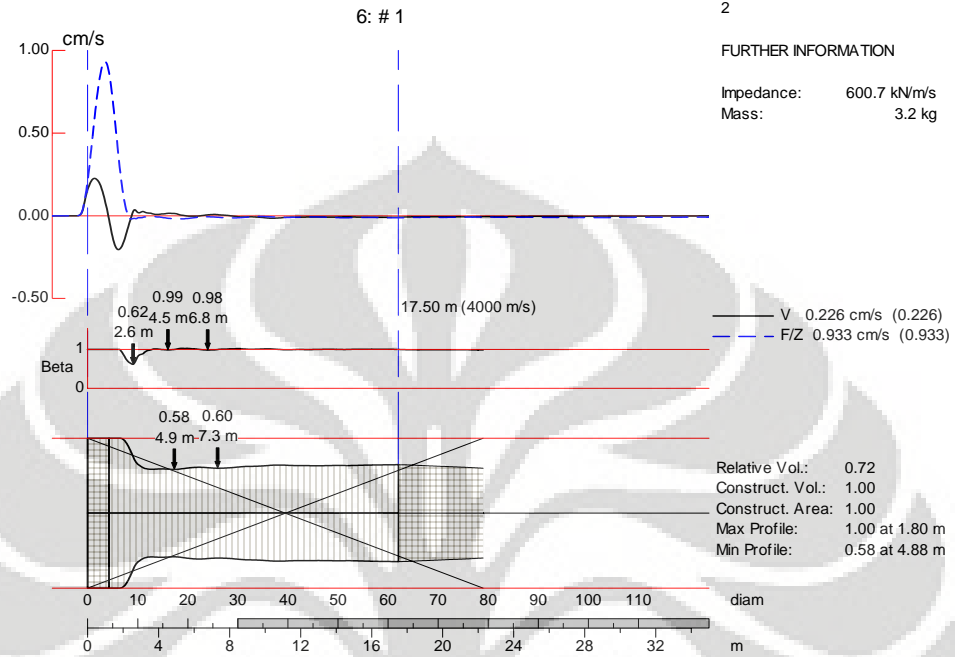


Gambar 4.209 Grafik Uniform Pile titik 6 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 7

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 7; Pile: 2
 2

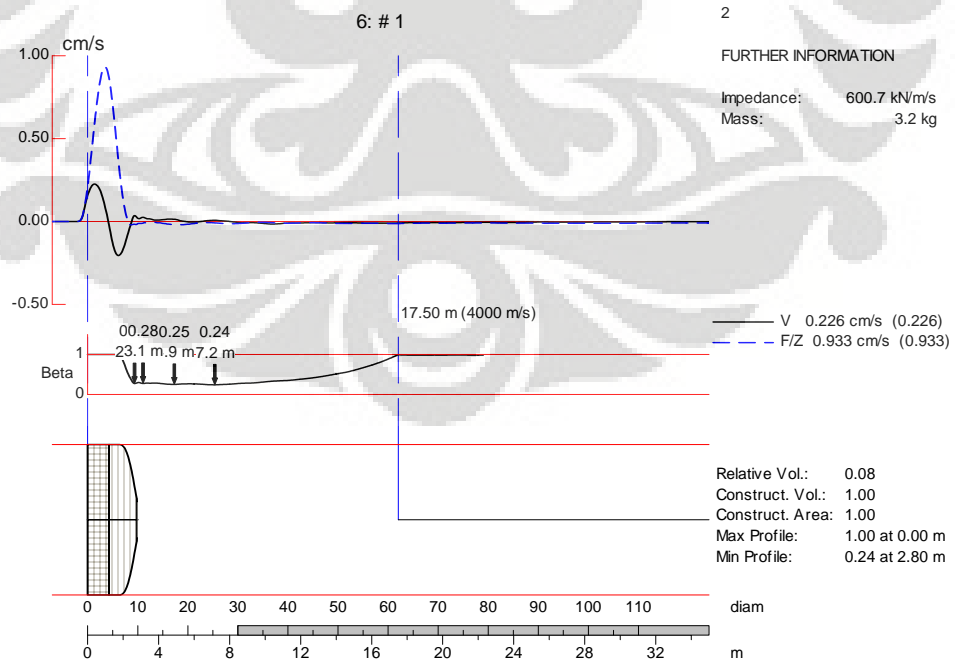
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



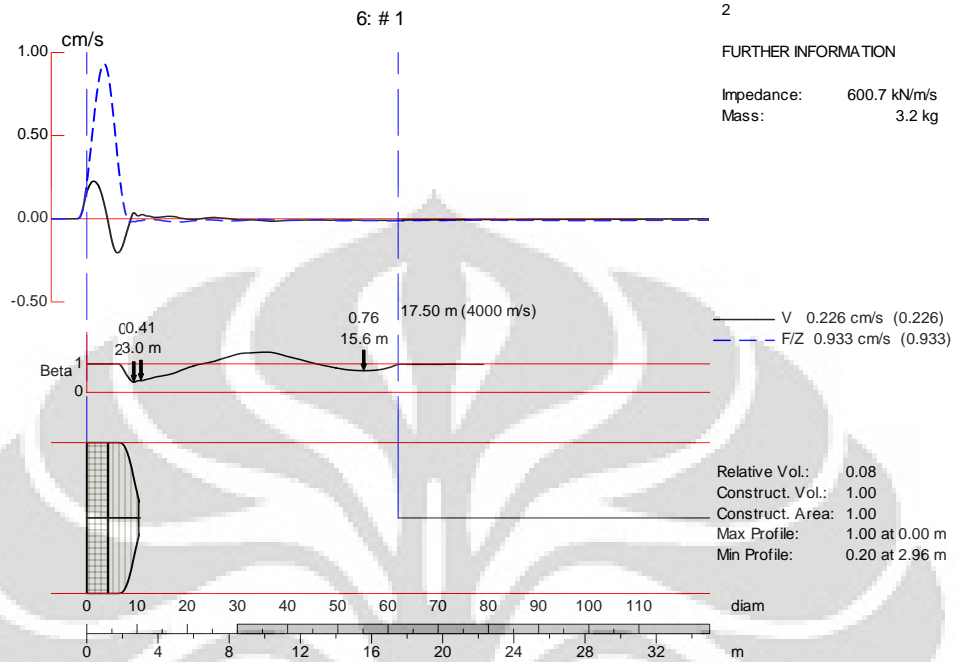
Gambar 4.210 Grafik low pass titik 7 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 7; Pile: 2
 2

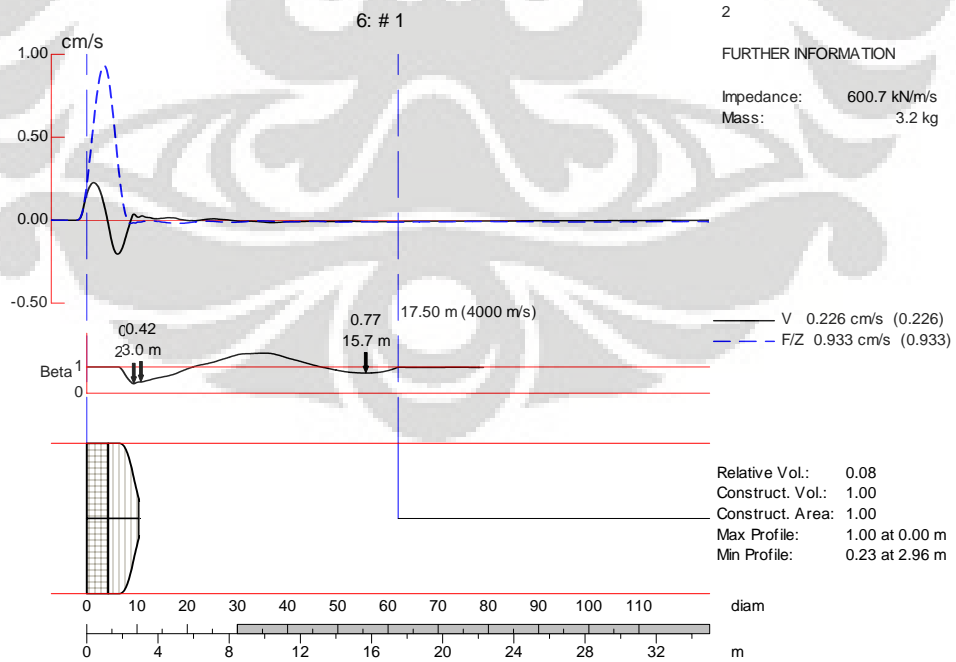
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



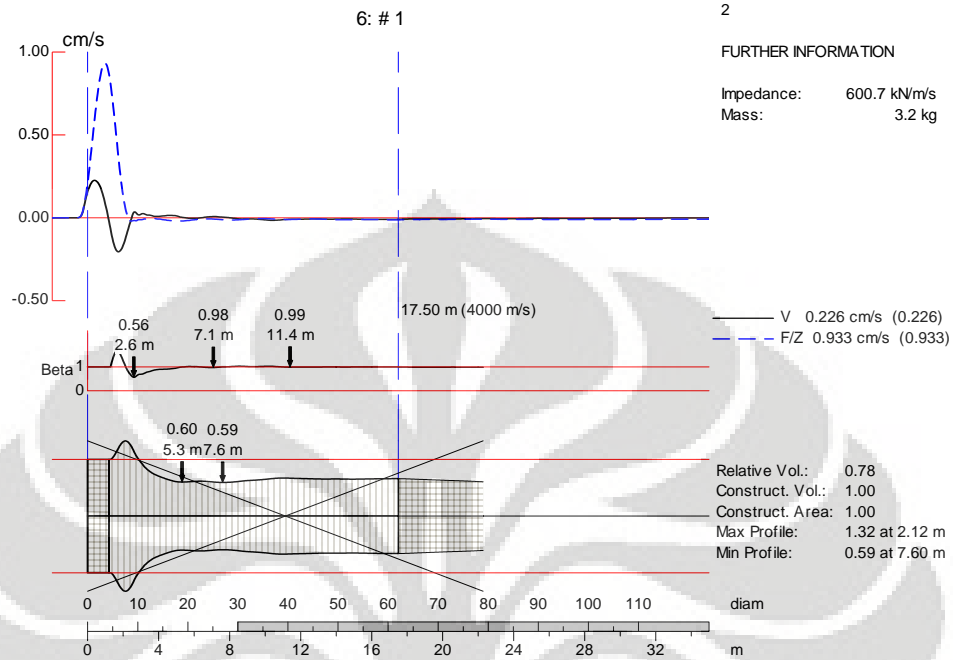
Gambar 4.211 Grafik Polynomial titik 7 Pile Cap As-5



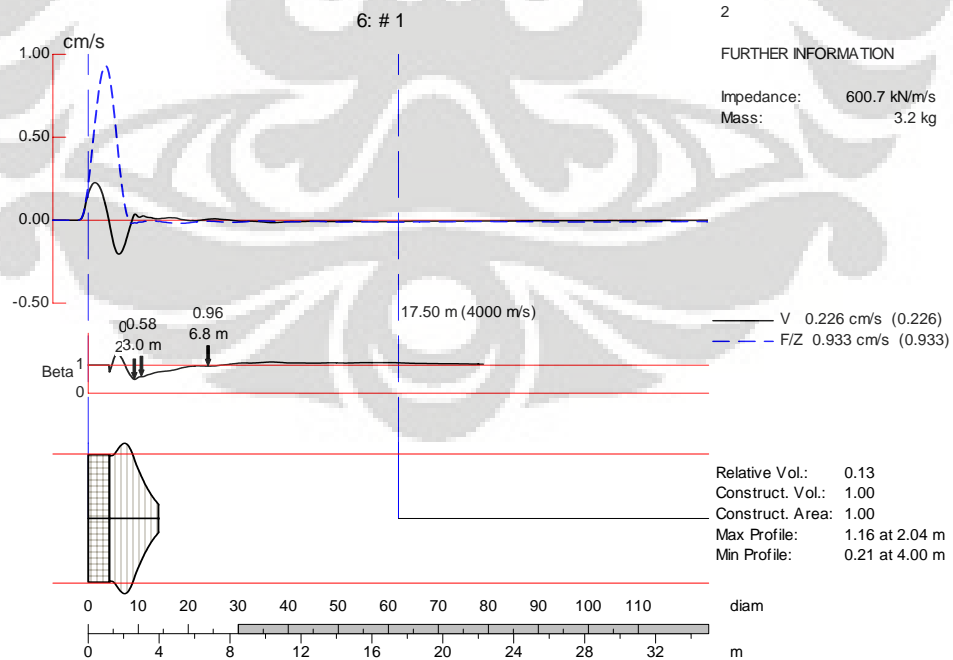
Gambar 4.212 Grafik Lower Envelope titik 7 Pile Cap As-5



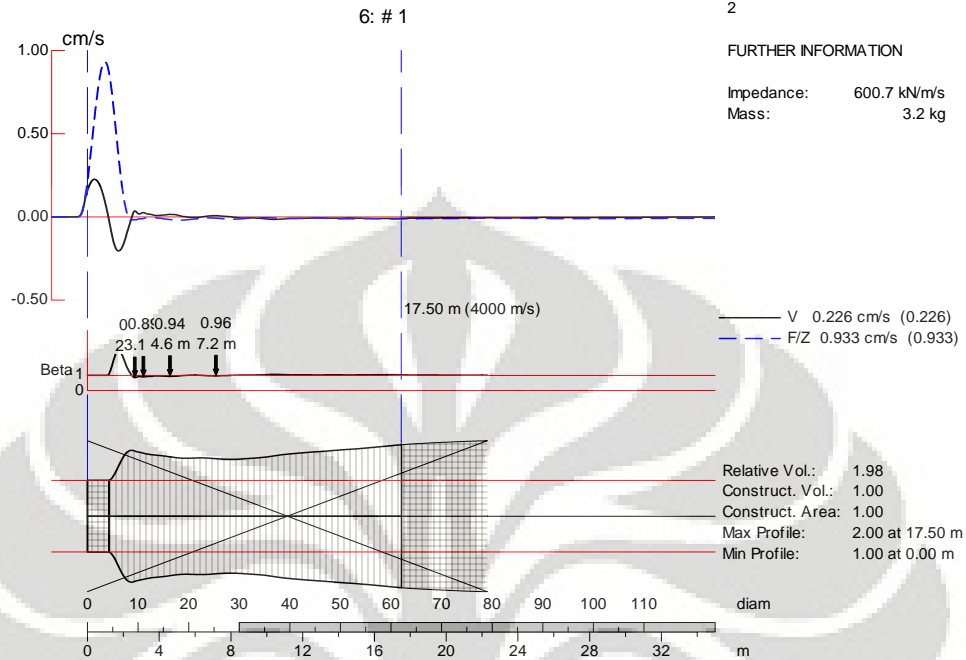
Gambar 4.213 Grafik Upper Envelope titik 7 Pile Cap As-5



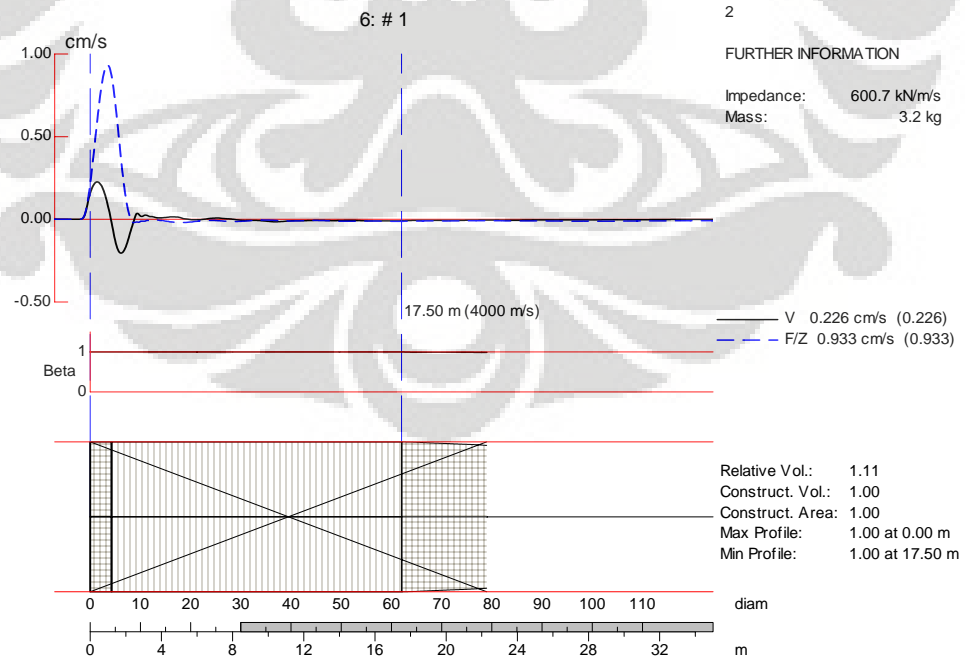
Gambar 4.214 Grafik High Pass titik 7 Pile Cap As-5



Gambar 4.215 Grafik Three Points titik 7 Pile Cap As-5



Gambar 4.216 Grafik Zero Line titik 7 Pile Cap As-5

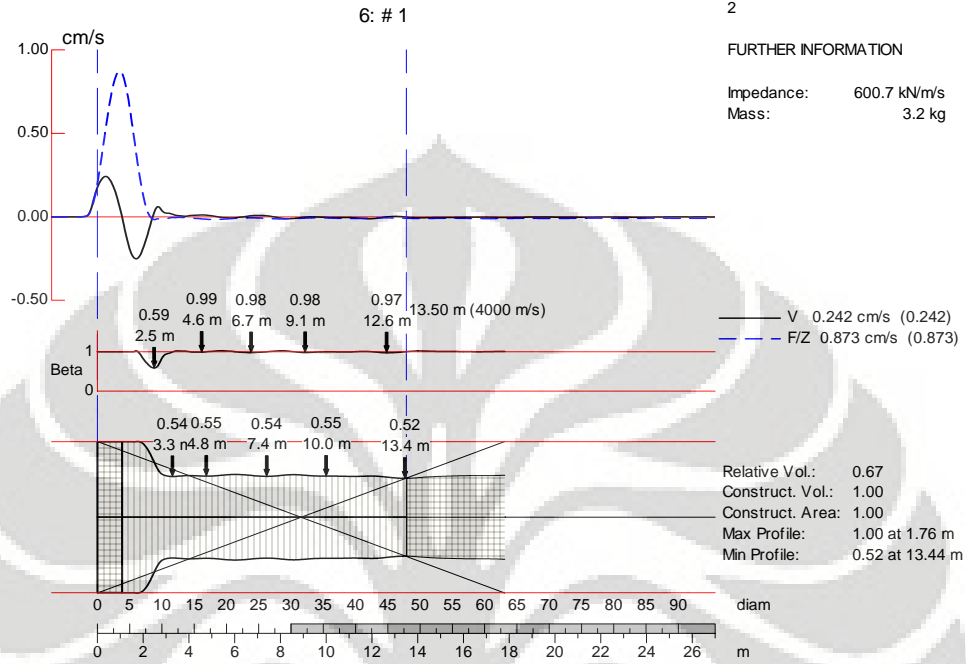


Gambar 4.217 Grafik Uniform Pile titik 7 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 8

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 8; Pile: 2
 2

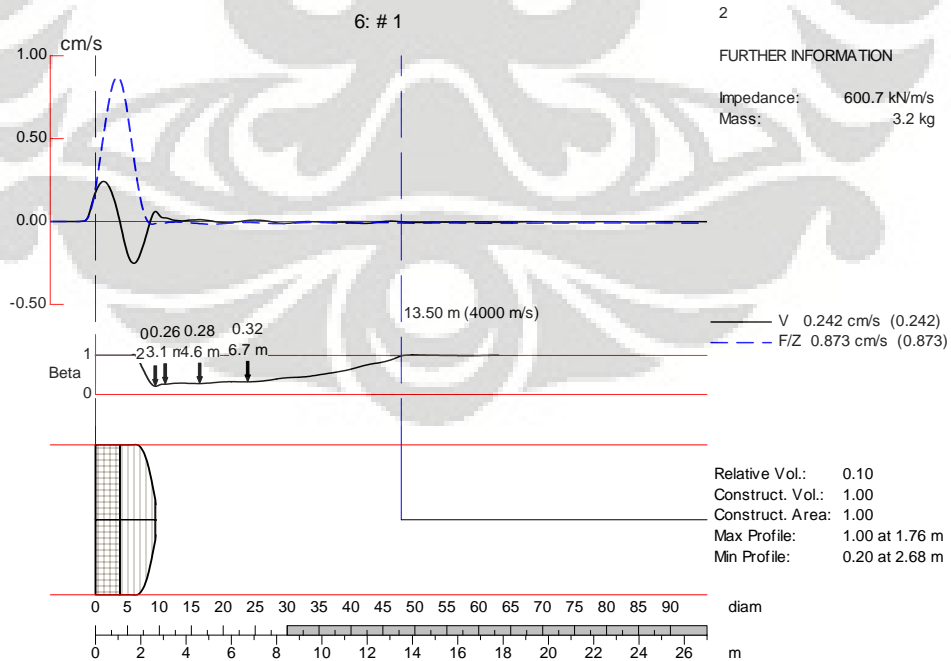
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



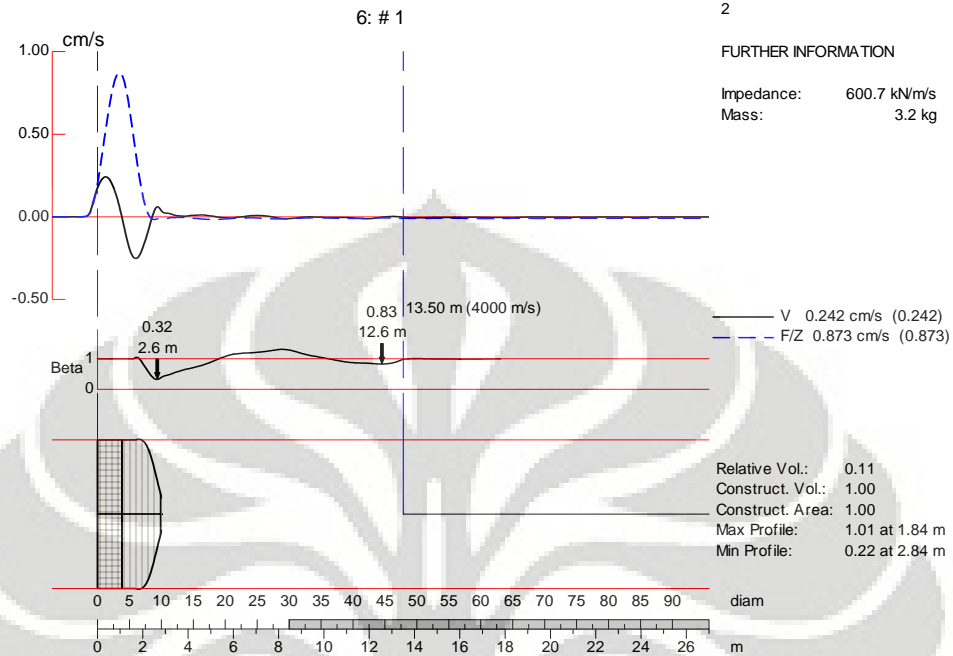
Gambar 4.218 Grafik low pass titik 8 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 8; Pile: 2
 2

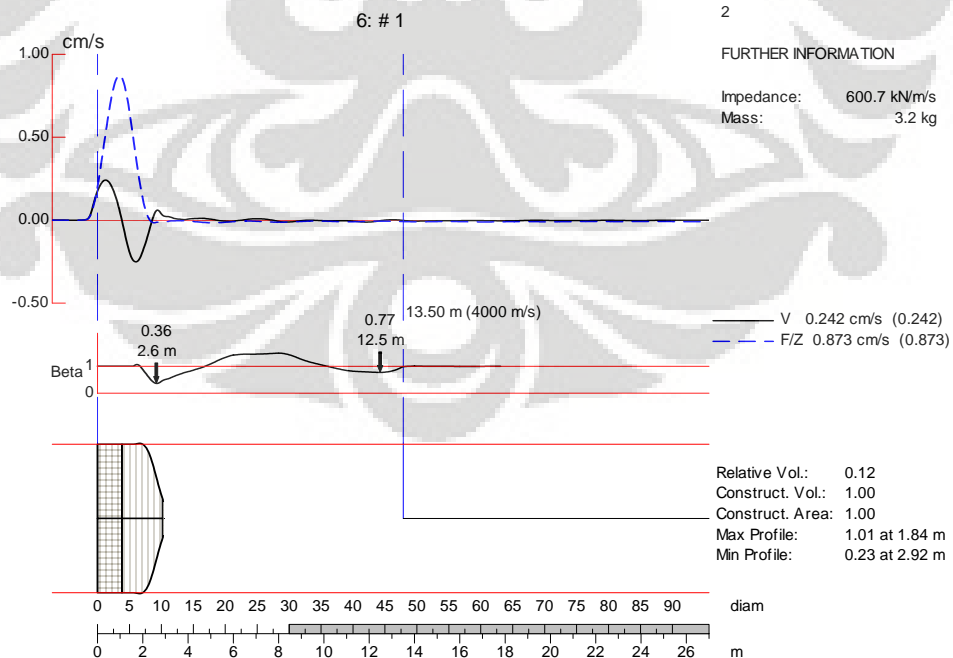
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



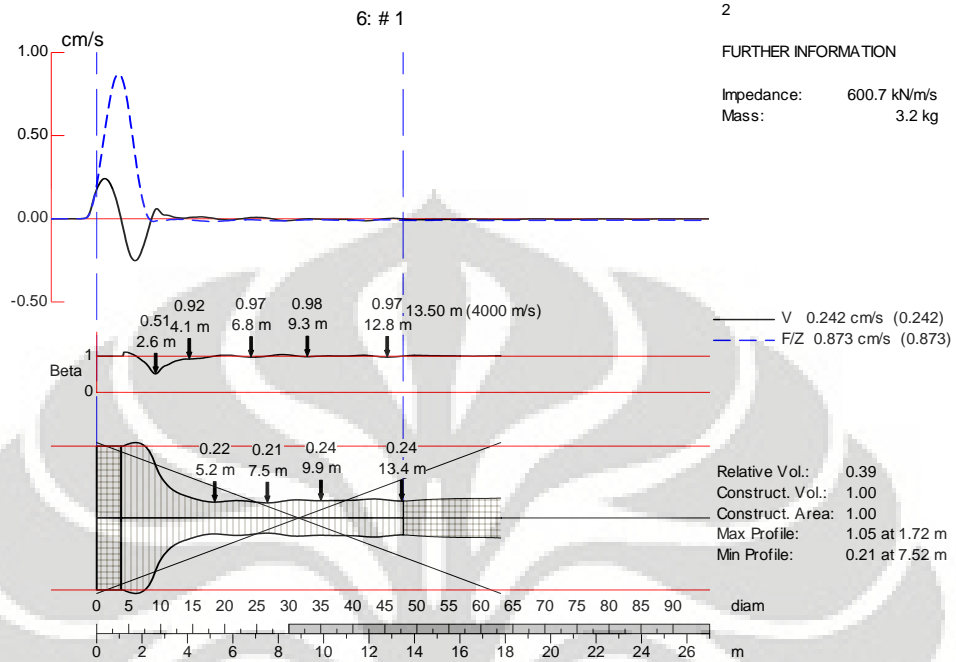
Gambar 4.219 Grafik Polynomial titik 8 Pile Cap As-5



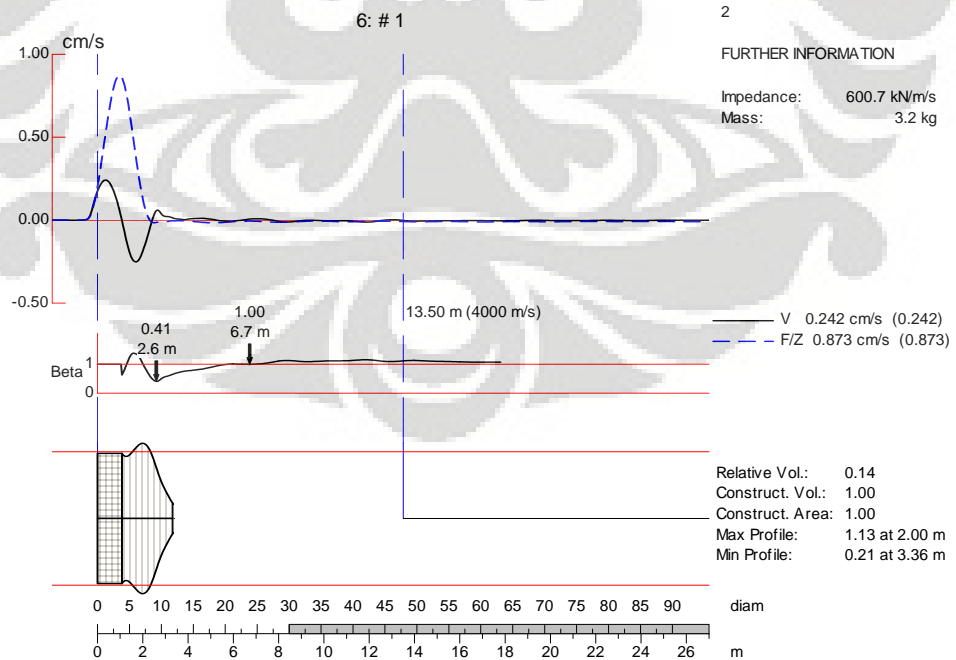
Gambar 4.220 Grafik Lower Envelope titik 8 Pile Cap As-5



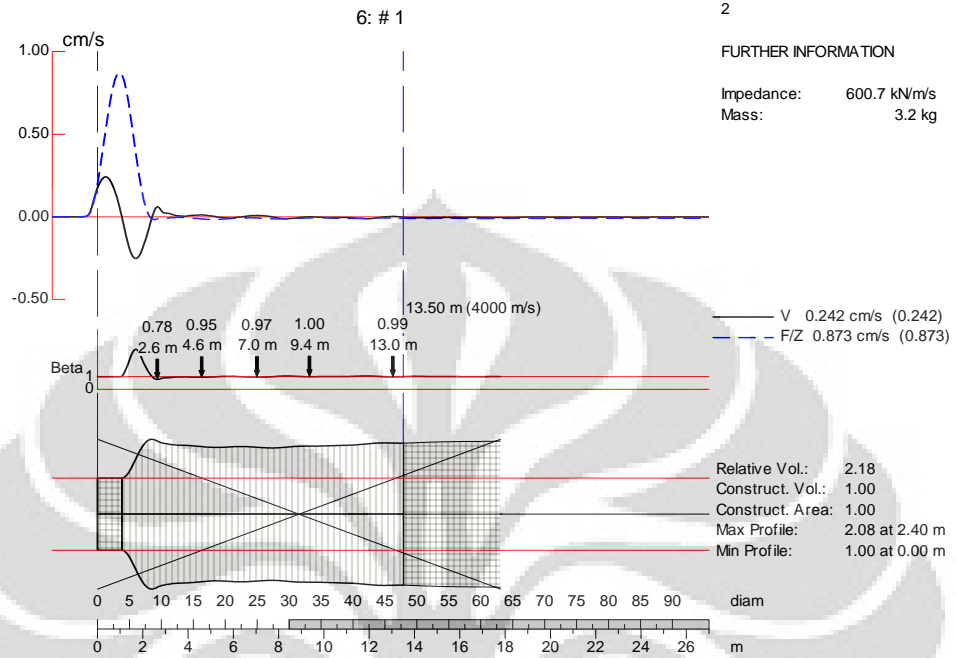
Gambar 4.221 Grafik Upper Envelope titik 8 Pile Cap As-5



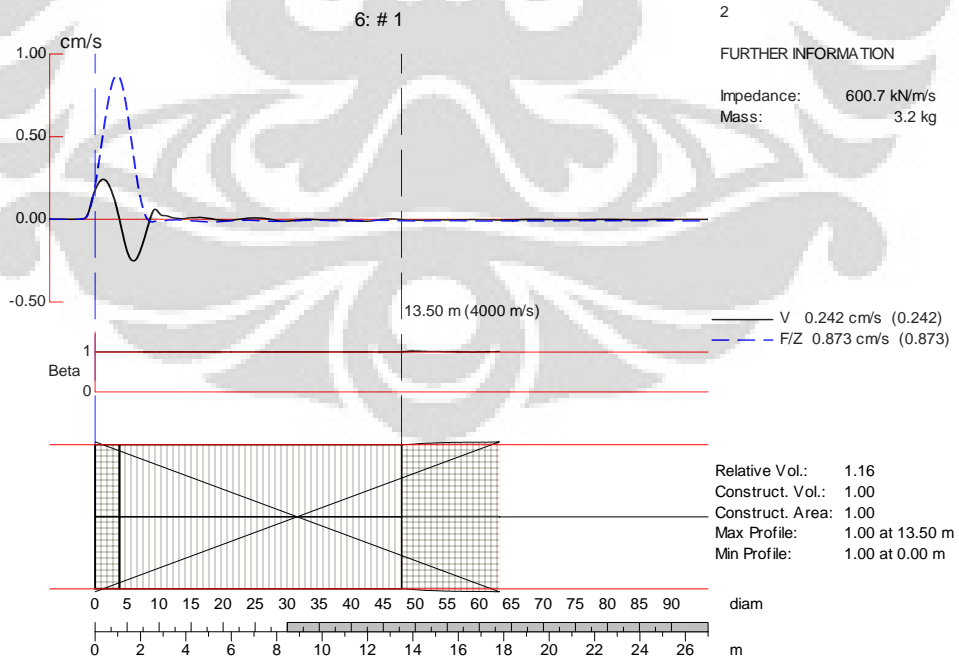
Gambar 4.222 Grafik High Pass titik 8 Pile Cap As-5



Gambar 4.223 Grafik Three Points titik 8 Pile Cap As-5



Gambar 4.224 Grafik Zero Line titik 8 Pile Cap As-5

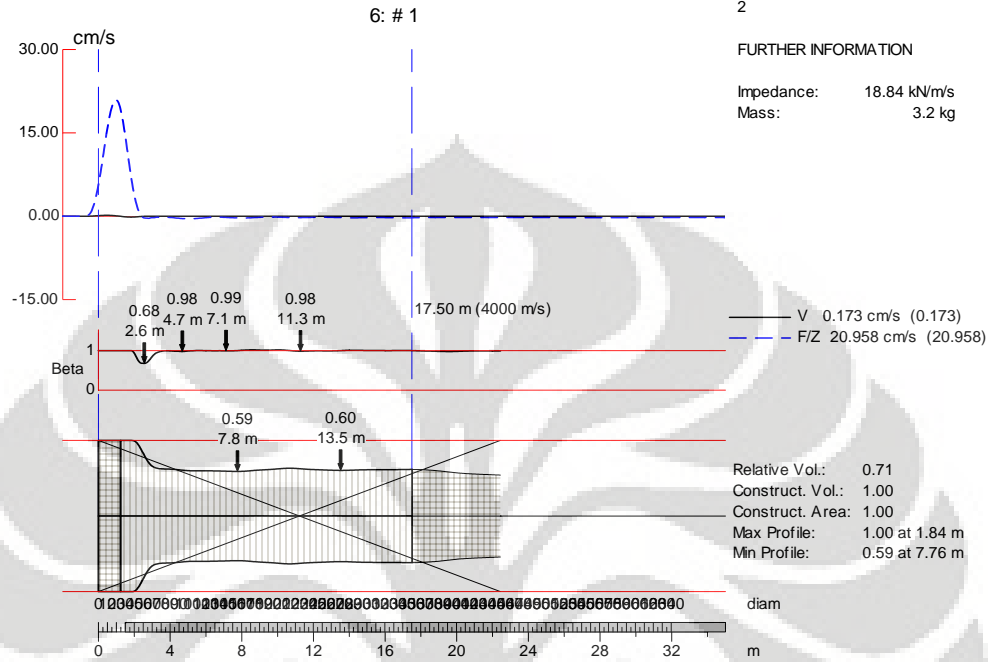


Gambar 4.225 Grafik Uniform Pile titik 8 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 10

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 10; Pile: 2
 2

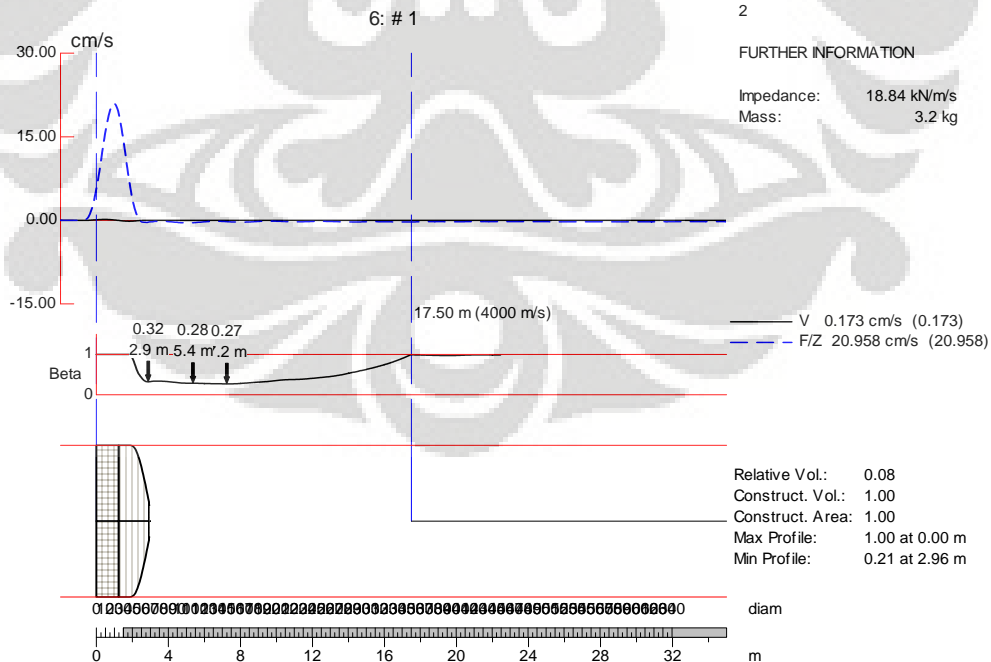
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



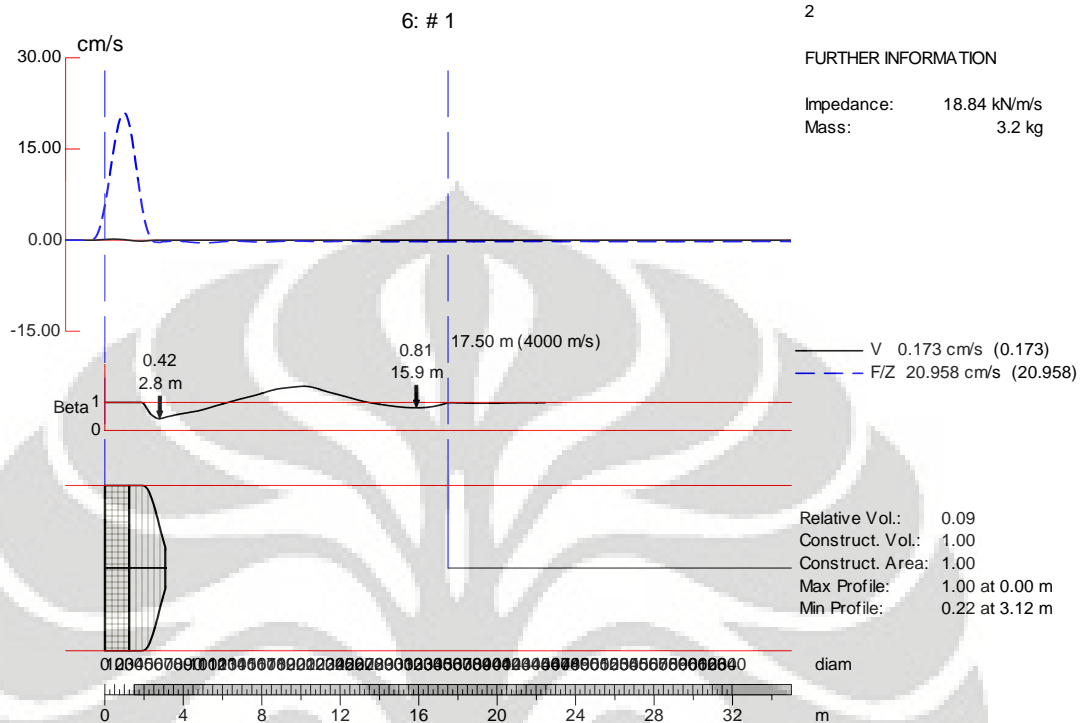
Gambar 4.226 Grafik low pass titik 10 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 10; Pile: 2
 2

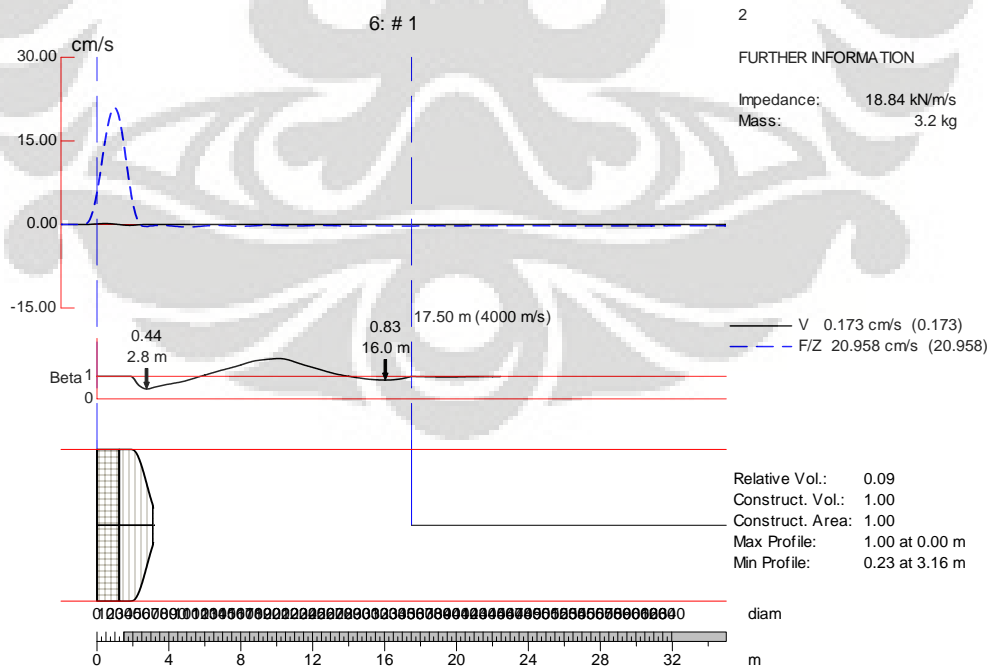
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



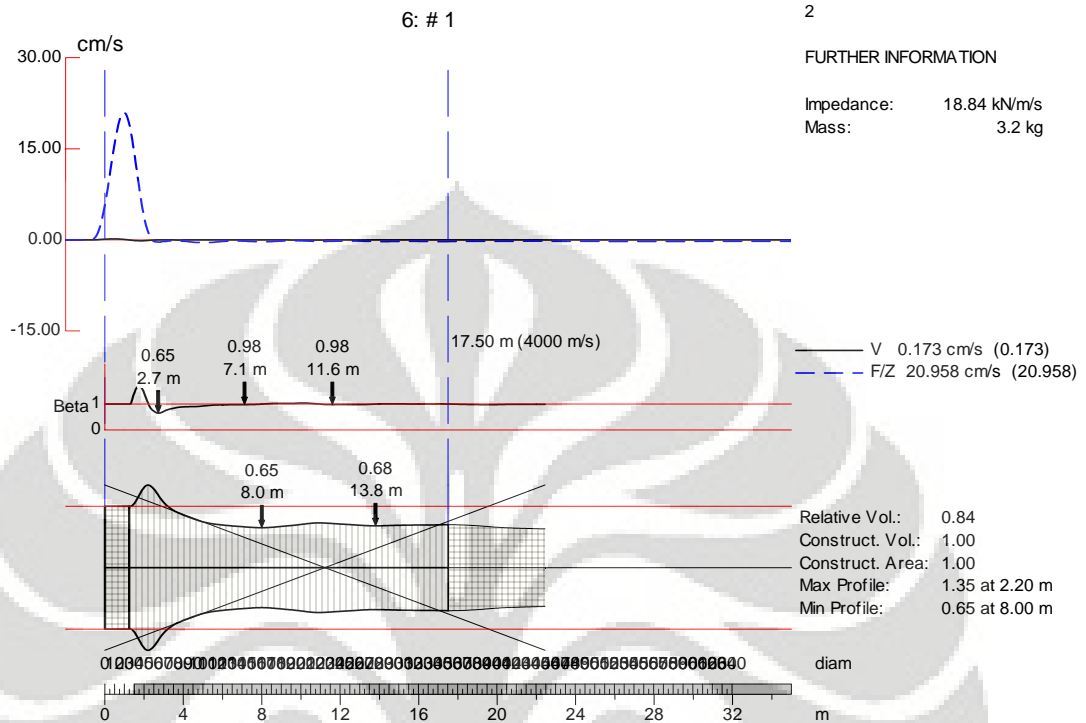
Gambar 4.227 Grafik Polynomial titik 10 Pile Cap As-5



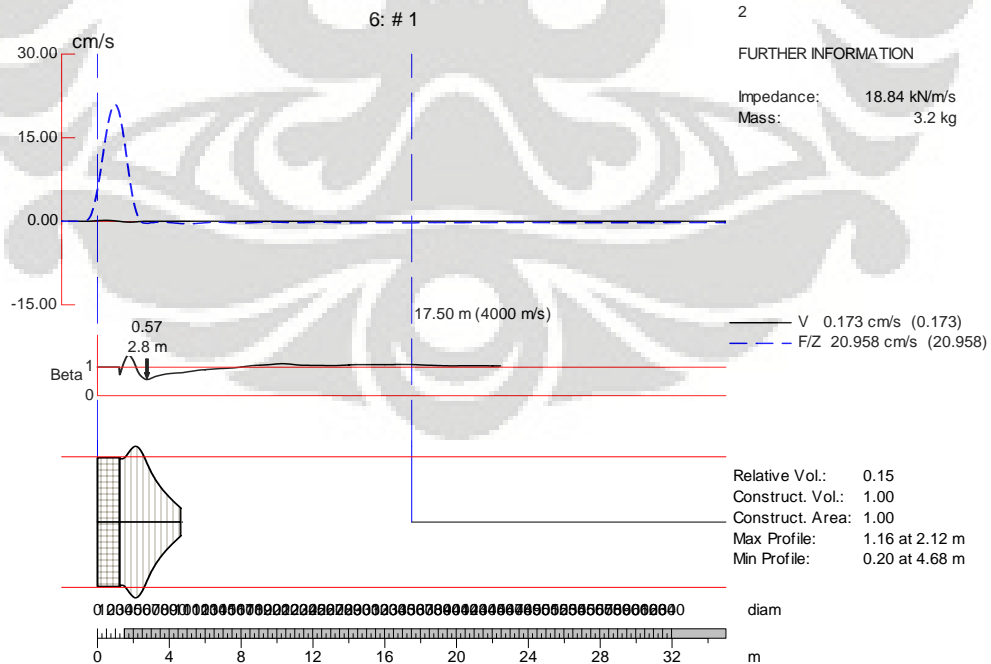
Gambar 4.228 Grafik Lower Envelope titik 10 Pile Cap As-5



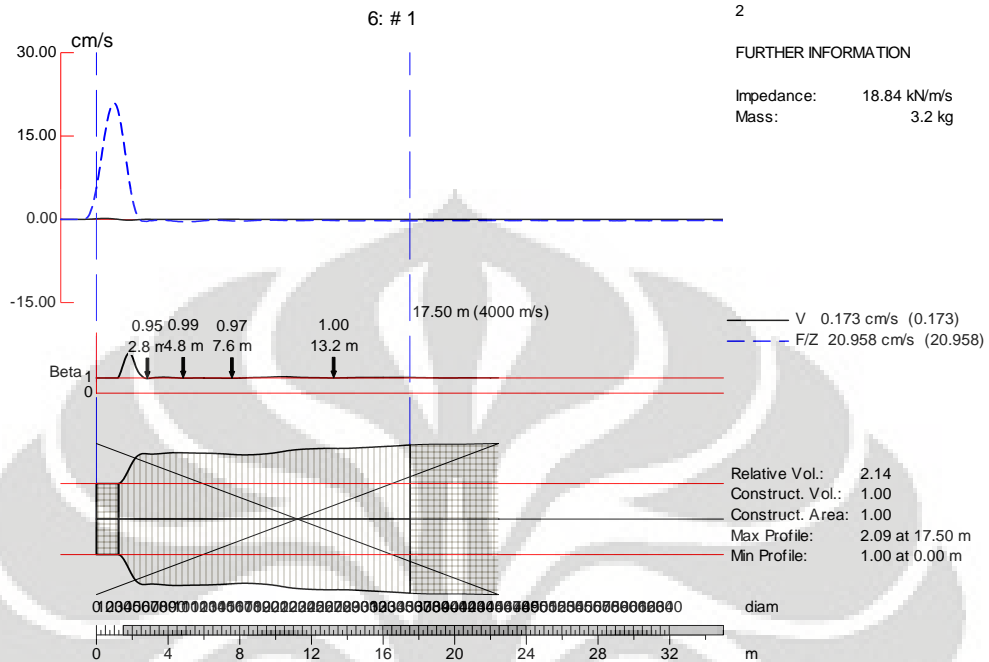
Gambar 4.229 Grafik Upper Envelope titik 10 Pile Cap As-5



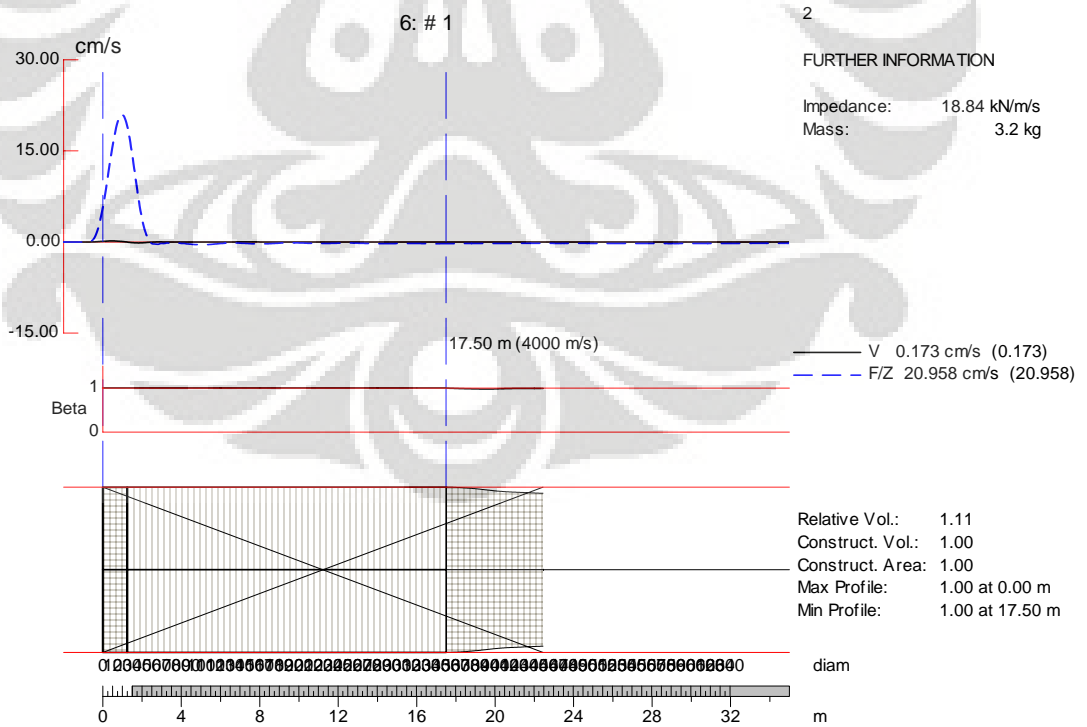
Gambar 4.230 Grafik High Pass titik 10 Pile Cap As-5



Gambar 4.231 Grafik Three Points titik 10 Pile Cap As-5



Gambar 4.232 Grafik Zero Line titik 10 Pile Cap As-5

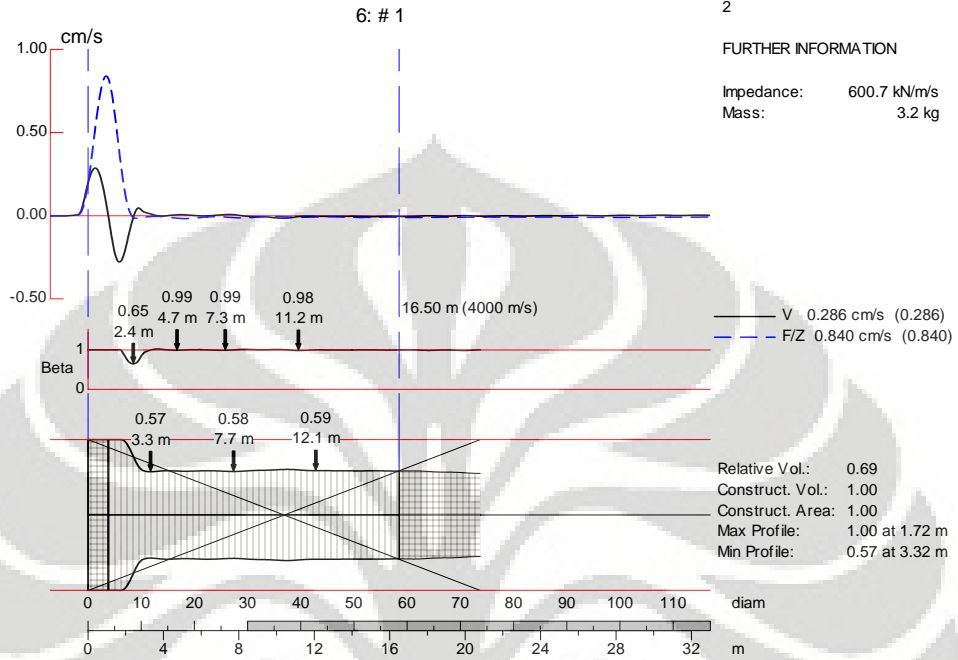


Gambar 4.233 Grafik Uniform Pile titik 10 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 12

