



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER MOULD  
SAMPEL TANAH PADA HASIL SIMULASI UJI GEOGAUGE  
DENGAN PLAXIS 2D**

**SKRIPSI**

**OLVA SESELIMA**

**0706266494**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JUNI 2011**

1050/FT.01/SKRIP/07/2011



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER MOULD  
SAMPEL TANAH PADA HASIL SIMULASI UJI GEOGAUGE  
DENGAN PLAXIS 2D**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**OLVA SESELIMA**

**0706266494**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Olva Seselima**

**NPM : 0706266494**

**Tanda Tangan :**



**Tanggal : 28 Juni 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Olva Seselima  
NPM : 0706266494  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Variasi Diameter Mould Sampel Tanah pada Hasil Simulasi Uji GeoGauge dengan PLAXIS 2D

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

### DEWAN PENGUJI

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

Penguji 1 : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc

Penguji 2 : Dr. Ir. Sigit P Hadiwardoyo, DEA



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Penulis memanjatkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas limpahan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari sangatlah sulit menyelesaikan penulisan skripsi tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak semenjak masa perkuliahan. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang dalam kepada yang terhormat:

1. Ir. Widjojo A. Prakoso, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penelitian dan penyusunan skripsi;
2. Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc dan Dr. Ir. Sigit P Hadiwardoyo, DEA selaku Dosen Penguji Skripsi dalam sidang skripsi yang telah bersedia meluangkan waktu untuk menguji hasil penelitian dan penyusunan skripsi;
3. Prof. Dr. Ir. Irwan Katili, DEA selaku Kepala Departemen Teknik Sipil FT UI yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian dan penyusunan skripsi;
4. Papa (alm) dan Ibunda tercinta, Olvina Saputri (adik) yang selalu tanpa henti mendoakan serta memberikan cinta dan kasih sayang yang tak-terhingga;
5. Mama dan Papa, Bunda dan Ayah, Mami, Om dan Tante, Kakak dan Adik (sepupu) serta seluruh Keluarga Besar yang telah membawa saya menjadi seperti saat sekarang ini, terima kasih tiada hentinya atas jasa-jasa beliau-beliau yang mungkin tidak mampu saya balas;
6. Mas Teguh dan Mas Eko yang *ngijinin make* super-komputer *buat nge-running* PLAXIS. Bang Aji yang *ngajarin* PLAXIS. Bang Pringga yang *udah ngasih* program *oke* yang bernama PLAXIS.
7. Teman-teman seperjuangan Geotek 2007 yang *oke-oke*; Adit yang *baik* hati semoga *dapet pacar* yang *oke* dan lancar skripsinya; Bib yang *udah minjem* *kompinye*, semoga *ga* uring-uringan *mulu* dan lulus secepatnya; Barto yang berwajah keras namun berhati kerupuk, semoga *konsolidasinye* lancar; Dapot

- yang selalu *nyantai*, *buruan* sidang *boi*; Vita yang suka cerita-cerita *macem-macem*, semoga semester depan lulus ye Vit; Rifa, Inca dan Angga juga;
8. Denis dan Iqbal (cimol), *makasih banget neh boi udah minjem laptopnya* buat keperluan penelitian dan penulisan skripsi. *Kalo gada ente-ente ga bakal kelar skripswit-nye*. Semoga *lo cepet* menyusul sarjana Den, Cimol juga. Buat cimol semoga *dapet jodoh yang pantes ye trus bimbelnye cepet* terkenal;
  9. Widia *nan alah mentransletan abstrak abang, walau agak ancur sih*. Mudah-mudahan lulus dengan IPK bagus yo. *Thanks anyway*;
  10. Monik-monice yang *udeh ngebenerin* gramat abstrak *ane* ya *walopun* pada akhirnya salah juga *sih*; Radea, Wisnu, Kiki yang *udeh ngajarin* edit-editan *skripsian*; Pujas-Dopong yang udah *ngajarin* ilmu *peng-caption-an*; tidak lupa Aep yang *baik hati minjem printernye* dan Teman-teman Sipil-Lingkungan 2007 seperjuangan baik yang lulus *bareng* maupun yang masih *betah* berjuang, semangat *brader-sister* “face your future brightly!”;
  11. Mbak Dian yang telah sabar mengurus administrasi anak-anak Sipil-Lingkungan 2007 dan segenap staf karyawan/karyawati di Departemen Teknik Sipil FT UI yang telah memberikan dukungan selama masa perkuliahan tahun ajaran; dan
  12. Semua pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu demi satu.
- Penulis sangat mengharapkan agar penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penelitian yang lebih lanjut untuk studi kasus yang serupa dan bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Depok, 28 Juni 2011

Penulis



(Olva Seselima)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

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

Nama : Olva Seselima  
NPM : 0706266494  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

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

**ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER MOULD SAMPEL  
TANAH PADA HASIL SIMULASI UJI GEOGAUGE DENGAN PLAXIS  
2D**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari 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 : 28 Juni 2011  
Yang menyatakan,



(Olva Seselima)

## ABSTRAK

Nama : Olva Seselima  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Analisis Pengaruh Variasi Diameter Mould Sampel Tanah pada Hasil Simulasi Uji GeoGauge dengan PLAXIS 2D

Uji CBR merupakan salah satu uji untuk mengukur tingkat kepadatan tanah yang digunakan sejak tahun 1938 sampai dewasa ini. Munculnya alat *GeoGauge* sebagai salah satu alternatif baru untuk mengukur tingkat kepadatan tanah tidak serta merta dapat diterima langsung. Uji *GeoGauge* sendiri umumnya dilakukan di lapangan, namun juga bisa diujikan di laboratorium dengan menggunakan *mould* sebagai wadah sampel tanah yang akan diujikan. *GeoGauge* menggunakan prinsip gelombang dinamik dengan frekuensi tertentu untuk mengukur kepadatan tanah, oleh karena itu perlu dipelajari efek pantulan gelombang pada dinding *mould* sebagai hasil dari pengukuran uji *GeoGauge*.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh diameter dan tinggi *mould*, dan efek pantulan gelombang akibat uji *GeoGauge* pada sampel tanah di dalam *mould*. Dengan demikian, dimensi *mould* yang dibutuhkan untuk uji *GeoGauge* di laboratorium agar hasilnya representatif dengan uji *GeoGauge* di lapangan dapat diketahui. *Mould-mould* yang divariasikan adalah diameter (d) 15,25 cm dan tinggi (h) 11,54 cm, d = 35 cm h = 30 cm, d = 35 cm h = 100 cm, d = 100 cm h = 30 cm, d = 100 cm h = 100 cm, dan d = 200 cm h = 100 cm. Hasil penelitian berupa grafik amplitudo *displacement* tanah vs frekuensi dari tiap-tiap *mould*. Simulasi uji *GeoGauge* dilakukan menggunakan PLAXIS 2D dinamis.

**Kata kunci** : *GeoGauge*, CBR, diameter *mould*, amplitudo *displacement*, frekuensi, PLAXIS



## ABSTRACT

Name : Olva Seselima  
Study Program : Civil Engineering  
Title : Analysis of Effect of Soil Sample Mould Diameters on  
Result of GeoGauge Testing Simulation by using PLAXIS  
2D

CBR testing is one of the testing methods to measure soil's density which has been used since 1938. Meanwhile, the development of GeoGauge as the new alternative to measure soil density does not automatically prompt it as acceptable method. GeoGauge testing is commonly performed in the field, but it can also be performed in the laboratory by using soil samples in moulds. GeoGauge uses dynamic waves to measure soil density and therefore it is important to understand the reflection effect of the mould wall on the results GeoGauge testing.

The aims of research are to study the effect of moulds diameter and height, and wave reflection effect of GeoGauge on soil samples in moulds. Therefore, the representative soil sample dimensions could be identified. The moulds used in this study has 15,25 cm diameter (d) and 11,54 cm height (h),  $d = 35 \text{ cm } h = 30 \text{ cm}$ ,  $d = 35 \text{ cm } h = 100 \text{ cm}$ ,  $d = 100 \text{ cm } h = 30 \text{ cm}$ ,  $d = 100 \text{ cm } h = 100 \text{ cm}$  and  $d = 200 \text{ cm } h = 100 \text{ cm}$ . The result of this research is the graph of soil displacement amplitude vs frequency for each mould. GeoGauge testing simulation was performed using PLAXIS 2D dynamic.

**Key words** : GeoGauge, CBR, mould diameter, displacement amplitude, frequency, PLAXIS

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL .....  | i    |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....  | ii   |
| HALAMAN PENGESAHAN .....   | iii  |
| KATA PENGANTAR .....   | iv   |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR<br>UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... | vi   |
| ABSTRAK .....  | vii  |
| ABSTRACT .....   | viii |
| DAFTAR ISI .....   | ix   |
| DAFTAR TABEL .....   | xii  |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xiii |
| LAMPIRAN .....   | xv   |
| BAB 1 .....  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1    |
| 1.2 Perumusan Masalah.....   | 2    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....   | 2    |
| 1.4 Batasan Masalah.....   | 2    |
| 1.5 Metodologi Penelitian.....   | 2    |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....   | 3    |
| BAB 2 .....  | 4    |
| 2.1 Uji CBR (California Bearing Ratio).....  | 4    |
| 2.1.1 Pengukuran CBR.....  | 5    |
| 2.1.2 Kalibrasi CBR.....   | 5    |
| 2.2 Gelombang dan Getaran .....  | 7    |
| 2.2.1 Teori Gelombang.....   | 7    |
| 2.2.2 Getaran dan Idealisasi Sistem Getaran.....   | 9    |
| 2.3 Uji <i>GeoGauge</i> .....  | 16   |
| 2.3.1 Pendahuluan.....   | 16   |
| 2.3.2 Prinsip Kerja <i>GeoGauge</i> .....  | 19   |
| 2.3.3 Kalibrasi <i>GeoGauge</i> .....  | 21   |
| 2.4 Kekakuan Tanah.....  | 22   |
| 2.4.1 Nilai Kekakuan Tanah.....  | 22   |
| 2.4.2 Nilai Kekakuan Tanah Sebagai Pengontrol Pematatan .....                            | 23   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.5   | Modulus Elastisitas Tanah .....  | 24 |
| 2.6   | Kurva <i>Shear Stress</i> dan <i>Shear Strain</i> .....  | 25 |
| 2.7   | Analisis PLAXIS .....  | 26 |
| 2.7.1 | Pendahuluan .....  | 26 |
| 2.7.2 | Pemodelan <i>Mohr-Coulomb</i> pada PLAXIS .....  | 29 |
| BAB 3 | .....  | 30 |
| 3.1   | Pemilihan Kasus .....  | 30 |
| 3.2   | Diagram Alir dan Penjelasan Sistematika Pengerjaan Skripsi.....  | 31 |
| 3.2.1 | Diagram Alir Sistematika Pengerjaan Skripsi .....  | 31 |
| 3.2.2 | Penjelasan Diagram Alir Pengerjaan Skripsi.....  | 31 |
| 3.3   | Modeling dengan PLAXIS untuk uji CBR .....   | 33 |
| 3.4   | Diagram Alir dan Penjelasan Analisis Menggunakan PLAXIS untuk Model CBR. ....  | 34 |
| 3.4.1 | Diagram Alir Analisis Menggunakan PLAXIS .....   | 34 |
| 3.4.2 | Penjelasan Diagram Alir Pemodelan Uji CBR Menggunakan PLAXIS .....   | 34 |
| 3.5   | Modeling dengan PLAXIS untuk Uji <i>GeoGauge</i> .....   | 41 |
| 3.6   | Diagram Alir dan Penjelasan Analisis Menggunakan PLAXIS untuk Model <i>GeoGauge</i> .....  | 42 |
| 3.6.1 | Diagram Alir Analisis Menggunakan PLAXIS .....   | 42 |
| 3.6.2 | Penjelasan Diagram Alir Pemodelan Uji <i>GeoGauge</i> Menggunakan PLAXIS .....   | 42 |
| BAB 4 | .....  | 50 |
| 4.1   | Pendahuluan .....  | 50 |
| 4.2   | Pengolahan Data Output PLAXIS Model Uji CBR .....  | 51 |
| 4.3   | Analisis Hasil Data Model CBR .....  | 53 |
| 4.4   | Pengolahan Data Output PLAXIS Model Uji <i>GeoGauge</i> .....  | 54 |
| 4.4.1 | Pendahuluan .....  | 54 |
| 4.4.2 | Pengolahan Data.....   | 54 |
| 4.5   | Analisis Hasil Data Model Uji <i>GeoGauge</i> .....  | 57 |
| 4.5.1 | Analisis Variasi Diameter dan Tinggi <i>Mould</i> Tanpa Redaman (Damping <i>Rayleigh</i> $\alpha = 0$ dan $\beta = 0$ ).....                                 | 57 |
| 4.5.2 | Analisis Variasi Diameter dan Tinggi <i>Mould</i> dengan Redaman (Damping <i>Rayleigh</i> $\alpha = 5 \times 10^{-5}$ dan $\beta = 5 \times 10^{-5}$ ) ..... | 67 |
| 4.5.3 | Analisis Perbandingan Grafik Material Redaman dan Tanpa Redaman .....  | 75 |
| BAB 5 | .....  | 82 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan .....   | 82 |
| 5.2 Saran .....        | 83 |
| DAFTAR REFERENSI ..... | 84 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 <i>Standard Unit Load</i> pada Tiap Penetrasi.....  | 6  |
| Tabel 3.1 Parameter-parameter Tanah Lempung Terpadatkan.....  | 37 |
| Tabel 3.2 Parameter Tanah Lempung Terpadatkan Model <i>Linear elastic</i> .....                               | 46 |
| Tabel 4.1 Sebagian Hasil Output PLAXIS Model CBR.....   | 51 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data Nilai Strees Penetrasi .....  | 52 |
| Tabel 4.3 Nilai CBR .....   | 54 |
| Tabel 4.4 Output Model Uji <i>GeoGauge</i> Frekuensi 100 Hz untuk <i>Mould</i> 6 dengan Redaman Material..... | 55 |
| Tabel 4.5 Frekuensi dan <i>Displacement</i> ( <i>Mould</i> 6, Diameter 200 cm Tinggi 100 cm) .....            | 56 |
| Tabel 4.6 <i>Mould</i> Standar CBR (tanpa redaman) .....  | 57 |
| Tabel 4.7 <i>Mould</i> Diameter 35 cm, Tinggi 30 cm (tanpa redaman) .....                                     | 58 |
| Tabel 4.8 <i>Mould</i> Diameter 35 cm, Tinggi 100 cm (tanpa redaman) .....                                    | 59 |
| Tabel 4.9 <i>Mould</i> Diameter 100 cm, Tinggi 30 cm (tanpa redaman) .....                                    | 60 |
| Tabel 4.10 <i>Mould</i> Diameter 100 cm, Tinggi 100 cm (tanpa redaman) .....                                  | 61 |
| Tabel 4.11 <i>Mould</i> Diameter 200 cm, Tinggi 100 cm (tanpa redaman) .....                                  | 62 |
| Tabel 4.12 <i>Mould</i> Standar CBR (dengan redaman) .....  | 67 |
| Tabel 4.13 <i>Mould</i> Diameter 35 cm, Tinggi 30 cm (dengan redaman) .....                                   | 68 |
| Tabel 4.14 <i>Mould</i> Diameter 35 cm, Tinggi 100 cm (dengan redaman).....                                   | 69 |
| Tabel 4.15 <i>Mould</i> Diameter 100 cm, Tinggi 35 cm (dengan redaman).....                                   | 70 |
| Tabel 4.16 <i>Mould</i> Diameter 100 cm, Tinggi 100 cm (dengan redaman).....                                  | 71 |
| Tabel 4.17 <i>Mould</i> Diameter 200 cm, Tinggi 100 cm (dengan redaman).....                                  | 72 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Panjang Gelombang Harmonik .....   | 7  |
| Gambar 2.2 Periode Gelombang Harmonik.....  | 8  |
| Gambar 2.3 Gelombang Non-Periodik .....   | 8  |
| Gambar 2.4 Sistem Massa dan Pegas .....   | 10 |
| Gambar 2.5 Grafik Sistem <i>Undamped Free-Vibration</i> .....   | 11 |
| Gambar 2.6 Sistem Pegas dan <i>Dashpot</i> .....  | 11 |
| Gambar 2.7 Grafik Sistem Pegas dan <i>Dashpot Damped Free-Vibration</i> .....   | 12 |
| Gambar 2.8 Grafik Amplitudo dan Waktu Akibat Redaman.....   | 13 |
| Gambar 2.9 Perbandingan Amplitudo dengan Berbagai Nilai Damping Rasio....   | 13 |
| Gambar 2.10 Sistem Pegas dengan Gaya Eksternal.....   | 14 |
| Gambar 2.11 Grafik Amplitudo Terhadap Waktu (Sistem Pegas dengan Gaya Eksternal) .....  | 15 |
| Gambar 2.12 Sistem Pegas dan <i>Dashpot</i> dengan Gaya Eksternal.....  | 15 |
| Gambar 2.13 Grafik Sistem Pegas dan <i>Dashpot</i> dengan Gaya Eksternal.....   | 16 |
| Gambar 2.14 <i>Humboldt GeoGauge</i> .....  | 17 |
| Gambar 2.15 Detail Instrumen <i>GeoGauge</i> .....  | 18 |
| Gambar 2.16 Kondisi Pasir Setelah Pegujian <i>GeoGauge</i> .....  | 18 |
| Gambar 2.17 <i>Verifier Mass</i> .....  | 21 |
| Gambar 2.18 Visualisasi Kekakuan Tanah .....  | 22 |
| Gambar 2.19 Respon Tanah Terhadap Beban Dinamis dalam Kurva Tegangan dan Regangan Geser .....   | 25 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi .....  | 31 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Pemodelan Uji CBR.....  | 34 |
| Gambar 3.3 <i>General Setting</i> .....   | 35 |
| Gambar 3.4 Model Uji CBR .....  | 36 |
| Gambar 3.5 Input Umum Material .....  | 37 |
| Gambar 3.6 <i>Initial Condition</i> .....   | 38 |
| Gambar 3.7 Tampilan <i>General Calculation</i> Model CBR.....   | 39 |
| Gambar 3.8 Tampilan Input Parameter <i>Calculation</i> Model CBR.....   | 39 |
| Gambar 3.9 Posisi Nodal .....   | 40 |
| Gambar 3.10 <i>Deformed Mesh</i> Model CBR.....   | 40 |
| Gambar 3.11 Diagram Alir Pemodelan Uji <i>GeoGauge</i> .....  | 42 |
| Gambar 3.12 <i>Axisymetry</i> Model.....  | 43 |
| Gambar 3.13 Model Uji <i>GeoGauge</i> .....   | 44 |
| Gambar 3.14 Input Properti Material Pelat .....   | 44 |
| Gambar 3.15 <i>Absorbent Boundaries</i> .....   | 45 |
| Gambar 3.16 Parameter Tanah.....  | 46 |
| Gambar 3.17 <i>Advanced General Properties</i> .....  | 47 |
| Gambar 3.18 Tampilan <i>Stanby Calculation</i> .....  | 48 |
| Gambar 4.1 Grafik <i>Stress</i> vs Penetrasi CBR.....   | 53 |
| Gambar 4.2 Grafik <i>Stress</i> vs Penetrasi CBR.....   | 53 |
| Gambar 4.3 Grafik Amplitudo <i>Displacement</i> vs Time Interval untuk Frekuensi 100 Hz pada <i>Mould</i> 6 dengan Redaman Material ..... | 55 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.4 Grafik Frekuensi Domain <i>Mould</i> 6 (Diameter 200 cm Tinggi 100 cm) | 56 |
| .....   |    |
| Gambar 4.5 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 1 (tanpa damping)        | 57 |
| Gambar 4.6 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 2 (tanpa damping)        | 58 |
| Gambar 4.7 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 3 (tanpa damping)        | 59 |
| Gambar 4.8 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 4 (tanpa damping)        | 60 |
| Gambar 4.9 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 5 (tanpa damping)        | 61 |
| Gambar 4.10 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 6 (tanpa damping)       | 62 |
| Gambar 4.11 <i>Displacement</i> vs Frekuensi Berbagai Ukuran <i>Mould</i>         | 64 |
| Gambar 4.12 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 1 (dengan damping)      | 67 |
| Gambar 4.13 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 2 (dengan damping)      | 68 |
| Gambar 4.14 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 3 (dengan damping)      | 69 |
| Gambar 4.15 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 4 (dengan damping)      | 70 |
| Gambar 4.16 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 5 (dengan damping)      | 71 |
| Gambar 4.17 <i>Displacement</i> vs Frekuensi <i>Mould</i> 6 (dengan damping)      | 72 |
| Gambar 4.18 <i>Displacement</i> vs Frekuensi Berbagai Ukuran <i>Mould</i>         | 73 |
| Gambar 4.19 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping <i>Mould</i> 1                 | 76 |
| Gambar 4.20 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping <i>Mould</i> 2                 | 76 |
| Gambar 4.21 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping <i>Mould</i> 3                 | 77 |
| Gambar 4.22 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping <i>Mould</i> 4                 | 78 |
| Gambar 4.23 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping <i>Mould</i> 5                 | 78 |
| Gambar 4.24 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping <i>Mould</i> 6                 | 79 |
| Gambar 4.25 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping Berbagai Ukuran <i>Mould</i>   | 80 |
| .....   |    |

## LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

LAMPIRAN 2





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi nilai kepadatan suatu tanah adalah uji CBR (California Bearing Ratio). Tingkat kepadatan tanah dinyatakan dengan rasio kekuatan sampel tanah dengan kekuatan batu pecah dalam harga CBR (dalam persen). Dewasa ini, seiring dengan perkembangan teknologi di berbagai belahan dunia, evaluasi kepadatan tanah di lapangan tidak hanya dinyatakan dengan nilai CBR. Tingkat kepadatan tanah bisa dinyatakan dalam nilai kekakuan tanah itu sendiri yang memiliki satuan. Salah satu metode untuk mengevaluasi tingkat kepadatan tanah di lapangan adalah dengan melakukan uji dengan alat *GeoGauge*. Parameter yang diperoleh dari uji *GeoGauge* ini adalah nilai kekakuan tanah dan modulus elastisitas.

Saat ini banyak yang beralih menggunakan uji *GeoGauge* sebagai metode untuk mengontrol tingkat kepadatan tanah. Hal ini disebabkan keunggulan uji *GeoGauge* dibandingkan uji CBR, seperti penggunaan yang sederhana dan menghemat waktu serta tidak merusak struktur tanah yang diuji ketimbang menggunakan nilai CBR. Aplikasi uji *GeoGauge* sebagai metode alternatif untuk mengevaluasi kepadatan tanah sendiri di Indonesia masih tergolong langka mengingat uji CBR masih banyak digunakan hingga saat ini.

Uji *GeoGauge* sendiri merupakan uji *in-situ* yang dilakukan di lapangan. Uji ini juga bisa dilakukan di laboratorium dengan sampel uji berukuran besar. *GeoGauge* menghasilkan getaran dengan frekuensi tertentu, sehingga diperkirakan akan menghasilkan efek pantulan pada dinding *mould*. Lalu bagaimanakah efeknya bila *GeoGauge* diujikan pada sampel tanah dengan diameter *mould* yang kecil. Untuk menyelidiki efek yang ditimbulkan uji *GeoGauge* pada variasi dimensi *mould* sampel tanah, maka dilakukan pemodelan uji *GeoGauge* dengan bantuan *software* PLAXIS (*dynamic analysis*).

## 1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana efek diameter *mould* sampel tanah pada uji *GeoGauge*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Memodelkan uji *GeoGauge* pada sampel tanah di dalam *mould* dengan ukuran diameter tertentu, menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D untuk menyelidiki pengaruh dari benda uji. Dari pemodelan ini diharapkan dapat menganalisa grafik frekuensi terhadap amplitudo *displacement* tanah tiap variasi diameter *mould* yang dimodelkan.

Tujuan akhirnya ialah untuk mencari diameter *mould* efektif untuk uji *GeoGauge* dari variasi dimensi yang disimulasikan

## 1.4 Batasan Masalah

Pemodelan uji *GeoGauge* dan uji CBR dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Ada dua metodologi yang dipakai dalam penelitian ini, yaitu studi literatur dan analisis dengan PLAXIS 2D:

### a) Studi Literatur

Studi literatur adalah merupakan metode penelitian yang mengacu pada peraturan-peraturan atau standar-standar yang berlaku dan dipakai, serta mencari masukan-masukan dari kegiatan penelitian yang berhubungan dengan uji CBR lapangan, uji *GeoGauge* dan PLAXIS Dinamis.

### b) Analisis dengan PLAXIS 2D

Melakukan analisis dengan menggunakan *software* PLAXIS dengan Input data-data tanah yang telah dilakukan uji *GeoGauge* di laboratorium. Analisis yang dilakukan menggunakan analisis PLAXIS dengan beban dinamis (*harmonic loading*) dari getaran yang dihasilkan oleh alat *GeoGauge*. Untuk uji CBR hampir serupa hanya berbeda dari tipe bebannya yang menggunakan beban statis *prescribed displacement* dan tipe perhitungannya yaitu *plastic Calculation*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan Tugas Akhir terdiri atas lima Bab, yaitu bab pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, analisis data penelitian dan penutup:

- a) Bab 1 atau bab pendahuluan berisi tentang uraian hal-hal yang berkaitan dengan penulisan tugas akhir ini seperti latar belakang dilakukannya pemodelan *GeoGauge*, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.
- b) Bab 2 atau bab dasar teori atau tinjauan pustaka yang menjelaskan konsep uji CBR dan *GeoGauge* serta yang paling utama adalah konsep analisis dinamis dengan menggunakan aplikasi PLAXIS.
- c) Bab 3 atau bab metode penelitian berisi tentang penjelasan metode-metode dan langkah-langkah yang digunakan dalam melakukan penelitian.
- d) Bab 4 atau bab analisis data penelitian berisi tentang analisis-analisis yang dibuat berdasarkan hasil dari data-data penelitian.
- e) Bab 5 atau bab penutup berisi tentang kesimpulan dan saran yang disampaikan setelah melakukan penelitian.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Uji CBR (California Bearing Ratio)

Uji CBR (California Bearing Ratio) Lapangan ditemukan pertama kali oleh *California Division of Highways* (1929) di California, Amerika Serikat. Metode ini digunakan untuk mengklasifikasikan tanah yang sesuai untuk material *sub-grade* atau material *base-course* pada konstruksi jalan raya. Pada tahun 1938, O. J. Porter mengembangkan metode CBR untuk mengestimasi nilai kekuatan pondasi bawah (*sub-base*) dan tanah dasar (*sub-grade*) suatu jalan raya.

Evaluasi kepadatan tanah dengan uji CBR biasa digunakan untuk desain perkerasan lentur (*flexible pavement*) seperti jalan *macadam* atau aspal, dan perkerasan kaku (beton) dan *granular base courses*. Uji CBR memiliki keunggulan tersendiri, yaitu alatnya sederhana, murah dari segi biaya dan mudah dioperasikan. Uji CBR dapat diaplikasikan ke berbagai macam jenis tanah dan desain konstruksi perkerasan.

Ada tiga jenis pengujian CBR yaitu, uji CBR lapangan, uji CBR rendaman, dan uji CBR titik (laboratorium). Uji CBR lapangan ada dua jenis yaitu, uji CBR lapangan dan uji CBR lapangan rendaman.

#### a) Uji CBR Lapangan

Tujuannya untuk memperoleh nilai CBR asli lapangan, umumnya dilakukan pada lokasi dimana tanah dasarnya tidak dipadatkan serta mengontrol apakah kepadatan dilapangan sudah sesuai dengan rencana.

#### b) CBR Rendaman

Tujuannya untuk mendapatkan nilai CBR asli lapangan pada kondisi jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swell*) yang maksimum. Pemeriksaan CBR rendaman dilakukan dengan mengambil contoh tanah dengan *mould* yang ditekan masuk ke dalam tanah pada kedalaman yang diinginkan. *Mould* yang berisi tanah tadi dikeluarkan dan direndam air selama + 4 hari (dianggap sudah jenuh air) sambil diukur pengembangannya. Setelah pengembangan tidak lagi terjadi, baru dilaksanakan pemeriksaan nilai CBR.

### c) Uji CBR Laboratorium

Tujuannya mendapatkan nilai CBR di laboratorium pada sampel tanah yang dimasukan ke dalam *Mould*.

#### 2.1.1 Pengukuran CBR

Pelaksanaan uji CBR lapangan sangat sederhana yaitu dengan cara memasang alat CBR yang bertumpu pada kendaraan atau truk. Kendaraan berfungsi sebagai beban. Angka yang didapatkan dari dial untuk penetrasi tertentu dikalibrasikan dengan faktor kalibrasi (LRC). Sedangkan untuk di laboratorium, sampel tanah (benda uji) ditempatkan di dalam wadah khusus, yang biasa disebut *mould* CBR. Sampel yang akan diuji dapat berupa sampel tak-terganggu (*undisturbed*) maupun yang terganggu (*remoulded* atau *disturbed*). Sampel tanah yang terganggu (atau *remoulded*) dapat dibuat dengan cara memadatkan tanah ke dalam *mould* dengan beban statis atau dinamis, dengan kadar air, kepadatan (*density*), atau usaha pemadatan yang telah ditentukan.

Sampel yang tidak terganggu (*undisturbed*) dapat diambil dengan menggunakan *mould* dari lapangan, dengan cara menekan *mould* atau tabung. Sampel tanah dalam *mould* kemudian diletakkan pada alat CBR untuk di penetrasi kemudian dicatatat *dial* gaya yang diperlukan untuk memenerasi tanah sesuai dengan yang diinginkan. Dial tiap penetrasi kedalaman tertentu kemudian diubah menjadi *stress* tiap kedalaman penetrasi dengan mengalikannya dengan faktor kalibrasi lalu dibagi luas piston yang memenerasi sampel tersebut.

#### 2.1.2 Kalibrasi CBR

Nilai CBR merupakan rasio antara kekuatan contoh tanah dengan kepadatan dan kadar air tertentu terhadap kekuatan batu pecah bergradasi rapat sebagai standar material dengan nilai CBR = 100%. Metode CBR yang digunakan pada penelitian ini adalah metode CBR lapangan. Nilai CBR lapangan menggambarkan kondisi pemadatan yang secara langsung dilakukan di lapangan. Hasil dari uji CBR lapangan adalah gambaran secara langsung kondisi tanah eksisting. Prinsip kerja CBR lapangan sama dengan CBR laboratorium yaitu tanah diberi beban lalu dilakukan pembacaan pada penetrasi 0.025", 0.05", 0.075", 0.1",

0.125", 0.15", 0.175, 0.2 ". Nilai *CBR* yang dicari adalah nilai *CBR* pada penetrasi 0.1" dan 0.2".

Persen nilai *CBR* dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$\% CBR = \frac{M \times LRC}{A \times BS} \times 100\% \quad \text{Persamaan 2.1}$$

Dimana:

- M = pembacaan dial  
 LRC = faktor kalibrasi alat (lbf/div)  
 A = luas piston (in<sup>2</sup>)  
 BS = *Standard Unit Load*

Tabel 2.1 *Standard Unit Load* pada Tiap Penetrasi

| Penetrasi (inch) | Standard Unit Load (psi) |
|------------------|--------------------------|
| 0.1              | 1000                     |
| 0.2              | 1500                     |
| 0.3              | 1900                     |
| 0.4              | 2300                     |
| 0.5              | 2600                     |

Sumber: Buku Pedoman Praktikum Mekanika Tanah FT UI (2007)

Beban (*load*) didapat dari hasil pembacaan dial penetrasi yang kemudian diubah menjadi gaya dengan mengalikan nilai beban dengan faktor kalibrasi (LRC).

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{M \times LRC}{A} \quad \text{Persamaan 2.2}$$

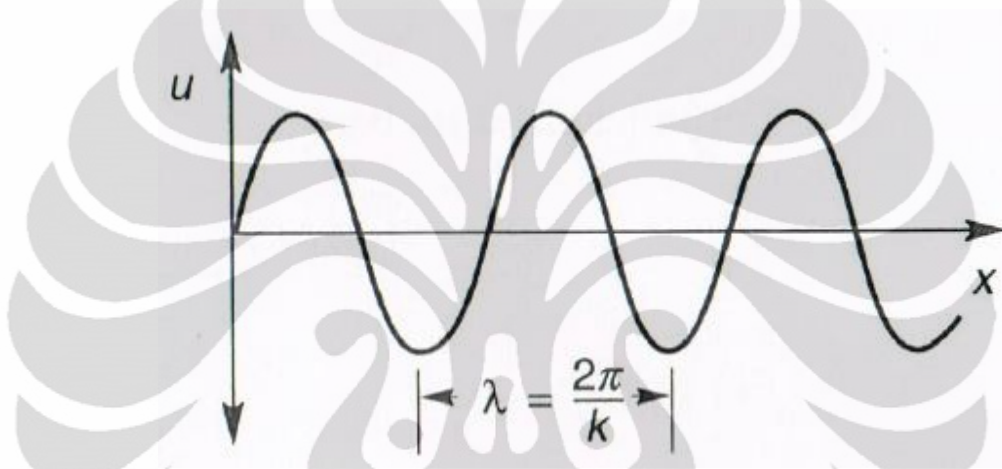
Dimana:

- A = luas piston (3 in<sup>2</sup>)  
 P = M × LRC  
 M = Pembacaan dial  
 LRC = faktor kalibrasi (dalam lbf/div)

## 2.2 Gelombang dan Getaran

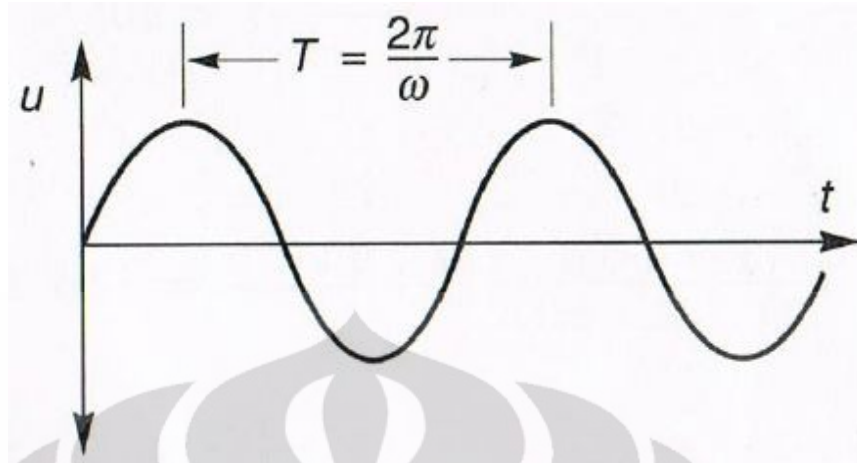
### 2.2.1 Teori Gelombang

Gelombang harmonik adalah gelombang yang memiliki frekuensi tertentu dengan amplitudo konstan dimana amplitudo merupakan simpangan terjauh dari gelombang. Jarak dari satu puncak amplitudo satu ke puncak amplitudo lainnya dihitung sebagai satu gelombang. Frekuensi gelombang menyatakan banyaknya gelombang (getaran) dalam selang waktu tertentu (dalam Hz). Panjang gelombang dihitung dengan rumus  $\frac{2\pi}{k}$  dimana  $k$  merupakan bilangan gelombang.



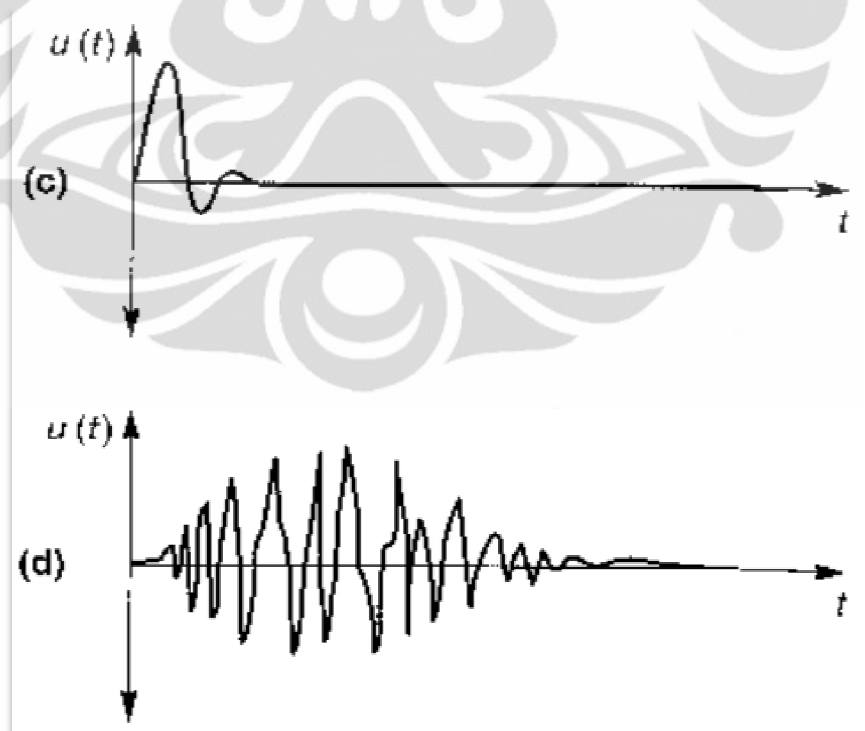
Gambar 2.1 Panjang Gelombang Harmonik  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

Sedangkan periode merupakan invers dari frekuensi  $= \frac{2\pi}{\omega}$ . Omega ( $\omega$ ) merupakan kecepatan sudut yang menyatakan besarnya osilasi dalam radian per detik. Persamaan umum sederhana gelombang harmonik sinusoidal adalah  $u(t) = A \sin(\omega t + \theta)$ , dimana  $\theta$  merupakan sudut fase awal.



Gambar 2.2 Periode Gelombang Harmonik  
 Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

Gelombang harmonik disebut juga sebagai gelombang periodik karena memiliki periode dan amplitudo yang konstan dan berulang-ulang. Sedangkan gelombang non-periodik merupakan kebalikan dari gelombang harmonik yaitu periode dan amplitudonya tidak konstan.



Gambar 2.3 Gelombang Non-Periodik  
 Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)



### 2.2.2 Getaran dan Idealisasi Sistem Getaran

Gelombang merambat melalui suatu medium tertentu seperti medium elastis dan semi-elastis. Tanah diasumsikan sebagai medium semi-elastis atau *viscous-elastic*. Gelombang getar juga merambat melalui medium visko-elastis. Parameter untuk mengukur getaran adalah amplitudo perpindahan (*displacement*) gelombang getar. Getaran yang terjadi pada tanah menjadi sebuah beban dinamik. Getaran tidak hanya dihasilkan oleh gempa tetapi dapat berasal dari mesin diatas pondasi, pemancangan tiang, dan juga akibat ledakan. Contohnya mesin yang berdiri di atas pondasi, perpindahan (*displacement*) yang terjadi akibat beban getaran dikelompokkan menjadi dua, yaitu perpindahan siklik karena respon dari sistem pondasi tanah pada mesin yang bergetar dan perpindahan permanen karena pemadatan pada tanah di bawah pondasi.

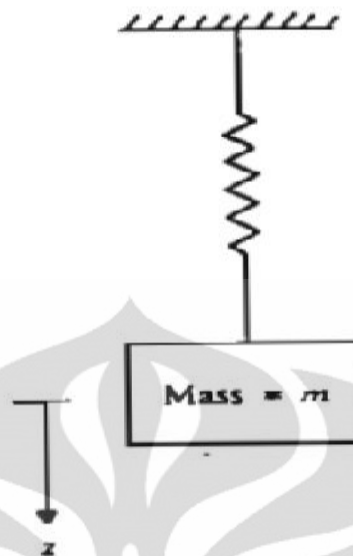
Berdasarkan cara terjadinya suatu getaran, getaran dibagi ke dalam dua jenis, yaitu getaran bebas dimana tidak ada gaya luar yang diberikan dan getaran akibat gaya eksternal yang diberikan. Hal ini akan mempengaruhi besarnya amplitudo perpindahan yang terjadi.

#### a) Idealisasi *Free Vibration* (Getaran Bebas)

- *Undamped Free-Vibration*

Sebuah kondisi sistem SDOF (Single Degree of Freedom) yang mengalami getaran bebas saat berosilasi tanpa adanya beban eksternal  $Q(t) = 0$ , dan tidak adanya redaman ( $C = 0$ ).

Getaran bebas tanpa gaya redaman diidealisasikan dengan beban yang digantung pada pegas (elastis). Getaran bebas akan terjadi dengan memposisikan/merubah posisi diam massa secara vertikal kemudian dilepas sehingga terjadi gerakan naik turun. Getaran bebas juga bisa terjadi setelah sistem diberi gaya luar.



Gambar 2.4 Sistem Massa dan Pegas  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

Dimana:

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = Q(t) \quad \text{Persamaan 2.3}$$

Karena  $C = 0$  dan  $Q(t) = 0$  maka persamaan menjadi:

$$m\ddot{u}(t) + ku(t) = 0 \quad \text{Persamaan 2.4}$$

Setelah didiferensialkan maka solusi persamaan *displacement* menjadi:

$$u = c_1 \sin \omega_0 t + c_2 \cos \omega_0 t \quad \text{Persamaan 2.5}$$

Sehingga:

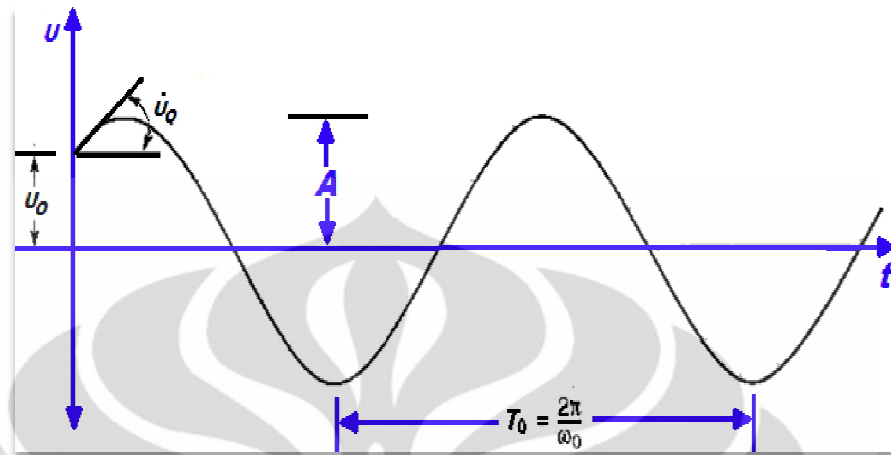
$$u = A \sin(\omega_0 t + \phi) \quad \text{Persamaan 2.6}$$

Dimana:

$$A = \sqrt{u_0^2 + \left(\frac{\dot{u}_0}{\omega_0}\right)^2} \quad \text{Persamaan 2.7}$$

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{u_0 \omega_0}{\dot{u}_0} \right)$$

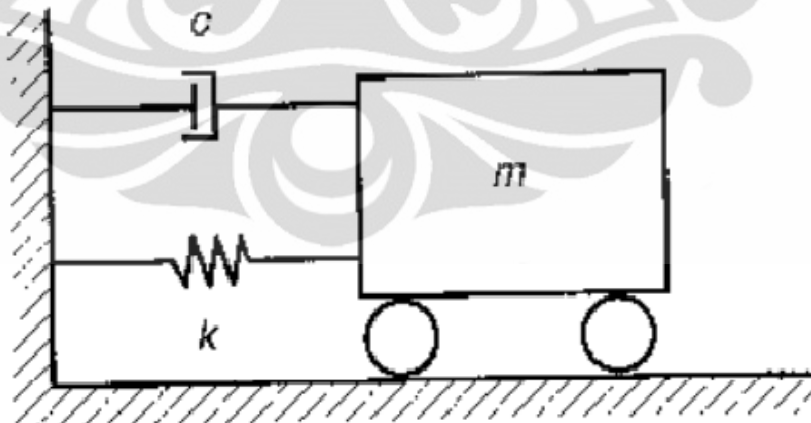
Persamaan 2.8



Gambar 2.5 Grafik Sistem Undamped Free-Vibration  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

Solusi untuk sistem *undamped* menunjukkan bahwa sistem tergantung pada *initial displacement* ( $u_0$ ) dan *initial velocity* ( $\dot{u}_0$ ). Amplitudo tetap konstan terhadap waktu.

- *Damped Free-Vibration*



Gambar 2.6 Sistem Pegas dan Dashpot  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

Sebuah kondisi sistem SDOF yang mengalami getaran bebas saat beresilasi tanpa adanya beban eksternal  $Q(t) = 0$ , akan tetapi memiliki redaman ( $C \neq 0$ ). Prinsip

timbulnya getaran bebas hampir sama dengan *undamped free-vibration* hanya terletak ada tidaknya redaman yang diwakili oleh *dashpot*.