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 12; Pile: 2
 2

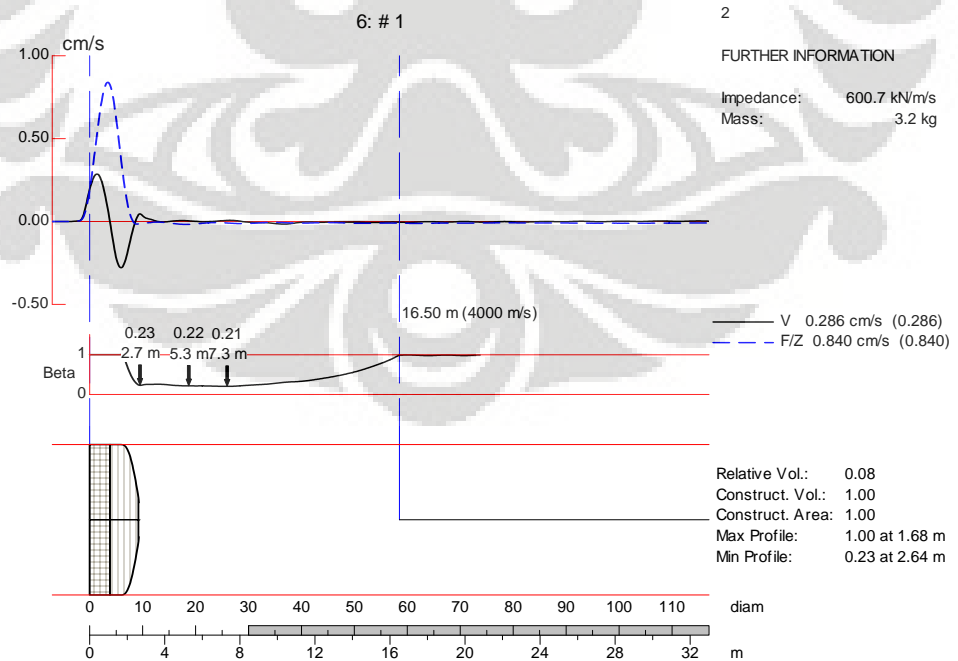
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



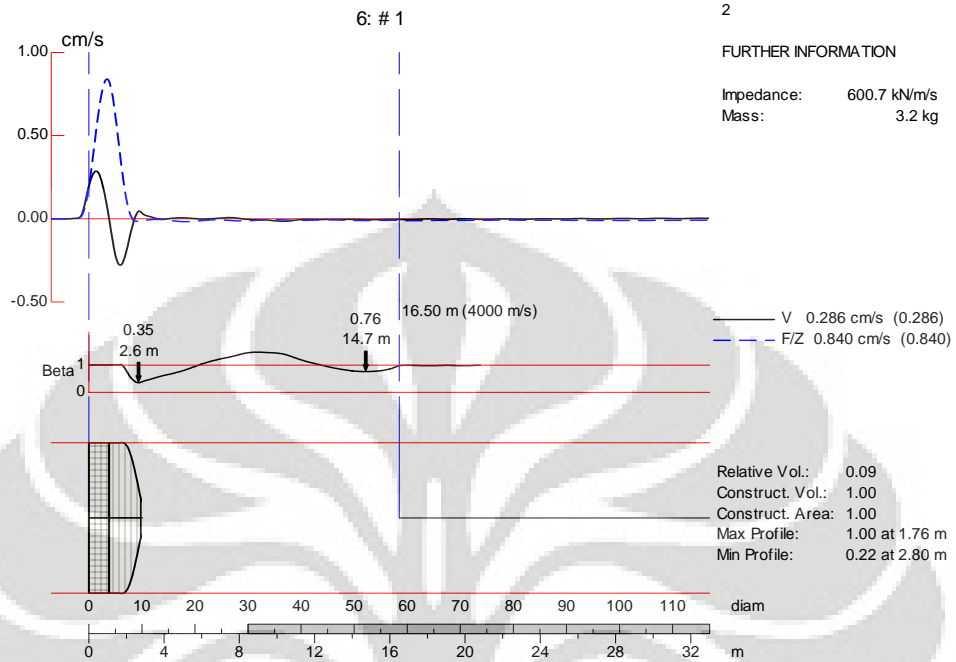
Gambar 4.234 Grafik low pass titik 12 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 12; Pile: 2
 2

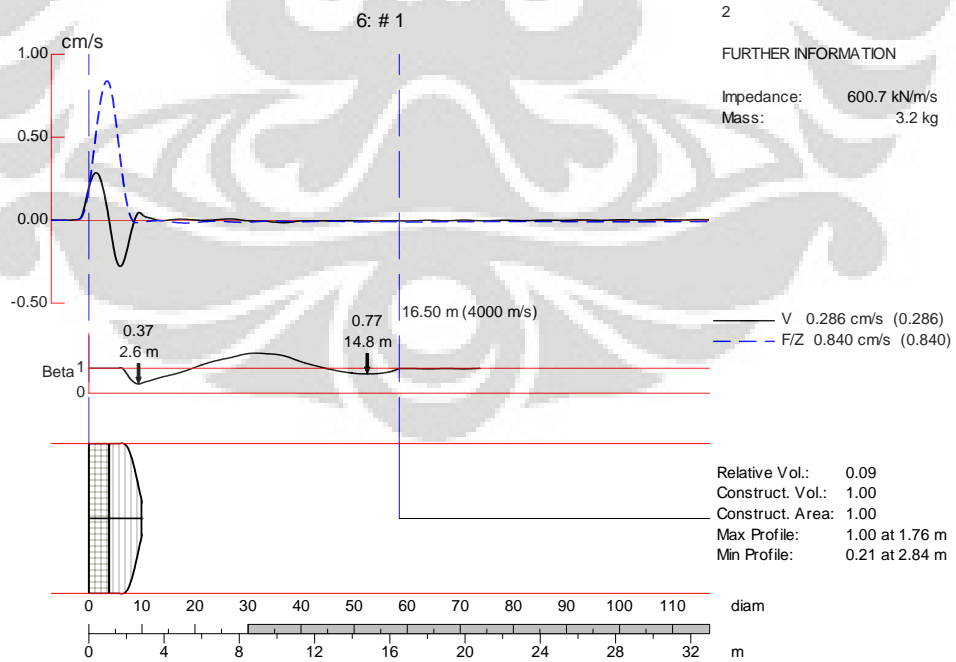
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



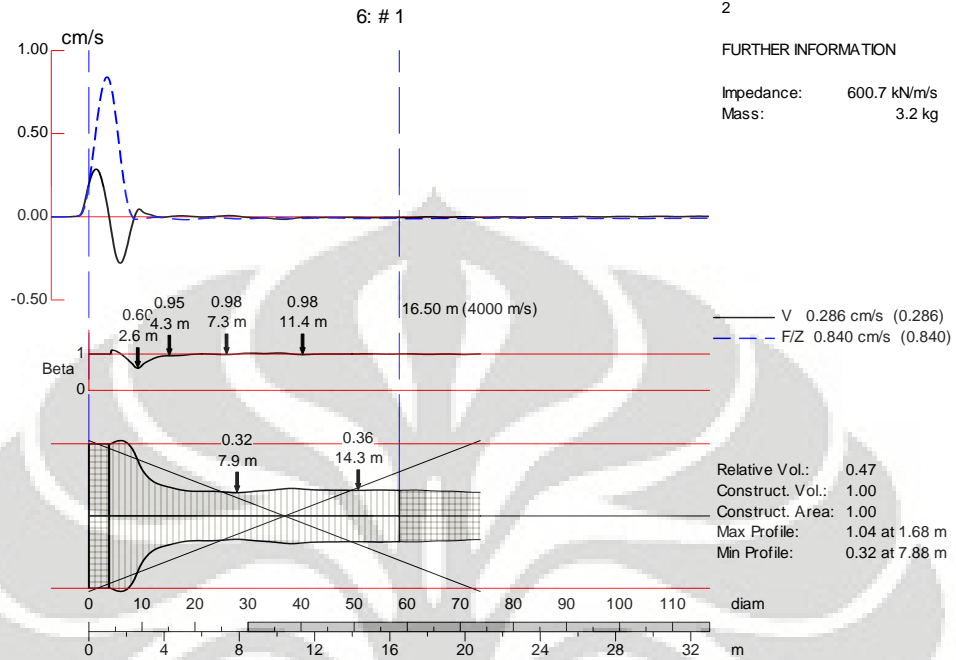
Gambar 4.235 Grafik Polynomial titik 12 Pile Cap As-5



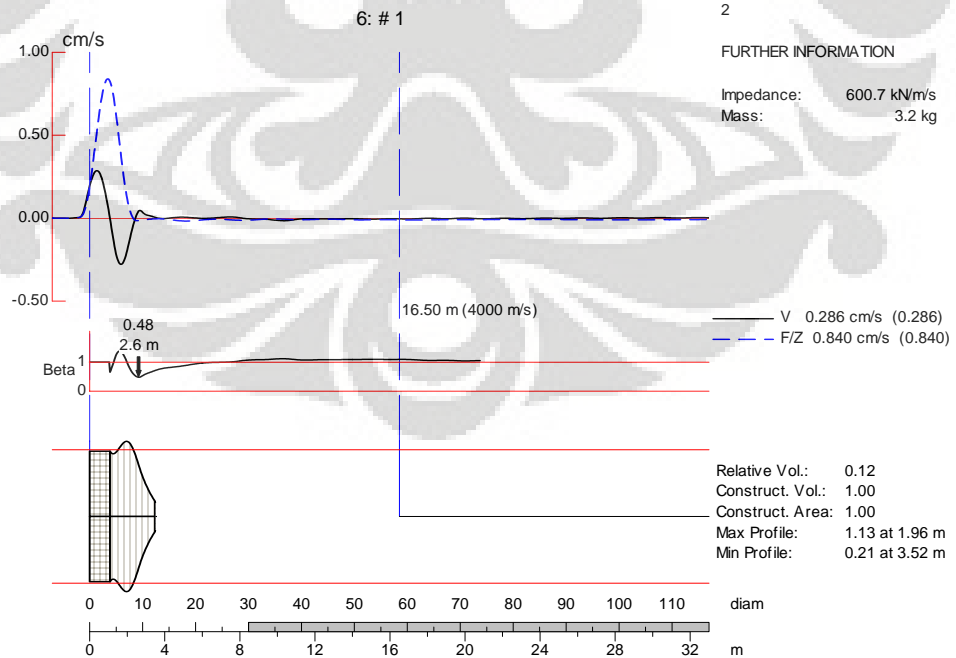
Gambar 4.236 Grafik Lower Envelope titik 12 Pile Cap As-5



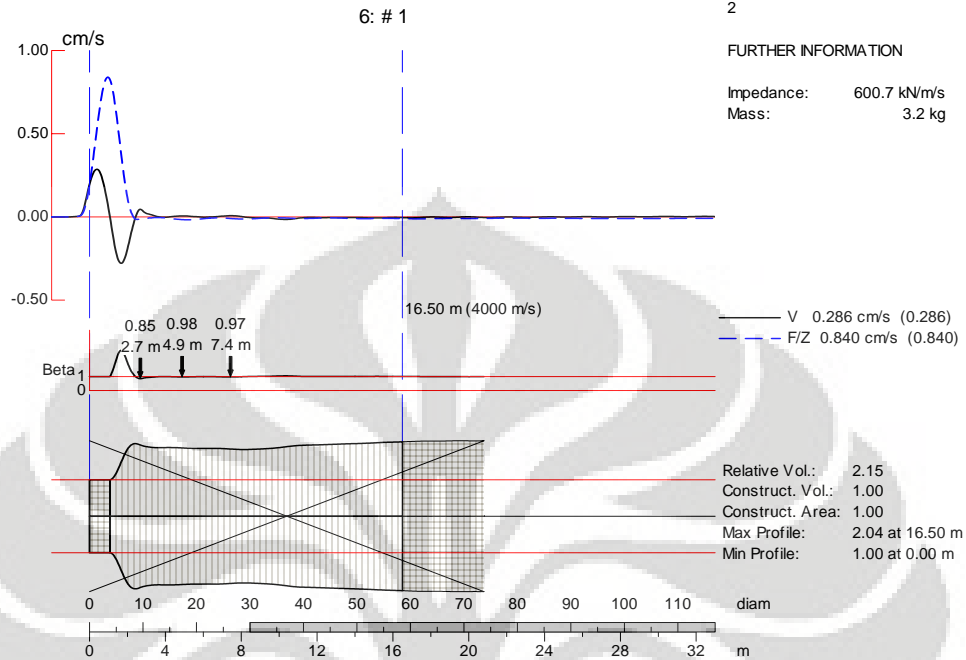
Gambar 4.237 Grafik Upper Envelope titik 12 Pile Cap As-5



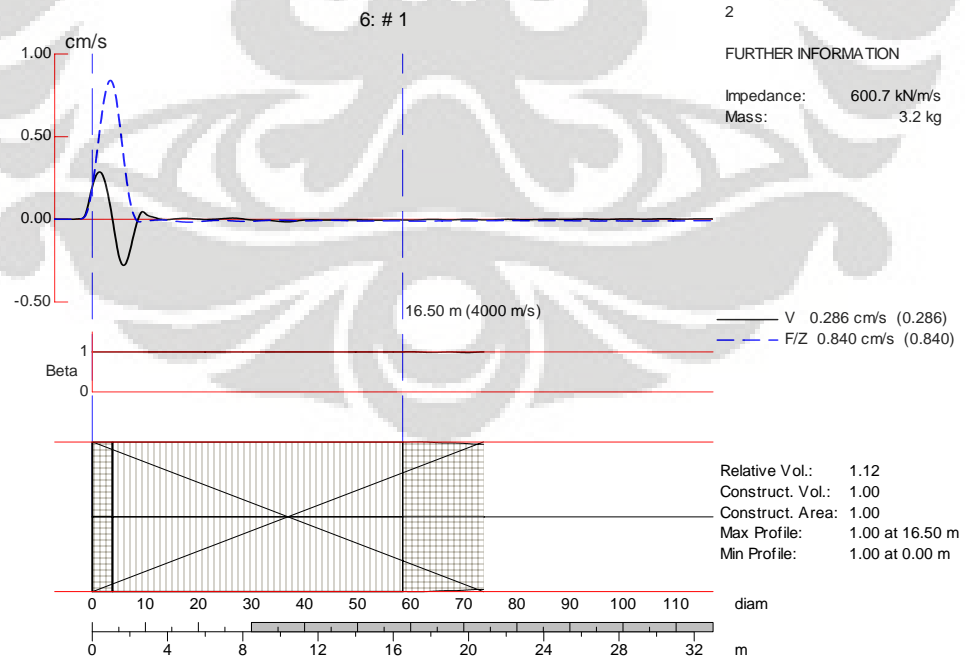
Gambar 4.238 Grafik High Pass titik 12 Pile Cap As-5



Gambar 4.239 Grafik Three Points titik 12 Pile Cap As-5



Gambar 4.240 Grafik Zero Line titik 12 Pile Cap As-5

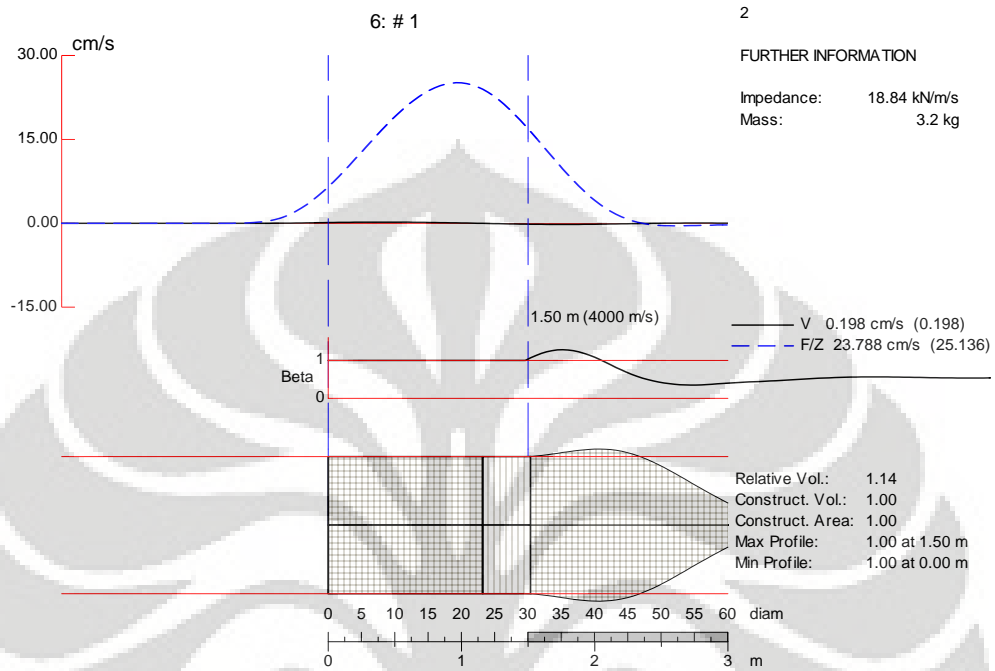


Gambar 4.241 Grafik Uniform Pile titik 12 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 13

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 13; Pile: 2
 2

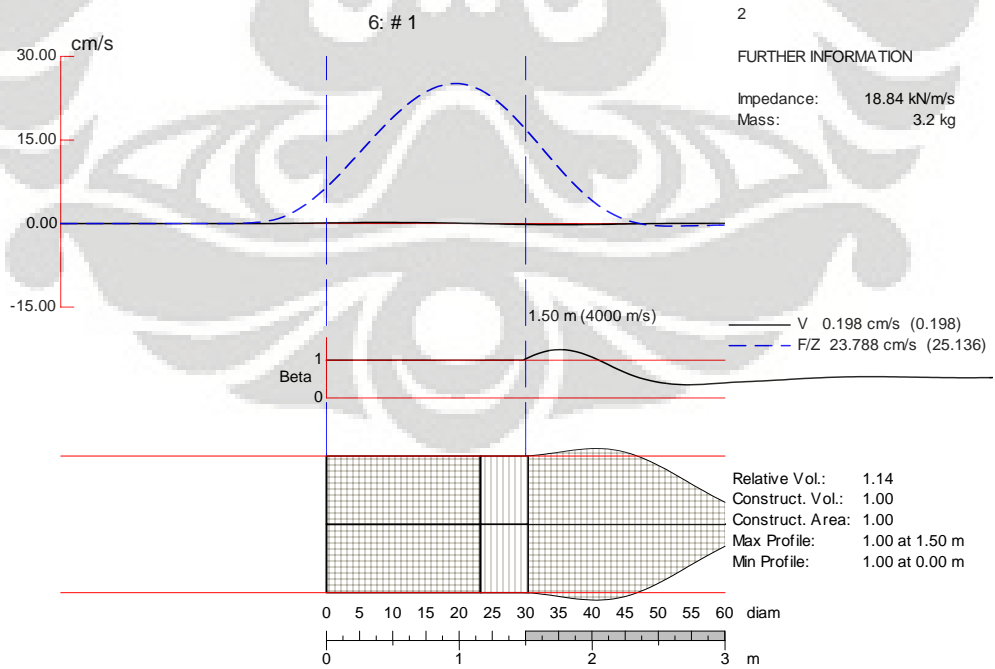
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



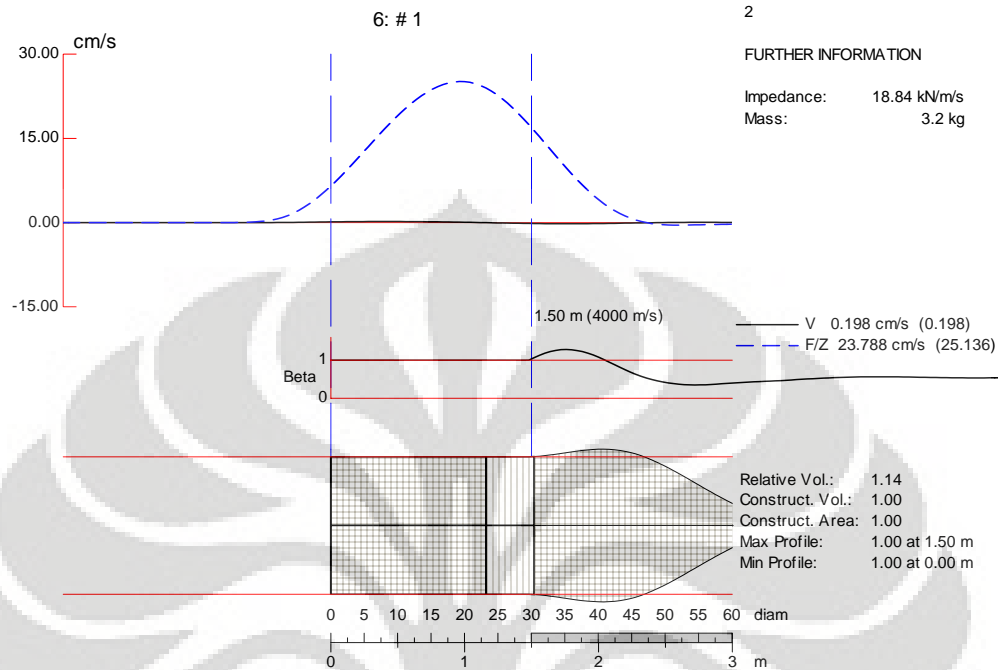
Gambar 4.242 Grafik low pass titik 13 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 13; Pile: 2
 2

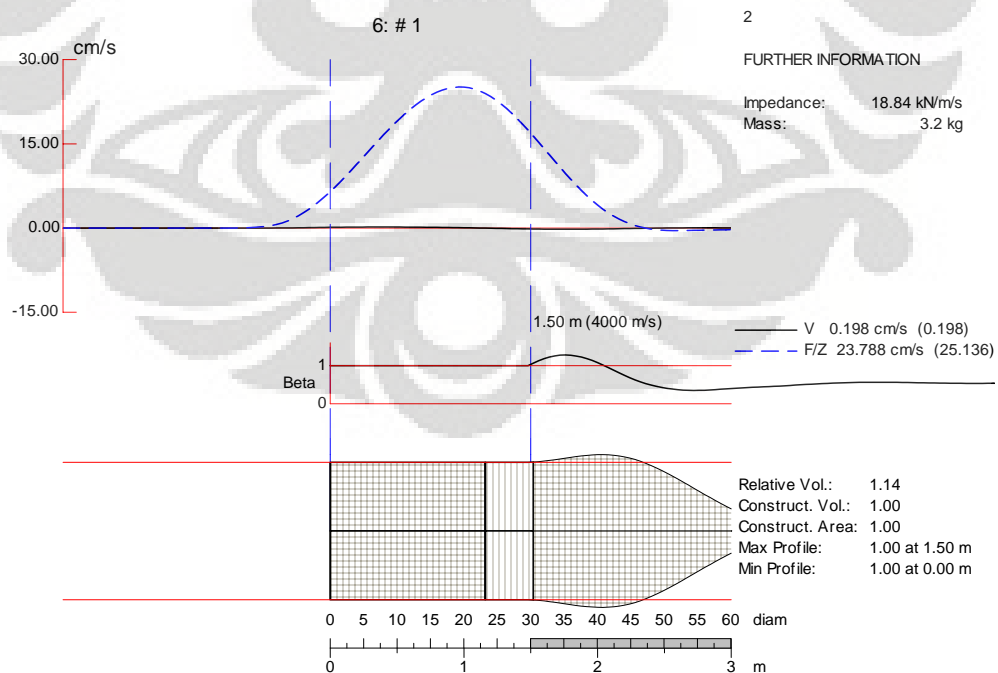
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



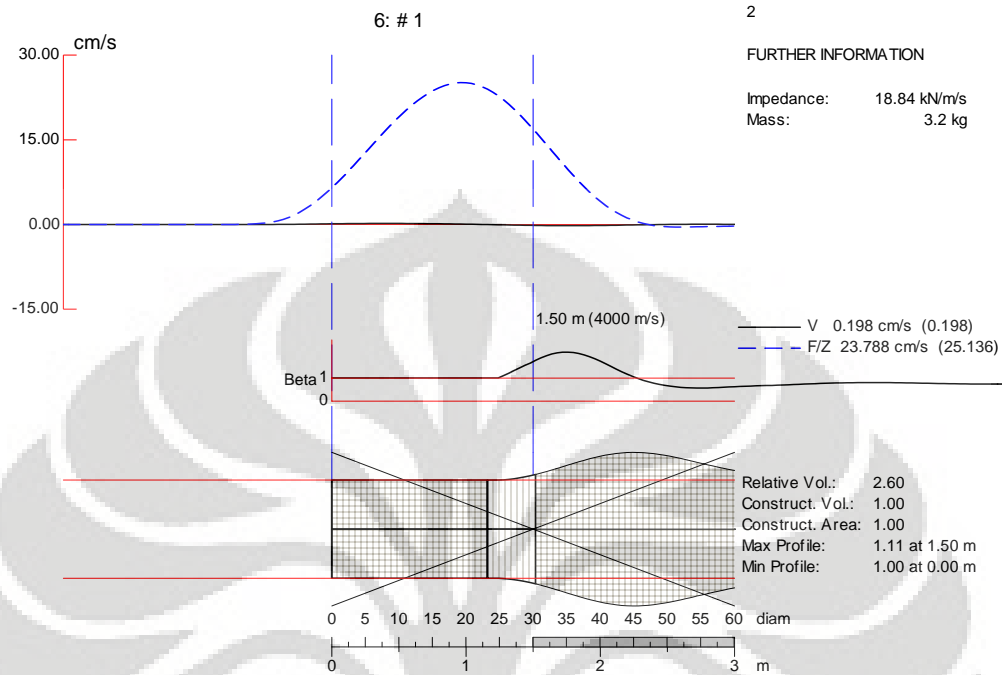
Gambar 4.243 Grafik Polynomal titik 13 Pile Cap As-5



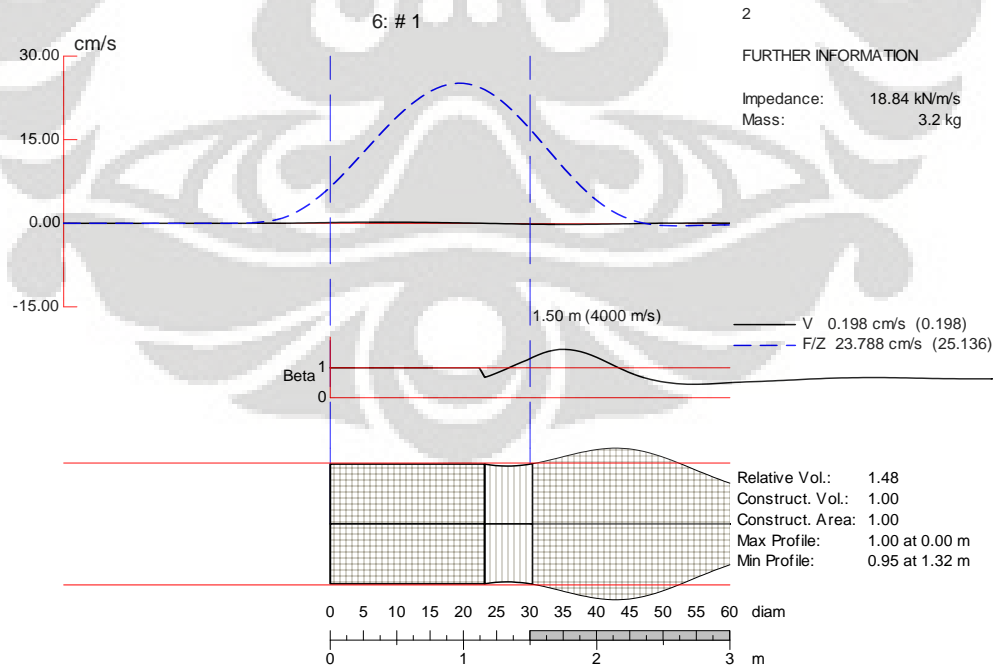
Gambar 4.244 Grafik Lower Envelope titik 13 Pile Cap As-5



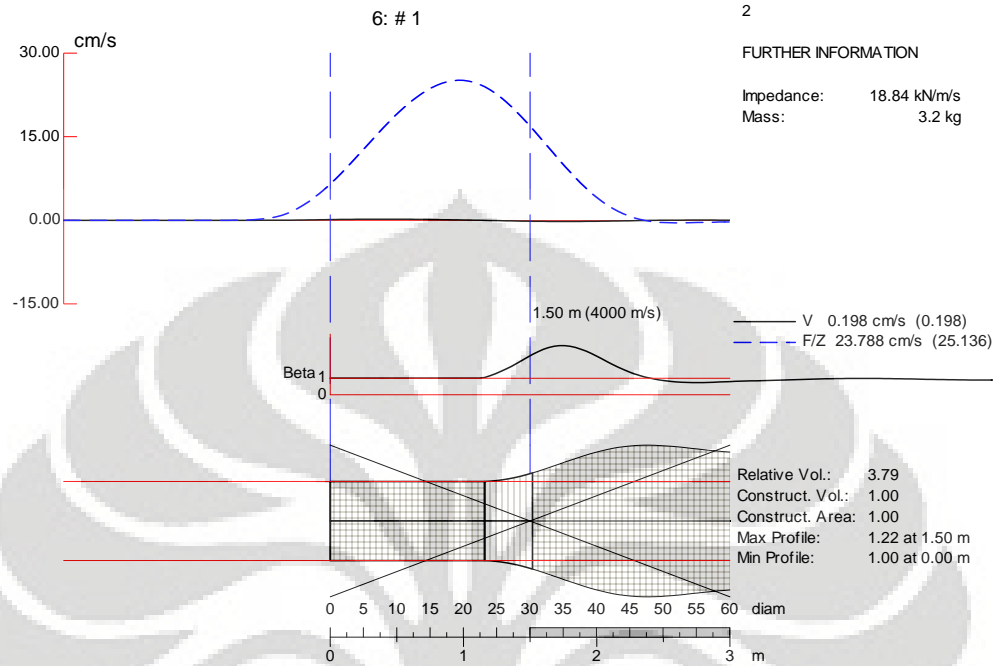
Gambar 4.245 Grafik Upper Envelope titik 13 Pile Cap As-5



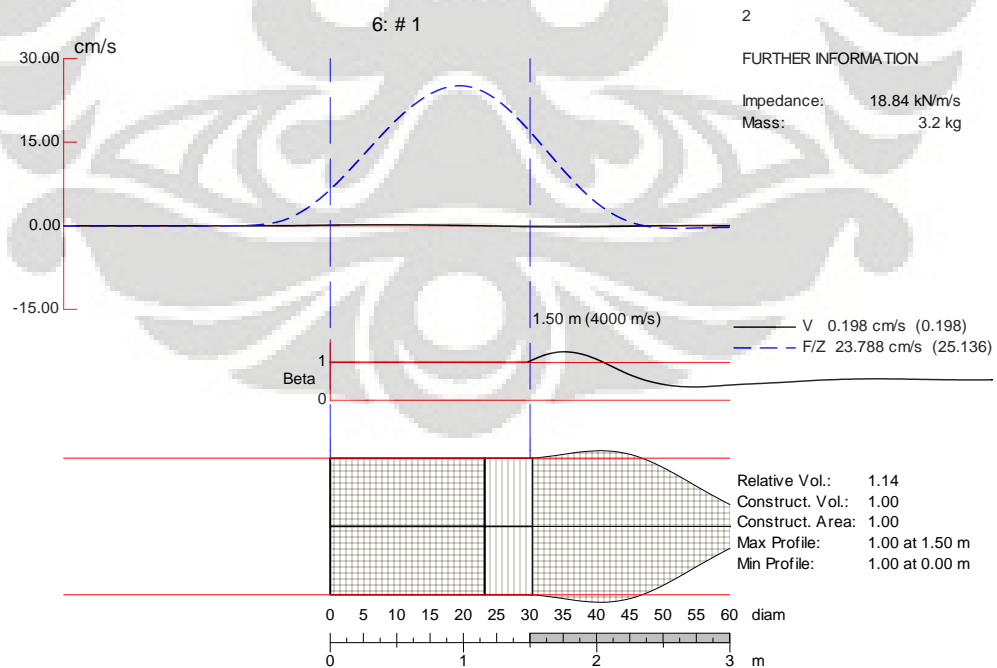
Gambar 4.246 Grafik High Pass titik 13 Pile Cap As-5



Gambar 4.247 Grafik Three Points titik 13 Pile Cap As-5



Gambar 4.248 Grafik Zero Line titik 13 Pile Cap As-5

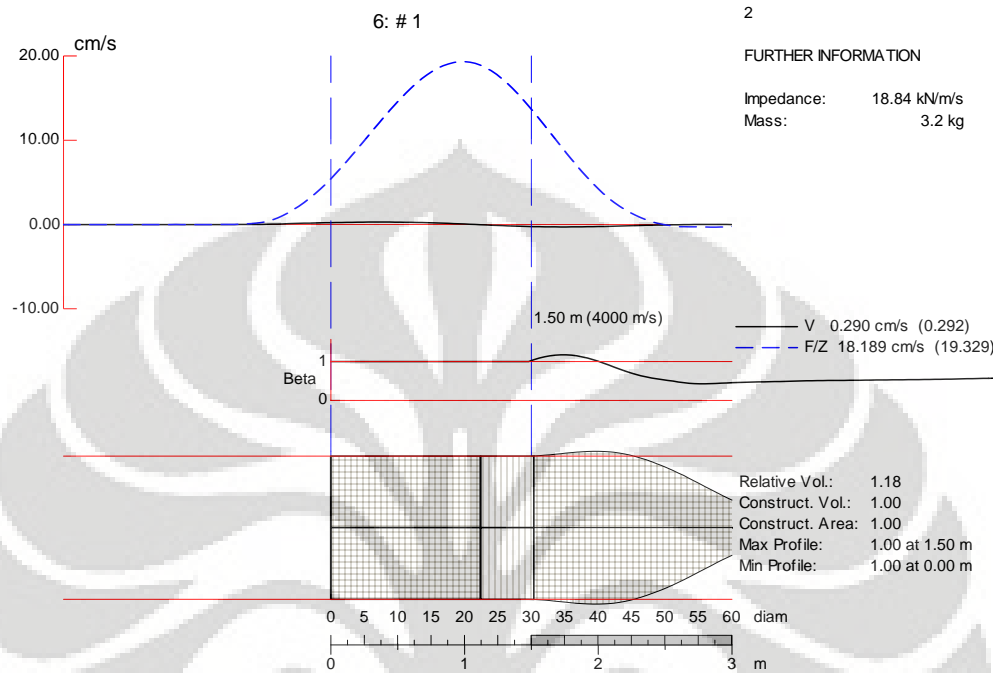


Gambar 4.249 Grafik Uniform Pile titik 13 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 14

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 14; Pile: 2
 2

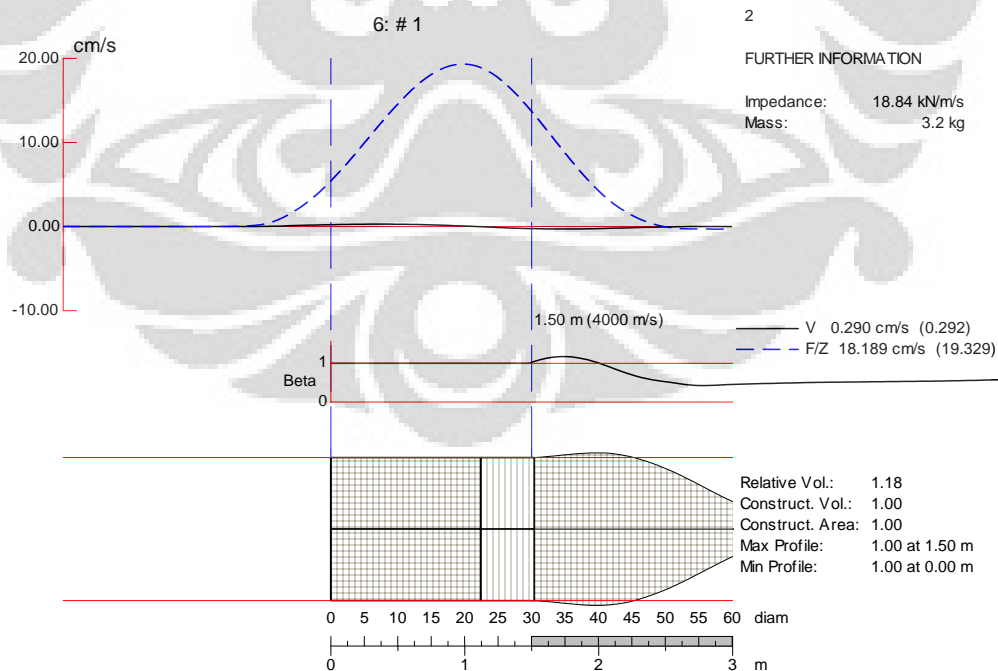
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



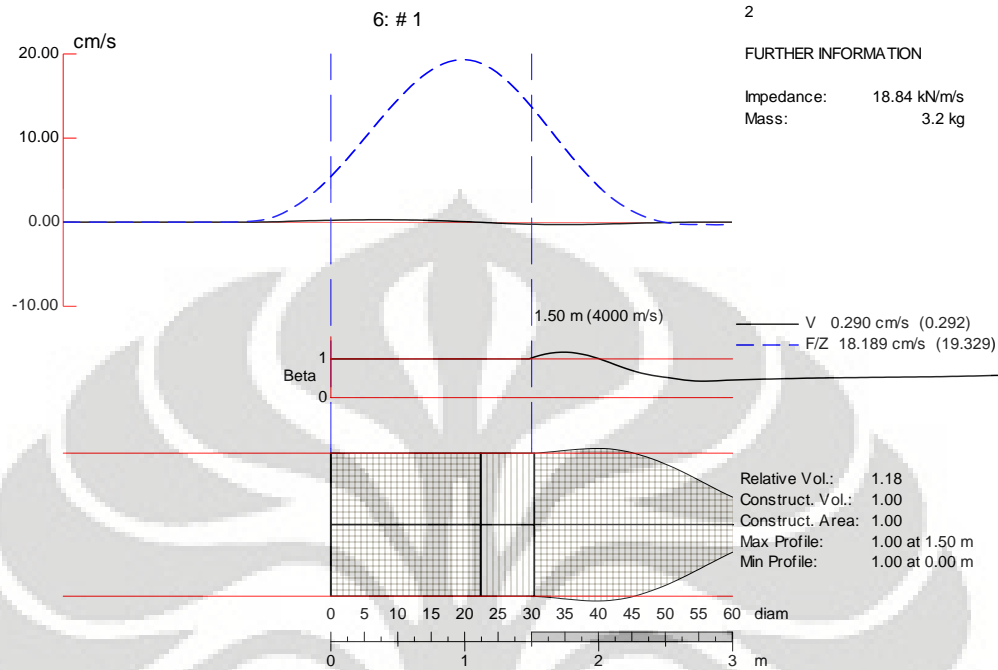
Gambar 4.250 Grafik low pass titik 14 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 14; Pile: 2
 2

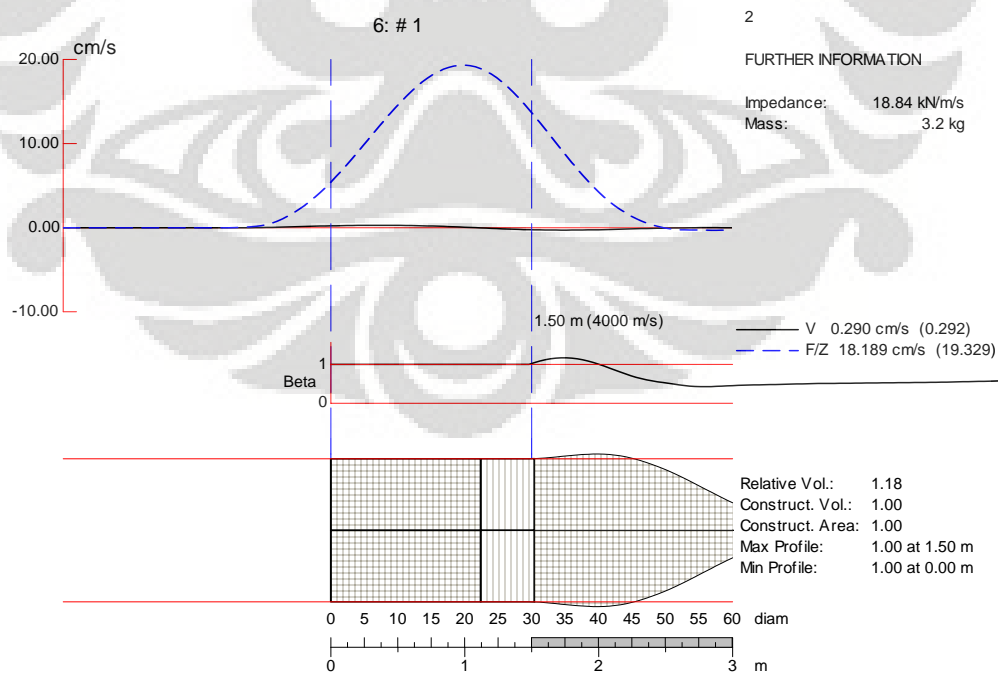
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



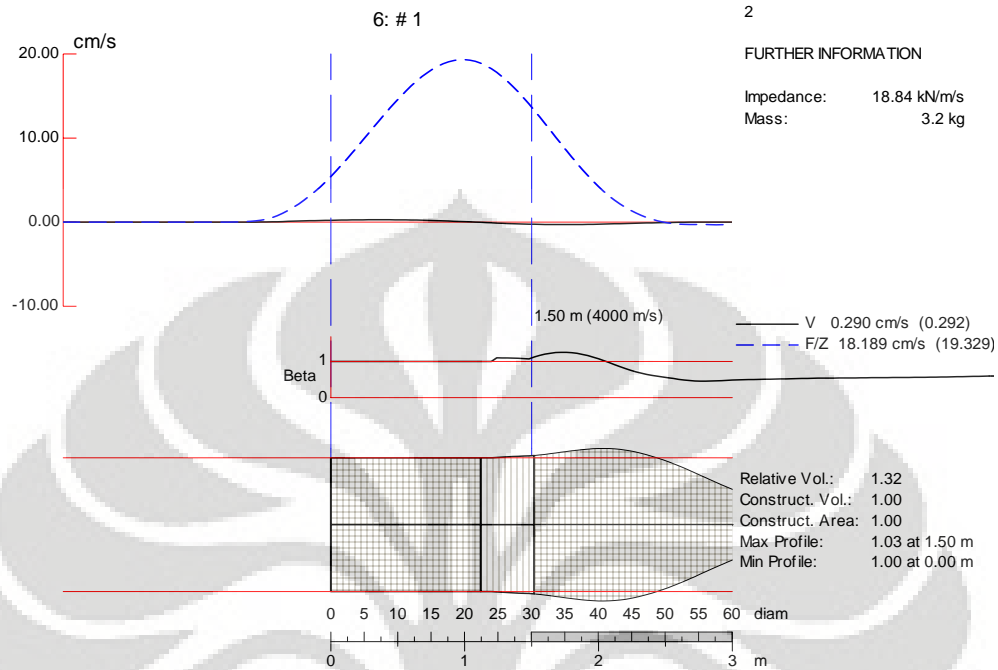
Gambar 4.251 Grafik Polynominal titik 14 Pile Cap As-5



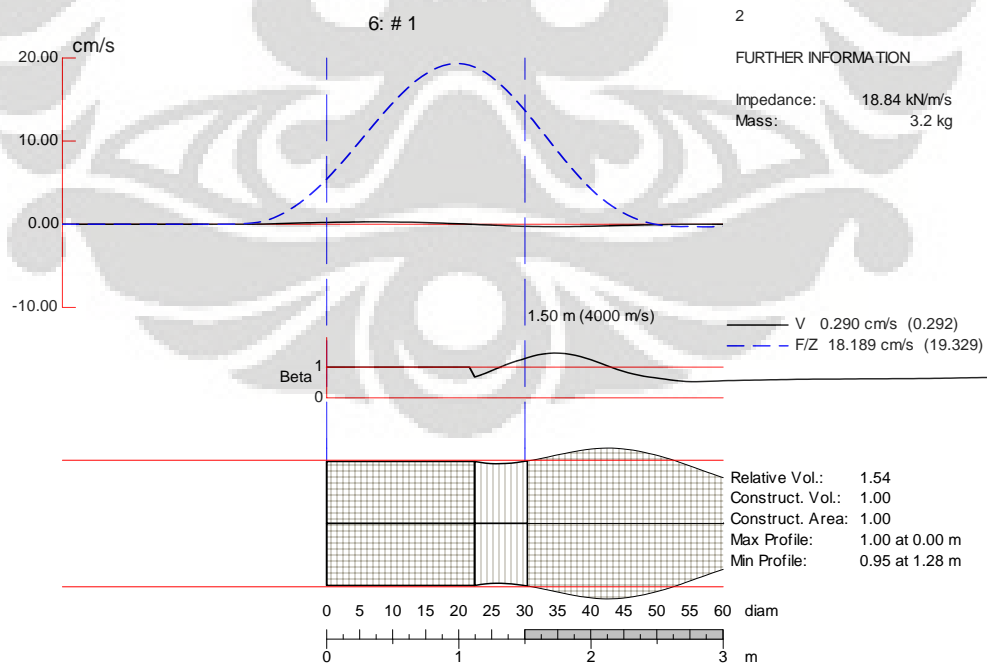
Gambar 4.252 Grafik Lower Envelope titik 14 Pile Cap As-5



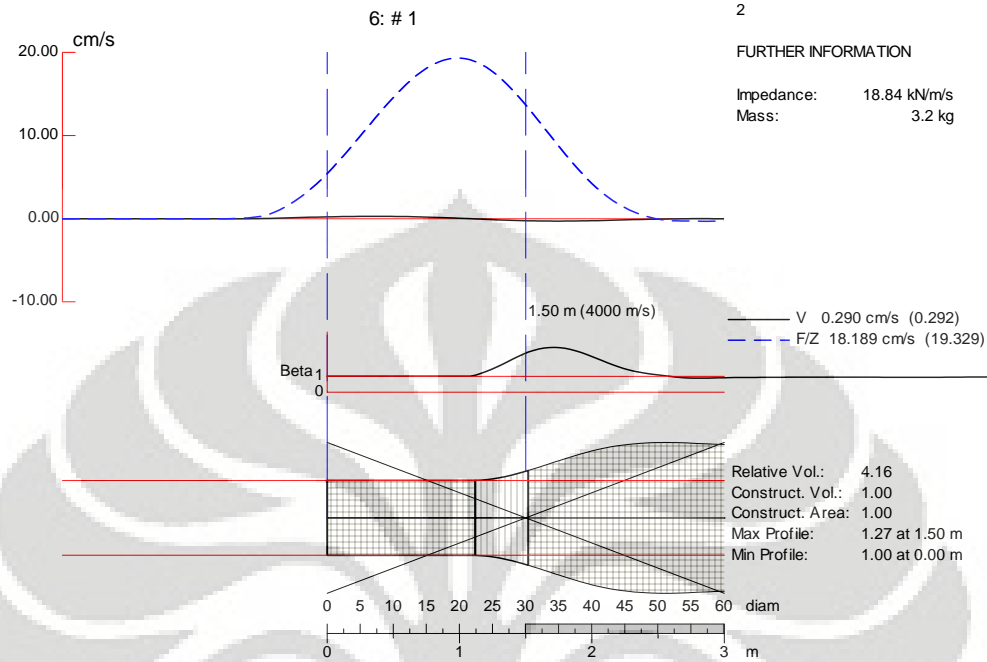
Gambar 4.253 Grafik Upper Envelope titik 14 Pile Cap As-5



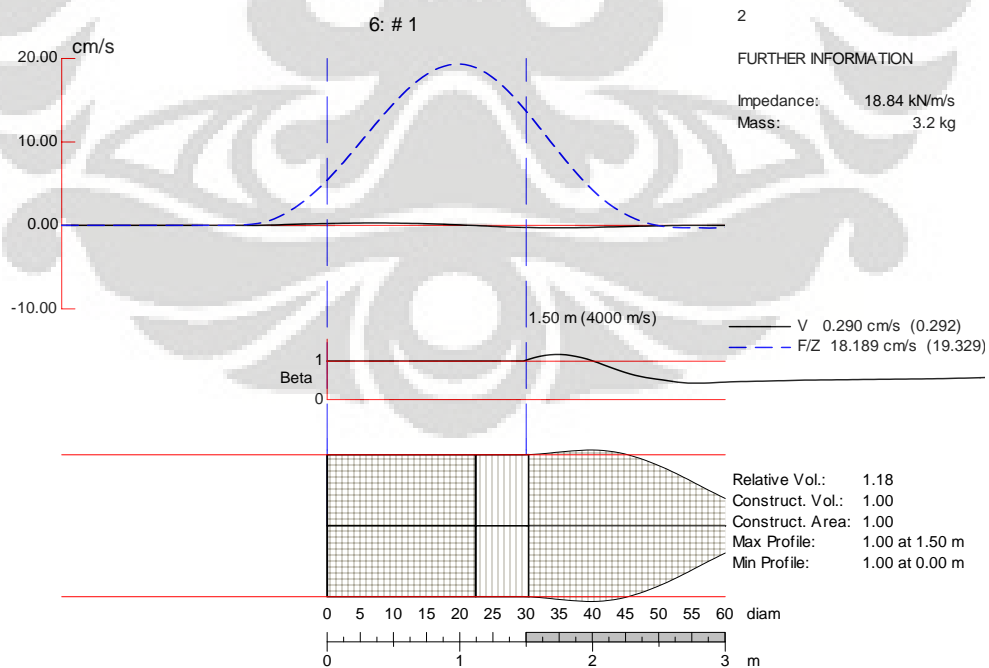
Gambar 4.254 Grafik High Pass titik 14 Pile Cap As-5



Gambar 4.255 Grafik Three Points titik 14 Pile Cap As-5



Gambar 4.256 Grafik Zero Line titik 14 Pile Cap As-5

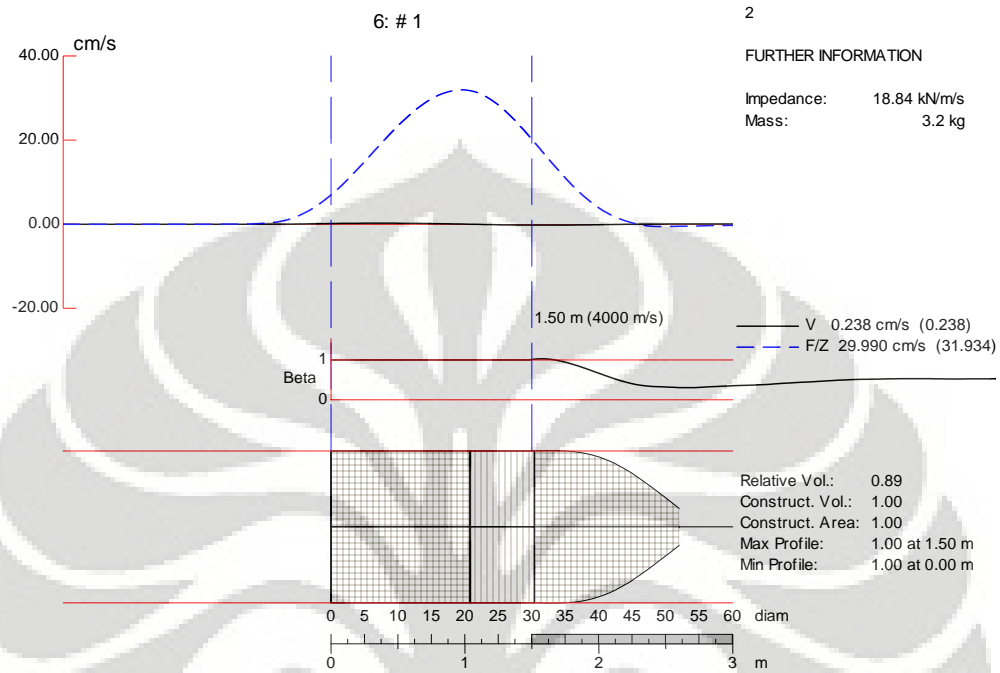


Gambar 4.257 Grafik Uniform Pile titik 14 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 15

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 15; Pile: 2
 2

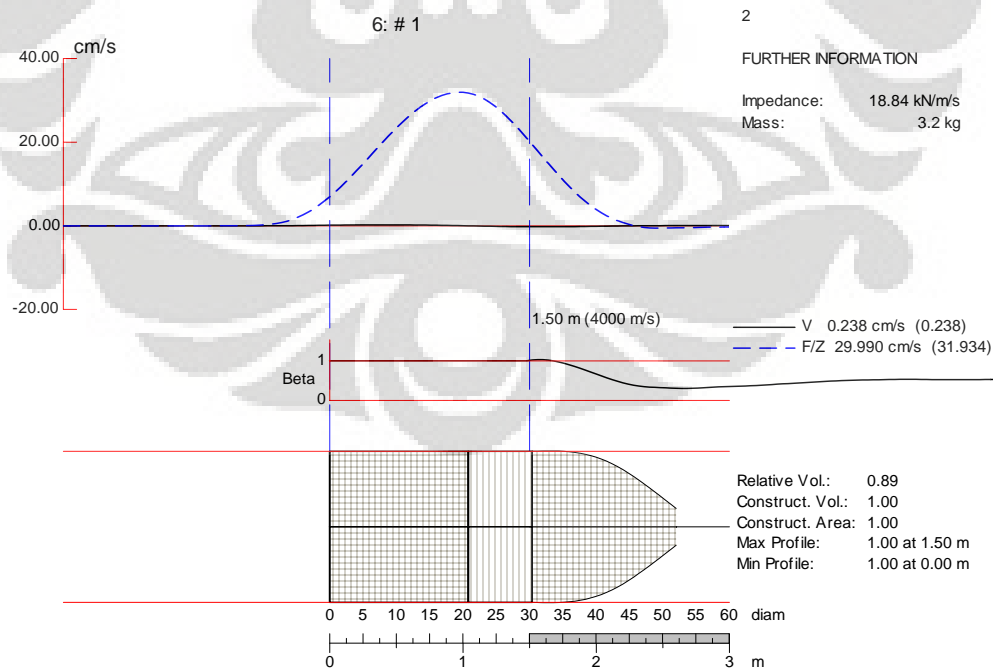
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



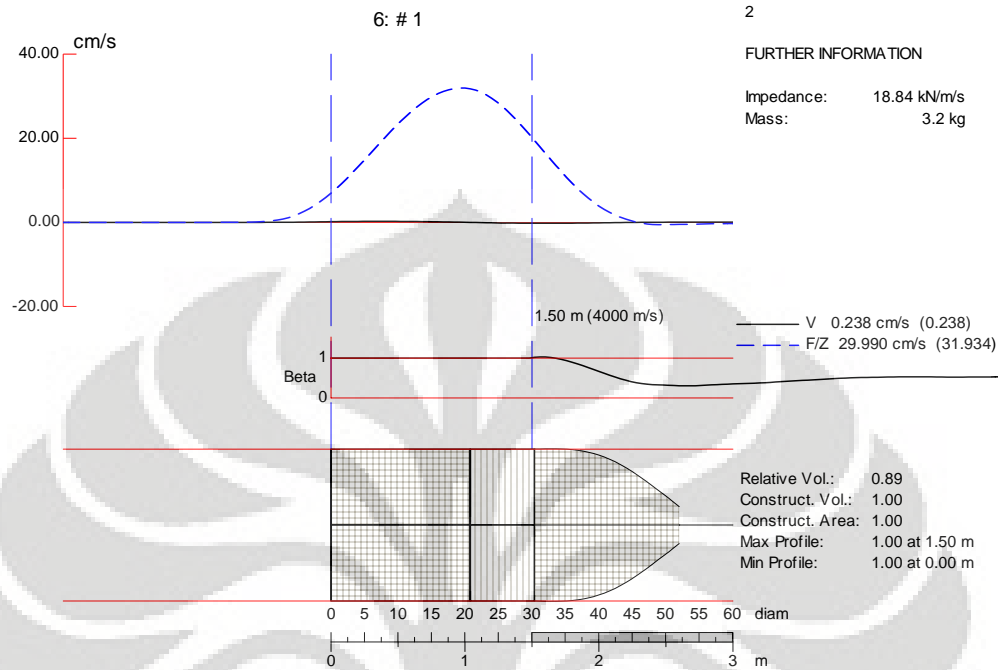
Gambar 4.258 Grafik low pass titik 15 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 15; Pile: 2
 2

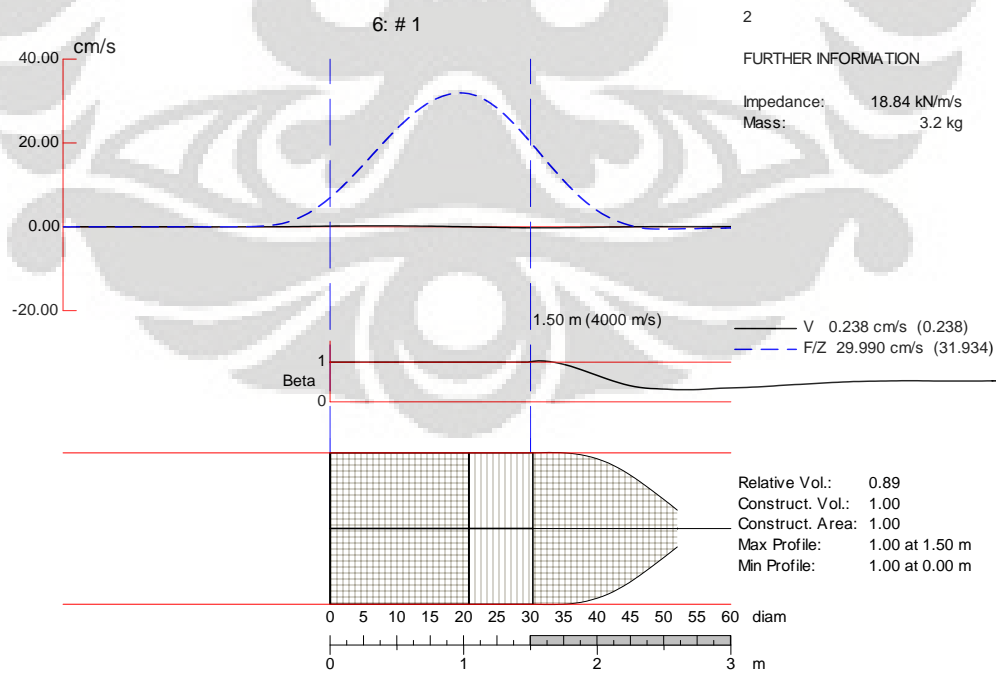
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



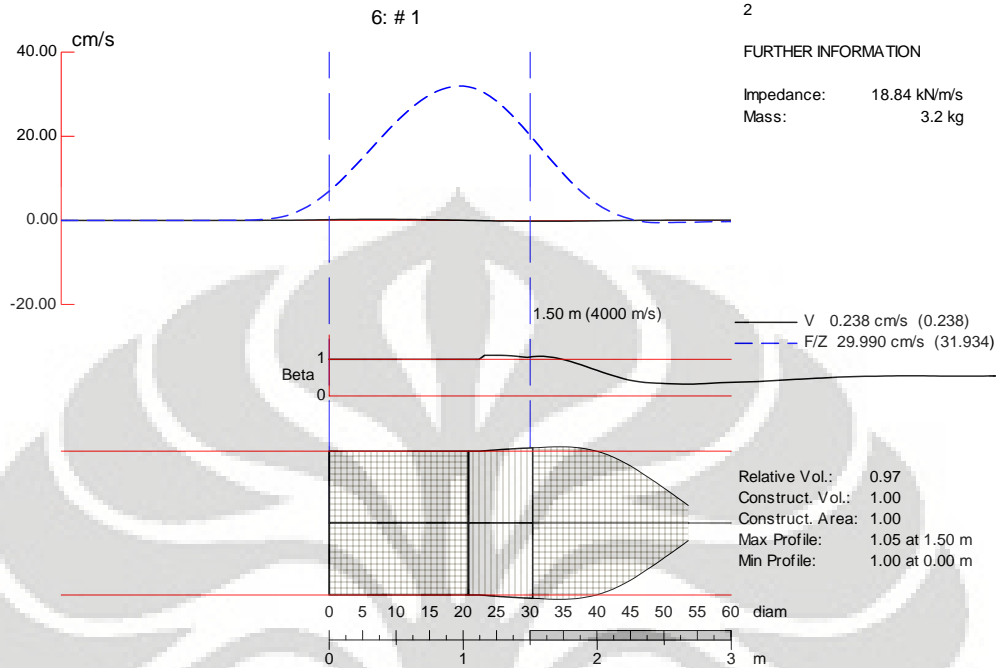
Gambar 4.259 Grafik Polynominal titik 15 Pile Cap As-5



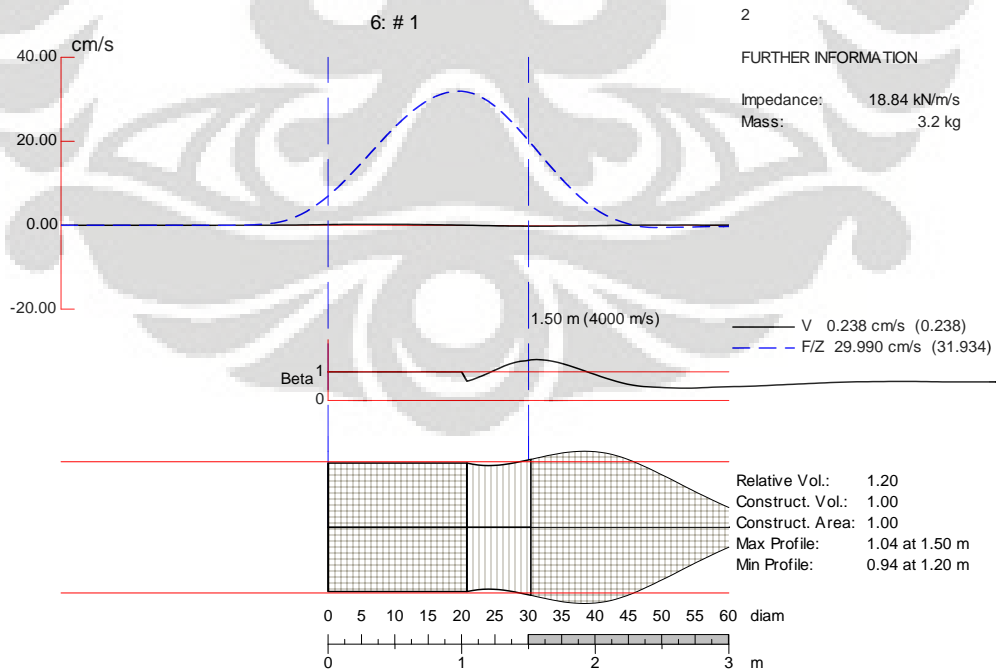
Gambar 4.260 Grafik Lower Envelope titik 15 Pile Cap As-5



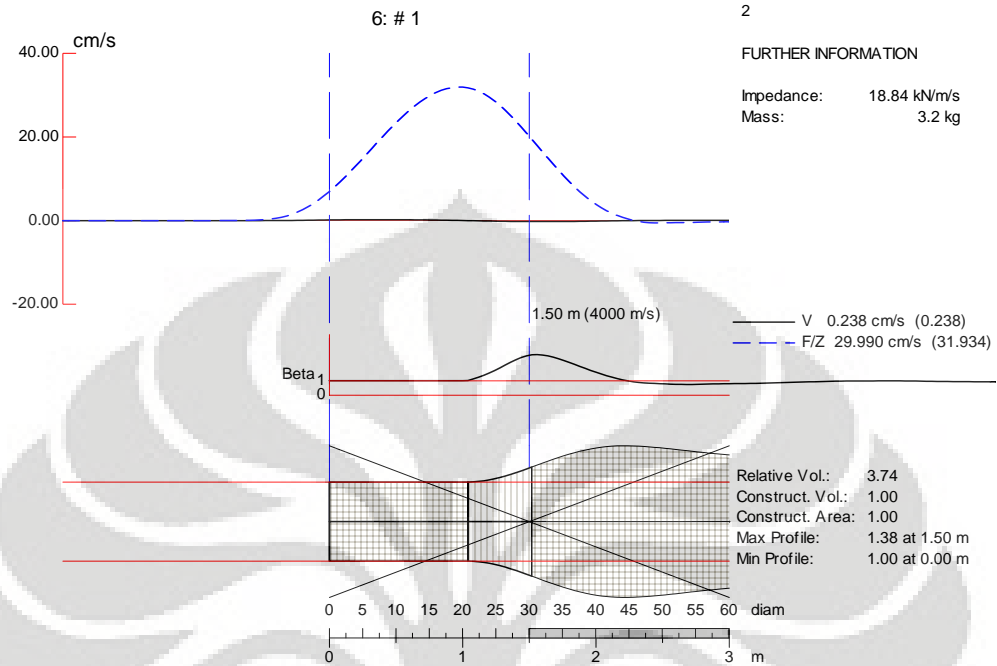
Gambar 4.261 Grafik Upper Envelope titik 15 Pile Cap As-5



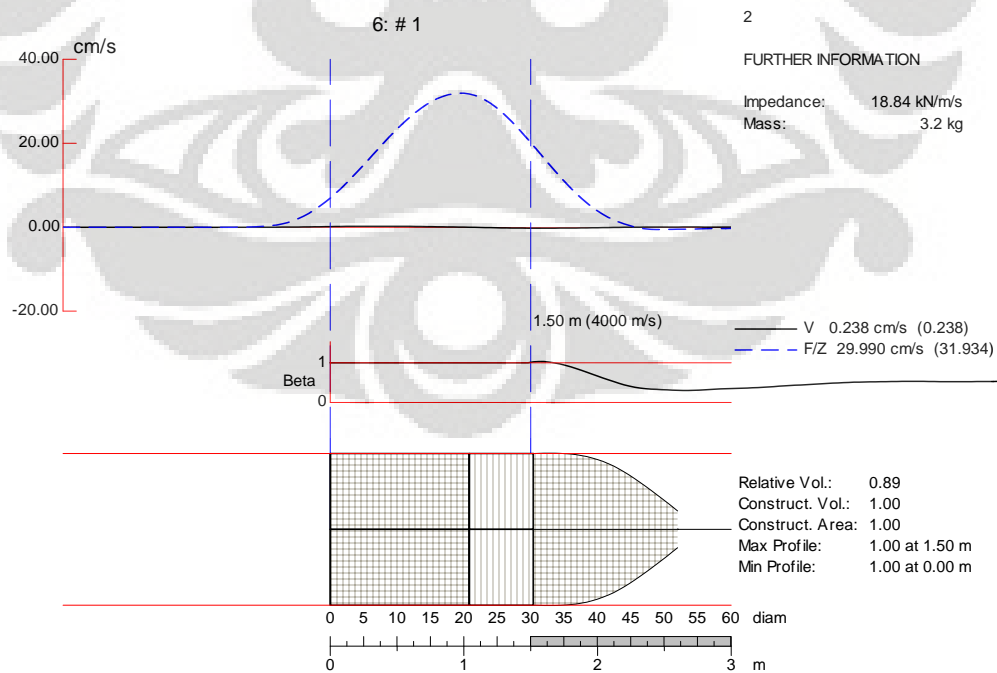
Gambar 4.262 Grafik High Pass titik 15 Pile Cap As-5



Gambar 4.263 Grafik Three Points titik 15 Pile Cap As-5



Gambar 4.264 Grafik Zero Line titik 15 Pile Cap As-5

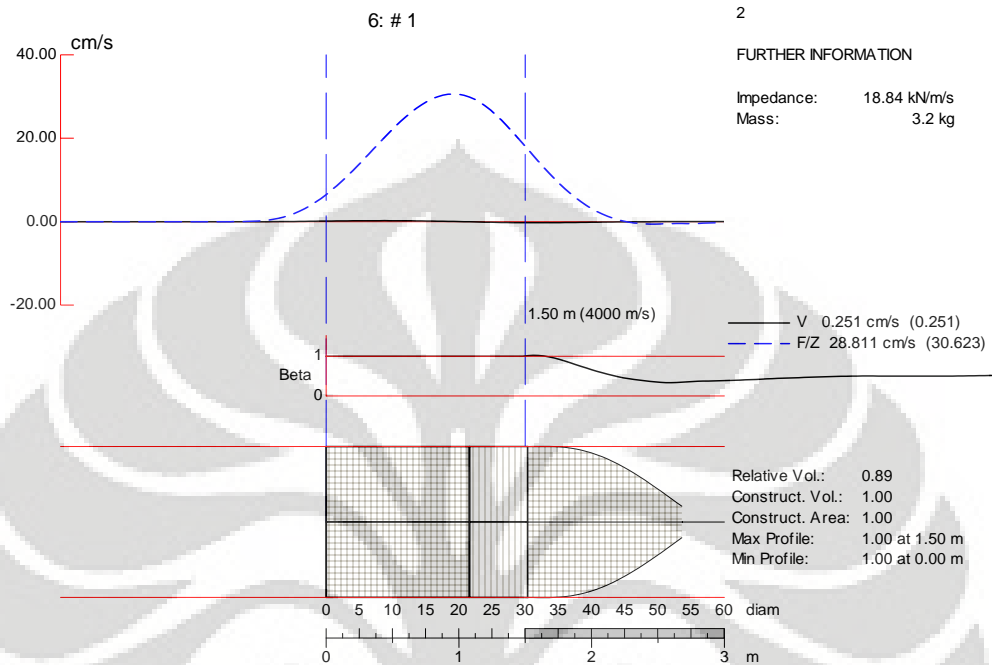


Gambar 4.265 Grafik Uniform Pile titik 15 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 16

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 16; Pile: 2
 2

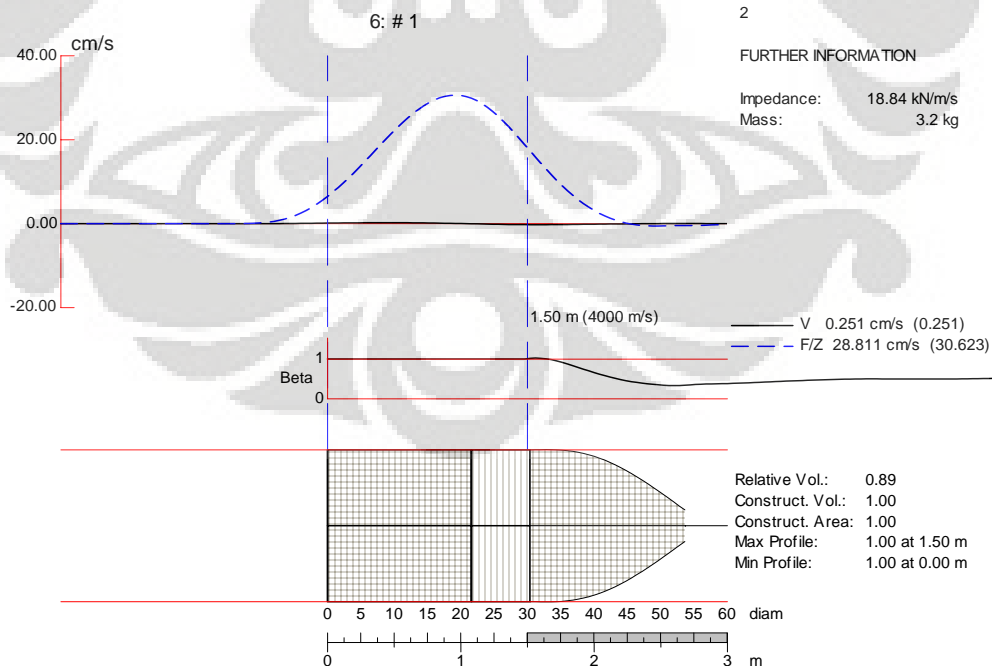
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



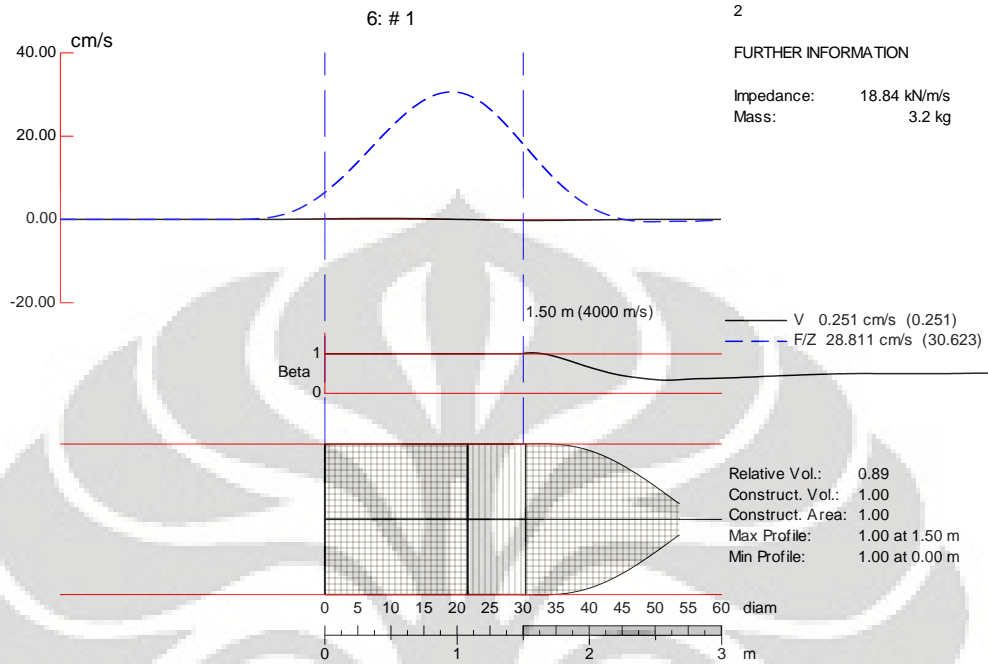
Gambar 4.266 Grafik low pass titik 16 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 16; Pile: 2
 2

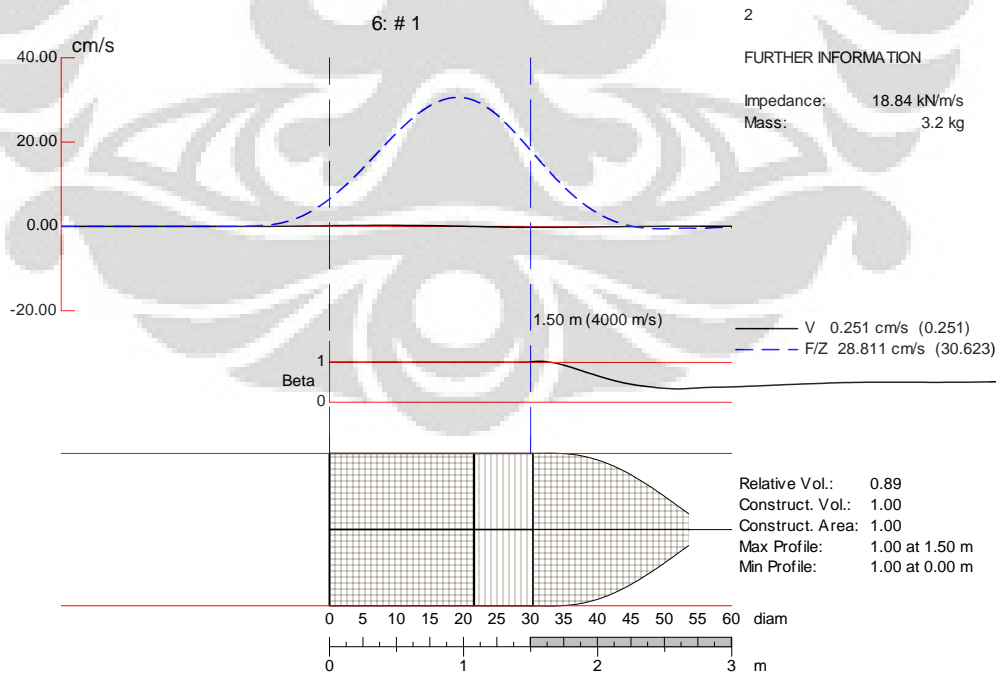
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



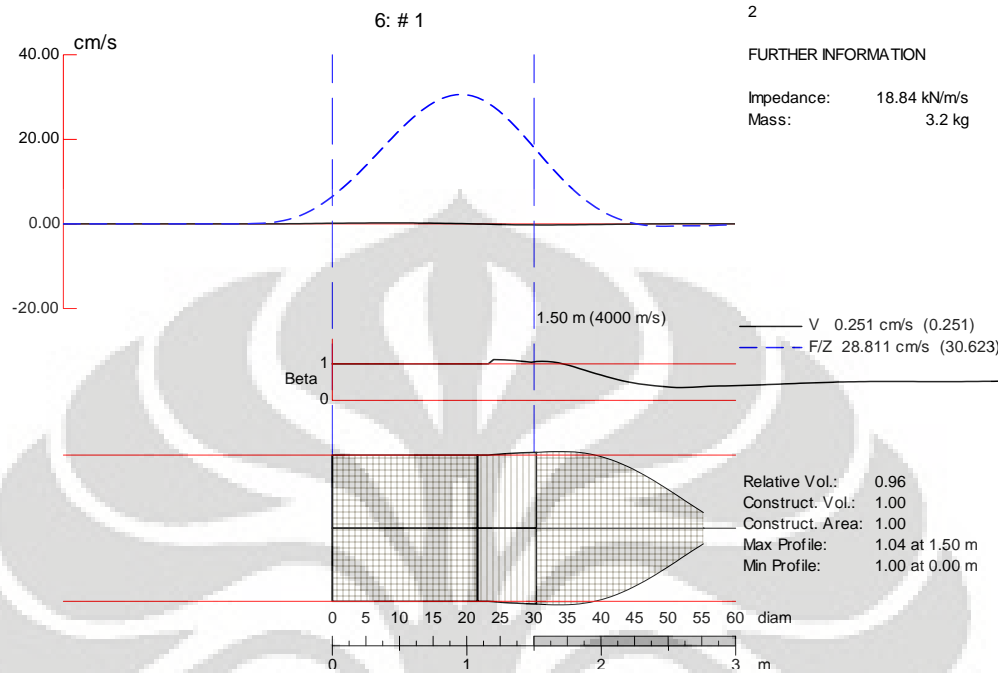
Gambar 4.267 Grafik Polynominal titik 16 Pile Cap As-5



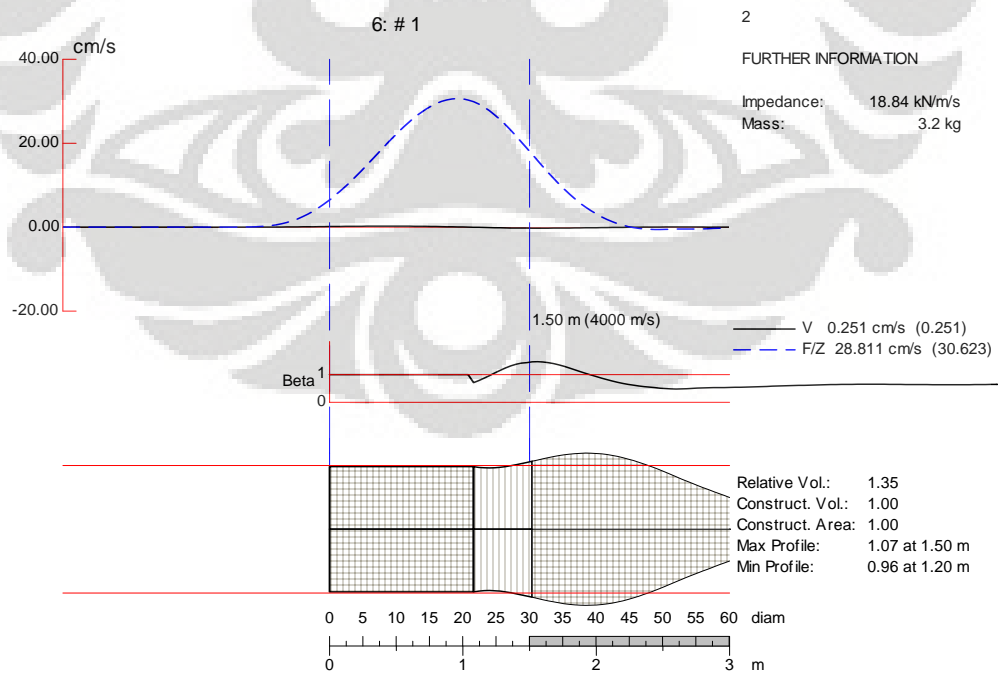
Gambar 4.268 Grafik Lower Envelope titik 16 Pile Cap As-5



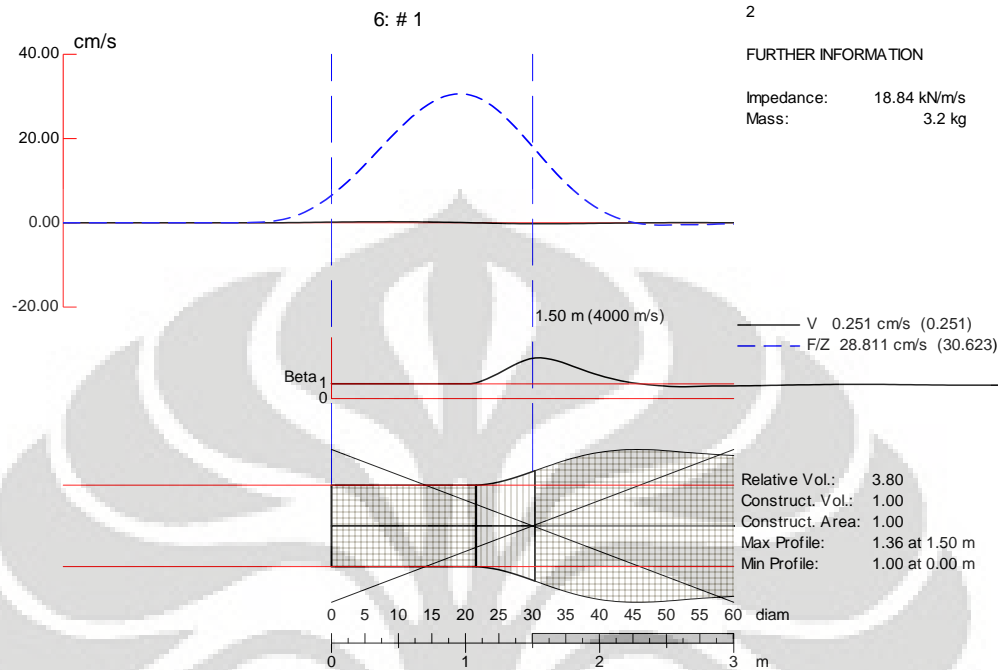
Gambar 4.269 Grafik Upper Envelope titik 16 Pile Cap As-5



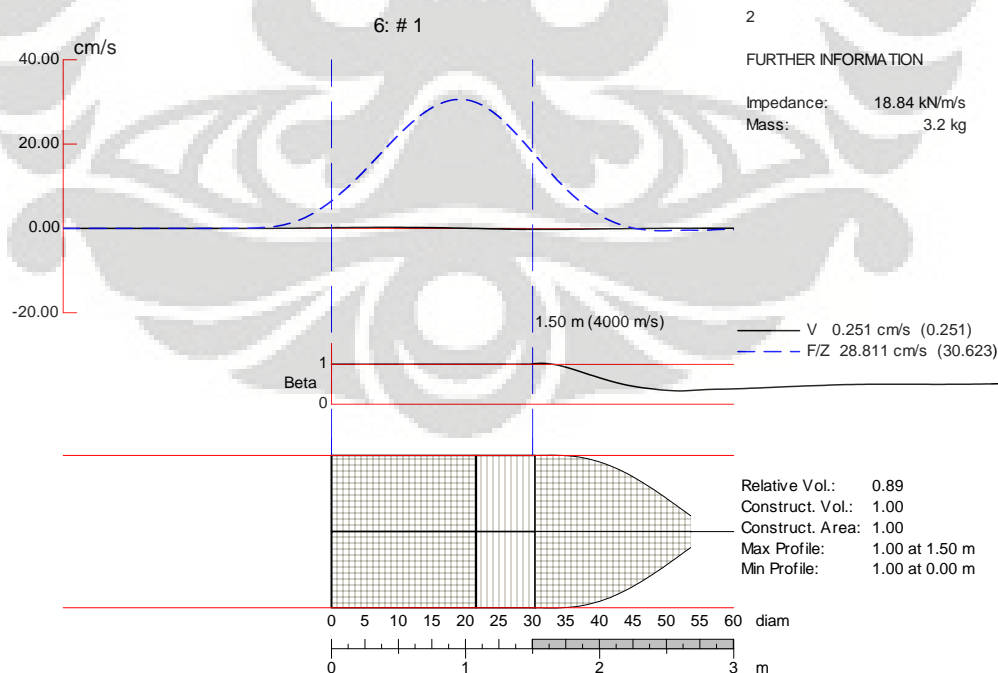
Gambar 4.270 Grafik High Pass titik 16 Pile Cap As-5



Gambar 4.271 Grafik Three Points titik 16 Pile Cap As-5



Gambar 4.272 Grafik Zero Line titik 16 Pile Cap As-5

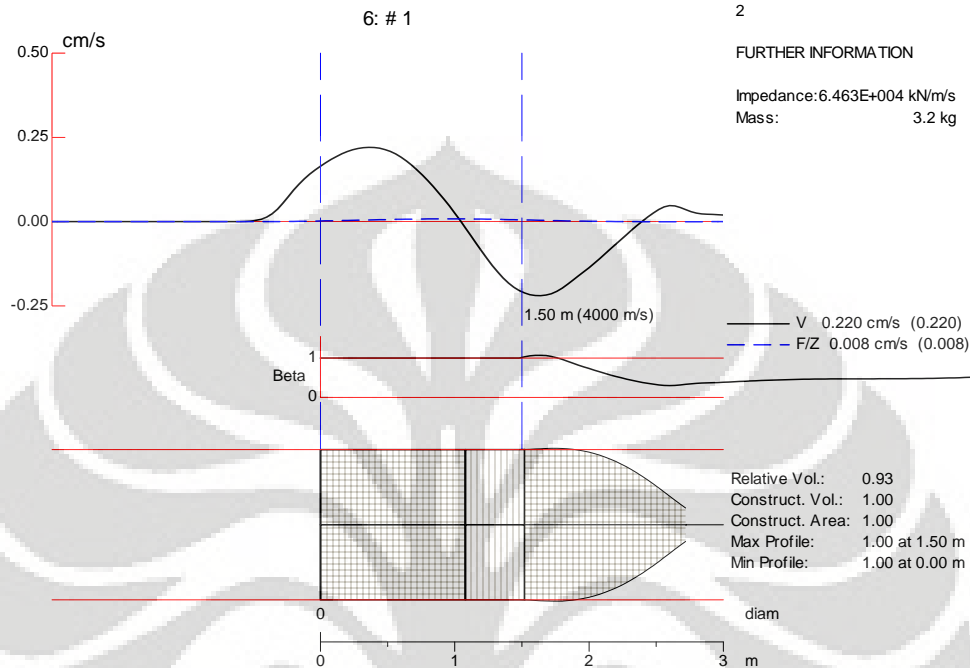


Gambar 4.273 Grafik Uniform Pile titik 16 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 17

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 17; Pile: 2
 2

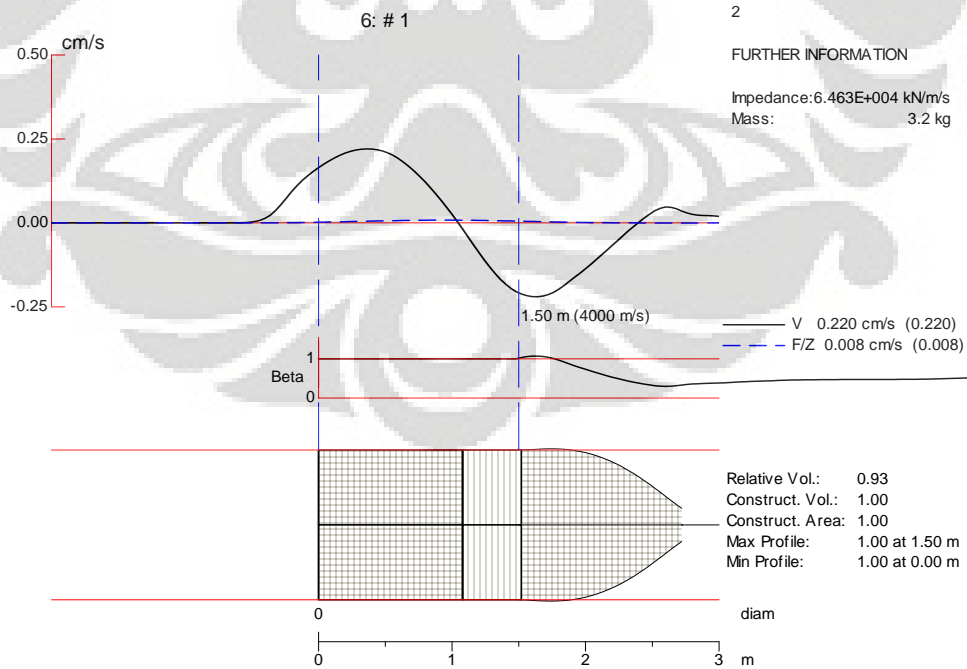
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



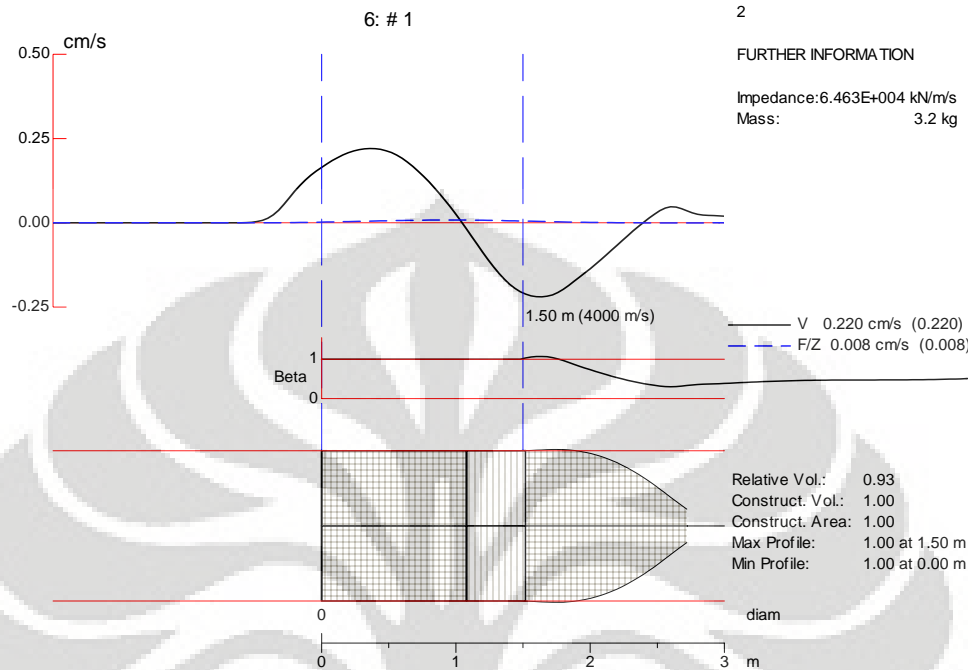
Gambar 4.274 Grafik low pass titik 17 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 17; Pile: 2
 2

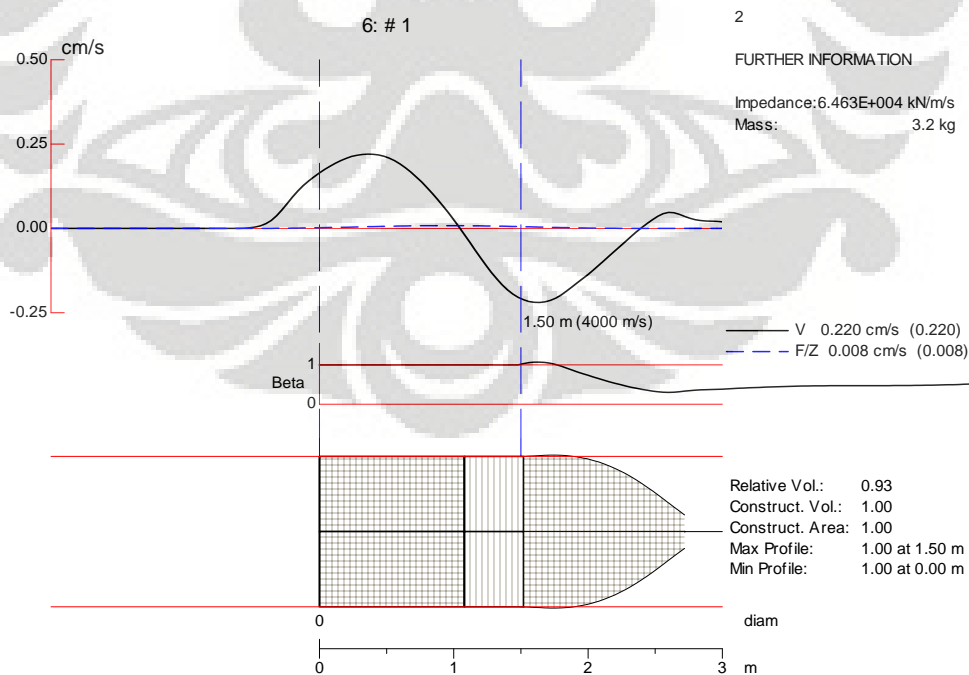
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



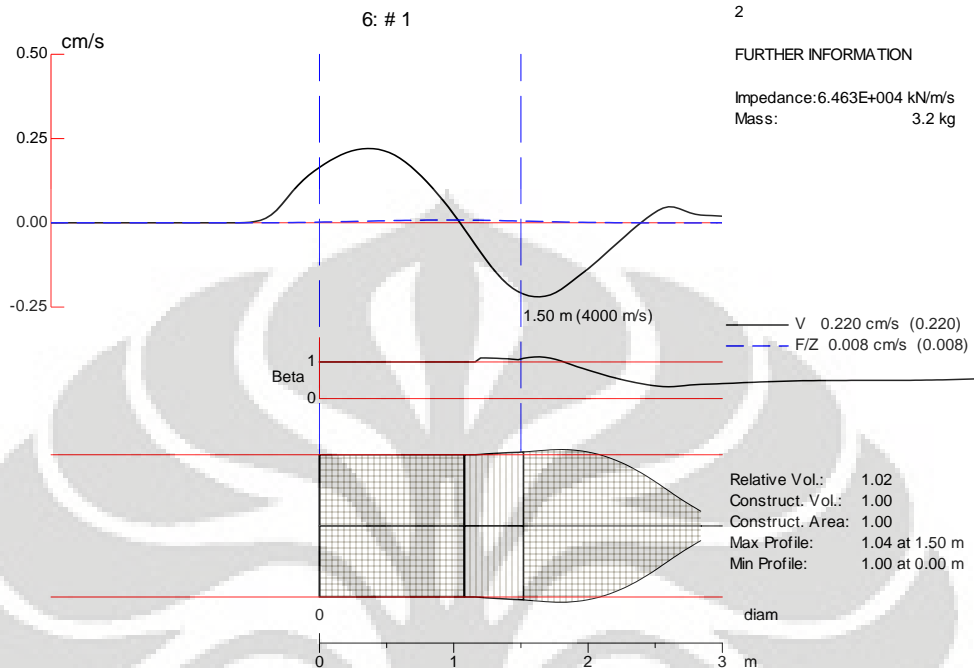
Gambar 4.275 Grafik Polynominal titik 17 Pile Cap As-5



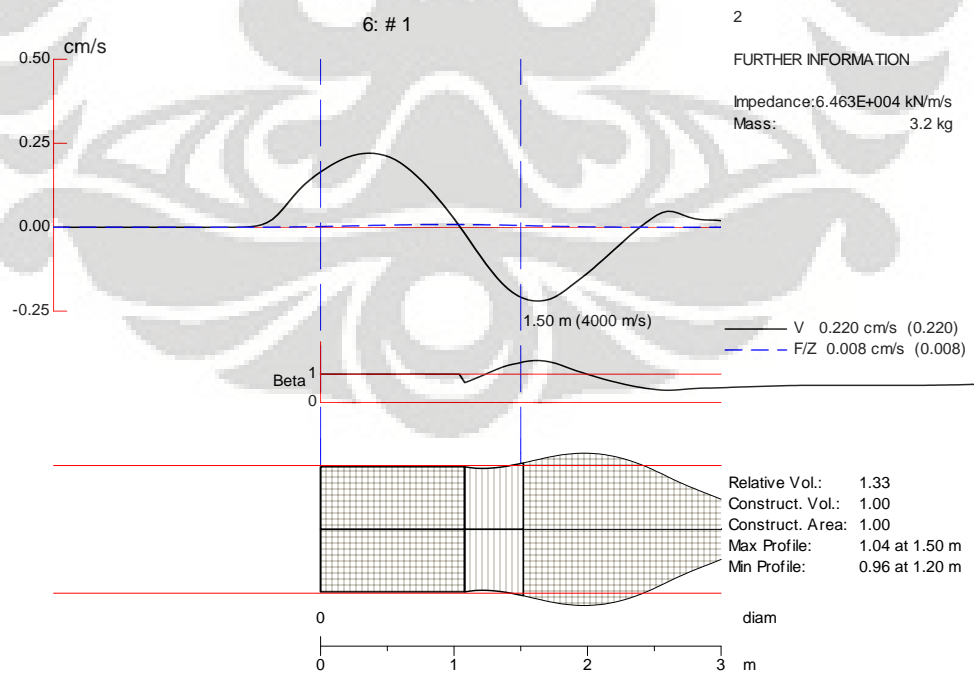
Gambar 4.276 Grafik Lower Envelope titik 17 Pile Cap As-5



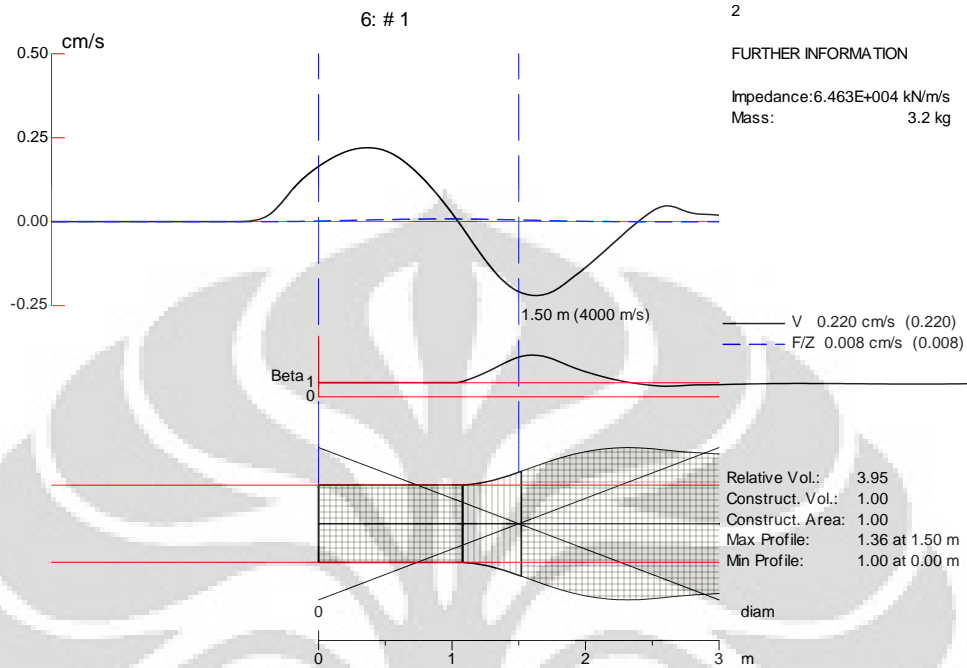
Gambar 4.277 Grafik Upper Envelope titik 17 Pile Cap As-5



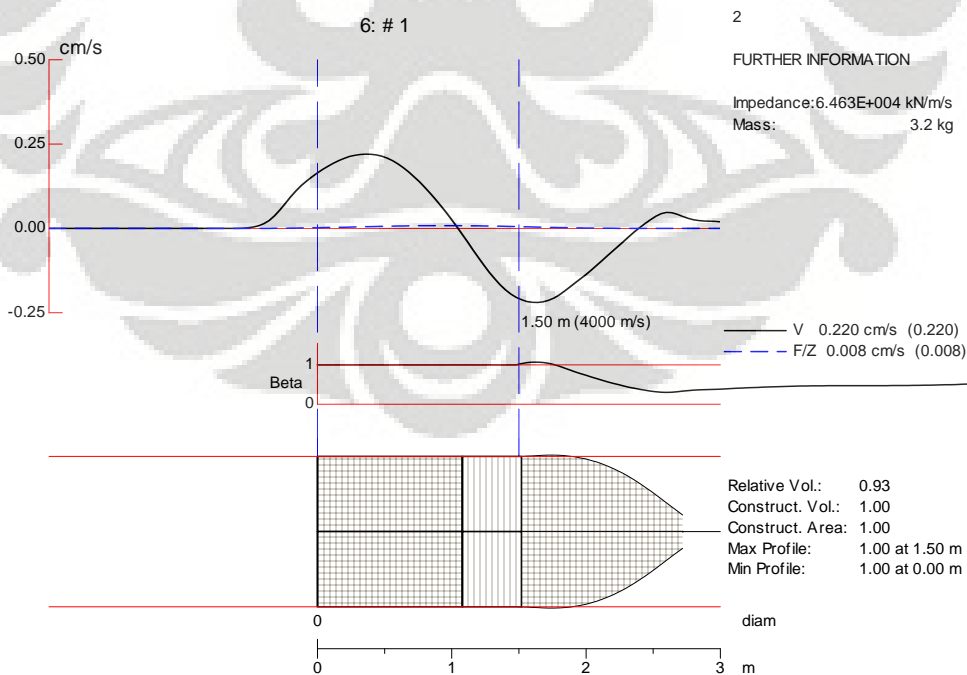
Gambar 4.278 Grafik High Pass titik 17 Pile Cap As-5



Gambar 4.279 Grafik Three Points titik 17 Pile Cap As-5



Gambar 4.280 Grafik Zero Line titik 17 Pile Cap As-5

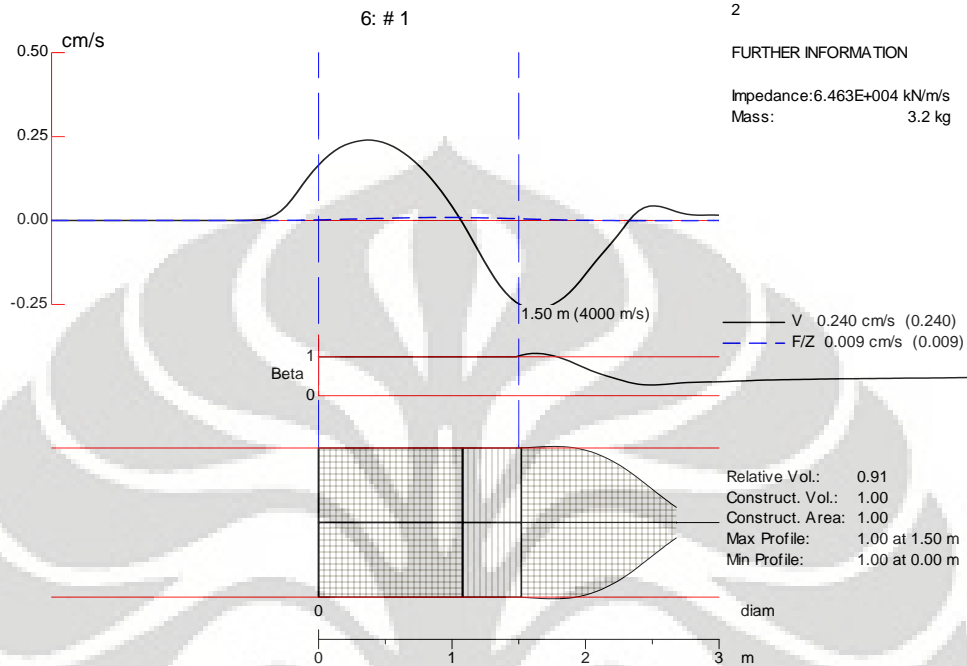


Gambar 4.281 Grafik Uniform Pile titik 17 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 18

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 18; Pile: 2
 2

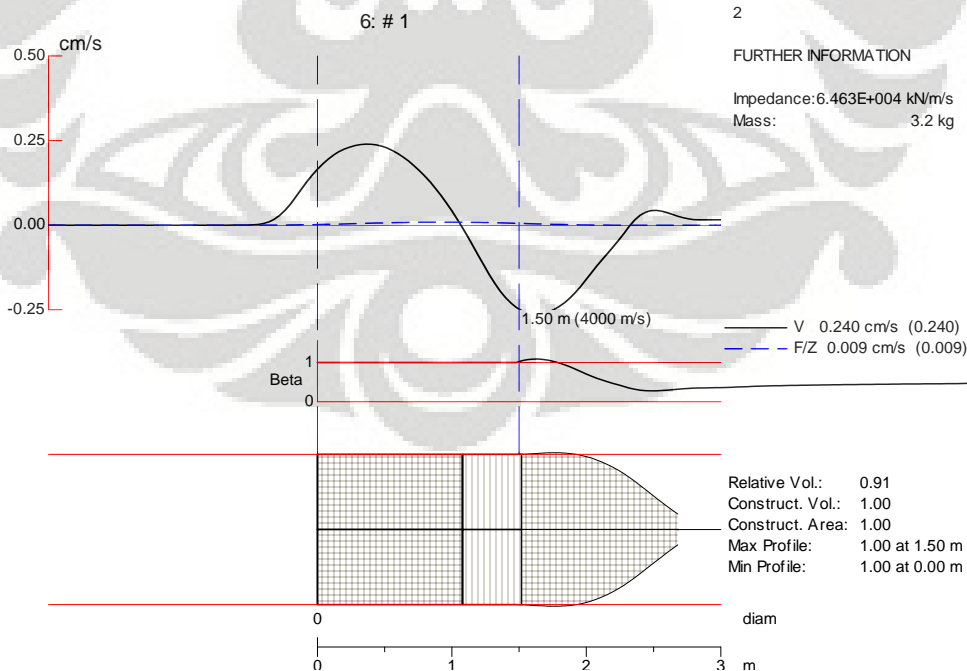
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



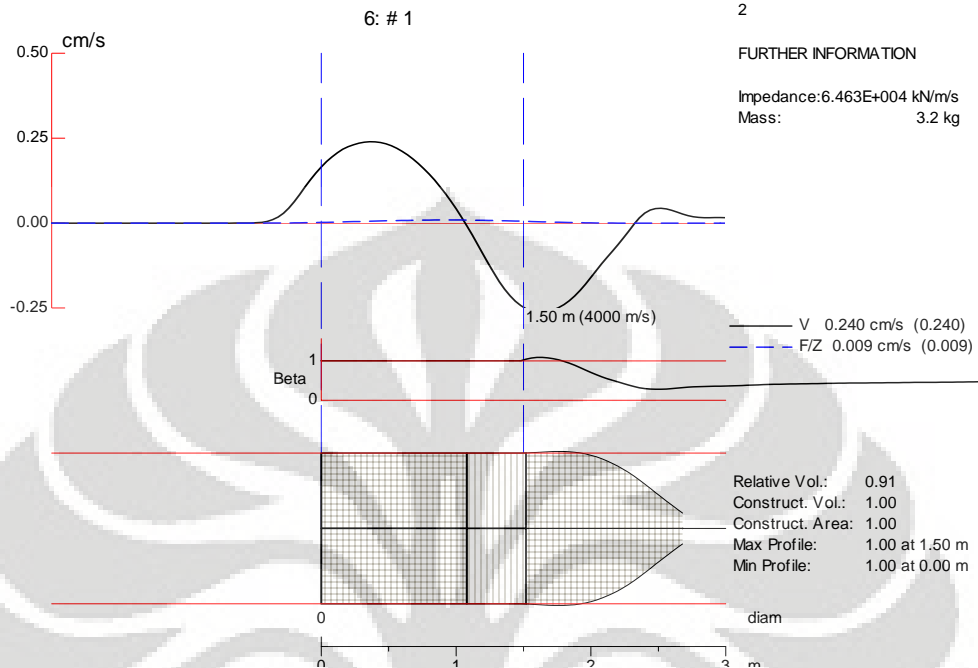
Gambar 4.282 Grafik low pass titik 18 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 18; Pile: 2
 2

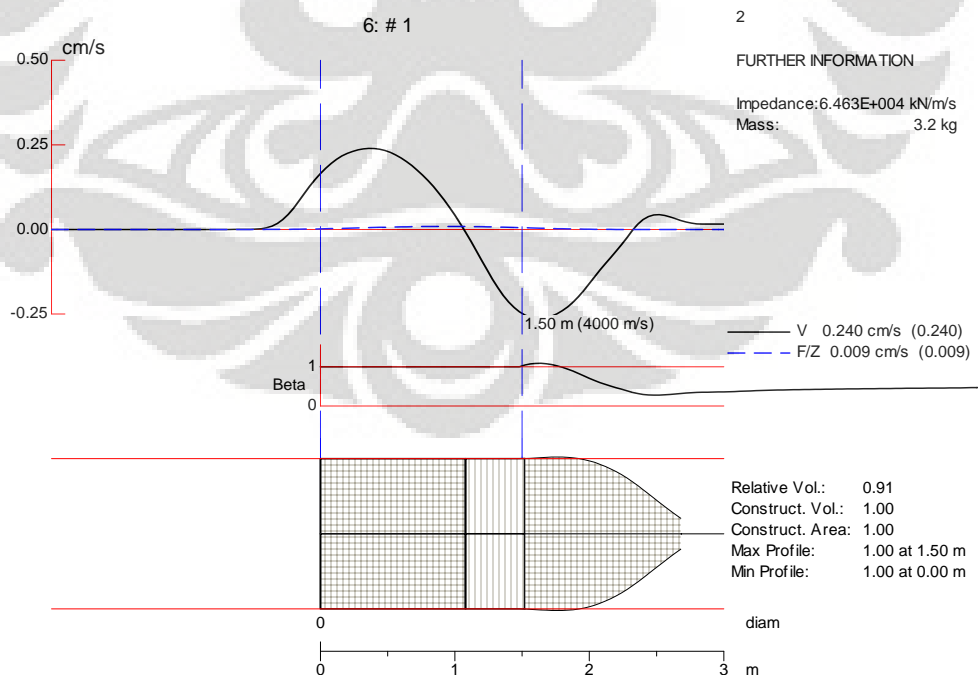
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