Dimana:

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = Q(t) \quad \text{Persamaan 2.9}$$

Persamaan dibagi dengan  $m$  lalu substitusi nilai:

$$Q(t) = 0 \quad \text{Persamaan 2.10}$$

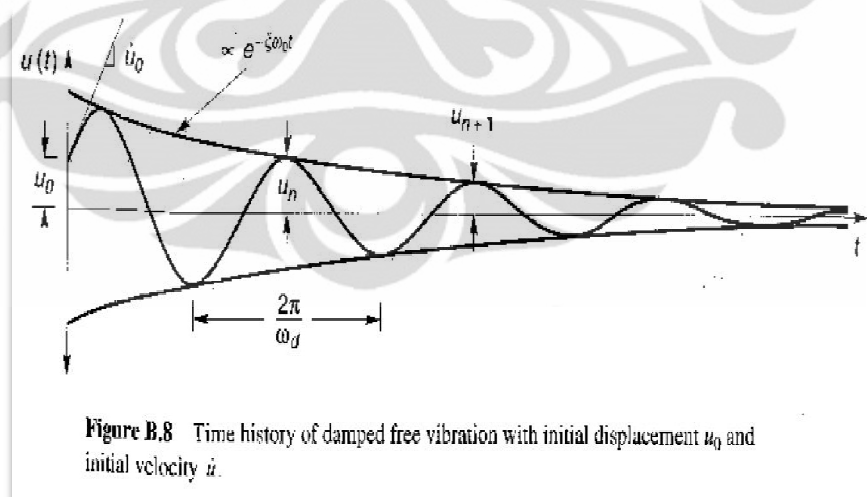
$$k = m\omega_0^2$$

$$Cc = \sqrt{km} \quad \text{Persamaan 2.11}$$

$$\xi = \frac{c}{c_c} \quad \text{Persamaan 2.12}$$

Persamaan didiferensialkan sehingga solusi untuk perpindahannya adalah:

$$u = e^{-\xi\omega_n t} \left( \frac{\dot{u}_0 + \xi\omega_n u_0}{\omega_d} \sin \omega_d t + u_0 \cos \omega_d t \right) \quad \text{Persamaan 2.13}$$



Gambar 2.7 Grafik Sistem Pegas dan Dashpot *Damped Free-Vibration*

Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

Untuk tipe gelombang yang dihasilkan akibat adanya redaman maka diklasifikasikan:

➤ *Critically Damped System*

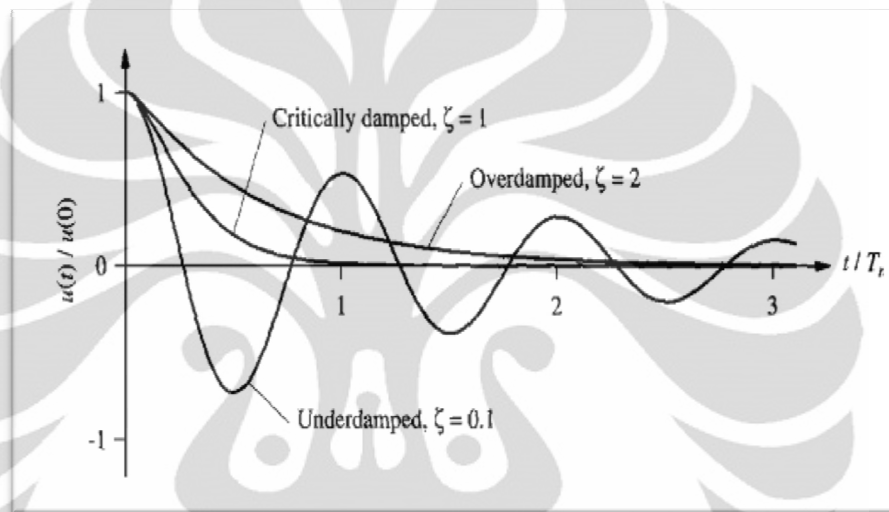
$C = C_{cr}$ ,  $\zeta = 1 \rightarrow$  sistem kembali ke posisi setimbang, tidak ada osilasi

➤ *Overdamped System*

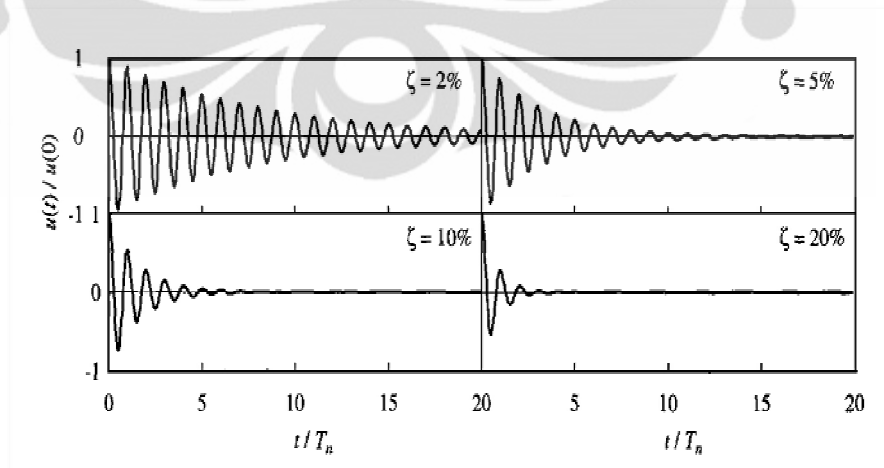
$C > C_{cr}$ ,  $\zeta > 1 \rightarrow$  sistem kembali ke posisi setimbang, tidak ada osilasi, tapi laju gerakan lebih lambat

➤ *Underdamped System*

$C < C_{cr}$ ,  $\zeta < 1 \rightarrow$  sistem kembali ke posisi setimbang dengan osilasi



Gambar 2.8 Grafik Amplitudo dan Waktu Akibat Redaman  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)



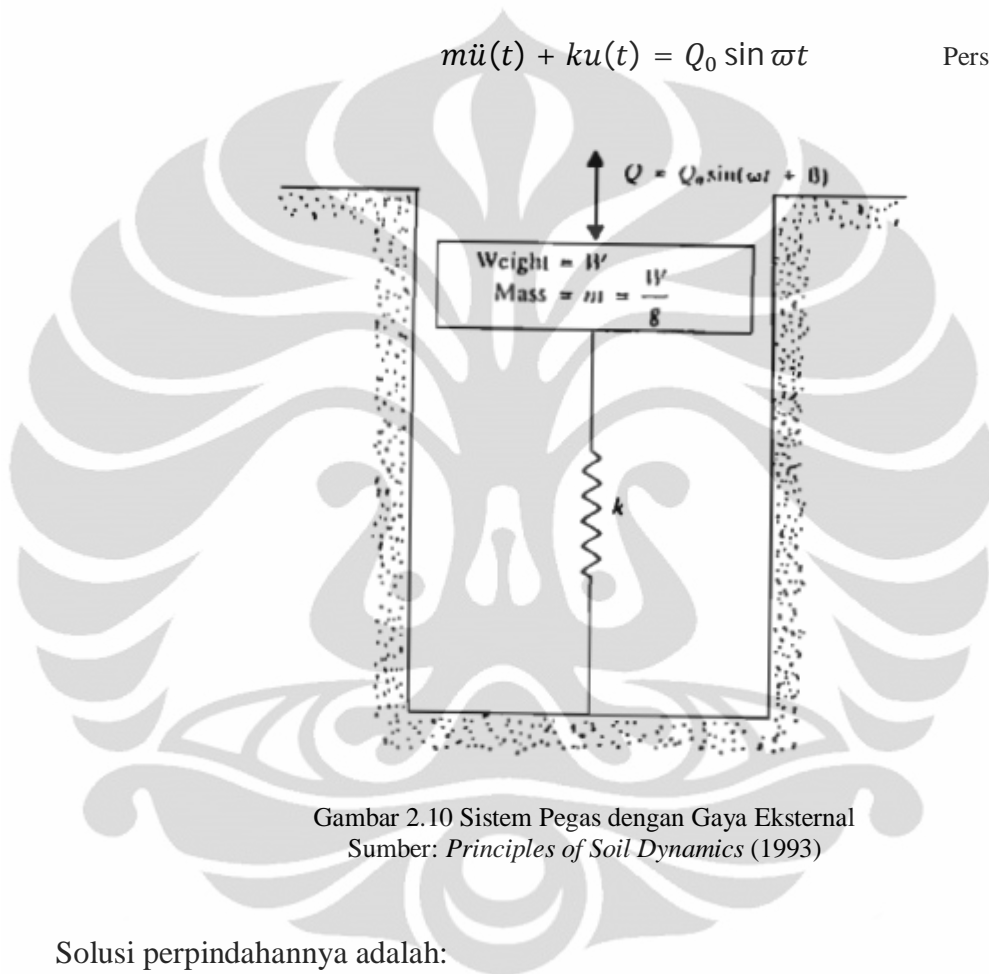
Gambar 2.9 Perbandingan Amplitudo dengan Berbagai Nilai Damping Rasio  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

b) Idealisasi *Forced-Vibration*• *Undamped Forced-Vibration*

Sebuah sistem massa dengan pegas yang diberi gaya luar ( $Q(t) \neq 0$ ) tanpa *dashpot* ( $C = 0$ ) merupakan idealisasi getaran pada material tanpa redaman.

Dimana:

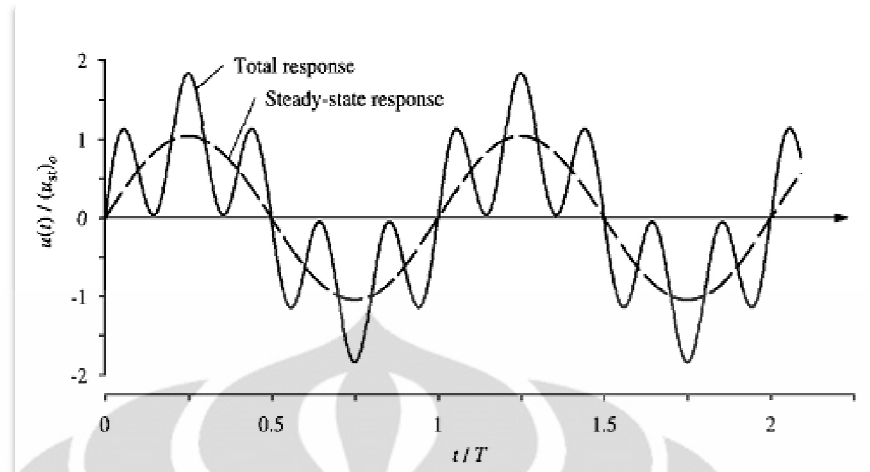
$$m\ddot{u}(t) + ku(t) = Q_0 \sin \omega t \quad \text{Persamaan 2.14}$$



Gambar 2.10 Sistem Pegas dengan Gaya Eksternal  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

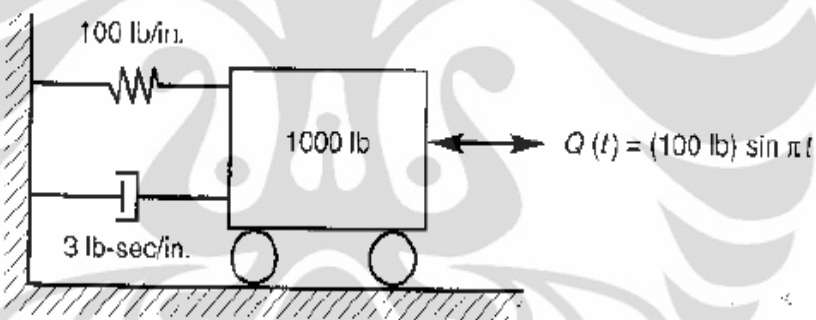
Solusi perpindahannya adalah:

$$u = \frac{Q_0}{k} \frac{1}{1-\beta^2} (\sin \omega t - \beta \omega_n t) \quad \text{Persamaan 2.15}$$



Gambar 2.11 Grafik Amplitudo Terhadap Waktu (Sistem Pegas dengan Gaya Eksternal)  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

- *Damped Forced-Vibration*



Gambar 2.12 Sistem Pegas dan *Dashpot* dengan Gaya Eksternal  
Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

*Damped Forced-Vibration* diidealisasikan pada sebuah sistem massa dengan pegas dan *dashpot* yang diberi gaya eksternal.

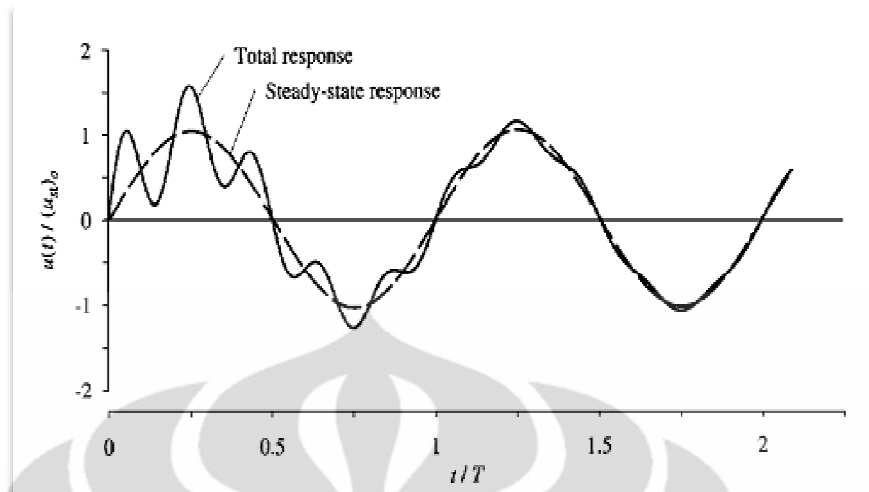
Dimana:

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = Q_0 \sin \omega t \quad \text{Persamaan 2.16}$$

Maka persamaan amplitudo perpindahannya:

$$u(t) = e^{-\xi\omega_0 t} (C_1 \sin \omega_d t + C_2 \cos \omega_d t) + \frac{Q_0}{k} \frac{1}{(1-\beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2} [(1-\beta^2)^2 \sin \bar{\omega} t - 2\xi\beta \cos \bar{\omega} t]$$

Persamaan 2.17



Gambar 2.13 Grafik Sistem Pegas dan *Dashpot* dengan Gaya Eksternal  
 Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

## 2.3 Uji *GeoGauge*

### 2.3.1 Pendahuluan

*GeoGauge* merupakan alat yang diproduksi oleh perusahaan *Humboldt* yang digunakan untuk menentukan nilai kekakuan dan modulus dari tanah dan agregat. *GeoGauge* memiliki dimensi yaitu tinggi 28 cm dan diameter 25,4 cm dengan berat 10 kg (Gambar 2.14).

Pengujian dengan menggunakan *GeoGauge* dapat dilakukan dengan cepat dan mudah tanpa menimbulkan kerusakan pada material yang akan diuji. Pengujian dengan menggunakan *GeoGauge* cukup dilakukan oleh 1 orang dikarenakan ukurannya yang tidak terlalu besar dan beratnya yang cukup ringan. *GeoGauge* mampu mengukur nilai kekakuan tanah hingga 70 MN/m. *GeoGauge* mengukur nilai kekakuan tanah pada jarak 220 – 310 mm dari permukaan material yang akan diuji. *GeoGauge* memiliki *memory* yang menyimpan data hingga 100 pengukuran dan 2 baterai sebagai sumber tenaga yang mampu melakukan pengukuran hingga 1500 kali pengukuran.

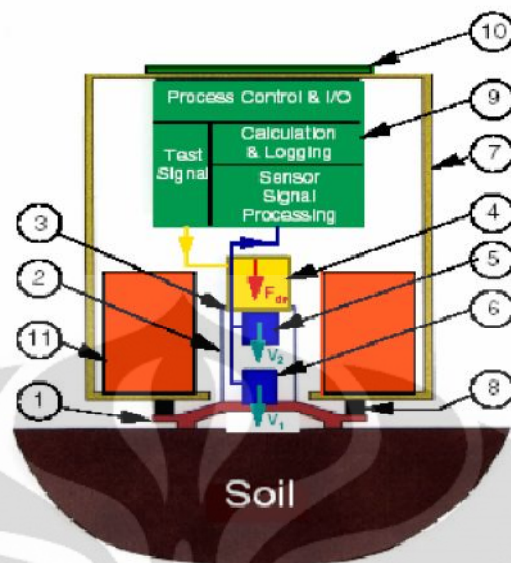




Gambar 2.14 *Humboldt GeoGauge*  
Sumber: *Advanced Compaction Quality Control* (2006)

Detail bagian-bagian *GeoGauge* (Gambar 2.15):

1. *Rigid foot dengan annular ring*
2. *Rigid cylindrical sleeve*
3. *Clamped flexible plate*
4. *Electro-mechanical shaker*
5. *Upper velocity sensor*
6. *Lower velocity sensor*
7. *External case*
8. *Vibration isolation mounts*
9. *Electronics*
10. *Control & display*
11. *Power supply*



Gambar 2.15 Detail Instrumen *GeoGauge*  
 Sumber: *Advanced Compaction Quality Control* (2006)

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengujian *GeoGauge* adalah *GeoGauge* harus memiliki kontak yang sempurna dengan permukaan benda uji (permukaan benda uji harus benar-benar rata). Salah satu kelemahan *GeoGauge* adalah tidak mampu bekerja dengan akurat bila permukaan benda uji terlalu padat atau keras. Untuk mengatasi hal ini maka di atas permukaan benda uji diletakkan pasir yang kondisinya tidak terlalu basah sebagai dudukan *GeoGauge*. Fungsi pasir tersebut selain sebagai dudukan *GeoGauge* juga sebagai indikasi apakah *GeoGauge* melakukan pengukuran dengan akurat atau tidak. Bila pada permukaan pasir yang telah dilakukan pengujian *GeoGauge* terbentuk lingkaran penuh maka *GeoGauge* telah melakukan pengukuran dengan akurat (Gambar 2.16).



Gambar 2.16 Kondisi Pasir Setelah Pegujian *GeoGauge*  
 Sumber: Humboldt Mfg. Co. Norridge, Illinois U.S.A. (2004)

Keunggulan menggunakan *Humboldt GeoGauge*:

- a) Dimensi dan berat *GeoGauge* yang tidak terlalu besar menyebabkan alat ini mudah dibawa ke dalam lokasi proyek.
- b) Prosedur penggunaan alat ini simpel dan tidak rumit.
- c) *GeoGauge* hanya membutuhkan waktu selama 75 detik untuk melakukan pengukuran terhadap nilai kekakuan dan modulus tanah.
- d) *GeoGauge* menimbulkan defleksi pada permukaan tanah kurang dari 1,27 x 10<sup>-6</sup> m sehingga penggunaan *GeoGauge* tidak menimbulkan kerusakan pada permukaan tanah yang diuji.
- e) *GeoGauge* tidak terpengaruh oleh suara dan getaran yang ditimbulkan oleh pekerjaan konstruksi.
- f) *GeoGauge* dilengkapi memori yang dapat menyimpan data yang memungkinkan dapat dilakukan pengujian sebanyak 100 kali dalam sehari.
- g) Data hasil pengukuran dapat ditransfer dari *GeoGauge* ke komputer untuk analisa lebih lanjut.
- h) *GeoGauge* dilengkapi dengan *Verifier Mass* yang digunakan untuk mengkalibrasi *GeoGauge* sehingga keakuratan data hasil pengujian dapat dijaga dengan baik.

Kelemahan menggunakan *Humboldt GeoGauge* adalah :

- a) *GeoGauge* hanya mampu mengukur nilai kekakuan suatu material hingga 70 MN/m. Bila dilakukan pengukuran terhadap material yang nilai kekakuannya di atas 70 MN/m maka hasilnya tidak akurat.
- b) *GeoGauge* tidak dapat melakukan pengukuran terhadap material yang permukaannya terlalu padat atau keras. Untuk mengatasi hal ini maka di atas permukaan benda uji diletakkan pasir yang kondisinya tidak terlalu basah sebagai dudukan *GeoGauge*.

### 2.3.2 Prinsip Kerja *GeoGauge*

Prinsip kerja dari *GeoGauge* adalah *GeoGauge* memberikan gaya sebesar  $F$  pada permukaan tanah dengan melakukan getaran sebanyak 7400 kali. Lalu nilai kekakuan tanah dan modulus tanah dan agregat diukur dari impedansi

getaran *GeoGauge* pada permukaan tanah. Gaya yang diberikan oleh *GeoGauge* dan ditransfer ke permukaan tanah dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$F_{dr} = K_{flex}(X_2 - X_1) + \omega^2 m_{int} X_1 \quad \text{Persamaan 2.18}$$

Dimana:

- $F_{dr}$  = gaya yang diberikan oleh *GeoGauge* (N)
- $K_{flex}$  = nilai kekakuan dari *flexible plate* (MN/m)
- $X_2$  = *displacement* yang terjadi pada *flexible plate* (m)
- $X_1$  = *displacement* pada bagian *rigid foot* dari *GeoGauge* (m)
- $\omega$  =  $2\pi f$ , di mana  $f$  adalah frekuensi (Hz)
- $m_{int}$  = massa komponen internal (kg)

Pada frekuensi pengoperasian (antara 100 – 196 Hz), nilai kekakuan tanah dapat ditentukan dari impedansi yang terjadi, yaitu:

$$K_{gr} = \frac{F_{dr}}{X_1} \quad \text{Persamaan 2.19}$$

Dimana:

- $K_{gr}$  = nilai kekakuan tanah
- $F_{dr}$  = gaya yang diberikan *GeoGauge* (N)
- $X_1$  = *displacement* pada bagian *rigid foot* dari *GeoGauge* (m)

Sehingga nilai kekakuan tanah dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\bar{K}_{gr} = K_{flex} \frac{\sum_1^n \left( \frac{X_2 - X_1}{X_1} \right)}{n} + \frac{\sum_1^n \omega^2}{n} m_{int} = K_{flex} \frac{\sum_1^n \left( \frac{V_2 - V_1}{V_1} \right)}{n} + \frac{\sum_1^n \omega^2}{n} m_{int}$$

Persamaan 2.20

Dimana:

- $n$  = banyaknya frekuensi yang digunakan
- $V_2$  = kecepatan pada *flexible plate*
- $V_1$  = kecepatan pada *rigid foot*

### 2.3.3 Kalibrasi *GeoGauge*

Sesaat sebelum melakukan pengujian atau setidaknya setiap 12 bulan alat *GeoGauge* harus dikalibrasi untuk menjaga keakuratan data hasil pengukuran. Alat yang dinamakan *Verifier Mass* (Gambar 2.17) digunakan untuk melakukan kalibrasi pada *GeoGauge*. *Verifier Mass* memiliki berat 10 kg sehingga cukup ringan untuk dibawa ke lokasi proyek. Cara untuk mengkalibrasi *GeoGauge* yaitu dengan meletakkan *GeoGauge* di atas *Verifier Mass* lalu lakukan sebanyak 5 kali pengukuran, setelah itu tentukan  $K_{eff}$  (nilai kekakuan efektif). Nilai  $K_{eff}$  yang didapat harus berada di antara -8,6 sampai -9,8 MN/m. Jika hasilnya di luar kisaran nilai tersebut maka sebaiknya *GeoGauge* tidak digunakan sebab kemungkinan terjadi kerusakan pada *GeoGauge* dan hasil pengukurannya tidak akurat. Berikut adalah perhitungan untuk menentukan  $K_{eff}$ :

$$K_{eff} = \frac{\sum_1^n M\omega^2}{n} \quad \text{Persamaan 2.21}$$

Dimana:

$K_{eff}$  = nilai kekakuan efektif dari *Verifier Mass* (MN/m)

M = berat *Verifier Mass* (kg)

$\omega$  =  $2\pi f$ , di mana f adalah frekuensi (Hz)

N = jumlah pengukuran



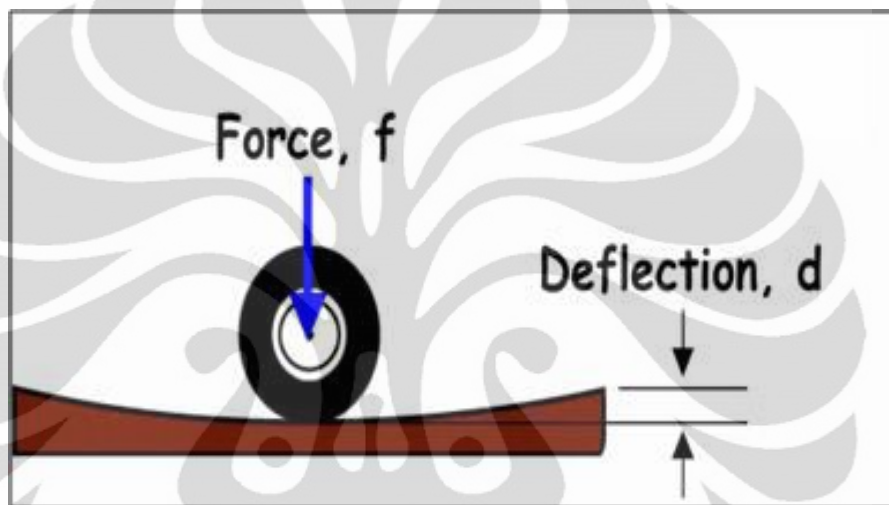
Gambar 2.17 *Verifier Mass*

Sumber: Humboldt Mfg. Co. Norridge, Illinois U.S.A. (2004)

## 2.4 Kekakuan Tanah

### 2.4.1 Nilai Kekakuan Tanah

Nilai kekakuan tanah dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada permukaan tanah dengan besarnya defleksi pada permukaan tanah. Nilai kekakuan tanah didapatkan dengan memberikan gaya sebesar  $F$  pada permukaan tanah. Sebagai akibat pemberian gaya  $F$ , tanah akan mengalami defleksi sebesar  $d$ .



Gambar 2.18 Visualisasi Kekakuan Tanah

Rasio antara nilai gaya ( $f$ ) dengan deformasi yang ditimbulkan ( $d$ ) merupakan nilai kekakuan:

$$\text{Stiffness } (k) = f/d \quad \text{Persamaan 2.22}$$

Dimana :

*Stiffness* = nilai kekakuan tanah (N/m)

$F$  = gaya pada permukaan tanah (N)

$d$  = defleksi pada tanah (m)

Nilai kekakuan tanah pada alat *GeoGauge* juga dapat ditentukan dari modulus elastisitas tanah, yaitu dengan menggunakan perumusan *static stiffness* dari *rigid annular ring* pada tanah elastis, homogen dan isotropik:

$$K = \frac{ER}{(1-\nu^2)\omega(n)} \quad \text{Persamaan 2.23}$$

Dimana :

$K$  = *stiffness* (MN/m)

$E$  = modulus elastisitas (MPa)

$R$  = *radius GeoGauge ring* (2.25 inches = 0.05715 m)

$\nu$  = *Poisson's ratio*

$\omega(n)$  = fungsi rasio antara diameter dalam dan diameter luar *GeoGauge* (0.565)

Dengan memasukkan beberapa nilai di atas maka perumusan *stiffness* menjadi:

$$K = \frac{1.77ER}{(1-\nu^2)} \quad \text{Persamaan 2.24}$$

Nilai modulus elastisitas dan modulus geser saling berhubungan, dimana:

$G = \frac{E}{2(1-\nu^2)}$  sehingga kita dapat mencari *stiffness* dari modulus geser yaitu:

$$K = \frac{3.54GR}{(1-\nu^2)} \quad \text{Persamaan 2.25}$$

#### 2.4.2 Nilai Kekakuan Tanah Sebagai Pengontrol Pemasatan

Pemasatan tanah merupakan salah satu komponen yang paling penting dalam konstruksi jalan raya, timbunan, dan pondasi. Ketahanan dan stabilitas struktur bergantung pada kualitas pemasatan. Metode yang biasa digunakan untuk mengontrol pemasatan tanah adalah dengan melakukan uji CBR. Komponen properti tanah yang diuji yaitu kerapatan kering tanah dan kadar air tanah.

Pada uji CBR terdiri dari uji CBR lapangan dan laboratorium. Hasil dari uji CBR lapangan dibandingkan dengan uji CBR laboratorium untuk memverifikasi keakuratan pengukuran. Proses uji CBR memakan waktu yang cukup lama, tingkat akurasi yang diragukan, dan menjadi tidak praktis bila material yang diuji cukup banyak.

Alasan utama penggunaan uji CBR sebagai pengontrol pemasatan tanah adalah karena prosesnya tidak rumit dan biaya yang dikeluarkan tidak besar. Hanya saja pemasatan menggunakan CBR menimbulkan deformasi yang besar



pada tanah yang diujikan sehingga struktur tanah yang diujikan menjadi rusak. Selain itu nilai CBR merupakan parameter yang tidak memiliki satuan. Berbeda dengan uji *GeoGauge* yang dalam proses pengujiaannya tidak menimbulkan deformasi yang signifikan pada tanah, sehingga tidak merusak struktur tanah yang diujikan. Parameter yang digunakan *GeoGauge* sendiri untuk menentukan tingkat kepadatan tanah adalah nilai kekakuan tanah.

Kekuatan tanah (*strength*) merupakan salah satu *engineering properties* tanah. Sebagaimana diketahui bahwa nilai kekakuan tanah juga menggambarkan kekuatan tanah yang lebih empiris karena memiliki satuan dan tujuan dari pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki *engineering properties* tanah.

## 2.5 Modulus Elastisitas Tanah

Modulus elastisitas tanah menyatakan kemampuan suatu tanah untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami deformasi akibat beban yang dinyatakan dalam satuan (gaya per satuan luas). Nilai modulus elastisitas tanah bergantung pada jenis tanahnya. Seperti yang diketahui bahwa hubungan modulus elastisitas dengan nilai modulus geser (G) dinyatakan:

$$E = 2G(1 - \nu^2) \quad \text{Persamaan 2.26}$$

Mengacu pada persamaan nilai kekakuan pada *GeoGauge*:

$$K = \frac{1.77ER}{(1-\nu^2)} \quad \text{Persamaan 2.27}$$

Maka dapat diperoleh hubungan antara nilai modulus elastisitas dengan nilai kekakuan tanah yaitu:

$$E = \frac{K(1-\nu^2)}{1.77R} \quad \text{Persamaan 2.28}$$

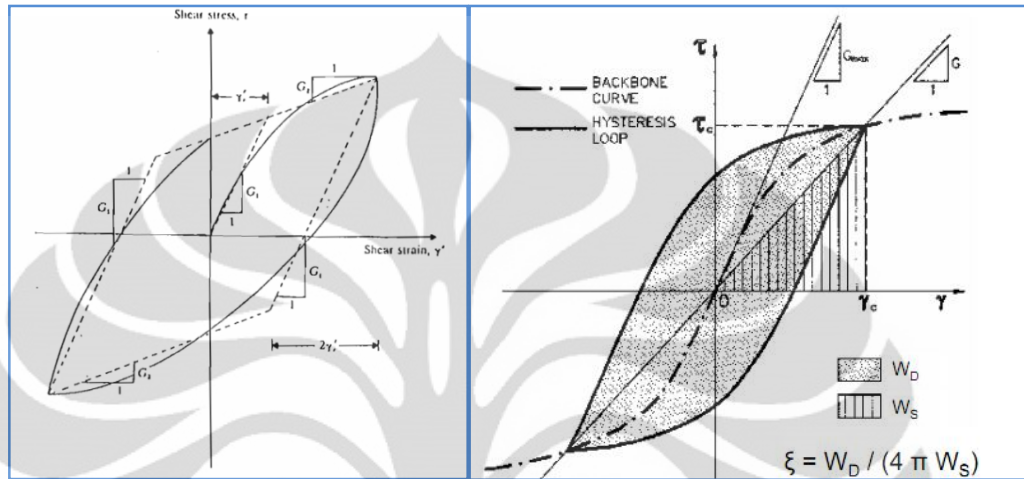
Dimana:

K = *stiffness* (MN/m)



- E = modulus elastisitas (MPa)  
 R = radius *GeoGauge* ring (2.25 inches = 0.05715 m)  
 $\nu$  = *Poisson's* ratio

## 2.6 Kurva *Shear Stress* dan *Shear Strain*



Gambar 2.19 Respon Tanah Terhadap Beban Dinamis dalam Kurva Tegangan dan Regangan Geser

Sumber: *Principles of Soil Dynamics* (1993)

Prilaku tanah terhadap pembebanan dinamis (*cyclic loading*) divisualisasikan dalam bentuk kurva hubungan tegangan dan regangan geser. Berdasarkan kurva di atas terlihat bahwa beban dinamis yang diberikan pada tanah menghasilkan kurva non-linear. Linear dan non-linear suatu kurva tegangan-regangan geser dipengaruhi oleh faktor redaman tanah (*damping*) dan *strain* yang dihasilkan. Semakin kecil *strain* maka semakin mendekati linear kurva tegangan-regangan gesernya, semakin linear kurva tegangan-regangan geser maka efek redaman semakin kecil. *Strain* yang besar akan menyebabkan kurva cenderung non-linear, dan dapat disimpulkan efek redaman pada tanah juga besar. Kurva tegangan-regangan geser biasanya digunakan untuk menentukan nilai elastisitas dan redaman tanah.

## 2.7 Analisis PLAXIS

### 2.7.1 Pendahuluan

Banyak sekali *software-software* yang bisa digunakan untuk menganalisis permasalahan-permasalahan dalam bidang Geologi Teknik. Seiring dengan perkembangan teknologi, *software* dalam bidang Geologi Teknik pun juga berkembang. PLAXIS merupakan salah satu *software* umum yang digunakan untuk menganalisis kasus-kasus di bidang Geologi Teknik yang digunakan dalam penelitian ini.

Definisi PLAXIS:

#### a) Program Input

- *General Setting*

Terdapat dua lembar kerja (tab sheet) yaitu *Project* dan *Dimension*. Lembar *Project* berisi nama proyek dan deskripsi, tipe model dan akselerasi. Lembar *Dimension* berisi satuan panjang, gaya, waktu dan dimensi area untuk menggambar model.

- *Pemodelan Geometrik*

Tahapan ini dimulai dengan membuat model geometrik yang akan mendeskripsikan permasalahan yang terjadi. Pemodelan geometrik terdiri dari titik, garis, dan kelompok (cluster). Titik dan garis dimasukkan oleh pengguna, sedangkan *cluster* diolah oleh program. Tambahan dari komponen dasar, objek struktur atau kondisi tertentu dapat dipilih pemodelan geometrik untuk mensimulasikan garis terowongan, dinding, plat, interaksi antara tanah dan struktur, dan beban. Setelah semua pemodelan geometrik telah ditetapkan dan semua komponen geometrik telah memiliki properti masing-masing, maka struktur elemen hingga dapat diolah.

- *Loads and Boundary Conditions*

Menu loads berisi pilihan yang menjelaskan *displacement* (perpindahan) yang sama dengan nol. Kondisi ini dapat diterapkan pada garis geometrik dan pada titik.

- *Material Properties*

Pada PLAXIS, properti tanah dan properti material dari struktur disimpan pada data material. Dimana ada 4 macam material, data untuk tanah dan interaksi, plat, geogrid dan ankur. Semua data tersimpan pada database material. Dari

database tersebut dapat ditetapkan kumpulan tanah atau objek struktur pada pemodelan geometrik.

- *Mesh Generation*

Setelah pemodelan geometrik semua sudah ditetapkan dan properti material dipilih untuk semua jenis kumpulan tanah dan objek struktur, pemodelan geometrik harus dibagi-bagi menjadi elemen-elemen hingga (mesh) dengan tujuan membentuk komposisi elemen hingga.

- *Initial Condition*

Setelah pemodelan geometrik dibuat dan jaring elemen hingga sudah di-*generate* (diproses), keadaan tegangan awal dan konfigurasi awal harus ditetapkan. Pada *Initial Conditions* (kondisi awal) terdapat dua model yang berbeda, yaitu: model pertama untuk memproses tekanan air awal (*water conditions mode*) dan model kedua untuk persyaratan konfigurasi geometrik awal dan untuk memproses tegangan efektif dasar awal (*geometrik configurations mode*)

b) *Program Calculations*

Setelah pemodelan elemen hingga di-*generate*, perhitungan elemen hingga sebenarnya dapat dilaksanakan. Oleh karena itu perlu ditetapkan tipe dari perhitungan yang akan digunakan dan jenis pembebanan atau tahapan konstruksi yang mana harus diaktifkan selama perhitungan. *Program Calculations* hanya mempertimbangkan analisis deformasi dan membedakan antara perhitungan *Plastic*, analisis *Consolidation* (pemampatan), analisis *Phi-C Reduction* (faktor keamanan) dan perhitungan *Dynamic*. Definisi dari tipe perhitungan tersebut diringkas sebagai berikut:

- o Perhitungan *Plastic*

Untuk mendapatkan *elastic-plastic deformation analysis* digunakan Perhitungan *Plastic*. Dalam perhitungan ini tidak diperlukan memasukkan kekurangan dan kelebihan tekanan air pori beserta fungsi waktu ke dalam perhitungan. Perhitungan ini sangat cocok pada sebagian besar penerapan praktek Geoteknik.

- o Perhitungan *Consolidation*

Perhitungan ini harus dipilih ketika cukup penting untuk menganalisis perkembangan dari disipasi kelebihan tekanan air pori pada tipe tanah lempung yang jenuh air dalam fungsi waktu.

- o Perhitungan *Phi-c Reduction*

Untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dengan mengurangi parameter kekuatan tanah

- o Perhitungan *Dynamic*

Perhitungan ini digunakan apabila beban yang bekerja bukan statis, melainkan beban bergerak (dinamis), contoh: gempa bumi, getaran akibat pemancangan dan beban harmonik. Perhitungan/analisis dinamis digunakan dalam penelitian ini.

Pada aplikasinya, suatu proyek akan dibagi menjadi tahapan-tahapan proyek (*phase*). Serupa pada PLAXIS proses perhitungan dibagi menjadi tahapan perhitungan. Contoh dari tahapan perhitungan antara lain, pengaktifan beban khusus pada waktu tertentu, simulasi dari tahapan konstruksi, pendahuluan dari waktu konsolidasi, perhitungan faktor keamanan dan lain sebagainya.

- c) Program Output

Hasil utama output dari perhitungan elemen hingga adalah *displacement* pada titik dan perubahan tegangan pada titik yang ditinjau. Beberapa parameter yang dapat diketahui dari hasil program output antara lain: deformasi, perpindahan (total, horizontal, vertikal dan *incremental displacement*), regangan (total, cartesian dan *incremental strain*), tegangan (efektif dan total), nilai *Over Consolidation Ratio* (OCR), titik plastis (*plastic point*), tekanan aktif pori (*active pore pressure*), tekanan air pori berlebih (*excess pore pressure*), ground water head, *Flow Field*, dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

- d) Program *Curve*

Pada program *curve* dapat digunakan untuk menggambarkan kurva beban atau waktu terhadap *displacement*, diagram tegangan-tegangan dan garis tegangan atau garis regangan dari titik yang sudah dipilih dan dimodelkan secara geometrik.

Kurva ini menggambarkan perkembangan dari beberapa perhitungan selama berbagai *phase* (tahapan) perhitungan, dan memberikan tanda secara global atau lokal dari perilaku tanah.

### 2.7.2 Pemodelan *Mohr-Coulomb* pada PLAXIS

Dalam PLAXIS terdapat beberapa pemodelan perhitungan/analisis tipe tanah antara lain: *Mohr-Coulomb model*, *Jointed Rock model*, *Hardening-Soil model*, *Soft-Soil-Creep model*, *Soft Soil model*. Namun disarankan menggunakan *Mohr-Coulomb model* untuk mendapatkan hasil analisis yang cepat dan sederhana.

Dalam pemodelan *Mohr-Coulomb* diperlukan 5 parameter tanah yang umumnya diketahui yang diperoleh dari hasil pengujian.

- a) Modulus Elastisitas ( $E$ ), yaitu konstanta kesebandingan antara tegangan dan regangan.
- b) *Poisson ratio* ( $\nu$ ) adalah rasio antara regangan arah lateral terhadap regangan arah aksial
- c) Sudut geser tanah ( $\phi$ ) secara umum menentukan kekuatan geser tanah, dibentuk dari garis singgung lingkaran *Mohr* terhadap sumbu-x.
- d) Sudut dilatasi ( $\Psi$ ) terlepas dari tanah yang *over consolidated*, tanah lempung cenderung tidak memiliki dilatasi ( $\Psi=0$ ).

Pemodelan *linear elastic* hanya menggunakan dua parameter tanah yaitu modulus elastisitas tanah ( $E$ ) dan *Poisson ratio* ( $\nu$ ). Hal ini dikarenakan asumsi model *linear elastic* hanya digunakan pada material yang memiliki *strain*, deformasi dan redaman yang sangat kecil, untuk itulah sebabnya tiga parameter lain yang ada pada model *Mohr-Coulomb* tidak digunakan.

## BAB 3 METODOLOGI

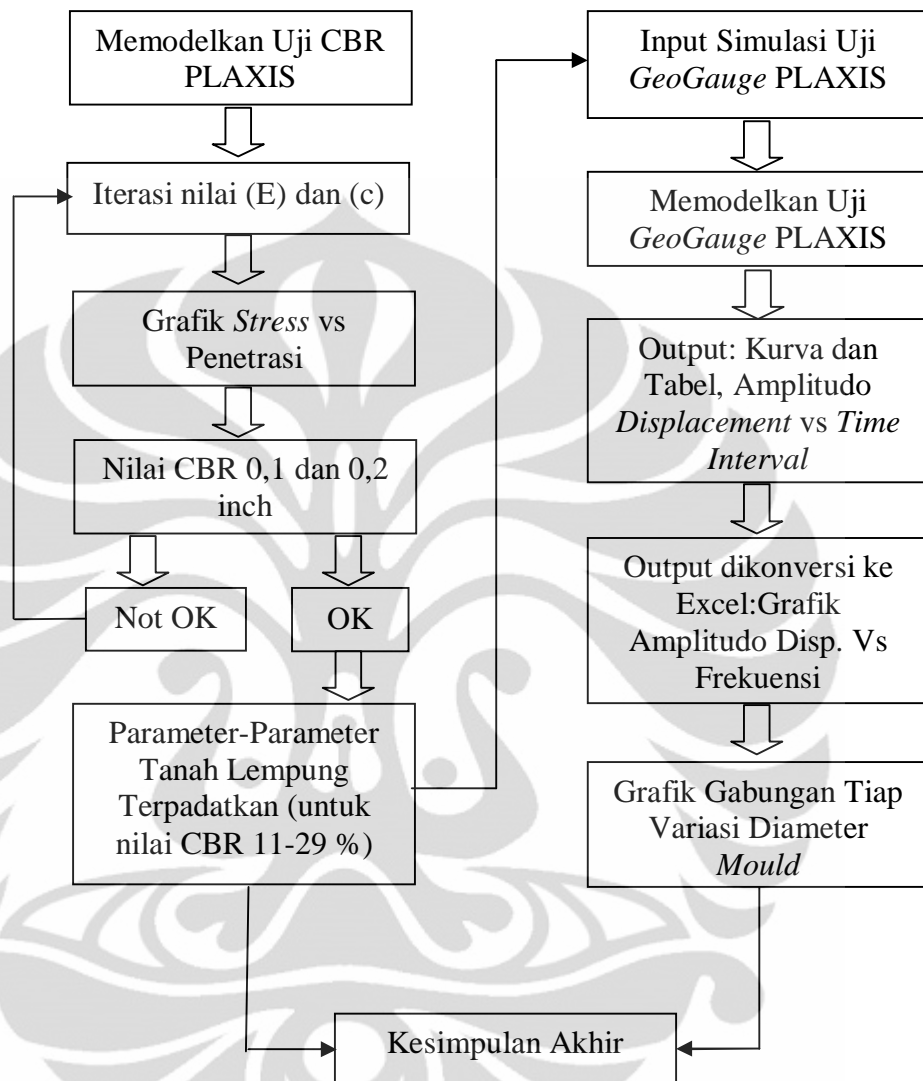
### 3.1 Pemilihan Kasus

Penelitian ini akan memodelkan perilaku tanah yang diuji dengan *GeoGauge*. Akan divariasikan dimensi (diameter) dari sampel tanah yang ada di dalam *mould*. Input model *Mohr-Coulomb* pada PLAXIS adalah parameter-parameter dari sampel tanah lempung terpadatkan, seperti nilai berat isi tanah ( $\gamma$ ), modulus elastisitas tanah (E) dan *Poisson ratio* ( $\nu$ ) yang diperoleh dari proses iterasi pemodelan CBR. Input beban dinamis (getaran *GeoGauge*) pada PLAXIS adalah amplitudo gaya dan frekuensi gelombang harmonik.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software* PLAXIS 2D, karena *GeoGauge* menghasilkan getaran (beban dinamis) yang diterima tanah maka analisis yang dilakukan adalah analisis *dynamic* (dinamik) pada PLAXIS. Output dari PLAXIS nantinya akan menggambarkan hasil simulasi uji *GeoGauge* berupa Grafik deformasi (*displacement*) terhadap waktu. Mengacu dari output tersebut kemudian diplot nilai amplitudo *displacement* (sumbu-y) yang mewakili tiap variasi frekuensi (sumbu-x) sehingga bisa diperoleh grafik frekuensi domain antara amplitudo *displacement* terhadap frekuensi untuk berbagai ukuran *mould* guna dibandingkan grafiknya.

### 3.2 Diagram Alir dan Penjelasan Sistematika Pengerjaan Skripsi

#### 3.2.1 Diagram Alir Sistematika Pengerjaan Skripsi



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

#### 3.2.2 Penjelasan Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

- Memodelkan uji CBR dengan PLAXIS. Tahapan berupa input, *Calculation* dan output yang akan dijelaskan pada diagram berikutnya.
- Melakukan Iterasi nilai modulus elastisitas (E) dan kohesi tanah (c) guna memperoleh parameter-parameter tanah lempung terpadatkan dengan kisaran nilai CBR 11-29 % pada penetrasi 0,1 dan 0,2 inch.
- Asumsi nilai berat isi tanah ( $\gamma$ ), sudut geser tanah ( $\phi$ ) serta parameter kekakuan tanah menjadi input material tanah, iterasi nilai modulus elastisitas

- (E) dan nilai kohesi tanah (c) dilakukan agar dapat diperoleh parameter tanah lempung terpadatkan yang *range* nilai CBR-nya berkisar diantara 11-29 %.
- d) Output dari uji CBR berupa nilai gaya (kN/rad) dan penetrasi (m), kemudian gaya penetrasi dikonversikan menjadi *stress* (kPa) yang nantinya akan diplot grafik CBR nilai *stress* terhadap penetrasi.
  - e) Jika nilai CBR yang didapat berada dalam *range* nilai CBR tanah lempung terpadatkan (11-29%), maka parameter-parameter input CBR tersebut telah bisa digunakan sebagai input untuk memodelkan uji *GeoGauge*.
  - f) Data-data teknis yang berkaitan dengan geometri tanah pada pemodelan uji *GeoGauge*, seperti variasi diameter *mould* (diameter sampel tanah), tinggi *mould* (sampel), jari-jari dan lebar *foot GeoGauge* yang menghasilkan getaran, diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan mengacu pada masukkan dari pembimbing.
  - g) Parameter beban dinamik bergantung dari amplitudo dan frekuensi. Nilai amplitudo getaran diperoleh dari hasil iterasi amplitudo beban yang dilakukan dengan PLAXIS, iterasi ini bertujuan untuk menyeleksi besarnya amplitudo yang merepresentasikan getaran *GeoGauge* yang menghasilkan amplitudo *displacement* tanah yang kurang dari 1,26 mikrometer. Frekuensi dari alat *GeoGauge* divariasikan dalam rentang 100-200 Hz.
  - h) Analisis uji *GeoGauge* dilakukan menggunakan *software* PLAXIS dengan analisis dinamis. Tahapannya meliputi input, *Calculation* dan Output.
  - i) Hasil data keluaran dari PLAXIS berupa kurva *displacement* terhadap waktu. Data-data ini diolah ke dalam bentuk grafik amplitudo *displacement* (sumbu-y) terhadap frekuensi (sumbu-x) dengan microsoft excel, kemudian akan dianalisis untuk kemudian ditarik kesimpulan. Analisis hasil merupakan pandangan penulis terhadap pengaruh dari variabel-variabel bebas yang divariasikan dalam pemodelan.
  - j) Tahapan *final* adalah menarik kesimpulan dari hasil data yang diperoleh.



### 3.3 Modeling dengan PLAXIS untuk uji CBR

Untuk pemodelan CBR menggunakan perhitungan *plastic* pada PLAXIS. Ada empat tahapan untuk pemodelan dalam PLAXIS:

a) Input

- Pemodelan geometri sampel tanah
- Menentukan properti material tanah
- Menentukan *boundary condition*
- Menentukan beban statis (*prescribed displacement*) piston CBR yang bekerja pada tanah.
- *Mesh Generation*

b) Initial Condition

c) *Calculation*

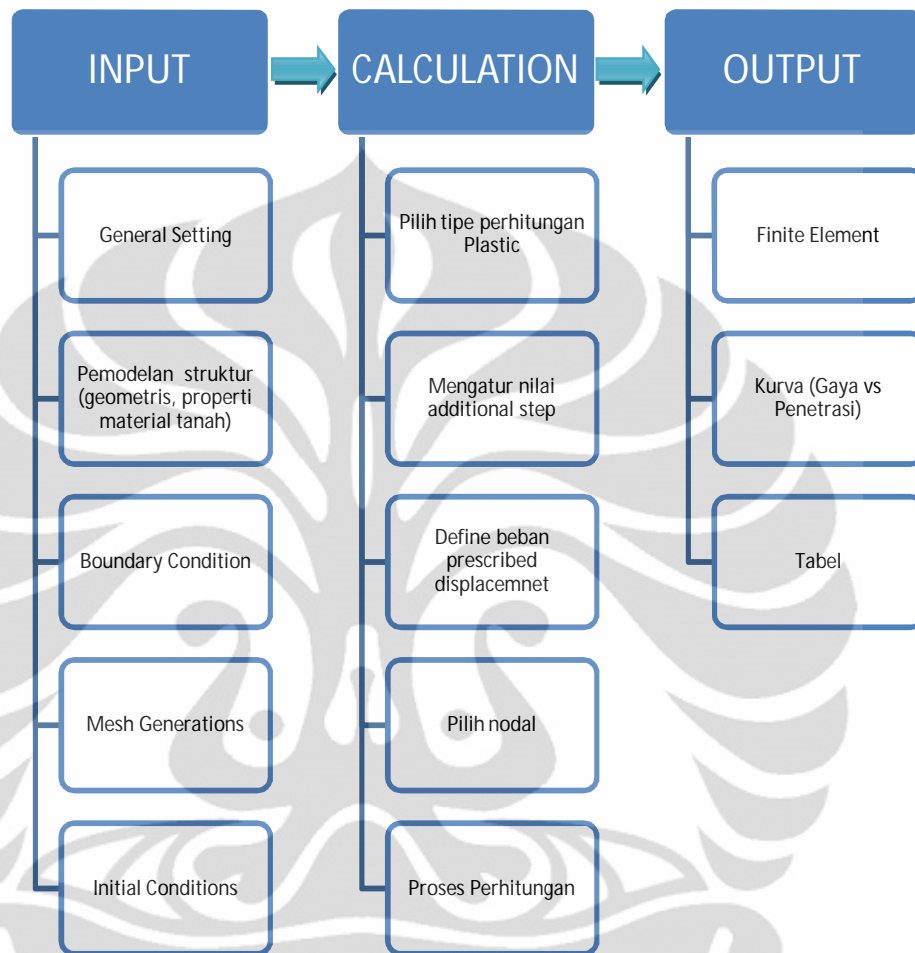
- Pilih tipe perhitungan *plastic Calculation*
- Tentukkan nilai additional step
- *Define* beban statis
- Tentukan titik nodal-nodal yang akan diamati
- Proses perhitungan

d) Output

- Hasil analisis yang disajikan dalam bentuk gambar, kurva dan tabel.