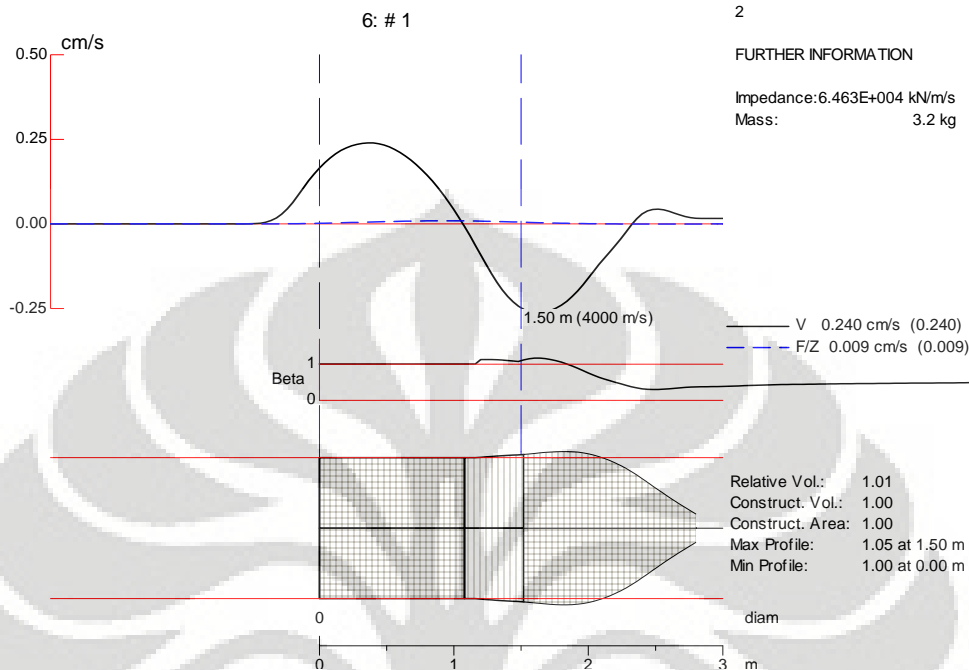
Gambar 4.283 Grafik Polynomial titik 18 Pile Cap As-5



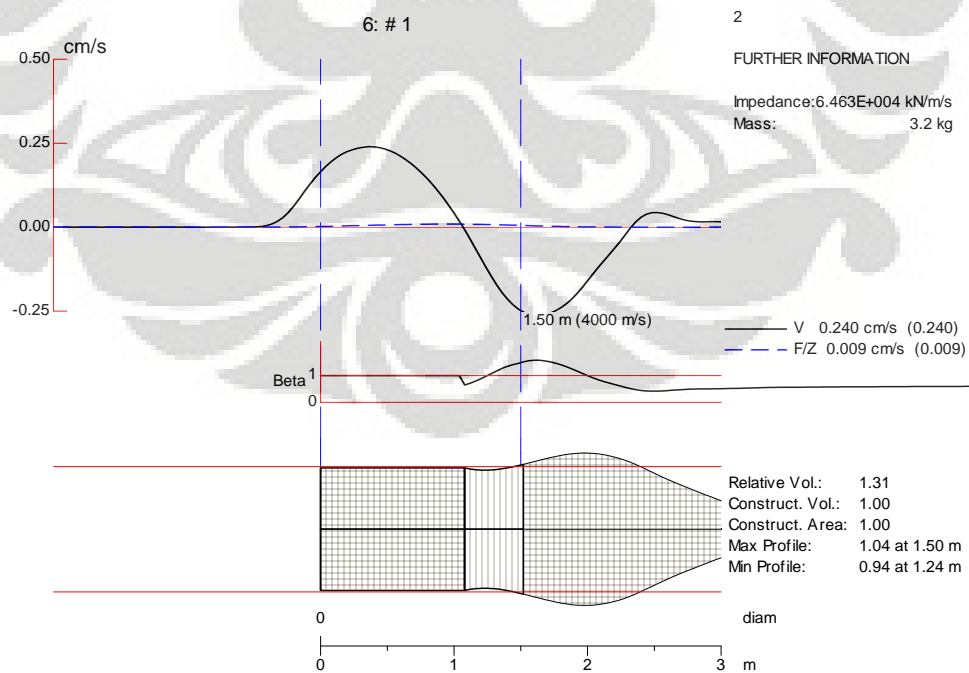
Gambar 4.284 Grafik Lower Envelope titik 18 Pile Cap As-5



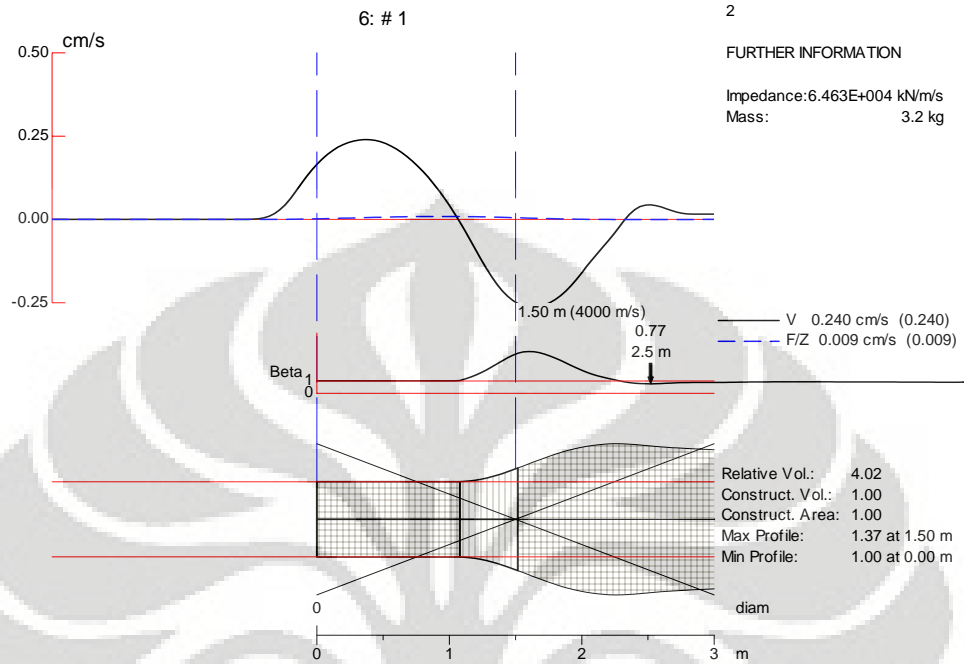
Gambar 4.285 Grafik Upper Envelope titik 18 Pile Cap As-5



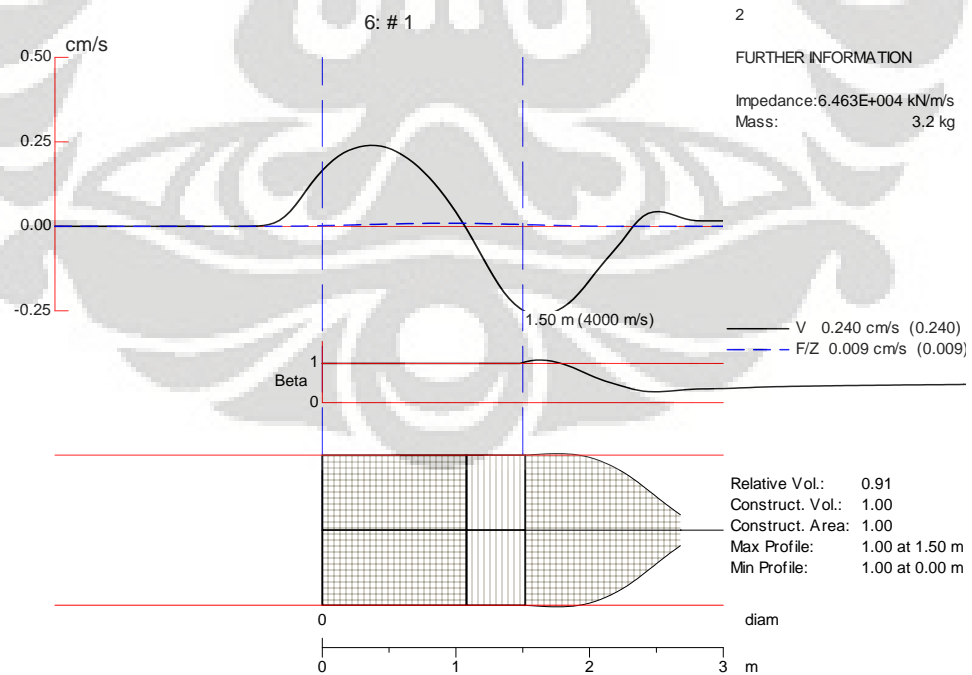
Gambar 4.286 Grafik High Pass titik 18 Pile Cap As-5



Gambar 4.287 Grafik Three Points titik 18 Pile Cap As-5



Gambar 4.288 Grafik Zero Line titik 18 Pile Cap As-5

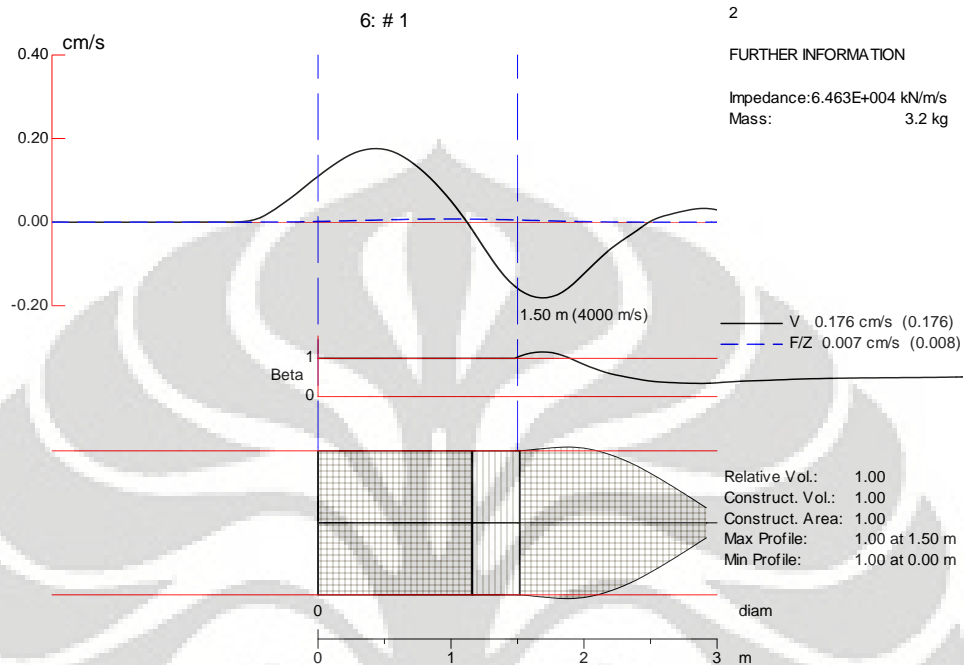


Gambar 4.289 Grafik Uniform Pile titik 18 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 19

University of Indonesia
PILE CAP AS5 19; Pile: 2
2

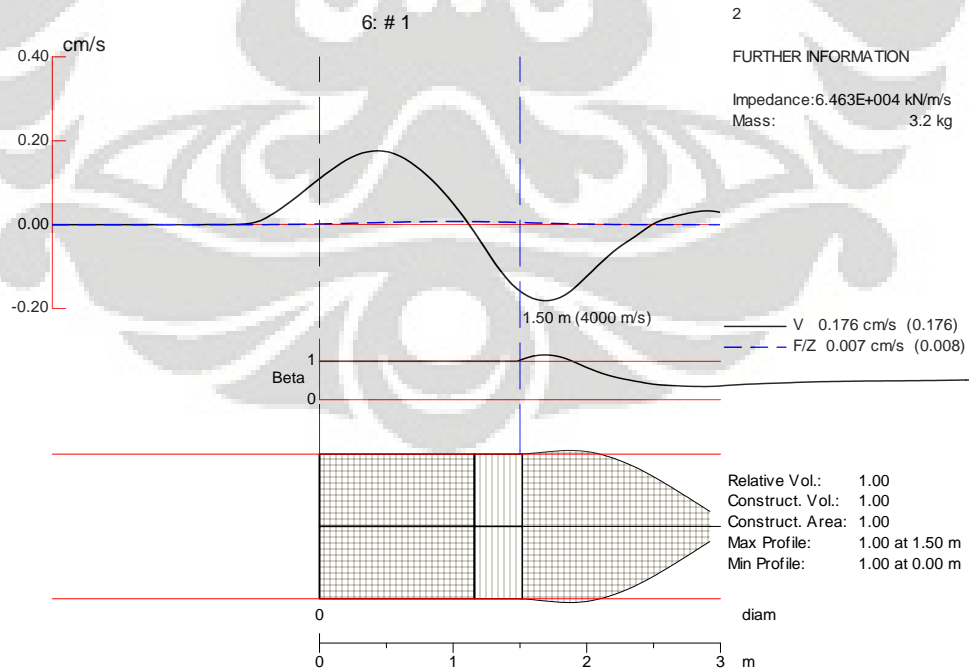
12/19/2009
Collected: 5/20/2009
Profile 2003-2



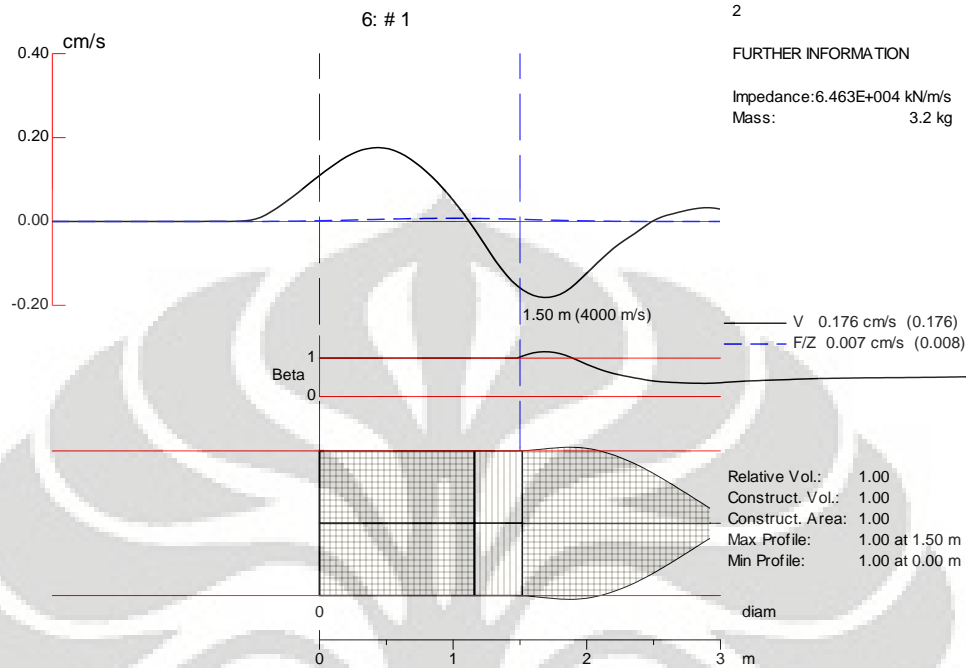
Gambar 4.290 Grafik low pass titik 19 Pile Cap As-5

University of Indonesia
PILE CAP AS5 19; Pile: 2
2

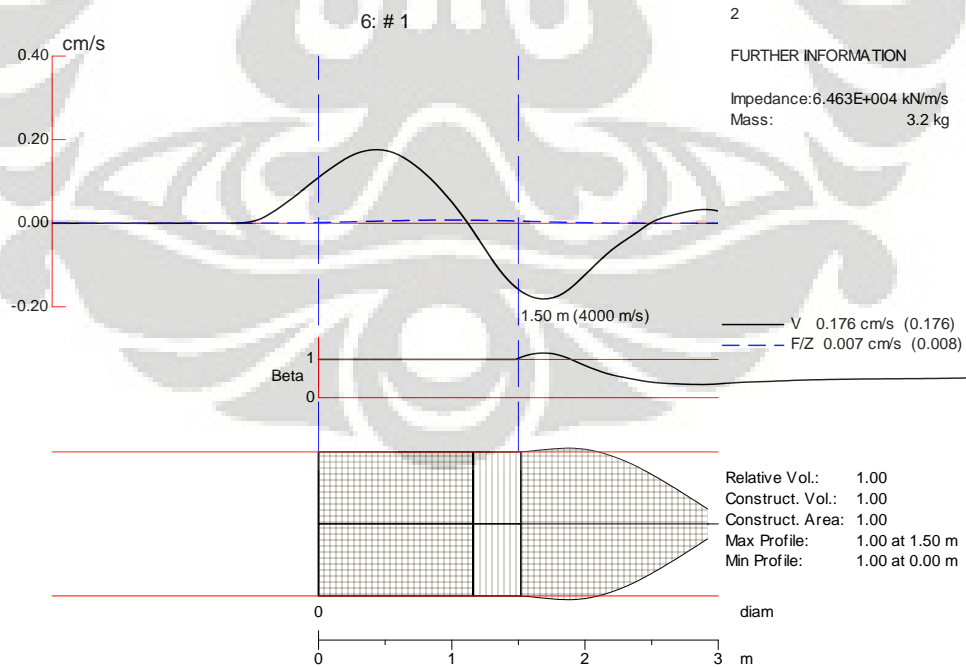
12/19/2009
Collected: 5/20/2009
Profile 2003-2



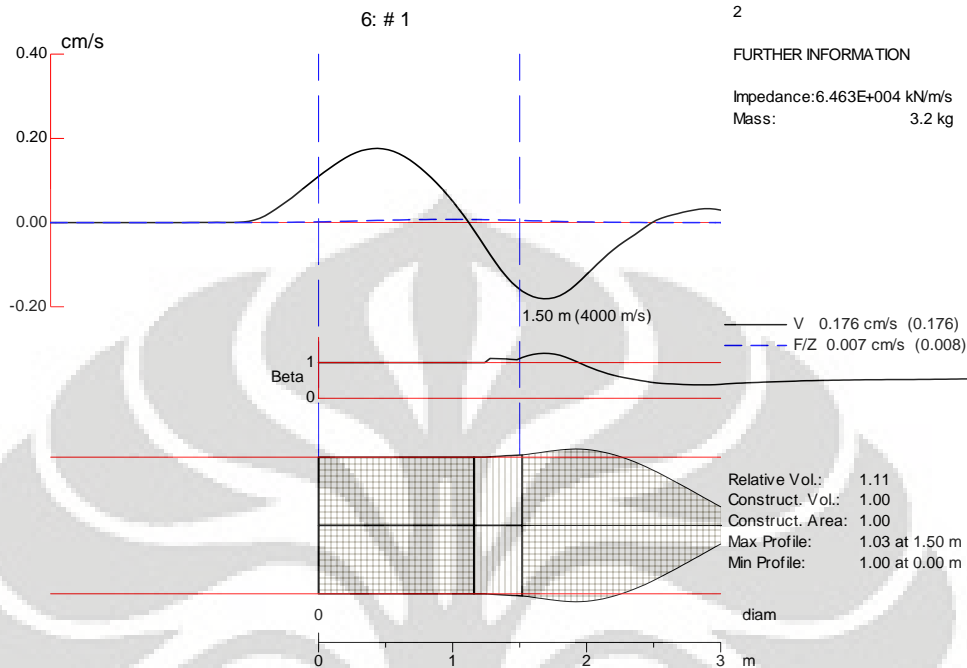
Gambar 4.291 Grafik Polynomial titik 19 Pile Cap As-5



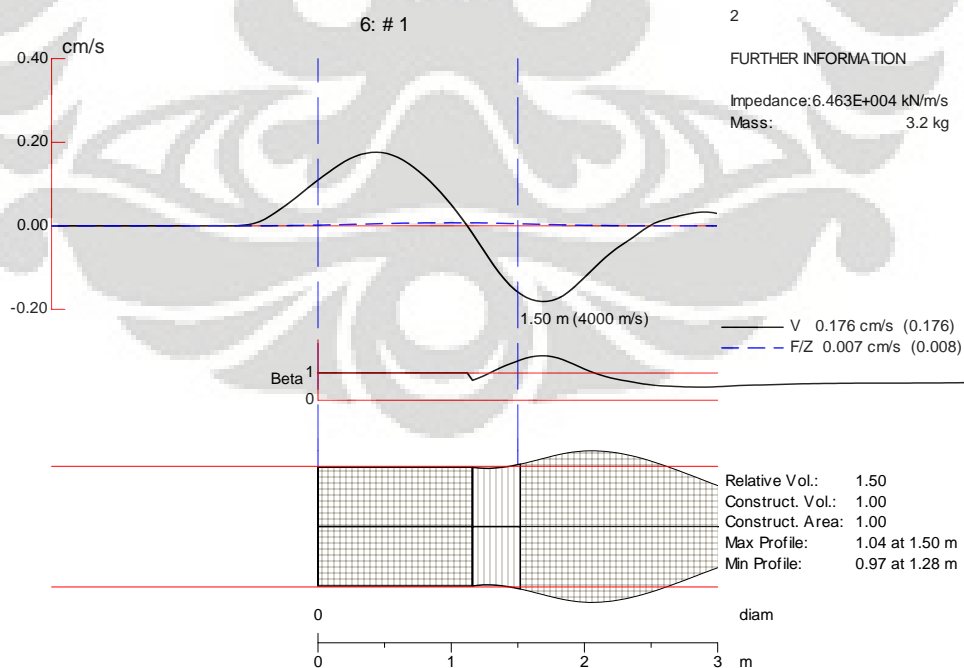
Gambar 4.292 Grafik Lower Envelope titik 19 Pile Cap As-5



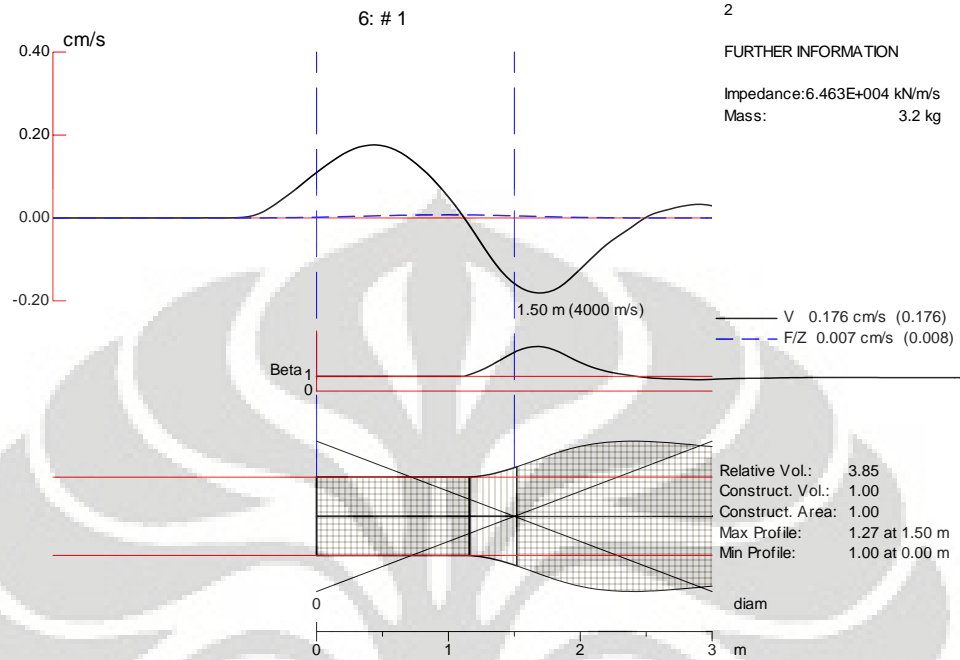
Gambar 4.293 Grafik Upper Envelope titik 19 Pile Cap As-5



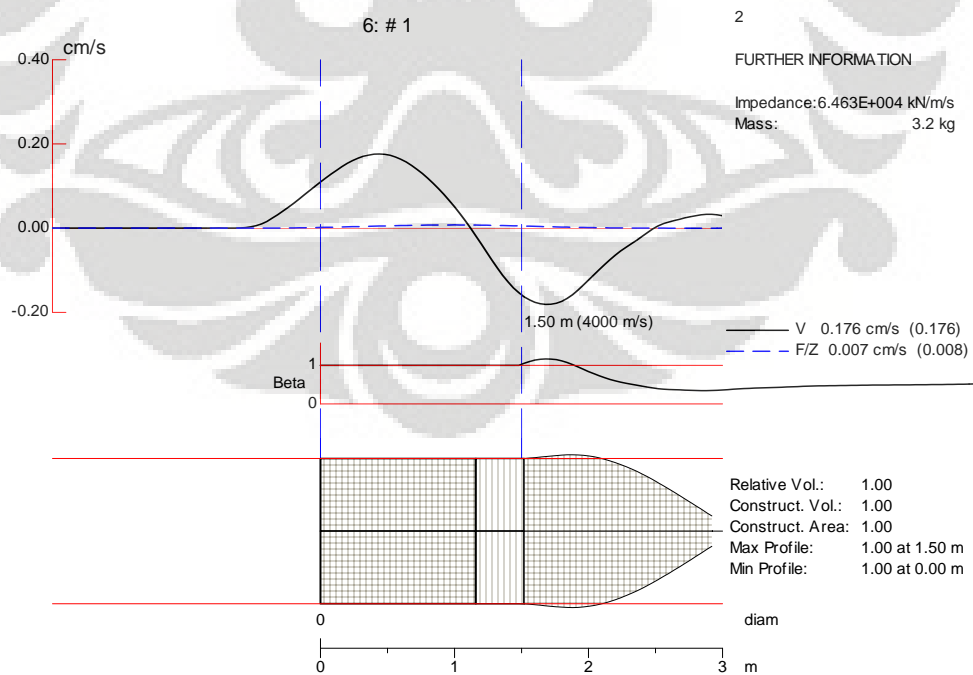
Gambar 4.294 Grafik High Pass titik 19 Pile Cap As-5



Gambar 4.295 Grafik Three Points titik 19 Pile Cap As-5



Gambar 4.296 Grafik Zero Line titik 19 Pile Cap As-5

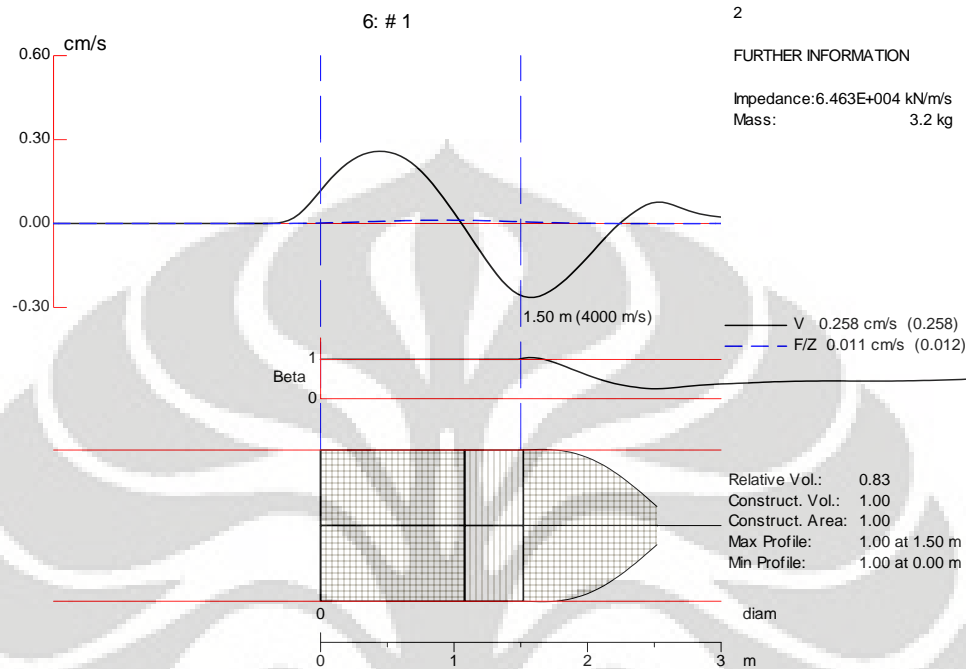


Gambar 4.297 Grafik Uniform Pile titik 19 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 20

University of Indonesia
PILE CAP AS5 20; Pile: 2
2

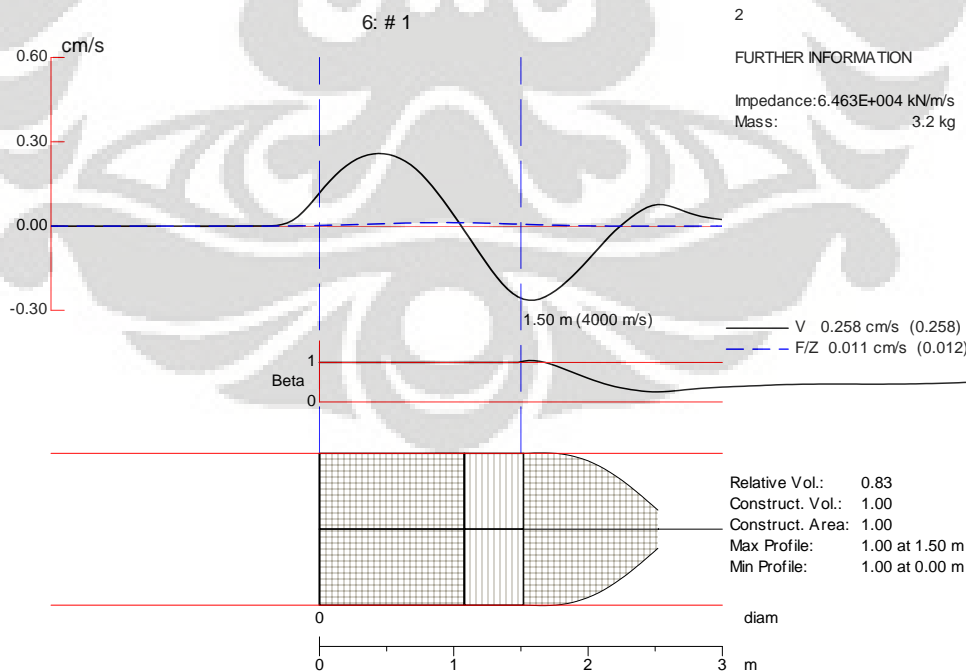
12/19/2009
Collected: 5/20/2009
Profile 2003-2



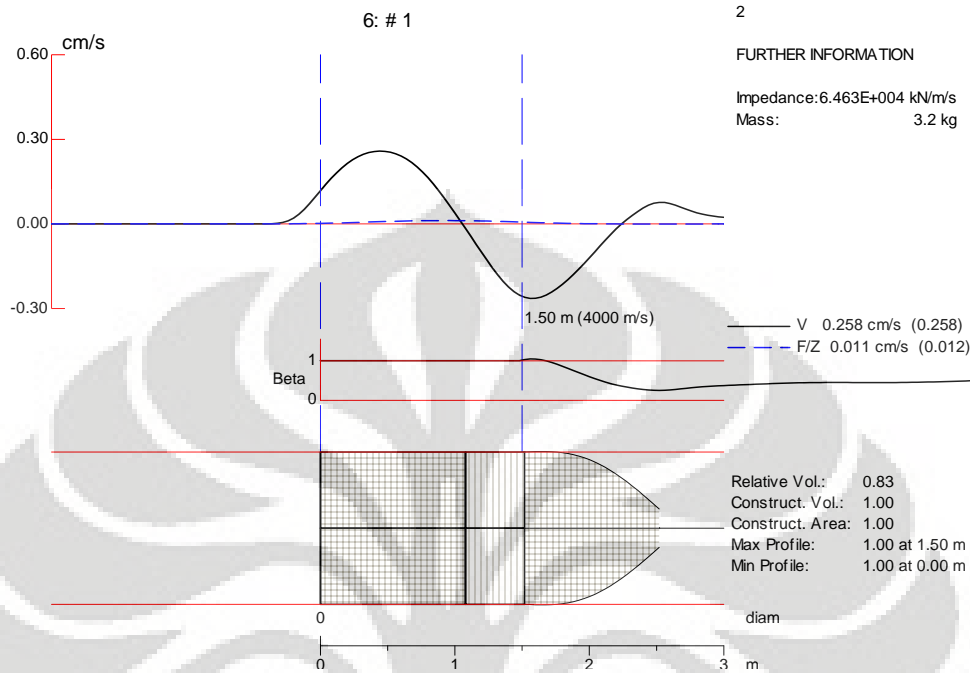
Gambar 4.298 Grafik low pass titik 20 Pile Cap As-5

University of Indonesia
PILE CAP AS5 20; Pile: 2
2

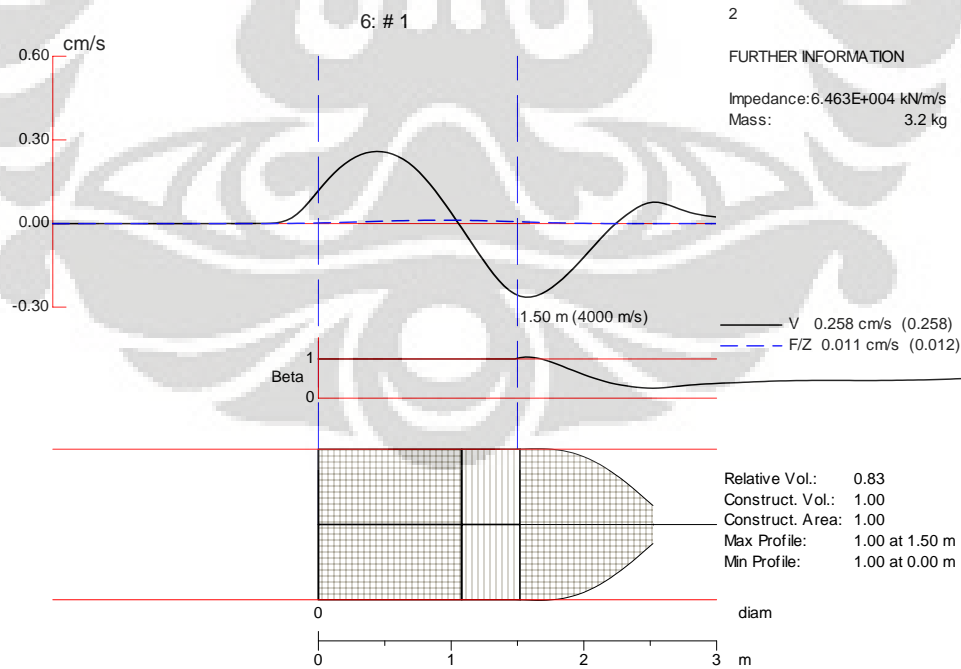
12/19/2009
Collected: 5/20/2009
Profile 2003-2



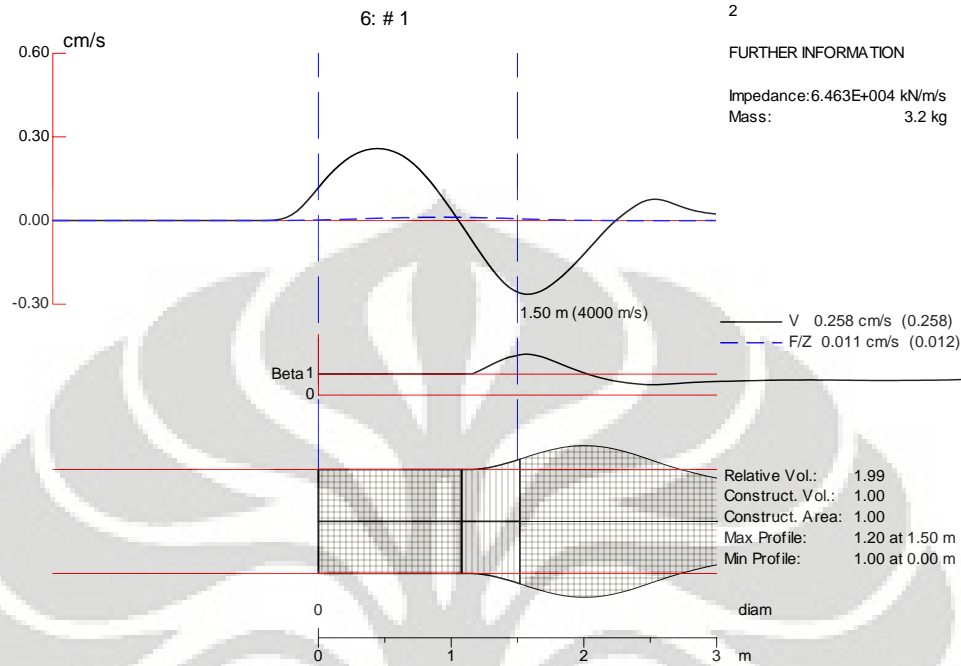
Gambar 4.299 Grafik Polynomial titik 20 Pile Cap As-5



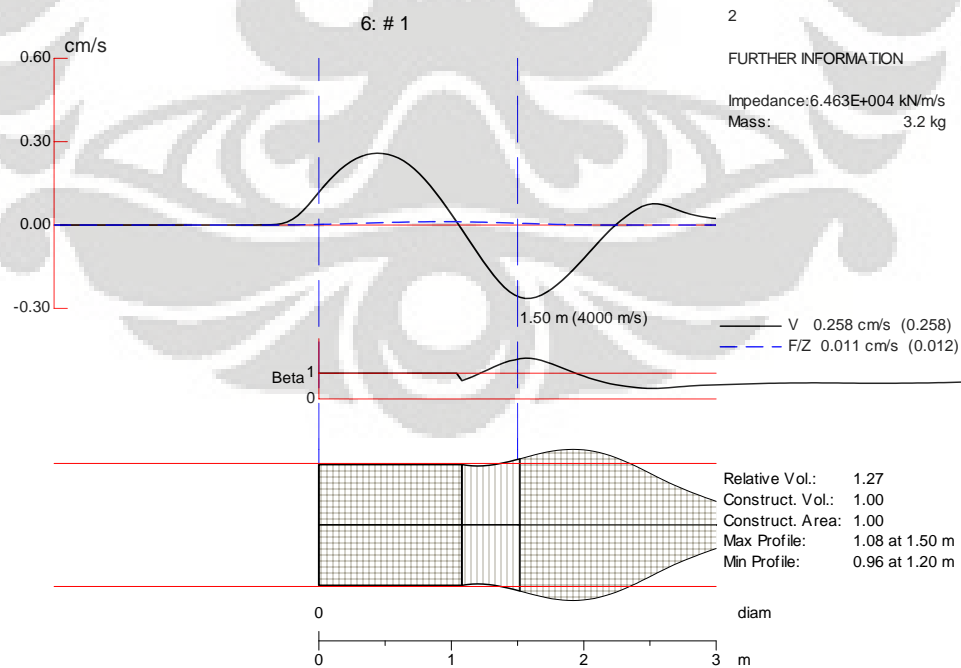
Gambar 4.300 Grafik Lower Envelope titik 20 Pile Cap As-5



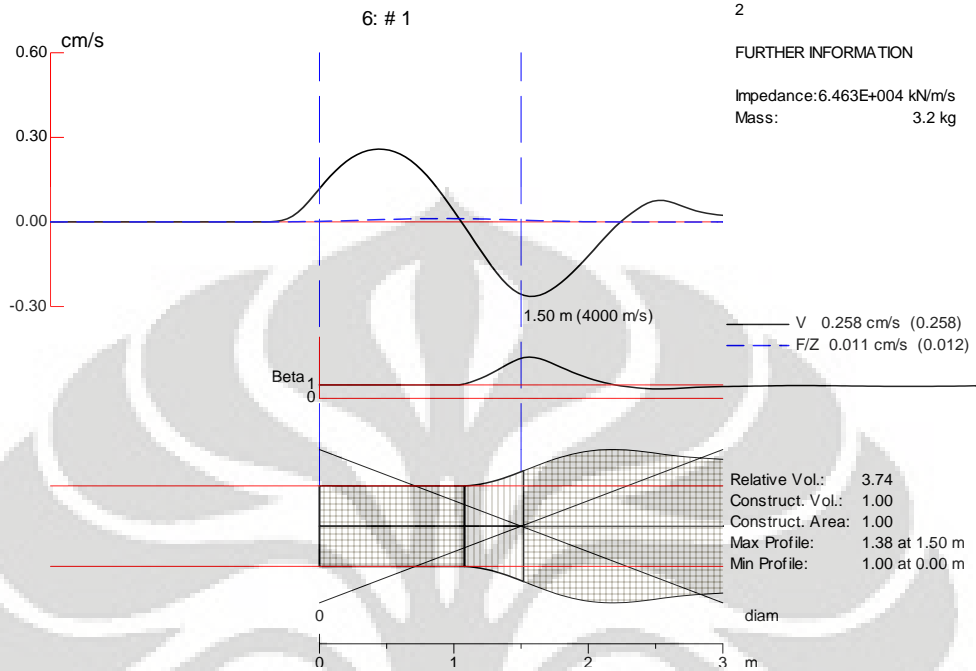
Gambar 4.301 Grafik Upper Envelope titik 20 Pile Cap As-5



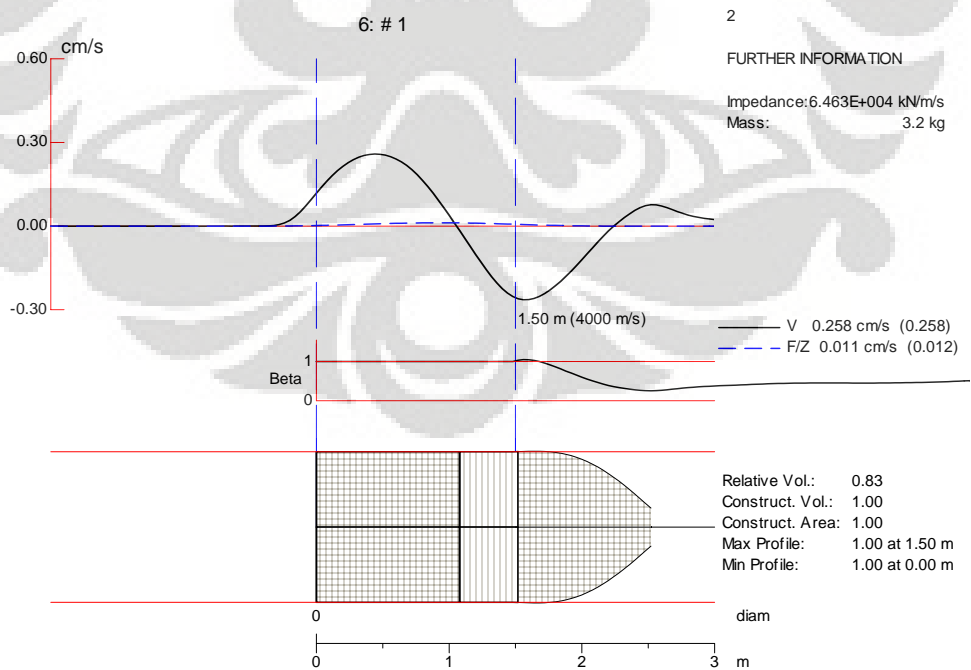
Gambar 4.302 Grafik High Pass titik 20 Pile Cap As-5



Gambar 4.303 Grafik Three Points titik 20 Pile Cap As-5



Gambar 4.304 Grafik Zero Line titik 20 Pile Cap As-5

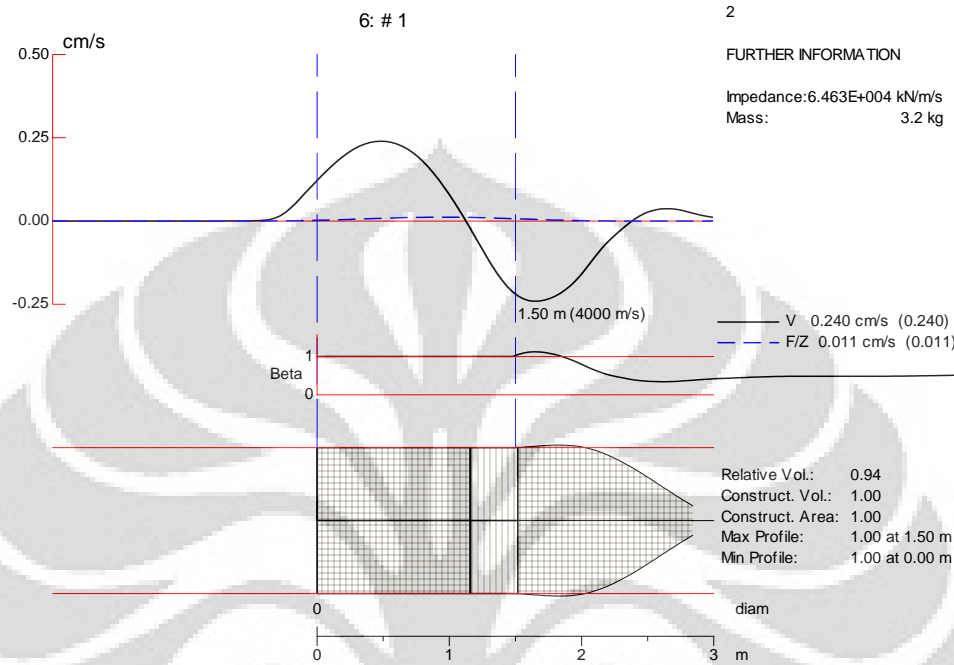


Gambar 4.305 Grafik Uniform Pile titik 20 Pile Cap As-5

4.2.3.2.1 Titik 21

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 21; Pile: 2
 2

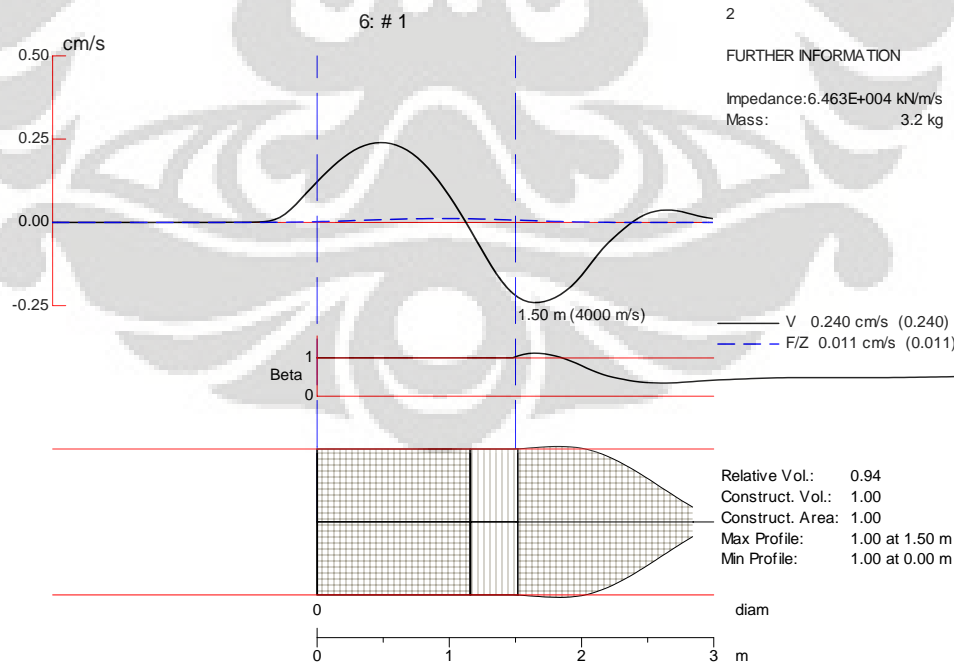
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



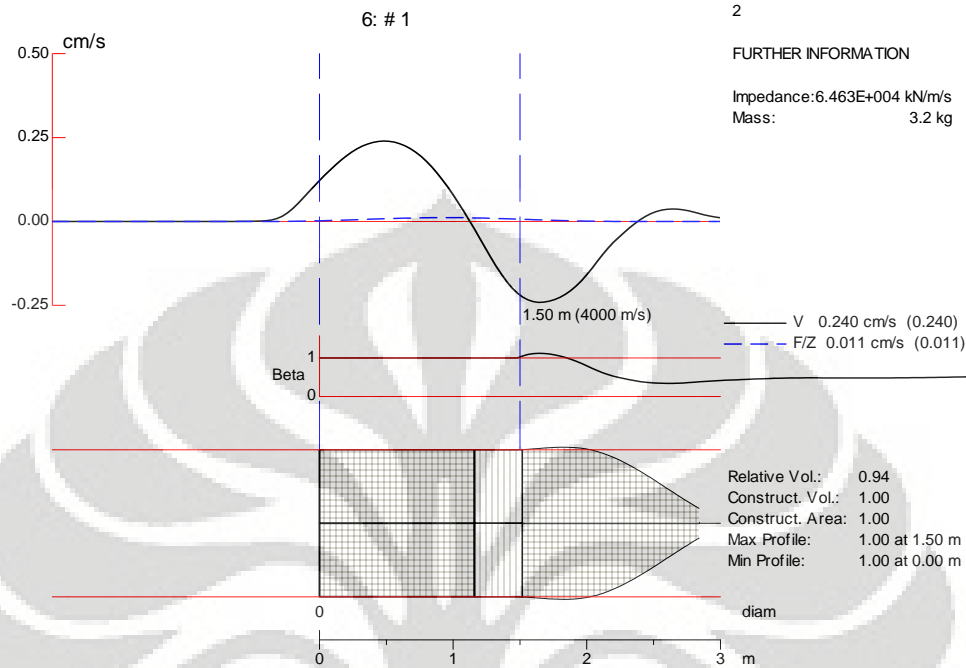
Gambar 4.306 Grafik low pass titik 21 Pile Cap As-5

University of Indonesia
 PILE CAP AS5 21; Pile: 2
 2

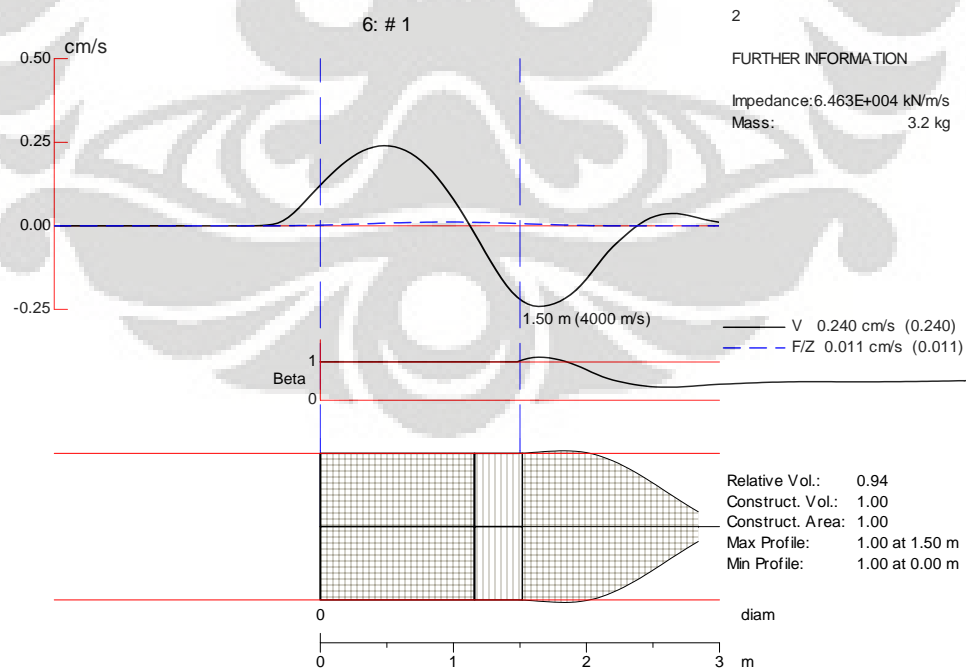
12/19/2009
 Collected: 5/20/2009
 Profile 2003-2



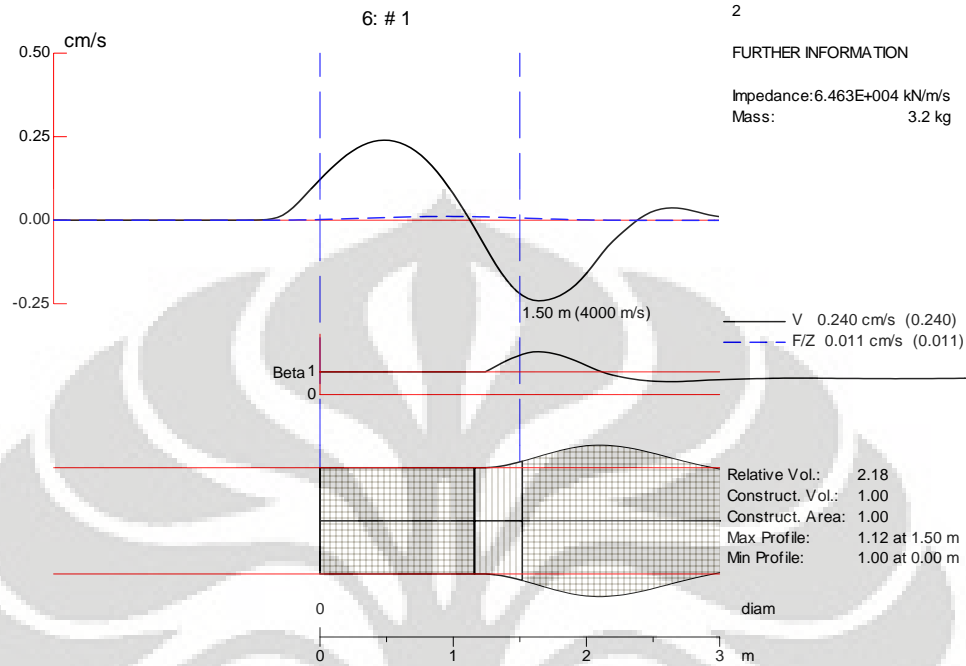
Gambar 4.307 Grafik Polynomal titik 21 Pile Cap As-5



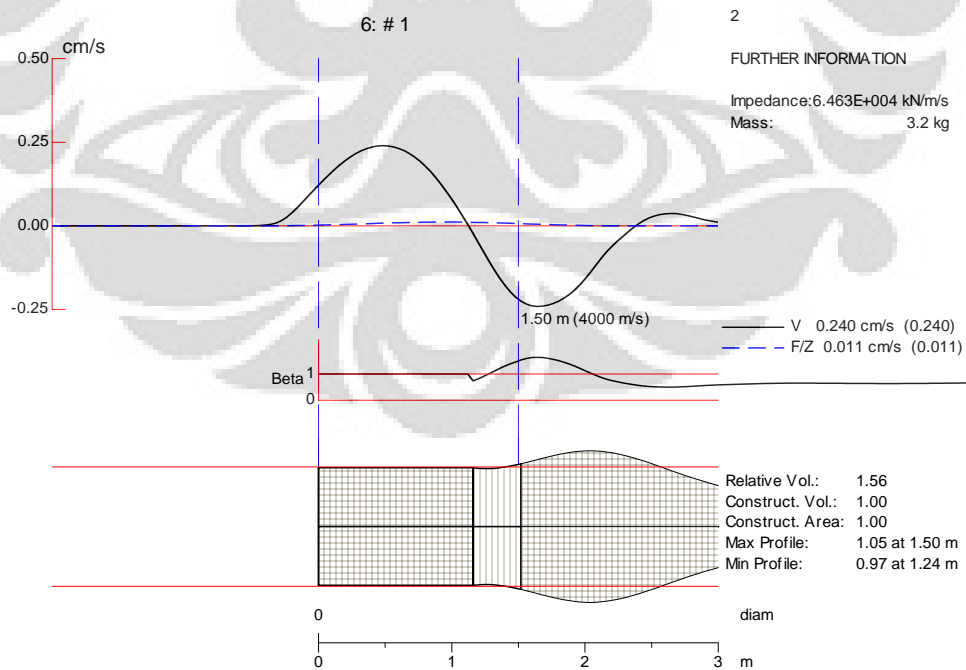
Gambar 4.308 Grafik Lower Envelope titik 21 Pile Cap As-5



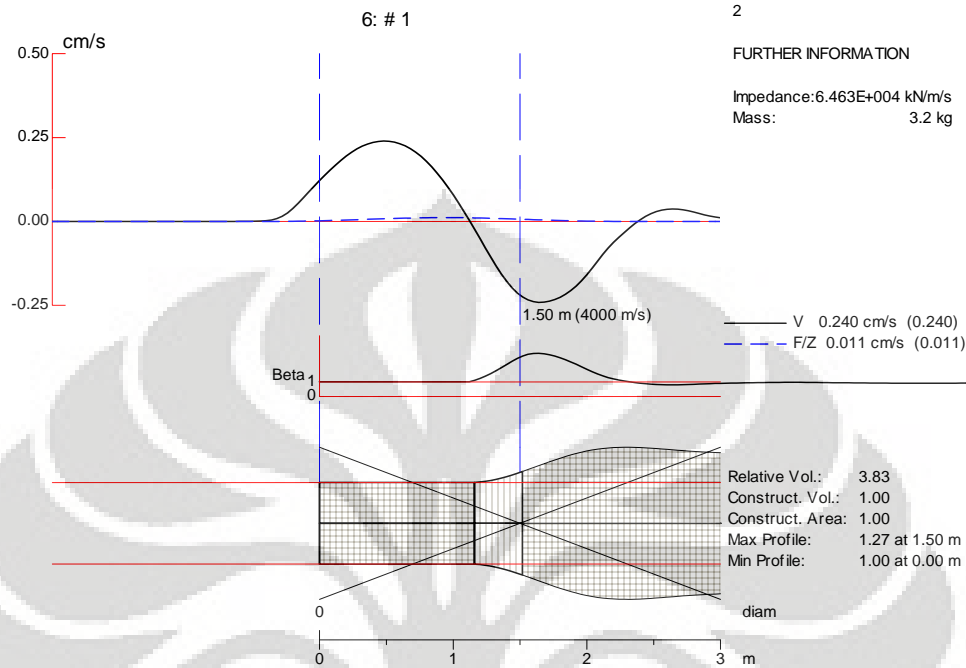
Gambar 4.309 Grafik Upper Envelope titik 21 Pile Cap As-5



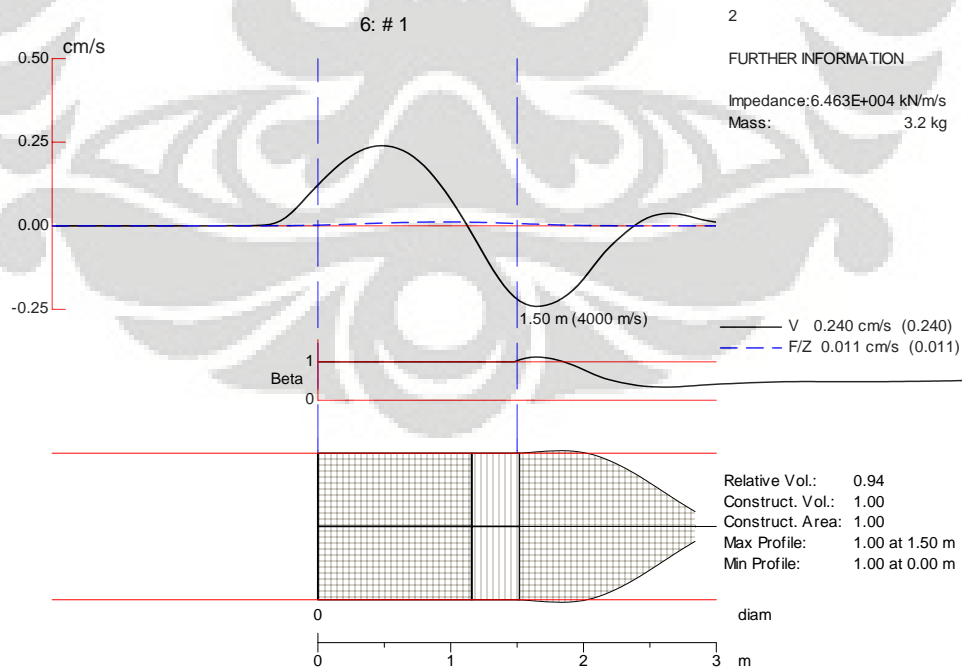
Gambar 4.310 Grafik High Pass titik 21 Pile Cap As-5



Gambar 4.311 Grafik Three Points titik 21 Pile Cap As-5



Gambar 4.312 Grafik Zero Line titik 21 Pile Cap As-5



Gambar 4.313 Grafik Uniform Pile titik 21 Pile Cap As-5

Tabel 4.67 Tabel pengujian tebal pile cap dengan metode analisa profil pada pile cap as-4

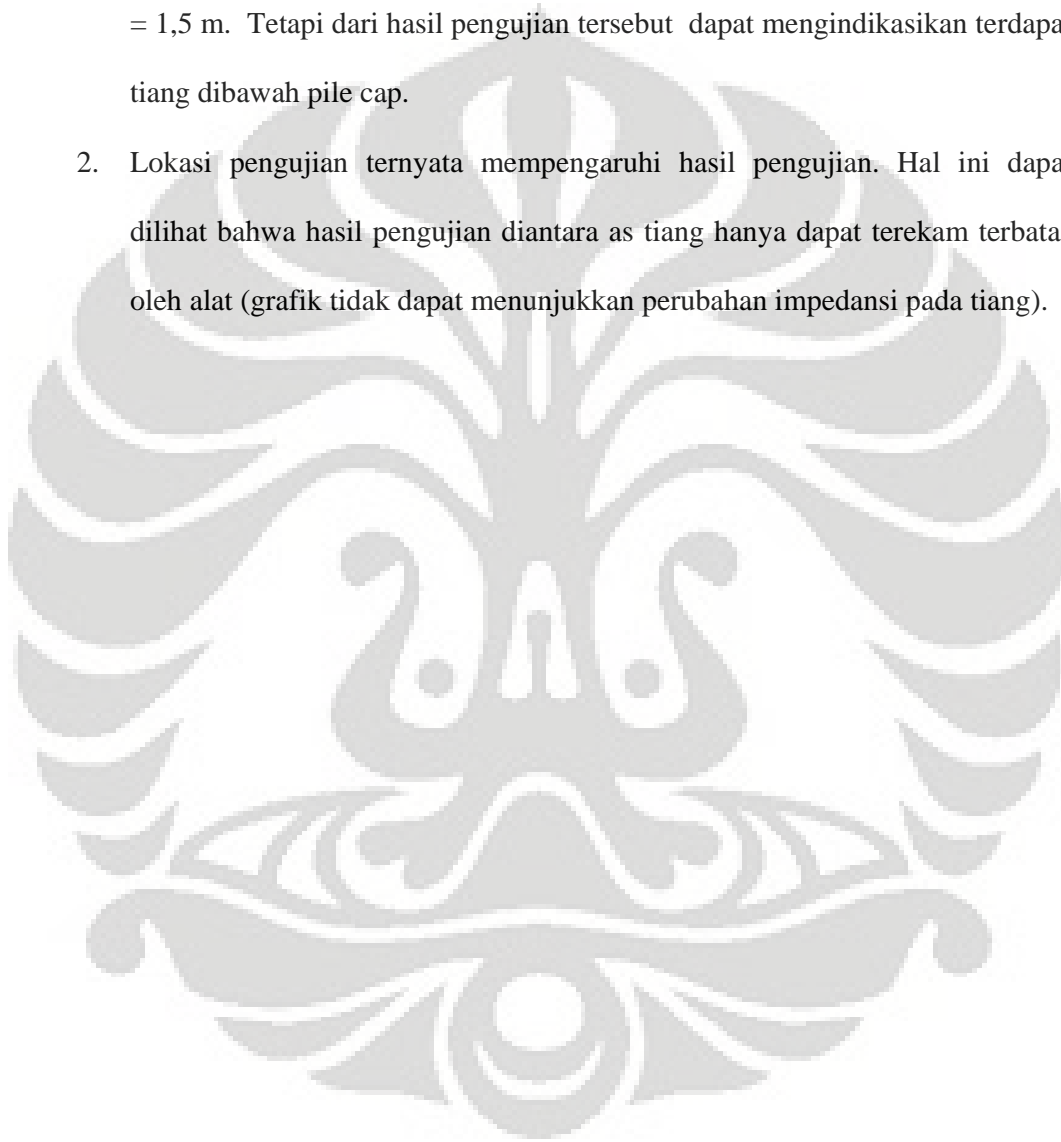
PILE CAP	LOKASI TITIK	METODE TIME DOMAIN											
		Metode Analisa profil											
		Low Pass	Poly nominal	Lower Envelope	Upper Envelope	High Pass	Three Points	Zero Line	Uniform Pile	SD (m)	Average (m)	Min (m)	Max (m)
Pile Cap I (As - 4)	As tiang												
	Titik 1	2,2	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0,083	2,4	2,2	2,5
	Titik 2	2,3	2,5	2,5	2,5	2,4	2,5	2,5	2,5	0,074	2,5	2,3	2,5
	Titik 3	2,6	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	0,074	2,6	2,6	2,8
	Titik 4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0,035	2,4	2,3	2,4
	Titik 5	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	0,035	2,5	2,4	2,5
	Titik 6	2,3	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	0,141	2,7	2,3	2,7
	Average (m)	2,35	2,57	2,53	2,52	2,50	2,52	2,52	2,52				
	Standar deviasi (m)	0,14	0,15	0,14	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12				
	Min (m)	2,20	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40				
	Max (m)	2,60	2,80	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70				
	Diantara As tiang												
	Titik 7												
	Titik 8												
Titik 9													
Titik 10													
Titik 11													
Titik 12													

Tabel 4.68 Tabel pengujian tebal pile cap dengan metode analisa profil pada pile cap as-5

PILE CAP	LOKASI TITIK	METODE TIME DOMAIN											
		Metode Analisa profil											
		Low Pass	Poly nominal	Lower Envelope	Upper Envelope	High Pass	Three Points	Zero Line	Uniform Pile	SD (m)	Average (m)	Min (m)	Max (m)
Pile Cap II (As - 5)	As tiang												
	Titik 1	2,3	2,7	2,6	2,6	2,5	2,6	2,6		0,127	2,6	2,3	2,7
	Titik 2	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7		0,000	2,7	2,7	2,7
	Titik 3	2,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		0,076	2,5	2,3	2,5
	Titik 4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4		0,038	2,4	2,3	2,4
	Titik 5	2,4	2,6	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6		0,079	2,6	2,4	2,6
	Titik 6	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8		0,038	2,8	2,7	2,8
	Titik 7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6		0,000	2,6	2,6	2,6
	Titik 8	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6		0,038	2,6	2,5	2,6
	Titik 10	2,6	2,5	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8		0,055	2,8	2,6	2,9
	Titik 11	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7		0,038	2,7	2,6	2,7
	Titik 12	2,4	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7		0,100	2,6	2,4	2,7
	Average (m)	2,50	2,65	2,61	2,63	2,61	2,63	2,64					
	Standar deviasi (m)	0,17	0,14	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12					
Min (m)	2,30	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40						
Max (m)	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80						
Diantara As tiang													
Titik 13													
Titik 14													
Titik 15													
Titik 16													
Titik 17													
Titik 18													
Titik 19													
Titik 20													
Titik 21													

Dari hasil analisa pada kedua pile cap (As-4 dan As-5) dengan menggunakan metode analisa profil didapatkan hasil :

1. Nilai rata-rata hasil pengujian pada kedua pile cap tidak ada yang menunjukkan keseragaman hasil, yaitu mendekati tebal pile cap sebenarnya = 1,5 m. Tetapi dari hasil pengujian tersebut dapat mengindikasikan terdapat tiang dibawah pile cap.
2. Lokasi pengujian ternyata mempengaruhi hasil pengujian. Hal ini dapat dilihat bahwa hasil pengujian diantara as tiang hanya dapat terekam terbatas oleh alat (grafik tidak dapat menunjukkan perubahan impedansi pada tiang).



4.3 Analisa frequency domain

Data Frequency domain adalah data yang menggambarkan analisis gelombang berdasarkan frekuensinya. Gelombang frequency domain didapatkan dari hasil konversi gelombang time domain melalui analisis *Fast Fourier Transform*.

Persamaan yang digunakan adalah $L = \frac{Vc}{2\Delta f}$ dengan asumsi

$Vc = 4000 \text{ m/s}$ (beton kualitas tinggi). Pada percobaan ini dilakukan dengan 6 pukulan dan 1 pukulan lagi untuk hasil rata-rata (average) gelombang.

Metode yang digunakan untuk menganalisa tiang adalah :

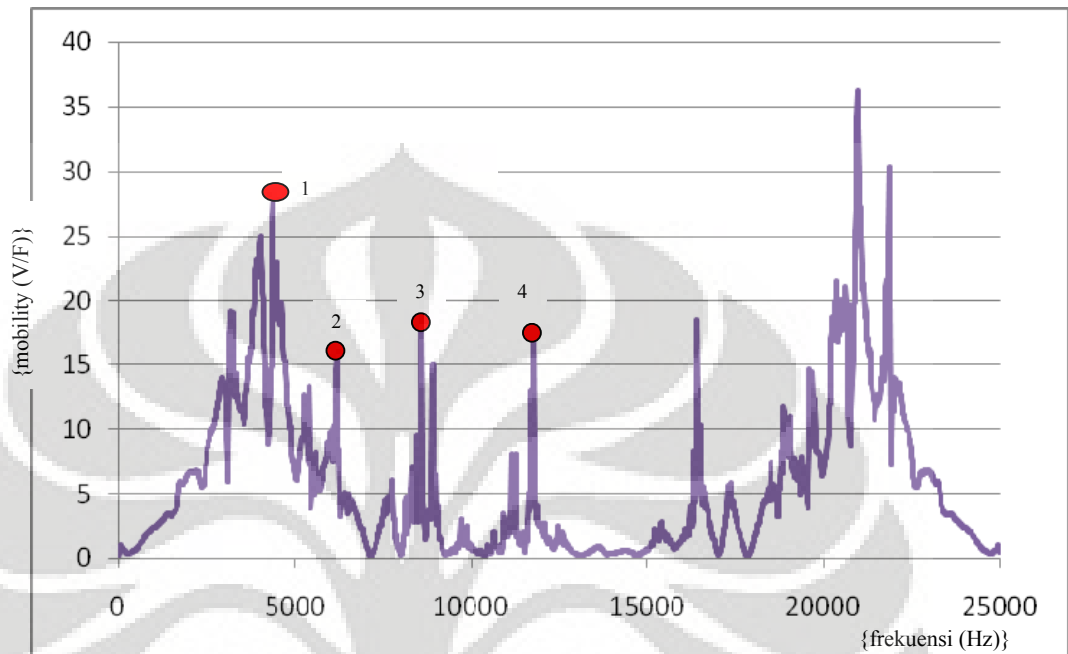
- a) Metode Average (menganalisa satu hasil gelombang dimana gelombang ini merupakan gelombang rata-rata yang dihasilkan langsung dari alat pada saat pengujian langsung).
- b) Metode Stacking (menganalisa satu hasil gelombang yang mewakili penggabungan dari enam gelombang yang telah dihasilkan dari alat pada saat pengujian langsung).

4.3.1 Metode Average

Pada metode ini, penulis menganalisa dengan cara mengukur dari puncak-puncak gelombang yang terjadi. Puncak gelombang ini terjadi karena adanya perubahan nilai kecepatan gelombang terhadap waktu. Selisih waktu antara puncak gelombang satu dengan puncak gelombang setelahnya ataupun sebaliknya dinamakan Δt .

4.3.1.1 Pile Cap As-4

4.3.1.1.1 Titik 1



Gambar 4.314 Grafik metode average titik 1 Pile Cap As-4

Contoh analisa :

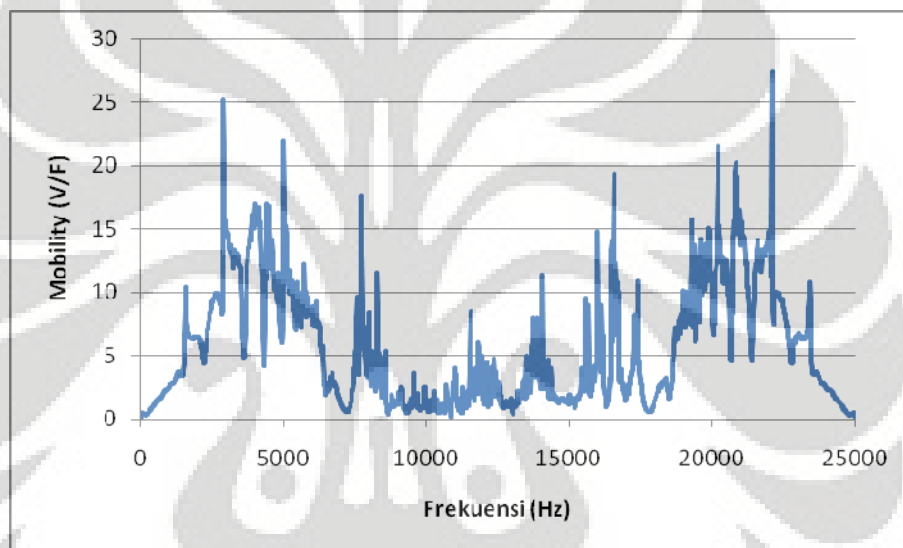
- Puncak gelombang 1 (f_1) = 4370,12 Hz
- Puncak gelombang 2 (f_2) = 6164,55 Hz
- $\Delta f = f_2 - f_1 = 6164,55 \text{ Hz} - 4370,12 \text{ Hz}$
= 1794,43 Hz
- Asumsi : $V_c = 4000 \text{ m/s}$ (beton kualitas tinggi)
- Panjang tiang = $L = \frac{V_c}{2\Delta f}$

$$L = \frac{4000 \text{ m/s}}{2 \times 1794,43 \text{ Hz}} = 1,11 \text{ m}$$

Tabel 4.69 Analisa grafik metode average titik 1 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	4370,12	6164,55	1794,43	4000	1,11
2	6164,55	8593,75	2429,20	4000	0,82
3	8593,75	11767,58	3173,83	4000	0,63

4.3.1.1.2 Titik 2

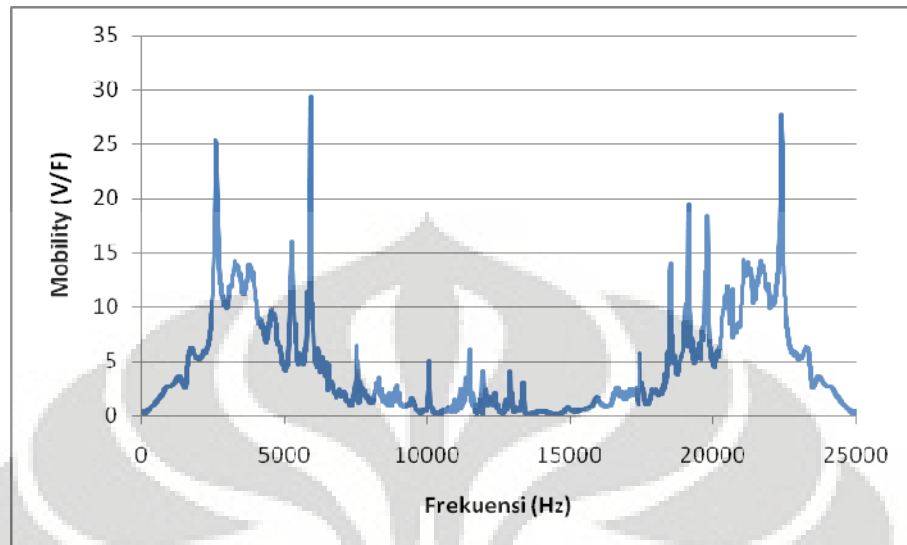


Gambar 4.315 Grafik metode average titik 2 Pile Cap As-4

Tabel 4.70 Analisa grafik metode average titik 2 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1586,91	2905,27	1318,36	4000	1,52
2	2905,27	5004,88	2099,61	4000	0,95
3	5004,88	7739,26	2734,38	4000	0,73

4.3.1.1.3 Titik 3

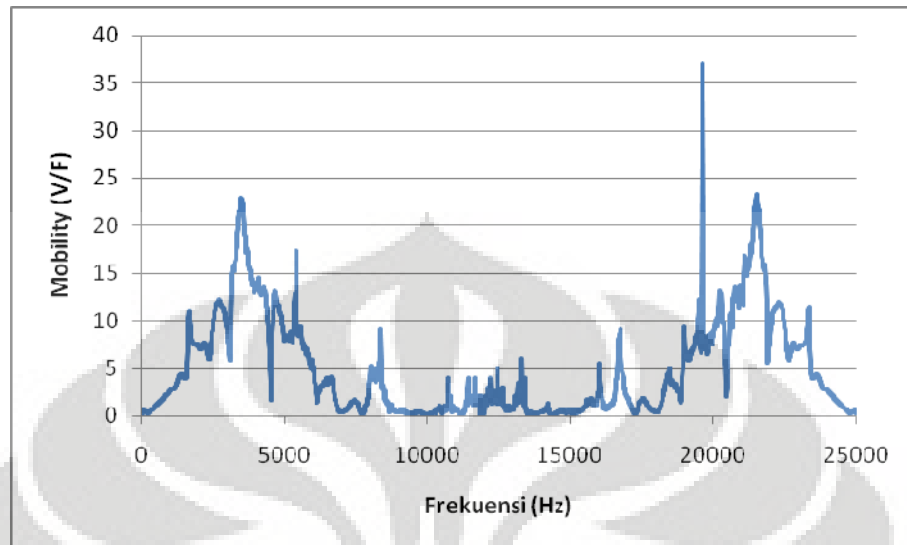


Gambar 4.316 Grafik metode average titik 3 Pile Cap As-4

Tabel 4.71 Analisa grafik metode average titik 3 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2600,09	5236,82	2636,73	4000	0,76
2	5236,82	5908,20	671,38	4000	2,98
3	5908,20	7519,53	1611,33	4000	1,24

4.3.1.1.4 Titik 4

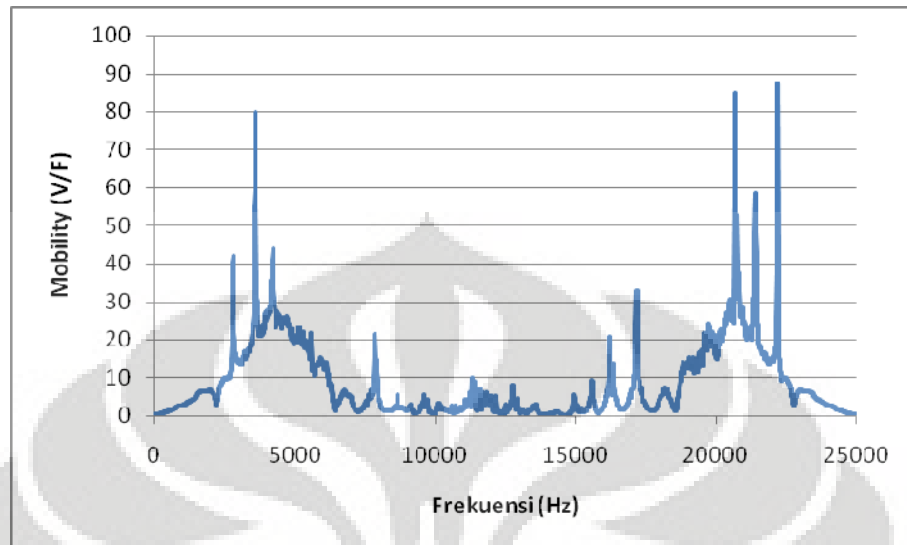


Gambar 4.317 Grafik metode average titik 4 Pile Cap As-4

Tabel 4.72 Analisa grafik metode average titik 4 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1660,16	3564,45	1904,29	4000	1,05
2	3564,45	5407,72	1843,27	4000	1,09
3	5407,72	8361,82	2954,10	4000	0,68

4.3.1.1.5 Titik 5

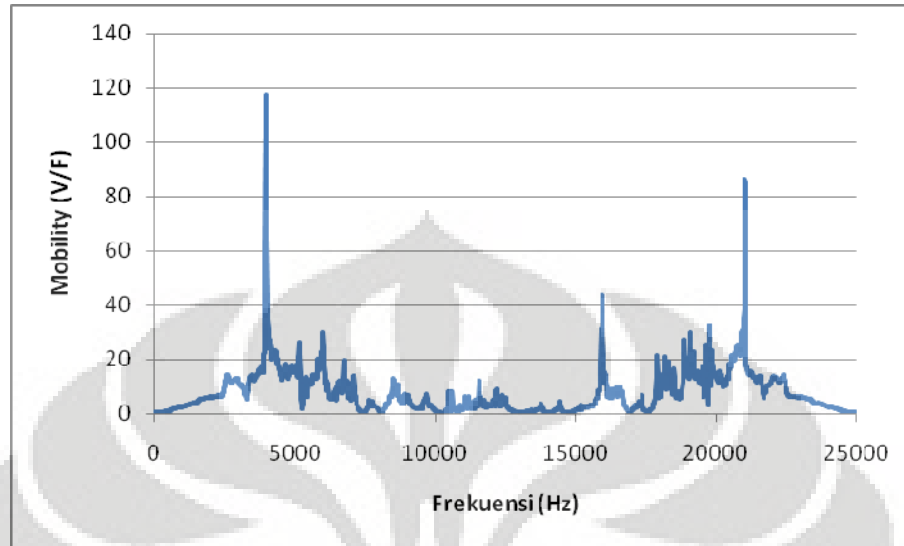


Gambar 4.318 Grafik metode average titik 5 Pile Cap As-4

Tabel 4.73 Analisa grafik metode average titik 5 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2807,62	3601,07	793,45	4000	2,52
2	3601,07	4235,84	634,77	4000	3,15
3	4235,84	7861,33	3625,49	4000	0,55

4.3.1.1.6 Titik 6

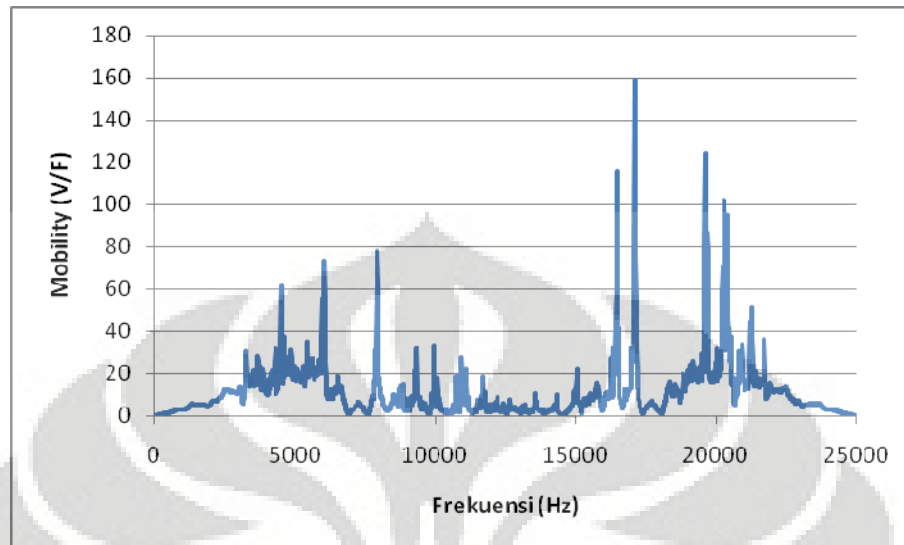


Gambar 4.319 Grafik metode average titik 6 Pile Cap As-4

Tabel 4.74 Analisa grafik metode average titik 6 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2648,93	3991,69	1342,76	4000	1,50
2	3991,69	5187,99	1196,30	4000	1,67
3	5187,99	6762,69	1574,70	4000	1,27

4.3.1.1.7 Titik 7

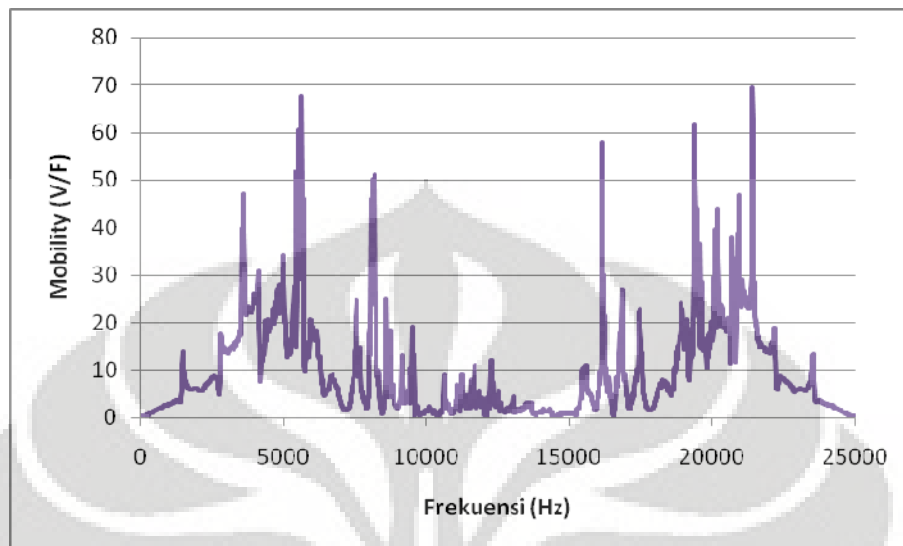


Gambar 4.320 Grafik metode average titik 7 Pile Cap As-4

Tabel 4.75 Analisa grafik metode average titik 7 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	4528,81	6066,89	1538,08	4000	1,30
2	6066,89	7946,78	1879,89	4000	1,07
3	7946,78	9948,73	2001,95	4000	1,00

4.3.1.1.8 Titik 8

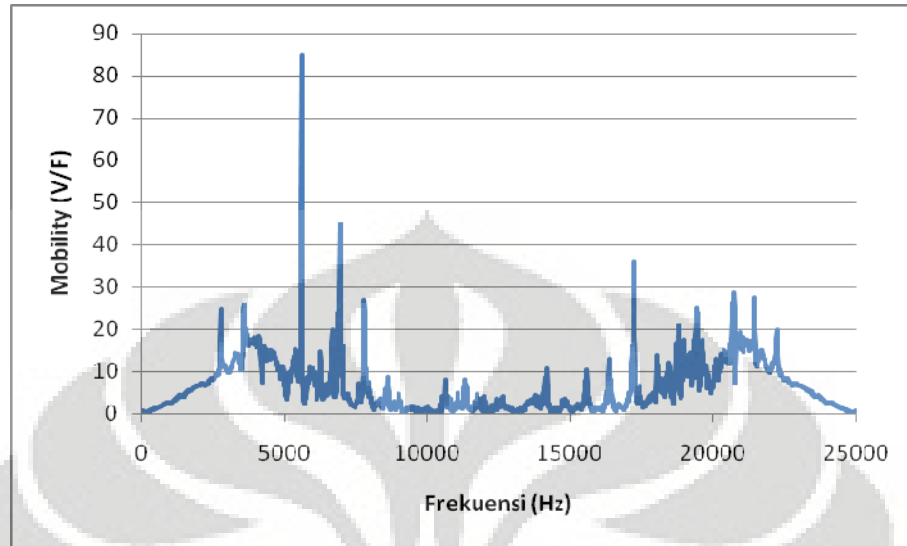


Gambar 4.321 Grafik metode average titik 8 Pile Cap As-4

Tabel 4.76 Analisa grafik metode average titik 8 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1489,26	3601,07	2111,81	4000	0,95
2	3601,07	5639,69	2038,62	4000	0,98
3	5639,69	8178,71	2539,02	4000	0,79

4.3.1.1.9 Titik 9

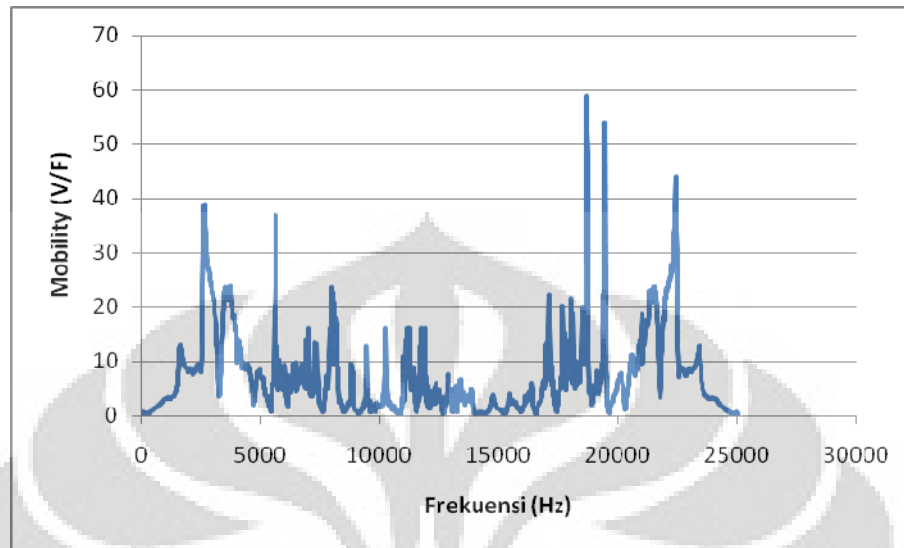


Gambar 4.322 Grafik metode average titik 9 Pile Cap As-4

Tabel 4.77 Analisa grafik metode average titik 9 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2783,20	5615,23	2832,03	4000	0,71
2	5615,23	6958,61	1343,38	4000	1,49
3	6958,61	7788,09	829,48	4000	2,41

4.3.1.1.10 Titik 10

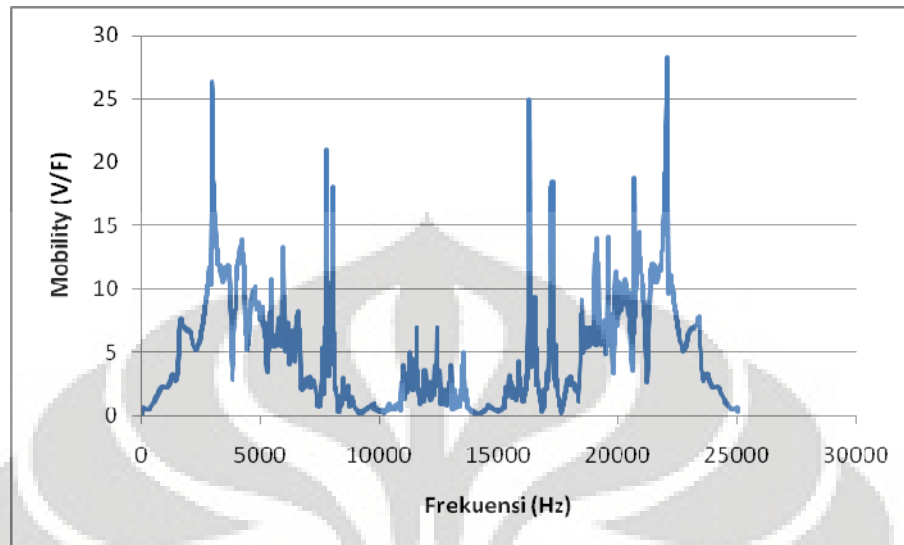


Gambar 4.323 Grafik metode average titik 10 Pile Cap As-4

Tabel 4.78 Analisa grafik metode average titik 10 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2600,09	5603,03	3002,94	4000	0,67
2	5603,03	7934,57	2331,54	4000	0,88
3	7934,57	10205,08	2270,51	4000	0,89

4.3.1.1.11 Titik 11

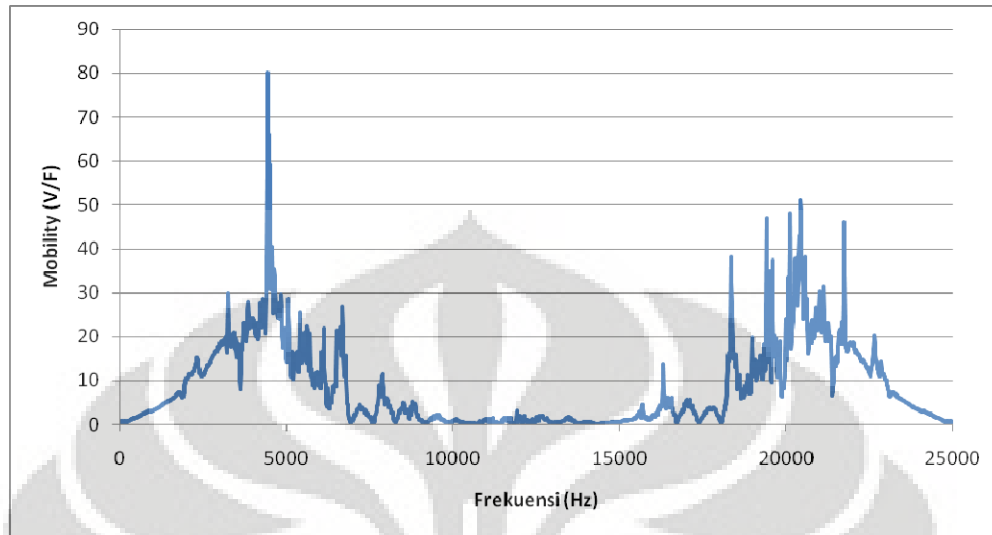


Gambar 4.324 Grafik metode average titik 11 Pile Cap As-4

Tabel 4.79 Analisa grafik metode average titik 11 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1599,12	2954,10	1354,98	4000	1,48
2	2954,10	5908,20	2954,10	4000	0,68
3	5908,20	7751,46	1843,26	4000	1,09

4.3.1.1.12 Titik 12



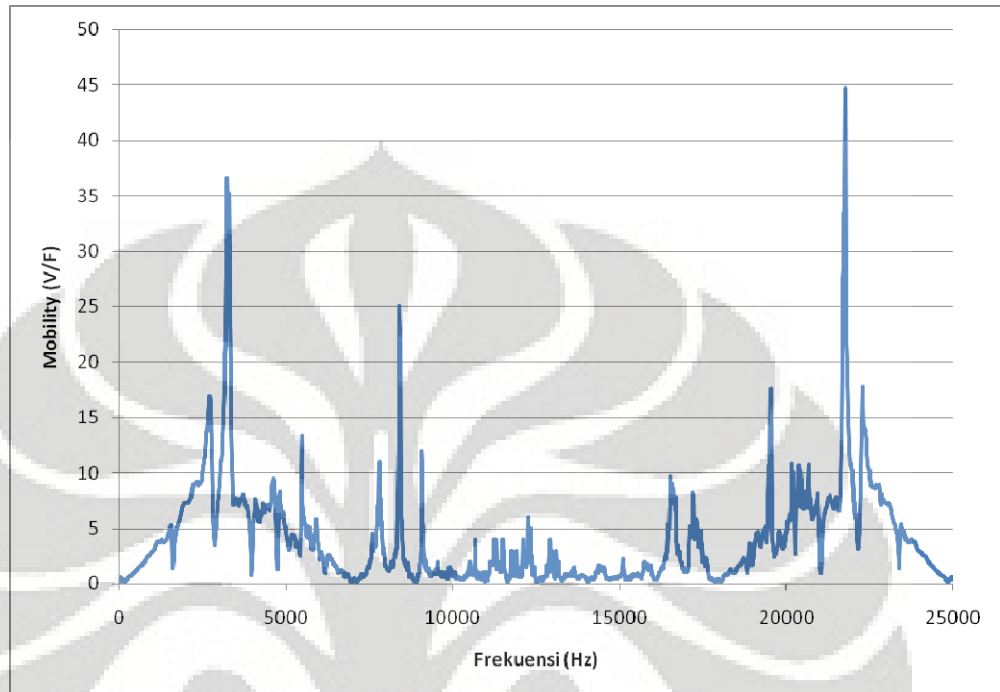
Gambar 4.325 Grafik metode average titik 12 Pile Cap As-4

Tabel 4.80 Analisa grafik metode average titik 12 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	4443,36	6689,45	2246,09	4000	0,89
2	6689,45	7885,74	1196,29	4000	1,67
3	7885,74	16308,59	8422,85	4000	0,24

4.3.1.2 Pile Cap As-5

4.3.1.2.1 Titik 1

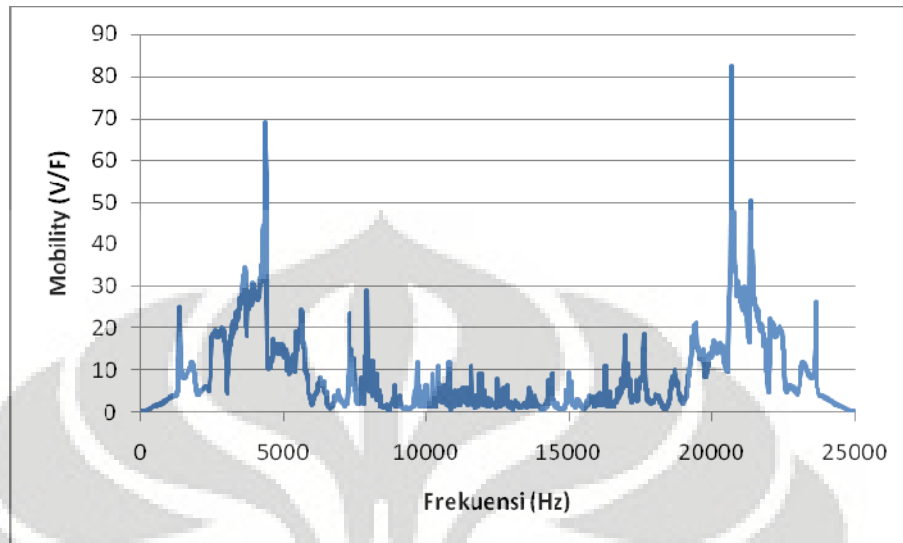


Gambar 4.326 Grafik metode average titik 1 Pile Cap As-5

Tabel 4.81 Analisa grafik metode average titik 1 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2722,17	3234,86	512,69	4000	3,90
2	3234,86	5468,75	2233,89	4000	0,90
3	5468,75	8386,23	2917,48	4000	0,70

4.3.1.2.2 Titik 2

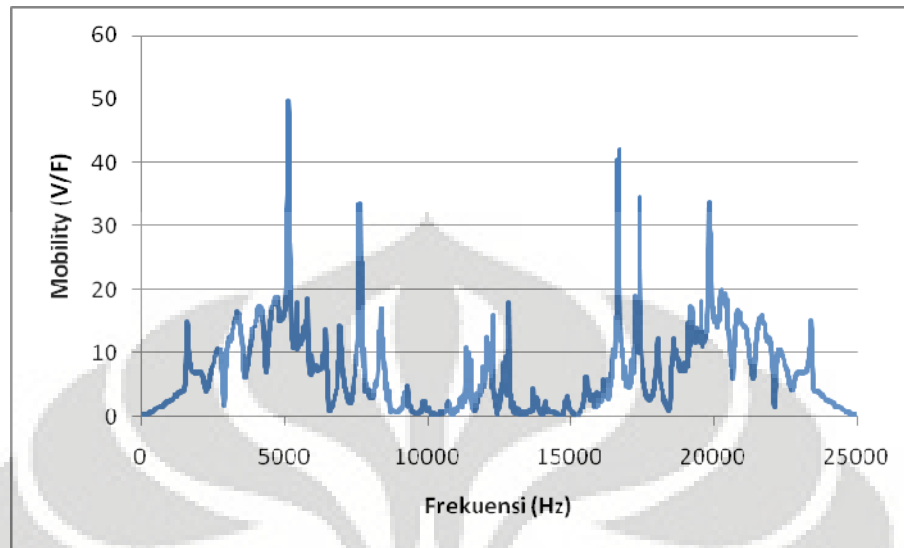


Gambar 4.327 Grafik metode average titik 2 Pile Cap As-5

Tabel 4.82 Analisa grafik metode average titik 2 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1367,19	2905,27	1538,08	4000	1,30
2	2905,27	4357,91	1452,64	4000	1,38
3	4357,91	5651,86	1293,95	4000	1,55

4.3.1.2.3 Titik 3

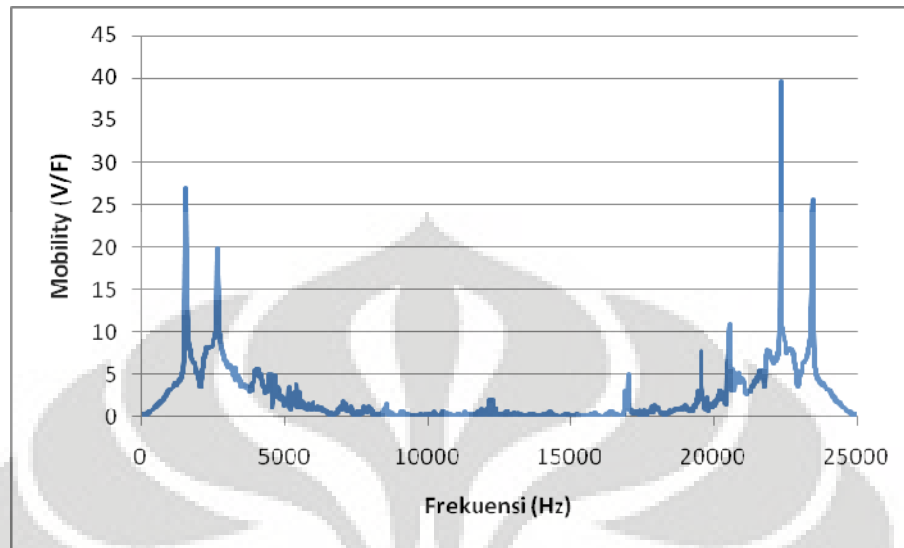


Gambar 4.328 Grafik metode average titik 3 Pile Cap As-5

Tabel 4.83 Analisa grafik metode average titik 3 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1599,12	3356,93	1757,81	4000	1,14
2	3356,93	5126,95	1770,02	4000	1,13
3	5126,95	7653,81	2526,86	4000	0,80

4.3.1.2.4 Titik 4

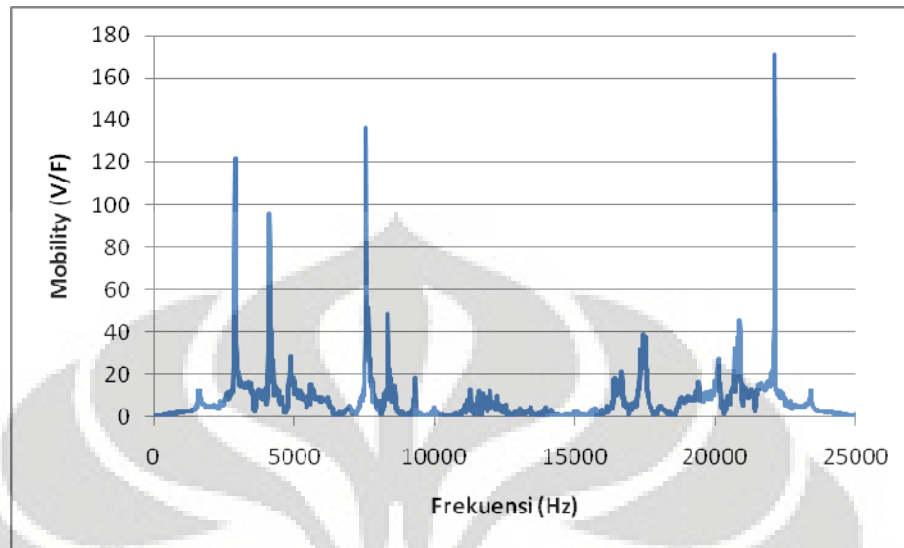


Gambar 4.329 Grafik metode average titik 4 Pile Cap As-5

Tabel 4.84 Analisa grafik metode average titik 4 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1538,09	2673,34	1135,25	4000	1,76
2	2673,34	4174,80	1501,46	4000	1,33
3	4174,80	7128,90	2954,10	4000	0,68

4.3.1.2.5 Titik 5

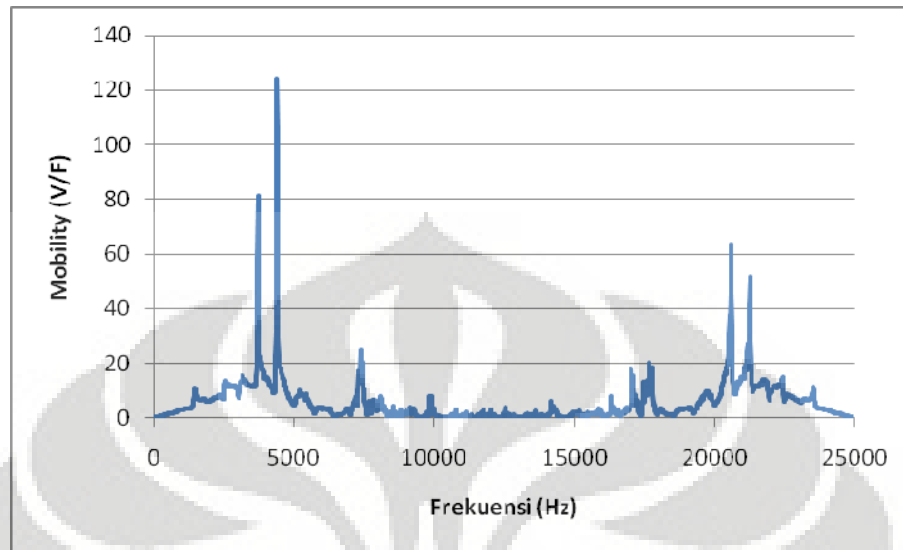


Gambar 4.330 Grafik metode average titik 5 Pile Cap As-5

Tabel 4.85 Analisa grafik metode average titik 5 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2893,07	4125,98	1232,91	4000	1,62
2	4125,98	7568,36	3442,38	4000	0,58
3	7568,36	9326,17	1757,81	4000	1,14

4.3.1.2.6 Titik 6

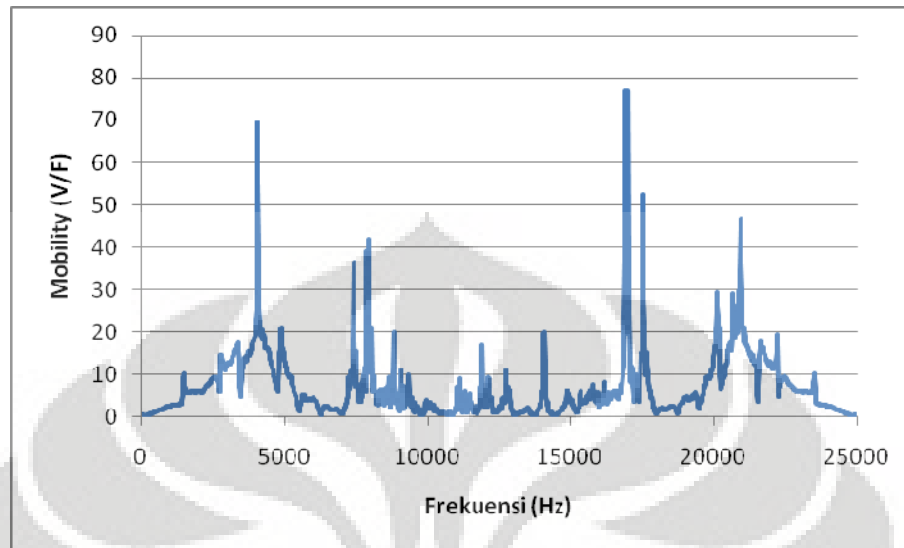


Gambar 4.331 Grafik metode average titik 6 Pile Cap As-5

Tabel 4.86 Analisa grafik metode average titik 6 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3723,14	4394,54	671,40	4000	2,98
2	4394,54	7385,25	2990,71	4000	0,68
3	7385,25	9912,11	2526,86	4000	0,80

4.3.1.2.7 Titik 7

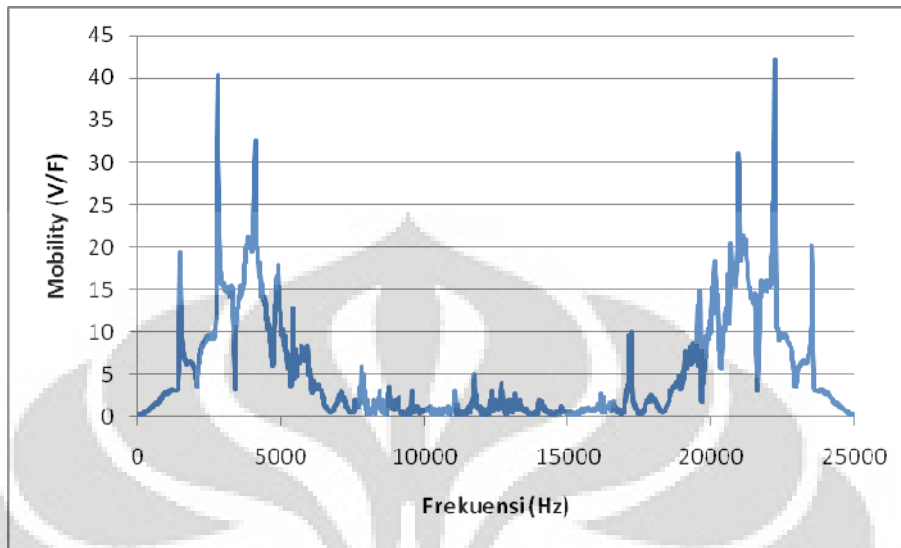


Gambar 4.332 Grafik metode average titik 7 Pile Cap As-5

Tabel 4.87 Analisa grafik metode average titik 7 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1477,04	4064,94	2587,90	4000	0,77
2	4064,94	7434,08	3369,14	4000	0,60
3	7434,08	7946,77	512,69	4000	3,90