### 3.4 Diagram Alir dan Penjelasan Analisis Menggunakan PLAXIS untuk Model CBR.

#### 3.4.1 Diagram Alir Analisis Menggunakan PLAXIS



Gambar 3.2 Diagram Alir Pemodelan Uji CBR

#### 3.4.2 Penjelasan Diagram Alir Pemodelan Uji CBR Menggunakan PLAXIS

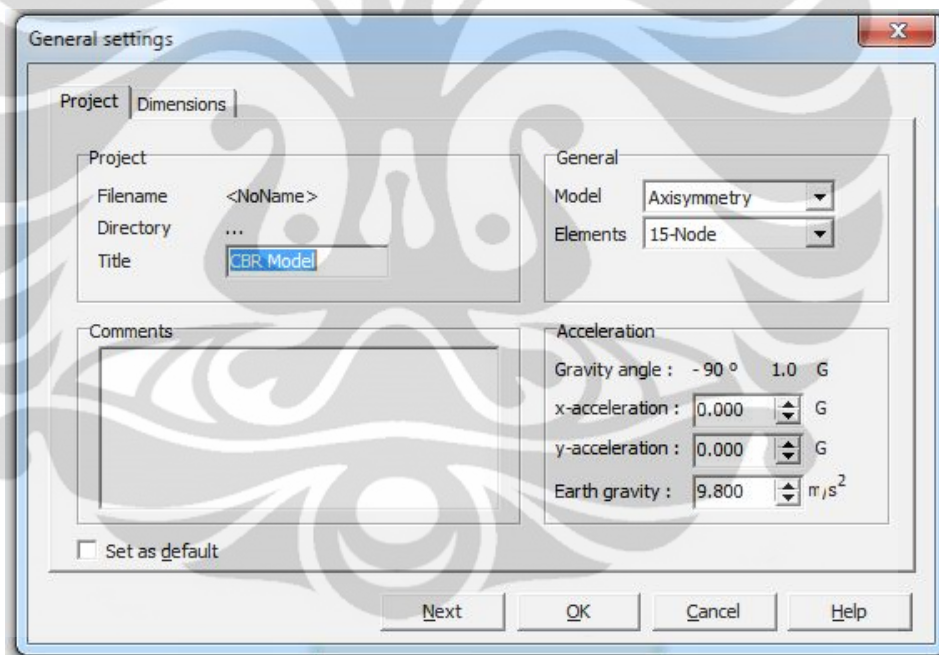
Uji CBR yang akan dimodelkan pada penelitian ini adalah uji CBR standar yang biasa dilakukan di laboratorium. Tujuan memodelkan uji CBR ini adalah untuk memperoleh nilai parameter-parameter tanah lempung terpadatkan dengan kisaran nilai CBR 11-29 %. Parameter-parameter tersebut selanjutnya digunakan untuk pemodelan uji *GeoGauge*. Proses *trial-error* (iterasi) dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter tersebut dengan memasukkan nilai modulus elastisitas ( $E$ ) dan nilai kohesi tanah lempung ( $c$ ) dengan pedoman untuk nilai CBR 0,1 dan 0,2 inch berada pada kisaran nilai CBR tanah lempung terpadatkan, yaitu 11-29 %.

Berikut adalah langkah-langkah dalam memodelkan uji CBR:

a) Input

- General Setting

General setting mengatur tipe bidang model yang digunakan. Ada dua tipe bidang model, yaitu *Plane Strain* dan *Axisymmetry*. Pada uji CBR juga menggunakan model *Axisymmetry* yang merepresentasikan bidang model yang memiliki sumbu putar arah y (vertikal). Hal ini mungkin disebabkan sampel tanah terpadatkan untuk uji CBR memiliki volum atau silinder. *Axisymmetry* juga berlaku untuk pemodelan *GeoGauge*. Pada general *setting* juga diatur unit satuan yang digunakan. Di sini digunakan satuan panjang dalam meter (m), satuan gaya dalam kiloNewton (kN), dan waktu dalam detik (s).



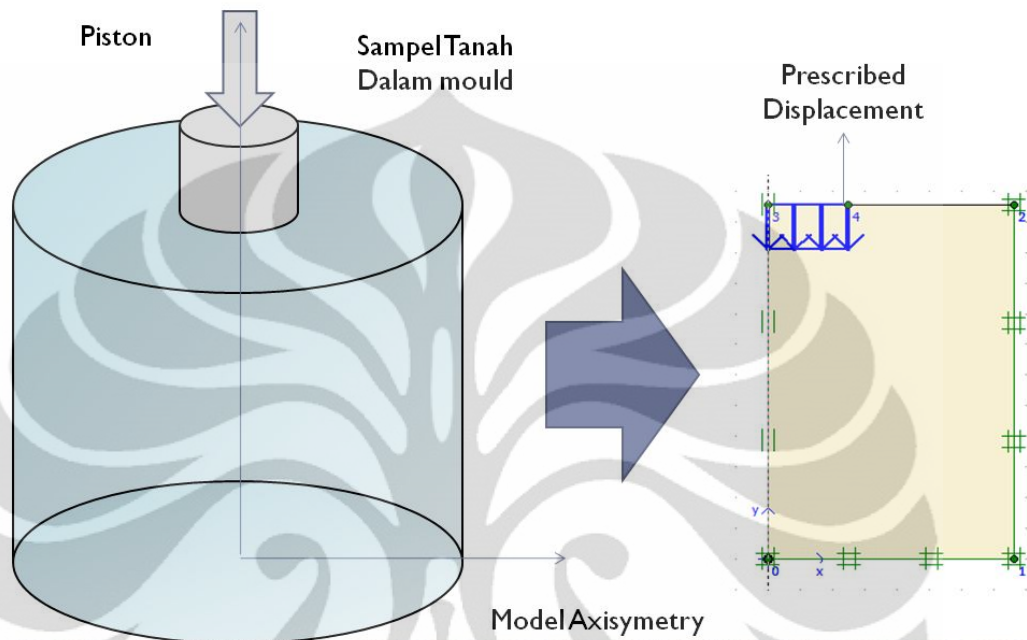
Gambar 3.3 General Setting

- Pemodelan Struktur

Geometris sampel tanah dimodelkan dengan *Geometry Line*, kemudian gunakan *total fixities* sebagai batas antara *mould* dengan sampel tanah (dinding *mould*). *Total fixities* merupakan idealisasi dari sistem jepit dimana *displacement* arah x dan y sama dengan nol. Sedangkan *horizontal fixities* digunakan pada sumbu vertical model, dimana *displacement* arah x sama dengan nol, sehingga untuk memisahkan bagian yang saling simetris digunakanlah batas ini. Kemudian

**Universitas Indonesia**

untuk beban statis yaitu penetrasi piston, akan dimodelkan dengan menggunakan *Prescribed Displacement* sebesar 0,00254 dan 0,00508 m (0,1 dan 0,2 inch). Jari-jari piston dari sumbu y sebesar 2,5 cm.



Gambar 3.4 Model Uji CBR

Setelah itu dilanjutkan dengan men-*define* material tanah yang akan dimodelkan. Perlu diperhatikan bahwa input parameter material yang digunakan merupakan asumsi-asumsi umum untuk material tanah *clay* terpadatkan. Asumsi nilai parameter-parameter tanah *clay* bisa diperoleh langsung dari database PLAXIS sendiri, dimana nilai-nilai parameter seperti berat isi, modulus elastisitas tanah, *poisson ratio*, sudut geser, kohesi, dan *permeability* merupakan nilai-nilai baku (umum) untuk material lempung. Akan tetapi perlu dilakukan modifikasi nilai elastisitas tanah dan kohesi tanah dikarenakan uji CBR dilakukan pada sampel tanah *clay* yang dipadatkan. Untuk itu nantinya nilai E dan c merupakan input yang mengalami iterasi (trial) untuk memperoleh parameter tanah lempung terpadatkan dengan nilai CBR yang diinginkan.

Berikut parameter tanah lempung terpadatkan yang diasumsikan:

Tabel 3.1 Parameter-parameter Tanah Lempung Terpadatkan

| Parameter-parameter       | Simbol              | Satuan            | Nilai     |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-----------|
| Berat isi tanah           | $\gamma$ unsat      | kN/m <sup>2</sup> | 16        |
| Berat isi tanah terendam  | $\gamma$ sat        | kN/m <sup>3</sup> | 18        |
| Modulus Elastisitas Tanah | E                   | kPa               | 70000     |
| <i>Poisson ratio</i>      | $\nu$               | -                 | 0,35      |
| Kohesi Tanah              | c                   | kPa               | 100       |
| Sudut Geser Tanah         | $\phi$              | derajat           | 20        |
| Sudut Dilatasi Tanah      | $\psi$              | derajat           | 0         |
| Permeabilitas             |                     |                   |           |
| arah x                    | k <sub>x</sub>      | m/s               | 1.157E-08 |
| arah y                    | k <sub>y</sub>      | m/s               | 1.157E-08 |
| Model Material            | <i>Mohr-Coulomb</i> |                   |           |

Model material tanah yang digunakan adalah *Mohr-Coulomb* yang bergantung pada lima parameter, yaitu modulus elastisitas, *poisson ratio*, kohesi tanah, sudut geser tanah dan sudut dilatasi.

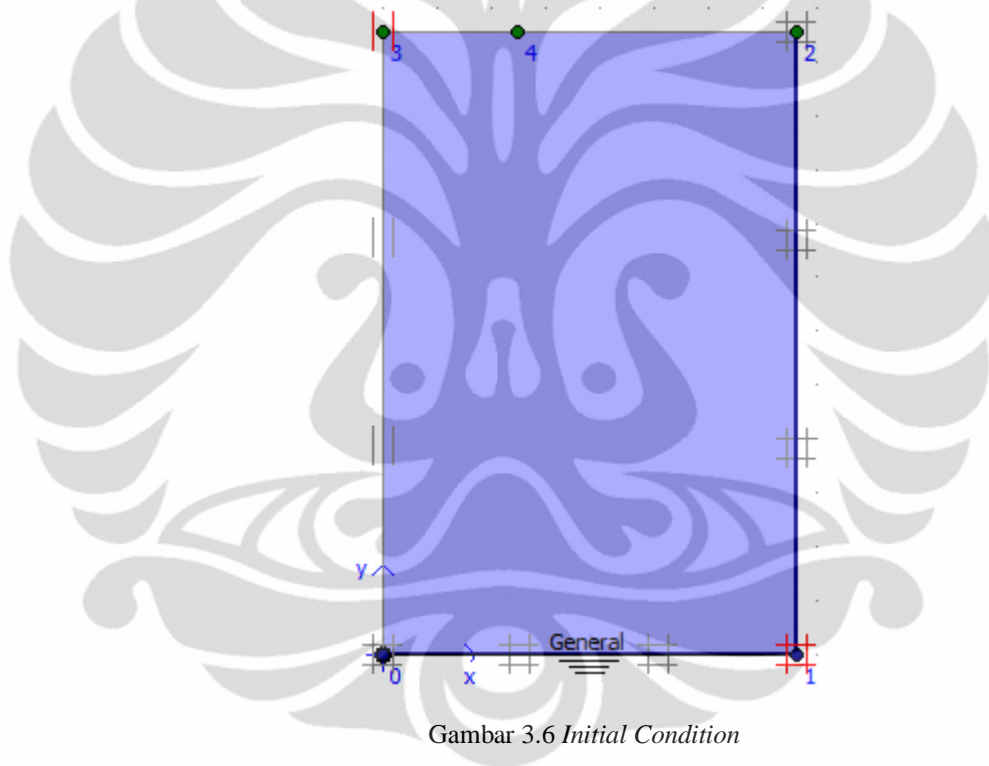
Gambar 3.5 Input Umum Material

- *Mesh Generations*

Setelah geometri dan material ditentukan, dilakukan proses membagi-bagi model material dari nodal yang telah ditentukan menjadi elemen-elemen hingga untuk dianalisis dengan perhitungan elemen hingga.

- *Initial Conditions*

Dalam fase ini kondisi awal dari model ditentukan. Kondisi yang diproses meliputi tegangan awal, kondisi muka air tanah dan lain sebagainya. Karena benda yang dimodelkan merupakan sampel tanah di dalam *mould* maka tidak ada pengaruh muka air tanah.



Gambar 3.6 *Initial Condition*

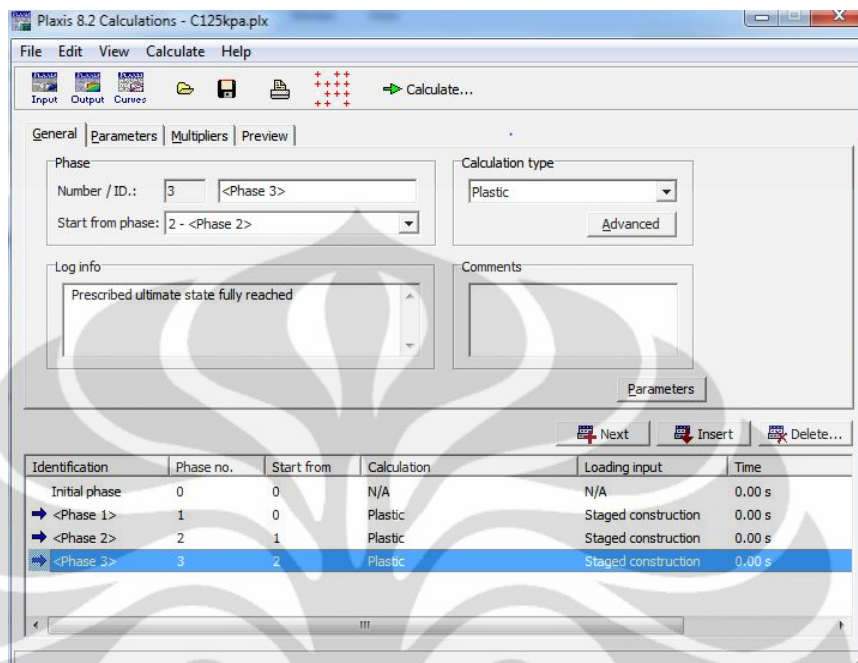
b) *Calculation*

Uji CBR sendiri menggunakan beban statis, tipe perhitungan yang digunakan adalah *plastic calculation* yang terdiri dari 4 *phase*, yaitu *initial phase*, *phase 1*, *phase 2* dan *phase 3*.

*Initial phase* merupakan kondisi awal. *Phase 1* merupakan kondisi dimana nilai *prescribed displacement* sama dengan nol, artinya belum ada penetrasi. Pada *phase 2* akan diinput nilai *prescribed displacement* sebesar 0,1 inch (0,00254 m) dan pada *phase 3* diinput nilai *prescribed displacement* sebesar 0,2 inch (0,00508 m).

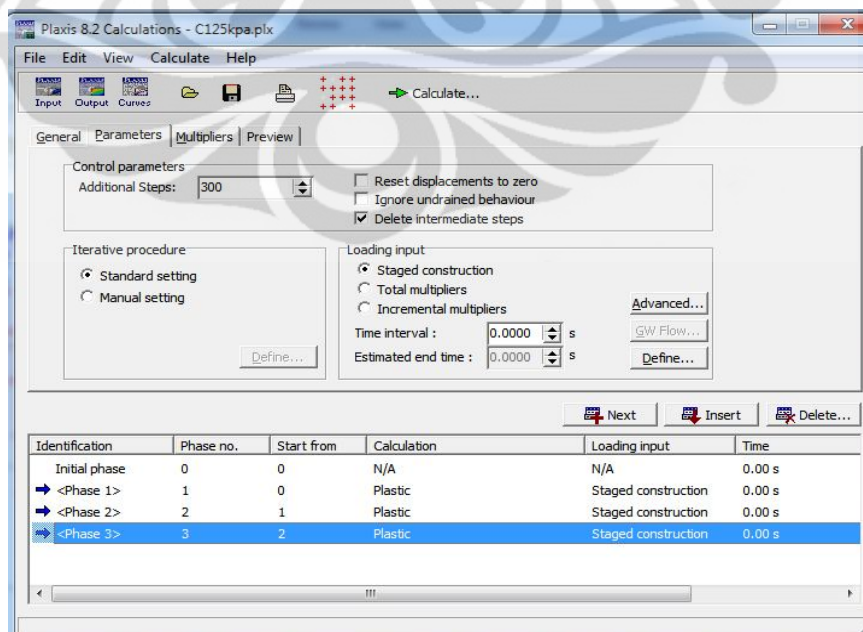


Pada *phase 2* dan *3* dilakukan pengaktifan *prescribed displacement*.



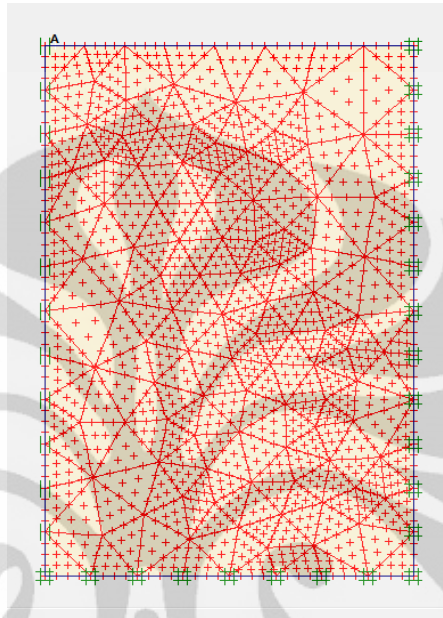
Gambar 3.7 Tampilan *General Calculation Model CBR*

Nilai *additional steps* adalah 300 kemudian menggunakan prosedur iterasi standar. Sedangkan untuk loading input dipilih *staged construction*. *Time interval* dinolkan.



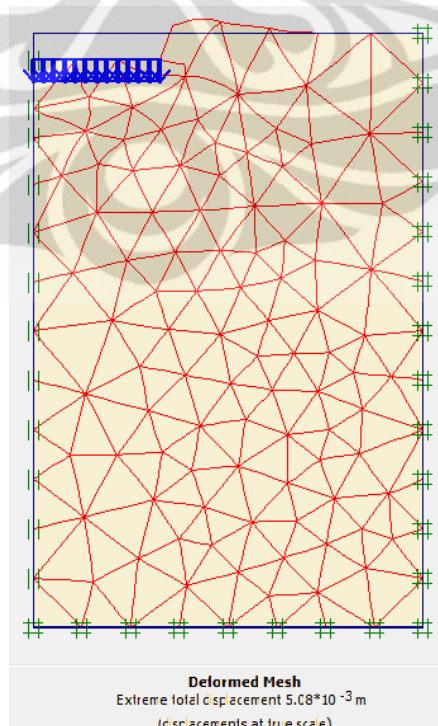
Gambar 3.8 Tampilan Input Parameter *Calculation Model CBR*

Sebelum melakukan perhitungan dipilih salah satu titik nodal yang akan diamati. Pada pemodelan CBR dipilih titik nodal yang letaknya tepat di bawah piston CBR. Titik A dengan koordinat (0.002;0.115) merupakan nodal yang dipilih.



Gambar 3.9 Posisi Nodal

c) Output



Gambar 3.10 *Deformed Mesh* Model CBR



Output dalam bentuk gambar deformasi yang terjadi, grafik *displacement* terhadap Gaya, dan tabel-tabel yang berisikan data hasil analisis PLAXIS.

### 3.5 Modeling dengan PLAXIS untuk Uji *GeoGauge*

Untuk memodelkan uji *GeoGauge* dipilih perhitungan *dynamic analysis* pada PLAXIS. Ada empat tahapan untuk pemodelan dalam PLAXIS Dinamis:

a) Input

- Pemodelan geometri sampel tanah
- Menentukan properti material tanah
- Menentukan *boundary condition*
- Menentukan beban luar dinamis *GeoGauge* yang bekerja
- *Mesh Generation*

b) *Initial Condition*

c) *Calculation*

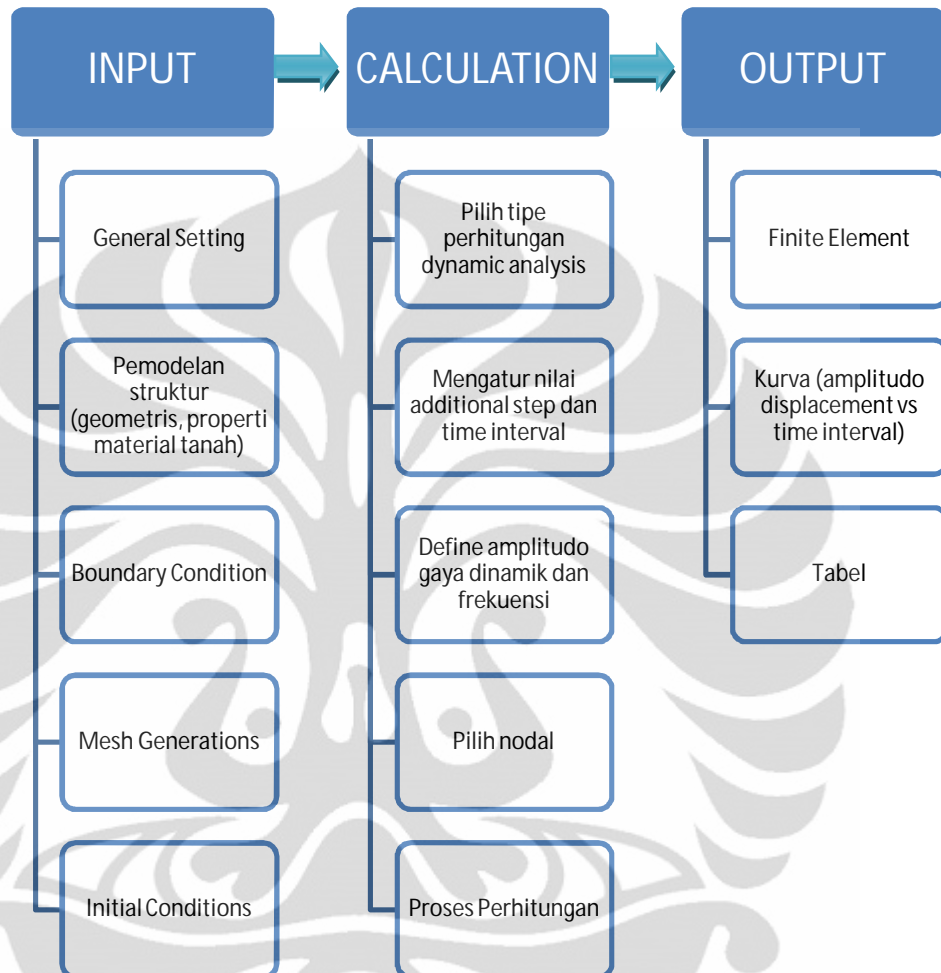
- Pilih tipe perhitungan *dynamic analysis*
- Tentukkan nilai *additional step* dan *time interval*
- Define beban harmonik, nilai amplitudo dan frekuensi
- Tentukan titik nodal-nodal yang akan diamati
- Proses perhitungan

d) Output

- Hasil analisis yang disajikan dalam bentuk gambar, kurva dan tabel.

### 3.6 Diagram Alir dan Penjelasan Analisis Menggunakan PLAXIS untuk Model *GeoGauge*

#### 3.6.1 Diagram Alir Analisis Menggunakan PLAXIS



Gambar 3.11 Diagram Alir Pemodelan Uji *GeoGauge*

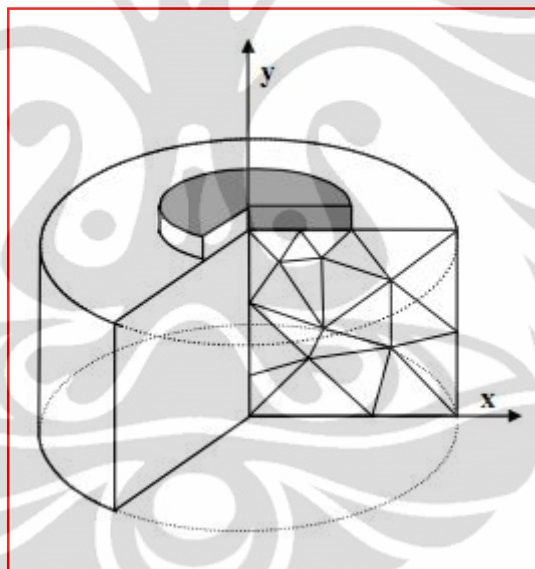
#### 3.6.2 Penjelasan Diagram Alir Pemodelan Uji *GeoGauge* Menggunakan PLAXIS

Hal terpenting dari pemodelan uji *GeoGauge* bahwa material yang digunakan adalah sama dengan material yang dimodelkan pada uji CBR. Artinya pada model uji *GeoGauge* menggunakan parameter tanah lempung terpadatkan yang diasumsikan pada uji CBR. Berikut tahapan pemodelan uji *GeoGauge* menggunakan PLAXIS.

## a) Input

- *General Setting*

Model *Axisymetry* merepresentasikan bidang model yang memiliki sumbu putar arah y (vertikal). Arah tegak lurus sumbu putar y, yaitu sumbu x (horizontal) merupakan radius (jari-jari). Dimana besarnya radius = 0 dihitung dari sumbu putar tersebut. Pemodelan *Axisymetry* cocok digunakan untuk menyelesaikan persoalan/model Geoteknik yang memiliki volum dan simetris terhadap sumbu putar (umumnya berbentuk silindris) dengan asumsi bahwa arah tegangan dan deformasi yang terjadi radial. Akan tetapi beban yang bekerja pada model ini hanya beban aksial (sejajar sumbu putar), beban lateral tidak dapat diaplikasikan pada bidang *Axisymetry*.

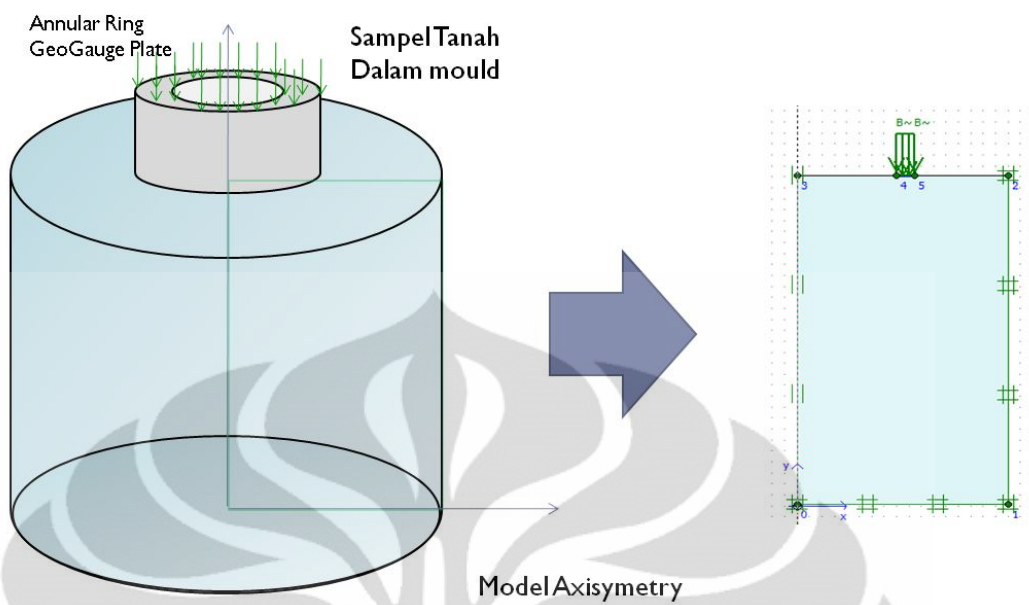


Gambar 3.12 *Axisymetry* Model  
Sumber: Manual PLAXIS 2D

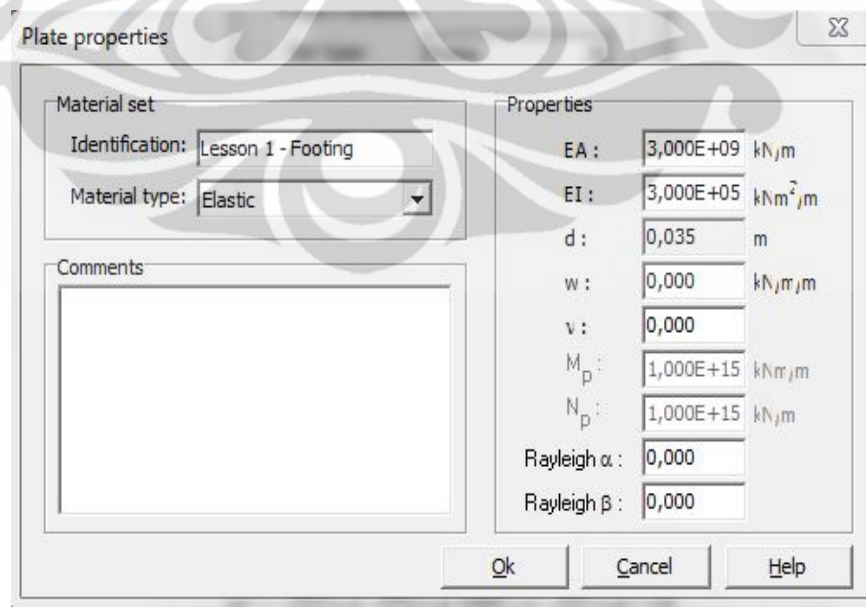
Karena sampel tanah yang akan dimodelkan memiliki volum dan simetris terhadap sumbu putar (silinder) maka dipilih model ini.

- Pemodelan Struktur

Geometris sampel tanah dimodelkan dengan *Geometry Line*, kemudian gunakan *total fixities* sebagai batas antara *mould* dengan tanah.

Gambar 3.13 Model Uji *GeoGauge*

Pada model perlu diletakkan pelat yang sangat kaku sebagai representasi dari plat *annular ring* alat *GeoGauge*. Lebar *annular ring GeoGauge* adalah 1,29 cm, pelat terletak sejauh 4,45 cm dari sumbu putar *y* yang mana juga merupakan jari-jari dalam dari *annular ring GeoGauge*.



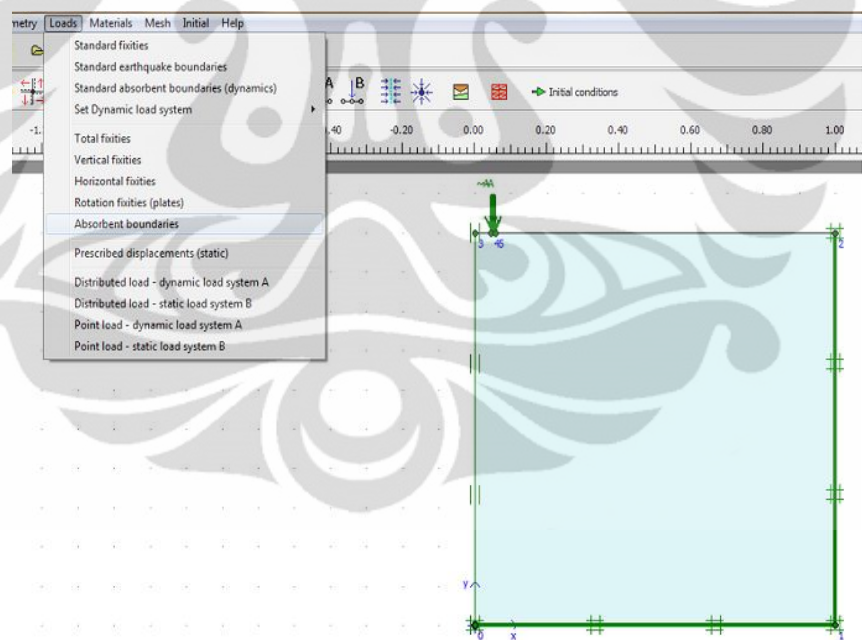
Gambar 3.14 Input Properti Material Pelat

Pada model *GeoGauge* plat diasumsikan rigid dan kaku menggunakan material *footing* dengan tipe material *elastic*. Nilai kekakuan normal  $EA = 3 \times 10^9$  kN/m dan kekakuan lentur  $EI = 3 \times 10^5$  kN/m.

Tepat di atas permukaan plat ini akan di letakkan beban dinamik terbagi merata sebesar  $1 \text{ kN/m}^2$ .

Dalam penelitian ini akan dilakukan enam variasi diameter sampel tanah, yaitu:

- 1) *Mould* 1 standar CBR, diameter 15,25 cm dengan tinggi 11,54 cm
- 2) *Mould* 2 dengan diameter 35 cm dengan tinggi 30 cm
- 3) *Mould* 3 dengan diameter 35 cm dengan tinggi 100 cm
- 4) *Mould* 4 dengan diameter 100 cm dengan tinggi 30 cm
- 5) *Mould* 5 dengan diameter 100 cm dengan tinggi 100 cm
- 6) *Mould* 6 dengan diameter 200 cm dengan tinggi 100 cm (*menggunakan dynamics / absorbent boundaries*)



Gambar 3.15 *Absorbent Boundaries*

Khusus untuk *mould* dengan diameter 200 cm dengan tinggi 100 cm diberikan kondisi batas yang berbeda dengan yang lainnya. Kondisi batas menggunakan *absorbent boundaries* yang mana gelombang tidak akan dipantulkan oleh dinding *mould* melainkan akan diteruskan. Model ini mewakili uji *GeoGauge* di lapangan karena kondisi batas dilapangan serupa dengan

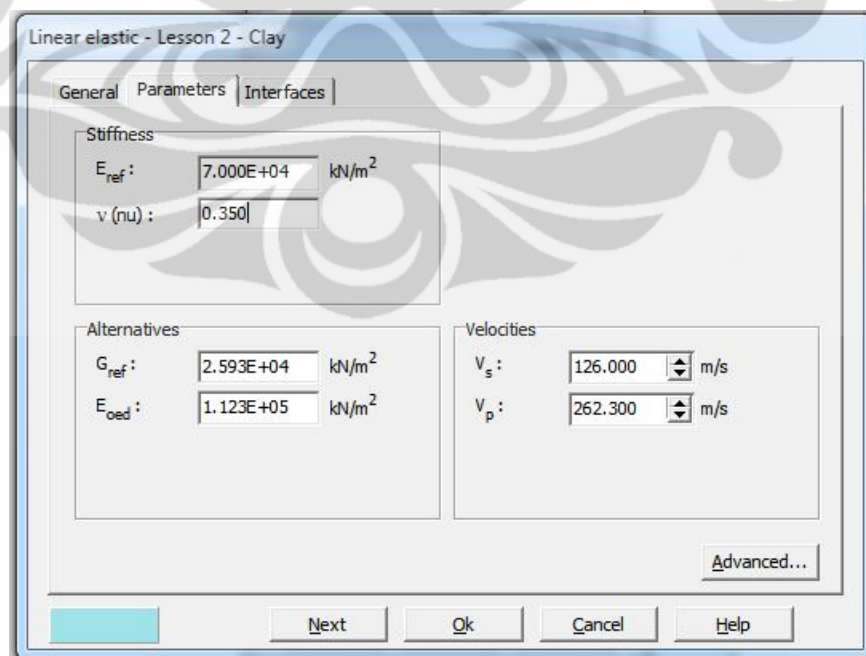
**Universitas Indonesia**

*absorbent boundaries*. Kondisi batas *absorbent absorbent* diaplikasikan pada dinding dan dasar mould.

Tabel 3.2 Parameter Tanah Lempung Terpadatkan Model *Linear elastic*

| Parameter-parameter       | Simbol                | Satuan            | Nilai    |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|----------|
| Berat isi tanah           | $\gamma_{unsat}$      | kN/m <sup>2</sup> | 16       |
| Berat isi tanah terendam  | $\gamma_{sat}$        | kN/m <sup>3</sup> | 18       |
| Modulus Elastisitas Tanah | E                     | kPa               | 70000    |
| <i>Poisson ratio</i>      | $\nu$                 | -                 | 0,35     |
| Permeabilitas             |                       |                   |          |
| arah x                    | kx                    | m/s               | 1.16E-08 |
| arah y                    | ky                    | m/s               | 1.16E-08 |
| Model Material            | <i>Linear elastic</i> |                   |          |

Seperti yang diketahui bahwa *displacement* yang terjadi akibat uji *GeoGauge* sangat kecil sekali maka *strain* yang dihasilkan juga sangat kecil sekali. Oleh karena itu nilai kohesi tanah tidak terlalu berpengaruh besar pada material tanah, sehingga *material model* bisa diasumsikan menggunakan *Linear Elastic*.

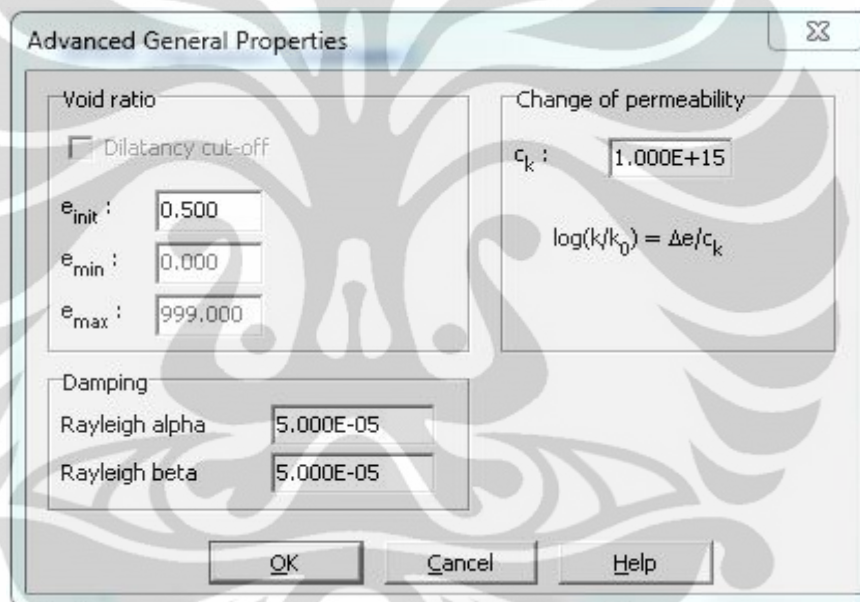


Gambar 3.16 Parameter Tanah



Parameter-parameter tanah yang dijadikan input adalah parameter tanah lempung hasil proses pemadatan. Karena menggunakan pemodelan *Linear elastic* maka parameter yang wajib ada adalah modulus elastisitas dan *poisson ratio*.

Input tambahan adalah nilai damping *Rayleigh* alfa ( $\alpha$ ) dan beta ( $\beta$ ) yang diasumsikan untuk ( $\alpha = 5 \times 10^{-5}$ ) dan beta ( $\beta = 5 \times 10^{-5}$ ). Input ini dapat diakses pada tombol *advanced*. Sedangkan untuk kondisi tanpa redaman nilai damping *Rayleigh* alfa ( $\alpha$ ) dan beta ( $\beta$ ) sama dengan nol. Karena menggunakan model *Linear elastic* maka nilai redaman yang diperlukan juga tidak terlalu besar. Disini juga dilakukan analisis model dengan *damping* dan tanpa *damping*.



Gambar 3.17 *Advanced General Properties*

- *Mesh Generations*

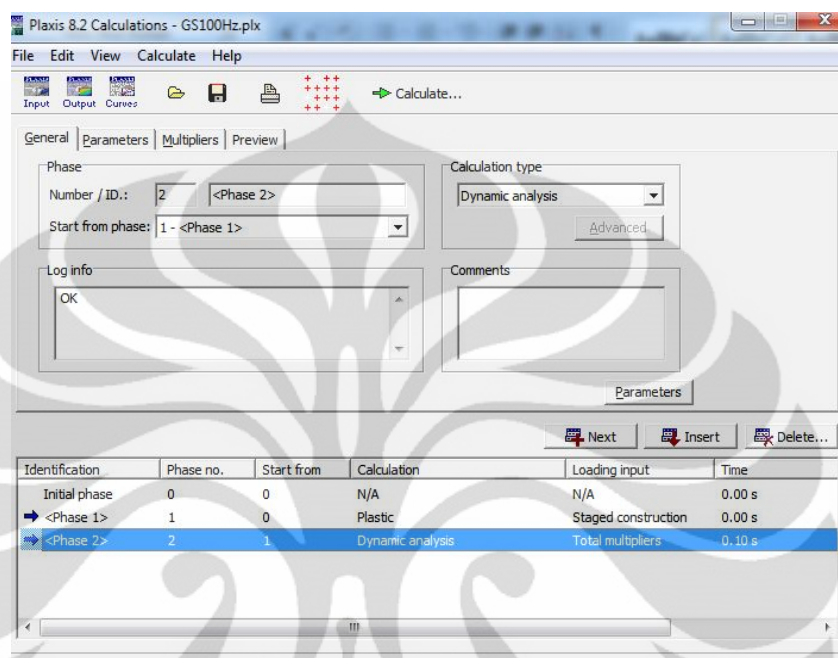
Setelah geometri dan material ditentukan, dilakukan proses membagi-bagi model material dari nodal yang telah ditentukan menjadi elemen-elemen hingga untuk dianalisis dengan perhitungan elemen hingga.

- *Initial Conditions*

Setelah melakukan *Mesh Generations* selanjutnya menentukan kondisi awal dari model. Meliputi tegangan awal, kondisi muka air tanah dan lain sebagainya.

### b) Calculation

Perhitungan menggunakan tipe perhitungan *dynamic analysis* yang terdiri dari 3 *phase*, yaitu *initial phase*, *phase 1* dan *phase 2*



Gambar 3.18 Tampilan *Stanby Calculation*

Pada *phase 2* beban dinamik diaktifkan dengan memasukkan nilai amplitudo dan frekuensi beban dinamik yang diinginkan. Karena rentang frekuensi *GeoGauge* berada pada 100-196 Hz, maka dalam penelitian ini frekuensi beban harmonik yang akan digunakan sebesar 100, 125, 150, 175 dan 200 Hz untuk tiap variasi diameter sampel tanah. Akan tetapi juga digunakan frekuensi di luar 100-200 Hz apabila pada variasi belum terlihat puncak *displacement* yang ingin dicari.

### c) Output

Output dalam bentuk gambar deformasi yang terjadi, grafik *displacement* terhadap waktu, dan tabel-tabel yang berisikan data hasil analisis. Dari tiap model dengan variasi diameter akan diplot grafik frekuensi (sumbu-x) dan amplitudo *displacement* tanah secara bersamaan dalam satu grafik, guna melihat pada frekuensi berapa terjadinya amplitudo puncak (maksimum *displacement* tanah)



dan perbedaan amplitudo puncak dari sampel satu dengan sampel lainnya. Sehingga bisa ditarik kesimpulan mengenai efek dari diameter sampel.



## BAB 4

### ANALISIS DATA PENELITIAN

#### 4.1 Pendahuluan

Prinsip kerja alat *GeoGauge* menggunakan vibrasi yang menghasilkan gelombang dengan amplitudo gaya dan frekuensi tertentu. Uji ini disimulasikan di dalam *mould*, sehingga diperkirakan terjadi efek pantulan gelombang pada dinding *mould*. Variasi diameter dan tinggi *mould* dilakukan guna menyelidiki dimensi *mould* yang masih terpengaruh oleh efek ini. Tujuan akhirnya adalah mencari diameter *mould* efektif yang layak digunakan untuk uji *GeoGauge* di laboratorium.

Dalam penelitian ini akan dilakukan enam variasi diameter sampel tanah, yaitu:

- 1) *Mould 1*, *mould* standar CBR berdiameter 15,25 cm dengan tinggi 11,54 cm
- 2) *Mould 2*, berdiameter 35 cm dengan tinggi 30 cm
- 3) *Mould 3*, berdiameter 35 cm dengan tinggi 100 cm
- 4) *Mould 4*, berdiameter 100 cm dengan tinggi 30 cm
- 5) *Mould 5*, berdiameter 100 cm dengan tinggi 100 cm
- 6) *Mould 6*, berdiameter 200 cm dengan tinggi 100 cm (*menggunakan dynamics / absorbent boundaries*)

Tiap satu model *mould* akan diberikan variasi frekuensi dari 100, 125, 150, 175 dan 200 Hz. Hal ini dikarenakan frekuensi pengoperasian *GeoGauge* berada pada kisaran 100-196 Hz. Akan tetapi variasi frekuensi bisa disesuaikan tiap model apabila pada kisaran 100-200 Hz tidak terlihat puncak *displacement*.

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengolahan data hasil output uji CBR dan uji *GeoGauge*. Pada bab ini juga akan dipaparkan analisis-*analisis* penulis terhadap data output hasil pemodelan PLAXIS.

## 4.2 Pengolahan Data Output PLAXIS Model Uji CBR

Output hasil analisis pemodelan CBR dengan PLAXIS berupa tabel yang berisikan nilai *displacement* tanah dan gaya piston. Nilai *displacement* tanah yang diamati untuk model CBR adalah nilai *displacement* arah vertikal (arah y), begitu pula untuk gaya penetrasi piston (arah y). Nilai-nilai tersebut terlampir pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Sebagian Hasil Output PLAXIS Model CBR

| Point | Step | Uy [m]   | Fy [kN/rad] |
|-------|------|----------|-------------|
| 0     | 0    | 0.00E+00 | 0.00E+00    |
| 1     | 1    | 0.00E+00 | 0.00E+00    |
| 2     | 2    | 0.00E+00 | 0.00E+00    |
| 3     | 3    | 0.00E+00 | 0.00E+00    |
| 4     | 3    | 4.94E-05 | 4.42E-02    |
| 5     | 4    | 1.48E-04 | 1.28E-01    |
| 6     | 5    | 2.47E-04 | 1.94E-01    |
| 7     | 6    | 3.46E-04 | 2.44E-01    |
| 8     | 7    | 4.45E-04 | 2.86E-01    |
| 9     | 8    | 5.43E-04 | 3.21E-01    |
| 10    | 9    | 5.93E-04 | 3.37E-01    |
| 11    | 10   | 6.91E-04 | 3.67E-01    |
| 12    | 11   | 7.90E-04 | 3.94E-01    |
| 13    | 12   | 8.40E-04 | 4.07E-01    |
| 14    | 13   | 9.38E-04 | 4.31E-01    |
| 15    | 14   | 9.88E-04 | 4.43E-01    |
| 16    | 15   | 1.04E-03 | 4.55E-01    |
| 17    | 16   | 1.09E-03 | 4.66E-01    |
| 18    | 17   | 1.19E-03 | 4.87E-01    |
| 19    | 18   | 1.23E-03 | 4.97E-01    |
| 20    | 19   | 1.33E-03 | 5.17E-01    |

*Catatan:* Tabel output 4.1 menampilkan 20 step dari 72 step data yang dihasilkan.

Kolom step menampilkan banyaknya step yang dibutuhkan dalam proses *running* agar diperoleh data dengan akurasi lebih baik, sedangkan kolom (Uy) merupakan besarnya penurunan yang terjadi tiap step. Gaya (F<sub>y</sub>) merupakan gaya yang dibutuhkan untuk mempenetrasi sampel tanah tiap step.

Nilai gaya penetrasi di konversikan menjadi *stress* piston CBR yang dibutuhkan untuk memenetrasi sampel tanah.