4.3.1.2.8 Titik 8

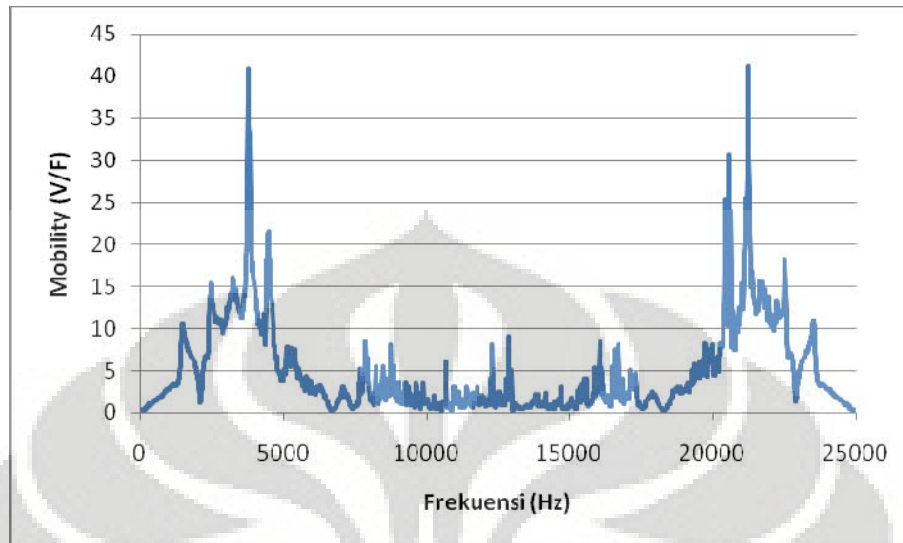


Gambar 4.333 Grafik metode average titik 8 Pile Cap As-5

Tabel 4.88 Analisa grafik metode average titik 8 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1489,26	2783,20	1293,94	4000	1,55
2	2783,20	4089,35	1306,15	4000	1,53
3	4089,35	5407,71	1318,36	4000	1,52

4.3.1.2.9 Titik 10

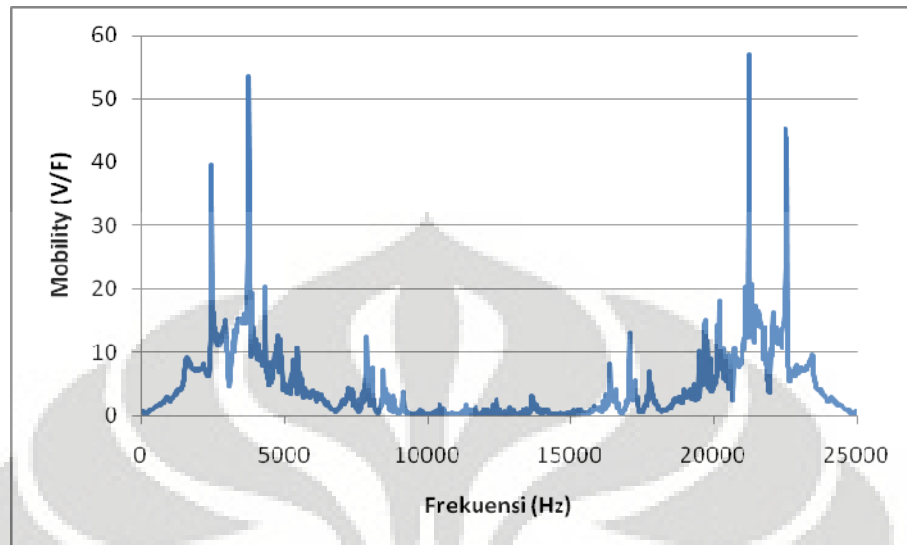


Gambar 4.334 Grafik metode average titik 10 Pile Cap As-5

Tabel 4.89 Analisa grafik metode average titik 10 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1501,46	3759,77	2258,31	4000	0,89
2	3759,77	5407,71	1647,94	4000	1,21
3	5407,71	7873,54	2465,83	4000	0,81

4.3.1.2.10 Titik 11

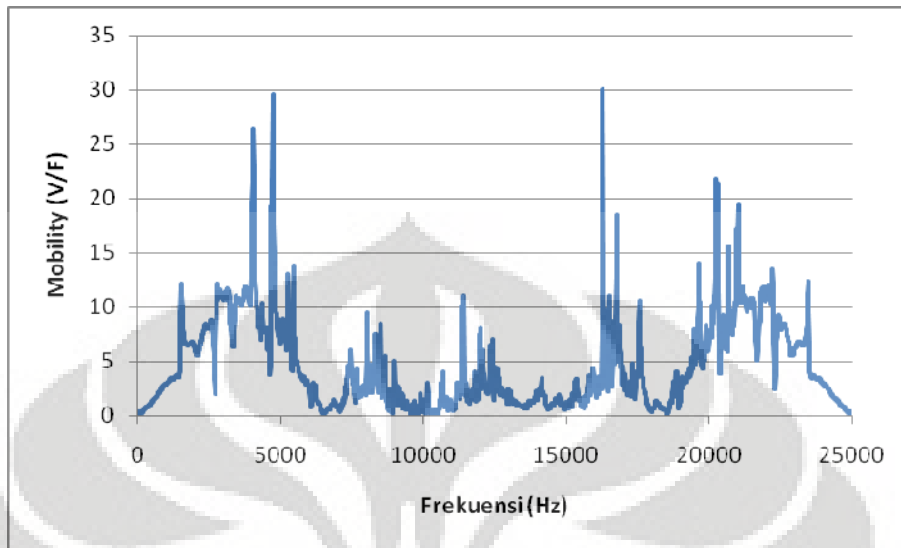


Gambar 4.335 Grafik metode average titik 11 Pile Cap As-5

Tabel 4.90 Analisa grafik metode average titik 11 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2429,19	3735,35	306,16	4000	1,53
2	3735,35	5468,75	1733,40	4000	1,15
3	5468,75	7873,54	2404,79	4000	0,83

4.3.1.2.11 Titik 12

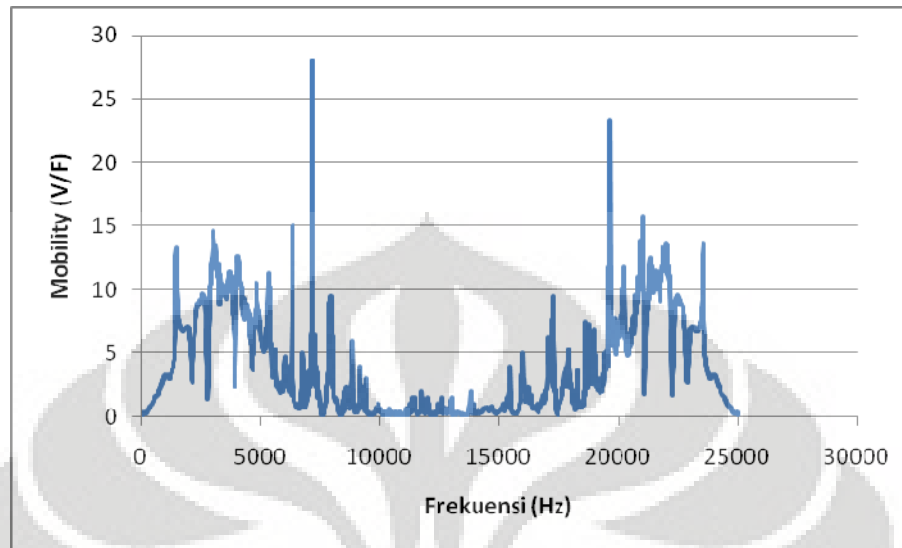


Gambar 4.336 Grafik metode average titik 12 Pile Cap As-5

Tabel 4.91 Analisa grafik metode average titik 12 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1538,08	4736,33	3198,25	4000	0,62
2	4736,33	8032,23	3295,90	4000	0,60
3	8032,23	11425,78	3393,55	4000	0,59

4.3.1.2.12 Titik 13

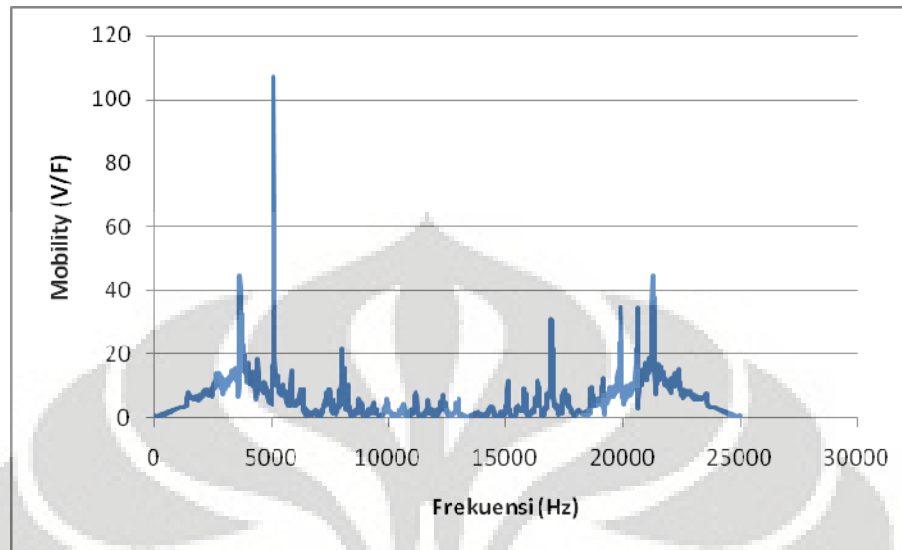


Gambar 4.337 Grafik metode average titik 13 Pile Cap As-5

Tabel 4.92 Analisa grafik metode average titik 13 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1440,43	2978,52	1538,09	4000	1,30
2	2978,52	6311,04	3332,52	4000	0,60
3	6311,04	7141,11	830,08	4000	2,41

4.3.1.2.13 Titik 14

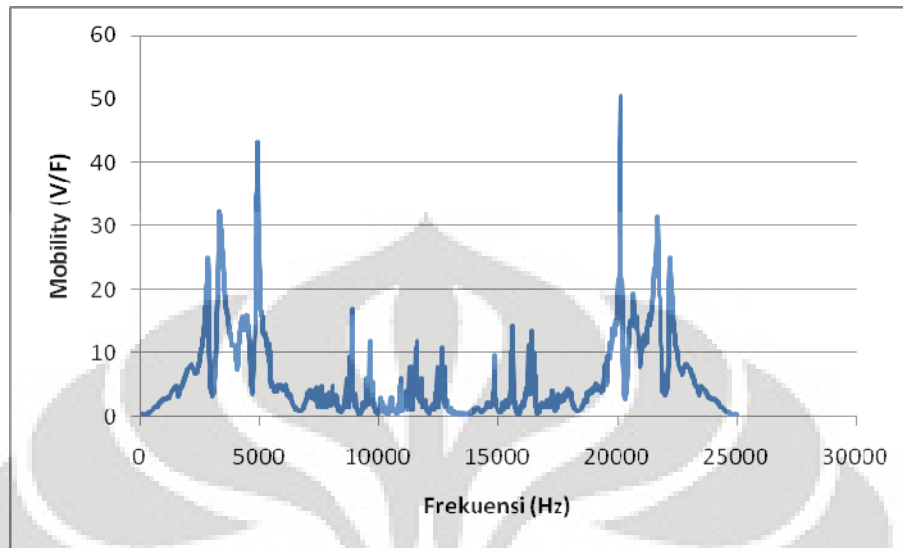


Gambar 4.338 Grafik metode average titik 14 Pile Cap As-5

Tabel 4.93 Analisa grafik metode average titik 14 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3674,32	5114,75	1440,43	4000	1,39
2	5114,75	8007,81	2893,06	4000	0,69
3	8007,81	11108,40	3100,59	4000	0,65

4.3.1.2.14 Titik 15

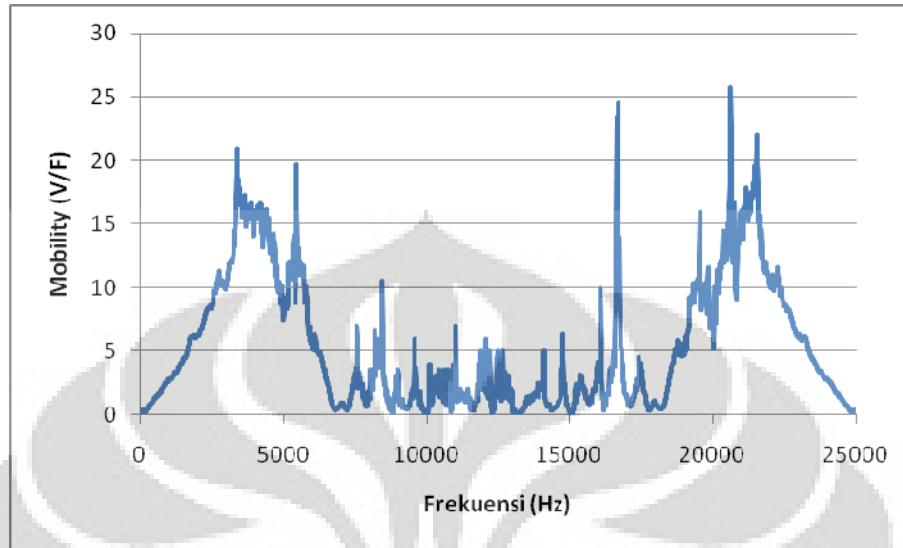


Gambar 4.339 Grafik metode average titik 15 Pile Cap As-5

Tabel 4.94 Analisa grafik metode average titik 15 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2783,20	4919,43	2136,23	4000	0,94
2	4919,43	8862,30	3942,87	4000	0,51
3	8862,30	11511,23	2648,93	4000	0,77

4.3.1.2.15 Titik 16

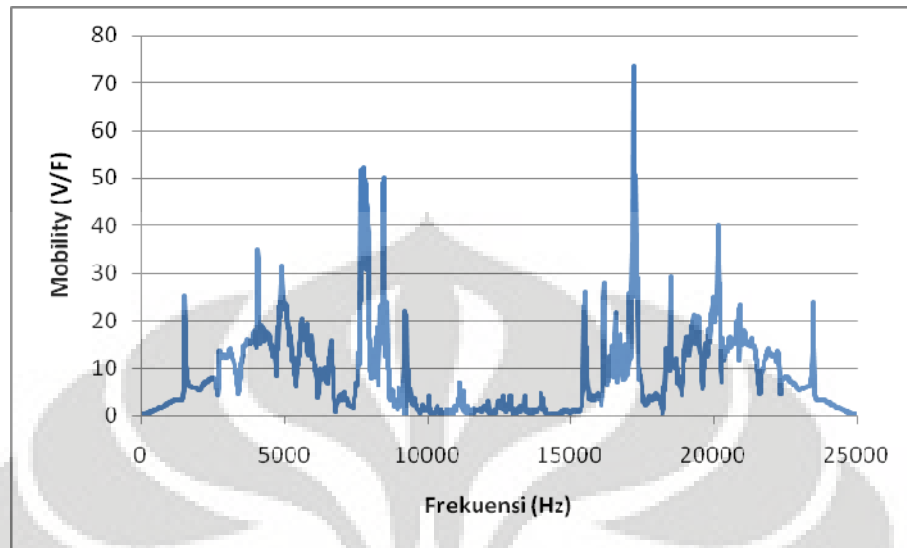


Gambar 4.340 Grafik metode average titik 16 Pile Cap As-5

Tabel 4.95 Analisa grafik metode average titik 16 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3381,35	5456,54	2075,19	4000	0,96
2	5456,54	7568,36	2111,82	4000	0,95
3	7568,36	8459,47	891,11	4000	2,24

4.3.1.2.16 Titik 17

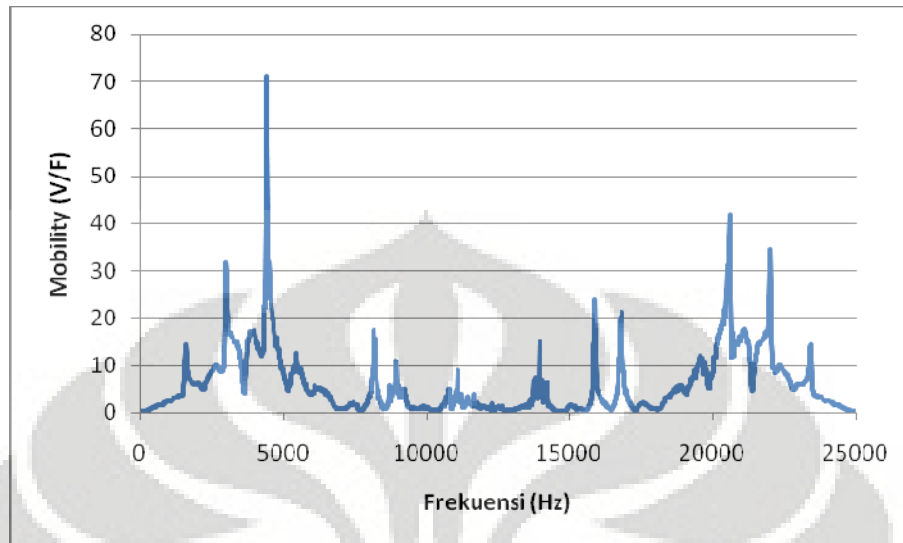


Gambar 4.341 Grafik metode average titik 17 Pile Cap As-5

Tabel 4.96 Analisa grafik metode average titik 17 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1513,67	4677,15	3163,48	4000	0,63
2	4677,15	5603,03	925,88	4000	2,16
3	5603,03	7775,88	2172,85	4000	0,92

4.3.1.2.17 Titik 18

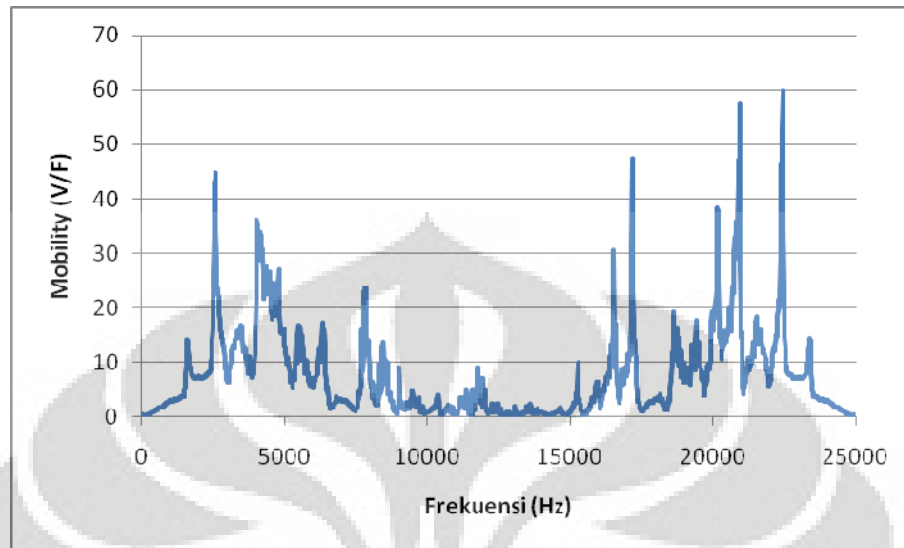


Gambar 4.342 Grafik metode average titik 18 Pile Cap As-5

Tabel 4.97 Analisa grafik metode average titik 18 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1586,91	2978,51	1391,60	4000	1,44
2	2978,51	4406,74	1428,23	4000	1,40
3	4406,74	8166,50	3759,76	4000	0,53

4.3.1.2.18 Titik 19

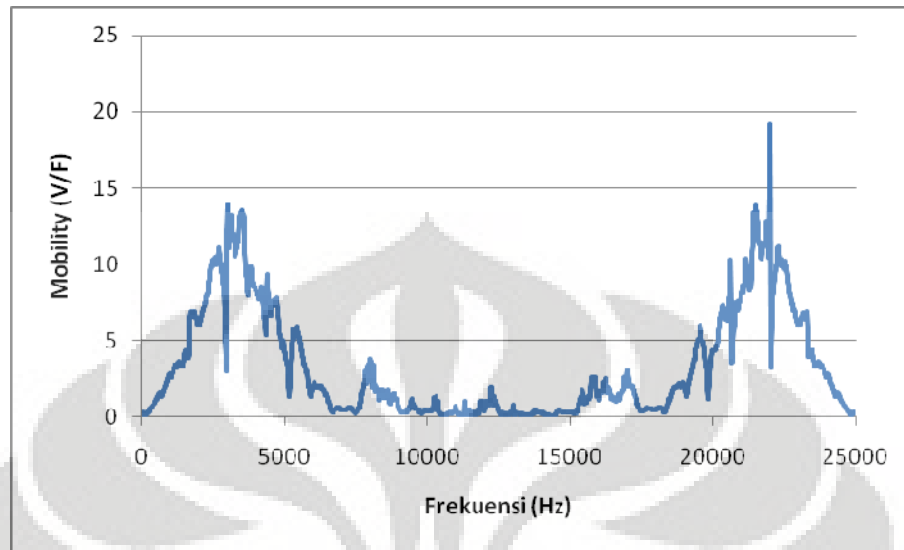


Gambar 4.343 Grafik metode average titik 19 Pile Cap As-5

Tabel 4.98 Analisa grafik metode average titik 19 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1623,54	2587,89	964,35	4000	2,08
2	2587,89	4052,73	1464,84	4000	1,38
3	4052,73	6408,69	2355,96	4000	0,85

4.3.1.2.19 Titik 20

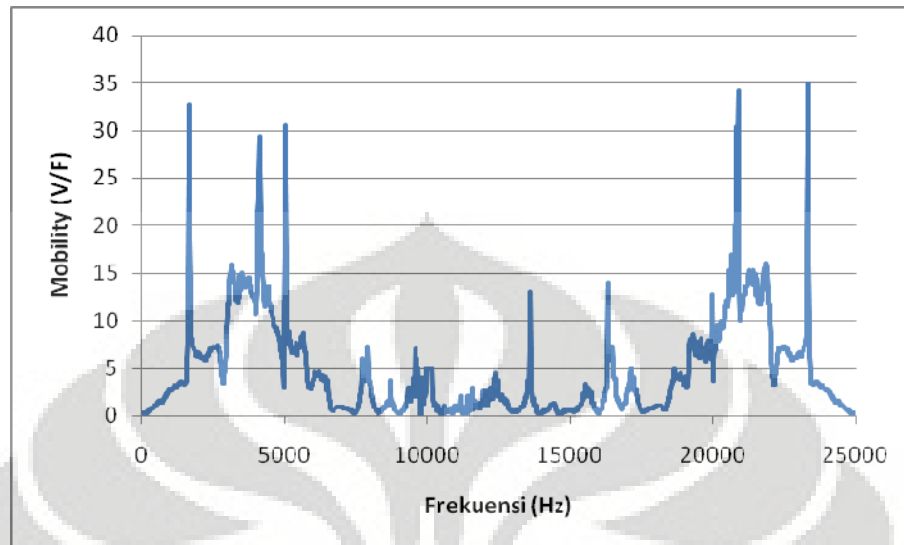


Gambar 4.344 Grafik metode average titik 20 Pile Cap As-5

Tabel 4.99 Analisa grafik metode average titik 20 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1867,68	3002,93	1135,25	4000	1,77
2	3002,93	4406,74	1403,81	4000	1,42
3	4406,74	5505,37	1098,63	4000	1,82

4.3.1.2.20 Titik 21



Gambar 4.345 Grafik metode average titik 21 Pile Cap As-5

Tabel 4.100 Analisa grafik metode average titik 21 pile cap As-5

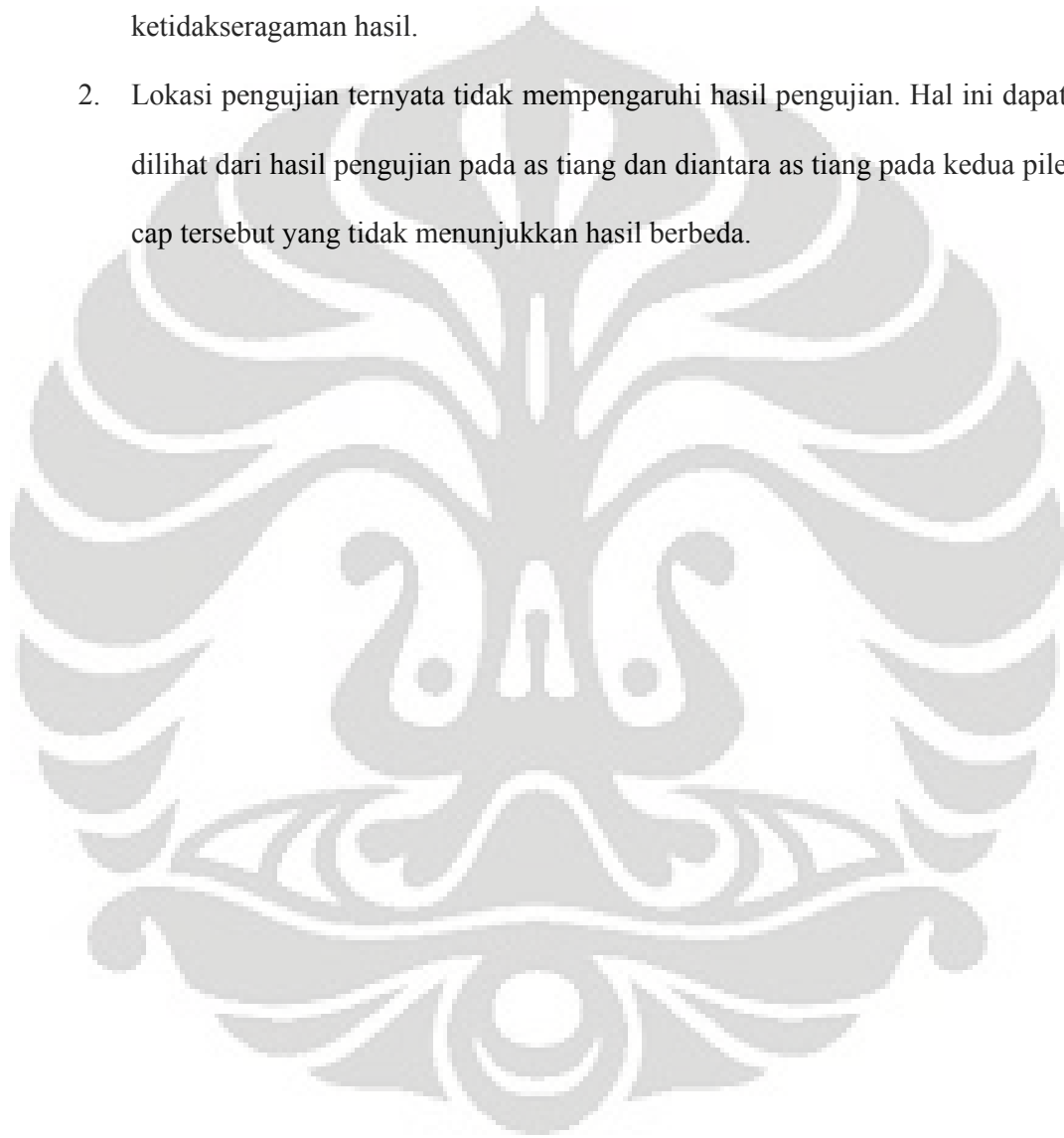
Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1660,16	4138,18	2478,02	4000	0,80
2	4138,18	5041,50	903,32	4000	2,21
3	5041,50	7922,36	2880,86	4000	0,69

Tabel 4.101 Tabel pengujian tebal pile cap dengan metode average pada pile cap as-4 dan pile cap as-5

PILE CAP	LOKASI TITIK	METODE FREQUENCY DOMAIN						
		Metode Average						
		L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	SD (m)	Average (m)	Min (m)	Max (m)
Pile Cap I (As - 4)	As tiang							
	Titik 1	1,11	0,82	0,63	0,244	0,9	0,6	1,1
	Titik 2	1,52	0,95	0,73	0,405	1,1	0,7	1,5
	Titik 3	0,76	2,98	1,24	1,168	1,7	0,8	3,0
	Titik 4	1,05	1,09	0,68	0,226	0,9	0,7	1,1
	Titik 5	2,52	3,15	0,55	1,356	2,1	0,6	3,2
	Titik 6	1,49	1,67	1,27	0,201	1,5	1,3	1,7
	Average (m)	1,41	1,78	0,85				
	Standar deviasi (m)	0,62	1,04	0,32				
	Min (m)	0,76	0,82	0,55				
	Max (m)	2,52	3,15	1,27				
	Diantara As tiang							
	Titik 7	1,30	1,06	1,00	0,159	1,1	1,0	1,3
	Titik 8	0,95	0,98	0,79	0,103	0,9	0,8	1,0
	Titik 9	0,71	1,49	2,41	0,853	1,5	0,7	2,4
	Titik 10	0,67	0,86	0,88	0,118	0,8	0,7	0,9
	Titik 11	1,48	0,68	1,09	0,400	1,1	0,7	1,5
	Titik 12	0,89	1,67	0,24	0,718	0,9	0,2	1,7
	Average (m)	1,00	1,12	1,07				
Standar deviasi (m)	0,33	0,38	0,72					
Min (m)	0,67	0,68	0,24					
Max (m)	1,48	1,67	2,41					
Pile Cap II (As - 5)	As tiang							
	Titik 1	3,90	0,90	0,69	1,799	1,8	0,7	3,9
	Titik 2	1,30	1,38	1,55	0,126	1,4	1,3	1,5
	Titik 3	1,14	1,13	0,79	0,198	1,0	0,8	1,1
	Titik 4	1,76	1,33	0,68	0,546	1,3	0,7	1,8
	Titik 5	1,62	0,58	1,14	0,521	1,1	0,6	1,6
	Titik 6	2,98	0,67	0,79	1,300	1,5	0,7	3,0
	Titik 7	0,77	0,59	3,90	1,860	1,8	0,6	3,9
	Titik 8	1,55	1,53	1,52	0,014	1,5	1,5	1,5
	Titik 10	0,89	1,21	0,81	0,214	1,0	0,8	1,2
	Titik 11	1,53	1,15	0,83	0,350	1,2	0,8	1,5
	Titik 12	0,63	0,61	0,59	0,018	0,6	0,6	0,6
	Average (m)	1,64	1,01	1,21				
	Standar deviasi (m)	0,98	0,35	0,95				
	Min (m)	0,63	0,58	0,59				
	Max (m)	3,90	1,53	3,90				
	Diantara As tiang							
	Titik 13	1,30	0,60	2,41	0,912	1,4	0,6	2,4
	Titik 14	1,39	0,69	0,65	0,417	0,9	0,6	1,4
	Titik 15	0,94	0,51	0,76	0,215	0,7	0,5	0,9
	Titik 16	0,96	0,95	2,24	0,744	1,4	0,9	2,2
	Titik 17	0,63	2,16	0,92	0,812	1,2	0,6	2,2
	Titik 18	1,44	1,40	0,53	0,512	1,1	0,5	1,4
Titik 19	2,07	1,37	0,85	0,615	1,4	0,8	2,1	
Titik 20	1,76	1,42	1,82	0,214	1,7	1,4	1,8	
Titik 21	0,81	2,21	0,69	0,847	1,2	0,7	2,2	
Average (m)	1,26	1,26	1,21					
Standar deviasi (m)	0,47	0,63	0,74					
Min (m)	0,63	0,51	0,53					
Max (m)	2,07	2,21	2,41					

Dari hasil analisa pada kedua pile cap (As-4 dan As-5) dengan menggunakan metode average didapatkan hasil :

1. Nilai pengujian pada kedua pile cap sudah menunjukkan keseragaman hasil, yaitu mendekati tebal pile cap sebenarnya = 1,5 m walaupun masih ditemui ketidakseragaman hasil.
2. Lokasi pengujian ternyata tidak mempengaruhi hasil pengujian. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian pada as tiang dan diantara as tiang pada kedua pile cap tersebut yang tidak menunjukkan hasil berbeda.

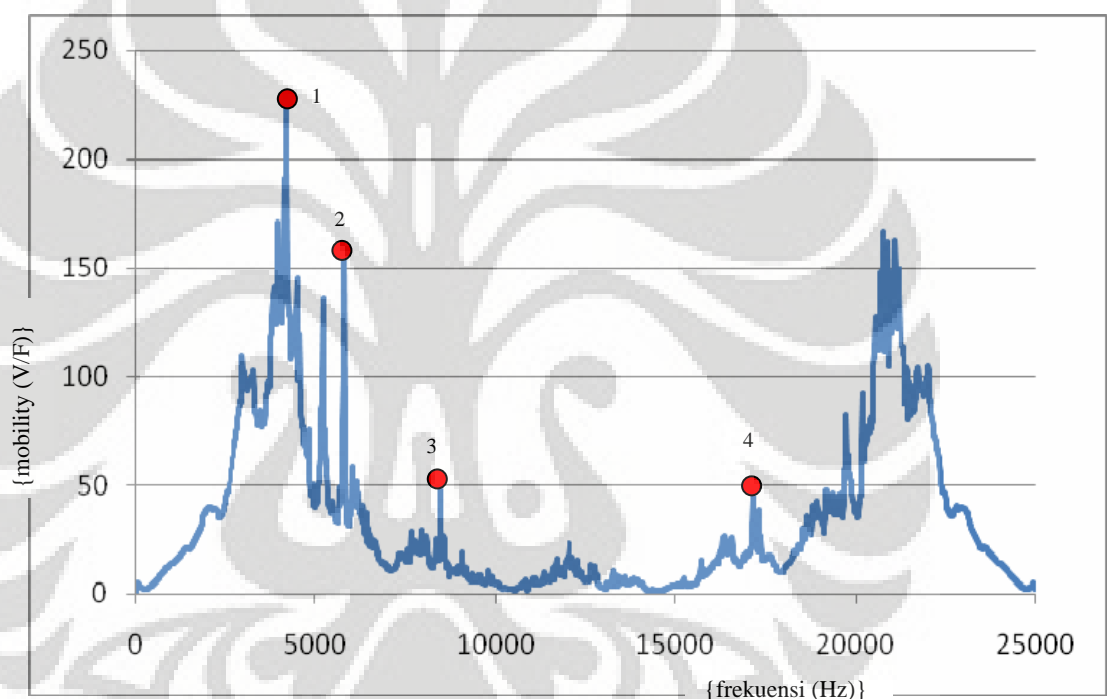


4.3.2 Metode Stacking

Pada metode ini, penulis menganalisa satu hasil gelombang yang mewakili penggabungan dari enam gelombang yang telah dihasilkan dari alat pada saat pengujian langsung. Proses analisa grafik sama seperti metode average sebelumnya.

4.3.2.1 Pile Cap As-4

4.3.2.1.1 Titik 1



Gambar 4.346 Grafik metode stacking titik 1 Pile Cap As-4

Contoh analisa :

- Puncak gelombang 1 (f_1) = 4187,01 Hz
- Puncak gelombang 2 (f_2) = 5798,34 Hz
- $\Delta f = f_2 - f_1 = 5798,34 \text{ Hz} - 4187,01 \text{ Hz}$
 $= 1611,33 \text{ Hz}$
- Asumsi : $V_c = 4000 \text{ m/s}$ (beton kualitas tinggi)

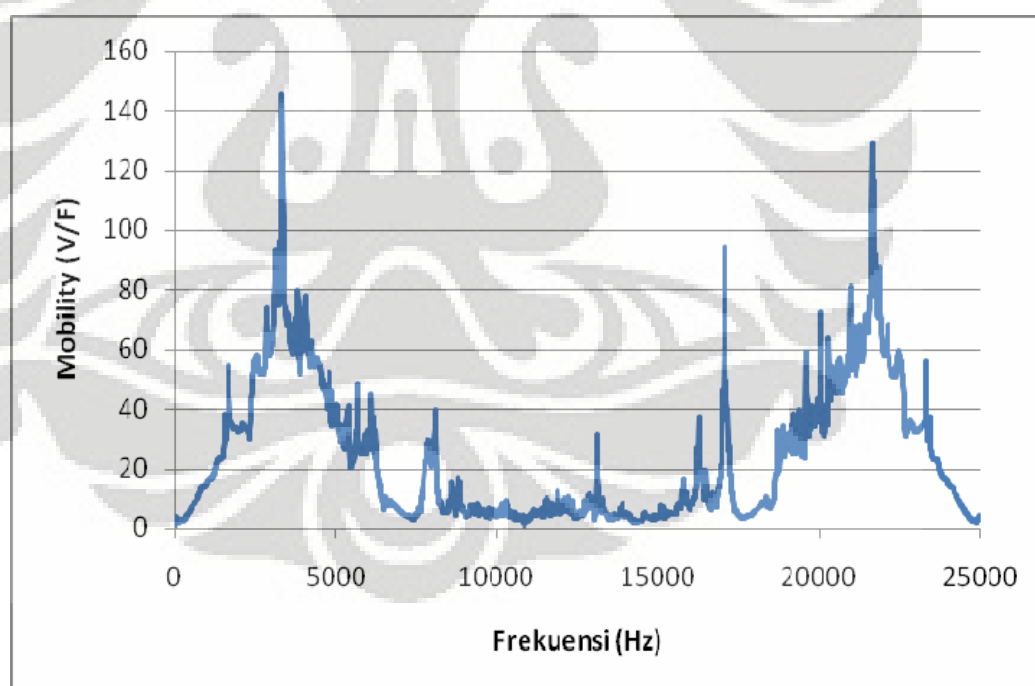
- Panjang tiang = $L = \frac{V_c}{2\Delta f}$

$$L = \frac{4000 \text{ m/s}}{2 \times 1611,33 \text{ Hz}} = 1,24 \text{ m}$$

Tabel 4.102 Analisa grafik metode stacking titik 1 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	4187,01	5798,34	1611,33	4000	1,24
2	5798,34	8459,47	2661,13	4000	0,75
3	8459,47	12048,34	3588,87	4000	0,56

4.3.2.1.2 Titik 2

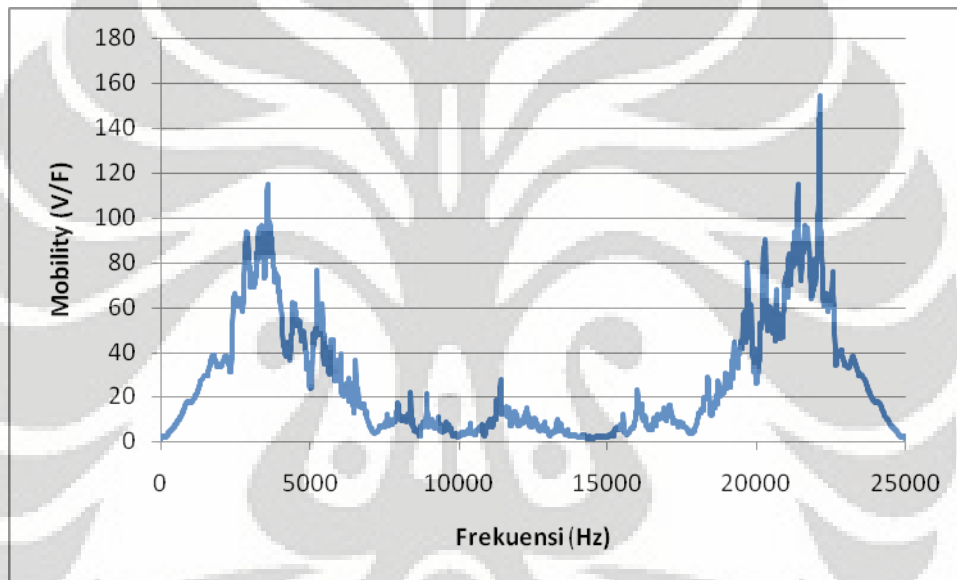


Gambar 4.347 Grafik metode stacking titik 2 Pile Cap As-4

Tabel 4.103 Analisa grafik metode stacking titik 2 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1672,36	3320,31	1647,95	4000	1,21
2	3320,31	5676,27	2355,96	4000	0,85
3	5676,27	8105,47	2429,20	4000	0,82

4.3.2.1.3 Titik 3

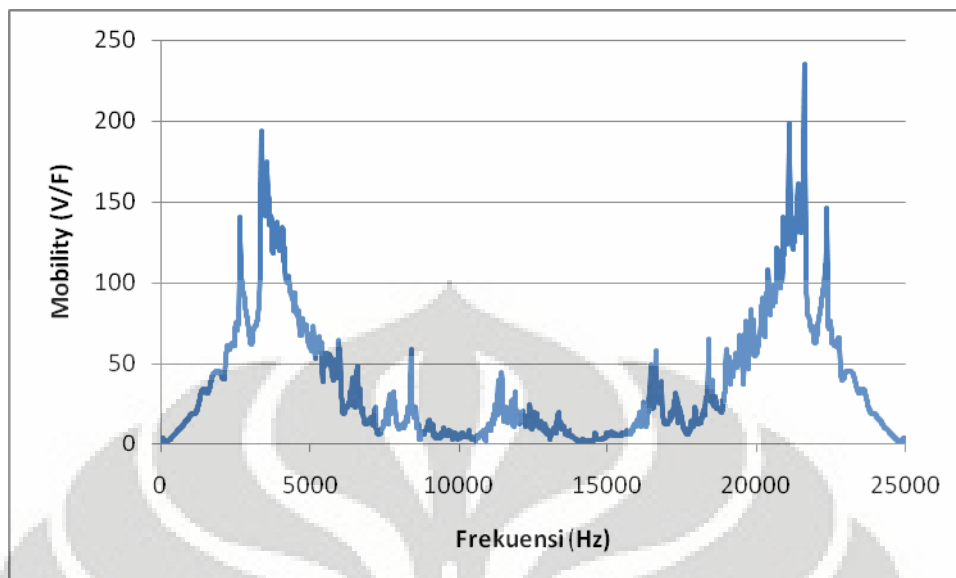


Gambar 4.348 Grafik metode stacking titik 3 Pile Cap As-4

Tabel 4.104 Analisa grafik metode stacking titik 3 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1806,64	3588,88	1782,24	4000	1,12
2	3588,88	5249,62	1660,74	4000	1,20
3	5249,62	6530,76	1281,14	4000	1,56

4.3.2.1.4 Titik 4

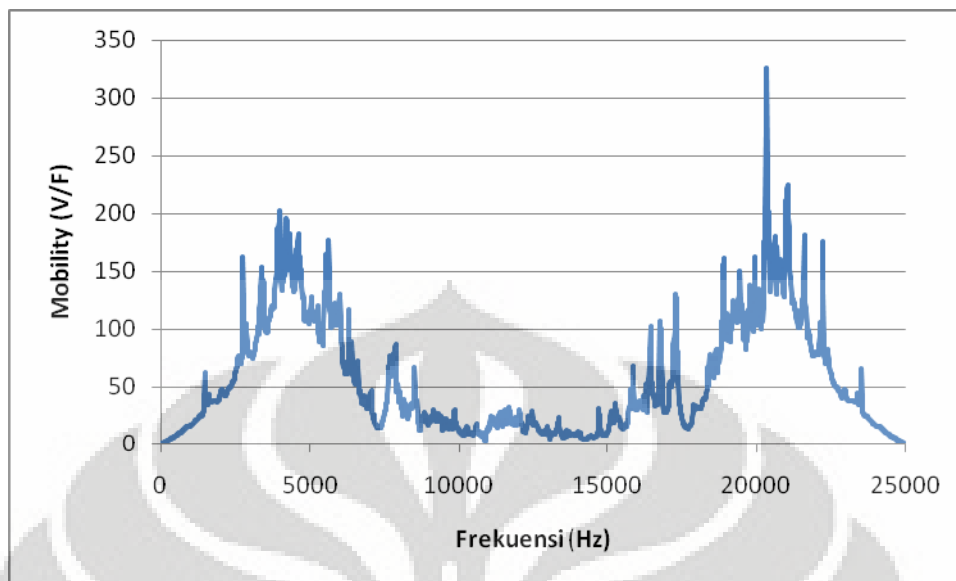


Gambar 4.349 Grafik metode stacking titik 4 Pile Cap As-4

Tabel 4.105 Analisa grafik metode stacking titik 4 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2661,13	3369,19	708,06	4000	2,82
2	3369,19	5981,44	2612,25	4000	0,77
3	5981,44	8386,23	2404,79	4000	0,83

4.3.2.1.5 Titik 5

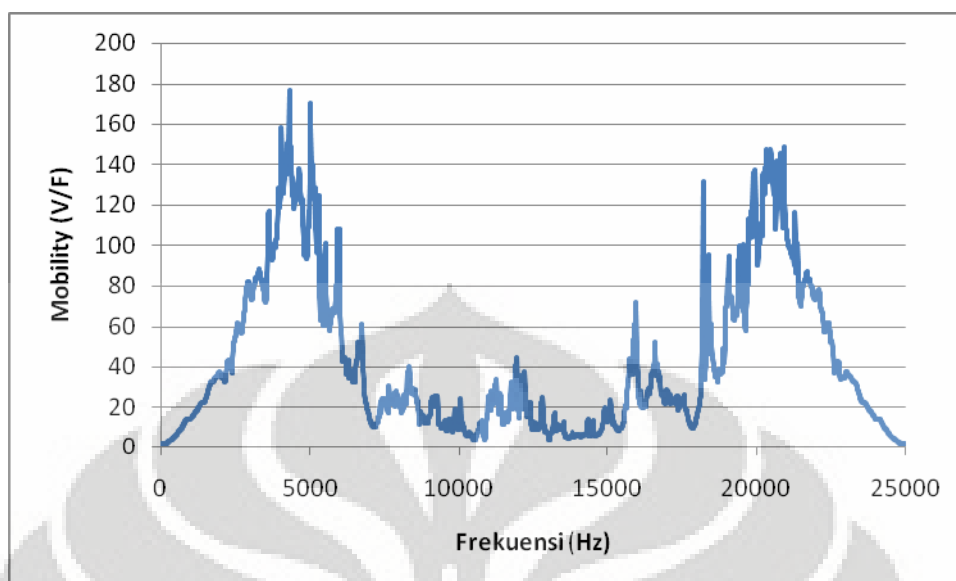


Gambar 4.350 Grafik metode stacking titik 5 Pile Cap As-4

Tabel 4.106 Analisa grafik metode stacking titik 5 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2758,79	4003,91	1245,12	4000	1,61
2	4003,91	5627,44	1623,53	4000	1,23
3	5627,44	7873,54	2246,10	4000	0,89

4.3.2.1.6 Titik 6

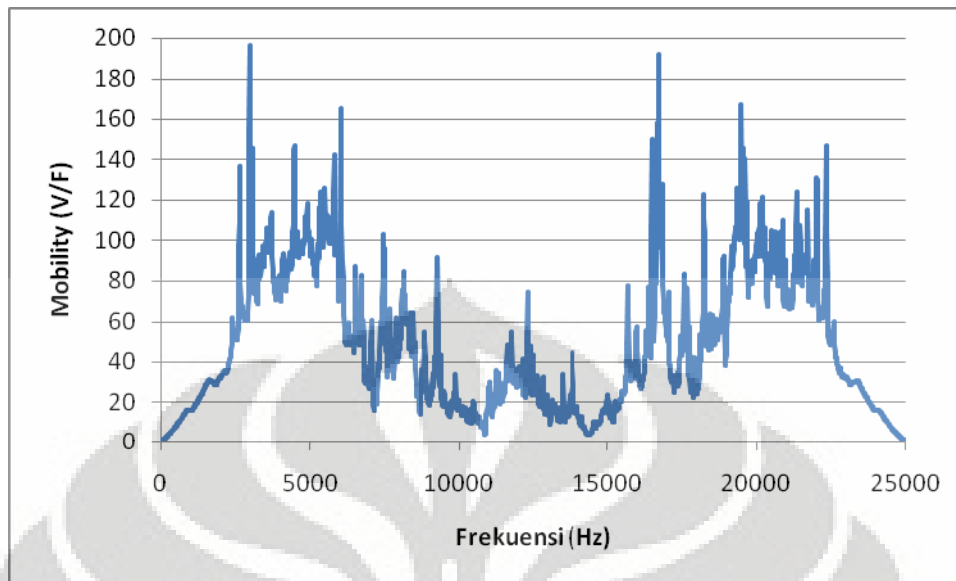


Gambar 4.351 Grafik metode stacking titik 6 Pile Cap As-4

Tabel 4.107 Analisa grafik metode stacking titik 6 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	4309,08	5993,65	1684,57	4000	1,19
2	5993,65	8337,40	2343,75	4000	0,85
3	8337,40	11938,48	3601,08	4000	0,55

4.3.2.1.7 Titik 7

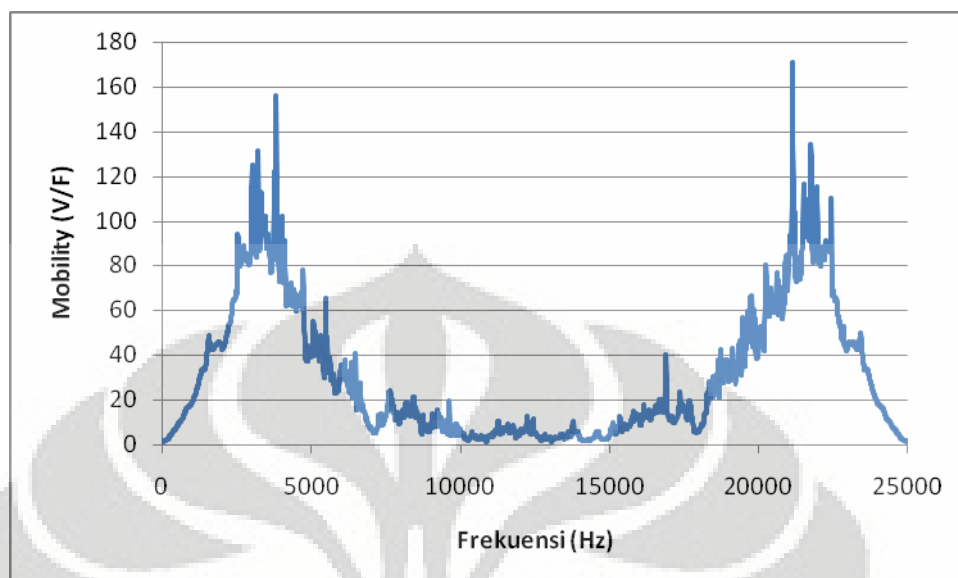


Gambar 4.352 Grafik metode stacking titik 7 Pile Cap As-4

Tabel 4.108 Analisa grafik metode stacking titik 7 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2978,52	4479,98	1501,46	4000	1,33
2	4479,98	6042,48	1562,50	4000	1,28
3	6042,48	7470,70	1428,22	4000	1,40

4.3.2.1.8 Titik 8

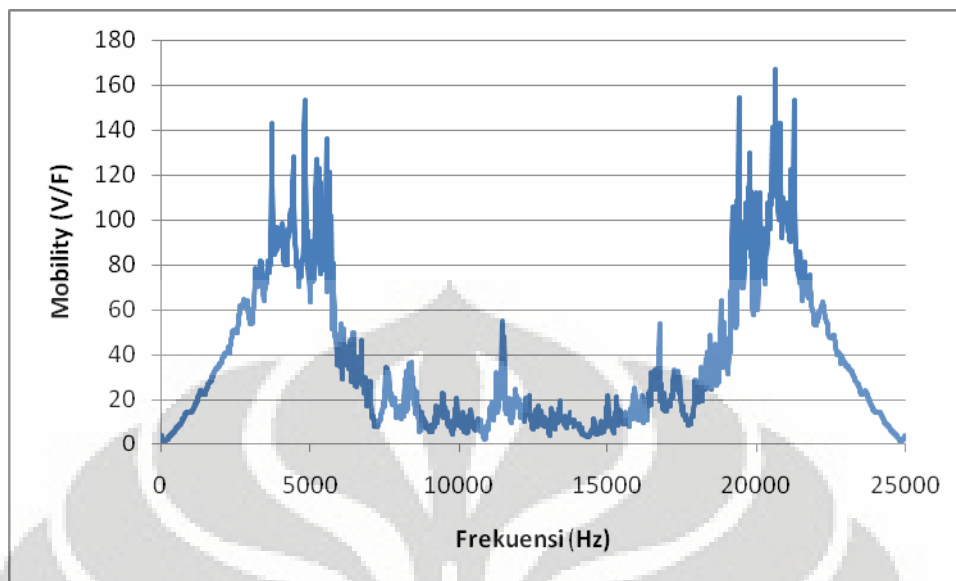


Gambar 4.353 Grafik metode stacking titik 8 Pile Cap As-4

Tabel 4.109 Analisa grafik metode stacking titik 8 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2539,06	3820,80	1281,74	4000	1,56
2	3820,80	5480,96	1660,16	4000	1,20
3	5480,96	8435,06	2954,10	4000	0,68

4.3.2.1.9 Titik 9

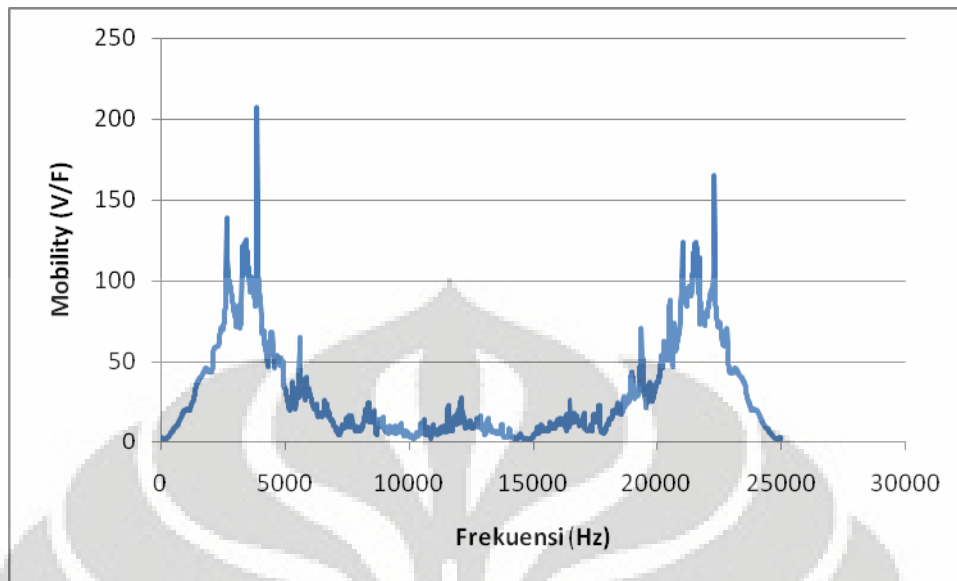


Gambar 4.354 Grafik metode stacking titik 9 Pile Cap As-4

Tabel 4.110 Analisa grafik metode stacking titik 9 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3723,14	5554,19	1831,05	4000	1,09
2	5554,19	8325,19	2771,00	4000	0,73
3	8325,19	11437,98	3112,79	4000	0,64