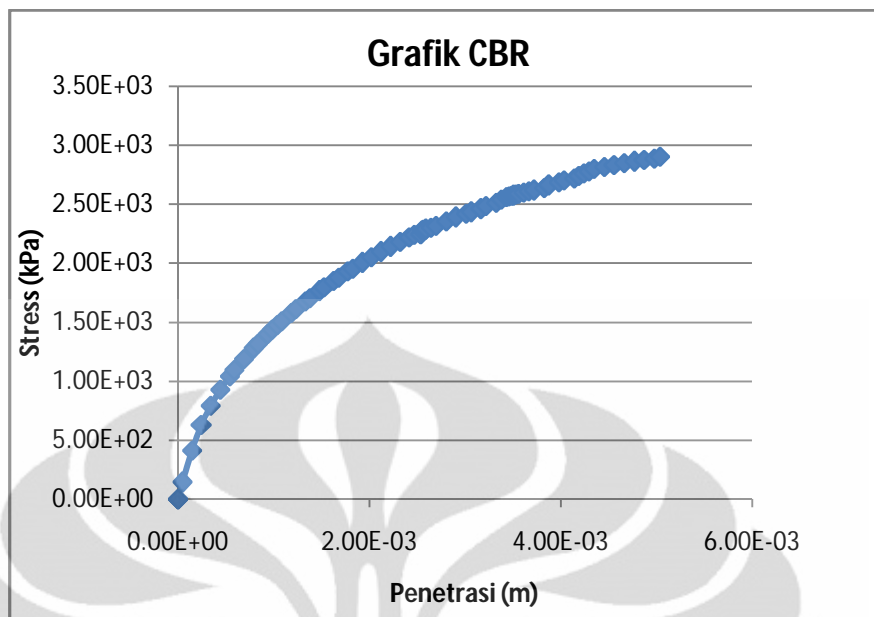
$$\text{Stress (kPa)} = \frac{F_y \text{ (kN)}}{A_{\text{piston}} \text{ (m)}} \quad \text{Persamaan 4.1}$$

Satuan gaya awal adalah (kN/rad) sehingga perlu dikonversi menjadi satuan (kN), untuk mengkonversikannya maka nilai  $F_y$  (kN/rad) dikalikan dengan  $2\pi$ . Luas piston (A) adalah  $0.001936 \text{ m}^2$ . Hasil pengolahan data terlampir pada tabel 4.2.

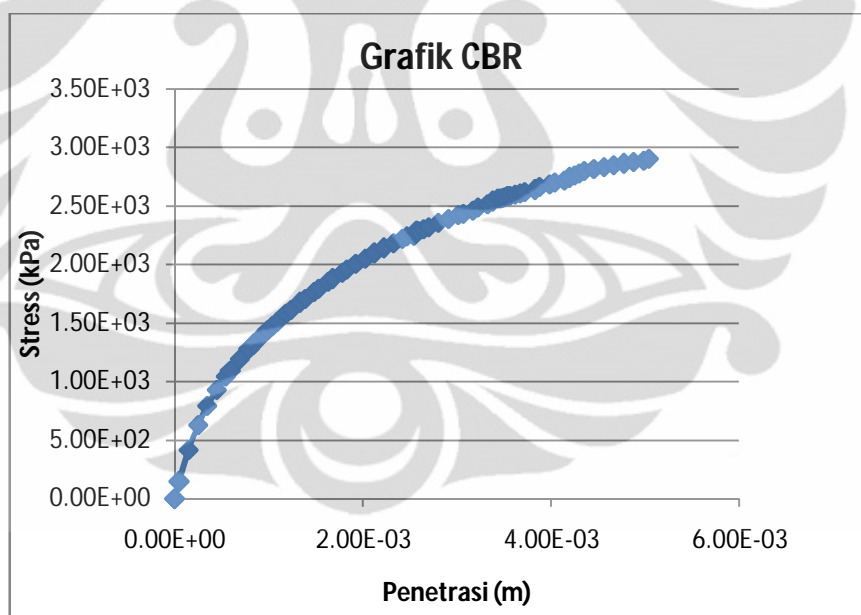
Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data Nilai Strees Penetrasi

| Point | Step | Uy [m]   | Fy [kN/rad] | Stress [kPa] |
|-------|------|----------|-------------|--------------|
| 0     | 0    | 0.00E+00 | 0.00E+00    | 0.00E+00     |
| 1     | 1    | 0.00E+00 | 0.00E+00    | 0.00E+00     |
| 2     | 2    | 0.00E+00 | 0.00E+00    | 0.00E+00     |
| 3     | 3    | 0.00E+00 | 0.00E+00    | 0.00E+00     |
| 4     | 3    | 4.94E-05 | 4.42E-02    | 1.44E+02     |
| 5     | 4    | 1.48E-04 | 1.28E-01    | 4.14E+02     |
| 6     | 5    | 2.47E-04 | 1.94E-01    | 6.28E+02     |
| 7     | 6    | 3.46E-04 | 2.44E-01    | 7.92E+02     |
| 8     | 7    | 4.45E-04 | 2.86E-01    | 9.29E+02     |
| 9     | 8    | 5.43E-04 | 3.21E-01    | 1.04E+03     |
| 10    | 9    | 5.93E-04 | 3.37E-01    | 1.09E+03     |
| 11    | 10   | 6.91E-04 | 3.67E-01    | 1.19E+03     |
| 12    | 11   | 7.90E-04 | 3.94E-01    | 1.28E+03     |
| 13    | 12   | 8.40E-04 | 4.07E-01    | 1.32E+03     |
| 14    | 13   | 9.38E-04 | 4.31E-01    | 1.40E+03     |
| 15    | 14   | 9.88E-04 | 4.43E-01    | 1.44E+03     |
| 16    | 15   | 1.04E-03 | 4.55E-01    | 1.47E+03     |
| 17    | 16   | 1.09E-03 | 4.66E-01    | 1.51E+03     |
| 18    | 17   | 1.19E-03 | 4.87E-01    | 1.58E+03     |
| 19    | 18   | 1.23E-03 | 4.97E-01    | 1.61E+03     |
| 20    | 19   | 1.33E-03 | 5.17E-01    | 1.68E+03     |

Nilai *Strees* diplot pada sumbu-y dan Uy (penetrasi) pada sumbu-x, sehingga menghasilkan grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Grafik *Stress* vs Penetrasi CBR

### 4.3 Analisis Hasil Data Model CBR

Gambar 4.2 Grafik *Stress* vs Penetrasi CBR

Berdasarkan hasil tabel pengolahan data maka nilai CBR untuk penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch dihitung dengan rumus:

$$CBR = \frac{Stress}{Standar\ Unit\ Load} 100\%$$

Nilai CBR pada penetrasi 0,1 dan 0,2 inchi dirangkum dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai CBR

| Penetrasi             | Stress (kPa) | Standar Unit Load (kPa) | CBR (%) |
|-----------------------|--------------|-------------------------|---------|
| 2,54 mm<br>(0,1 inch) | 2250         | 6894.76                 | 32.6    |
| 5,08 mm<br>(0,2 inch) | 2910         | 10342.14                | 28.1    |

Berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa nilai kekakuan iterasi sebesar 70 MPa dan kohesi sebesar 100 kPa diperoleh nilai CBR untuk penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch adalah 32.6 % dan 28.1 %. Dikarenakan nilai CBR target untuk lempung terpadatkan telah tercapai maka parameter-parameter material tanah lempung terpadatkan dapat digunakan untuk pemodelan uji *GeoGauge* selanjutnya.

#### 4.4 Pengolahan Data Output PLAXIS Model Uji *GeoGauge*

##### 4.4.1 Pendahuluan

Penelitian ini memvariasikan enam dimensi *mould* dengan salah satu *mould* yang menjadi pedoman. *Mould* yang menjadi patokan untuk analisis adalah *mould* diameter 200 cm dengan tinggi 100 cm yang menggunakan *absorbent boundaries* sebagai batasnya. *Mould* ini dianggap mewakili kondisi uji *GeoGauge* di lapangan, karena rambatan gelombang diteruskan melewati dinding *mould* (tidak dipantulkan) sebagai efek dari penggunaan *absorbent boundaries*. Tiap *mould* diberi perlakuan sama dari segi kekakuan material, dengan nilai modulus elastisitas yang sama yaitu sebesar 70 MPa.

##### 4.4.2 Pengolahan Data

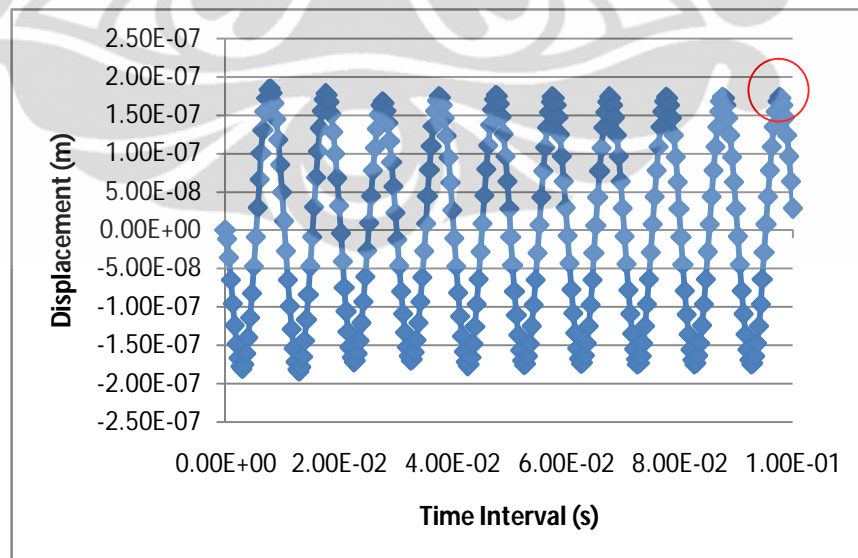
Output hasil analisis pemodelan uji *GeoGauge* berupa *displacement* tanah terhadap *time interval*. Nilai *time interval* yang diamati sebesar 0,1 detik, variasi frekuensi dari 100 hingga 300 Hz (tiap kelipatan 25 Hz). Berikut salah satu tabel hasil analisis pemodelan uji *GeoGauge* yang terlampir dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Output Model Uji *GeoGauge* Frekuensi 100 Hz untuk *Mould 6* dengan Redaman Material

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -1.11E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -3.57E-08 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -6.52E-08 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -9.61E-08 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -1.25E-07 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | -1.49E-07 |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | -1.67E-07 |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | -1.78E-07 |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | -1.81E-07 |

Catatan: Tabel 4.4 merupakan sebagian tabel output PLAXIS

Berdasarkan tabel 4.4 *dynamic time* terhadap *displacement* yang terlampir, nilai ini diolah menggunakan *microsoft excel* ke dalam bentuk grafik *displacement vs time interval*. Dimana *displacement* (sumbu-y) dan *time interval* (sumbu-x). Berikut ini merupakan salah satu contoh grafik pemodelan uji *GeoGauge* untuk model *mould 6* dengan frekuensi 100 Hz terlampir pada Gambar 4.3



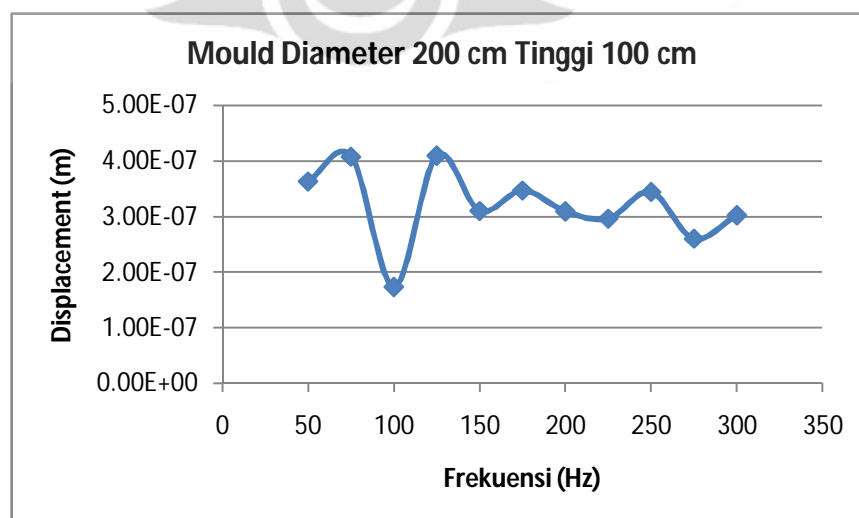
Gambar 4.3 Grafik Amplitudo *Displacement vs Time Interval* untuk Frekuensi 100 Hz pada *Mould 6* dengan Redaman Material

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 dipilih *cycle* terakhir dengan nilai amplitudo *displacement* puncak yang bernilai positif. Langkah yang sama dilakukan pada model yang sama dengan variasi frekuensi lainnya. Untuk model *mould* lainnya juga dilakukan langkah-langkah yang serupa, yaitu mengelompokkan nilai *displacement* pada frekuensi-frekuensi yang divariasikan. Nilai *displacement* pada variasi frekuensi untuk model *mould* 6 didistribusikan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Frekuensi dan *Displacement* (*Mould* 6, Diameter 200 cm Tinggi 100 cm)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 50             | 3.64E-07                |
| 75             | 4.08E-07                |
| 100            | 1.74E-07                |
| 125            | 4.1E-07                 |
| 150            | 3.11E-07                |
| 175            | 3.48E-07                |
| 200            | 3.1E-07                 |
| 225            | 2.97E-07                |
| 250            | 3.45E-07                |
| 275            | 2.61E-07                |
| 300            | 3.03E-07                |

Nilai pada tabel 4.5 akan diplot ke dalam grafik dimana nilai frekuensi pada sumbu-x dan *displacement* pada sumbu-y, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik Frekuensi Domain *Mould* 6 (Diameter 200 cm Tinggi 100 cm)



Langkah-langkah serupa dilakukan untuk variasi dimensi *mould* lain yang akan ditinjau.

#### 4.5 Analisis Hasil Data Model Uji *GeoGauge*

Bagian ini akan membahas serta membandingkan material tanah yang menggunakan redaman dan tanpa redaman.

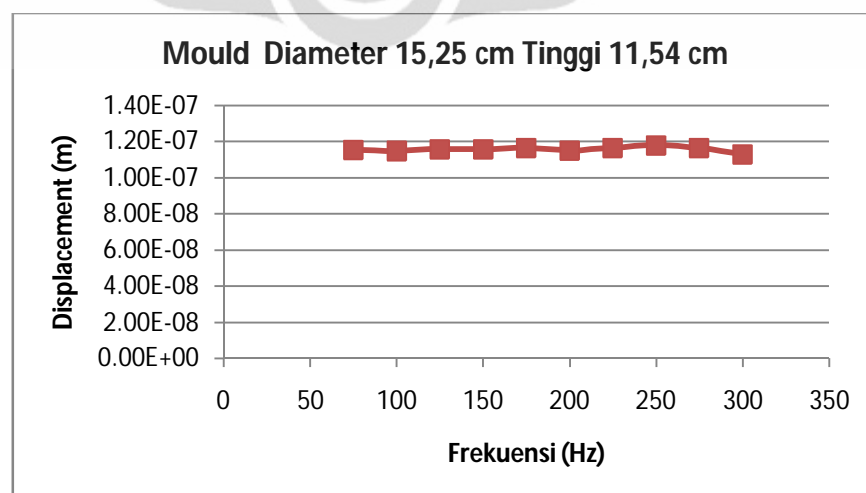
##### 4.5.1 Analisis Variasi Diameter dan Tinggi *Mould* Tanpa Redaman (Damping *Rayleigh* $\alpha = 0$ dan $\beta = 0$ )

a) *Mould* 1, Diameter 15,24 cm dengan Tinggi 11,54 cm (*Mould* Standar CBR)

Tabel 4.6 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould*1, yaitu *mould* standar CBR.

Tabel 4.6 *Mould* Standar CBR (tanpa redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 75             | 1.16E-07                |
| 100            | 1.15E-07                |
| 125            | 1.16E-07                |
| 150            | 1.16E-07                |
| 175            | 1.17E-07                |
| 200            | 1.15E-07                |
| 225            | 1.17E-07                |
| 250            | 1.18E-07                |
| 275            | 1.16E-07                |
| 300            | 1.13E-07                |



Gambar 4.5 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 1 (tanpa damping)

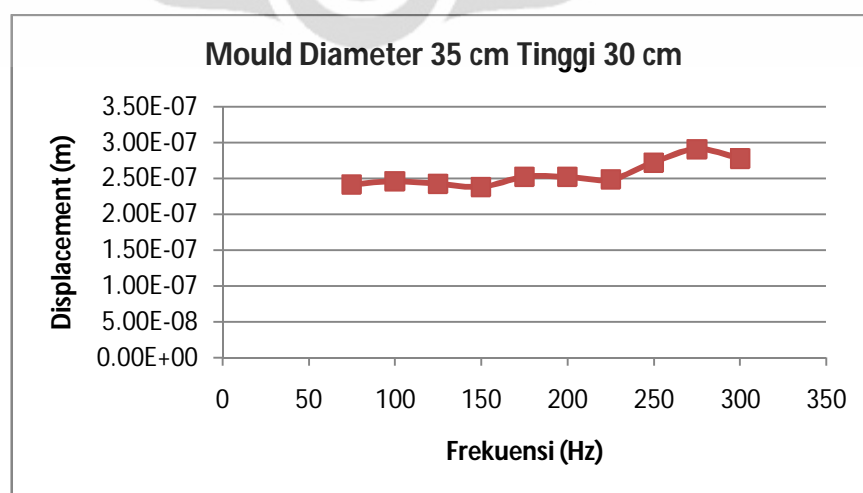
Amplitudo *displacement* pada *mould* standar CBR memiliki kecenderungan untuk konstan (linear) sehingga tidak terlihat puncak *displacement* pada *range* frekuensi *GeoGauge* (100-200 Hz). Untuk frekuensi diluar frekuensi *GeoGauge* (100-200 Hz) juga tidak terlihat puncak *displacement*. Nilai *displacement* terbesar tercatat pada frekuensi 250 Hz sebesar  $1.18 \times 10^{-07}$  m. Hal ini disebabkan kekakuan sistem tanah yang besar akibat diameter dan tinggi *mould* yang kecil.

b) *Mould* Diameter 35 cm dengan Tinggi 30 cm

Tabel 4.7 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 2, yaitu *mould* berdiameter 35 cm dengan tinggi 30 cm.

Tabel 4.7 *Mould* Diameter 35 cm, Tinggi 30 cm (tanpa redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 75             | 2.42E-07                |
| 100            | 2.46E-07                |
| 125            | 2.43E-07                |
| 150            | 2.38E-07                |
| 175            | 2.52E-07                |
| 200            | 2.53E-07                |
| 225            | 2.49E-07                |
| 250            | 2.72E-07                |
| 275            | 2.91E-07                |
| 300            | 2.78E-07                |



Gambar 4.6 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 2 (tanpa damping)

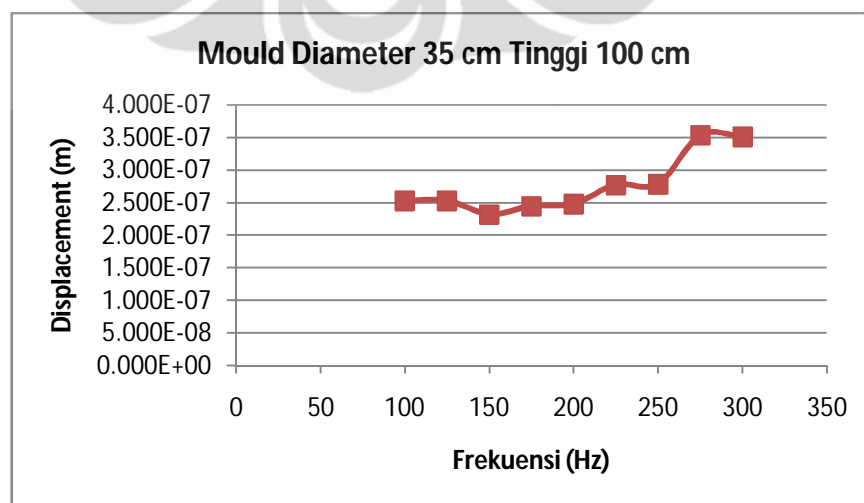
Amplitudo *displacement* pada *mould* ukuran diameter 35 cm dengan tinggi 30 cm memiliki kecenderungan meningkat seiring kenaikan frekuensi dari 75 hingga 300 Hz. Di sini tidak terlihat puncak amplitudo *displacement* pada frekuensi getaran alat *GeoGauge*. Pada frekuensi 225 Hz telah mulai terlihat kenaikan nilai *displacement* hingga frekuensi 275 Hz. *Displacement* maksimal tercatat pada frekuensi 275 Hz sebesar  $2,91 \times 10^{-07}$  m. Terlihat bahwa kekakuan sistem tanah akibat dimensi *mould* yang kecil mempengaruhi hasil.

c) *Mould* Diameter 35 cm dengan Tinggi 100 cm

Tabel 4.8 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 3, yaitu *mould* berdiameter 35 cm dengan tinggi 100 cm.

Tabel 4.8 *Mould* Diameter 35 cm, Tinggi 100 cm (tanpa redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 100            | 2.53E-07                |
| 125            | 2.53E-07                |
| 150            | 2.32E-07                |
| 175            | 2.45E-07                |
| 200            | 2.48E-07                |
| 225            | 2.77E-07                |
| 250            | 2.79E-07                |
| 275            | 3.53E-07                |
| 300            | 3.51E-07                |



Gambar 4.7 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 3 (tanpa damping)

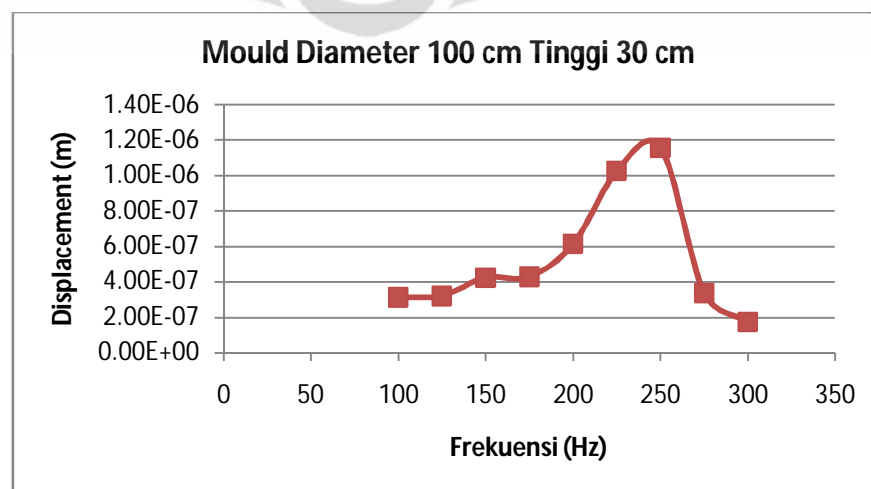
Amplitudo *displacement* pada *mould* ukuran diameter 35 cm tinggi 100 cm memiliki pola serupa dengan *mould* ukuran diameter 35 cm tinggi 30 cm, yaitu memiliki kecenderungan meningkat dari frekuensi 100 hingga 300 Hz. Peningkatan nilai *displacement* terlihat signifikan mulai pada frekuensi 250 Hz sampai frekuensi 300 Hz. Nilai *displacement* maksimal tercatat pada frekuensi 275 Hz yaitu sebesar  $3,53 \times 10^{-7}$ . Tidak ditemukannya *displacement* puncak menandakan bahwa sampel tanah dengan ukuran *mould* ini juga masih dipengaruhi oleh kekakuan sistem tanah.

d) *Mould* Diameter 100 cm dengan Tinggi 30 cm

Tabel 4.9 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 4, yaitu *mould* berdiameter 100 cm dengan tinggi 30 cm.

Tabel 4.9 *Mould* Diameter 100 cm, Tinggi 30 cm (tanpa redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 100            | 3.13E-07                |
| 125            | 3.21E-07                |
| 150            | 4.24E-07                |
| 175            | 4.29E-07                |
| 200            | 6.14E-07                |
| 225            | 1.03E-06                |
| 250            | 1.16E-06                |
| 275            | 3.37E-07                |
| 300            | 1.75E-07                |



Gambar 4.8 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 4 (tanpa damping)

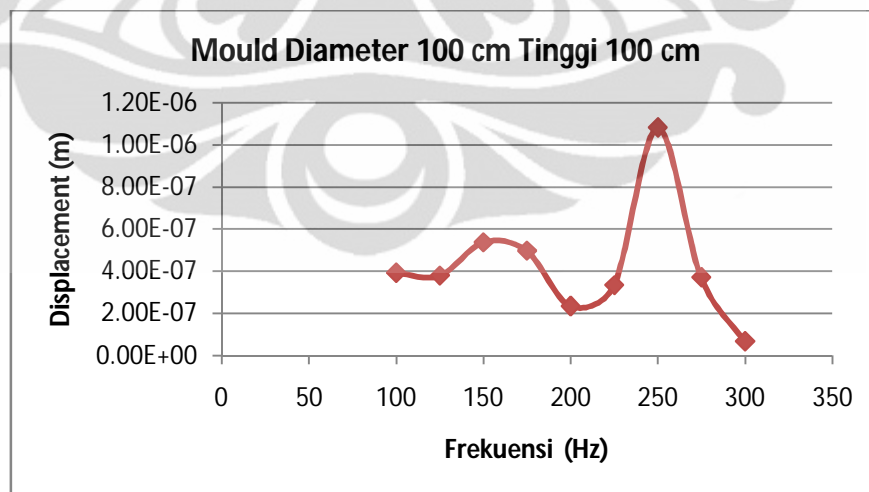
Puncak *displacement* mulai terlihat pada *mould* ukuran diameter 100 dengan tinggi 30 cm. Dimana pada frekuensi 250 Hz puncak *displacement* terjadi sebesar  $1,16 \times 10^{-6}$  m. Pada *range* frekuensi getaran *GeoGauge* (100-200 Hz) tidak ditemukan puncak *displacement*.

e) *Mould* Diameter 100 cm dengan Tinggi 100 cm

Tabel 4.10 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 5, yaitu *mould* berdiameter 100 cm dengan tinggi 100 cm.

Tabel 4.10 *Mould* Diameter 100 cm, Tinggi 100 cm (tanpa redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 100            | 3.94E-07                |
| 125            | 3.81E-07                |
| 150            | 5.39E-07                |
| 175            | 4.99E-07                |
| 200            | 2.36E-07                |
| 225            | 3.36E-07                |
| 250            | 1.08E-06                |
| 275            | 3.73E-07                |
| 300            | 6.92E-08                |



Gambar 4.9 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 5 (tanpa damping)

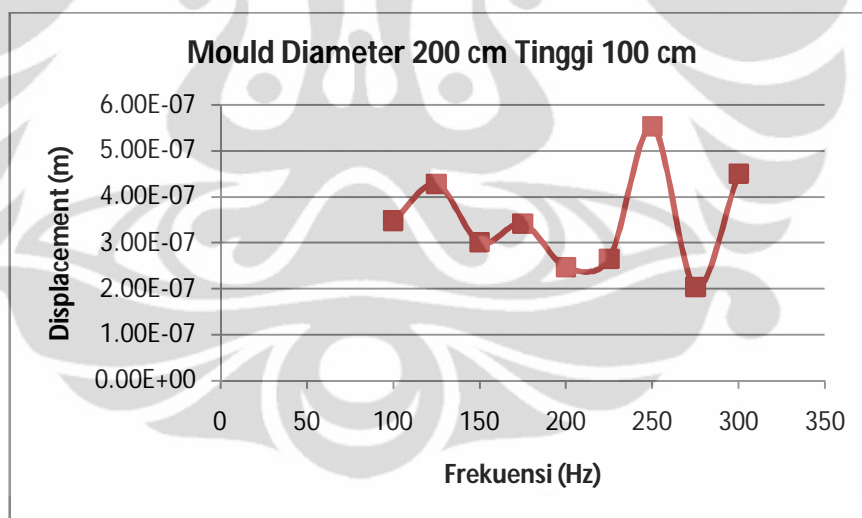
*Mould* diameter 100 cm dengan tinggi 100 cm memperlihatkan puncak *displacement* pada frekuensi 250 Hz sebesar  $1,08 \times 10^{-6}$  m.

f) *Mould* Diameter 200 cm dengan Tinggi 100 cm menggunakan *Absorbent Boundaries*

Tabel 4.11 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 5, yaitu *mould* berdiameter 200 cm dengan tinggi 100 cm.

Tabel 4.11 *Mould* Diameter 200 cm, Tinggi 100 cm (tanpa redaman)

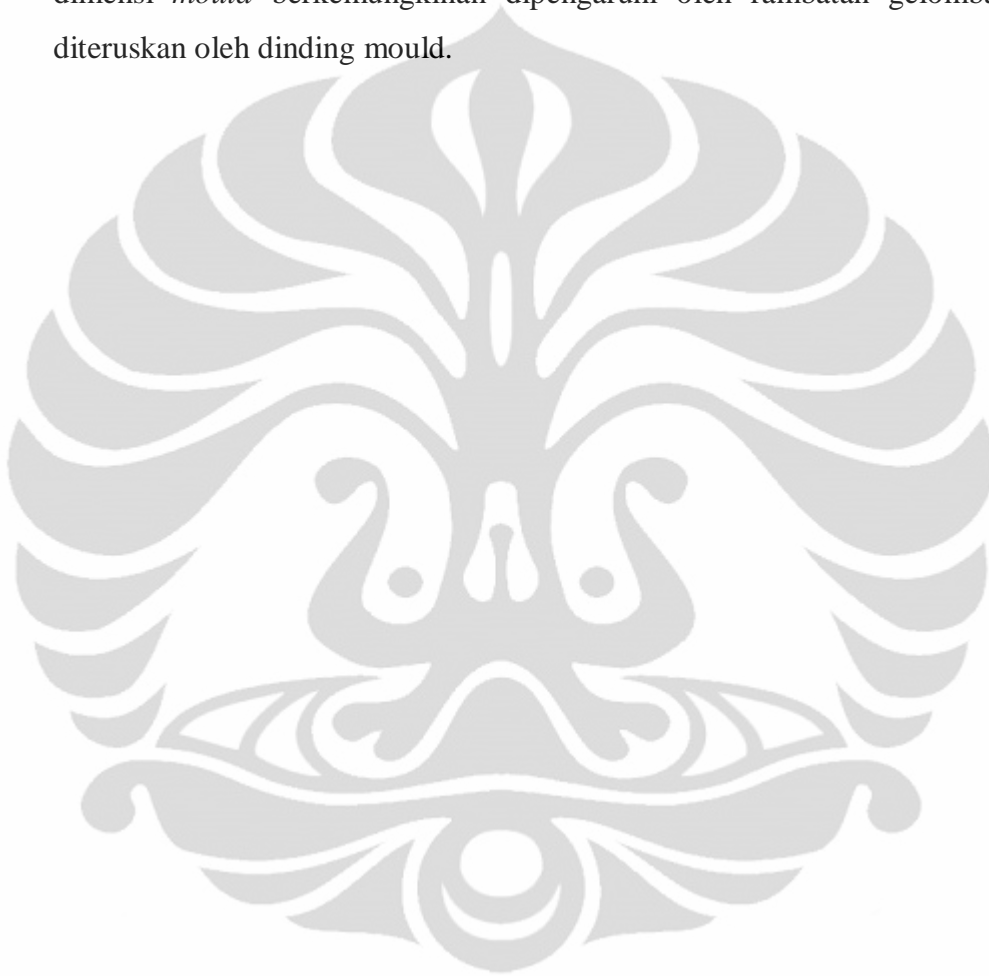
| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 100            | 3.48E-07                |
| 125            | 4.28E-07                |
| 150            | 3.01E-07                |
| 175            | 3.42E-07                |
| 200            | 2.47E-07                |
| 225            | 2.65E-07                |
| 250            | 5.53E-07                |
| 275            | 2.04E-07                |
| 300            | 4.50E-07                |



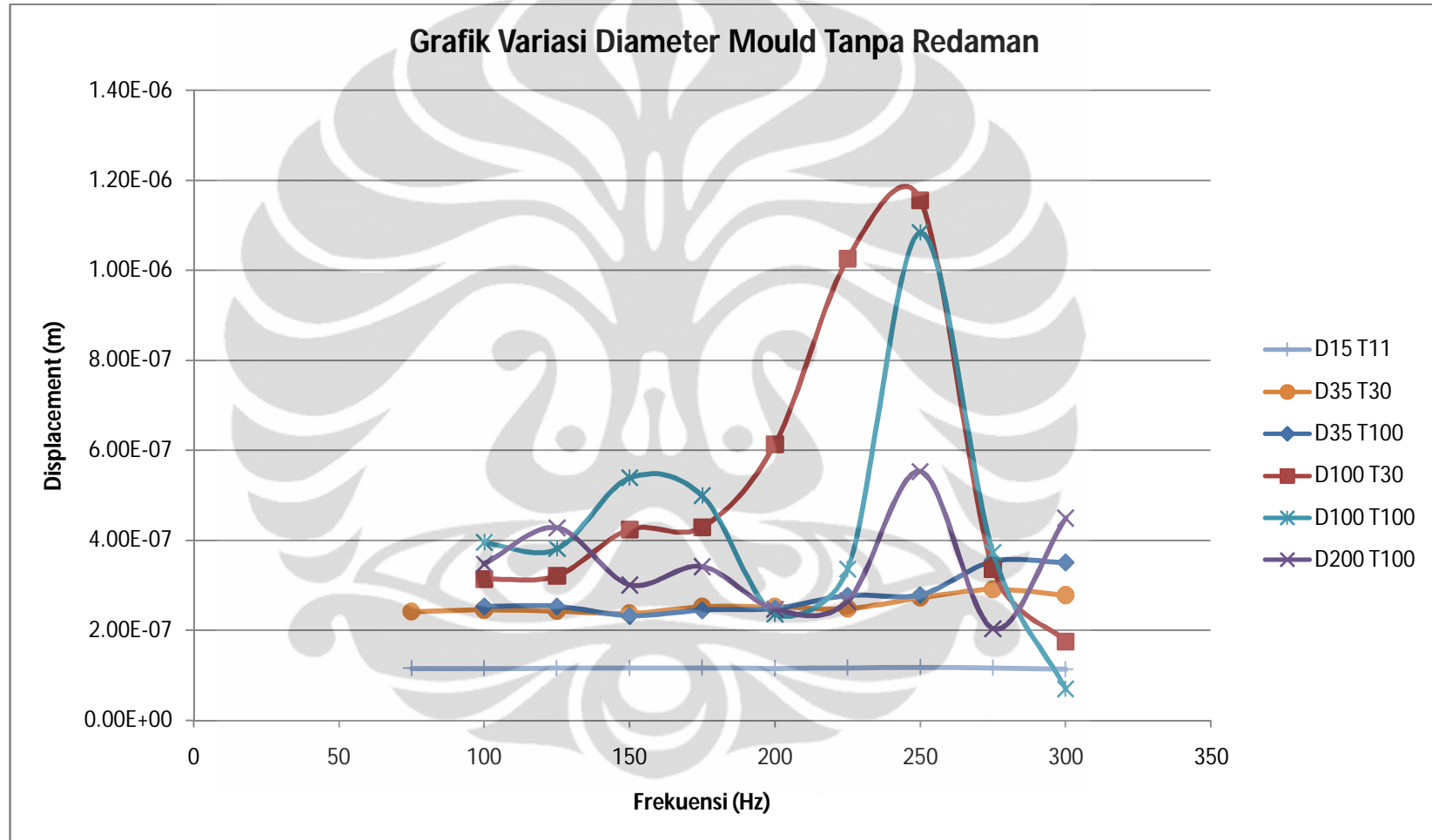
Gambar 4.10 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 6 (tanpa damping)

*Mould* 200 cm dengan tinggi 100 cm merupakan *mould* dengan kondisi batas *absorbent boundaries*. Artinya gelombang diserap ketika melewati batas ini dan tidak dipantulkan kembali oleh dinding *mould*. *Absorbent boundaries* merupakan idealisasi kondisi tanah di lapangan (bumi). Model *absorbent boundaries* bisa dianggap merepresentasikan sampel tanah di lapangan yang diuji oleh *GeoGauge*.

Pada grafik terlihat beberapa puncak *displacement*, yaitu pada frekuensi 125, 175 dan 250 Hz (wilayah getaran *GeoGauge*), kemudian puncak *displacement* terbesar terjadi pada frekuensi 250 Hz sebesar  $5,53 \times 10^{-7}$  m. Pada dimensi *mould* besar dengan menggunakan kondisi batas lapangan, terjadi beberapa frekuensi *displacement* puncak. Pola dinamika *displacement* pada dimensi *mould* berkemungkinan dipengaruhi oleh rambatan gelombang yang diteruskan oleh dinding *mould*.





g) Grafik Gabungan Variasi Berbagai Dimensi *Mould*Gambar 4.11 *Displacement vs Frekuensi Berbagai Ukuran Mould*



Nilai *displacement mould* standar CBR terlihat relatif konstan dan tidak terlihat puncak *displacement* dari frekuensi 75 hingga 300 Hz.

Terdapat dua *mould* yang memiliki diameter 35 cm dengan tinggi *mould* yang berbeda. *Mould* pertama dengan tinggi 30 cm dan kedua dengan tinggi 100 cm. *Mould* dengan tinggi 100 cm memiliki nilai *displacement* sedikit lebih besar daripada *mould* dengan tinggi 30 cm. Terlihat jelas ketika nilai *displacement*nya meningkat dari frekuensi 275-300 Hz. Pada *mould* ini belum terlihat puncak *displacement*. Di sini dapat disimpulkan bahwa untuk diameter *mould* yang sama 35 cm, perbedaan tinggi tidak berpengaruh besar pada nilai *displacement*, hal ini ditunjukkan dari frekuensi 100-200 Hz nilai *displacement* untuk kedua *mould* hampir sama.

Ada dua *mould* yang memiliki diameter 100 cm dengan tinggi *mould* yang berbeda. *Mould* pertama memiliki tinggi 35 cm dan yang kedua memiliki tinggi 100 cm. Pada *mould-mould* dengan diameter ini sudah bisa terlihat puncak *displacement* pada frekuensi 250 Hz. *Mould* dengan tinggi 30 cm memiliki *displacement* puncak yang lebih tinggi dibandingkan dengan *mould* tinggi 100 cm. Di sini dapat disimpulkan untuk *mould* berdimensi sama 100 cm, perbedaan tinggi *mould* sedikit mempengaruhi nilai *displacement* puncak.

Puncak *displacement* pada *mould* diameter 200 cm juga berada pada frekuensi 250 Hz. Akan tetapi besar *displacement* puncaknya lebih kecil jika dibandingkan dengan *mould* yang berdiameter 100 cm.

Sesuai teori bahwa besarnya *displacement* puncak yang terjadi umumnya bergantung pada nilai kekakuan sampel tanah di dalam *mould*. Tanah yang memiliki kekakuan besar maka *displacement* yang terjadi kecil. Sebaliknya tanah dengan kekakuan kecil akan menghasilkan *displacement* yang besar. Akan tetapi untuk kekakuan material sendiri telah diasumsikan sama untuk tiap variasi dimensi *mould*. Pada kasus ini kekakuan sistem yang mempengaruhi besarnya *displacement* yang terjadi. Kekakuan sistem sendiri dipengaruhi oleh dimensi *mould*.

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.11, penulis menyimpulkan bahwa diameter sampel tanah mempengaruhi nilai kekakuan sistem tanah. Semakin besar diameter sampel tanah maka nilai kekakuan

sistemnya akan semakin kecil. Akan tetapi terjadi keunikan pada sampel-sampel berdiameter sama dengan tinggi berbeda. Pada dua *mould* yang memiliki diameter 35 cm, terlihat bahwa *mould* dengan tinggi 100 cm cenderung menghasilkan *displacement* lebih besar dibandingkan dengan *mould* dengan tinggi 35 cm. Berbeda dengan dua *mould* diameter 100 cm, terlihat bahwa pada *mould* dengan tinggi 100 cm akan memiliki *displacement* puncak kecil dibandingkan dengan *mould* dengan tinggi 35 cm. Keunikan ini bisa disebabkan oleh nilai kekakuan sistem yang berbeda atau efek dari pantulan gelombang. Akan tetapi secara umum, tinggi *mould* tidak terlalu memberikan perubahan yang signifikan pada nilai *displacement* pada frekuensi.

Berdasarkan teori bahwa semakin besar nilai kekakuan maka frekuensi untuk *displacement* puncak juga akan besar. Oleh sebab itu mengapa *mould* dengan dimensi yang kecil (*mould* standar CBR dan *mould* berdiameter 35 cm) tidak memperlihatkan puncak *displacement*. Di sini tampak jelas bahwa kekakuan sistem yang besar sebagai efek dari kecilnya dimensi *mould* sangat mempengaruhi besarnya nilai *displacement*. Diperkirakan puncak *displacement* akan terjadi pada frekuensi lebih dari 300 Hz.

Massa tanah mempengaruhi frekuensi terjadinya puncak *displacement*. Massa tanah yang besar akan memperkecil nilai frekuensi puncak. Sehingga sampel tanah dalam *mould* berdiameter dan tinggi yang besar (*mould* diameter 100 dan 200 cm = massa besar) memiliki frekuensi puncak *displacement* yang kecil. Sehingga pada *mould* diameter 100 dan 200 cm, puncak *displacement* bisa terlihat. Hal ini berlaku sebaliknya untuk sampel tanah dengan massa kecil.

Seperti yang diketahui bahwa *mould* dengan diameter 200 cm dan tinggi 100 cm adalah *mould* yang mirip dengan kondisi tanah di lapangan. *Mould* ini menggunakan *dynamic boundaries* yang dipasang pada dasar dan dinding *mould*, artinya gelombang akan diteruskan melewati batas ini. *Mould* ini dianggap merepresentasikan kondisi uji *GeoGauge* yang sebenarnya. Dari lima *mould* yang dimodelkan, *mould* dengan puncak *displacement* yang paling mendekati puncak *displacement* *mould* diameter 200 cm adalah *mould* berdiameter 100 cm dengan tinggi 100 cm. Dapat disimpulkan bahwa *mould* berdiameter 100 cm dengan tinggi 100 cm yang paling *feasible* untuk uji *GeoGauge* di laboratorium.

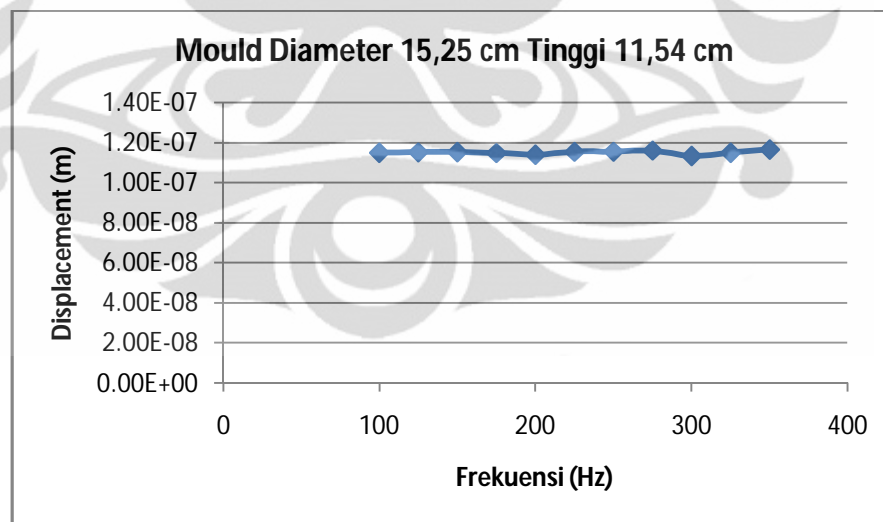
4.5.2 Analisis Variasi Diameter dan Tinggi *Mould* dengan Redaman (Damping *Rayleigh*  $\alpha = 5 \times 10^{-5}$  dan  $\beta = 5 \times 10^{-5}$ )

a) *Mould* Diameter 15,24 cm dengan Tinggi 11,54 cm (*Mould* Standar CBR)

Tabel 4.12 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 1, yaitu *mould* standar CBR berdiameter 15,25 cm dengan tinggi 11,54 cm.

Tabel 4.12 *Mould* Standar CBR (dengan redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 100            | 1.15E-07                |
| 125            | 1.15E-07                |
| 150            | 1.15E-07                |
| 175            | 1.15E-07                |
| 200            | 1.14E-07                |
| 225            | 1.16E-07                |
| 250            | 1.16E-07                |
| 275            | 1.16E-07                |
| 300            | 1.13E-07                |
| 325            | 1.15E-07                |
| 350            | 1.17E-07                |



Gambar 4.12 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 1 (dengan damping)

Pada *mould* standar CBR grafik *displacement* terhadap frekuensi hampir linear, puncak *displacement* juga tidak bisa teridentifikasi secara jelas sampai frekuensi 350 Hz. Tidak ditemukannya amplitudo *displacement* puncak bisa dipengaruhi oleh kekakuan sistem tanah yang sangat besar. *Mould* standar

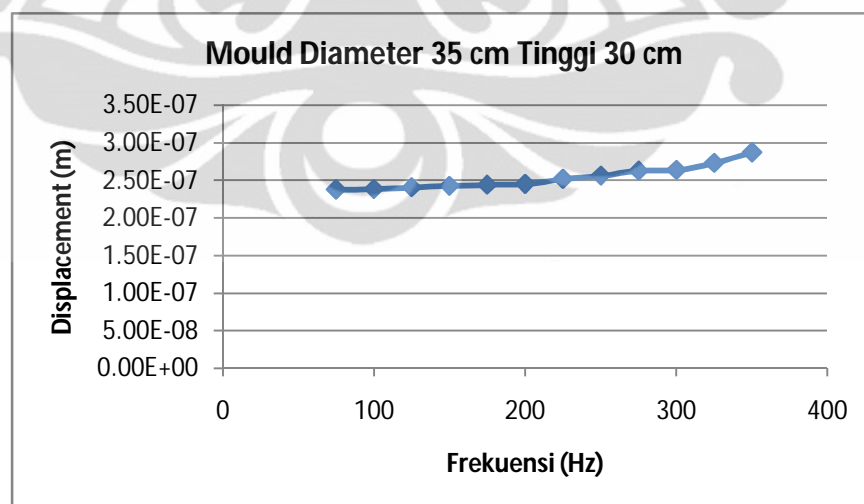
memiliki kekakuan sistem terbesar karena diameter dan tinggi *mould* nya sangat kecil.

b) *Mould* Diameter 35 cm dengan Tinggi 30 cm

Tabel 4.13 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 2, yaitu *mould* berdiameter 35 cm dengan tinggi 30 cm.

Tabel 4.13 *Mould* Diameter 35 cm, Tinggi 30 cm (dengan redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 75             | 2.38E-07                |
| 100            | 2.39E-07                |
| 125            | 2.41E-07                |
| 150            | 2.43E-07                |
| 175            | 2.44E-07                |
| 200            | 2.45E-07                |
| 225            | 2.52E-07                |
| 250            | 2.56E-07                |
| 275            | 2.63E-07                |
| 300            | 2.64E-07                |
| 325            | 2.73E-07                |
| 350            | 2.88E-07                |



Gambar 4.13 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 2 (dengan damping)

Grafik *mould* diameter 35 cm dengan tinggi 30 cm juga memiliki pola serupa dengan *mould* standar CBR. Nilai *displacement* mengalami kecenderungan

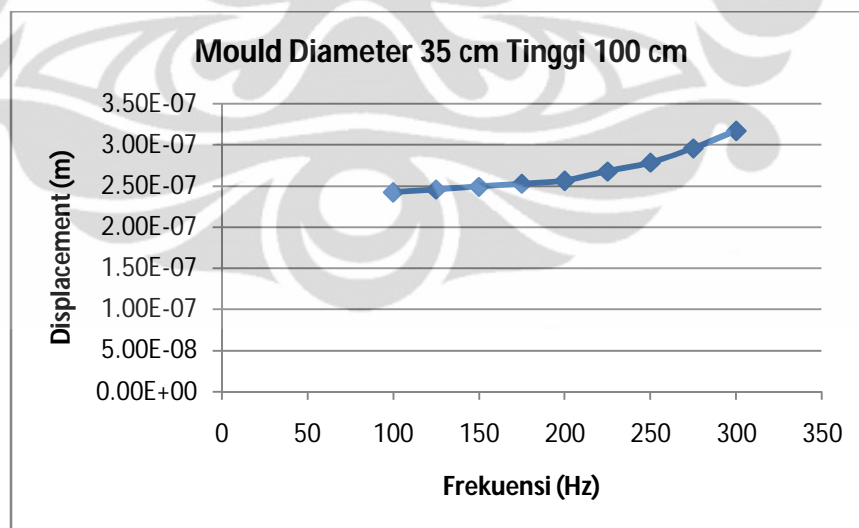
untuk meningkat secara gradual seiring bertambahnya frekuensi dari 75 Hz hingga 350 Hz. Hal ini juga dipengaruhi oleh kekakuan sistem tanah di dalam *mould*. Pada *mould* ini juga tidak teridentifikasi amplitudo *displacement* puncak.

c) *Mould* Diameter 35 cm dengan Tinggi 100 cm

Tabel 4.14 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 3, yaitu *mould* berdiameter 35 cm dengan tinggi 100 cm.

Tabel 4.14 *Mould* Diameter 35 cm, Tinggi 100 cm (dengan redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 100            | 2.43E-07                |
| 125            | 2.44E-07                |
| 150            | 2.49E-07                |
| 175            | 2.53E-07                |
| 200            | 2.57E-07                |
| 225            | 2.68E-07                |
| 250            | 2.79E-07                |
| 275            | 2.96E-07                |
| 300            | 3.18E-07                |



Gambar 4.14 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 3 (dengan damping)

Kenaikan nilai *displacement* pada *mould* diameter 35 cm dengan tinggi 100 cm memiliki pola serupa dengan *mould* diameter 35 cm tinggi 100 cm. Perbedaan mungkin terletak pada nilai kekakuan sistem. Puncak amplitudo

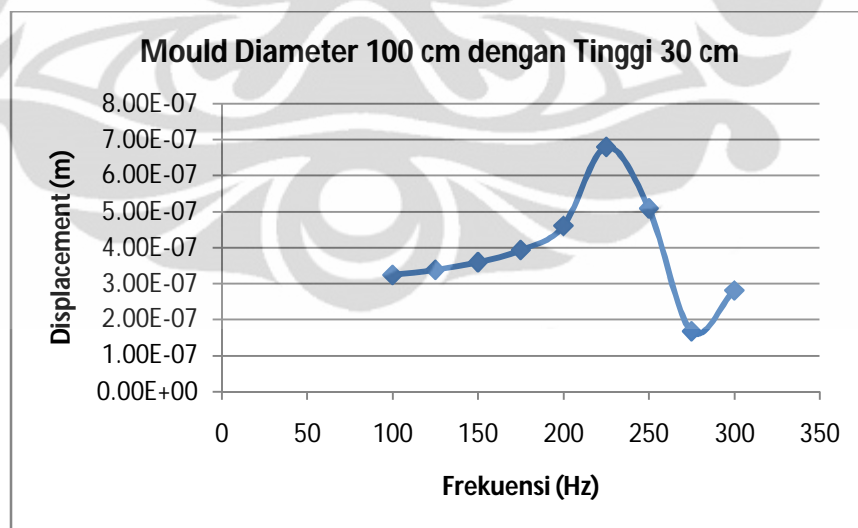
*displacement* juga tidak terlihat dari frekuensi 100 sampai 300 Hz. Pada *mould* ini diperkirakan kekakuan sistem tanah akibat dimensi *mould* masih mempengaruhi terjadinya puncak amplitudo *displacement*.

d) *Mould* Diameter 100 cm dengan Tinggi 30 cm

Tabel 4.15 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 4, yaitu *mould* berdiameter 100 cm dengan tinggi 30 cm.

Tabel 4.15 *Mould* Diameter 100 cm, Tinggi 35 cm (dengan redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 100            | 3.25E-07                |
| 125            | 3.39E-07                |
| 150            | 3.6E-07                 |
| 175            | 3.94E-07                |
| 200            | 4.61E-07                |
| 225            | 6.8E-07                 |
| 250            | 5.19E-07                |
| 275            | 1.68E-07                |
| 300            | 2.81E-07                |



Gambar 4.15 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 4 (dengan damping)

Pada diameter *mould* 100 cm dengan tinggi 30 cm sudah mulai memperlihatkan puncak *displacement* pada frekuensi 225 Hz sebesar  $6,8 \times 10^{-7}$  m. Adanya puncak gelombang kemungkinan dipengaruhi oleh besarnya massa sampel tanah dan besarnya kekakuan akibat diameter tanah yang cukup lebar.

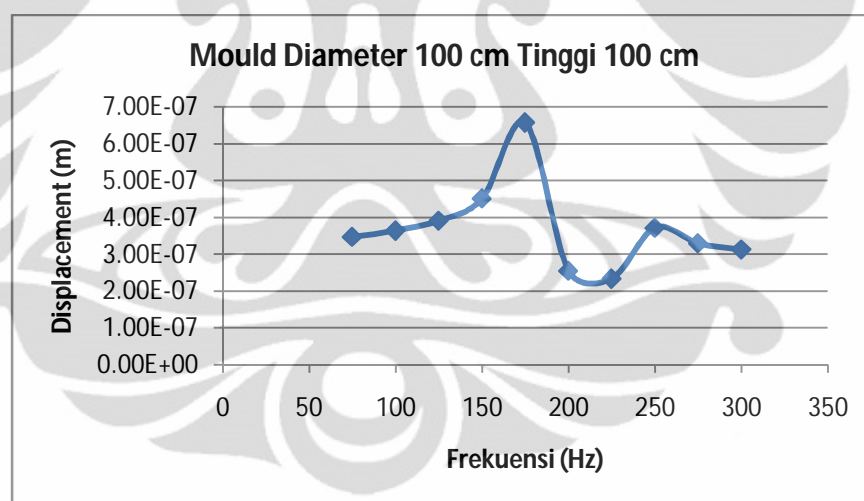
**Universitas Indonesia**

e) *Mould* Diameter 100 cm dengan Tinggi 100 cm

Tabel 4.15 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 5, yaitu *mould* berdiameter 100 cm dengan tinggi 100 cm.

Tabel 4.16 *Mould* Diameter 100 cm, Tinggi 100 cm (dengan redaman)

| Frekuensi (Hz) | <i>Displacement</i> (m) |
|----------------|-------------------------|
| 75             | 3.47E-07                |
| 100            | 3.64E-07                |
| 125            | 3.91E-07                |
| 150            | 4.52E-07                |
| 175            | 6.57E-07                |
| 200            | 2.55E-07                |
| 225            | 2.34E-07                |
| 250            | 3.72E-07                |
| 275            | 3.3E-07                 |
| 300            | 3.13E-07                |



Gambar 4.16 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 5 (dengan damping)

Untuk *mould* diameter 100 cm tinggi 100 cm terlihat puncak *displacement* berada pada frekuensi *GeoGauge* 175 Hz yaitu sebesar  $6.57 \times 10^{-7}$  m. Terlihat bahwa adanya pergeseran puncak *displacement* dari *mould* sebelumnya.

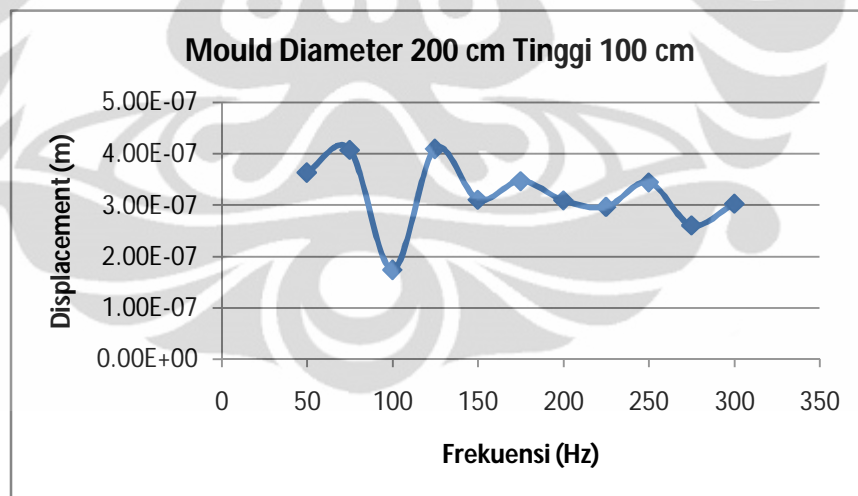


f) *Mould* Diameter 200 cm dengan Tinggi 100 cm Menggunakan *Absorbent Boundaries*

Tabel 4.13 berisikan nilai *displacement* tiap variasi frekuensi untuk model *mould* 6, yaitu *mould* berdiameter 200 cm dengan tinggi 100 cm.

Tabel 4.17 *Mould* Diameter 200 cm, Tinggi 100 cm (dengan redaman)

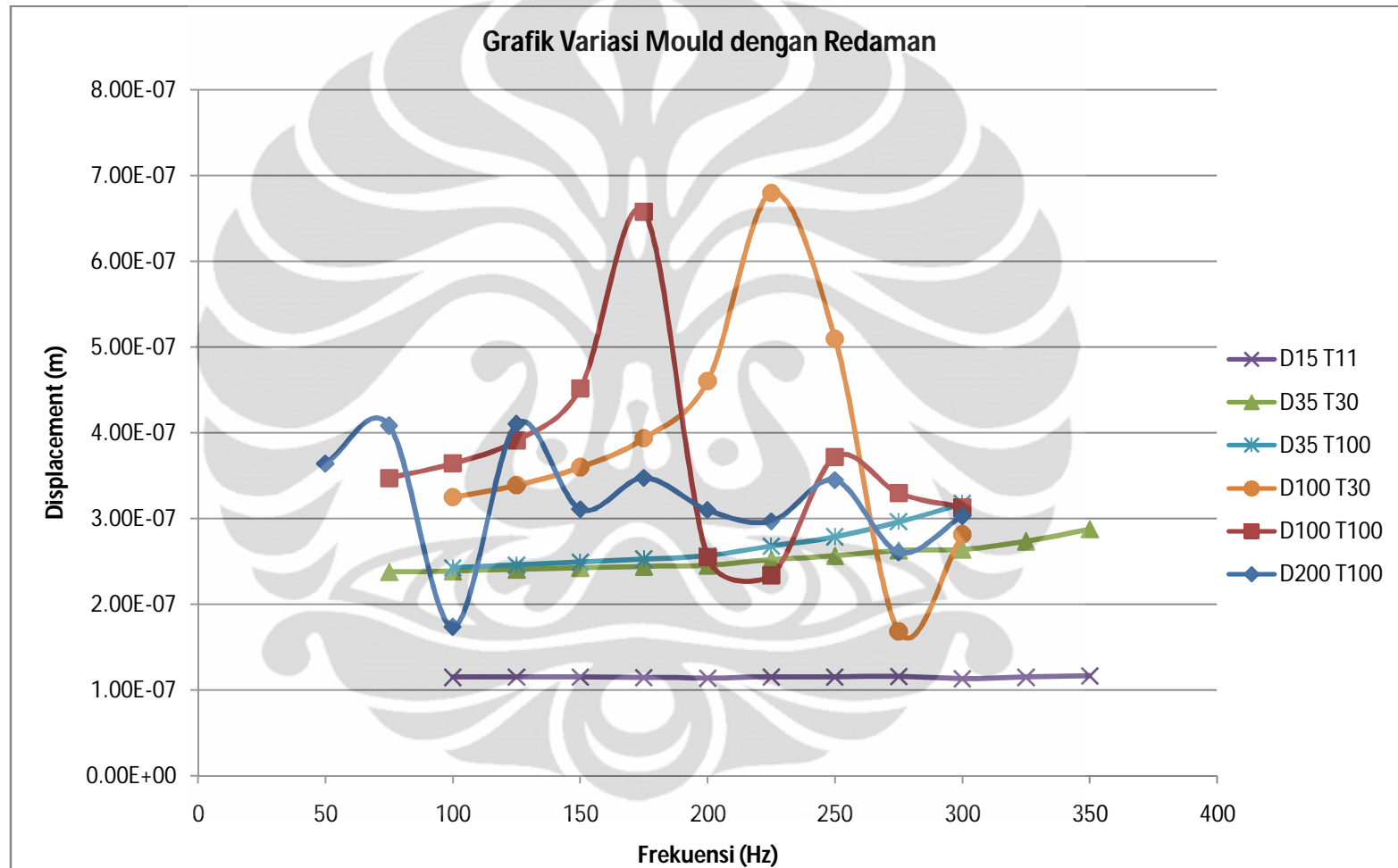
| Frekuensi (Hz) | Displacement (m) |
|----------------|------------------|
| 50             | 3.64E-07         |
| 75             | 4.08E-07         |
| 100            | 1.74E-07         |
| 125            | 4.1E-07          |
| 150            | 3.11E-07         |
| 175            | 3.48E-07         |
| 200            | 3.1E-07          |
| 225            | 2.98E-07         |
| 250            | 3.45E-07         |
| 275            | 2.61E-07         |
| 300            | 3.03E-07         |



Gambar 4.17 *Displacement* vs Frekuensi *Mould* 6 (dengan damping)

Untuk *mould* dengan kondisi batas *absorbent boundaries* terlihat puncak *displacement* terbesar pada frekuensi 125 Hz yaitu sebesar  $4.1 \times 10^{-7}$  m.



g) Grafik Gabungan Variasi Berbagai Dimensi *Mould*Gambar 4.18 *Displacement vs Frekuensi Berbagai Ukuran Mould*

Nilai *displacement mould* standar CBR terlihat relatif konstan dan tidak terlihat puncak *displacement* dari frekuensi 100 hingga 350 Hz.

Ada dua *mould* yang memiliki diameter 35 cm tetapi berbeda tingginya, yaitu *mould* pertama dengan tinggi 30 cm dan *mould* kedua dengan tinggi 100 cm. *Mould* dengan tinggi 100 cm memiliki nilai *displacement* sedikit lebih besar daripada *mould* dengan tinggi 30 cm. Pada grafik terlihat *mould* dengan tinggi 100 cm memiliki kecendrungan meningkat dibandingkan dengan *mould* yang lebih pendek. Terlihat jelas ketika nilai *displacement*nya meningkat dari frekuensi 150-300 Hz. Puncak *displacement* belum tampak dari wilayah 75 sampai 350 Hz.

Ada dua *mould* yang memiliki diameter 100 cm tetapi memiliki tinggi yang berbeda. *Mould* pertama memiliki tinggi 30 cm dan yang kedua memiliki tinggi 100 cm. Puncak *displacement* pada *mould* dengan tinggi 30 cm berada pada frekuensi 175 Hz. Sedangkan pada *mould* yang tingginya 100 cm, puncak *displacement* berada pada frekuensi 225 Hz. Hampir mirip dengan model tanpa redaman, di sini *mould* dengan tinggi 30 cm memiliki *displacement* puncak yang lebih tinggi dibandingkan dengan *mould* tinggi 100 cm.

Puncak *displacement* terbesar pada *mould* diameter 200 cm berada pada frekuensi 125 Hz. Akan tetapi besar *displacement* puncaknya lebih kecil jika dibandingkan dengan *mould* yang berdiameter 100 cm.

Sesuai teori bahwa besarnya *displacement* puncak yang terjadi umumnya bergantung pada nilai kekakuan sampel tanah di dalam *mould*. Tanah yang memiliki kekakuan besar maka *displacement* yang terjadi kecil. Sebaliknya tanah dengan kekakuan kecil akan menghasilkan *displacement* yang besar. Akan tetapi kekakuan sistem dipengaruhi oleh dimensi tanah.

Diameter sampel tanah mempengaruhi nilai kekakuan sistem tanah. Semakin lebar diameter sampel tanah maka nilai kekakuan sistemnya akan semakin kecil. Akan tetapi juga terjadi keunikan pada sampel-sampel berdiameter sama dengan tinggi berbeda. Pada dua *mould* yang memiliki diameter 35 cm, terlihat bahwa sampel dengan tinggi *mould* yang besar cenderung menghasilkan *displacement* lebih besar dibandingkan dengan *mould* yang lebih kecil. Berbeda dengan dua *mould* diameter 100 cm, terlihat bahwa pada *mould* yang lebih tinggi akan memiliki *displacement* puncak lebih kecil dibandingkan dengan *mould* yang

lebih pendek. Keunikan ini bisa disebabkan karena perbedaan nilai kekakuan atau efek dari pantulan gelombang.

Berdasarkan teori bahwa semakin besar nilai kekakuan maka frekuensi untuk *displacement* puncak juga akan besar. Oleh sebab itu mengapa *mould* dengan dimensi yang kecil (*mould* standar CBR dan *mould* berdiameter 35 cm) tidak memperlihatkan puncak *displacement*. Hal ini dikarenakan dimensi *mould* yang kecil mengakibatkan besarnya nilai kekakuan sistemnya. Diperkirakan puncak *displacement* akan terjadi pada frekuensi yang lebih besar dari 350 Hz.

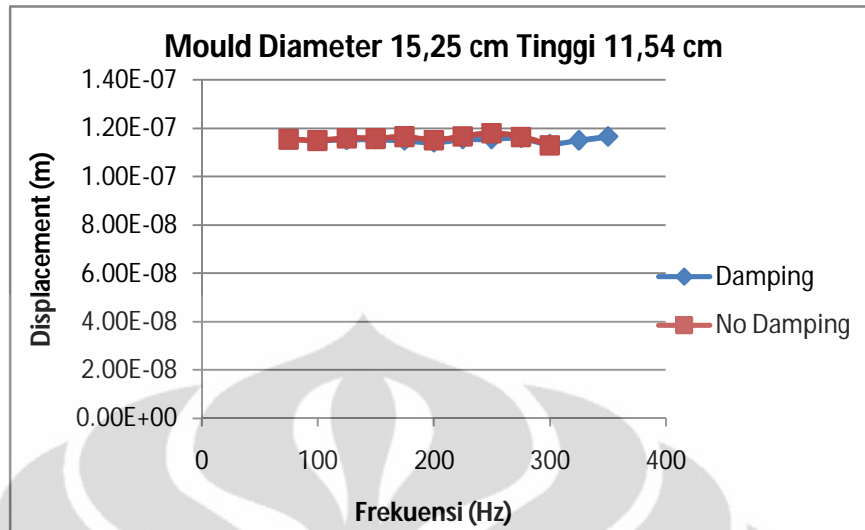
Massa tanah juga mempengaruhi frekuensi terjadinya puncak *displacement*. Massa tanah yang besar akan memperkecil nilai frekuensi puncak. Sehingga *mould* dengan diameter dan tinggi yang besar (*mould* diameter 100 dan 200 cm = massa besar) akan menghasilkan frekuensi puncak yang kecil. Sehingga pada *mould* diameter 100 dan 200 cm, puncak *displacement* bisa terlihat. Hal ini berlaku sebaliknya untuk *mould* dengan massa yang kecil.

Di sini juga dapat disimpulkan bahwa *mould* dengan puncak *displacement* yang paling mendekati dengan puncak *displacement mould* berdiameter 200 cm adalah *mould* diameter 100 cm dan 100 cm. Artinya *mould* ini merupakan *mould* yang paling layak digunakan untuk uji *GeoGauge* di laboratorium.

#### 4.5.3 Analisis Perbandingan Grafik Material Redaman dan Tanpa Redaman

##### a) *Mould* Diameter 15,24 cm dengan Tinggi 11,54 cm (*Mould* Standar CBR )

Perbandingan grafik frekuensi domain material tanpa redaman dengan redaman pada *mould* 1 terlampir pada Gambar 4.19

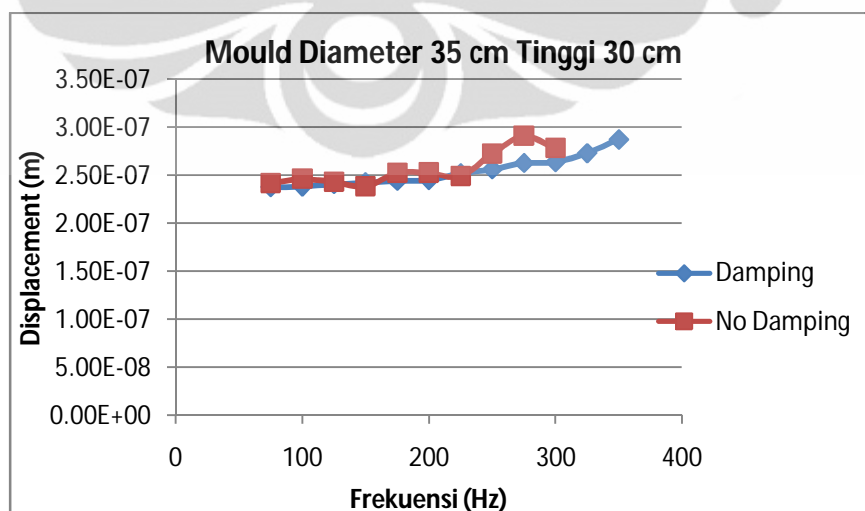


Gambar 4.19 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping Mould 1

Terlihat untuk *mould* CBR standar bahwa *displacement* yang kecil ada pada model yang memiliki redaman. Sedangkan model tanpa redaman memiliki *displacement* yang lebih besar. Di sini redaman tidak mempengaruhi munculnya frekuensi puncak *displacement*.

b) *Mould* Diameter 35 cm dengan Tinggi 30 cm

Perbandingan grafik frekuensi domain material tanpa redaman dengan redaman pada *mould* 2 terlampir pada Gambar 4.20

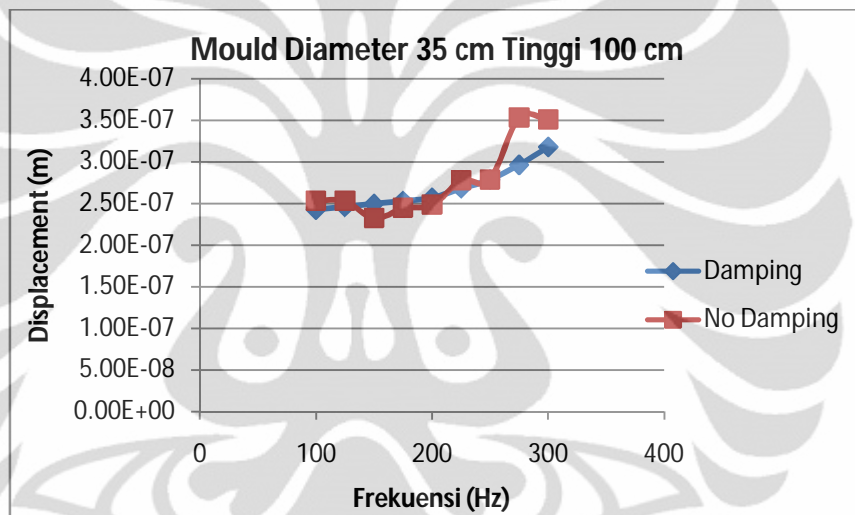


Gambar 4.20 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping Mould 2

Efek redaman mengakibatkan kurva *displacement* cenderung linear. Redaman mengakibatkan amplitudo *displacement* yang dihasilkan menjadi lebih kecil dibandingkan material yang tidak memiliki redaman. Akan tetapi pada *mould* ini baik menggunakan redaman maupun tidak, tetap tidak menghasilkan puncak *displacement* pada frekuensi yang divariasikan yaitu 75-375 Hz.

c) *Mould* Diameter 35 cm dengan Tinggi 100 cm

Perbandingan grafik frekuensi domain material tanpa redaman dengan redaman pada *mould* 3 terlampir pada Gambar 4.21

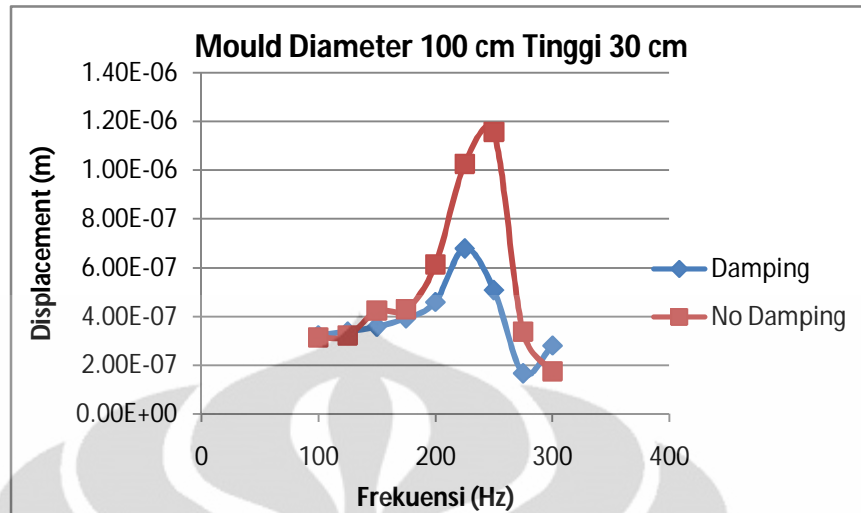


Gambar 4.21 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping Mould 3

Pada *mould* diameter 35 cm tinggi 100 cm juga memiliki kesamaan dengan *mould* 2 yaitu terlihat lebih linear jika menggunakan redaman. Efek redaman juga sama yaitu memperkecil nilai amplitudo *displacement* material tanpa redaman. Tetapi perubahan tinggi *mould* tidak mempengaruhi terjadinya puncak *displacement*.

d) *Mould* Diameter 100 cm dengan Tinggi 30 cm

Perbandingan grafik frekuensi domain material tanpa redaman dengan redaman pada *mould* 4 terlampir pada Gambar 4.22

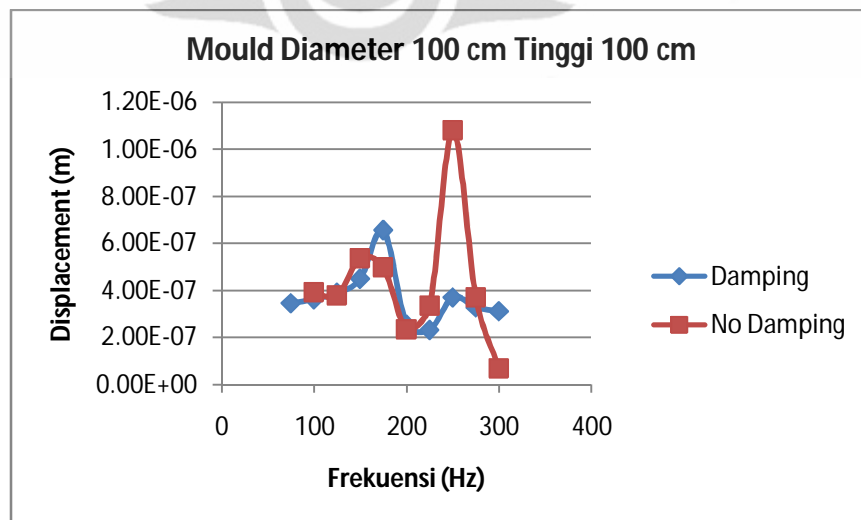


Gambar 4.22 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping Mould 4

Pada *mould* ini terlihat bahwa redaman menyebabkan sedikit pergeseran frekuensi puncak dari 250 Hz ke 225 Hz. Hal ini disebabkan kurang halusan distribusi dari nilai *displacement* terhadap frekuensi. Efek redaman juga memperkecil *displacement* puncak. Terlihat bahwa distribusi nilai *displacement* tiap frekuensi pada model tanpa damping sedikit lebih besar dibandingkan dengan model yang menggunakan damping.

e) *Mould* Diameter 100 cm dengan Tinggi 100 cm

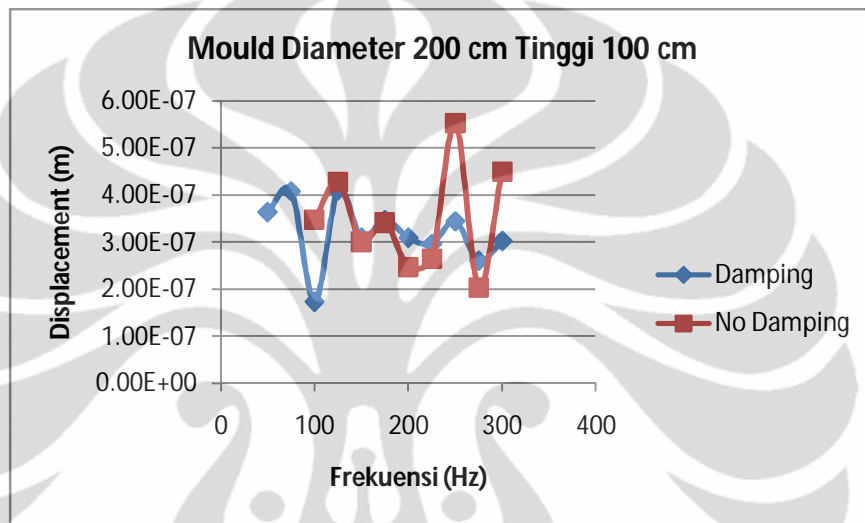
Perbandingan grafik frekuensi domain material tanpa redaman dengan redaman pada *mould* 5 terlampir pada Gambar 4.23



Gambar 4.23 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping Mould 5

*Displacement* puncak terbesar terjadi pada frekuensi 250 Hz untuk model tanpa damping dan mengalami penurunan setelah diberi redaman. Akibatnya puncak *displacement* terbesar setelah diberi redaman ada pada frekuensi 175 Hz.

f) *Mould* Diameter 200 cm dengan Tinggi 100 cm Menggunakan *Absorbent Boundaries*

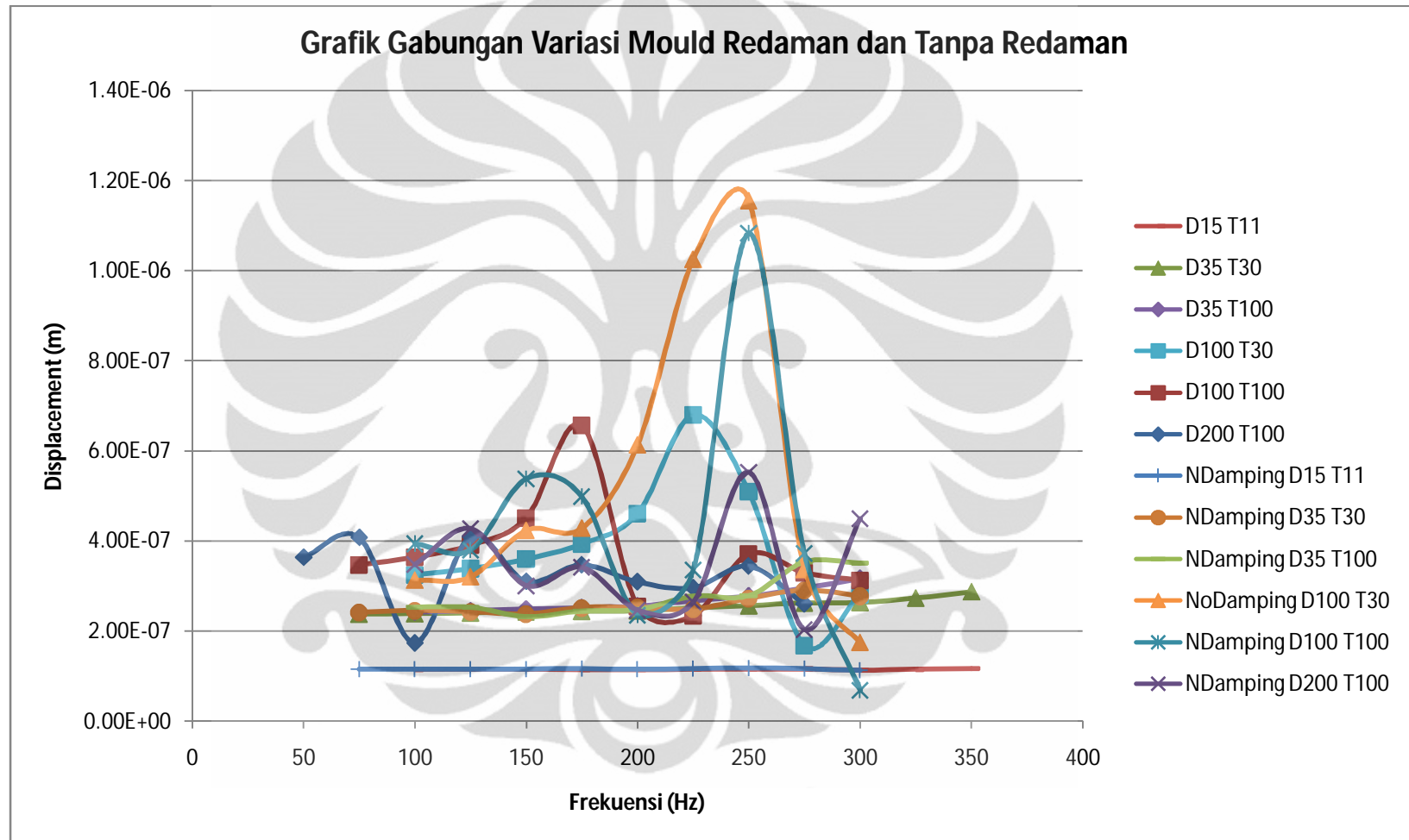


Gambar 4.24 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping *Mould* 6

Model tanpa redaman memiliki puncak *displacement* terbesar pada frekuensi 250 Hz. Efek redaman akan memperkecil puncak *displacement* ini. Sehingga pada model menggunakan redaman, sehingga puncak *displacement* maksimum pada model menggunakan redaman berada pada frekuensi 125 Hz.



## g) Grafik Gabungan



Gambar 4.25 Perbandingan Damping dan Tanpa Damping Berbagai Ukuran Mould



Secara garis besar yang dapat disimpulkan bahwa efek redaman sangat mempengaruhi besarnya *displacement* yang terjadi pada tiap variasi *mould*. Pergeseran frekuensi puncak juga bisa terjadi karena efek redaman, akan tetapi tidak terlalu drastis. Efek redaman tidak mempengaruhi terciptanya frekuensi puncak *displacement* pada *mould* dengan diameter yang relatif kecil dengan kekakuan yang besar.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

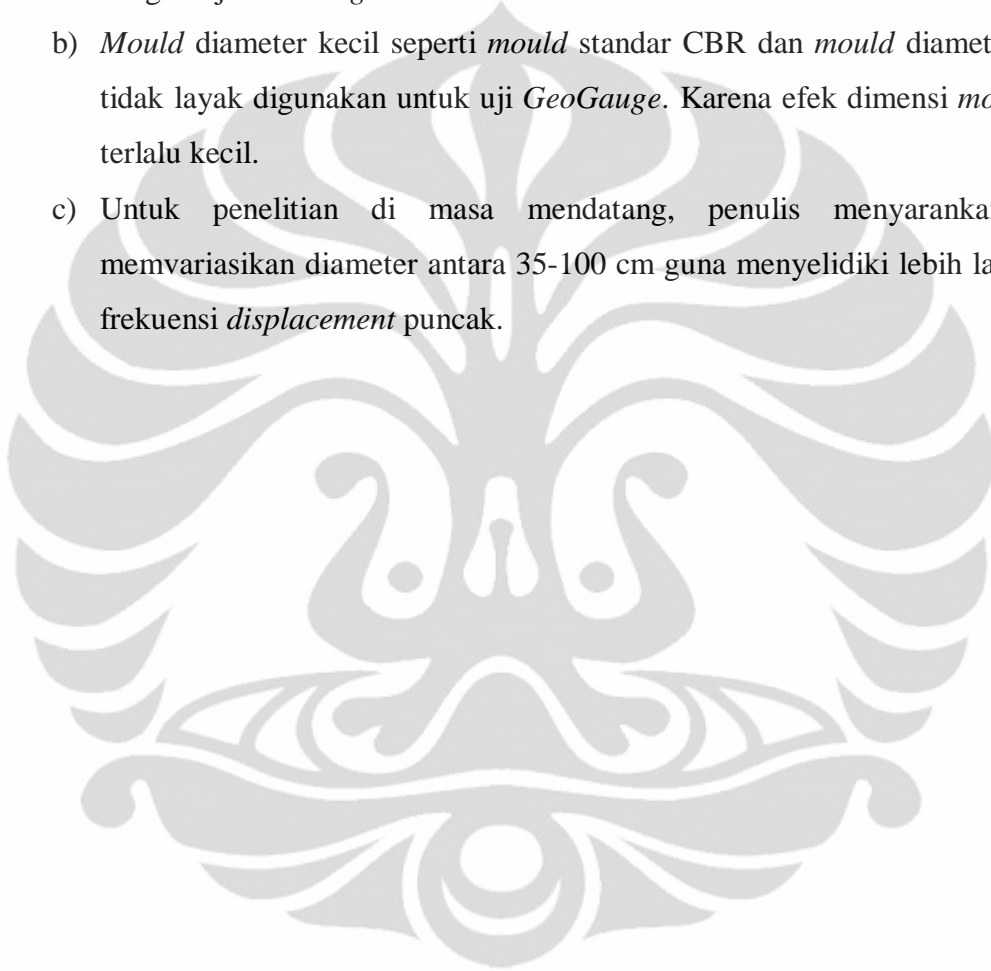
Pemodelan CBR dilakukan guna memperoleh parameter-parameter tanah lempung terpadatkan yang sesuai. Parameter-parameter tanah lempung ini selanjutnya akan digunakan untuk memodelkan uji *GeoGauge*. Uji *GeoGauge* sendiri memvariasikan diameter-diameter *mould* guna diselidiki pengaruhnya. Pemodelan ini juga membandingkan material yang menggunakan redaman dan tidak menggunakan redaman. Berdasarkan hasil pemodelan CBR dan *GeoGauge* yang dilakukan dengan menggunakan PLAXIS, maka penulis menarik beberapa kesimpulan berdasarkan hasil data-data yang dianalisis:

- a) Kekakuan sistem sampel tanah di dalam *mould* dipengaruhi oleh dimensi ukuran *mould*. Besarnya nilai kekakuan sistem dipengaruhi oleh diameter dan tinggi sampel tanah dalam *mould*. Akan tetapi perbedaan diameter *mould* yang paling mempengaruhi nilai kekakuan sistem secara signifikan. Hal ini terbukti dari perbedaan nilai *displacement* tanahnya. Semakin besar diameter *mould* maka nilai kekakuan sistem yang dihasilkan akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya.
- b) Frekuensi puncak *displacement* dipengaruhi oleh nilai kekakuan sistem tanah, *mould* dengan diameter besar menghasilkan kekakuan sistem yang kecil sehingga frekuensi puncak *displacement* akan berada pada nilai yang kecil. *Mould* dengan diameter besar akan memiliki frekuensi *displacement* puncak lebih rendah.
- c) Tinggi *mould* sampel tidak mempengaruhi besarnya nilai *displacement* tanah.
- d) Efek redaman akan memperkecil nilai *displacement* tanah dibandingkan material tanpa redaman.
- e) Dari lima variasi dimensi *mould*, *mould* yang paling *feasible* untuk uji *GeoGauge* di laboratorium adalah *mould* dengan diameter 100 cm tinggi 100 cm.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dirumuskan dari hasil penelitian, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

- a) Disarankan menggunakan *mould* berdimensi diameter 100 cm atau yang memiliki dimensi lebih besar untuk uji *GeoGauge* agar hasilnya representatif dengan uji *GeoGauge*.
- b) *Mould* diameter kecil seperti *mould* standar CBR dan *mould* diameter 35 cm tidak layak digunakan untuk uji *GeoGauge*. Karena efek dimensi *mould* yang terlalu kecil.
- c) Untuk penelitian di masa mendatang, penulis menyarankan untuk memvariasikan diameter antara 35-100 cm guna menyelidiki lebih lanjut pola frekuensi *displacement* puncak.



## DAFTAR REFERENSI

ASTM. (2010). *ASTM D6758 -08: Standard Test Method for Measuring Stiffness and Apparent Modulus*. West Conshohocken: ASTM.

Carlos Zambrano, Vincent Drnevich, Philippe Bourdeau. (2006). *Advanced Compaction Quality Control*.

Craig, R. (1989). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.

Das, B. M. (1993). *Principle of Soil Dynamics*. Boston: PWS-KENT.

Dr David Bloomquist, Dr Ralph Ellis. (2003). *Development of Compaction Quality Control Guidelines That Account For Variability in Pavement Embankment in Florida*.

Fiedler, M. S. (2004). *Conferencia GeoGauge*. Illinois : Humboldt Mfg. Co.

Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall. Inc.

Lary R. Lenke & R. Gordon McKeen. (2000). *Laboratory Evaluation of the GeoGauge*. University Mexico.