4.3.2.1.10 Titik 10

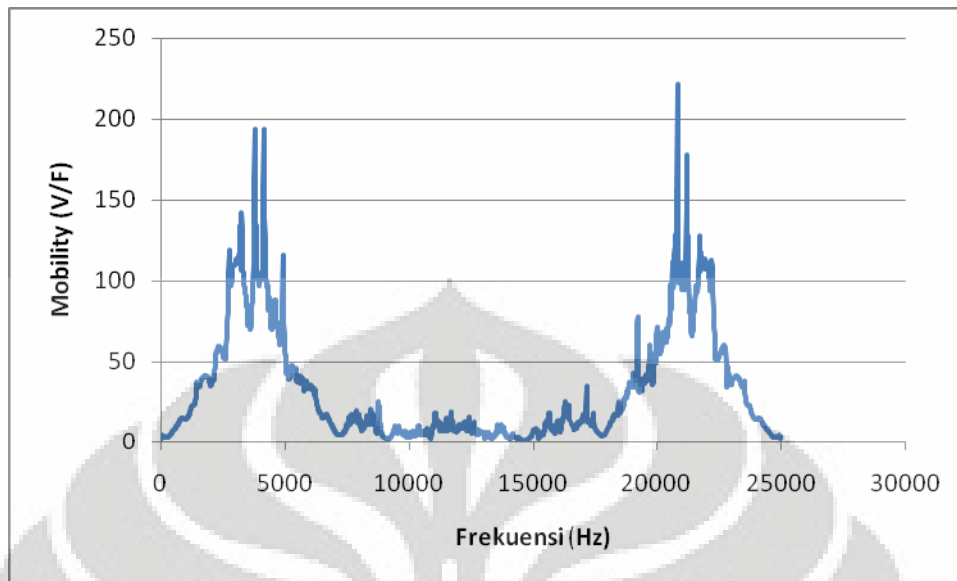


Gambar 4.355 Grafik metode stacking titik 10 Pile Cap As-4

Tabel 4.111 Analisa grafik metode stacking titik 10 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2661,13	3881,84	1220,71	4000	1,64
2	3881,84	5603,03	1721,19	4000	1,16
3	5603,03	8361,82	2758,79	4000	0,72

4.3.2.1.11 Titik 11

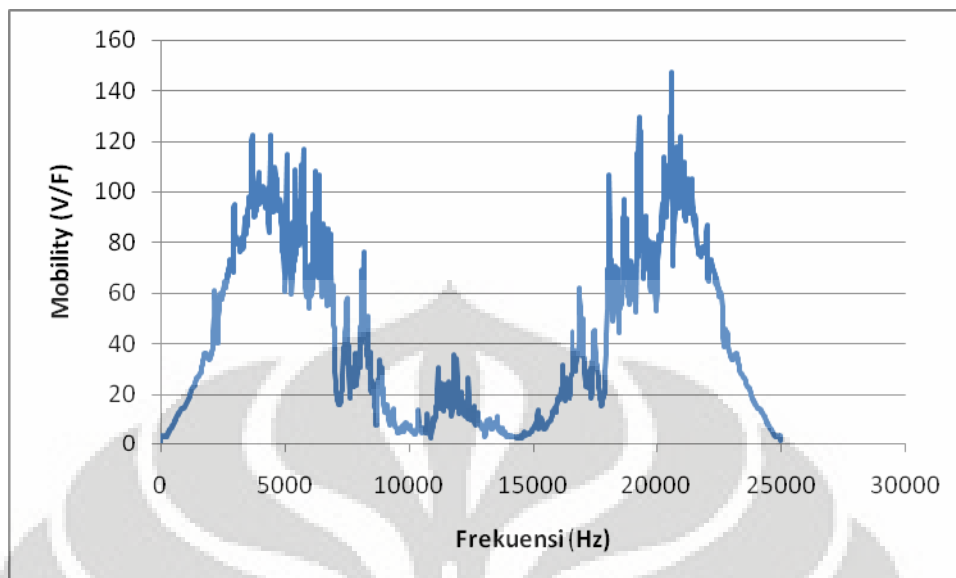


Gambar 4.356 Grafik metode stacking titik 11 Pile Cap As-4

Tabel 4.112 Analisa grafik metode stacking titik 11 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2758,79	3786,39	1027,60	4000	1,95
2	3786,39	4931,64	1145,25	4000	1,75
3	4931,64	8752,44	3820,80	4000	0,52

4.3.2.1.12 Titik 12



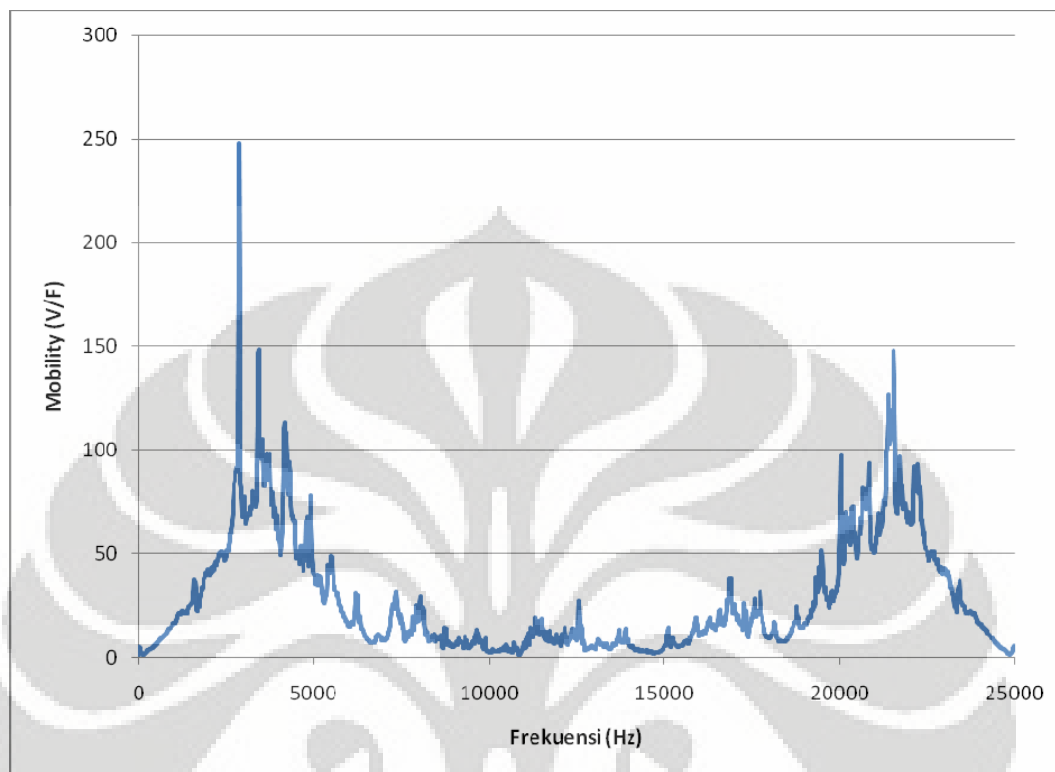
Gambar 4.357 Grafik metode stacking titik 12 Pile Cap As-4

Tabel 4.113 Analisa grafik metode stacking titik 12 pile cap As-4

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3674,32	5749,51	2075,19	4000	0,96
2	5749,51	8166,50	2416,99	4000	0,83
3	8166,50	11816,41	3649,91	4000	0,55

4.3.2.2 Pile Cap As-5

4.3.2.2.1 Titik 1

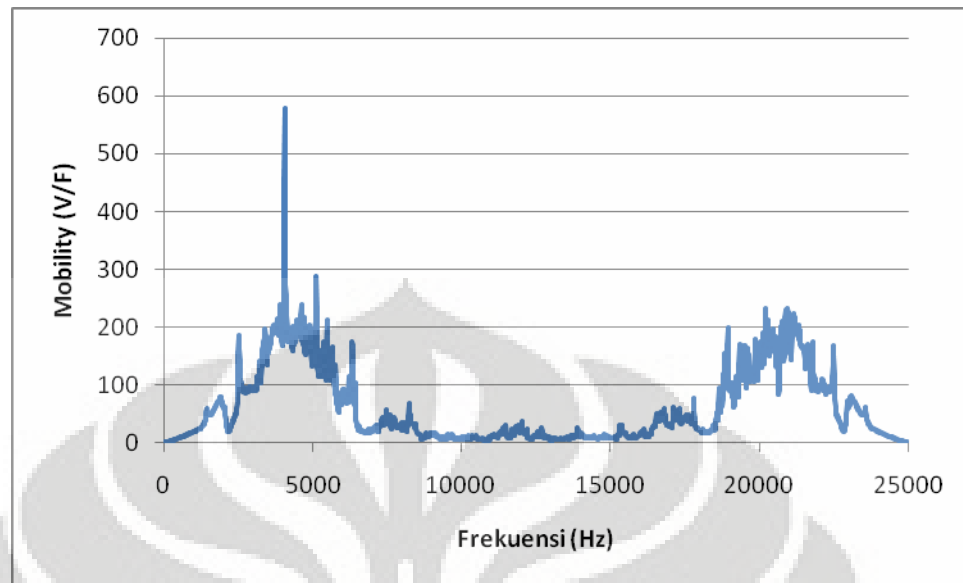


Gambar 4.358 Grafik metode stacking titik 1 Pile Cap As-5

Tabel 4.114 Analisa grafik metode stacking titik 1 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2880,96	4174,81	1293,85	4000	1,55
2	4174,81	5493,16	1318,35	4000	1,52
3	5493,16	7348,63	1855,47	4000	1,08

4.3.2.2.2 Titik 2

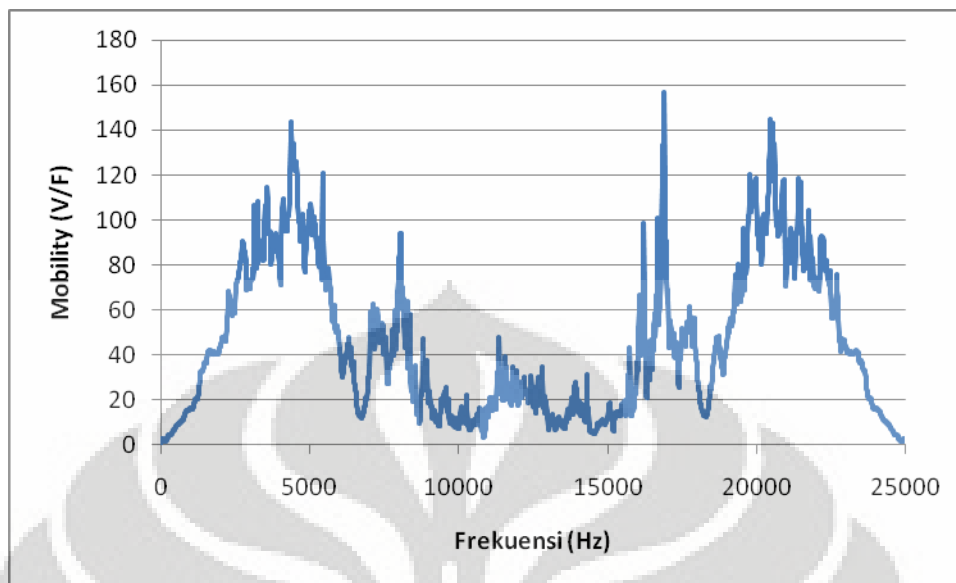


Gambar 4.359 Grafik metode stacking titik 2 Pile Cap As-5

Tabel 4.115 Analisa grafik metode stacking titik 2 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2526,86	4052,73	1525,87	4000	1,31
2	4052,73	5468,75	1416,02	4000	1,41
3	5468,75	8215,33	2746,58	4000	0,73

4.3.2.2.3 Titik 3

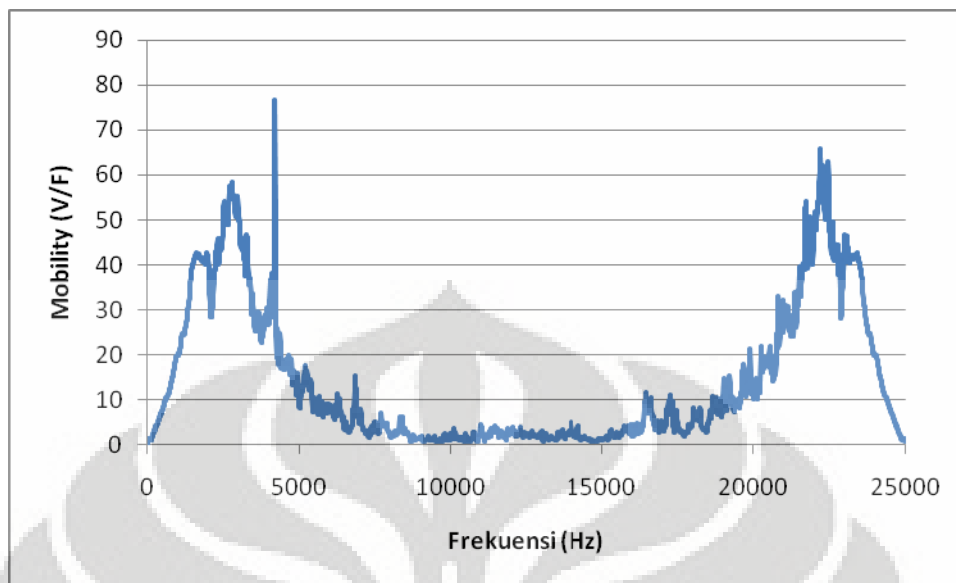


Gambar 4.360 Grafik metode stacking titik 3 Pile Cap As-5

Tabel 4.116 Analisa grafik metode stacking titik 3 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3247,07	4382,32	1135,25	4000	1,76
2	4382,32	5639,65	1257,33	4000	1,59
3	5639,65	7275,39	1635,74	4000	1,22

4.3.2.2.4 Titik 4

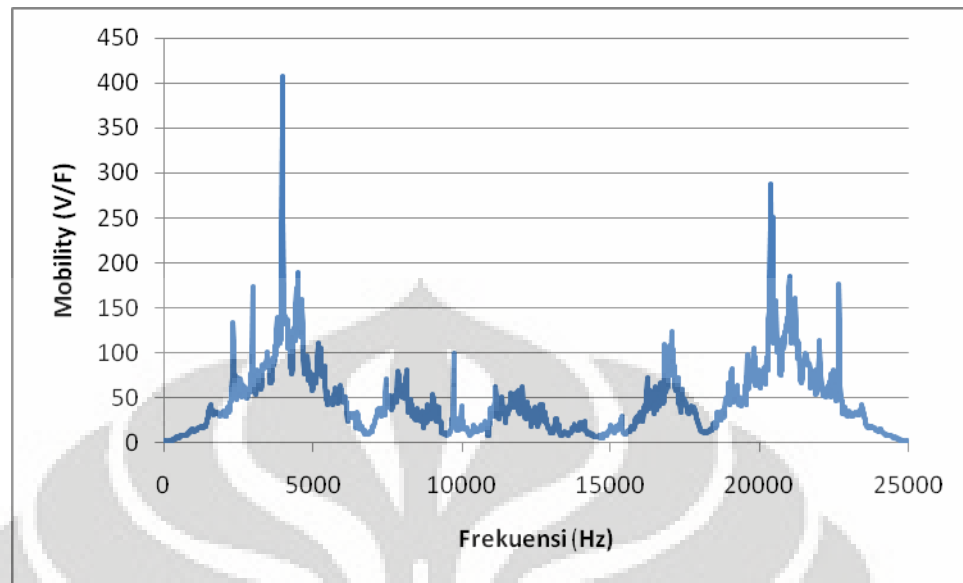


Gambar 4.361 Grafik metode stacking titik 4 Pile Cap As-5

Tabel 4.117 Analisa grafik metode stacking titik 4 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2807,62	4211,43	1403,81	4000	1,42
2	4211,43	6848,14	2636,71	4000	0,76
3	6848,14	8386,23	1538,09	4000	1,30

4.3.2.2.5 Titik 5

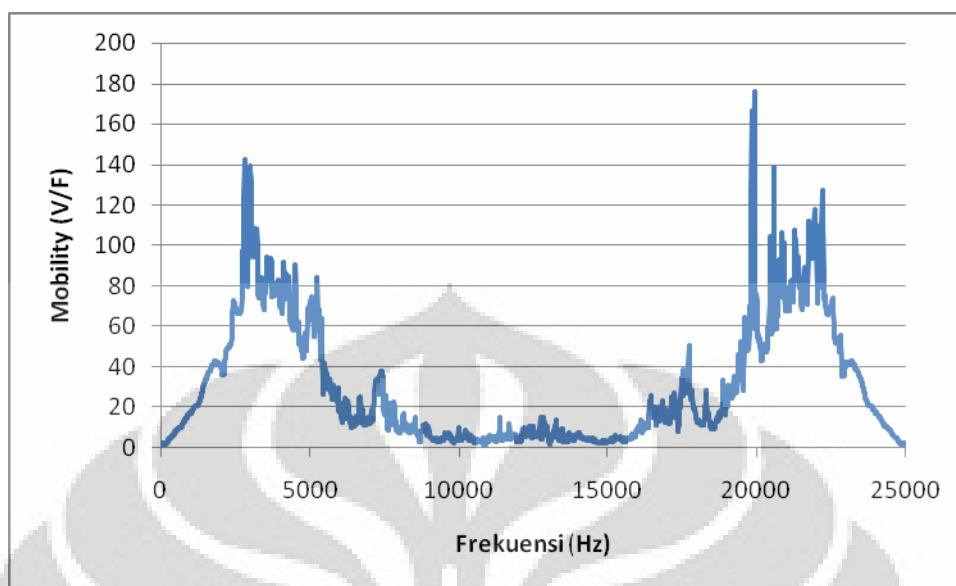


Gambar 4.362 Grafik metode stacking titik 5 Pile Cap As-5

Tabel 4.118 Analisa grafik metode stacking titik 5 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2331,54	3979,49	1647,95	4000	1,21
2	3979,49	5187,98	1208,49	4000	1,65
3	5187,98	7861,33	2673,35	4000	0,75

4.3.2.2.6 Titik 6

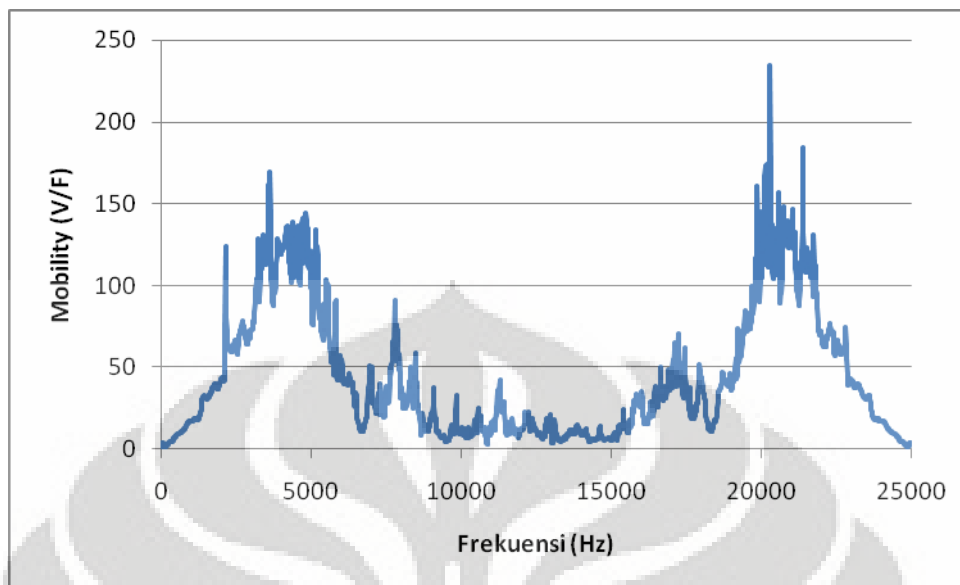


Gambar 4.363 Grafik metode stacking titik 6 Pile Cap As-5

Tabel 4.119 Analisa grafik metode stacking titik 6 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2807,62	5249,02	2441,40	4000	0,82
2	5249,02	7446,67	2197,65	4000	0,91
3	7446,67	11364,75	3918,08	4000	0,51

4.3.2.2.7 Titik 7

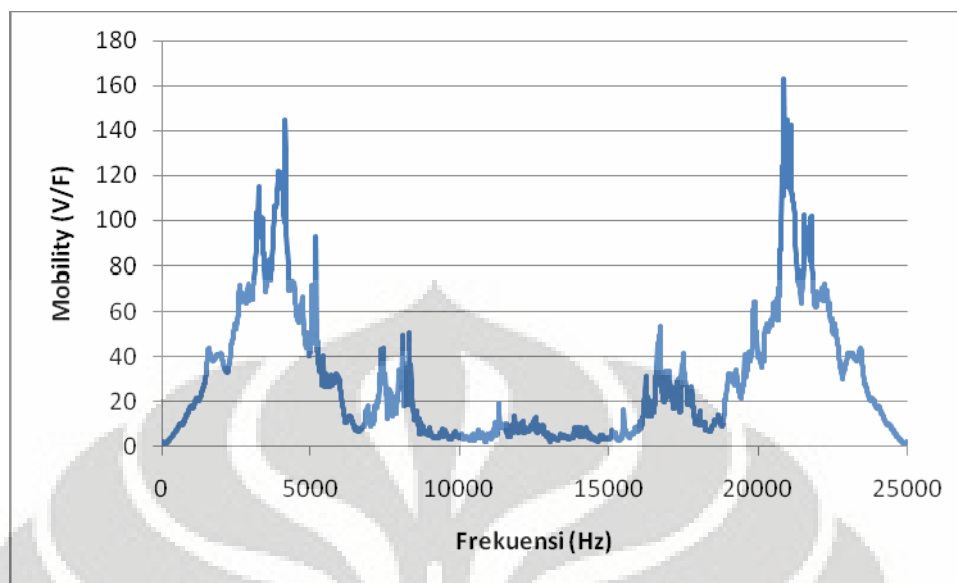


Gambar 4.364 Grafik metode stacking titik 7 Pile Cap As-5

Tabel 4.120 Analisa grafik metode stacking titik 7 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2160,64	3637,69	1477,05	4000	1,35
2	3637,69	5554,19	1916,50	4000	1,04
3	5554,19	7788,09	2233,90	4000	0,90

4.3.2.2.8 Titik 8

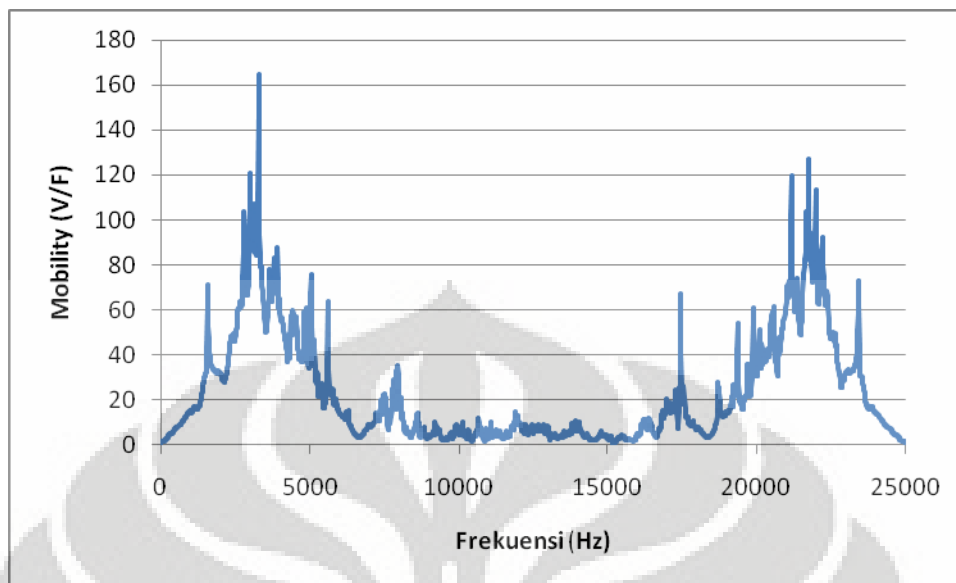


Gambar 4.365 Grafik metode stacking titik 8 Pile Cap As-5

Tabel 4.121 Analisa grafik metode stacking titik 8 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1867,68	3283,69	1416,01	4000	1,41
2	3283,69	4174,80	891,11	4000	2,24
3	4174,80	5200,19	1025,39	4000	1,95

4.3.2.2.9 Titik 10

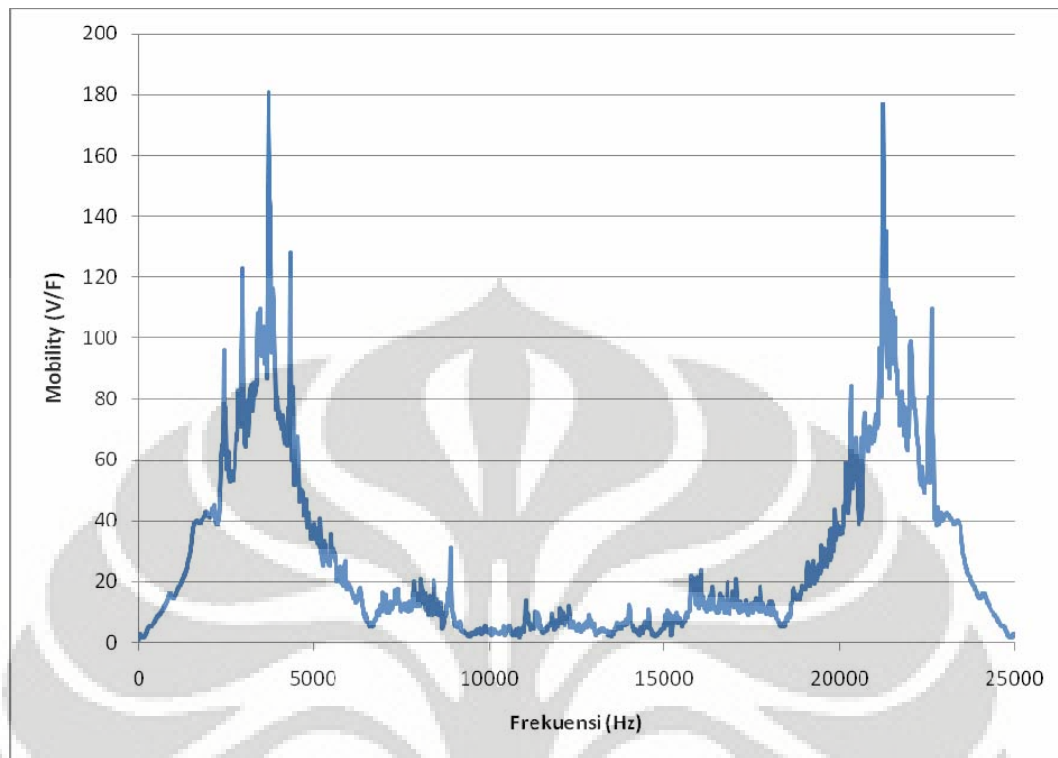


Gambar 4.366 Grafik metode stacking titik 10 Pile Cap As-5

Tabel 4.122 Analisa grafik metode stacking titik 10 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1574,71	3295,89	1721,18	4000	1,16
2	3295,89	5041,50	1745,61	4000	1,14
3	5041,50	7946,78	2905,28	4000	0,69

4.3.2.2.10 Titik 11

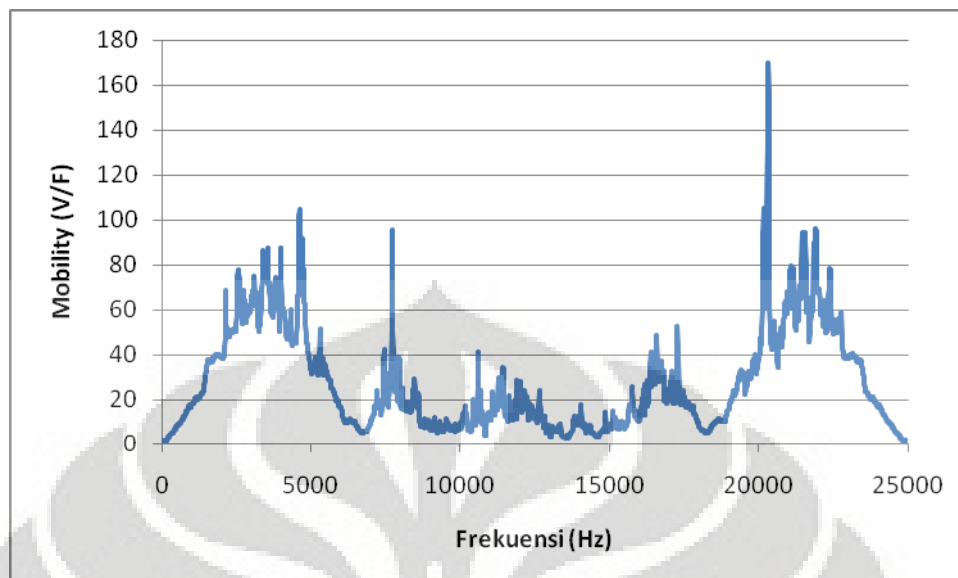


Gambar 4.367 Grafik metode stacking titik 11 Pile Cap As-5

Tabel 4.123 Analisa grafik metode stacking titik 11 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2429,20	3710,94	1281,74	4000	1,56
2	3710,94	4333,50	622,56	4000	3,21
3	4333,50	8898,93	4565,43	4000	0,43

4.3.2.2.11 Titik 12

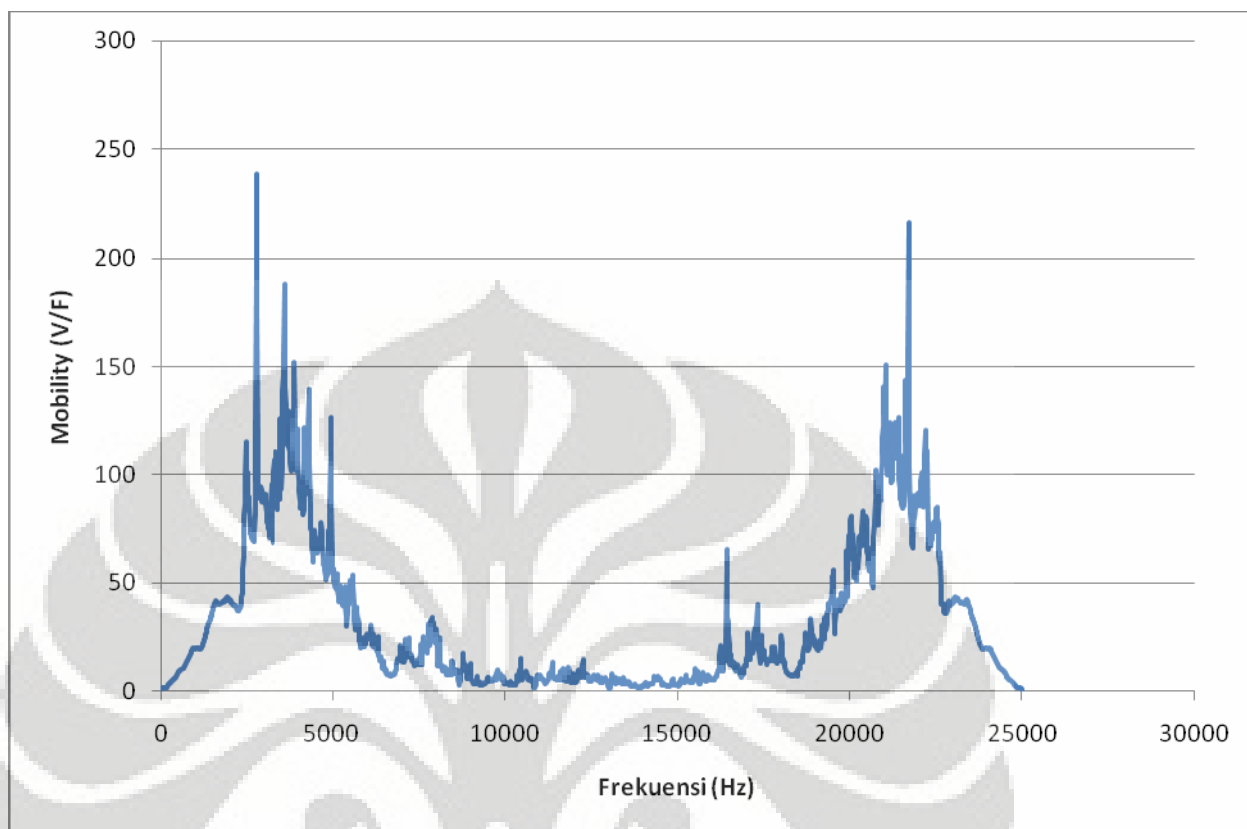


Gambar 4.368 Grafik metode stacking titik 12 Pile Cap As-5

Tabel 4.124 Analisa grafik metode stacking titik 12 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2148,44	4626,40	2477,96	4000	0,81
2	4626,40	7727,05	3100,65	4000	0,64
3	7727,05	10607,91	2880,86	4000	0,69

4.3.2.2.12 Titik 13

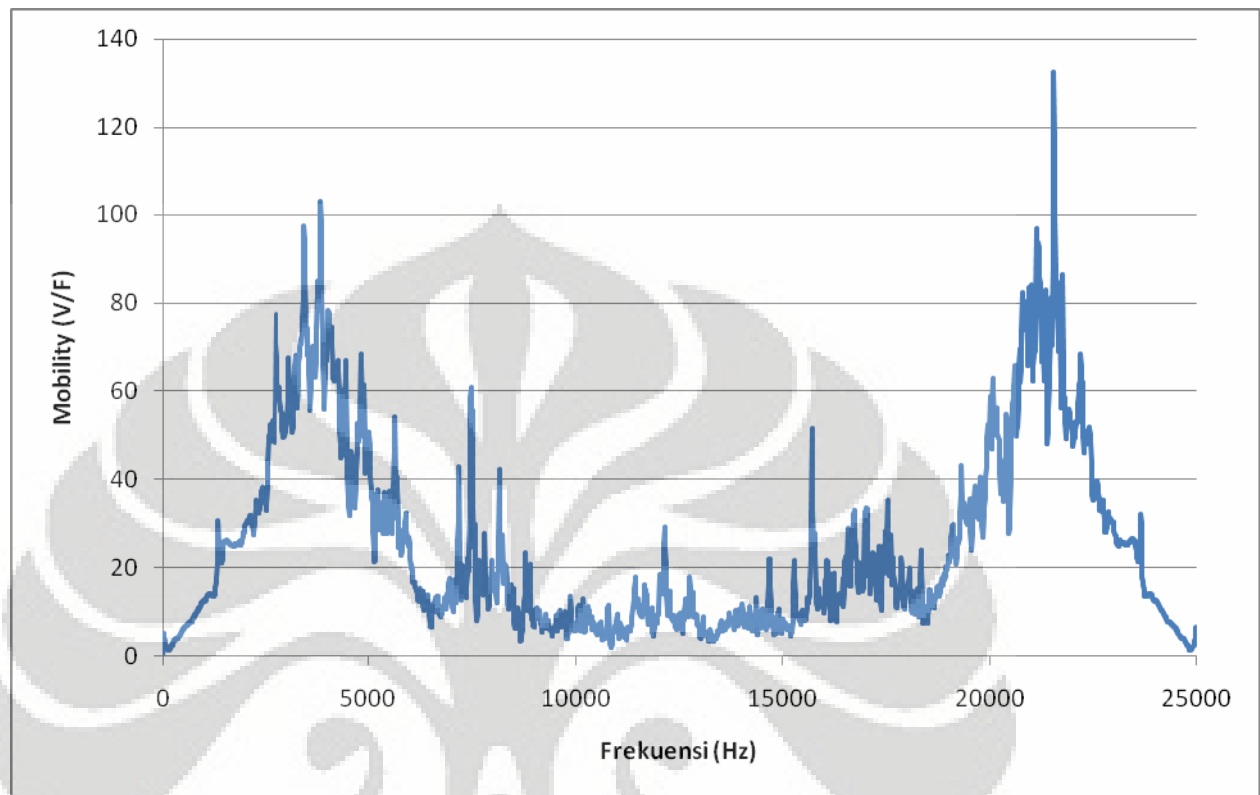


Gambar 4.369 Grafik metode stacking titik 13 Pile Cap As-5

Tabel 4.125 Analisa grafik metode stacking titik 13 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2783,20	4345,70	1562,50	4000	1,28
2	4345,70	5139,16	793,46	4000	2,52
3	5139,16	7861,33	2722,17	4000	0,74

4.3.2.2.13 Titik 14

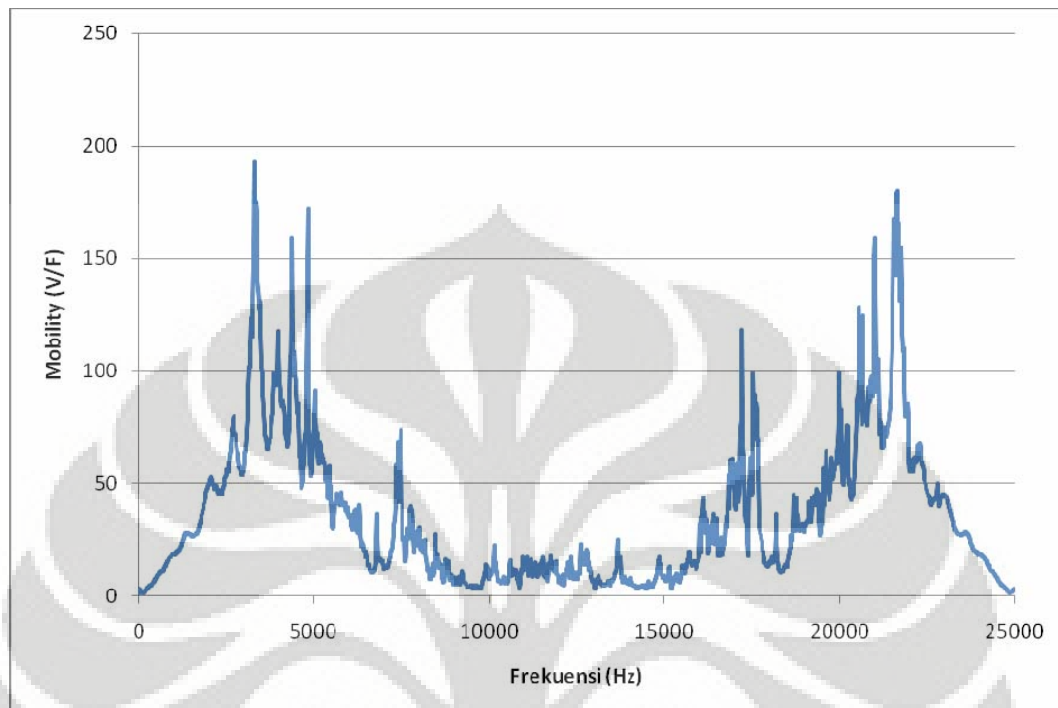


Gambar 4.370 Grafik metode stacking titik 14 Pile Cap As-5

Tabel 4.126 Analisa grafik metode stacking titik 14 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2746,58	3845,21	1098,63	4000	1,82
2	3845,21	5639,65	1794,44	4000	1,11
3	5639,65	7482,91	1843,26	4000	1,08

4.3.2.2.14 Titik 15

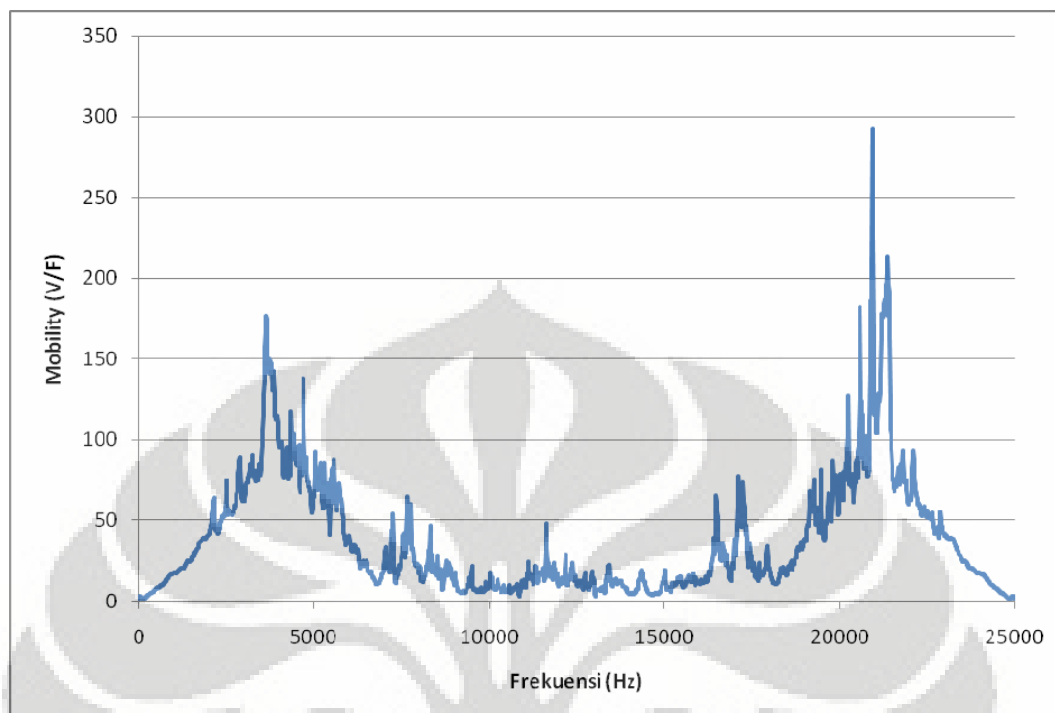


Gambar 4.371 Grafik metode stacking titik 15 Pile Cap As-5

Tabel 4.127 Analisa grafik metode stacking titik 15 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3295,89	4846,19	1550,30	4000	1,29
2	4846,19	7482,91	2636,72	4000	0,76
3	7482,91	10144,05	2661,14	4000	0,75

4.3.2.2.15 Titik 16

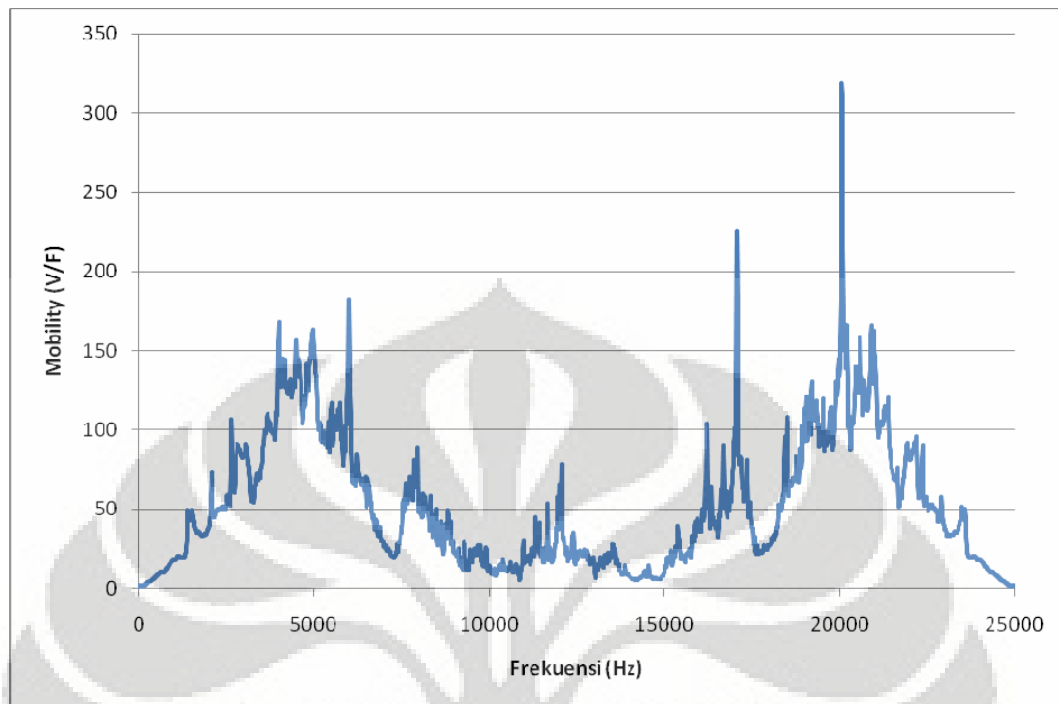


Gambar 4.372 Grafik metode stacking titik 16 Pile Cap As-5

Tabel 4.128 Analisa grafik metode stacking titik 16 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3637,69	5578,61	1940,92	4000	1,03
2	5578,61	7678,22	2099,61	4000	0,95
3	7678,22	11633,30	3955,08	4000	0,51

4.3.2.2.16 Titik 17

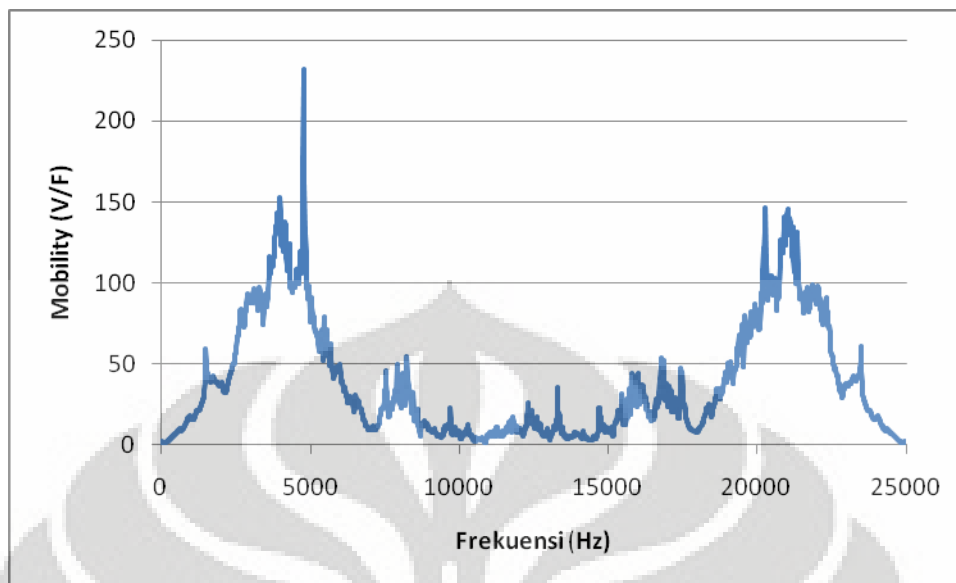


Gambar 4.373 Grafik metode stacking titik 17 Pile Cap As-5

Tabel 4.129 Analisa grafik metode stacking titik 17 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1501,46	2636,72	1135,26	4000	1,76
2	2636,72	4016,11	1379,39	4000	1,45
3	4016,11	5993,65	1977,54	4000	1,02

4.3.2.2.17 Titik 18

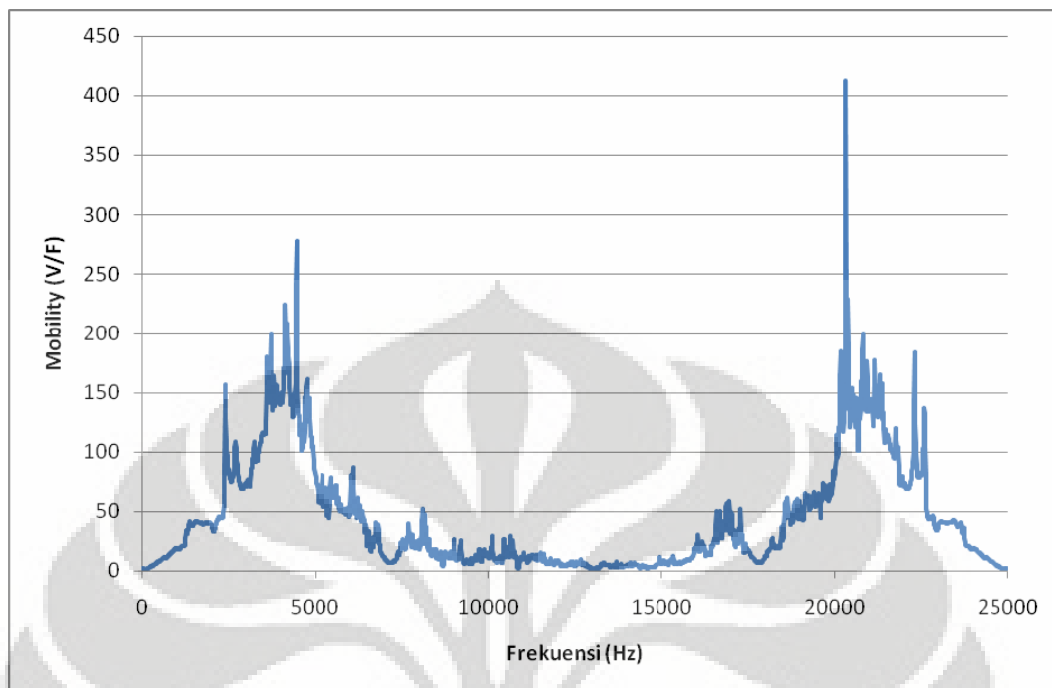


Gambar 4.374 Grafik metode stacking titik 18 Pile Cap As-5

Tabel 4.130 Analisa grafik metode stacking titik 18 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1513,67	4003,91	2490,24	4000	0,80
2	4003,91	4797,36	793,45	4000	2,52
3	4797,36	7910,16	3112,80	4000	0,64

4.3.2.2.18 Titik 19

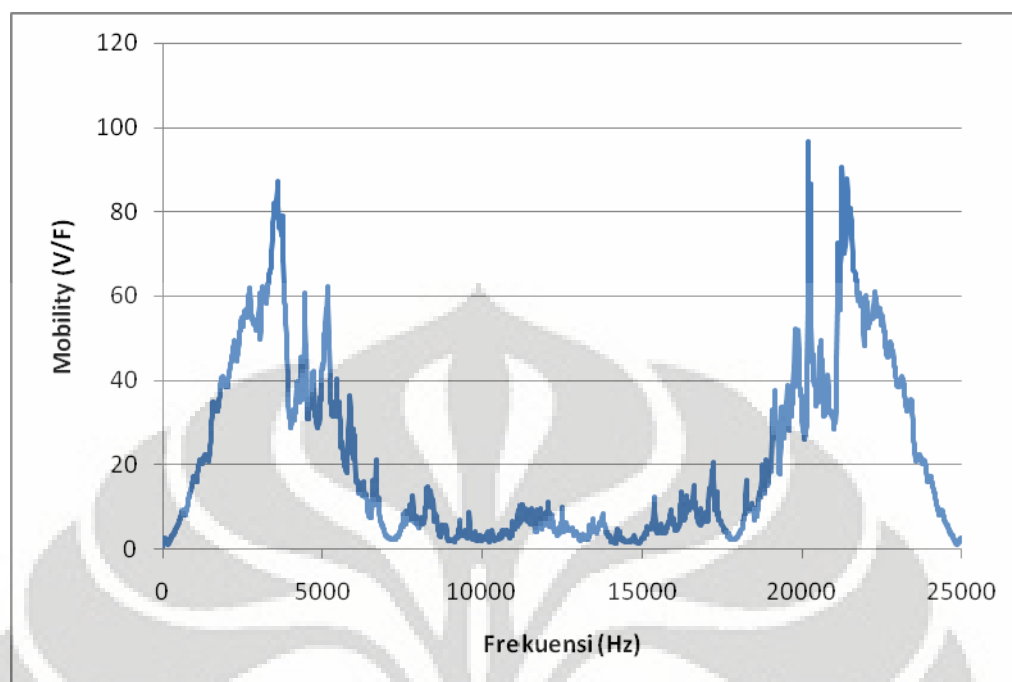


Gambar 4.375 Grafik metode stacking titik 19 Pile Cap As-5

Tabel 4.131 Analisa grafik metode stacking titik 19 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	2416,99	4467,77	2050,78	4000	0,98
2	4467,77	6115,72	1647,95	4000	1,21
3	6115,72	8105,49	1989,77	4000	1,00

4.3.2.2.19 Titik 20

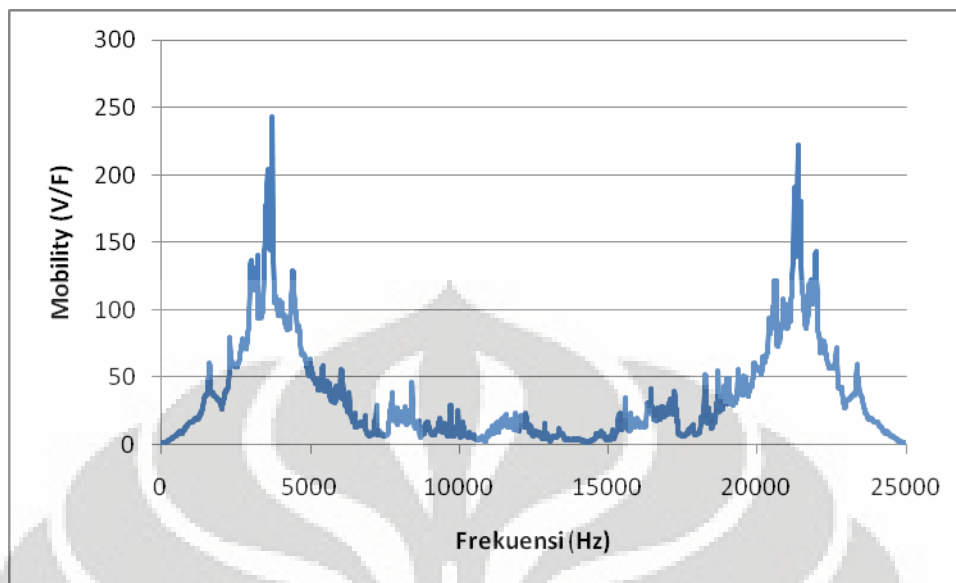


Gambar 4.376 Grafik metode stacking titik 20 Pile Cap As-5

Tabel 4.132 Analisa grafik metode stacking titik 20 pile cap As-5

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	3601,07	5175,78	1574,71	4000	1,27
2	5175,78	6689,45	1513,67	4000	1,32
3	6689,45	8410,64	1721,19	4000	1,16