**LAMPIRAN 1**

### Output Model CBR

| Point | Step | Uy [m]   | Fy [kN/rad] | Stress [kPa] |
|-------|------|----------|-------------|--------------|
| 0     | 0    | 0.00E+00 | 0.00E+00    | 0.00E+00     |
| 1     | 1    | 0.00E+00 | 0.00E+00    | 0.00E+00     |
| 2     | 2    | 0.00E+00 | 0.00E+00    | 0.00E+00     |
| 3     | 3    | 0.00E+00 | 0.00E+00    | 0.00E+00     |
| 4     | 3    | 4.94E-05 | 4.42E-02    | 1.44E+02     |
| 5     | 4    | 1.48E-04 | 1.28E-01    | 4.14E+02     |
| 6     | 5    | 2.47E-04 | 1.94E-01    | 6.28E+02     |
| 7     | 6    | 3.46E-04 | 2.44E-01    | 7.92E+02     |
| 8     | 7    | 4.45E-04 | 2.86E-01    | 9.29E+02     |
| 9     | 8    | 5.43E-04 | 3.21E-01    | 1.04E+03     |
| 10    | 9    | 5.93E-04 | 3.37E-01    | 1.09E+03     |
| 11    | 10   | 6.91E-04 | 3.67E-01    | 1.19E+03     |
| 12    | 11   | 7.90E-04 | 3.94E-01    | 1.28E+03     |
| 13    | 12   | 8.40E-04 | 4.07E-01    | 1.32E+03     |
| 14    | 13   | 9.38E-04 | 4.31E-01    | 1.40E+03     |
| 15    | 14   | 9.88E-04 | 4.43E-01    | 1.44E+03     |
| 16    | 15   | 1.04E-03 | 4.55E-01    | 1.47E+03     |
| 17    | 16   | 1.09E-03 | 4.66E-01    | 1.51E+03     |
| 18    | 17   | 1.19E-03 | 4.87E-01    | 1.58E+03     |
| 19    | 18   | 1.23E-03 | 4.97E-01    | 1.61E+03     |
| 20    | 19   | 1.33E-03 | 5.17E-01    | 1.68E+03     |
| 21    | 20   | 1.38E-03 | 5.26E-01    | 1.71E+03     |
| 22    | 21   | 1.48E-03 | 5.45E-01    | 1.77E+03     |
| 23    | 22   | 1.53E-03 | 5.53E-01    | 1.80E+03     |
| 24    | 23   | 1.63E-03 | 5.71E-01    | 1.85E+03     |
| 25    | 24   | 1.68E-03 | 5.79E-01    | 1.88E+03     |
| 26    | 25   | 1.78E-03 | 5.95E-01    | 1.93E+03     |
| 27    | 26   | 1.83E-03 | 6.03E-01    | 1.96E+03     |
| 28    | 27   | 1.93E-03 | 6.18E-01    | 2.01E+03     |
| 29    | 28   | 2.03E-03 | 6.33E-01    | 2.05E+03     |
| 30    | 29   | 2.12E-03 | 6.47E-01    | 2.10E+03     |
| 31    | 30   | 2.22E-03 | 6.60E-01    | 2.14E+03     |
| 32    | 31   | 2.32E-03 | 6.73E-01    | 2.18E+03     |
| 33    | 32   | 2.42E-03 | 6.85E-01    | 2.22E+03     |
| 34    | 33   | 2.47E-03 | 6.91E-01    | 2.24E+03     |
| 35    | 34   | 2.54E-03 | 6.93E-01    | 2.25E+03     |
| 36    | 35   | 2.54E-03 | 6.93E-01    | 2.25E+03     |
| 37    | 35   | 2.55E-03 | 7.03E-01    | 2.28E+03     |
| 38    | 36   | 2.57E-03 | 7.04E-01    | 2.28E+03     |
| 39    | 37   | 2.59E-03 | 7.05E-01    | 2.29E+03     |

|    |    |          |          |          |
|----|----|----------|----------|----------|
| 40 | 38 | 2.64E-03 | 7.10E-01 | 2.30E+03 |
| 41 | 39 | 2.70E-03 | 7.15E-01 | 2.32E+03 |
| 42 | 40 | 2.80E-03 | 7.27E-01 | 2.36E+03 |
| 43 | 41 | 2.91E-03 | 7.37E-01 | 2.39E+03 |
| 44 | 42 | 3.01E-03 | 7.47E-01 | 2.42E+03 |
| 45 | 43 | 3.06E-03 | 7.51E-01 | 2.44E+03 |
| 46 | 44 | 3.17E-03 | 7.59E-01 | 2.46E+03 |
| 47 | 45 | 3.22E-03 | 7.67E-01 | 2.49E+03 |
| 48 | 46 | 3.33E-03 | 7.75E-01 | 2.51E+03 |
| 49 | 47 | 3.38E-03 | 7.83E-01 | 2.54E+03 |
| 50 | 48 | 3.43E-03 | 7.90E-01 | 2.56E+03 |
| 51 | 49 | 3.46E-03 | 7.91E-01 | 2.57E+03 |
| 52 | 50 | 3.48E-03 | 7.93E-01 | 2.57E+03 |
| 53 | 51 | 3.51E-03 | 7.94E-01 | 2.58E+03 |
| 54 | 52 | 3.54E-03 | 7.97E-01 | 2.59E+03 |
| 55 | 53 | 3.56E-03 | 7.98E-01 | 2.59E+03 |
| 56 | 54 | 3.62E-03 | 8.01E-01 | 2.60E+03 |
| 57 | 55 | 3.67E-03 | 8.04E-01 | 2.61E+03 |
| 58 | 56 | 3.72E-03 | 8.07E-01 | 2.62E+03 |
| 59 | 57 | 3.83E-03 | 8.14E-01 | 2.64E+03 |
| 60 | 58 | 3.88E-03 | 8.21E-01 | 2.66E+03 |
| 61 | 59 | 3.98E-03 | 8.29E-01 | 2.69E+03 |
| 62 | 60 | 4.04E-03 | 8.33E-01 | 2.70E+03 |
| 63 | 61 | 4.14E-03 | 8.39E-01 | 2.72E+03 |
| 64 | 62 | 4.19E-03 | 8.46E-01 | 2.74E+03 |
| 65 | 63 | 4.25E-03 | 8.52E-01 | 2.76E+03 |
| 66 | 64 | 4.30E-03 | 8.57E-01 | 2.78E+03 |
| 67 | 65 | 4.35E-03 | 8.64E-01 | 2.80E+03 |
| 68 | 66 | 4.46E-03 | 8.68E-01 | 2.82E+03 |
| 69 | 67 | 4.56E-03 | 8.74E-01 | 2.83E+03 |
| 70 | 68 | 4.67E-03 | 8.79E-01 | 2.85E+03 |
| 71 | 69 | 4.77E-03 | 8.83E-01 | 2.86E+03 |
| 72 | 70 | 4.88E-03 | 8.87E-01 | 2.88E+03 |
| 73 | 71 | 4.98E-03 | 8.90E-01 | 2.89E+03 |
| 74 | 72 | 5.04E-03 | 8.96E-01 | 2.91E+03 |



**LAMPIRAN 2**



**Output Model GeoGauge untuk Material Tanpa Redaman**

**Mould Standar CBR Diameter 15,25 cm dan Tinggi 11,54 cm**

**Frekuensi 75 Hz**

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -1.82E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -3.63E-08 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -5.24E-08 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -6.84E-08 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -8.07E-08 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | -9.26E-08 |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | -1.03E-07 |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | -1.09E-07 |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | -1.15E-07 |
| 11    | 11   | 3.33E-03         | -1.15E-07 |
| 12    | 12   | 3.67E-03         | -1.15E-07 |
| 13    | 13   | 4.00E-03         | -1.09E-07 |
| 14    | 14   | 4.33E-03         | -1.02E-07 |
| 15    | 15   | 4.67E-03         | -9.33E-08 |
| 16    | 16   | 5.00E-03         | -8.12E-08 |
| 17    | 17   | 5.33E-03         | -6.82E-08 |
| 18    | 18   | 5.67E-03         | -5.29E-08 |
| 19    | 19   | 6.00E-03         | -3.58E-08 |
| 20    | 20   | 6.33E-03         | -1.85E-08 |
| 21    | 21   | 6.67E-03         | 8.88E-10  |
| 22    | 22   | 7.00E-03         | 1.82E-08  |
| 23    | 23   | 7.33E-03         | 3.65E-08  |
| 24    | 24   | 7.67E-03         | 5.19E-08  |
| 25    | 25   | 8.00E-03         | 6.80E-08  |
| 26    | 26   | 8.33E-03         | 8.06E-08  |
| 27    | 27   | 8.67E-03         | 9.28E-08  |
| 28    | 28   | 9.00E-03         | 1.03E-07  |
| 29    | 29   | 9.33E-03         | 1.10E-07  |
| 30    | 30   | 9.67E-03         | 1.15E-07  |
| 31    | 31   | 1.00E-02         | 1.15E-07  |
| 32    | 32   | 1.03E-02         | 1.13E-07  |
| 33    | 33   | 1.07E-02         | 1.10E-07  |

|    |    |          |           |
|----|----|----------|-----------|
| 34 | 34 | 1.10E-02 | 1.02E-07  |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | 9.37E-08  |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | 8.16E-08  |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | 6.84E-08  |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | 5.28E-08  |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | 3.53E-08  |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | 1.85E-08  |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | -1.08E-09 |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | -1.82E-08 |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | -3.62E-08 |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | -5.17E-08 |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | -6.73E-08 |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | -8.12E-08 |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | -9.32E-08 |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | -1.04E-07 |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | -1.10E-07 |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | -1.14E-07 |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | -1.16E-07 |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | -1.13E-07 |
| 53 | 53 | 1.73E-02 | -1.10E-07 |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | -1.02E-07 |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | -9.40E-08 |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | -8.18E-08 |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | -6.83E-08 |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | -5.29E-08 |
| 59 | 59 | 1.93E-02 | -3.51E-08 |
| 60 | 60 | 1.97E-02 | -1.78E-08 |
| 61 | 61 | 2.00E-02 | 7.65E-10  |
| 62 | 62 | 2.03E-02 | 1.82E-08  |
| 63 | 63 | 2.07E-02 | 3.52E-08  |
| 64 | 64 | 2.10E-02 | 5.22E-08  |
| 65 | 65 | 2.13E-02 | 6.73E-08  |
| 66 | 66 | 2.17E-02 | 8.22E-08  |
| 67 | 67 | 2.20E-02 | 9.35E-08  |
| 68 | 68 | 2.23E-02 | 1.04E-07  |
| 69 | 69 | 2.27E-02 | 1.10E-07  |
| 70 | 70 | 2.30E-02 | 1.13E-07  |
| 71 | 71 | 2.33E-02 | 1.16E-07  |
| 72 | 72 | 2.37E-02 | 1.13E-07  |
| 73 | 73 | 2.40E-02 | 1.10E-07  |
| 74 | 74 | 2.43E-02 | 1.03E-07  |
| 75 | 75 | 2.47E-02 | 9.36E-08  |
| 76 | 76 | 2.50E-02 | 8.21E-08  |

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 77  | 77  | 2.53E-02 | 6.77E-08  | 120 | 120 | 3.97E-02 | 1.81E-08  |
| 78  | 78  | 2.57E-02 | 5.24E-08  | 121 | 121 | 4.00E-02 | 4.68E-10  |
| 79  | 79  | 2.60E-02 | 3.51E-08  | 122 | 122 | 4.03E-02 | -1.79E-08 |
| 80  | 80  | 2.63E-02 | 1.74E-08  | 123 | 123 | 4.07E-02 | -3.55E-08 |
| 81  | 81  | 2.67E-02 | 5.25E-11  | 124 | 124 | 4.10E-02 | -5.26E-08 |
| 82  | 82  | 2.70E-02 | -1.81E-08 | 125 | 125 | 4.13E-02 | -6.83E-08 |
| 83  | 83  | 2.73E-02 | -3.46E-08 | 126 | 126 | 4.17E-02 | -8.14E-08 |
| 84  | 84  | 2.77E-02 | -5.27E-08 | 127 | 127 | 4.20E-02 | -9.38E-08 |
| 85  | 85  | 2.80E-02 | -6.75E-08 | 128 | 128 | 4.23E-02 | -1.02E-07 |
| 86  | 86  | 2.83E-02 | -8.24E-08 | 129 | 129 | 4.27E-02 | -1.10E-07 |
| 87  | 87  | 2.87E-02 | -9.35E-08 | 130 | 130 | 4.30E-02 | -1.14E-07 |
| 88  | 88  | 2.90E-02 | -1.03E-07 | 131 | 131 | 4.33E-02 | -1.15E-07 |
| 89  | 89  | 2.93E-02 | -1.10E-07 | 132 | 132 | 4.37E-02 | -1.15E-07 |
| 90  | 90  | 2.97E-02 | -1.13E-07 | 133 | 133 | 4.40E-02 | -1.10E-07 |
| 91  | 91  | 3.00E-02 | -1.15E-07 | 134 | 134 | 4.43E-02 | -1.04E-07 |
| 92  | 92  | 3.03E-02 | -1.13E-07 | 135 | 135 | 4.47E-02 | -9.26E-08 |
| 93  | 93  | 3.07E-02 | -1.10E-07 | 136 | 136 | 4.50E-02 | -8.12E-08 |
| 94  | 94  | 3.10E-02 | -1.03E-07 | 137 | 137 | 4.53E-02 | -6.75E-08 |
| 95  | 95  | 3.13E-02 | -9.32E-08 | 138 | 138 | 4.57E-02 | -5.19E-08 |
| 96  | 96  | 3.17E-02 | -8.24E-08 | 139 | 139 | 4.60E-02 | -3.61E-08 |
| 97  | 97  | 3.20E-02 | -6.72E-08 | 140 | 140 | 4.63E-02 | -1.81E-08 |
| 98  | 98  | 3.23E-02 | -5.20E-08 | 141 | 141 | 4.67E-02 | -1.68E-10 |
| 99  | 99  | 3.27E-02 | -3.52E-08 | 142 | 142 | 4.70E-02 | 1.79E-08  |
| 100 | 100 | 3.30E-02 | -1.78E-08 | 143 | 143 | 4.73E-02 | 3.62E-08  |
| 101 | 101 | 3.33E-02 | -6.50E-10 | 144 | 144 | 4.77E-02 | 5.23E-08  |
| 102 | 102 | 3.37E-02 | 1.81E-08  | 145 | 145 | 4.80E-02 | 6.85E-08  |
| 103 | 103 | 3.40E-02 | 3.49E-08  | 146 | 146 | 4.83E-02 | 8.10E-08  |
| 104 | 104 | 3.43E-02 | 5.29E-08  | 147 | 147 | 4.87E-02 | 9.37E-08  |
| 105 | 105 | 3.47E-02 | 6.78E-08  | 148 | 148 | 4.90E-02 | 1.02E-07  |
| 106 | 106 | 3.50E-02 | 8.21E-08  | 149 | 149 | 4.93E-02 | 1.10E-07  |
| 107 | 107 | 3.53E-02 | 9.37E-08  | 150 | 150 | 4.97E-02 | 1.14E-07  |
| 108 | 108 | 3.57E-02 | 1.03E-07  | 151 | 151 | 5.00E-02 | 1.15E-07  |
| 109 | 109 | 3.60E-02 | 1.10E-07  | 152 | 152 | 5.03E-02 | 1.15E-07  |
| 110 | 110 | 3.63E-02 | 1.13E-07  | 153 | 153 | 5.07E-02 | 1.10E-07  |
| 111 | 111 | 3.67E-02 | 1.15E-07  | 154 | 154 | 5.10E-02 | 1.03E-07  |
| 112 | 112 | 3.70E-02 | 1.14E-07  | 155 | 155 | 5.13E-02 | 9.31E-08  |
| 113 | 113 | 3.73E-02 | 1.10E-07  | 156 | 156 | 5.17E-02 | 8.08E-08  |
| 114 | 114 | 3.77E-02 | 1.04E-07  | 157 | 157 | 5.20E-02 | 6.82E-08  |
| 115 | 115 | 3.80E-02 | 9.26E-08  | 158 | 158 | 5.23E-02 | 5.18E-08  |
| 116 | 116 | 3.83E-02 | 8.19E-08  | 159 | 159 | 5.27E-02 | 3.63E-08  |
| 117 | 117 | 3.87E-02 | 6.70E-08  | 160 | 160 | 5.30E-02 | 1.81E-08  |
| 118 | 118 | 3.90E-02 | 5.19E-08  | 161 | 161 | 5.33E-02 | -8.90E-11 |
| 119 | 119 | 3.93E-02 | 3.56E-08  | 162 | 162 | 5.37E-02 | -1.80E-08 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 163 | 163 | 5.40E-02 | -3.63E-08 | 206 | 206 | 6.83E-02 | -8.18E-08 |
| 164 | 164 | 5.43E-02 | -5.23E-08 | 207 | 207 | 6.87E-02 | -9.28E-08 |
| 165 | 165 | 5.47E-02 | -6.82E-08 | 208 | 208 | 6.90E-02 | -1.03E-07 |
| 166 | 166 | 5.50E-02 | -8.10E-08 | 209 | 209 | 6.93E-02 | -1.09E-07 |
| 167 | 167 | 5.53E-02 | -9.32E-08 | 210 | 210 | 6.97E-02 | -1.14E-07 |
| 168 | 168 | 5.57E-02 | -1.02E-07 | 211 | 211 | 7.00E-02 | -1.15E-07 |
| 169 | 169 | 5.60E-02 | -1.09E-07 | 212 | 212 | 7.03E-02 | -1.14E-07 |
| 170 | 170 | 5.63E-02 | -1.14E-07 | 213 | 213 | 7.07E-02 | -1.10E-07 |
| 171 | 171 | 5.67E-02 | -1.15E-07 | 214 | 214 | 7.10E-02 | -1.02E-07 |
| 172 | 172 | 5.70E-02 | -1.14E-07 | 215 | 215 | 7.13E-02 | -9.35E-08 |
| 173 | 173 | 5.73E-02 | -1.10E-07 | 216 | 216 | 7.17E-02 | -8.19E-08 |
| 174 | 174 | 5.77E-02 | -1.02E-07 | 217 | 217 | 7.20E-02 | -6.76E-08 |
| 175 | 175 | 5.80E-02 | -9.36E-08 | 218 | 218 | 7.23E-02 | -5.30E-08 |
| 176 | 176 | 5.83E-02 | -8.08E-08 | 219 | 219 | 7.27E-02 | -3.51E-08 |
| 177 | 177 | 5.87E-02 | -6.86E-08 | 220 | 220 | 7.30E-02 | -1.83E-08 |
| 178 | 178 | 5.90E-02 | -5.22E-08 | 221 | 221 | 7.33E-02 | 5.49E-10  |
| 179 | 179 | 5.93E-02 | -3.61E-08 | 222 | 222 | 7.37E-02 | 1.80E-08  |
| 180 | 180 | 5.97E-02 | -1.81E-08 | 223 | 223 | 7.40E-02 | 3.54E-08  |
| 181 | 181 | 6.00E-02 | 3.41E-10  | 224 | 224 | 7.43E-02 | 5.23E-08  |
| 182 | 182 | 6.03E-02 | 1.81E-08  | 225 | 225 | 7.47E-02 | 6.72E-08  |
| 183 | 183 | 6.07E-02 | 3.60E-08  | 226 | 226 | 7.50E-02 | 8.18E-08  |
| 184 | 184 | 6.10E-02 | 5.25E-08  | 227 | 227 | 7.53E-02 | 9.32E-08  |
| 185 | 185 | 6.13E-02 | 6.76E-08  | 228 | 228 | 7.57E-02 | 1.03E-07  |
| 186 | 186 | 6.17E-02 | 8.14E-08  | 229 | 229 | 7.60E-02 | 1.10E-07  |
| 187 | 187 | 6.20E-02 | 9.28E-08  | 230 | 230 | 7.63E-02 | 1.14E-07  |
| 188 | 188 | 6.23E-02 | 1.03E-07  | 231 | 231 | 7.67E-02 | 1.15E-07  |
| 189 | 189 | 6.27E-02 | 1.09E-07  | 232 | 232 | 7.70E-02 | 1.13E-07  |
| 190 | 190 | 6.30E-02 | 1.15E-07  | 233 | 233 | 7.73E-02 | 1.10E-07  |
| 191 | 191 | 6.33E-02 | 1.15E-07  | 234 | 234 | 7.77E-02 | 1.03E-07  |
| 192 | 192 | 6.37E-02 | 1.14E-07  | 235 | 235 | 7.80E-02 | 9.33E-08  |
| 193 | 193 | 6.40E-02 | 1.10E-07  | 236 | 236 | 7.83E-02 | 8.22E-08  |
| 194 | 194 | 6.43E-02 | 1.02E-07  | 237 | 237 | 7.87E-02 | 6.73E-08  |
| 195 | 195 | 6.47E-02 | 9.37E-08  | 238 | 238 | 7.90E-02 | 5.29E-08  |
| 196 | 196 | 6.50E-02 | 8.12E-08  | 239 | 239 | 7.93E-02 | 3.50E-08  |
| 197 | 197 | 6.53E-02 | 6.82E-08  | 240 | 240 | 7.97E-02 | 1.80E-08  |
| 198 | 198 | 6.57E-02 | 5.26E-08  | 241 | 241 | 8.00E-02 | -1.81E-10 |
| 199 | 199 | 6.60E-02 | 3.56E-08  | 242 | 242 | 8.03E-02 | -1.79E-08 |
| 200 | 200 | 6.63E-02 | 1.83E-08  | 243 | 243 | 8.07E-02 | -3.52E-08 |
| 201 | 201 | 6.67E-02 | -5.48E-10 | 244 | 244 | 8.10E-02 | -5.23E-08 |
| 202 | 202 | 6.70E-02 | -1.81E-08 | 245 | 245 | 8.13E-02 | -6.76E-08 |
| 203 | 203 | 6.73E-02 | -3.58E-08 | 246 | 246 | 8.17E-02 | -8.17E-08 |
| 204 | 204 | 6.77E-02 | -5.24E-08 | 247 | 247 | 8.20E-02 | -9.37E-08 |
| 205 | 205 | 6.80E-02 | -6.71E-08 | 248 | 248 | 8.23E-02 | -1.03E-07 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 249 | 249 | 8.27E-02 | -1.10E-07 |
| 250 | 250 | 8.30E-02 | -1.13E-07 |
| 251 | 251 | 8.33E-02 | -1.16E-07 |
| 252 | 252 | 8.37E-02 | -1.13E-07 |
| 253 | 253 | 8.40E-02 | -1.10E-07 |
| 254 | 254 | 8.43E-02 | -1.03E-07 |
| 255 | 255 | 8.47E-02 | -9.33E-08 |
| 256 | 256 | 8.50E-02 | -8.21E-08 |
| 257 | 257 | 8.53E-02 | -6.73E-08 |
| 258 | 258 | 8.57E-02 | -5.24E-08 |
| 259 | 259 | 8.60E-02 | -3.54E-08 |
| 260 | 260 | 8.63E-02 | -1.77E-08 |
| 261 | 261 | 8.67E-02 | -4.18E-10 |
| 262 | 262 | 8.70E-02 | 1.81E-08  |
| 263 | 263 | 8.73E-02 | 3.52E-08  |
| 264 | 264 | 8.77E-02 | 5.24E-08  |
| 265 | 265 | 8.80E-02 | 6.79E-08  |
| 266 | 266 | 8.83E-02 | 8.16E-08  |
| 267 | 267 | 8.87E-02 | 9.38E-08  |
| 268 | 268 | 8.90E-02 | 1.02E-07  |
| 269 | 269 | 8.93E-02 | 1.10E-07  |
| 270 | 270 | 8.97E-02 | 1.13E-07  |
| 271 | 271 | 9.00E-02 | 1.16E-07  |
| 272 | 272 | 9.03E-02 | 1.14E-07  |
| 273 | 273 | 9.07E-02 | 1.10E-07  |
| 274 | 274 | 9.10E-02 | 1.03E-07  |
| 275 | 275 | 9.13E-02 | 9.32E-08  |
| 276 | 276 | 9.17E-02 | 8.18E-08  |
| 277 | 277 | 9.20E-02 | 6.75E-08  |
| 278 | 278 | 9.23E-02 | 5.19E-08  |
| 279 | 279 | 9.27E-02 | 3.60E-08  |
| 280 | 280 | 9.30E-02 | 1.75E-08  |
| 281 | 281 | 9.33E-02 | 7.53E-10  |
| 282 | 282 | 9.37E-02 | -1.82E-08 |
| 283 | 283 | 9.40E-02 | -3.54E-08 |
| 284 | 284 | 9.43E-02 | -5.25E-08 |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | -6.80E-08 |
| 286 | 286 | 9.50E-02 | -8.15E-08 |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | -9.35E-08 |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | -1.02E-07 |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | -1.10E-07 |
| 290 | 290 | 9.63E-02 | -1.14E-07 |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | -1.15E-07 |

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 292 | 292 | 9.70E-02 | -1.14E-07 |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | -1.10E-07 |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | -1.03E-07 |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | -9.31E-08 |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | -8.15E-08 |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | -6.78E-08 |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | -5.19E-08 |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | -3.63E-08 |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | -1.76E-08 |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -5.59E-10 |

### Frekuensi 100 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -2.42E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -4.78E-08 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -6.79E-08 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -8.65E-08 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -9.88E-08 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | -1.09E-07 |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | -1.15E-07 |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | -1.14E-07 |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | -1.12E-07 |
| 11    | 11   | 3.33E-03         | -1.00E-07 |
| 12    | 12   | 3.67E-03         | -8.68E-08 |
| 13    | 13   | 4.00E-03         | -6.70E-08 |
| 14    | 14   | 4.33E-03         | -4.62E-08 |
| 15    | 15   | 4.67E-03         | -2.40E-08 |
| 16    | 16   | 5.00E-03         | 4.78E-10  |
| 17    | 17   | 5.33E-03         | 2.34E-08  |
| 18    | 18   | 5.67E-03         | 4.62E-08  |
| 19    | 19   | 6.00E-03         | 6.76E-08  |
| 20    | 20   | 6.33E-03         | 8.52E-08  |
| 21    | 21   | 6.67E-03         | 1.01E-07  |
| 22    | 22   | 7.00E-03         | 1.10E-07  |
| 23    | 23   | 7.33E-03         | 1.16E-07  |
| 24    | 24   | 7.67E-03         | 1.14E-07  |
| 25    | 25   | 8.00E-03         | 1.10E-07  |
| 26    | 26   | 8.33E-03         | 9.87E-08  |
| 27    | 27   | 8.67E-03         | 8.51E-08  |

|    |    |          |           |     |     |          |           |
|----|----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 28 | 28 | 9.00E-03 | 6.87E-08  | 71  | 71  | 2.33E-02 | -9.95E-08 |
| 29 | 29 | 9.33E-03 | 4.70E-08  | 72  | 72  | 2.37E-02 | -8.75E-08 |
| 30 | 30 | 9.67E-03 | 2.56E-08  | 73  | 73  | 2.40E-02 | -6.72E-08 |
| 31 | 31 | 1.00E-02 | -1.52E-11 | 74  | 74  | 2.43E-02 | -4.71E-08 |
| 32 | 32 | 1.03E-02 | -2.46E-08 | 75  | 75  | 2.47E-02 | -2.36E-08 |
| 33 | 33 | 1.07E-02 | -4.70E-08 | 76  | 76  | 2.50E-02 | 7.79E-10  |
| 34 | 34 | 1.10E-02 | -6.90E-08 | 77  | 77  | 2.53E-02 | 2.39E-08  |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | -8.52E-08 | 78  | 78  | 2.57E-02 | 4.70E-08  |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | -9.99E-08 | 79  | 79  | 2.60E-02 | 6.72E-08  |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | -1.09E-07 | 80  | 80  | 2.63E-02 | 8.50E-08  |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | -1.14E-07 | 81  | 81  | 2.67E-02 | 1.00E-07  |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | -1.15E-07 | 82  | 82  | 2.70E-02 | 1.10E-07  |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | -1.09E-07 | 83  | 83  | 2.73E-02 | 1.16E-07  |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | -1.01E-07 | 84  | 84  | 2.77E-02 | 1.14E-07  |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | -8.59E-08 | 85  | 85  | 2.80E-02 | 1.10E-07  |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | -6.86E-08 | 86  | 86  | 2.83E-02 | 9.88E-08  |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | -4.61E-08 | 87  | 87  | 2.87E-02 | 8.56E-08  |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | -2.33E-08 | 88  | 88  | 2.90E-02 | 6.73E-08  |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | 4.11E-10  | 89  | 89  | 2.93E-02 | 4.69E-08  |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | 2.41E-08  | 90  | 90  | 2.97E-02 | 2.49E-08  |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | 4.58E-08  | 91  | 91  | 3.00E-02 | -1.58E-10 |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | 6.74E-08  | 92  | 92  | 3.03E-02 | -2.33E-08 |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | 8.57E-08  | 93  | 93  | 3.07E-02 | -4.70E-08 |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | 9.97E-08  | 94  | 94  | 3.10E-02 | -6.86E-08 |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | 1.11E-07  | 95  | 95  | 3.13E-02 | -8.56E-08 |
| 53 | 53 | 1.73E-02 | 1.14E-07  | 96  | 96  | 3.17E-02 | -1.01E-07 |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | 1.16E-07  | 97  | 97  | 3.20E-02 | -1.09E-07 |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | 1.09E-07  | 98  | 98  | 3.23E-02 | -1.14E-07 |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | 9.96E-08  | 99  | 99  | 3.27E-02 | -1.14E-07 |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | 8.50E-08  | 100 | 100 | 3.30E-02 | -1.09E-07 |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | 6.71E-08  | 101 | 101 | 3.33E-02 | -1.01E-07 |
| 59 | 59 | 1.93E-02 | 4.77E-08  | 102 | 102 | 3.37E-02 | -8.57E-08 |
| 60 | 60 | 1.97E-02 | 2.43E-08  | 103 | 103 | 3.40E-02 | -6.88E-08 |
| 61 | 61 | 2.00E-02 | 1.02E-09  | 104 | 104 | 3.43E-02 | -4.62E-08 |
| 62 | 62 | 2.03E-02 | -2.38E-08 | 105 | 105 | 3.47E-02 | -2.40E-08 |
| 63 | 63 | 2.07E-02 | -4.76E-08 | 106 | 106 | 3.50E-02 | 6.92E-10  |
| 64 | 64 | 2.10E-02 | -6.81E-08 | 107 | 107 | 3.53E-02 | 2.45E-08  |
| 65 | 65 | 2.13E-02 | -8.64E-08 | 108 | 108 | 3.57E-02 | 4.67E-08  |
| 66 | 66 | 2.17E-02 | -9.91E-08 | 109 | 109 | 3.60E-02 | 6.79E-08  |
| 67 | 67 | 2.20E-02 | -1.09E-07 | 110 | 110 | 3.63E-02 | 8.51E-08  |
| 68 | 68 | 2.23E-02 | -1.14E-07 | 111 | 111 | 3.67E-02 | 9.97E-08  |
| 69 | 69 | 2.27E-02 | -1.15E-07 | 112 | 112 | 3.70E-02 | 1.10E-07  |
| 70 | 70 | 2.30E-02 | -1.10E-07 | 113 | 113 | 3.73E-02 | 1.15E-07  |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 114 | 114 | 3.77E-02 | 1.16E-07  |
| 115 | 115 | 3.80E-02 | 1.09E-07  |
| 116 | 116 | 3.83E-02 | 1.00E-07  |
| 117 | 117 | 3.87E-02 | 8.47E-08  |
| 118 | 118 | 3.90E-02 | 6.72E-08  |
| 119 | 119 | 3.93E-02 | 4.69E-08  |
| 120 | 120 | 3.97E-02 | 2.40E-08  |
| 121 | 121 | 4.00E-02 | 6.25E-10  |
| 122 | 122 | 4.03E-02 | -2.38E-08 |
| 123 | 123 | 4.07E-02 | -4.68E-08 |
| 124 | 124 | 4.10E-02 | -6.81E-08 |
| 125 | 125 | 4.13E-02 | -8.65E-08 |
| 126 | 126 | 4.17E-02 | -9.98E-08 |
| 127 | 127 | 4.20E-02 | -1.10E-07 |
| 128 | 128 | 4.23E-02 | -1.14E-07 |
| 129 | 129 | 4.27E-02 | -1.15E-07 |
| 130 | 130 | 4.30E-02 | -1.09E-07 |
| 131 | 131 | 4.33E-02 | -9.98E-08 |
| 132 | 132 | 4.37E-02 | -8.67E-08 |
| 133 | 133 | 4.40E-02 | -6.76E-08 |
| 134 | 134 | 4.43E-02 | -4.81E-08 |
| 135 | 135 | 4.47E-02 | -2.31E-08 |
| 136 | 136 | 4.50E-02 | 4.19E-10  |
| 137 | 137 | 4.53E-02 | 2.44E-08  |
| 138 | 138 | 4.57E-02 | 4.76E-08  |
| 139 | 139 | 4.60E-02 | 6.72E-08  |
| 140 | 140 | 4.63E-02 | 8.56E-08  |
| 141 | 141 | 4.67E-02 | 9.97E-08  |
| 142 | 142 | 4.70E-02 | 1.10E-07  |
| 143 | 143 | 4.73E-02 | 1.15E-07  |
| 144 | 144 | 4.77E-02 | 1.15E-07  |
| 145 | 145 | 4.80E-02 | 1.11E-07  |
| 146 | 146 | 4.83E-02 | 9.92E-08  |
| 147 | 147 | 4.87E-02 | 8.63E-08  |
| 148 | 148 | 4.90E-02 | 6.68E-08  |
| 149 | 149 | 4.93E-02 | 4.67E-08  |
| 150 | 150 | 4.97E-02 | 2.41E-08  |
| 151 | 151 | 5.00E-02 | 8.44E-11  |
| 152 | 152 | 5.03E-02 | -2.31E-08 |
| 153 | 153 | 5.07E-02 | -4.71E-08 |
| 154 | 154 | 5.10E-02 | -6.80E-08 |
| 155 | 155 | 5.13E-02 | -8.61E-08 |
| 156 | 156 | 5.17E-02 | -1.01E-07 |
| 157 | 157 | 5.20E-02 | -1.09E-07 |
| 158 | 158 | 5.23E-02 | -1.15E-07 |
| 159 | 159 | 5.27E-02 | -1.14E-07 |
| 160 | 160 | 5.30E-02 | -1.10E-07 |
| 161 | 161 | 5.33E-02 | -1.00E-07 |
| 162 | 162 | 5.37E-02 | -8.56E-08 |
| 163 | 163 | 5.40E-02 | -6.87E-08 |
| 164 | 164 | 5.43E-02 | -4.68E-08 |
| 165 | 165 | 5.47E-02 | -2.45E-08 |
| 166 | 166 | 5.50E-02 | 7.13E-10  |
| 167 | 167 | 5.53E-02 | 2.42E-08  |
| 168 | 168 | 5.57E-02 | 4.74E-08  |
| 169 | 169 | 5.60E-02 | 6.82E-08  |
| 170 | 170 | 5.63E-02 | 8.50E-08  |
| 171 | 171 | 5.67E-02 | 1.00E-07  |
| 172 | 172 | 5.70E-02 | 1.09E-07  |
| 173 | 173 | 5.73E-02 | 1.15E-07  |
| 174 | 174 | 5.77E-02 | 1.16E-07  |
| 175 | 175 | 5.80E-02 | 1.09E-07  |
| 176 | 176 | 5.83E-02 | 1.01E-07  |
| 177 | 177 | 5.87E-02 | 8.47E-08  |
| 178 | 178 | 5.90E-02 | 6.81E-08  |
| 179 | 179 | 5.93E-02 | 4.63E-08  |
| 180 | 180 | 5.97E-02 | 2.39E-08  |
| 181 | 181 | 6.00E-02 | 4.56E-10  |
| 182 | 182 | 6.03E-02 | -2.39E-08 |
| 183 | 183 | 6.07E-02 | -4.64E-08 |
| 184 | 184 | 6.10E-02 | -6.77E-08 |
| 185 | 185 | 6.13E-02 | -8.60E-08 |
| 186 | 186 | 6.17E-02 | -1.00E-07 |
| 187 | 187 | 6.20E-02 | -1.10E-07 |
| 188 | 188 | 6.23E-02 | -1.14E-07 |
| 189 | 189 | 6.27E-02 | -1.15E-07 |
| 190 | 190 | 6.30E-02 | -1.09E-07 |
| 191 | 191 | 6.33E-02 | -1.00E-07 |
| 192 | 192 | 6.37E-02 | -8.59E-08 |
| 193 | 193 | 6.40E-02 | -6.78E-08 |
| 194 | 194 | 6.43E-02 | -4.80E-08 |
| 195 | 195 | 6.47E-02 | -2.35E-08 |
| 196 | 196 | 6.50E-02 | -4.12E-10 |
| 197 | 197 | 6.53E-02 | 2.46E-08  |
| 198 | 198 | 6.57E-02 | 4.72E-08  |
| 199 | 199 | 6.60E-02 | 6.77E-08  |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 200 | 200 | 6.63E-02 | 8.61E-08  |
| 201 | 201 | 6.67E-02 | 9.92E-08  |
| 202 | 202 | 6.70E-02 | 1.10E-07  |
| 203 | 203 | 6.73E-02 | 1.15E-07  |
| 204 | 204 | 6.77E-02 | 1.15E-07  |
| 205 | 205 | 6.80E-02 | 1.11E-07  |
| 206 | 206 | 6.83E-02 | 9.97E-08  |
| 207 | 207 | 6.87E-02 | 8.64E-08  |
| 208 | 208 | 6.90E-02 | 6.70E-08  |
| 209 | 209 | 6.93E-02 | 4.73E-08  |
| 210 | 210 | 6.97E-02 | 2.34E-08  |
| 211 | 211 | 7.00E-02 | 2.69E-10  |
| 212 | 212 | 7.03E-02 | -2.35E-08 |
| 213 | 213 | 7.07E-02 | -4.70E-08 |
| 214 | 214 | 7.10E-02 | -6.72E-08 |
| 215 | 215 | 7.13E-02 | -8.60E-08 |
| 216 | 216 | 7.17E-02 | -1.00E-07 |
| 217 | 217 | 7.20E-02 | -1.10E-07 |
| 218 | 218 | 7.23E-02 | -1.16E-07 |
| 219 | 219 | 7.27E-02 | -1.14E-07 |
| 220 | 220 | 7.30E-02 | -1.10E-07 |
| 221 | 221 | 7.33E-02 | -9.92E-08 |
| 222 | 222 | 7.37E-02 | -8.59E-08 |
| 223 | 223 | 7.40E-02 | -6.81E-08 |
| 224 | 224 | 7.43E-02 | -4.70E-08 |
| 225 | 225 | 7.47E-02 | -2.48E-08 |
| 226 | 226 | 7.50E-02 | 3.77E-10  |
| 227 | 227 | 7.53E-02 | 2.39E-08  |
| 228 | 228 | 7.57E-02 | 4.75E-08  |
| 229 | 229 | 7.60E-02 | 6.80E-08  |
| 230 | 230 | 7.63E-02 | 8.56E-08  |
| 231 | 231 | 7.67E-02 | 1.00E-07  |
| 232 | 232 | 7.70E-02 | 1.09E-07  |
| 233 | 233 | 7.73E-02 | 1.15E-07  |
| 234 | 234 | 7.77E-02 | 1.15E-07  |
| 235 | 235 | 7.80E-02 | 1.10E-07  |
| 236 | 236 | 7.83E-02 | 1.01E-07  |
| 237 | 237 | 7.87E-02 | 8.51E-08  |
| 238 | 238 | 7.90E-02 | 6.86E-08  |
| 239 | 239 | 7.93E-02 | 4.60E-08  |
| 240 | 240 | 7.97E-02 | 2.40E-08  |
| 241 | 241 | 8.00E-02 | -2.42E-10 |
| 242 | 242 | 8.03E-02 | -2.38E-08 |
| 243 | 243 | 8.07E-02 | -4.64E-08 |
| 244 | 244 | 8.10E-02 | -6.78E-08 |
| 245 | 245 | 8.13E-02 | -8.55E-08 |
| 246 | 246 | 8.17E-02 | -1.00E-07 |
| 247 | 247 | 8.20E-02 | -1.10E-07 |
| 248 | 248 | 8.23E-02 | -1.15E-07 |
| 249 | 249 | 8.27E-02 | -1.15E-07 |
| 250 | 250 | 8.30E-02 | -1.09E-07 |
| 251 | 251 | 8.33E-02 | -1.00E-07 |
| 252 | 252 | 8.37E-02 | -8.51E-08 |
| 253 | 253 | 8.40E-02 | -6.82E-08 |
| 254 | 254 | 8.43E-02 | -4.71E-08 |
| 255 | 255 | 8.47E-02 | -2.39E-08 |
| 256 | 256 | 8.50E-02 | -7.79E-10 |
| 257 | 257 | 8.53E-02 | 2.47E-08  |
| 258 | 258 | 8.57E-02 | 4.69E-08  |
| 259 | 259 | 8.60E-02 | 6.81E-08  |
| 260 | 260 | 8.63E-02 | 8.62E-08  |
| 261 | 261 | 8.67E-02 | 9.94E-08  |
| 262 | 262 | 8.70E-02 | 1.10E-07  |
| 263 | 263 | 8.73E-02 | 1.14E-07  |
| 264 | 264 | 8.77E-02 | 1.15E-07  |
| 265 | 265 | 8.80E-02 | 1.10E-07  |
| 266 | 266 | 8.83E-02 | 1.00E-07  |
| 267 | 267 | 8.87E-02 | 8.64E-08  |
| 268 | 268 | 8.90E-02 | 6.72E-08  |
| 269 | 269 | 8.93E-02 | 4.74E-08  |
| 270 | 270 | 8.97E-02 | 2.32E-08  |
| 271 | 271 | 9.00E-02 | 2.55E-10  |
| 272 | 272 | 9.03E-02 | -2.42E-08 |
| 273 | 273 | 9.07E-02 | -4.68E-08 |
| 274 | 274 | 9.10E-02 | -6.73E-08 |
| 275 | 275 | 9.13E-02 | -8.59E-08 |
| 276 | 276 | 9.17E-02 | -9.96E-08 |
| 277 | 277 | 9.20E-02 | -1.10E-07 |
| 278 | 278 | 9.23E-02 | -1.15E-07 |
| 279 | 279 | 9.27E-02 | -1.14E-07 |
| 280 | 280 | 9.30E-02 | -1.10E-07 |
| 281 | 281 | 9.33E-02 | -9.89E-08 |
| 282 | 282 | 9.37E-02 | -8.60E-08 |
| 283 | 283 | 9.40E-02 | -6.75E-08 |
| 284 | 284 | 9.43E-02 | -4.71E-08 |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | -2.43E-08 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 286 | 286 | 9.50E-02 | 3.72E-11  |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | 2.37E-08  |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | 4.75E-08  |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | 6.78E-08  |
| 290 | 290 | 9.63E-02 | 8.61E-08  |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | 1.00E-07  |
| 292 | 292 | 9.70E-02 | 1.09E-07  |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | 1.15E-07  |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | 1.14E-07  |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | 1.10E-07  |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | 1.00E-07  |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | 8.57E-08  |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | 6.85E-08  |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | 4.61E-08  |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | 2.45E-08  |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -7.47E-10 |

|    |    |          |           |
|----|----|----------|-----------|
| 22 | 22 | 7.00E-03 | 8.19E-08  |
| 23 | 23 | 7.33E-03 | 5.92E-08  |
| 24 | 24 | 7.67E-03 | 2.91E-08  |
| 25 | 25 | 8.00E-03 | 3.74E-10  |
| 26 | 26 | 8.33E-03 | -3.14E-08 |
| 27 | 27 | 8.67E-03 | -5.86E-08 |
| 28 | 28 | 9.00E-03 | -8.05E-08 |
| 29 | 29 | 9.33E-03 | -1.00E-07 |
| 30 | 30 | 9.67E-03 | -1.10E-07 |
| 31 | 31 | 1.00E-02 | -1.16E-07 |
| 32 | 32 | 1.03E-02 | -1.12E-07 |
| 33 | 33 | 1.07E-02 | -1.00E-07 |
| 34 | 34 | 1.10E-02 | -8.31E-08 |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | -5.71E-08 |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | -2.98E-08 |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | 9.39E-10  |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | 3.07E-08  |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | 5.71E-08  |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | 8.25E-08  |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | 9.82E-08  |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | 1.11E-07  |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | 1.15E-07  |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | 1.13E-07  |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | 1.01E-07  |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | 8.22E-08  |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | 5.79E-08  |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | 2.85E-08  |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | -5.84E-10 |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | -3.00E-08 |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | -5.81E-08 |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | -7.98E-08 |
| 53 | 53 | 1.73E-02 | -1.01E-07 |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | -1.10E-07 |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | -1.17E-07 |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | -1.12E-07 |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | -1.01E-07 |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | -8.26E-08 |
| 59 | 59 | 1.93E-02 | -5.69E-08 |
| 60 | 60 | 1.97E-02 | -2.95E-08 |
| 61 | 61 | 2.00E-02 | 1.28E-09  |
| 62 | 62 | 2.03E-02 | 3.01E-08  |
| 63 | 63 | 2.07E-02 | 5.70E-08  |
| 64 | 64 | 2.10E-02 | 8.14E-08  |

### Frekuensi 125 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -3.01E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -5.88E-08 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -8.18E-08 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -1.01E-07 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -1.10E-07 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | -1.14E-07 |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | -1.12E-07 |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | -9.93E-08 |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | -8.43E-08 |
| 11    | 11   | 3.33E-03         | -5.79E-08 |
| 12    | 12   | 3.67E-03         | -3.12E-08 |
| 13    | 13   | 4.00E-03         | 1.00E-09  |
| 14    | 14   | 4.33E-03         | 3.08E-08  |
| 15    | 15   | 4.67E-03         | 5.78E-08  |
| 16    | 16   | 5.00E-03         | 8.23E-08  |
| 17    | 17   | 5.33E-03         | 9.93E-08  |
| 18    | 18   | 5.67E-03         | 1.11E-07  |
| 19    | 19   | 6.00E-03         | 1.15E-07  |
| 20    | 20   | 6.33E-03         | 1.11E-07  |
| 21    | 21   | 6.67E-03         | 1.02E-07  |



|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 65  | 65  | 2.13E-02 | 9.92E-08  | 108 | 108 | 3.57E-02 | -3.02E-08 |
| 66  | 66  | 2.17E-02 | 1.13E-07  | 109 | 109 | 3.60E-02 | 7.17E-11  |
| 67  | 67  | 2.20E-02 | 1.16E-07  | 110 | 110 | 3.63E-02 | 2.91E-08  |
| 68  | 68  | 2.23E-02 | 1.13E-07  | 111 | 111 | 3.67E-02 | 5.75E-08  |
| 69  | 69  | 2.27E-02 | 1.00E-07  | 112 | 112 | 3.70E-02 | 8.21E-08  |
| 70  | 70  | 2.30E-02 | 8.09E-08  | 113 | 113 | 3.73E-02 | 9.97E-08  |
| 71  | 71  | 2.33E-02 | 5.83E-08  | 114 | 114 | 3.77E-02 | 1.13E-07  |
| 72  | 72  | 2.37E-02 | 2.77E-08  | 115 | 115 | 3.80E-02 | 1.14E-07  |
| 73  | 73  | 2.40E-02 | 7.95E-10  | 116 | 116 | 3.83E-02 | 1.12E-07  |
| 74  | 74  | 2.43E-02 | -3.01E-08 | 117 | 117 | 3.87E-02 | 9.87E-08  |
| 75  | 75  | 2.47E-02 | -5.72E-08 | 118 | 118 | 3.90E-02 | 8.09E-08  |
| 76  | 76  | 2.50E-02 | -8.07E-08 | 119 | 119 | 3.93E-02 | 5.77E-08  |
| 77  | 77  | 2.53E-02 | -1.00E-07 | 120 | 120 | 3.97E-02 | 2.99E-08  |
| 78  | 78  | 2.57E-02 | -1.11E-07 | 121 | 121 | 4.00E-02 | 7.84E-10  |
| 79  | 79  | 2.60E-02 | -1.16E-07 | 122 | 122 | 4.03E-02 | -2.96E-08 |
| 80  | 80  | 2.63E-02 | -1.13E-07 | 123 | 123 | 4.07E-02 | -5.76E-08 |
| 81  | 81  | 2.67E-02 | -9.99E-08 | 124 | 124 | 4.10E-02 | -8.21E-08 |
| 82  | 82  | 2.70E-02 | -8.18E-08 | 125 | 125 | 4.13E-02 | -1.01E-07 |
| 83  | 83  | 2.73E-02 | -5.60E-08 | 126 | 126 | 4.17E-02 | -1.11E-07 |
| 84  | 84  | 2.77E-02 | -3.05E-08 | 127 | 127 | 4.20E-02 | -1.16E-07 |
| 85  | 85  | 2.80E-02 | 5.73E-10  | 128 | 128 | 4.23E-02 | -1.10E-07 |
| 86  | 86  | 2.83E-02 | 2.84E-08  | 129 | 129 | 4.27E-02 | -1.00E-07 |
| 87  | 87  | 2.87E-02 | 5.75E-08  | 130 | 130 | 4.30E-02 | -8.12E-08 |
| 88  | 88  | 2.90E-02 | 8.10E-08  | 131 | 131 | 4.33E-02 | -5.75E-08 |
| 89  | 89  | 2.93E-02 | 1.00E-07  | 132 | 132 | 4.37E-02 | -3.11E-08 |
| 90  | 90  | 2.97E-02 | 1.13E-07  | 133 | 133 | 4.40E-02 | 2.44E-10  |
| 91  | 91  | 3.00E-02 | 1.15E-07  | 134 | 134 | 4.43E-02 | 2.85E-08  |
| 92  | 92  | 3.03E-02 | 1.12E-07  | 135 | 135 | 4.47E-02 | 5.89E-08  |
| 93  | 93  | 3.07E-02 | 1.00E-07  | 136 | 136 | 4.50E-02 | 8.22E-08  |
| 94  | 94  | 3.10E-02 | 8.07E-08  | 137 | 137 | 4.53E-02 | 1.01E-07  |
| 95  | 95  | 3.13E-02 | 5.80E-08  | 138 | 138 | 4.57E-02 | 1.12E-07  |
| 96  | 96  | 3.17E-02 | 2.85E-08  | 139 | 139 | 4.60E-02 | 1.15E-07  |
| 97  | 97  | 3.20E-02 | 1.07E-09  | 140 | 140 | 4.63E-02 | 1.11E-07  |
| 98  | 98  | 3.23E-02 | -2.92E-08 | 141 | 141 | 4.67E-02 | 9.97E-08  |
| 99  | 99  | 3.27E-02 | -5.71E-08 | 142 | 142 | 4.70E-02 | 8.14E-08  |
| 100 | 100 | 3.30E-02 | -8.13E-08 | 143 | 143 | 4.73E-02 | 5.86E-08  |
| 101 | 101 | 3.33E-02 | -1.01E-07 | 144 | 144 | 4.77E-02 | 2.97E-08  |
| 102 | 102 | 3.37E-02 | -1.12E-07 | 145 | 145 | 4.80E-02 | 1.17E-09  |
| 103 | 103 | 3.40E-02 | -1.17E-07 | 146 | 146 | 4.83E-02 | -3.09E-08 |
| 104 | 104 | 3.43E-02 | -1.11E-07 | 147 | 147 | 4.87E-02 | -5.71E-08 |
| 105 | 105 | 3.47E-02 | -1.00E-07 | 148 | 148 | 4.90E-02 | -8.30E-08 |
| 106 | 106 | 3.50E-02 | -8.08E-08 | 149 | 149 | 4.93E-02 | -1.00E-07 |
| 107 | 107 | 3.53E-02 | -5.71E-08 | 150 | 150 | 4.97E-02 | -1.11E-07 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 151 | 151 | 5.00E-02 | -1.15E-07 | 194 | 194 | 6.43E-02 | -3.12E-08 |
| 152 | 152 | 5.03E-02 | -1.10E-07 | 195 | 195 | 6.47E-02 | -5.72E-08 |
| 153 | 153 | 5.07E-02 | -1.00E-07 | 196 | 196 | 6.50E-02 | -8.22E-08 |
| 154 | 154 | 5.10E-02 | -8.18E-08 | 197 | 197 | 6.53E-02 | -9.93E-08 |
| 155 | 155 | 5.13E-02 | -5.81E-08 | 198 | 198 | 6.57E-02 | -1.11E-07 |
| 156 | 156 | 5.17E-02 | -3.11E-08 | 199 | 199 | 6.60E-02 | -1.16E-07 |
| 157 | 157 | 5.20E-02 | 6.95E-10  | 200 | 200 | 6.63E-02 | -1.11E-07 |
| 158 | 158 | 5.23E-02 | 2.90E-08  | 201 | 201 | 6.67E-02 | -1.01E-07 |
| 159 | 159 | 5.27E-02 | 5.89E-08  | 202 | 202 | 6.70E-02 | -8.18E-08 |
| 160 | 160 | 5.30E-02 | 8.18E-08  | 203 | 203 | 6.73E-02 | -5.80E-08 |
| 161 | 161 | 5.33E-02 | 9.99E-08  | 204 | 204 | 6.77E-02 | -3.00E-08 |
| 162 | 162 | 5.37E-02 | 1.12E-07  | 205 | 205 | 6.80E-02 | 1.17E-09  |
| 163 | 163 | 5.40E-02 | 1.14E-07  | 206 | 206 | 6.83E-02 | 2.96E-08  |
| 164 | 164 | 5.43E-02 | 1.12E-07  | 207 | 207 | 6.87E-02 | 5.86E-08  |
| 165 | 165 | 5.47E-02 | 9.94E-08  | 208 | 208 | 6.90E-02 | 8.06E-08  |
| 166 | 166 | 5.50E-02 | 8.26E-08  | 209 | 209 | 6.93E-02 | 1.00E-07  |
| 167 | 167 | 5.53E-02 | 5.80E-08  | 210 | 210 | 6.97E-02 | 1.11E-07  |
| 168 | 168 | 5.57E-02 | 3.05E-08  | 211 | 211 | 7.00E-02 | 1.16E-07  |
| 169 | 169 | 5.60E-02 | 4.11E-10  | 212 | 212 | 7.03E-02 | 1.12E-07  |
| 170 | 170 | 5.63E-02 | -3.08E-08 | 213 | 213 | 7.07E-02 | 1.00E-07  |
| 171 | 171 | 5.67E-02 | -5.77E-08 | 214 | 214 | 7.10E-02 | 8.25E-08  |
| 172 | 172 | 5.70E-02 | -8.22E-08 | 215 | 215 | 7.13E-02 | 5.74E-08  |
| 173 | 173 | 5.73E-02 | -1.00E-07 | 216 | 216 | 7.17E-02 | 2.93E-08  |
| 174 | 174 | 5.77E-02 | -1.10E-07 | 217 | 217 | 7.20E-02 | 2.72E-10  |
| 175 | 175 | 5.80E-02 | -1.16E-07 | 218 | 218 | 7.23E-02 | -3.10E-08 |
| 176 | 176 | 5.83E-02 | -1.10E-07 | 219 | 219 | 7.27E-02 | -5.68E-08 |
| 177 | 177 | 5.87E-02 | -1.01E-07 | 220 | 220 | 7.30E-02 | -8.21E-08 |
| 178 | 178 | 5.90E-02 | -8.13E-08 | 221 | 221 | 7.33E-02 | -9.91E-08 |
| 179 | 179 | 5.93E-02 | -5.86E-08 | 222 | 222 | 7.37E-02 | -1.12E-07 |
| 180 | 180 | 5.97E-02 | -3.00E-08 | 223 | 223 | 7.40E-02 | -1.16E-07 |
| 181 | 181 | 6.00E-02 | 5.72E-10  | 224 | 224 | 7.43E-02 | -1.12E-07 |
| 182 | 182 | 6.03E-02 | 3.00E-08  | 225 | 225 | 7.47E-02 | -1.01E-07 |
| 183 | 183 | 6.07E-02 | 5.84E-08  | 226 | 226 | 7.50E-02 | -8.12E-08 |
| 184 | 184 | 6.10E-02 | 8.19E-08  | 227 | 227 | 7.53E-02 | -5.79E-08 |
| 185 | 185 | 6.13E-02 | 9.97E-08  | 228 | 228 | 7.57E-02 | -2.92E-08 |
| 186 | 186 | 6.17E-02 | 1.11E-07  | 229 | 229 | 7.60E-02 | 2.01E-10  |
| 187 | 187 | 6.20E-02 | 1.15E-07  | 230 | 230 | 7.63E-02 | 2.97E-08  |
| 188 | 188 | 6.23E-02 | 1.12E-07  | 231 | 231 | 7.67E-02 | 5.79E-08  |
| 189 | 189 | 6.27E-02 | 9.95E-08  | 232 | 232 | 7.70E-02 | 8.07E-08  |
| 190 | 190 | 6.30E-02 | 8.30E-08  | 233 | 233 | 7.73E-02 | 1.00E-07  |
| 191 | 191 | 6.33E-02 | 5.73E-08  | 234 | 234 | 7.77E-02 | 1.11E-07  |
| 192 | 192 | 6.37E-02 | 2.97E-08  | 235 | 235 | 7.80E-02 | 1.15E-07  |
| 193 | 193 | 6.40E-02 | -3.19E-12 | 236 | 236 | 7.83E-02 | 1.13E-07  |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 237 | 237 | 7.87E-02 | 9.92E-08  |
| 238 | 238 | 7.90E-02 | 8.26E-08  |
| 239 | 239 | 7.93E-02 | 5.66E-08  |
| 240 | 240 | 7.97E-02 | 2.99E-08  |
| 241 | 241 | 8.00E-02 | -3.03E-10 |
| 242 | 242 | 8.03E-02 | -2.97E-08 |
| 243 | 243 | 8.07E-02 | -5.71E-08 |
| 244 | 244 | 8.10E-02 | -8.16E-08 |
| 245 | 245 | 8.13E-02 | -9.97E-08 |
| 246 | 246 | 8.17E-02 | -1.12E-07 |
| 247 | 247 | 8.20E-02 | -1.16E-07 |
| 248 | 248 | 8.23E-02 | -1.11E-07 |
| 249 | 249 | 8.27E-02 | -1.01E-07 |
| 250 | 250 | 8.30E-02 | -8.06E-08 |
| 251 | 251 | 8.33E-02 | -5.82E-08 |
| 252 | 252 | 8.37E-02 | -2.90E-08 |
| 253 | 253 | 8.40E-02 | -4.50E-10 |
| 254 | 254 | 8.43E-02 | 2.97E-08  |
| 255 | 255 | 8.47E-02 | 5.78E-08  |
| 256 | 256 | 8.50E-02 | 8.07E-08  |
| 257 | 257 | 8.53E-02 | 1.01E-07  |
| 258 | 258 | 8.57E-02 | 1.11E-07  |
| 259 | 259 | 8.60E-02 | 1.16E-07  |
| 260 | 260 | 8.63E-02 | 1.12E-07  |
| 261 | 261 | 8.67E-02 | 9.93E-08  |
| 262 | 262 | 8.70E-02 | 8.18E-08  |
| 263 | 263 | 8.73E-02 | 5.70E-08  |
| 264 | 264 | 8.77E-02 | 3.00E-08  |
| 265 | 265 | 8.80E-02 | 1.19E-10  |
| 266 | 266 | 8.83E-02 | -2.98E-08 |
| 267 | 267 | 8.87E-02 | -5.70E-08 |
| 268 | 268 | 8.90E-02 | -8.25E-08 |
| 269 | 269 | 8.93E-02 | -9.94E-08 |
| 270 | 270 | 8.97E-02 | -1.13E-07 |
| 271 | 271 | 9.00E-02 | -1.15E-07 |
| 272 | 272 | 9.03E-02 | -1.12E-07 |
| 273 | 273 | 9.07E-02 | -9.98E-08 |
| 274 | 274 | 9.10E-02 | -8.10E-08 |
| 275 | 275 | 9.13E-02 | -5.80E-08 |
| 276 | 276 | 9.17E-02 | -2.95E-08 |
| 277 | 277 | 9.20E-02 | -4.33E-10 |
| 278 | 278 | 9.23E-02 | 2.92E-08  |
| 279 | 279 | 9.27E-02 | 5.84E-08  |

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 280 | 280 | 9.30E-02 | 8.08E-08  |
| 281 | 281 | 9.33E-02 | 1.01E-07  |
| 282 | 282 | 9.37E-02 | 1.11E-07  |
| 283 | 283 | 9.40E-02 | 1.16E-07  |
| 284 | 284 | 9.43E-02 | 1.11E-07  |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | 9.97E-08  |
| 286 | 286 | 9.50E-02 | 8.17E-08  |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | 5.74E-08  |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | 3.05E-08  |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | -6.40E-11 |
| 290 | 290 | 9.63E-02 | -2.95E-08 |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | -5.75E-08 |
| 292 | 292 | 9.70E-02 | -8.23E-08 |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | -9.98E-08 |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | -1.12E-07 |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | -1.15E-07 |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | -1.11E-07 |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | -1.00E-07 |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | -8.09E-08 |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | -5.88E-08 |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | -2.92E-08 |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -9.36E-10 |

### Frekuensi 150 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -3.60E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -6.92E-08 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -9.36E-08 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -1.11E-07 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -1.14E-07 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | -1.08E-07 |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | -9.37E-08 |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | -6.71E-08 |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | -3.89E-08 |
| 11    | 11   | 3.33E-03         | -2.10E-10 |
| 12    | 12   | 3.67E-03         | 3.41E-08  |
| 13    | 13   | 4.00E-03         | 6.92E-08  |
| 14    | 14   | 4.33E-03         | 9.46E-08  |
| 15    | 15   | 4.67E-03         | 1.10E-07  |

|    |    |          |           |     |     |          |           |
|----|----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 16 | 16 | 5.00E-03 | 1.16E-07  | 59  | 59  | 1.93E-02 | 6.90E-08  |
| 17 | 17 | 5.33E-03 | 1.09E-07  | 60  | 60  | 1.97E-02 | 3.62E-08  |
| 18 | 18 | 5.67E-03 | 9.24E-08  | 61  | 61  | 2.00E-02 | 1.54E-09  |
| 19 | 19 | 6.00E-03 | 6.77E-08  | 62  | 62  | 2.03E-02 | -3.55E-08 |
| 20 | 20 | 6.33E-03 | 3.49E-08  | 63  | 63  | 2.07E-02 | -6.89E-08 |
| 21 | 21 | 6.67E-03 | 1.79E-09  | 64  | 64  | 2.10E-02 | -9.39E-08 |
| 22 | 22 | 7.00E-03 | -3.55E-08 | 65  | 65  | 2.13E-02 | -1.11E-07 |
| 23 | 23 | 7.33E-03 | -6.62E-08 | 66  | 66  | 2.17E-02 | -1.14E-07 |
| 24 | 24 | 7.67E-03 | -9.45E-08 | 67  | 67  | 2.20E-02 | -1.10E-07 |
| 25 | 25 | 8.00E-03 | -1.10E-07 | 68  | 68  | 2.23E-02 | -9.20E-08 |
| 26 | 26 | 8.33E-03 | -1.17E-07 | 69  | 69  | 2.27E-02 | -6.76E-08 |
| 27 | 27 | 8.67E-03 | -1.11E-07 | 70  | 70  | 2.30E-02 | -3.66E-08 |
| 28 | 28 | 9.00E-03 | -9.22E-08 | 71  | 71  | 2.33E-02 | 6.69E-10  |
| 29 | 29 | 9.33E-03 | -6.79E-08 | 72  | 72  | 2.37E-02 | 3.31E-08  |
| 30 | 30 | 9.67E-03 | -3.34E-08 | 73  | 73  | 2.40E-02 | 6.89E-08  |
| 31 | 31 | 1.00E-02 | -2.47E-11 | 74  | 74  | 2.43E-02 | 9.33E-08  |
| 32 | 32 | 1.03E-02 | 3.48E-08  | 75  | 75  | 2.47E-02 | 1.11E-07  |
| 33 | 33 | 1.07E-02 | 6.79E-08  | 76  | 76  | 2.50E-02 | 1.17E-07  |
| 34 | 34 | 1.10E-02 | 9.18E-08  | 77  | 77  | 2.53E-02 | 1.10E-07  |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | 1.11E-07  | 78  | 78  | 2.57E-02 | 9.36E-08  |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | 1.16E-07  | 79  | 79  | 2.60E-02 | 6.70E-08  |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | 1.11E-07  | 80  | 80  | 2.63E-02 | 3.45E-08  |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | 9.45E-08  | 81  | 81  | 2.67E-02 | 1.08E-10  |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | 6.72E-08  | 82  | 82  | 2.70E-02 | -3.59E-08 |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | 3.67E-08  | 83  | 83  | 2.73E-02 | -6.58E-08 |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | -2.18E-09 | 84  | 84  | 2.77E-02 | -9.43E-08 |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | -3.59E-08 | 85  | 85  | 2.80E-02 | -1.09E-07 |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | -6.91E-08 | 86  | 86  | 2.83E-02 | -1.17E-07 |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | -9.22E-08 | 87  | 87  | 2.87E-02 | -1.10E-07 |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | -1.09E-07 | 88  | 88  | 2.90E-02 | -9.43E-08 |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | -1.15E-07 | 89  | 89  | 2.93E-02 | -6.80E-08 |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | -1.10E-07 | 90  | 90  | 2.97E-02 | -3.44E-08 |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | -9.53E-08 | 91  | 91  | 3.00E-02 | -2.42E-10 |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | -6.87E-08 | 92  | 92  | 3.03E-02 | 3.68E-08  |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | -3.59E-08 | 93  | 93  | 3.07E-02 | 6.79E-08  |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | -4.44E-10 | 94  | 94  | 3.10E-02 | 9.23E-08  |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | 3.80E-08  | 95  | 95  | 3.13E-02 | 1.10E-07  |
| 53 | 53 | 1.73E-02 | 6.71E-08  | 96  | 96  | 3.17E-02 | 1.14E-07  |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | 9.49E-08  | 97  | 97  | 3.20E-02 | 1.11E-07  |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | 1.09E-07  | 98  | 98  | 3.23E-02 | 9.43E-08  |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | 1.15E-07  | 99  | 99  | 3.27E-02 | 6.88E-08  |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | 1.09E-07  | 100 | 100 | 3.30E-02 | 3.62E-08  |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | 9.24E-08  | 101 | 101 | 3.33E-02 | -1.31E-09 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 102 | 102 | 3.37E-02 | -3.56E-08 |
| 103 | 103 | 3.40E-02 | -6.95E-08 |
| 104 | 104 | 3.43E-02 | -9.24E-08 |
| 105 | 105 | 3.47E-02 | -1.10E-07 |
| 106 | 106 | 3.50E-02 | -1.15E-07 |
| 107 | 107 | 3.53E-02 | -1.09E-07 |
| 108 | 108 | 3.57E-02 | -9.39E-08 |
| 109 | 109 | 3.60E-02 | -6.79E-08 |
| 110 | 110 | 3.63E-02 | -3.67E-08 |
| 111 | 111 | 3.67E-02 | -3.01E-10 |
| 112 | 112 | 3.70E-02 | 3.62E-08  |
| 113 | 113 | 3.73E-02 | 6.76E-08  |
| 114 | 114 | 3.77E-02 | 9.58E-08  |
| 115 | 115 | 3.80E-02 | 1.09E-07  |
| 116 | 116 | 3.83E-02 | 1.16E-07  |
| 117 | 117 | 3.87E-02 | 1.08E-07  |
| 118 | 118 | 3.90E-02 | 9.26E-08  |
| 119 | 119 | 3.93E-02 | 6.79E-08  |
| 120 | 120 | 3.97E-02 | 3.58E-08  |
| 121 | 121 | 4.00E-02 | 9.44E-10  |
| 122 | 122 | 4.03E-02 | -3.54E-08 |
| 123 | 123 | 4.07E-02 | -6.77E-08 |
| 124 | 124 | 4.10E-02 | -9.40E-08 |
| 125 | 125 | 4.13E-02 | -1.11E-07 |
| 126 | 126 | 4.17E-02 | -1.15E-07 |
| 127 | 127 | 4.20E-02 | -1.11E-07 |
| 128 | 128 | 4.23E-02 | -9.21E-08 |
| 129 | 129 | 4.27E-02 | -6.80E-08 |
| 130 | 130 | 4.30E-02 | -3.51E-08 |
| 131 | 131 | 4.33E-02 | 2.95E-10  |
| 132 | 132 | 4.37E-02 | 3.43E-08  |
| 133 | 133 | 4.40E-02 | 6.83E-08  |
| 134 | 134 | 4.43E-02 | 9.19E-08  |
| 135 | 135 | 4.47E-02 | 1.11E-07  |
| 136 | 136 | 4.50E-02 | 1.16E-07  |
| 137 | 137 | 4.53E-02 | 1.11E-07  |
| 138 | 138 | 4.57E-02 | 9.45E-08  |
| 139 | 139 | 4.60E-02 | 6.70E-08  |
| 140 | 140 | 4.63E-02 | 3.55E-08  |
| 141 | 141 | 4.67E-02 | -3.41E-10 |
| 142 | 142 | 4.70E-02 | -3.61E-08 |
| 143 | 143 | 4.73E-02 | -6.69E-08 |
| 144 | 144 | 4.77E-02 | -9.37E-08 |
| 145 | 145 | 4.80E-02 | -1.09E-07 |
| 146 | 146 | 4.83E-02 | -1.17E-07 |
| 147 | 147 | 4.87E-02 | -1.09E-07 |
| 148 | 148 | 4.90E-02 | -9.51E-08 |
| 149 | 149 | 4.93E-02 | -6.83E-08 |
| 150 | 150 | 4.97E-02 | -3.56E-08 |
| 151 | 151 | 5.00E-02 | 1.23E-10  |
| 152 | 152 | 5.03E-02 | 3.70E-08  |
| 153 | 153 | 5.07E-02 | 6.78E-08  |
| 154 | 154 | 5.10E-02 | 9.33E-08  |
| 155 | 155 | 5.13E-02 | 1.10E-07  |
| 156 | 156 | 5.17E-02 | 1.14E-07  |
| 157 | 157 | 5.20E-02 | 1.11E-07  |
| 158 | 158 | 5.23E-02 | 9.25E-08  |
| 159 | 159 | 5.27E-02 | 6.94E-08  |
| 160 | 160 | 5.30E-02 | 3.59E-08  |
| 161 | 161 | 5.33E-02 | -1.79E-10 |
| 162 | 162 | 5.37E-02 | -3.55E-08 |
| 163 | 163 | 5.40E-02 | -6.92E-08 |
| 164 | 164 | 5.43E-02 | -9.34E-08 |
| 165 | 165 | 5.47E-02 | -1.11E-07 |
| 166 | 166 | 5.50E-02 | -1.15E-07 |
| 167 | 167 | 5.53E-02 | -1.10E-07 |
| 168 | 168 | 5.57E-02 | -9.28E-08 |
| 169 | 169 | 5.60E-02 | -6.75E-08 |
| 170 | 170 | 5.63E-02 | -3.69E-08 |
| 171 | 171 | 5.67E-02 | 9.47E-11  |
| 172 | 172 | 5.70E-02 | 3.51E-08  |
| 173 | 173 | 5.73E-02 | 6.80E-08  |
| 174 | 174 | 5.77E-02 | 9.49E-08  |
| 175 | 175 | 5.80E-02 | 1.09E-07  |
| 176 | 176 | 5.83E-02 | 1.17E-07  |
| 177 | 177 | 5.87E-02 | 1.08E-07  |
| 178 | 178 | 5.90E-02 | 9.39E-08  |
| 179 | 179 | 5.93E-02 | 6.70E-08  |
| 180 | 180 | 5.97E-02 | 3.56E-08  |
| 181 | 181 | 6.00E-02 | 6.88E-10  |
| 182 | 182 | 6.03E-02 | -3.57E-08 |
| 183 | 183 | 6.07E-02 | -6.72E-08 |
| 184 | 184 | 6.10E-02 | -9.33E-08 |
| 185 | 185 | 6.13E-02 | -1.10E-07 |
| 186 | 186 | 6.17E-02 | -1.16E-07 |
| 187 | 187 | 6.20E-02 | -1.11E-07 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 188 | 188 | 6.23E-02 | -9.28E-08 | 231 | 231 | 7.67E-02 | 1.20E-10  |
| 189 | 189 | 6.27E-02 | -6.86E-08 | 232 | 232 | 7.70E-02 | 3.45E-08  |
| 190 | 190 | 6.30E-02 | -3.41E-08 | 233 | 233 | 7.73E-02 | 6.84E-08  |
| 191 | 191 | 6.33E-02 | -5.15E-10 | 234 | 234 | 7.77E-02 | 9.32E-08  |
| 192 | 192 | 6.37E-02 | 3.55E-08  | 235 | 235 | 7.80E-02 | 1.10E-07  |
| 193 | 193 | 6.40E-02 | 6.80E-08  | 236 | 236 | 7.83E-02 | 1.17E-07  |
| 194 | 194 | 6.43E-02 | 9.20E-08  | 237 | 237 | 7.87E-02 | 1.09E-07  |
| 195 | 195 | 6.47E-02 | 1.11E-07  | 238 | 238 | 7.90E-02 | 9.47E-08  |
| 196 | 196 | 6.50E-02 | 1.15E-07  | 239 | 239 | 7.93E-02 | 6.66E-08  |
| 197 | 197 | 6.53E-02 | 1.11E-07  | 240 | 240 | 7.97E-02 | 3.57E-08  |
| 198 | 198 | 6.57E-02 | 9.40E-08  | 241 | 241 | 8.00E-02 | -3.65E-10 |
| 199 | 199 | 6.60E-02 | 6.78E-08  | 242 | 242 | 8.03E-02 | -3.55E-08 |
| 200 | 200 | 6.63E-02 | 3.62E-08  | 243 | 243 | 8.07E-02 | -6.71E-08 |
| 201 | 201 | 6.67E-02 | -1.10E-09 | 244 | 244 | 8.10E-02 | -9.35E-08 |
| 202 | 202 | 6.70E-02 | -3.59E-08 | 245 | 245 | 8.13E-02 | -1.10E-07 |
| 203 | 203 | 6.73E-02 | -6.82E-08 | 246 | 246 | 8.17E-02 | -1.16E-07 |
| 204 | 204 | 6.77E-02 | -9.36E-08 | 247 | 247 | 8.20E-02 | -1.11E-07 |
| 205 | 205 | 6.80E-02 | -1.09E-07 | 248 | 248 | 8.23E-02 | -9.32E-08 |
| 206 | 206 | 6.83E-02 | -1.16E-07 | 249 | 249 | 8.27E-02 | -6.88E-08 |
| 207 | 207 | 6.87E-02 | -1.09E-07 | 250 | 250 | 8.30E-02 | -3.45E-08 |
| 208 | 208 | 6.90E-02 | -9.49E-08 | 251 | 251 | 8.33E-02 | -5.44E-10 |
| 209 | 209 | 6.93E-02 | -6.75E-08 | 252 | 252 | 8.37E-02 | 3.68E-08  |
| 210 | 210 | 6.97E-02 | -3.67E-08 | 253 | 253 | 8.40E-02 | 6.74E-08  |
| 211 | 211 | 7.00E-02 | 4.03E-10  | 254 | 254 | 8.43E-02 | 9.33E-08  |
| 212 | 212 | 7.03E-02 | 3.65E-08  | 255 | 255 | 8.47E-02 | 1.10E-07  |
| 213 | 213 | 7.07E-02 | 6.79E-08  | 256 | 256 | 8.50E-02 | 1.14E-07  |
| 214 | 214 | 7.10E-02 | 9.45E-08  | 257 | 257 | 8.53E-02 | 1.11E-07  |
| 215 | 215 | 7.13E-02 | 1.10E-07  | 258 | 258 | 8.57E-02 | 9.34E-08  |
| 216 | 216 | 7.17E-02 | 1.15E-07  | 259 | 259 | 8.60E-02 | 6.84E-08  |
| 217 | 217 | 7.20E-02 | 1.10E-07  | 260 | 260 | 8.63E-02 | 3.63E-08  |
| 218 | 218 | 7.23E-02 | 9.22E-08  | 261 | 261 | 8.67E-02 | -8.44E-10 |
| 219 | 219 | 7.27E-02 | 6.91E-08  | 262 | 262 | 8.70E-02 | -3.55E-08 |
| 220 | 220 | 7.30E-02 | 3.52E-08  | 263 | 263 | 8.73E-02 | -6.88E-08 |
| 221 | 221 | 7.33E-02 | 1.11E-09  | 264 | 264 | 8.77E-02 | -9.34E-08 |
| 222 | 222 | 7.37E-02 | -3.59E-08 | 265 | 265 | 8.80E-02 | -1.10E-07 |
| 223 | 223 | 7.40E-02 | -6.84E-08 | 266 | 266 | 8.83E-02 | -1.16E-07 |
| 224 | 224 | 7.43E-02 | -9.36E-08 | 267 | 267 | 8.87E-02 | -1.09E-07 |
| 225 | 225 | 7.47E-02 | -1.11E-07 | 268 | 268 | 8.90E-02 | -9.45E-08 |
| 226 | 226 | 7.50E-02 | -1.15E-07 | 269 | 269 | 8.93E-02 | -6.72E-08 |
| 227 | 227 | 7.53E-02 | -1.10E-07 | 270 | 270 | 8.97E-02 | -3.70E-08 |
| 228 | 228 | 7.57E-02 | -9.27E-08 | 271 | 271 | 9.00E-02 | 3.86E-10  |
| 229 | 229 | 7.60E-02 | -6.77E-08 | 272 | 272 | 9.03E-02 | 3.54E-08  |
| 230 | 230 | 7.63E-02 | -3.59E-08 | 273 | 273 | 9.07E-02 | 6.82E-08  |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 274 | 274 | 9.10E-02 | 9.43E-08  |
| 275 | 275 | 9.13E-02 | 1.10E-07  |
| 276 | 276 | 9.17E-02 | 1.16E-07  |
| 277 | 277 | 9.20E-02 | 1.09E-07  |
| 278 | 278 | 9.23E-02 | 9.27E-08  |
| 279 | 279 | 9.27E-02 | 6.87E-08  |
| 280 | 280 | 9.30E-02 | 3.47E-08  |
| 281 | 281 | 9.33E-02 | 1.52E-09  |
| 282 | 282 | 9.37E-02 | -3.61E-08 |
| 283 | 283 | 9.40E-02 | -6.74E-08 |
| 284 | 284 | 9.43E-02 | -9.38E-08 |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | -1.10E-07 |
| 286 | 286 | 9.50E-02 | -1.16E-07 |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | -1.10E-07 |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | -9.28E-08 |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | -6.80E-08 |
| 290 | 290 | 9.63E-02 | -3.53E-08 |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | 3.46E-10  |
| 292 | 292 | 9.70E-02 | 3.49E-08  |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | 6.82E-08  |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | 9.25E-08  |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | 1.10E-07  |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | 1.16E-07  |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | 1.10E-07  |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | 9.45E-08  |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | 6.67E-08  |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | 3.65E-08  |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -1.13E-09 |

|    |    |          |           |
|----|----|----------|-----------|
| 10 | 10 | 3.00E-03 | 1.44E-08  |
| 11 | 11 | 3.33E-03 | 5.76E-08  |
| 12 | 12 | 3.67E-03 | 8.81E-08  |
| 13 | 13 | 4.00E-03 | 1.11E-07  |
| 14 | 14 | 4.33E-03 | 1.17E-07  |
| 15 | 15 | 4.67E-03 | 1.06E-07  |
| 16 | 16 | 5.00E-03 | 8.27E-08  |
| 17 | 17 | 5.33E-03 | 4.61E-08  |
| 18 | 18 | 5.67E-03 | 4.75E-09  |
| 19 | 19 | 6.00E-03 | -3.61E-08 |
| 20 | 20 | 6.33E-03 | -7.38E-08 |
| 21 | 21 | 6.67E-03 | -9.82E-08 |
| 22 | 22 | 7.00E-03 | -1.14E-07 |
| 23 | 23 | 7.33E-03 | -1.11E-07 |
| 24 | 24 | 7.67E-03 | -9.83E-08 |
| 25 | 25 | 8.00E-03 | -6.75E-08 |
| 26 | 26 | 8.33E-03 | -3.21E-08 |
| 27 | 27 | 8.67E-03 | 1.09E-08  |
| 28 | 28 | 9.00E-03 | 5.42E-08  |
| 29 | 29 | 9.33E-03 | 8.61E-08  |
| 30 | 30 | 9.67E-03 | 1.11E-07  |
| 31 | 31 | 1.00E-02 | 1.16E-07  |
| 32 | 32 | 1.03E-02 | 1.07E-07  |
| 33 | 33 | 1.07E-02 | 8.59E-08  |
| 34 | 34 | 1.10E-02 | 5.05E-08  |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | 1.30E-08  |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | -2.99E-08 |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | -6.67E-08 |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | -9.60E-08 |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | -1.14E-07 |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | -1.13E-07 |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | -1.03E-07 |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | -7.31E-08 |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | -3.71E-08 |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | 7.57E-09  |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | 4.83E-08  |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | 8.26E-08  |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | 1.06E-07  |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | 1.14E-07  |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | 1.09E-07  |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | 8.98E-08  |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | 5.74E-08  |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | 2.07E-08  |

### Frekuensi 175 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -4.18E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -7.89E-08 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -1.03E-07 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -1.16E-07 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -1.10E-07 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | -9.19E-08 |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | -6.32E-08 |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | -2.31E-08 |

|    |    |          |           |     |     |          |           |
|----|----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 53 | 53 | 1.73E-02 | -2.51E-08 | 96  | 96  | 3.17E-02 | 2.80E-08  |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | -6.14E-08 | 97  | 97  | 3.20E-02 | 6.95E-08  |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | -9.52E-08 | 98  | 98  | 3.23E-02 | 9.80E-08  |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | -1.12E-07 | 99  | 99  | 3.27E-02 | 1.14E-07  |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | -1.16E-07 | 100 | 100 | 3.30E-02 | 1.15E-07  |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | -1.04E-07 | 101 | 101 | 3.33E-02 | 9.87E-08  |
| 59 | 59 | 1.93E-02 | -7.62E-08 | 102 | 102 | 3.37E-02 | 7.30E-08  |
| 60 | 60 | 1.97E-02 | -4.10E-08 | 103 | 103 | 3.40E-02 | 3.40E-08  |
| 61 | 61 | 2.00E-02 | 1.80E-09  | 104 | 104 | 3.43E-02 | -4.76E-09 |
| 62 | 62 | 2.03E-02 | 4.18E-08  | 105 | 105 | 3.47E-02 | -4.70E-08 |
| 63 | 63 | 2.07E-02 | 7.64E-08  | 106 | 106 | 3.50E-02 | -8.06E-08 |
| 64 | 64 | 2.10E-02 | 1.03E-07  | 107 | 107 | 3.53E-02 | -1.05E-07 |
| 65 | 65 | 2.13E-02 | 1.14E-07  | 108 | 108 | 3.57E-02 | -1.16E-07 |
| 66 | 66 | 2.17E-02 | 1.13E-07  | 109 | 109 | 3.60E-02 | -1.10E-07 |
| 67 | 67 | 2.20E-02 | 9.41E-08  | 110 | 110 | 3.63E-02 | -9.11E-08 |
| 68 | 68 | 2.23E-02 | 6.48E-08  | 111 | 111 | 3.67E-02 | -5.82E-08 |
| 69 | 69 | 2.27E-02 | 2.45E-08  | 112 | 112 | 3.70E-02 | -1.76E-08 |
| 70 | 70 | 2.30E-02 | -1.92E-08 | 113 | 113 | 3.73E-02 | 2.37E-08  |
| 71 | 71 | 2.33E-02 | -5.71E-08 | 114 | 114 | 3.77E-02 | 6.57E-08  |
| 72 | 72 | 2.37E-02 | -9.30E-08 | 115 | 115 | 3.80E-02 | 9.20E-08  |
| 73 | 73 | 2.40E-02 | -1.09E-07 | 116 | 116 | 3.83E-02 | 1.13E-07  |
| 74 | 74 | 2.43E-02 | -1.16E-07 | 117 | 117 | 3.87E-02 | 1.13E-07  |
| 75 | 75 | 2.47E-02 | -1.05E-07 | 118 | 118 | 3.90E-02 | 1.02E-07  |
| 76 | 76 | 2.50E-02 | -8.05E-08 | 119 | 119 | 3.93E-02 | 7.74E-08  |
| 77 | 77 | 2.53E-02 | -4.73E-08 | 120 | 120 | 3.97E-02 | 4.15E-08  |
| 78 | 78 | 2.57E-02 | -5.94E-09 | 121 | 121 | 4.00E-02 | 1.11E-09  |
| 79 | 79 | 2.60E-02 | 3.46E-08  | 122 | 122 | 4.03E-02 | -4.11E-08 |
| 80 | 80 | 2.63E-02 | 7.14E-08  | 123 | 123 | 4.07E-02 | -7.72E-08 |
| 81 | 81 | 2.67E-02 | 1.00E-07  | 124 | 124 | 4.10E-02 | -1.04E-07 |
| 82 | 82 | 2.70E-02 | 1.14E-07  | 125 | 125 | 4.13E-02 | -1.16E-07 |
| 83 | 83 | 2.73E-02 | 1.16E-07  | 126 | 126 | 4.17E-02 | -1.12E-07 |
| 84 | 84 | 2.77E-02 | 9.62E-08  | 127 | 127 | 4.20E-02 | -9.48E-08 |
| 85 | 85 | 2.80E-02 | 6.89E-08  | 128 | 128 | 4.23E-02 | -6.13E-08 |
| 86 | 86 | 2.83E-02 | 2.79E-08  | 129 | 129 | 4.27E-02 | -2.42E-08 |
| 87 | 87 | 2.87E-02 | -1.24E-08 | 130 | 130 | 4.30E-02 | 1.88E-08  |
| 88 | 88 | 2.90E-02 | -5.35E-08 | 131 | 131 | 4.33E-02 | 5.82E-08  |
| 89 | 89 | 2.93E-02 | -8.61E-08 | 132 | 132 | 4.37E-02 | 8.83E-08  |
| 90 | 90 | 2.97E-02 | -1.06E-07 | 133 | 133 | 4.40E-02 | 1.10E-07  |
| 91 | 91 | 3.00E-02 | -1.16E-07 | 134 | 134 | 4.43E-02 | 1.14E-07  |
| 92 | 92 | 3.03E-02 | -1.07E-07 | 135 | 135 | 4.47E-02 | 1.07E-07  |
| 93 | 93 | 3.07E-02 | -8.61E-08 | 136 | 136 | 4.50E-02 | 8.26E-08  |
| 94 | 94 | 3.10E-02 | -5.40E-08 | 137 | 137 | 4.53E-02 | 4.78E-08  |
| 95 | 95 | 3.13E-02 | -1.18E-08 | 138 | 138 | 4.57E-02 | 7.14E-09  |

Universitas Indonesia



|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 139 | 139 | 4.60E-02 | -3.69E-08 | 182 | 182 | 6.03E-02 | 4.16E-08  |
| 140 | 140 | 4.63E-02 | -7.31E-08 | 183 | 183 | 6.07E-02 | 7.84E-08  |
| 141 | 141 | 4.67E-02 | -1.01E-07 | 184 | 184 | 6.10E-02 | 1.03E-07  |
| 142 | 142 | 4.70E-02 | -1.15E-07 | 185 | 185 | 6.13E-02 | 1.15E-07  |
| 143 | 143 | 4.73E-02 | -1.12E-07 | 186 | 186 | 6.17E-02 | 1.11E-07  |
| 144 | 144 | 4.77E-02 | -9.73E-08 | 187 | 187 | 6.20E-02 | 9.24E-08  |
| 145 | 145 | 4.80E-02 | -6.64E-08 | 188 | 188 | 6.23E-02 | 6.39E-08  |
| 146 | 146 | 4.83E-02 | -3.13E-08 | 189 | 189 | 6.27E-02 | 2.34E-08  |
| 147 | 147 | 4.87E-02 | 1.31E-08  | 190 | 190 | 6.30E-02 | -1.62E-08 |
| 148 | 148 | 4.90E-02 | 5.07E-08  | 191 | 191 | 6.33E-02 | -5.85E-08 |
| 149 | 149 | 4.93E-02 | 8.57E-08  | 192 | 192 | 6.37E-02 | -9.02E-08 |
| 150 | 150 | 4.97E-02 | 1.08E-07  | 193 | 193 | 6.40E-02 | -1.10E-07 |
| 151 | 151 | 5.00E-02 | 1.16E-07  | 194 | 194 | 6.43E-02 | -1.17E-07 |
| 152 | 152 | 5.03E-02 | 1.10E-07  | 195 | 195 | 6.47E-02 | -1.05E-07 |
| 153 | 153 | 5.07E-02 | 8.58E-08  | 196 | 196 | 6.50E-02 | -8.26E-08 |
| 154 | 154 | 5.10E-02 | 5.23E-08  | 197 | 197 | 6.53E-02 | -4.61E-08 |
| 155 | 155 | 5.13E-02 | 1.16E-08  | 198 | 198 | 6.57E-02 | -5.52E-09 |
| 156 | 156 | 5.17E-02 | -3.16E-08 | 199 | 199 | 6.60E-02 | 3.56E-08  |
| 157 | 157 | 5.20E-02 | -6.71E-08 | 200 | 200 | 6.63E-02 | 7.34E-08  |
| 158 | 158 | 5.23E-02 | -9.83E-08 | 201 | 201 | 6.67E-02 | 9.90E-08  |
| 159 | 159 | 5.27E-02 | -1.12E-07 | 202 | 202 | 6.70E-02 | 1.14E-07  |
| 160 | 160 | 5.30E-02 | -1.14E-07 | 203 | 203 | 6.73E-02 | 1.13E-07  |
| 161 | 161 | 5.33E-02 | -1.00E-07 | 204 | 204 | 6.77E-02 | 9.70E-08  |
| 162 | 162 | 5.37E-02 | -7.26E-08 | 205 | 205 | 6.80E-02 | 6.97E-08  |
| 163 | 163 | 5.40E-02 | -3.72E-08 | 206 | 206 | 6.83E-02 | 2.95E-08  |
| 164 | 164 | 5.43E-02 | 6.25E-09  | 207 | 207 | 6.87E-02 | -1.10E-08 |
| 165 | 165 | 5.47E-02 | 4.62E-08  | 208 | 208 | 6.90E-02 | -5.41E-08 |
| 166 | 166 | 5.50E-02 | 8.31E-08  | 209 | 209 | 6.93E-02 | -8.54E-08 |
| 167 | 167 | 5.53E-02 | 1.06E-07  | 210 | 210 | 6.97E-02 | -1.09E-07 |
| 168 | 168 | 5.57E-02 | 1.16E-07  | 211 | 211 | 7.00E-02 | -1.15E-07 |
| 169 | 169 | 5.60E-02 | 1.11E-07  | 212 | 212 | 7.03E-02 | -1.07E-07 |
| 170 | 170 | 5.63E-02 | 8.86E-08  | 213 | 213 | 7.07E-02 | -8.61E-08 |
| 171 | 171 | 5.67E-02 | 5.80E-08  | 214 | 214 | 7.10E-02 | -5.14E-08 |
| 172 | 172 | 5.70E-02 | 1.73E-08  | 215 | 215 | 7.13E-02 | -1.26E-08 |
| 173 | 173 | 5.73E-02 | -2.40E-08 | 216 | 216 | 7.17E-02 | 2.91E-08  |
| 174 | 174 | 5.77E-02 | -6.14E-08 | 217 | 217 | 7.20E-02 | 6.84E-08  |
| 175 | 175 | 5.80E-02 | -9.43E-08 | 218 | 218 | 7.23E-02 | 9.56E-08  |
| 176 | 176 | 5.83E-02 | -1.10E-07 | 219 | 219 | 7.27E-02 | 1.15E-07  |
| 177 | 177 | 5.87E-02 | -1.17E-07 | 220 | 220 | 7.30E-02 | 1.14E-07  |
| 178 | 178 | 5.90E-02 | -1.03E-07 | 221 | 221 | 7.33E-02 | 1.02E-07  |
| 179 | 179 | 5.93E-02 | -7.86E-08 | 222 | 222 | 7.37E-02 | 7.27E-08  |
| 180 | 180 | 5.97E-02 | -4.17E-08 | 223 | 223 | 7.40E-02 | 3.53E-08  |
| 181 | 181 | 6.00E-02 | 8.06E-10  | 224 | 224 | 7.43E-02 | -6.18E-09 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 225 | 225 | 7.47E-02 | -4.84E-08 |
| 226 | 226 | 7.50E-02 | -8.12E-08 |
| 227 | 227 | 7.53E-02 | -1.06E-07 |
| 228 | 228 | 7.57E-02 | -1.15E-07 |
| 229 | 229 | 7.60E-02 | -1.10E-07 |
| 230 | 230 | 7.63E-02 | -9.02E-08 |
| 231 | 231 | 7.67E-02 | -5.77E-08 |
| 232 | 232 | 7.70E-02 | -1.95E-08 |
| 233 | 233 | 7.73E-02 | 2.46E-08  |
| 234 | 234 | 7.77E-02 | 6.27E-08  |
| 235 | 235 | 7.80E-02 | 9.36E-08  |
| 236 | 236 | 7.83E-02 | 1.13E-07  |
| 237 | 237 | 7.87E-02 | 1.14E-07  |
| 238 | 238 | 7.90E-02 | 1.05E-07  |
| 239 | 239 | 7.93E-02 | 7.58E-08  |
| 240 | 240 | 7.97E-02 | 4.15E-08  |
| 241 | 241 | 8.00E-02 | -4.27E-10 |
| 242 | 242 | 8.03E-02 | -4.12E-08 |
| 243 | 243 | 8.07E-02 | -7.65E-08 |
| 244 | 244 | 8.10E-02 | -1.03E-07 |
| 245 | 245 | 8.13E-02 | -1.15E-07 |
| 246 | 246 | 8.17E-02 | -1.12E-07 |
| 247 | 247 | 8.20E-02 | -9.45E-08 |
| 248 | 248 | 8.23E-02 | -6.27E-08 |
| 249 | 249 | 8.27E-02 | -2.51E-08 |
| 250 | 250 | 8.30E-02 | 1.96E-08  |
| 251 | 251 | 8.33E-02 | 5.72E-08  |
| 252 | 252 | 8.37E-02 | 9.12E-08  |
| 253 | 253 | 8.40E-02 | 1.09E-07  |
| 254 | 254 | 8.43E-02 | 1.15E-07  |
| 255 | 255 | 8.47E-02 | 1.06E-07  |
| 256 | 256 | 8.50E-02 | 8.05E-08  |
| 257 | 257 | 8.53E-02 | 4.83E-08  |
| 258 | 258 | 8.57E-02 | 5.94E-09  |
| 259 | 259 | 8.60E-02 | -3.52E-08 |
| 260 | 260 | 8.63E-02 | -7.21E-08 |
| 261 | 261 | 8.67E-02 | -1.01E-07 |
| 262 | 262 | 8.70E-02 | -1.14E-07 |
| 263 | 263 | 8.73E-02 | -1.14E-07 |
| 264 | 264 | 8.77E-02 | -9.70E-08 |
| 265 | 265 | 8.80E-02 | -6.79E-08 |
| 266 | 266 | 8.83E-02 | -2.99E-08 |
| 267 | 267 | 8.87E-02 | 1.32E-08  |

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 268 | 268 | 8.90E-02 | 5.15E-08  |
| 269 | 269 | 8.93E-02 | 8.69E-08  |
| 270 | 270 | 8.97E-02 | 1.07E-07  |
| 271 | 271 | 9.00E-02 | 1.16E-07  |
| 272 | 272 | 9.03E-02 | 1.08E-07  |
| 273 | 273 | 9.07E-02 | 8.63E-08  |
| 274 | 274 | 9.10E-02 | 5.35E-08  |
| 275 | 275 | 9.13E-02 | 1.18E-08  |
| 276 | 276 | 9.17E-02 | -2.94E-08 |
| 277 | 277 | 9.20E-02 | -6.87E-08 |
| 278 | 278 | 9.23E-02 | -9.81E-08 |
| 279 | 279 | 9.27E-02 | -1.12E-07 |
| 280 | 280 | 9.30E-02 | -1.16E-07 |
| 281 | 281 | 9.33E-02 | -9.85E-08 |
| 282 | 282 | 9.37E-02 | -7.33E-08 |
| 283 | 283 | 9.40E-02 | -3.51E-08 |
| 284 | 284 | 9.43E-02 | 5.75E-09  |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | 4.66E-08  |
| 286 | 286 | 9.50E-02 | 8.19E-08  |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | 1.05E-07  |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | 1.17E-07  |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | 1.10E-07  |
| 290 | 290 | 9.63E-02 | 9.05E-08  |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | 5.83E-08  |
| 292 | 292 | 9.70E-02 | 1.72E-08  |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | -2.37E-08 |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | -6.42E-08 |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | -9.31E-08 |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | -1.12E-07 |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | -1.15E-07 |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | -1.02E-07 |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | -7.89E-08 |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | -4.06E-08 |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -1.32E-09 |

### Frekuensi 200 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -4.75E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -8.78E-08 |