4.3.2.2.20 Titik 21



Gambar 4.377 Grafik metode stacking titik 21 Pile Cap As-5

Tabel 4.133 Analisa grafik metode stacking titik 21 pile cap As-5

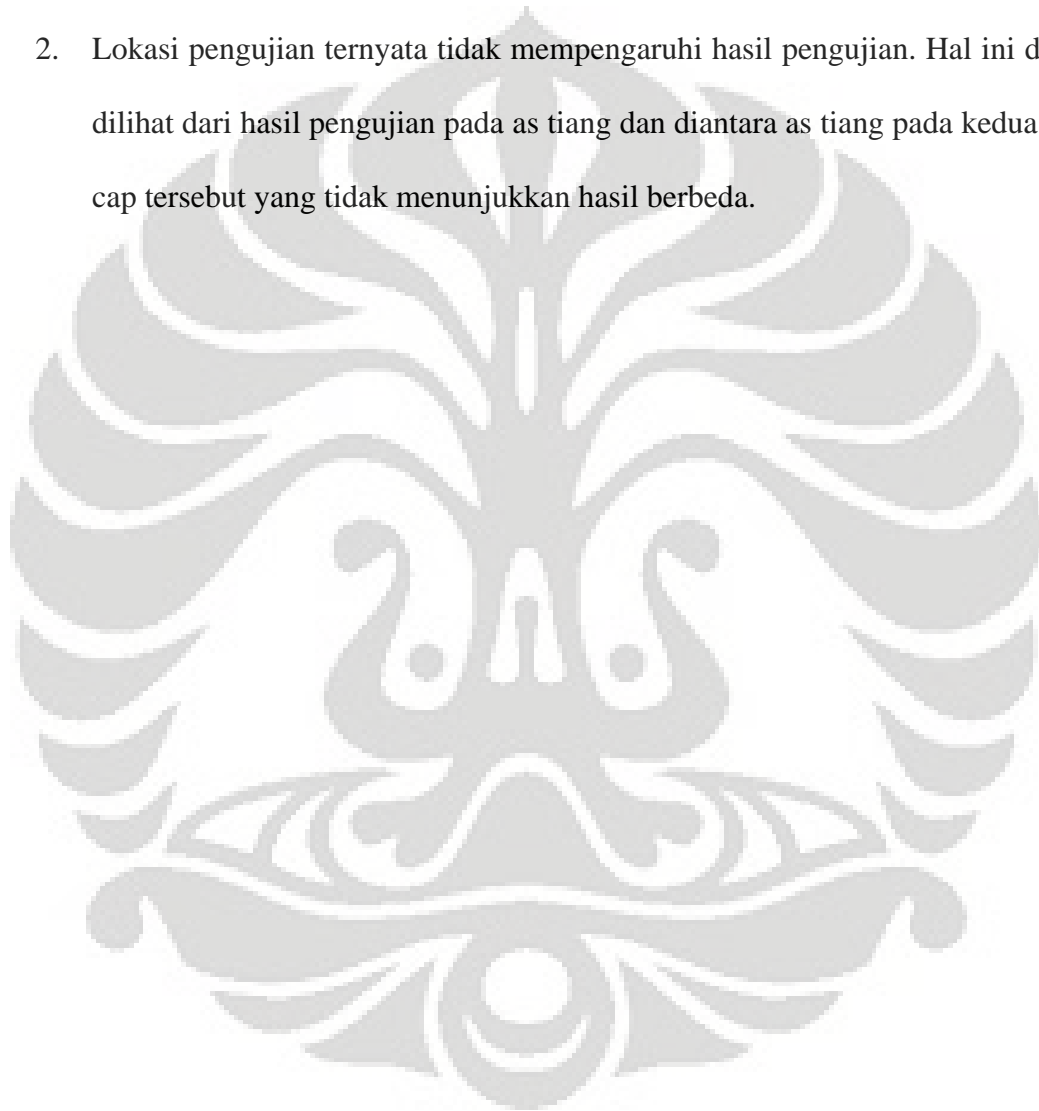
Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	1647,95	3747,56	2099,61	4000	0,95
2	3747,56	4455,57	708,01	4000	2,82
3	4455,57	6091,31	1635,74	4000	1,22

Tabel 4.134 Tabel pengujian tebal pile cap dengan metode stacking pada pile cap as-4 dan pile cap as-5

PILECAP	LOKASI TITIK	METODE FREQUENCY DOMAIN							
		Metode Stacking							
		L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	SD (m)	Average (m)	Min (m)	Max (m)	
File Cap I (As- 4)	Astiang								
	Titik 1	1,24	0,75	0,56	0,352	0,9	0,6	1,2	
	Titik 2	1,21	0,85	0,82	0,218	1,0	0,8	1,2	
	Titik 3	1,12	1,20	1,56	0,233	1,3	1,1	1,6	
	Titik 4	2,82	0,77	0,83	1,170	1,5	0,8	2,8	
	Titik 5	1,61	1,23	0,89	0,358	1,2	0,9	1,6	
	Titik 6	1,19	0,85	0,56	0,316	0,9	0,6	1,2	
	Average (m)	1,53	0,94	0,87					
	Standar deviasi (m)	0,66	0,22	0,37					
	Min (m)	1,12	0,75	0,56					
	Max (m)	2,82	1,23	1,56					
	Diantara Astiang								
	Titik 7	1,33	1,28	1,40	0,060	1,3	1,3	1,4	
	Titik 8	1,56	1,20	0,68	0,444	1,1	0,7	1,6	
	Titik 9	1,09	0,72	0,64	0,240	0,8	0,6	1,1	
	Titik 10	1,64	1,16	0,72	0,457	1,2	0,7	1,6	
	Titik 11	1,95	1,75	0,52	0,770	1,4	0,5	1,9	
	Titik 12	0,96	0,83	0,55	0,212	0,8	0,5	1,0	
	Average (m)	1,42	1,16	0,75					
	Standar deviasi (m)	0,37	0,36	0,33					
Min (m)	0,96	0,72	0,52						
Max (m)	1,95	1,75	1,40						
File Cap II (As- 5)	Astiang								
	Titik 1	1,55	1,52	1,08	0,262	1,4	1,1	1,5	
	Titik 2	1,31	1,41	0,73	0,369	1,2	0,7	1,4	
	Titik 3	1,76	1,59	1,22	0,275	1,5	1,2	1,8	
	Titik 4	1,42	0,76	1,30	0,354	1,2	0,8	1,4	
	Titik 5	1,21	1,65	0,75	0,453	1,2	0,7	1,7	
	Titik 6	0,82	0,91	0,51	0,209	0,7	0,5	0,9	
	Titik 7	1,35	1,04	0,90	0,234	1,1	0,9	1,4	
	Titik 8	1,41	2,24	1,95	0,422	1,9	1,4	2,2	
	Titik 10	1,16	1,15	0,69	0,269	1,0	0,7	1,2	
	Titik 11	1,56	3,21	0,44	1,396	1,7	0,4	3,2	
	Titik 12	0,81	0,65	0,69	0,083	0,7	0,6	0,8	
	Average (m)	1,31	1,47	0,93					
	Standar deviasi (m)	0,30	0,74	0,44					
	Min (m)	0,81	0,65	0,44					
	Max (m)	1,76	3,21	1,95					
	Diantara Astiang								
	Titik 13	1,28	2,52	0,73	0,915	1,5	0,7	2,5	
	Titik 14	1,82	1,11	1,09	0,416	1,3	1,1	1,8	
	Titik 15	1,29	0,76	0,75	0,309	0,9	0,8	1,3	
	Titik 16	1,03	0,95	0,51	0,283	0,8	0,5	1,0	
Titik 17	1,76	1,45	1,01	0,377	1,4	1,0	1,8		
Titik 18	0,80	2,52	0,64	1,041	1,3	0,6	2,5		
Titik 19	0,98	1,21	1,01	0,130	1,1	1,0	1,2		
Titik 20	1,27	1,32	1,16	0,081	1,3	1,2	1,3		
Titik 21	0,95	2,82	1,22	1,012	1,7	1,0	2,8		
Average (m)	1,24	1,63	0,90						
Standar deviasi (m)	0,35	0,77	0,25						
Min (m)	0,80	0,76	0,51						
Max (m)	1,82	2,82	1,22						

Dari hasil analisa pada kedua pile cap (As-4 dan As-5) dengan menggunakan metode stacking didapatkan hasil :

1. Nilai pengujian pada kedua pile cap sudah menunjukkan keseragaman hasil, yaitu mendekati tebal pile cap sebenarnya = 1,5 m walaupun masih ditemui ketidakseragaman hasil.
2. Lokasi pengujian ternyata tidak mempengaruhi hasil pengujian. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian pada as tiang dan diantara as tiang pada kedua pile cap tersebut yang tidak menunjukkan hasil berbeda.



Tabel 4.135 Rangkuman hasil metode time domain dan frequency domain pada pile cap as-4 dan pile cap as-5

PILE CAP	LOKAS TITIK	METODE TIME DOMAIN												METODE FREQUENCY DOMAIN								
		Metode Average				Metode Stacking				Metode Analisa Profil				Metode Average				Metode Stacking				
		Average (m)	SD (m)	Ave - SD (m)	Ave + SD (m)	Average (m)	SD (m)	Ave - SD (m)	Ave + SD (m)	Average (m)	SD (m)	Ave - SD (m)	Ave + SD (m)	Average (m)	SD (m)	Ave - SD (m)	Ave + SD (m)	Average (m)	SD (m)	Ave - SD (m)	Ave + SD (m)	
Pile Cap I (As- 4)	Astiang																					
	Titik 1	3,52	2,11	1,41	4,93	3,51	1,88	1,63	5,39	2,4	0,083	2,3	2,5	0,9	0,244	0,6	1,1	0,9	0,352	0,5	1,2	
	Titik 2	3,04	1,39	1,65	4,69	3,01	1,51	1,50	4,53	2,5	0,074	2,4	2,5	1,1	0,405	0,7	1,5	1,0	0,218	0,7	1,2	
	Titik 3	2,09	0,33	1,77	3,86	2,52	0,18	2,34	2,70	2,6	0,074	2,6	2,7	1,7	1,168	0,5	2,8	1,3	0,233	1,1	1,5	
	Titik 4	2,12	0,64	1,48	3,60	2,49	0,69	1,80	3,18	2,4	0,035	2,4	2,4	0,9	0,226	0,7	1,2	1,5	1,170	0,3	2,6	
	Titik 5	2,09	0,48	1,61	3,71	2,19	0,42	1,77	2,61	2,5	0,035	2,5	2,5	2,1	1,356	0,7	3,4	1,2	0,358	0,9	1,6	
	Titik 6	2,43	0,43	2,00	4,43	2,44	0,60	1,84	3,04	2,7	0,141	2,5	2,8	1,5	0,201	1,3	1,7	0,9	0,316	0,5	1,2	
	Diantara Astiang																					
	Titik 7	2,28	0,50	1,78	4,06	2,03	0,54	1,48	2,57					1,1	0,159	1,0	1,3	1,3	0,060	1,3	1,4	
	Titik 8	2,35	0,39	1,95	4,30	2,11	0,37	1,74	2,48					0,9	0,103	0,8	1,0	1,1	0,444	0,7	1,6	
	Titik 9	2,13	0,37	1,76	3,90	2,11	0,48	1,63	2,59					1,5	0,853	0,7	2,4	0,8	0,240	0,6	1,1	
	Titik 10	1,95	0,28	1,67	3,61	1,93	0,28	1,65	2,22					0,8	0,118	0,7	0,9	1,2	0,457	0,7	1,6	
Titik 11	2,89	0,90	1,99	4,89	2,93	0,91	2,03	3,84					1,1	0,400	0,7	1,5	1,4	0,770	0,6	2,2		
Titik 12	3,37	1,14	2,24	5,61	3,08	1,18	1,90	4,26					0,9	0,718	0,2	1,7	0,8	0,212	0,6	1,0		
Pile Cap II (As- 5)	Astiang																					
	Titik 1	2,25	0,36	1,89	4,14	2,17	0,52	1,65	2,69	2,6	0,127	2,4	2,7	1,8	1,799	0,0	3,6	1,4	0,262	1,1	1,6	
	Titik 2	2,19	0,46	1,73	3,91	2,21	0,09	2,12	2,31	2,7	0,000	2,7	2,7	1,4	0,126	1,3	1,5	1,2	0,369	0,8	1,5	
	Titik 3	3,81	1,36	2,45	6,27	3,69	1,94	1,76	5,63	2,5	0,076	2,4	2,5	1,0	0,198	0,8	1,2	1,5	0,275	1,2	1,8	
	Titik 4	2,89	1,14	1,76	4,65	3,77	1,41	2,37	5,18	2,4	0,038	2,3	2,4	1,3	0,546	0,7	1,8	1,2	0,354	0,8	1,5	
	Titik 5	2,04	0,21	1,83	3,87	1,96	0,34	1,62	2,30	2,6	0,079	2,5	2,6	1,1	0,521	0,6	1,6	1,2	0,453	0,8	1,7	
	Titik 6	2,13	0,77	1,37	3,50	2,09	0,70	1,39	2,79	2,8	0,038	2,7	2,8	1,5	1,300	0,2	2,8	0,7	0,209	0,5	1,0	
	Titik 7	2,17	0,79	1,39	3,56	3,15	0,72	2,43	3,87	2,6	0,000	2,6	2,6	1,8	1,860	-0,1	3,6	1,1	0,234	0,9	1,3	
	Titik 8	2,01	0,43	1,58	3,60	2,03	0,73	1,30	2,75	2,6	0,038	2,5	2,6	1,5	0,014	1,5	1,5	1,9	0,422	1,4	2,3	
	Titik 10	4,11	1,49	2,62	6,72	4,11	1,74	2,36	5,85	2,8	0,095	2,7	2,9	1,0	0,214	0,8	1,2	1,0	0,269	0,7	1,3	
	Titik 11	2,21	0,24	1,97	4,18	1,99	0,55	1,44	2,53	2,7	0,038	2,6	2,7	1,2	0,350	0,8	1,5	1,7	1,396	0,3	3,1	
	Titik 12	3,56	1,13	2,43	5,99	3,39	1,10	2,29	4,49	2,6	0,100	2,5	2,7	0,6	0,018	0,6	0,6	0,7	0,083	0,6	0,8	
	Diantara Astiang																					
Titik 13	2,08	0,24	1,84	3,92	2,01	0,32	1,69	2,34					1,4	0,912	0,5	2,3	1,5	0,915	0,6	2,4		
Titik 14	2,57	1,21	1,37	3,94	2,07	0,58	1,49	2,64					0,9	0,417	0,5	1,3	1,3	0,416	0,9	1,8		
Titik 15	2,05	0,79	1,26	3,31	2,09	0,18	1,91	2,27					0,7	0,215	0,5	0,9	0,9	0,309	0,6	1,2		
Titik 16	2,01	0,22	1,79	3,81	2,16	0,24	1,92	2,40					1,4	0,744	0,6	2,1	0,8	0,283	0,5	1,1		
Titik 17	2,00	0,59	1,41	3,41	2,05	1,12	0,93	3,17					1,2	0,812	0,4	2,0	1,4	0,377	1,0	1,8		
Titik 18	2,00	0,49	1,51	3,51	2,13	0,28	1,85	2,41					1,1	0,512	0,6	1,6	1,3	1,041	0,3	2,4		
Titik 19	1,96	0,73	1,23	3,19	1,93	0,58	1,35	2,52					1,4	0,615	0,8	2,0	1,1	0,130	0,9	1,2		
Titik 20	2,09	0,62	1,47	3,57	2,09	0,58	1,51	2,68					1,7	0,214	1,5	1,9	1,3	0,081	1,2	1,3		
Titik 21	1,96	0,61	1,35	3,31	2,04	0,81	1,23	2,85					1,2	0,847	0,4	2,1	1,7	1,012	0,7	2,7		

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisa grafik pada bab sebelumnya yaitu dengan cara membandingkan dua metode yang digunakan yaitu :

1. Metode time domain, yang terdiri dari :
 - a. Metode average (memakai hasil average yang dapat dihasilkan langsung dari alat pada saat pengujian langsung).
 - b. Metode stacking (metode menggabungkan hasil gelombang dari 6 pukulan).
 - c. Metode analisa profil (menganalisa dengan memperhatikan impedansi pada tiang).
2. Metode frequency domain, yang terdiri dari :
 - a. Metode average (memakai hasil average yang dapat dihasilkan langsung dari alat pada saat pengujian langsung).
 - b. Metode stacking (metode menggabungkan hasil gelombang dari 6 pukulan).

Dari tabel rangkuman pada bab sebelumnya didapatkan hasil bahwa :

1. Metode time domain :
 - a. Metode ini belum bisa menunjukkan hasil yang mendekati tebal pile cap sebenarnya, hal ini dapat dilihat dari analisa hasil metode average dan stacking.
 - b. Tetapi pada metode analisa profil dapat dilihat bahwa lokasi pengujian sangat berpengaruh, karena posisi pengujian yang berada diantara as tiang tidak dapat menampilkan perubahan impedansi dibandingkan lokasi pengujian yang berada pada as tiang, hal ini mengindikasikan adanya tiang dibawah konstruksi pile cap.
 - c. Panjang tiang dibawah konstruksi pile cap belum dapat ditentukan.
2. Metode frequency domain
 - a. Metode ini sudah menunjukkan hasil yang mendekati tebal pile cap sebenarnya walaupun belum menunjukkan hasil yang seragam, hal ini dapat dilihat dari analisa hasil metode average dan stacking.
 - b. Panjang tiang dibawah konstruksi pile cap belum dapat ditentukan.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa alat PIT tersebut dapat diaplikasikan pada konstruksi grup tiang dengan pile cap, hanya data yang dihasilkan terbatas dikarenakan :

- a. Tebal pile cap yang cukup besar ($\pm 1,5$ m).
- b. Posisi pengetesan pada pile cap yang mungkin tidak tepat diatas as tiang langsung.

5.2 SARAN

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Sebaiknya posisi sambungan pada tiang lebih diperhatikan pelaksanaannya.
2. Pada saat pengetesan :
 - a. Jarak antara *accelerometer* dengan *hammer* sebaiknya konstan.
 - b. Sebaiknya diujicoba dengan 2 *accelerometer* agar dapat membandingkan hasil grafik yang didapatkan dari kedua *accelerometer* akibat *impact* dari *hammer* yang terjadi, dan juga bisa digunakan sebagai alat pembanding hasil diantara kedua gelombang tersebut.



DAFTAR REFERENSI

Huoo Ni, Sheng; Lehmann, Lutz; Jy Charng, Jeng; Feng Lo, Kuo. 2006. *Low-Strain Integrity Testing of Drilled Piles with High Slenderness Ratio*. Journal of Science Direct, Computers and Geotechnics.

Finno, J. R.; Gassman L. S. 1998. *Impulse Response Evaluation of Drilled Shaft*. Northwestern University, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.

Gassman, L. S.; Finno, R. J. 2000. *Cutoff Frequencies for Impulse Response Test of Existing Foundation*. Northwestern University, Journal of Performance of Constructed Facilities.

Baxter, S. C.; Islam, M. O.; Gassman, L. S. 2004. *Impulse Response Evaluation of Drilled Shaft with Pile Caps: Modelling and Experiment*. Canadian Journal of Civil Engineering.

Olson, Larry D; Jalinoos, Farrokh; Aouad, Marwan F. 1998. *Determination of Unknown Subsurface Bridge Foundation*. United States of America. Summary of the NCHRP 21-5 Interim Report.

Sarojo, Ganijanti Aby. 1981. *Gelombang dan Optika*. Universitas Indonesia. Seri Fisika Dasar.

Pile Dynamic, Inc (PDI). 2003. *PIT-WTM Manual Software for PDI's Pile Integrity TesterTM Version 2003*. USA.

Pile Dynamic, Inc (PDI). 2005. *PIT COLLECTOR User's Manual*. USA.



LAMPIRAN

Pengujian Tiang Pancang pada Proyek Perpustakaan UI

Sebagai bahan lampiran, penulis menguji tiang pada proyek Perpustakaan Pusat UI, dimana tiang ini merupakan tiang yang belum pernah terpancang sebelumnya tetapi masih utuh.

Dimensi tiang pancang ini adalah 0,35 m x 0,35 m x 8 m



Gambar 4.378 Posisi pengujian menggunakan alat PIT-W



Gambar 4.379 Kondisi salah satu ujung tiang pancang



Gambar 4.380 Kondisi pada tengah-tengah ujung tiang pancang



Gambar 4.381 Kondisi ujung tiang pancang yang lain

Metode yang digunakan untuk menganalisa tiang adalah :

1. Metode Time Domain

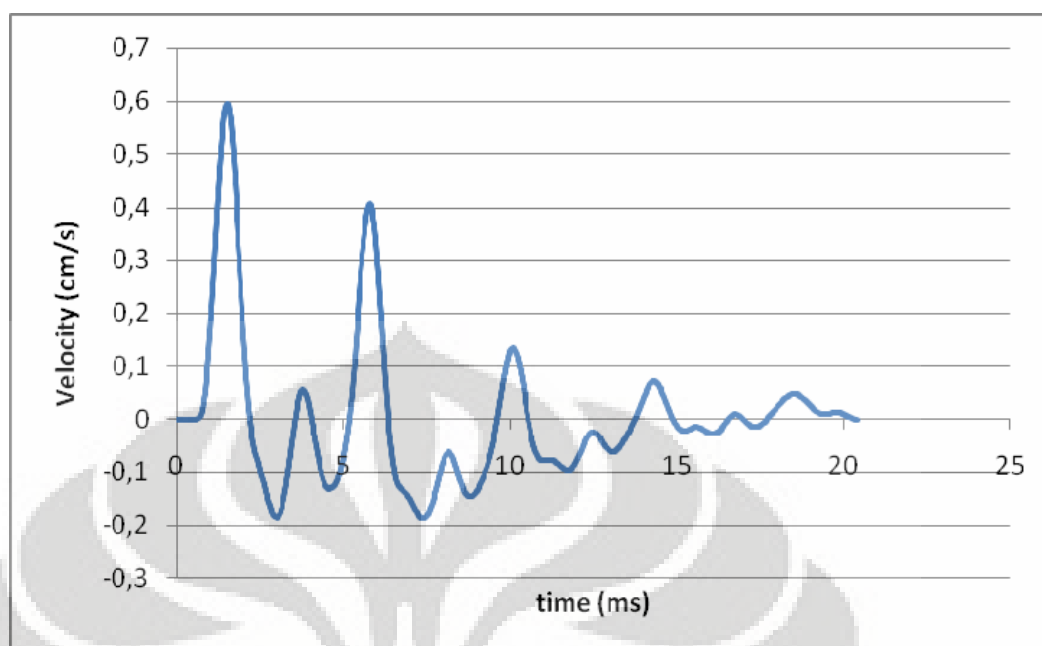
Data time domain adalah data yang pertama kali dihasilkan oleh alat PIT (*Pile Integrity Tester*) pada saat melakukan percobaan. Data ini berupa kurva yang menggambarkan perubahan kecepatan gelombang berdasarkan variasi waktu.

Persamaan yang digunakan adalah $L = \frac{v_c \times \Delta t}{2}$ dengan asumsi $V_c = 4000 \text{ m/s}$ (beton kualitas tinggi). Pada percobaan ini dilakukan dengan 6 pukulan dan 1 pukulan lagi untuk hasil rata-rata (average) gelombang.

- a. Metode Average (menganalisa satu hasil gelombang dimana gelombang ini merupakan gelombang rata-rata yang dihasilkan langsung dari alat pada saat pengujian langsung).
- b. Metode Stacking (menganalisa satu hasil gelombang yang mewakili penggabungan dari enam gelombang yang telah dihasilkan dari alat pada saat pengujian langsung).
- c. Metode Analisa Profil (menganalisa gelombang dengan memperhatikan kondisi impedansi pada tiang).

A. Metode Average

Pada metode ini, penulis menganalisa dengan cara mengukur dari puncak-puncak gelombang yang terjadi. Puncak gelombang ini terjadi karena adanya perubahan nilai kecepatan gelombang terhadap waktu. Selisih waktu antara puncak gelombang satu dengan puncak gelombang setelahnya ataupun sebaliknya dinamakan Δt .



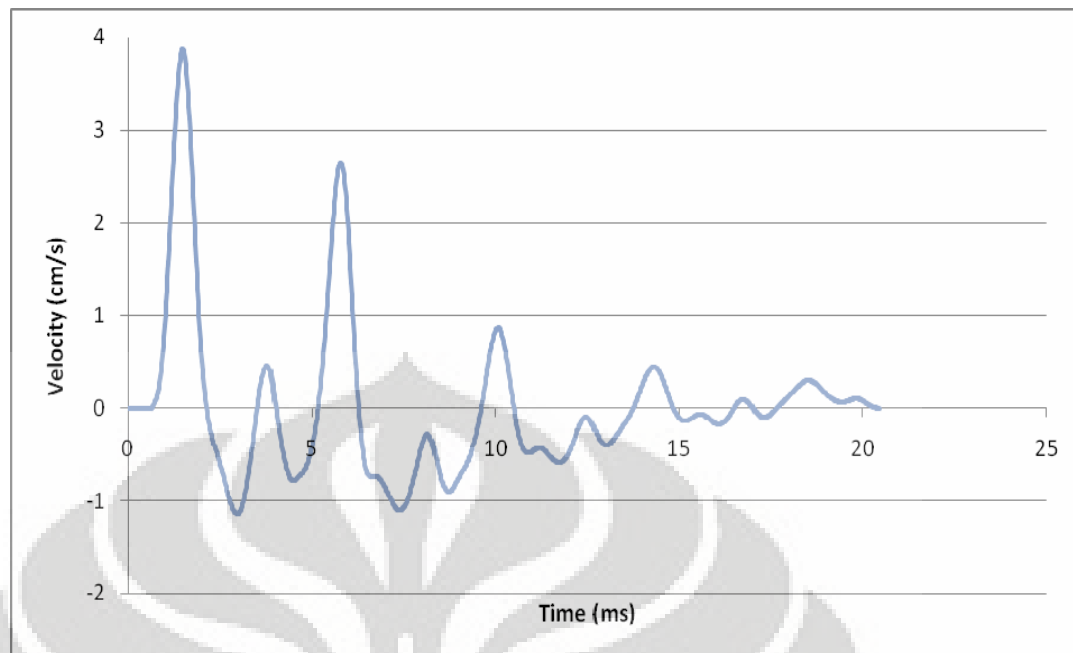
Gambar 4.382 Grafik metode average tiang perpustakaan UI

Tabel 4.136 Analisa grafik metode average tiang perpustakaan UI

Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,46	5,74	4,28	4000	8,56
2	5,74	9,96	4,22	4000	8,44
3	9,96	14,12	4,16	4000	8,32

B. Metode Stacking

Pada metode ini, penulis menganalisa satu hasil gelombang yang mewakili penggabungan dari enam gelombang yang telah dihasilkan dari alat pada saat pengujian langsung. Proses analisa grafik sama seperti metode average sebelumnya.



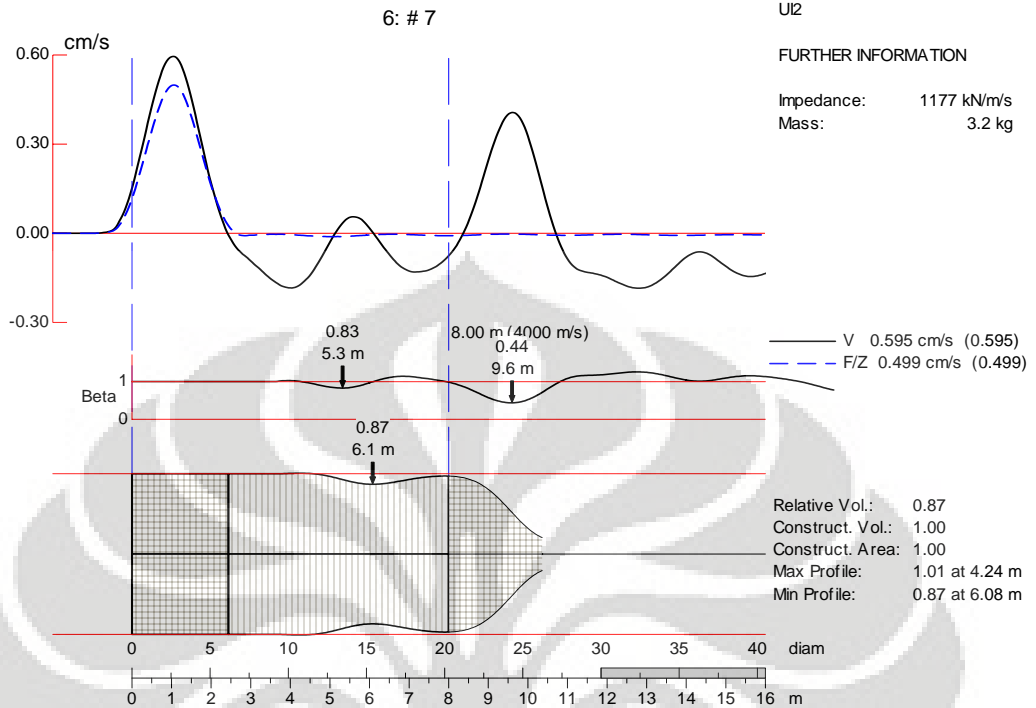
Gambar 4.383 Grafik metode stacking tiang perpustakaan UI

Tabel 4.137 Analisa grafik metode stacking tiang perpustakaan UI

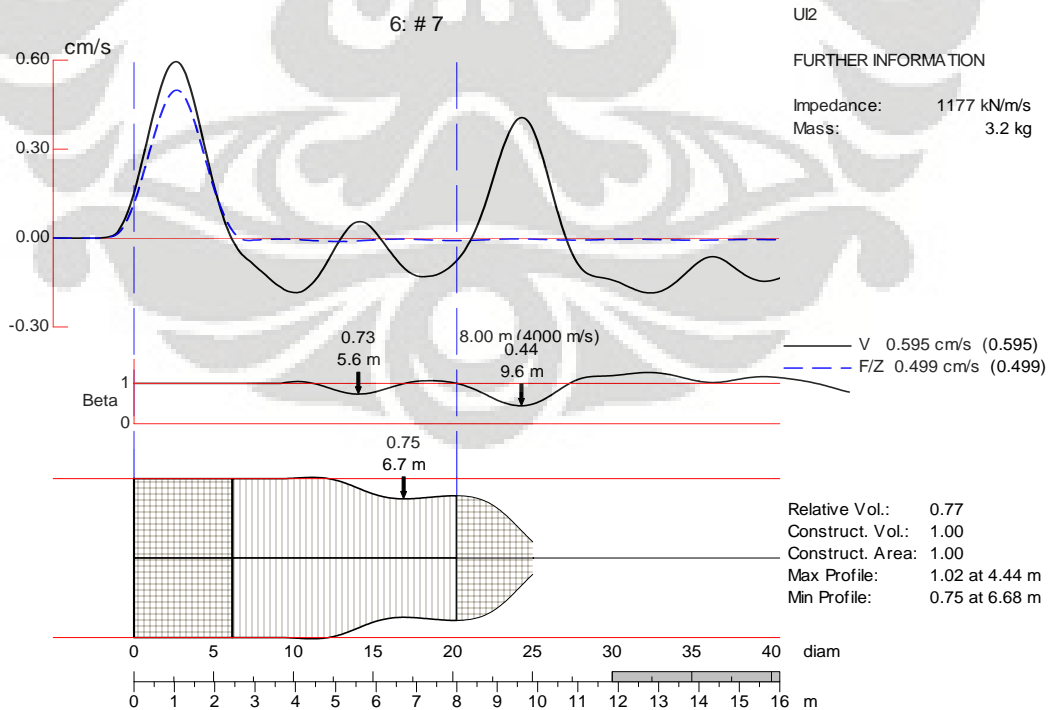
Puncak	t1 (ms)	t2 (ms)	Δt (ms)	Vc (m/s)	L (m)
1	1,52	5,84	4,32	4000	8,64
2	5,84	10,14	4,30	4000	8,60
3	10,14	14,42	4,28	4000	8,56

C. Metode Analisa Profil

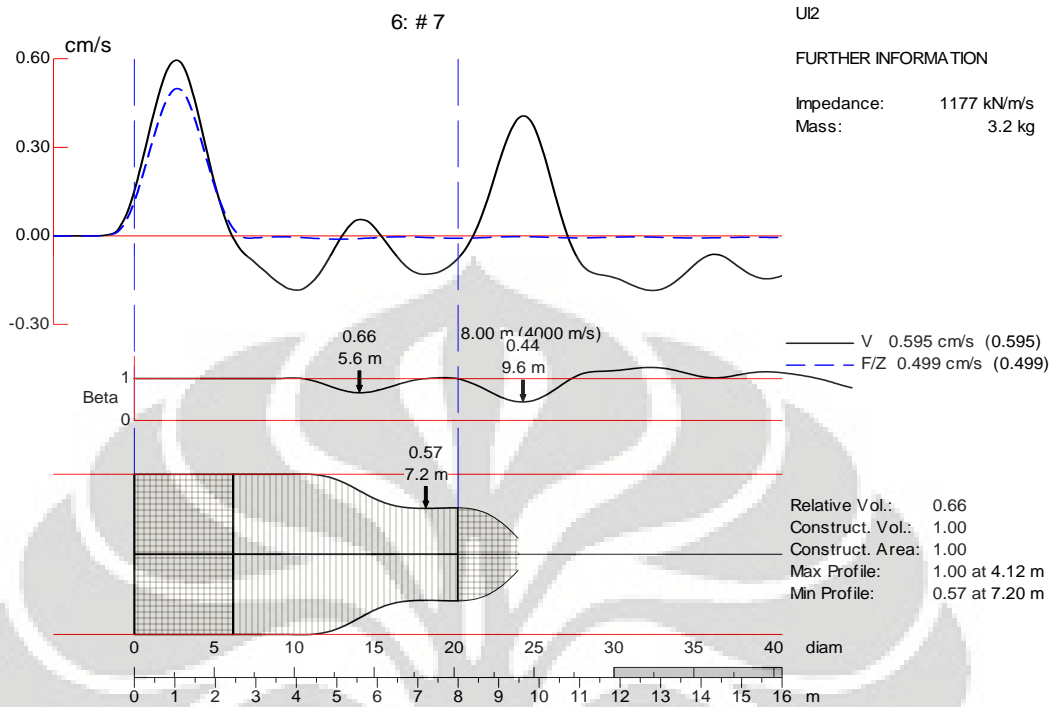
Menganalisa grafik dengan memperhatikan impedansi pada tiang.



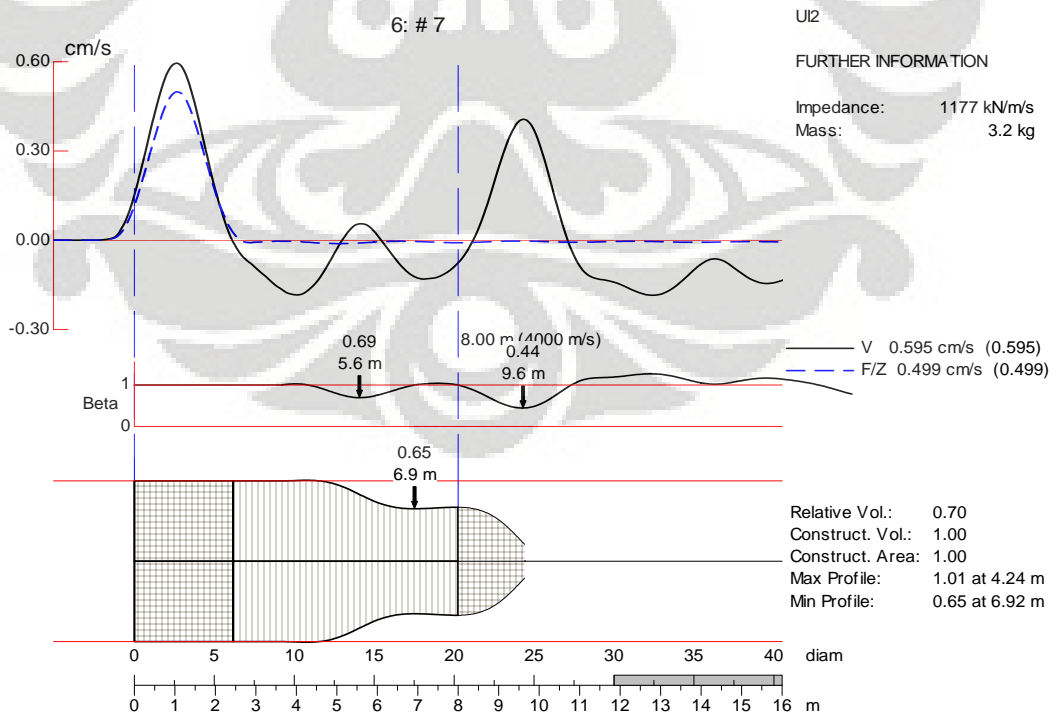
Gambar 4.384 Grafik low pass tiang perpustakaan UI



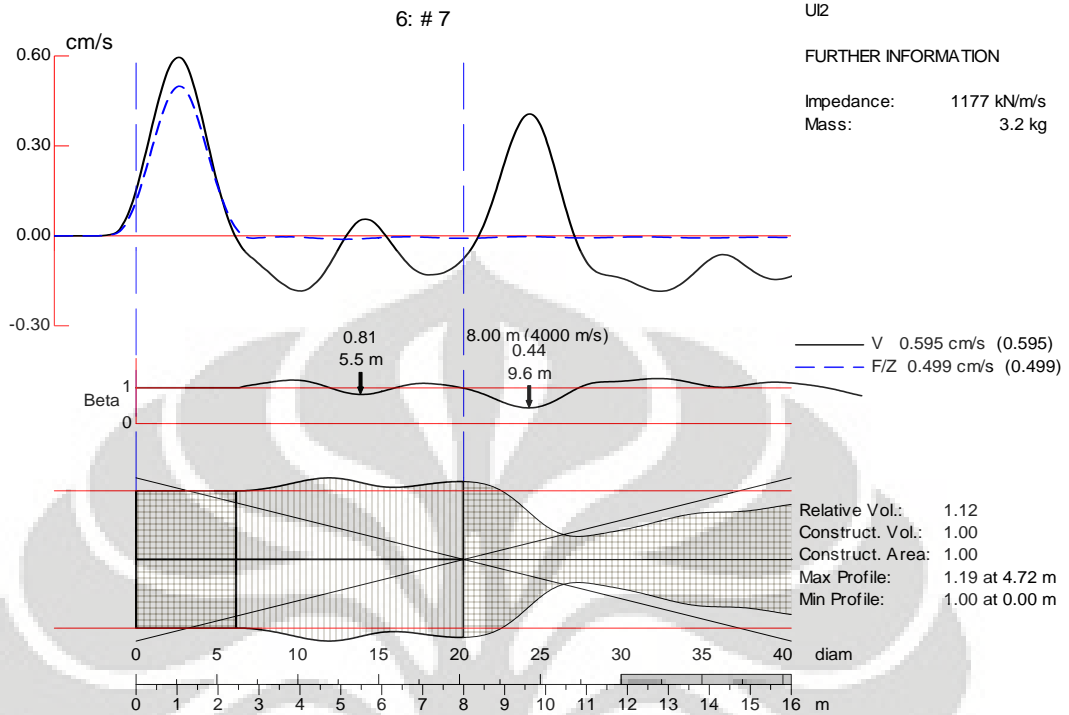
Gambar 4.385 Grafik polynominal tiang perpustakaan UI



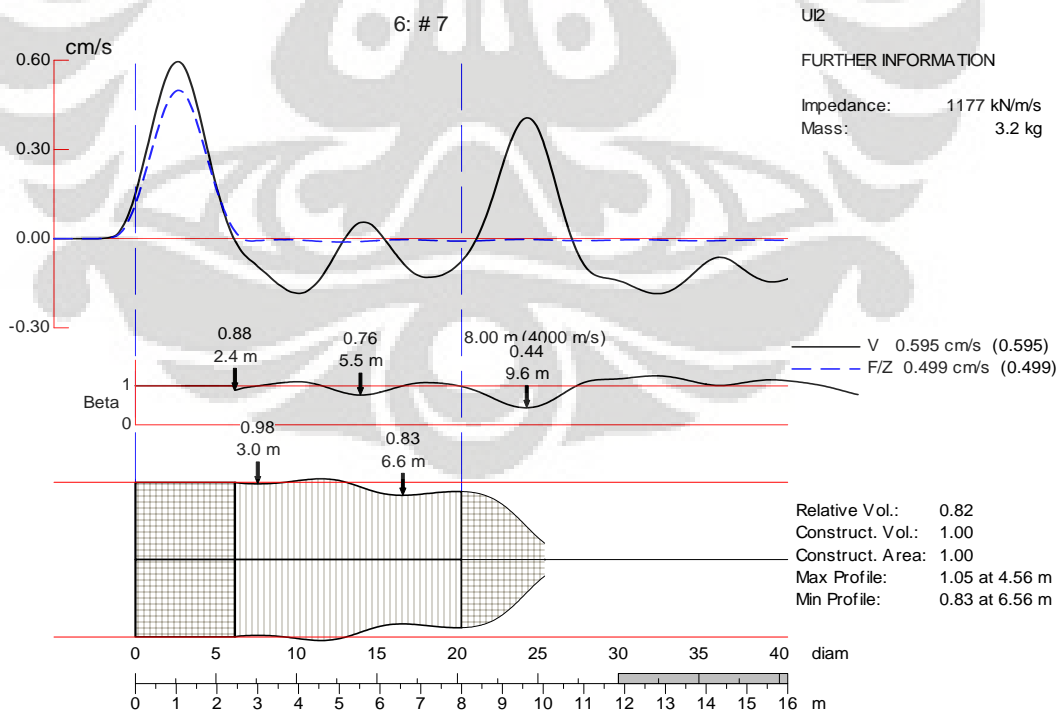
Gambar 4.386 Grafik lower envelope tiang perpustakaan UI



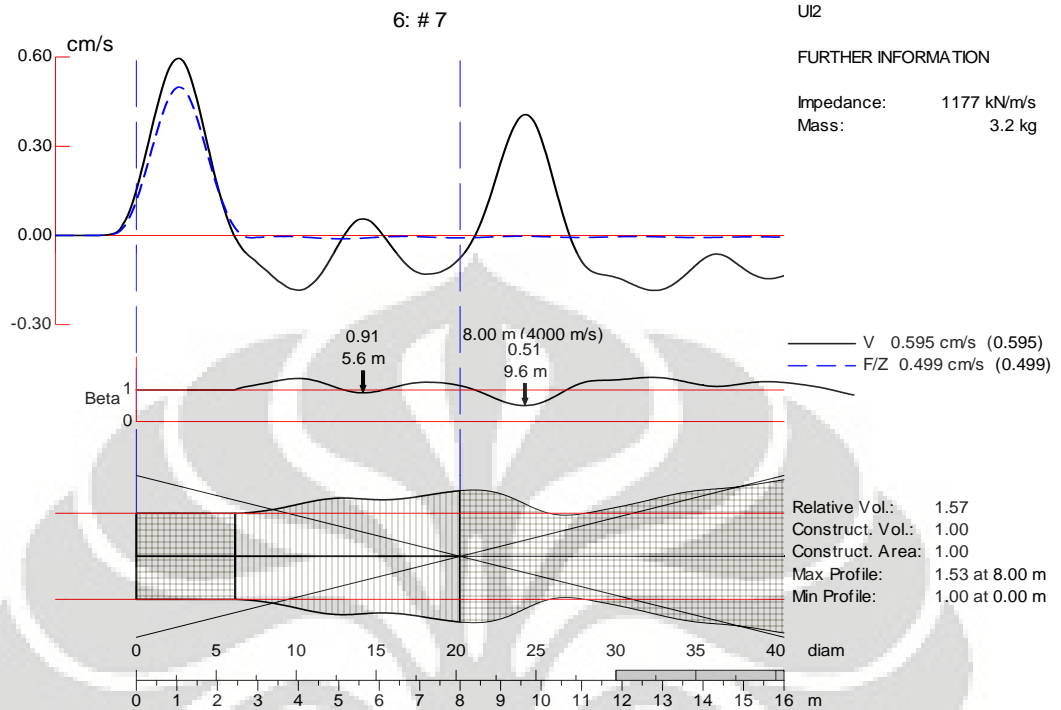
Gambar 4.387 Grafik upper envelope tiang perpustakaan UI



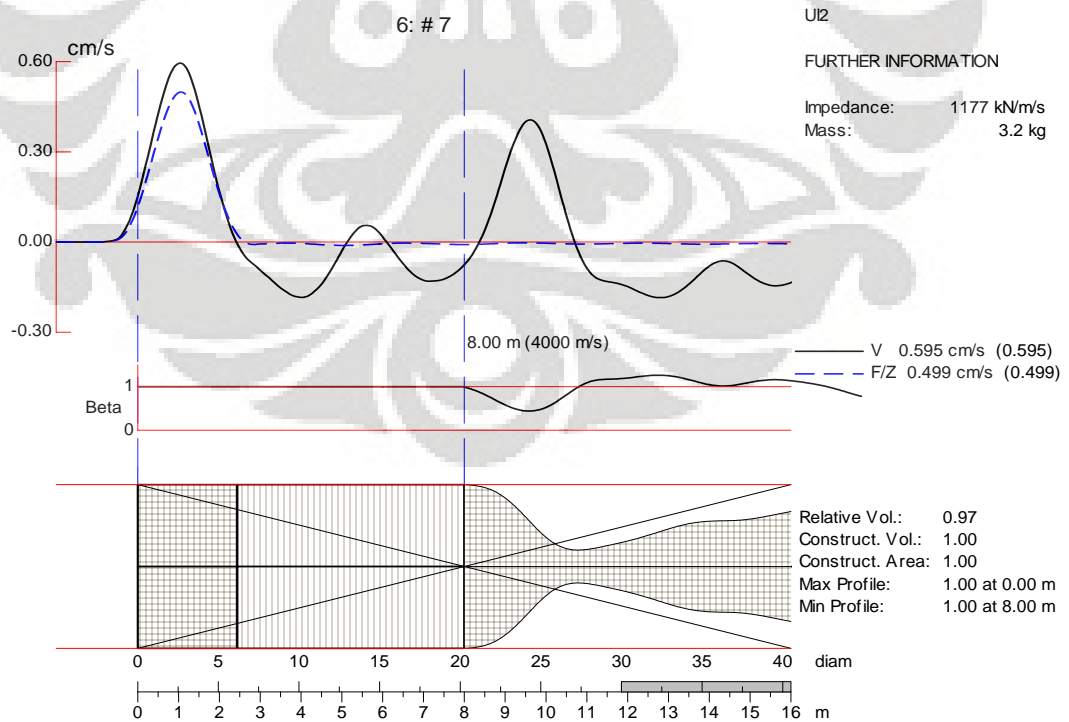
Gambar 4.388 Grafik High Pass tiang perpustakaan UI



Gambar 4.389 Grafik Three Points tiang perpustakaan UI



Gambar 4.390 Grafik Zero Line tiang perpustakaan UI



Gambar 4.391 Grafik Uniform Pile tiang perpustakaan UI

2. Frequency Domain

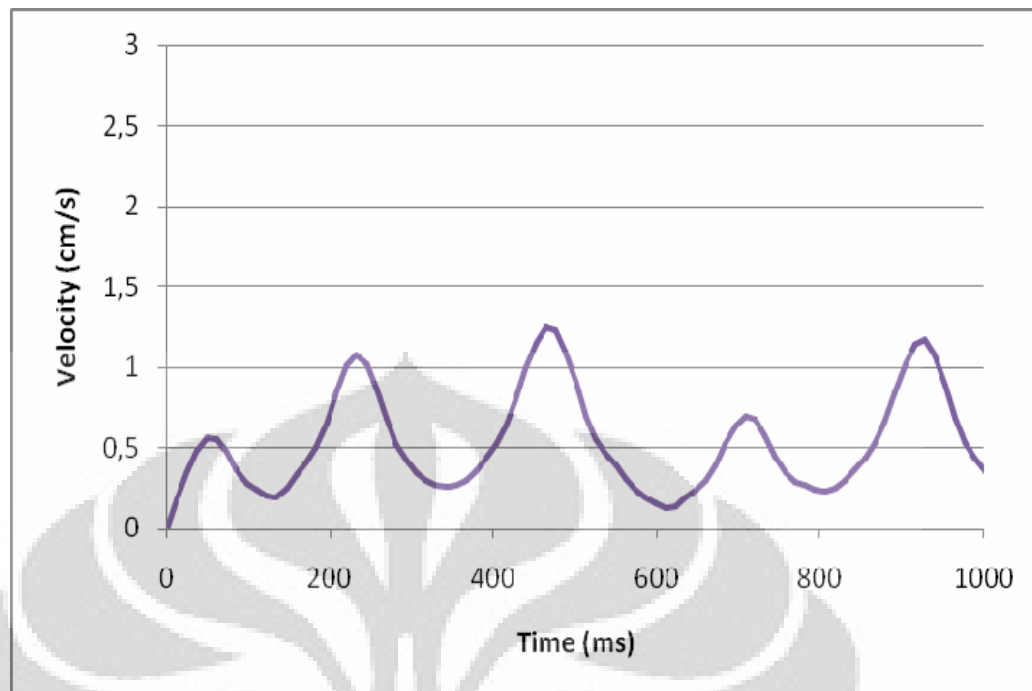
Data Frequency domain adalah data yang menggambarkan analisis gelombang berdasarkan frekuensinya. Gelombang frequency domain didapatkan dari hasil konversi gelombang time domain melalui analisis *Fast Fourier Transform*. Persamaan yang digunakan adalah $L = \frac{V_c}{2\Delta f}$ dengan asumsi

$V_c = 4000 \text{ m/s}$ (beton kualitas tinggi). Pada percobaan ini dilakukan dengan 6 pukulan dan 1 pukulan lagi untuk hasil rata-rata (average) gelombang.

- a. Metode Average (menganalisa satu hasil gelombang dimana gelombang ini merupakan gelombang rata-rata yang dihasilkan langsung dari alat pada saat pengujian langsung).
- b. Metode Stacking (menganalisa satu hasil gelombang yang mewakili penggabungan dari enam gelombang yang telah dihasilkan dari alat pada saat pengujian langsung).

A. Metode Average

Pada metode ini, penulis menganalisa dengan cara mengukur dari puncak-puncak gelombang yang terjadi. Puncak gelombang ini terjadi karena adanya perubahan nilai kecepatan gelombang terhadap waktu. Selisih waktu antara puncak gelombang satu dengan puncak gelombang setelahnya ataupun sebaliknya dinamakan Δt .



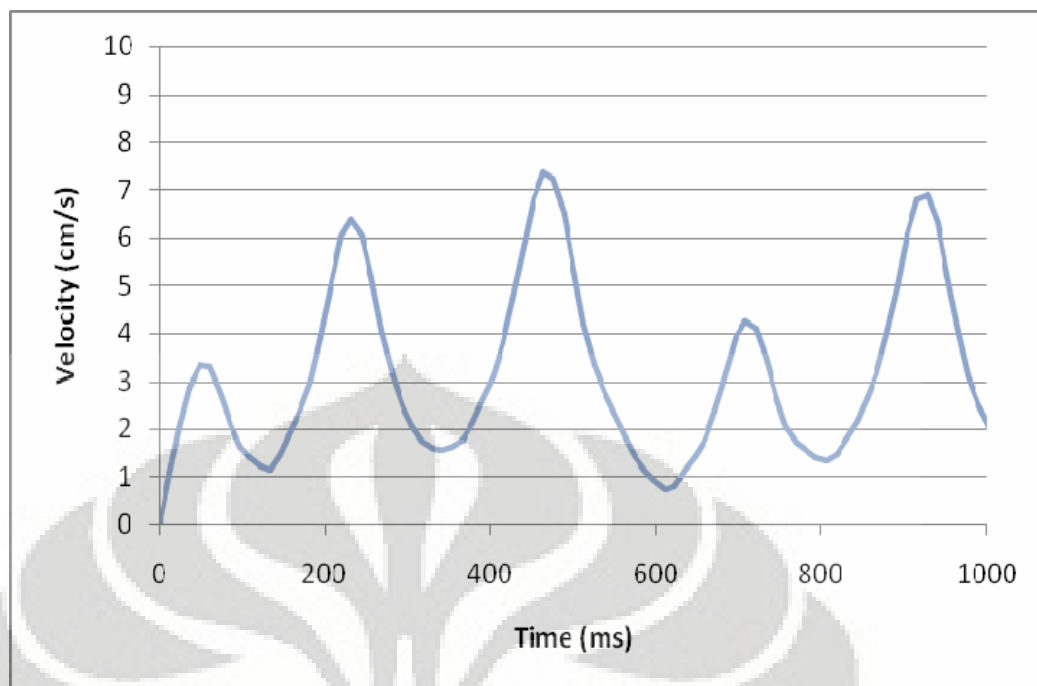
Gambar 4.392 Grafik metode average tiang perpustakaan UI

Tabel 4.138 Analisa grafik metode average tiang perpustakaan UI

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	48,828	231,933	183,105	4000	10,923
2	231,933	476,074	244,141	4000	8,192
3	476,074	708,008	231,934	4000	8,623

B. Metode Stacking

Pada metode ini, penulis menganalisa satu hasil gelombang yang mewakili penggabungan dari enam gelombang yang telah dihasilkan dari alat pada saat pengujian langsung. Proses analisa grafik sama seperti metode average sebelumnya.



Gambar 4.393 Grafik metode stacking tiang perpustakaan UI

Tabel 4.139 Analisa grafik metode stacking tiang perpustakaan UI

Puncak	f1 (Hz)	f2 (Hz)	Δf (Hz)	Vc (m/s)	L (m)
1	61,035	231,934	170,899	4000	11,702
2	231,934	463,868	231,934	4000	8,623
3	463,868	708,008	244,140	4000	8,192

Dari hasil analisa pada tiang perpustakaan UI dengan menggunakan metode time domain dan frequency domain didapatkan hasil :

1. Nilai pengujian pada tiang tersebut sudah menunjukkan keseragaman hasil, yaitu mendekati panjang tiang sebenarnya = 8 m.
2. Hal ini mengindikasikan bahwa alat PIT tersebut dapat bekerja secara maksimal apabila material tiang yang diuji mempunyai kualitas yang baik, tidak ada sambungan, dan proses pemancangan yang sesuai ketentuan yang berlaku sehingga tidak menyebabkan tiang pecah apabila tertanam dalam tanah.