Universitas Indonesia

|    |    |          |           |    |    |          |           |
|----|----|----------|-----------|----|----|----------|-----------|
| 4  | 4  | 1.00E-03 | -1.10E-07 | 47 | 47 | 1.53E-02 | -4.70E-08 |
| 5  | 5  | 1.33E-03 | -1.17E-07 | 48 | 48 | 1.57E-02 | -8.85E-08 |
| 6  | 6  | 1.67E-03 | -9.81E-08 | 49 | 49 | 1.60E-02 | -1.11E-07 |
| 7  | 7  | 2.00E-03 | -6.61E-08 | 50 | 50 | 1.63E-02 | -1.15E-07 |
| 8  | 8  | 2.33E-03 | -2.43E-08 | 51 | 51 | 1.67E-02 | -1.01E-07 |
| 9  | 9  | 2.67E-03 | 2.53E-08  | 52 | 52 | 1.70E-02 | -6.51E-08 |
| 10 | 10 | 3.00E-03 | 6.39E-08  | 53 | 53 | 1.73E-02 | -2.53E-08 |
| 11 | 11 | 3.33E-03 | 1.00E-07  | 54 | 54 | 1.77E-02 | 2.60E-08  |
| 12 | 12 | 3.67E-03 | 1.13E-07  | 55 | 55 | 1.80E-02 | 6.63E-08  |
| 13 | 13 | 4.00E-03 | 1.12E-07  | 56 | 56 | 1.83E-02 | 9.98E-08  |
| 14 | 14 | 4.33E-03 | 8.76E-08  | 57 | 57 | 1.87E-02 | 1.14E-07  |
| 15 | 15 | 4.67E-03 | 4.72E-08  | 58 | 58 | 1.90E-02 | 1.09E-07  |
| 16 | 16 | 5.00E-03 | 9.76E-10  | 59 | 59 | 1.93E-02 | 8.76E-08  |
| 17 | 17 | 5.33E-03 | -4.83E-08 | 60 | 60 | 1.97E-02 | 4.77E-08  |
| 18 | 18 | 5.67E-03 | -8.76E-08 | 61 | 61 | 2.00E-02 | 2.06E-09  |
| 19 | 19 | 6.00E-03 | -1.11E-07 | 62 | 62 | 2.03E-02 | -4.68E-08 |
| 20 | 20 | 6.33E-03 | -1.16E-07 | 63 | 63 | 2.07E-02 | -8.74E-08 |
| 21 | 21 | 6.67E-03 | -9.80E-08 | 64 | 64 | 2.10E-02 | -1.11E-07 |
| 22 | 22 | 7.00E-03 | -6.78E-08 | 65 | 65 | 2.13E-02 | -1.17E-07 |
| 23 | 23 | 7.33E-03 | -2.17E-08 | 66 | 66 | 2.17E-02 | -9.87E-08 |
| 24 | 24 | 7.67E-03 | 2.28E-08  | 67 | 67 | 2.20E-02 | -6.76E-08 |
| 25 | 25 | 8.00E-03 | 6.87E-08  | 68 | 68 | 2.23E-02 | -2.20E-08 |
| 26 | 26 | 8.33E-03 | 9.79E-08  | 69 | 69 | 2.27E-02 | 2.46E-08  |
| 27 | 27 | 8.67E-03 | 1.14E-07  | 70 | 70 | 2.30E-02 | 6.69E-08  |
| 28 | 28 | 9.00E-03 | 1.12E-07  | 71 | 71 | 2.33E-02 | 1.01E-07  |
| 29 | 29 | 9.33E-03 | 8.62E-08  | 72 | 72 | 2.37E-02 | 1.12E-07  |
| 30 | 30 | 9.67E-03 | 5.03E-08  | 73 | 73 | 2.40E-02 | 1.12E-07  |
| 31 | 31 | 1.00E-02 | -3.64E-11 | 74 | 74 | 2.43E-02 | 8.58E-08  |
| 32 | 32 | 1.03E-02 | -4.84E-08 | 75 | 75 | 2.47E-02 | 4.80E-08  |
| 33 | 33 | 1.07E-02 | -8.62E-08 | 76 | 76 | 2.50E-02 | 1.57E-09  |
| 34 | 34 | 1.10E-02 | -1.13E-07 | 77 | 77 | 2.53E-02 | -4.74E-08 |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | -1.14E-07 | 78 | 78 | 2.57E-02 | -8.60E-08 |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | -1.00E-07 | 79 | 79 | 2.60E-02 | -1.12E-07 |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | -6.66E-08 | 80 | 80 | 2.63E-02 | -1.17E-07 |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | -2.29E-08 | 81 | 81 | 2.67E-02 | -1.00E-07 |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | 2.31E-08  | 82 | 82 | 2.70E-02 | -6.84E-08 |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | 6.94E-08  | 83 | 83 | 2.73E-02 | -2.12E-08 |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | 9.75E-08  | 84 | 84 | 2.77E-02 | 2.31E-08  |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | 1.15E-07  | 85 | 85 | 2.80E-02 | 6.91E-08  |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | 1.09E-07  | 86 | 86 | 2.83E-02 | 9.80E-08  |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | 8.79E-08  | 87 | 87 | 2.87E-02 | 1.15E-07  |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | 4.86E-08  | 88 | 88 | 2.90E-02 | 1.09E-07  |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | 8.16E-10  | 89 | 89 | 2.93E-02 | 8.61E-08  |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 90  | 90  | 2.97E-02 | 4.90E-08  | 133 | 133 | 4.40E-02 | 1.11E-07  |
| 91  | 91  | 3.00E-02 | -3.32E-10 | 134 | 134 | 4.43E-02 | 8.39E-08  |
| 92  | 92  | 3.03E-02 | -4.57E-08 | 135 | 135 | 4.47E-02 | 4.90E-08  |
| 93  | 93  | 3.07E-02 | -8.63E-08 | 136 | 136 | 4.50E-02 | 8.35E-10  |
| 94  | 94  | 3.10E-02 | -1.12E-07 | 137 | 137 | 4.53E-02 | -4.63E-08 |
| 95  | 95  | 3.13E-02 | -1.15E-07 | 138 | 138 | 4.57E-02 | -8.49E-08 |
| 96  | 96  | 3.17E-02 | -1.03E-07 | 139 | 139 | 4.60E-02 | -1.12E-07 |
| 97  | 97  | 3.20E-02 | -6.64E-08 | 140 | 140 | 4.63E-02 | -1.16E-07 |
| 98  | 98  | 3.23E-02 | -2.30E-08 | 141 | 141 | 4.67E-02 | -1.01E-07 |
| 99  | 99  | 3.27E-02 | 2.52E-08  | 142 | 142 | 4.70E-02 | -6.86E-08 |
| 100 | 100 | 3.30E-02 | 6.88E-08  | 143 | 143 | 4.73E-02 | -2.27E-08 |
| 101 | 101 | 3.33E-02 | 9.86E-08  | 144 | 144 | 4.77E-02 | 2.38E-08  |
| 102 | 102 | 3.37E-02 | 1.15E-07  | 145 | 145 | 4.80E-02 | 7.00E-08  |
| 103 | 103 | 3.40E-02 | 1.08E-07  | 146 | 146 | 4.83E-02 | 9.88E-08  |
| 104 | 104 | 3.43E-02 | 8.76E-08  | 147 | 147 | 4.87E-02 | 1.16E-07  |
| 105 | 105 | 3.47E-02 | 4.72E-08  | 148 | 148 | 4.90E-02 | 1.08E-07  |
| 106 | 106 | 3.50E-02 | 1.39E-09  | 149 | 149 | 4.93E-02 | 8.57E-08  |
| 107 | 107 | 3.53E-02 | -4.62E-08 | 150 | 150 | 4.97E-02 | 4.73E-08  |
| 108 | 108 | 3.57E-02 | -8.66E-08 | 151 | 151 | 5.00E-02 | 1.57E-10  |
| 109 | 109 | 3.60E-02 | -1.10E-07 | 152 | 152 | 5.03E-02 | -4.54E-08 |
| 110 | 110 | 3.63E-02 | -1.17E-07 | 153 | 153 | 5.07E-02 | -8.64E-08 |
| 111 | 111 | 3.67E-02 | -1.01E-07 | 154 | 154 | 5.10E-02 | -1.11E-07 |
| 112 | 112 | 3.70E-02 | -6.75E-08 | 155 | 155 | 5.13E-02 | -1.16E-07 |
| 113 | 113 | 3.73E-02 | -2.46E-08 | 156 | 156 | 5.17E-02 | -1.02E-07 |
| 114 | 114 | 3.77E-02 | 2.72E-08  | 157 | 157 | 5.20E-02 | -6.70E-08 |
| 115 | 115 | 3.80E-02 | 6.63E-08  | 158 | 158 | 5.23E-02 | -2.55E-08 |
| 116 | 116 | 3.83E-02 | 1.01E-07  | 159 | 159 | 5.27E-02 | 2.60E-08  |
| 117 | 117 | 3.87E-02 | 1.13E-07  | 160 | 160 | 5.30E-02 | 6.84E-08  |
| 118 | 118 | 3.90E-02 | 1.09E-07  | 161 | 161 | 5.33E-02 | 1.00E-07  |
| 119 | 119 | 3.93E-02 | 8.61E-08  | 162 | 162 | 5.37E-02 | 1.16E-07  |
| 120 | 120 | 3.97E-02 | 4.72E-08  | 163 | 163 | 5.40E-02 | 1.09E-07  |
| 121 | 121 | 4.00E-02 | 1.27E-09  | 164 | 164 | 5.43E-02 | 8.64E-08  |
| 122 | 122 | 4.03E-02 | -4.67E-08 | 165 | 165 | 5.47E-02 | 4.61E-08  |
| 123 | 123 | 4.07E-02 | -8.59E-08 | 166 | 166 | 5.50E-02 | 1.44E-09  |
| 124 | 124 | 4.10E-02 | -1.11E-07 | 167 | 167 | 5.53E-02 | -4.68E-08 |
| 125 | 125 | 4.13E-02 | -1.17E-07 | 168 | 168 | 5.57E-02 | -8.52E-08 |
| 126 | 126 | 4.17E-02 | -1.00E-07 | 169 | 169 | 5.60E-02 | -1.10E-07 |
| 127 | 127 | 4.20E-02 | -6.94E-08 | 170 | 170 | 5.63E-02 | -1.17E-07 |
| 128 | 128 | 4.23E-02 | -2.21E-08 | 171 | 171 | 5.67E-02 | -1.00E-07 |
| 129 | 129 | 4.27E-02 | 2.40E-08  | 172 | 172 | 5.70E-02 | -6.90E-08 |
| 130 | 130 | 4.30E-02 | 6.90E-08  | 173 | 173 | 5.73E-02 | -2.40E-08 |
| 131 | 131 | 4.33E-02 | 1.01E-07  | 174 | 174 | 5.77E-02 | 2.60E-08  |
| 132 | 132 | 4.37E-02 | 1.13E-07  | 175 | 175 | 5.80E-02 | 6.73E-08  |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 176 | 176 | 5.83E-02 | 1.02E-07  | 219 | 219 | 7.27E-02 | 2.56E-08  |
| 177 | 177 | 5.87E-02 | 1.13E-07  | 220 | 220 | 7.30E-02 | 6.74E-08  |
| 178 | 178 | 5.90E-02 | 1.11E-07  | 221 | 221 | 7.33E-02 | 1.02E-07  |
| 179 | 179 | 5.93E-02 | 8.48E-08  | 222 | 222 | 7.37E-02 | 1.15E-07  |
| 180 | 180 | 5.97E-02 | 4.69E-08  | 223 | 223 | 7.40E-02 | 1.10E-07  |
| 181 | 181 | 6.00E-02 | 9.26E-10  | 224 | 224 | 7.43E-02 | 8.60E-08  |
| 182 | 182 | 6.03E-02 | -4.71E-08 | 225 | 225 | 7.47E-02 | 4.56E-08  |
| 183 | 183 | 6.07E-02 | -8.51E-08 | 226 | 226 | 7.50E-02 | 7.72E-10  |
| 184 | 184 | 6.10E-02 | -1.10E-07 | 227 | 227 | 7.53E-02 | -4.73E-08 |
| 185 | 185 | 6.13E-02 | -1.16E-07 | 228 | 228 | 7.57E-02 | -8.51E-08 |
| 186 | 186 | 6.17E-02 | -1.01E-07 | 229 | 229 | 7.60E-02 | -1.10E-07 |
| 187 | 187 | 6.20E-02 | -6.96E-08 | 230 | 230 | 7.63E-02 | -1.16E-07 |
| 188 | 188 | 6.23E-02 | -2.31E-08 | 231 | 231 | 7.67E-02 | -1.00E-07 |
| 189 | 189 | 6.27E-02 | 2.33E-08  | 232 | 232 | 7.70E-02 | -6.97E-08 |
| 190 | 190 | 6.30E-02 | 7.03E-08  | 233 | 233 | 7.73E-02 | -2.35E-08 |
| 191 | 191 | 6.33E-02 | 9.97E-08  | 234 | 234 | 7.77E-02 | 2.37E-08  |
| 192 | 192 | 6.37E-02 | 1.15E-07  | 235 | 235 | 7.80E-02 | 6.81E-08  |
| 193 | 193 | 6.40E-02 | 1.10E-07  | 236 | 236 | 7.83E-02 | 1.02E-07  |
| 194 | 194 | 6.43E-02 | 8.41E-08  | 237 | 237 | 7.87E-02 | 1.14E-07  |
| 195 | 195 | 6.47E-02 | 4.81E-08  | 238 | 238 | 7.90E-02 | 1.12E-07  |
| 196 | 196 | 6.50E-02 | -8.43E-10 | 239 | 239 | 7.93E-02 | 8.43E-08  |
| 197 | 197 | 6.53E-02 | -4.60E-08 | 240 | 240 | 7.97E-02 | 4.72E-08  |
| 198 | 198 | 6.57E-02 | -8.55E-08 | 241 | 241 | 8.00E-02 | -4.89E-10 |
| 199 | 199 | 6.60E-02 | -1.10E-07 | 242 | 242 | 8.03E-02 | -4.68E-08 |
| 200 | 200 | 6.63E-02 | -1.15E-07 | 243 | 243 | 8.07E-02 | -8.50E-08 |
| 201 | 201 | 6.67E-02 | -1.02E-07 | 244 | 244 | 8.10E-02 | -1.10E-07 |
| 202 | 202 | 6.70E-02 | -6.83E-08 | 245 | 245 | 8.13E-02 | -1.15E-07 |
| 203 | 203 | 6.73E-02 | -2.44E-08 | 246 | 246 | 8.17E-02 | -1.01E-07 |
| 204 | 204 | 6.77E-02 | 2.40E-08  | 247 | 247 | 8.20E-02 | -6.91E-08 |
| 205 | 205 | 6.80E-02 | 7.00E-08  | 248 | 248 | 8.23E-02 | -2.37E-08 |
| 206 | 206 | 6.83E-02 | 9.98E-08  | 249 | 249 | 8.27E-02 | 2.29E-08  |
| 207 | 207 | 6.87E-02 | 1.17E-07  | 250 | 250 | 8.30E-02 | 6.98E-08  |
| 208 | 208 | 6.90E-02 | 1.08E-07  | 251 | 251 | 8.33E-02 | 9.97E-08  |
| 209 | 209 | 6.93E-02 | 8.68E-08  | 252 | 252 | 8.37E-02 | 1.17E-07  |
| 210 | 210 | 6.97E-02 | 4.58E-08  | 253 | 253 | 8.40E-02 | 1.10E-07  |
| 211 | 211 | 7.00E-02 | 5.38E-10  | 254 | 254 | 8.43E-02 | 8.58E-08  |
| 212 | 212 | 7.03E-02 | -4.61E-08 | 255 | 255 | 8.47E-02 | 4.73E-08  |
| 213 | 213 | 7.07E-02 | -8.63E-08 | 256 | 256 | 8.50E-02 | -1.58E-09 |
| 214 | 214 | 7.10E-02 | -1.09E-07 | 257 | 257 | 8.53E-02 | -4.58E-08 |
| 215 | 215 | 7.13E-02 | -1.16E-07 | 258 | 258 | 8.57E-02 | -8.63E-08 |
| 216 | 216 | 7.17E-02 | -1.01E-07 | 259 | 259 | 8.60E-02 | -1.10E-07 |
| 217 | 217 | 7.20E-02 | -6.77E-08 | 260 | 260 | 8.63E-02 | -1.14E-07 |
| 218 | 218 | 7.23E-02 | -2.58E-08 | 261 | 261 | 8.67E-02 | -1.02E-07 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 262 | 262 | 8.70E-02 | -6.79E-08 |
| 263 | 263 | 8.73E-02 | -2.53E-08 |
| 264 | 264 | 8.77E-02 | 2.42E-08  |
| 265 | 265 | 8.80E-02 | 6.83E-08  |
| 266 | 266 | 8.83E-02 | 1.00E-07  |
| 267 | 267 | 8.87E-02 | 1.17E-07  |
| 268 | 268 | 8.90E-02 | 1.09E-07  |
| 269 | 269 | 8.93E-02 | 8.72E-08  |
| 270 | 270 | 8.97E-02 | 4.54E-08  |
| 271 | 271 | 9.00E-02 | 5.22E-10  |
| 272 | 272 | 9.03E-02 | -4.76E-08 |
| 273 | 273 | 9.07E-02 | -8.59E-08 |
| 274 | 274 | 9.10E-02 | -1.09E-07 |
| 275 | 275 | 9.13E-02 | -1.16E-07 |
| 276 | 276 | 9.17E-02 | -9.98E-08 |
| 277 | 277 | 9.20E-02 | -6.88E-08 |
| 278 | 278 | 9.23E-02 | -2.52E-08 |
| 279 | 279 | 9.27E-02 | 2.51E-08  |
| 280 | 280 | 9.30E-02 | 6.67E-08  |
| 281 | 281 | 9.33E-02 | 1.02E-07  |
| 282 | 282 | 9.37E-02 | 1.15E-07  |
| 283 | 283 | 9.40E-02 | 1.11E-07  |
| 284 | 284 | 9.43E-02 | 8.58E-08  |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | 4.66E-08  |
| 286 | 286 | 9.50E-02 | 8.51E-11  |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | -4.78E-08 |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | -8.51E-08 |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | -1.10E-07 |
| 290 | 290 | 9.63E-02 | -1.15E-07 |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | -9.99E-08 |
| 292 | 292 | 9.70E-02 | -6.92E-08 |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | -2.37E-08 |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | 2.28E-08  |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | 6.88E-08  |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | 1.01E-07  |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | 1.15E-07  |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | 1.12E-07  |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | 8.45E-08  |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | 4.82E-08  |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -1.51E-09 |

### Frekuensi 225 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -5.31E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -9.58E-08 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -1.15E-07 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -1.12E-07 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -7.95E-08 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | -3.36E-08 |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | 1.79E-08  |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | 6.96E-08  |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | 9.86E-08  |
| 11    | 11   | 3.33E-03         | 1.16E-07  |
| 12    | 12   | 3.67E-03         | 1.01E-07  |
| 13    | 13   | 4.00E-03         | 7.01E-08  |
| 14    | 14   | 4.33E-03         | 1.98E-08  |
| 15    | 15   | 4.67E-03         | -3.58E-08 |
| 16    | 16   | 5.00E-03         | -8.10E-08 |
| 17    | 17   | 5.33E-03         | -1.12E-07 |
| 18    | 18   | 5.67E-03         | -1.16E-07 |
| 19    | 19   | 6.00E-03         | -9.44E-08 |
| 20    | 20   | 6.33E-03         | -5.40E-08 |
| 21    | 21   | 6.67E-03         | 2.72E-09  |
| 22    | 22   | 7.00E-03         | 5.31E-08  |
| 23    | 23   | 7.33E-03         | 9.66E-08  |
| 24    | 24   | 7.67E-03         | 1.13E-07  |
| 25    | 25   | 8.00E-03         | 1.11E-07  |
| 26    | 26   | 8.33E-03         | 7.93E-08  |
| 27    | 27   | 8.67E-03         | 3.43E-08  |
| 28    | 28   | 9.00E-03         | -1.61E-08 |
| 29    | 29   | 9.33E-03         | -6.81E-08 |
| 30    | 30   | 9.67E-03         | -9.99E-08 |
| 31    | 31   | 1.00E-02         | -1.16E-07 |
| 32    | 32   | 1.03E-02         | -1.05E-07 |
| 33    | 33   | 1.07E-02         | -6.83E-08 |
| 34    | 34   | 1.10E-02         | -2.08E-08 |
| 35    | 35   | 1.13E-02         | 3.71E-08  |
| 36    | 36   | 1.17E-02         | 8.22E-08  |
| 37    | 37   | 1.20E-02         | 1.12E-07  |

Universitas Indonesia

|    |    |          |           |     |     |          |           |
|----|----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 38 | 38 | 1.23E-02 | 1.16E-07  | 81  | 81  | 2.67E-02 | 1.68E-10  |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | 9.28E-08  | 82  | 82  | 2.70E-02 | -5.30E-08 |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | 5.42E-08  | 83  | 83  | 2.73E-02 | -9.07E-08 |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | -3.31E-09 | 84  | 84  | 2.77E-02 | -1.16E-07 |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | -5.30E-08 | 85  | 85  | 2.80E-02 | -1.09E-07 |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | -9.57E-08 | 86  | 86  | 2.83E-02 | -8.48E-08 |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | -1.13E-07 | 87  | 87  | 2.87E-02 | -3.63E-08 |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | -1.09E-07 | 88  | 88  | 2.90E-02 | 1.70E-08  |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | -8.12E-08 | 89  | 89  | 2.93E-02 | 6.81E-08  |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | -3.57E-08 | 90  | 90  | 2.97E-02 | 1.06E-07  |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | 1.55E-08  | 91  | 91  | 3.00E-02 | 1.16E-07  |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | 6.72E-08  | 92  | 92  | 3.03E-02 | 1.05E-07  |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | 1.03E-07  | 93  | 93  | 3.07E-02 | 6.81E-08  |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | 1.15E-07  | 94  | 94  | 3.10E-02 | 1.63E-08  |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | 1.07E-07  | 95  | 95  | 3.13E-02 | -3.55E-08 |
| 53 | 53 | 1.73E-02 | 6.69E-08  | 96  | 96  | 3.17E-02 | -8.47E-08 |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | 2.03E-08  | 97  | 97  | 3.20E-02 | -1.08E-07 |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | -3.79E-08 | 98  | 98  | 3.23E-02 | -1.13E-07 |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | -8.28E-08 | 99  | 99  | 3.27E-02 | -9.27E-08 |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | -1.12E-07 | 100 | 100 | 3.30E-02 | -5.20E-08 |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | -1.16E-07 | 101 | 101 | 3.33E-02 | -1.99E-09 |
| 59 | 59 | 1.93E-02 | -9.23E-08 | 102 | 102 | 3.37E-02 | 5.29E-08  |
| 60 | 60 | 1.97E-02 | -5.20E-08 | 103 | 103 | 3.40E-02 | 9.17E-08  |
| 61 | 61 | 2.00E-02 | 2.33E-09  | 104 | 104 | 3.43E-02 | 1.16E-07  |
| 62 | 62 | 2.03E-02 | 5.31E-08  | 105 | 105 | 3.47E-02 | 1.10E-07  |
| 63 | 63 | 2.07E-02 | 9.25E-08  | 106 | 106 | 3.50E-02 | 8.37E-08  |
| 64 | 64 | 2.10E-02 | 1.14E-07  | 107 | 107 | 3.53E-02 | 3.70E-08  |
| 65 | 65 | 2.13E-02 | 1.09E-07  | 108 | 108 | 3.57E-02 | -1.87E-08 |
| 66 | 66 | 2.17E-02 | 8.40E-08  | 109 | 109 | 3.60E-02 | -6.81E-08 |
| 67 | 67 | 2.20E-02 | 3.65E-08  | 110 | 110 | 3.63E-02 | -1.05E-07 |
| 68 | 68 | 2.23E-02 | -1.58E-08 | 111 | 111 | 3.67E-02 | -1.17E-07 |
| 69 | 69 | 2.27E-02 | -6.77E-08 | 112 | 112 | 3.70E-02 | -1.03E-07 |
| 70 | 70 | 2.30E-02 | -1.05E-07 | 113 | 113 | 3.73E-02 | -6.88E-08 |
| 71 | 71 | 2.33E-02 | -1.15E-07 | 114 | 114 | 3.77E-02 | -1.47E-08 |
| 72 | 72 | 2.37E-02 | -1.07E-07 | 115 | 115 | 3.80E-02 | 3.38E-08  |
| 73 | 73 | 2.40E-02 | -6.68E-08 | 116 | 116 | 3.83E-02 | 8.33E-08  |
| 74 | 74 | 2.43E-02 | -1.86E-08 | 117 | 117 | 3.87E-02 | 1.08E-07  |
| 75 | 75 | 2.47E-02 | 3.69E-08  | 118 | 118 | 3.90E-02 | 1.13E-07  |
| 76 | 76 | 2.50E-02 | 8.39E-08  | 119 | 119 | 3.93E-02 | 9.39E-08  |
| 77 | 77 | 2.53E-02 | 1.10E-07  | 120 | 120 | 3.97E-02 | 5.27E-08  |
| 78 | 78 | 2.57E-02 | 1.15E-07  | 121 | 121 | 4.00E-02 | 1.44E-09  |
| 79 | 79 | 2.60E-02 | 9.24E-08  | 122 | 122 | 4.03E-02 | -5.23E-08 |
| 80 | 80 | 2.63E-02 | 5.09E-08  | 123 | 123 | 4.07E-02 | -9.36E-08 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 124 | 124 | 4.10E-02 | -1.15E-07 | 167 | 167 | 5.53E-02 | -3.55E-08 |
| 125 | 125 | 4.13E-02 | -1.12E-07 | 168 | 168 | 5.57E-02 | 1.93E-08  |
| 126 | 126 | 4.17E-02 | -8.17E-08 | 169 | 169 | 5.60E-02 | 6.90E-08  |
| 127 | 127 | 4.20E-02 | -3.74E-08 | 170 | 170 | 5.63E-02 | 1.02E-07  |
| 128 | 128 | 4.23E-02 | 2.04E-08  | 171 | 171 | 5.67E-02 | 1.16E-07  |
| 129 | 129 | 4.27E-02 | 6.81E-08  | 172 | 172 | 5.70E-02 | 1.02E-07  |
| 130 | 130 | 4.30E-02 | 1.04E-07  | 173 | 173 | 5.73E-02 | 6.83E-08  |
| 131 | 131 | 4.33E-02 | 1.17E-07  | 174 | 174 | 5.77E-02 | 2.03E-08  |
| 132 | 132 | 4.37E-02 | 1.01E-07  | 175 | 175 | 5.80E-02 | -3.68E-08 |
| 133 | 133 | 4.40E-02 | 6.87E-08  | 176 | 176 | 5.83E-02 | -7.98E-08 |
| 134 | 134 | 4.43E-02 | 1.56E-08  | 177 | 177 | 5.87E-02 | -1.13E-07 |
| 135 | 135 | 4.47E-02 | -3.38E-08 | 178 | 178 | 5.90E-02 | -1.14E-07 |
| 136 | 136 | 4.50E-02 | -8.12E-08 | 179 | 179 | 5.93E-02 | -9.54E-08 |
| 137 | 137 | 4.53E-02 | -1.09E-07 | 180 | 180 | 5.97E-02 | -5.29E-08 |
| 138 | 138 | 4.57E-02 | -1.13E-07 | 181 | 181 | 6.00E-02 | 1.05E-09  |
| 139 | 139 | 4.60E-02 | -9.54E-08 | 182 | 182 | 6.03E-02 | 5.28E-08  |
| 140 | 140 | 4.63E-02 | -5.30E-08 | 183 | 183 | 6.07E-02 | 9.51E-08  |
| 141 | 141 | 4.67E-02 | -5.21E-10 | 184 | 184 | 6.10E-02 | 1.15E-07  |
| 142 | 142 | 4.70E-02 | 5.22E-08  | 185 | 185 | 6.13E-02 | 1.10E-07  |
| 143 | 143 | 4.73E-02 | 9.55E-08  | 186 | 186 | 6.17E-02 | 8.17E-08  |
| 144 | 144 | 4.77E-02 | 1.14E-07  | 187 | 187 | 6.20E-02 | 3.42E-08  |
| 145 | 145 | 4.80E-02 | 1.13E-07  | 188 | 188 | 6.23E-02 | -1.71E-08 |
| 146 | 146 | 4.83E-02 | 8.03E-08  | 189 | 189 | 6.27E-02 | -6.92E-08 |
| 147 | 147 | 4.87E-02 | 3.72E-08  | 190 | 190 | 6.30E-02 | -1.01E-07 |
| 148 | 148 | 4.90E-02 | -2.06E-08 | 191 | 191 | 6.33E-02 | -1.17E-07 |
| 149 | 149 | 4.93E-02 | -6.87E-08 | 192 | 192 | 6.37E-02 | -1.04E-07 |
| 150 | 150 | 4.97E-02 | -1.03E-07 | 193 | 193 | 6.40E-02 | -6.82E-08 |
| 151 | 151 | 5.00E-02 | -1.16E-07 | 194 | 194 | 6.43E-02 | -2.05E-08 |
| 152 | 152 | 5.03E-02 | -1.01E-07 | 195 | 195 | 6.47E-02 | 3.69E-08  |
| 153 | 153 | 5.07E-02 | -6.85E-08 | 196 | 196 | 6.50E-02 | 8.11E-08  |
| 154 | 154 | 5.10E-02 | -1.85E-08 | 197 | 197 | 6.53E-02 | 1.12E-07  |
| 155 | 155 | 5.13E-02 | 3.52E-08  | 198 | 198 | 6.57E-02 | 1.15E-07  |
| 156 | 156 | 5.17E-02 | 7.99E-08  | 199 | 199 | 6.60E-02 | 9.37E-08  |
| 157 | 157 | 5.20E-02 | 1.12E-07  | 200 | 200 | 6.63E-02 | 5.35E-08  |
| 158 | 158 | 5.23E-02 | 1.13E-07  | 201 | 201 | 6.67E-02 | -1.68E-09 |
| 159 | 159 | 5.27E-02 | 9.61E-08  | 202 | 202 | 6.70E-02 | -5.29E-08 |
| 160 | 160 | 5.30E-02 | 5.30E-08  | 203 | 203 | 6.73E-02 | -9.43E-08 |
| 161 | 161 | 5.33E-02 | -2.70E-10 | 204 | 204 | 6.77E-02 | -1.15E-07 |
| 162 | 162 | 5.37E-02 | -5.24E-08 | 205 | 205 | 6.80E-02 | -1.08E-07 |
| 163 | 163 | 5.40E-02 | -9.58E-08 | 206 | 206 | 6.83E-02 | -8.27E-08 |
| 164 | 164 | 5.43E-02 | -1.14E-07 | 207 | 207 | 6.87E-02 | -3.44E-08 |
| 165 | 165 | 5.47E-02 | -1.12E-07 | 208 | 208 | 6.90E-02 | 1.62E-08  |
| 166 | 166 | 5.50E-02 | -8.05E-08 | 209 | 209 | 6.93E-02 | 6.90E-08  |

Universitas Indonesia



|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 210 | 210 | 6.97E-02 | 1.02E-07  | 253 | 253 | 8.40E-02 | 6.74E-08  |
| 211 | 211 | 7.00E-02 | 1.17E-07  | 254 | 254 | 8.43E-02 | 1.78E-08  |
| 212 | 212 | 7.03E-02 | 1.05E-07  | 255 | 255 | 8.47E-02 | -3.57E-08 |
| 213 | 213 | 7.07E-02 | 6.81E-08  | 256 | 256 | 8.50E-02 | -8.39E-08 |
| 214 | 214 | 7.10E-02 | 1.97E-08  | 257 | 257 | 8.53E-02 | -1.09E-07 |
| 215 | 215 | 7.13E-02 | -3.65E-08 | 258 | 258 | 8.57E-02 | -1.15E-07 |
| 216 | 216 | 7.17E-02 | -8.31E-08 | 259 | 259 | 8.60E-02 | -9.32E-08 |
| 217 | 217 | 7.20E-02 | -1.10E-07 | 260 | 260 | 8.63E-02 | -5.18E-08 |
| 218 | 218 | 7.23E-02 | -1.17E-07 | 261 | 261 | 8.67E-02 | -1.28E-09 |
| 219 | 219 | 7.27E-02 | -9.22E-08 | 262 | 262 | 8.70E-02 | 5.30E-08  |
| 220 | 220 | 7.30E-02 | -5.36E-08 | 263 | 263 | 8.73E-02 | 9.26E-08  |
| 221 | 221 | 7.33E-02 | 1.68E-09  | 264 | 264 | 8.77E-02 | 1.15E-07  |
| 222 | 222 | 7.37E-02 | 5.25E-08  | 265 | 265 | 8.80E-02 | 1.11E-07  |
| 223 | 223 | 7.40E-02 | 9.33E-08  | 266 | 266 | 8.83E-02 | 8.22E-08  |
| 224 | 224 | 7.43E-02 | 1.15E-07  | 267 | 267 | 8.87E-02 | 3.73E-08  |
| 225 | 225 | 7.47E-02 | 1.09E-07  | 268 | 268 | 8.90E-02 | -1.96E-08 |
| 226 | 226 | 7.50E-02 | 8.30E-08  | 269 | 269 | 8.93E-02 | -6.71E-08 |
| 227 | 227 | 7.53E-02 | 3.57E-08  | 270 | 270 | 8.97E-02 | -1.05E-07 |
| 228 | 228 | 7.57E-02 | -1.69E-08 | 271 | 271 | 9.00E-02 | -1.16E-07 |
| 229 | 229 | 7.60E-02 | -6.79E-08 | 272 | 272 | 9.03E-02 | -1.04E-07 |
| 230 | 230 | 7.63E-02 | -1.04E-07 | 273 | 273 | 9.07E-02 | -6.79E-08 |
| 231 | 231 | 7.67E-02 | -1.16E-07 | 274 | 274 | 9.10E-02 | -1.70E-08 |
| 232 | 232 | 7.70E-02 | -1.05E-07 | 275 | 275 | 9.13E-02 | 3.55E-08  |
| 233 | 233 | 7.73E-02 | -6.76E-08 | 276 | 276 | 9.17E-02 | 8.28E-08  |
| 234 | 234 | 7.77E-02 | -1.86E-08 | 277 | 277 | 9.20E-02 | 1.10E-07  |
| 235 | 235 | 7.80E-02 | 3.58E-08  | 278 | 278 | 9.23E-02 | 1.13E-07  |
| 236 | 236 | 7.83E-02 | 8.41E-08  | 279 | 279 | 9.27E-02 | 9.51E-08  |
| 237 | 237 | 7.87E-02 | 1.09E-07  | 280 | 280 | 9.30E-02 | 5.11E-08  |
| 238 | 238 | 7.90E-02 | 1.16E-07  | 281 | 281 | 9.33E-02 | 2.31E-09  |
| 239 | 239 | 7.93E-02 | 9.18E-08  | 282 | 282 | 9.37E-02 | -5.33E-08 |
| 240 | 240 | 7.97E-02 | 5.27E-08  | 283 | 283 | 9.40E-02 | -9.31E-08 |
| 241 | 241 | 8.00E-02 | -5.53E-10 | 284 | 284 | 9.43E-02 | -1.15E-07 |
| 242 | 242 | 8.03E-02 | -5.23E-08 | 285 | 285 | 9.47E-02 | -1.11E-07 |
| 243 | 243 | 8.07E-02 | -9.27E-08 | 286 | 286 | 9.50E-02 | -8.20E-08 |
| 244 | 244 | 8.10E-02 | -1.15E-07 | 287 | 287 | 9.53E-02 | -3.66E-08 |
| 245 | 245 | 8.13E-02 | -1.10E-07 | 288 | 288 | 9.57E-02 | 1.94E-08  |
| 246 | 246 | 8.17E-02 | -8.25E-08 | 289 | 289 | 9.60E-02 | 6.81E-08  |
| 247 | 247 | 8.20E-02 | -3.69E-08 | 290 | 290 | 9.63E-02 | 1.04E-07  |
| 248 | 248 | 8.23E-02 | 1.86E-08  | 291 | 291 | 9.67E-02 | 1.17E-07  |
| 249 | 249 | 8.27E-02 | 6.69E-08  | 292 | 292 | 9.70E-02 | 1.02E-07  |
| 250 | 250 | 8.30E-02 | 1.05E-07  | 293 | 293 | 9.73E-02 | 6.87E-08  |
| 251 | 251 | 8.33E-02 | 1.15E-07  | 294 | 294 | 9.77E-02 | 1.66E-08  |
| 252 | 252 | 8.37E-02 | 1.05E-07  | 295 | 295 | 9.80E-02 | -3.51E-08 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 296 | 296 | 9.83E-02 | -8.18E-08 |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | -1.11E-07 |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | -1.13E-07 |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | -9.58E-08 |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | -5.15E-08 |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -1.71E-09 |

|    |    |          |           |
|----|----|----------|-----------|
| 32 | 32 | 1.03E-02 | 5.66E-08  |
| 33 | 33 | 1.07E-02 | 1.01E-07  |
| 34 | 34 | 1.10E-02 | 1.13E-07  |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | 1.02E-07  |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | 5.82E-08  |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | 1.91E-09  |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | -5.66E-08 |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | -1.02E-07 |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | -1.15E-07 |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | -1.04E-07 |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | -5.85E-08 |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | -1.96E-09 |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | 6.03E-08  |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | 1.02E-07  |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | 1.17E-07  |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | 1.01E-07  |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | 5.52E-08  |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | -1.16E-09 |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | -5.84E-08 |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | -1.01E-07 |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | -1.12E-07 |
| 53 | 53 | 1.73E-02 | -1.02E-07 |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | -5.58E-08 |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | -2.27E-09 |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | 5.74E-08  |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | 9.89E-08  |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | 1.14E-07  |
| 59 | 59 | 1.93E-02 | 1.03E-07  |
| 60 | 60 | 1.97E-02 | 5.89E-08  |
| 61 | 61 | 2.00E-02 | 2.60E-09  |
| 62 | 62 | 2.03E-02 | -5.77E-08 |
| 63 | 63 | 2.07E-02 | -1.02E-07 |
| 64 | 64 | 2.10E-02 | -1.17E-07 |
| 65 | 65 | 2.13E-02 | -1.02E-07 |
| 66 | 66 | 2.17E-02 | -5.60E-08 |
| 67 | 67 | 2.20E-02 | 6.93E-10  |
| 68 | 68 | 2.23E-02 | 6.07E-08  |
| 69 | 69 | 2.27E-02 | 1.01E-07  |
| 70 | 70 | 2.30E-02 | 1.15E-07  |
| 71 | 71 | 2.33E-02 | 1.02E-07  |
| 72 | 72 | 2.37E-02 | 5.37E-08  |
| 73 | 73 | 2.40E-02 | 1.64E-09  |
| 74 | 74 | 2.43E-02 | -5.86E-08 |

### Frekuensi 250 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -5.86E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -1.03E-07 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -1.16E-07 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -1.03E-07 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -5.53E-08 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | 2.51E-09  |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | 5.79E-08  |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | 1.02E-07  |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | 1.11E-07  |
| 11    | 11   | 3.33E-03         | 1.00E-07  |
| 12    | 12   | 3.67E-03         | 5.54E-08  |
| 13    | 13   | 4.00E-03         | 2.03E-09  |
| 14    | 14   | 4.33E-03         | -5.63E-08 |
| 15    | 15   | 4.67E-03         | -1.01E-07 |
| 16    | 16   | 5.00E-03         | -1.15E-07 |
| 17    | 17   | 5.33E-03         | -1.02E-07 |
| 18    | 18   | 5.67E-03         | -6.00E-08 |
| 19    | 19   | 6.00E-03         | -5.13E-10 |
| 20    | 20   | 6.33E-03         | 5.67E-08  |
| 21    | 21   | 6.67E-03         | 1.04E-07  |
| 22    | 22   | 7.00E-03         | 1.17E-07  |
| 23    | 23   | 7.33E-03         | 1.04E-07  |
| 24    | 24   | 7.67E-03         | 5.64E-08  |
| 25    | 25   | 8.00E-03         | 7.74E-10  |
| 26    | 26   | 8.33E-03         | -6.13E-08 |
| 27    | 27   | 8.67E-03         | -1.03E-07 |
| 28    | 28   | 9.00E-03         | -1.14E-07 |
| 29    | 29   | 9.33E-03         | -1.01E-07 |
| 30    | 30   | 9.67E-03         | -5.42E-08 |
| 31    | 31   | 1.00E-02         | -5.18E-11 |

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 75  | 75  | 2.47E-02 | -9.96E-08 | 118 | 118 | 3.90E-02 | 1.15E-07  |
| 76  | 76  | 2.50E-02 | -1.14E-07 | 119 | 119 | 3.93E-02 | 1.01E-07  |
| 77  | 77  | 2.53E-02 | -1.01E-07 | 120 | 120 | 3.97E-02 | 5.82E-08  |
| 78  | 78  | 2.57E-02 | -5.80E-08 | 121 | 121 | 4.00E-02 | 1.61E-09  |
| 79  | 79  | 2.60E-02 | -1.71E-09 | 122 | 122 | 4.03E-02 | -5.77E-08 |
| 80  | 80  | 2.63E-02 | 5.61E-08  | 123 | 123 | 4.07E-02 | -1.00E-07 |
| 81  | 81  | 2.67E-02 | 1.01E-07  | 124 | 124 | 4.10E-02 | -1.17E-07 |
| 82  | 82  | 2.70E-02 | 1.16E-07  | 125 | 125 | 4.13E-02 | -1.03E-07 |
| 83  | 83  | 2.73E-02 | 1.04E-07  | 126 | 126 | 4.17E-02 | -5.77E-08 |
| 84  | 84  | 2.77E-02 | 5.69E-08  | 127 | 127 | 4.20E-02 | -1.65E-09 |
| 85  | 85  | 2.80E-02 | 1.20E-09  | 128 | 128 | 4.23E-02 | 6.07E-08  |
| 86  | 86  | 2.83E-02 | -6.12E-08 | 129 | 129 | 4.27E-02 | 1.01E-07  |
| 87  | 87  | 2.87E-02 | -1.01E-07 | 130 | 130 | 4.30E-02 | 1.17E-07  |
| 88  | 88  | 2.90E-02 | -1.18E-07 | 131 | 131 | 4.33E-02 | 1.01E-07  |
| 89  | 89  | 2.93E-02 | -1.01E-07 | 132 | 132 | 4.37E-02 | 5.58E-08  |
| 90  | 90  | 2.97E-02 | -5.58E-08 | 133 | 133 | 4.40E-02 | 5.32E-10  |
| 91  | 91  | 3.00E-02 | -4.32E-10 | 134 | 134 | 4.43E-02 | -6.10E-08 |
| 92  | 92  | 3.03E-02 | 6.00E-08  | 135 | 135 | 4.47E-02 | -9.84E-08 |
| 93  | 93  | 3.07E-02 | 1.01E-07  | 136 | 136 | 4.50E-02 | -1.15E-07 |
| 94  | 94  | 3.10E-02 | 1.14E-07  | 137 | 137 | 4.53E-02 | -9.97E-08 |
| 95  | 95  | 3.13E-02 | 1.01E-07  | 138 | 138 | 4.57E-02 | -5.66E-08 |
| 96  | 96  | 3.17E-02 | 5.53E-08  | 139 | 139 | 4.60E-02 | -1.65E-09 |
| 97  | 97  | 3.20E-02 | 2.19E-09  | 140 | 140 | 4.63E-02 | 5.79E-08  |
| 98  | 98  | 3.23E-02 | -5.68E-08 | 141 | 141 | 4.67E-02 | 1.00E-07  |
| 99  | 99  | 3.27E-02 | -9.93E-08 | 142 | 142 | 4.70E-02 | 1.16E-07  |
| 100 | 100 | 3.30E-02 | -1.15E-07 | 143 | 143 | 4.73E-02 | 1.02E-07  |
| 101 | 101 | 3.33E-02 | -1.03E-07 | 144 | 144 | 4.77E-02 | 5.78E-08  |
| 102 | 102 | 3.37E-02 | -5.80E-08 | 145 | 145 | 4.80E-02 | 2.40E-09  |
| 103 | 103 | 3.40E-02 | -2.54E-09 | 146 | 146 | 4.83E-02 | -6.02E-08 |
| 104 | 104 | 3.43E-02 | 6.00E-08  | 147 | 147 | 4.87E-02 | -9.93E-08 |
| 105 | 105 | 3.47E-02 | 1.01E-07  | 148 | 148 | 4.90E-02 | -1.19E-07 |
| 106 | 106 | 3.50E-02 | 1.18E-07  | 149 | 149 | 4.93E-02 | -1.01E-07 |
| 107 | 107 | 3.53E-02 | 1.02E-07  | 150 | 150 | 4.97E-02 | -5.79E-08 |
| 108 | 108 | 3.57E-02 | 5.75E-08  | 151 | 151 | 5.00E-02 | 1.83E-10  |
| 109 | 109 | 3.60E-02 | 1.71E-10  | 152 | 152 | 5.03E-02 | 6.04E-08  |
| 110 | 110 | 3.63E-02 | -5.98E-08 | 153 | 153 | 5.07E-02 | 1.00E-07  |
| 111 | 111 | 3.67E-02 | -1.01E-07 | 154 | 154 | 5.10E-02 | 1.16E-07  |
| 112 | 112 | 3.70E-02 | -1.16E-07 | 155 | 155 | 5.13E-02 | 1.00E-07  |
| 113 | 113 | 3.73E-02 | -1.01E-07 | 156 | 156 | 5.17E-02 | 5.57E-08  |
| 114 | 114 | 3.77E-02 | -5.43E-08 | 157 | 157 | 5.20E-02 | 1.44E-09  |
| 115 | 115 | 3.80E-02 | -2.37E-09 | 158 | 158 | 5.23E-02 | -6.00E-08 |
| 116 | 116 | 3.83E-02 | 5.95E-08  | 159 | 159 | 5.27E-02 | -9.83E-08 |
| 117 | 117 | 3.87E-02 | 9.80E-08  | 160 | 160 | 5.30E-02 | -1.16E-07 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 161 | 161 | 5.33E-02 | -1.01E-07 | 204 | 204 | 6.77E-02 | 5.80E-08  |
| 162 | 162 | 5.37E-02 | -5.78E-08 | 205 | 205 | 6.80E-02 | 2.37E-09  |
| 163 | 163 | 5.40E-02 | -2.13E-09 | 206 | 206 | 6.83E-02 | -5.89E-08 |
| 164 | 164 | 5.43E-02 | 5.84E-08  | 207 | 207 | 6.87E-02 | -9.91E-08 |
| 165 | 165 | 5.47E-02 | 9.94E-08  | 208 | 208 | 6.90E-02 | -1.19E-07 |
| 166 | 166 | 5.50E-02 | 1.18E-07  | 209 | 209 | 6.93E-02 | -9.99E-08 |
| 167 | 167 | 5.53E-02 | 1.01E-07  | 210 | 210 | 6.97E-02 | -5.98E-08 |
| 168 | 168 | 5.57E-02 | 5.94E-08  | 211 | 211 | 7.00E-02 | 6.73E-10  |
| 169 | 169 | 5.60E-02 | 8.50E-10  | 212 | 212 | 7.03E-02 | 5.95E-08  |
| 170 | 170 | 5.63E-02 | -6.01E-08 | 213 | 213 | 7.07E-02 | 1.01E-07  |
| 171 | 171 | 5.67E-02 | -1.01E-07 | 214 | 214 | 7.10E-02 | 1.18E-07  |
| 172 | 172 | 5.70E-02 | -1.17E-07 | 215 | 215 | 7.13E-02 | 1.00E-07  |
| 173 | 173 | 5.73E-02 | -1.01E-07 | 216 | 216 | 7.17E-02 | 5.70E-08  |
| 174 | 174 | 5.77E-02 | -5.58E-08 | 217 | 217 | 7.20E-02 | 5.68E-10  |
| 175 | 175 | 5.80E-02 | -1.01E-09 | 218 | 218 | 7.23E-02 | -6.04E-08 |
| 176 | 176 | 5.83E-02 | 6.08E-08  | 219 | 219 | 7.27E-02 | -9.88E-08 |
| 177 | 177 | 5.87E-02 | 9.81E-08  | 220 | 220 | 7.30E-02 | -1.17E-07 |
| 178 | 178 | 5.90E-02 | 1.17E-07  | 221 | 221 | 7.33E-02 | -9.88E-08 |
| 179 | 179 | 5.93E-02 | 9.91E-08  | 222 | 222 | 7.37E-02 | -5.84E-08 |
| 180 | 180 | 5.97E-02 | 5.79E-08  | 223 | 223 | 7.40E-02 | -6.66E-10 |
| 181 | 181 | 6.00E-02 | 1.17E-09  | 224 | 224 | 7.43E-02 | 5.80E-08  |
| 182 | 182 | 6.03E-02 | -5.81E-08 | 225 | 225 | 7.47E-02 | 9.88E-08  |
| 183 | 183 | 6.07E-02 | -9.94E-08 | 226 | 226 | 7.50E-02 | 1.17E-07  |
| 184 | 184 | 6.10E-02 | -1.16E-07 | 227 | 227 | 7.53E-02 | 1.00E-07  |
| 185 | 185 | 6.13E-02 | -1.01E-07 | 228 | 228 | 7.57E-02 | 5.95E-08  |
| 186 | 186 | 6.17E-02 | -5.86E-08 | 229 | 229 | 7.60E-02 | 4.08E-10  |
| 187 | 187 | 6.20E-02 | -1.87E-09 | 230 | 230 | 7.63E-02 | -5.85E-08 |
| 188 | 188 | 6.23E-02 | 5.94E-08  | 231 | 231 | 7.67E-02 | -1.01E-07 |
| 189 | 189 | 6.27E-02 | 9.97E-08  | 232 | 232 | 7.70E-02 | -1.18E-07 |
| 190 | 190 | 6.30E-02 | 1.19E-07  | 233 | 233 | 7.73E-02 | -1.00E-07 |
| 191 | 191 | 6.33E-02 | 9.98E-08  | 234 | 234 | 7.77E-02 | -5.87E-08 |
| 192 | 192 | 6.37E-02 | 5.78E-08  | 235 | 235 | 7.80E-02 | -5.70E-11 |
| 193 | 193 | 6.40E-02 | 1.39E-11  | 236 | 236 | 7.83E-02 | 6.04E-08  |
| 194 | 194 | 6.43E-02 | -6.08E-08 | 237 | 237 | 7.87E-02 | 9.90E-08  |
| 195 | 195 | 6.47E-02 | -9.95E-08 | 238 | 238 | 7.90E-02 | 1.18E-07  |
| 196 | 196 | 6.50E-02 | -1.17E-07 | 239 | 239 | 7.93E-02 | 9.84E-08  |
| 197 | 197 | 6.53E-02 | -9.92E-08 | 240 | 240 | 7.97E-02 | 5.82E-08  |
| 198 | 198 | 6.57E-02 | -5.74E-08 | 241 | 241 | 8.00E-02 | -6.16E-10 |
| 199 | 199 | 6.60E-02 | -2.43E-10 | 242 | 242 | 8.03E-02 | -5.77E-08 |
| 200 | 200 | 6.63E-02 | 5.90E-08  | 243 | 243 | 8.07E-02 | -9.93E-08 |
| 201 | 201 | 6.67E-02 | 9.88E-08  | 244 | 244 | 8.10E-02 | -1.16E-07 |
| 202 | 202 | 6.70E-02 | 1.16E-07  | 245 | 245 | 8.13E-02 | -1.00E-07 |
| 203 | 203 | 6.73E-02 | 1.00E-07  | 246 | 246 | 8.17E-02 | -5.86E-08 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 247 | 247 | 8.20E-02 | -1.16E-09 |
| 248 | 248 | 8.23E-02 | 5.87E-08  |
| 249 | 249 | 8.27E-02 | 9.93E-08  |
| 250 | 250 | 8.30E-02 | 1.18E-07  |
| 251 | 251 | 8.33E-02 | 9.98E-08  |
| 252 | 252 | 8.37E-02 | 6.00E-08  |
| 253 | 253 | 8.40E-02 | -9.17E-10 |
| 254 | 254 | 8.43E-02 | -5.86E-08 |
| 255 | 255 | 8.47E-02 | -1.01E-07 |
| 256 | 256 | 8.50E-02 | -1.18E-07 |
| 257 | 257 | 8.53E-02 | -9.90E-08 |
| 258 | 258 | 8.57E-02 | -5.83E-08 |
| 259 | 259 | 8.60E-02 | 7.87E-10  |
| 260 | 260 | 8.63E-02 | 5.92E-08  |
| 261 | 261 | 8.67E-02 | 9.93E-08  |
| 262 | 262 | 8.70E-02 | 1.17E-07  |
| 263 | 263 | 8.73E-02 | 9.92E-08  |
| 264 | 264 | 8.77E-02 | 5.83E-08  |
| 265 | 265 | 8.80E-02 | 2.34E-10  |
| 266 | 266 | 8.83E-02 | -5.80E-08 |
| 267 | 267 | 8.87E-02 | -9.91E-08 |
| 268 | 268 | 8.90E-02 | -1.18E-07 |
| 269 | 269 | 8.93E-02 | -9.94E-08 |
| 270 | 270 | 8.97E-02 | -6.03E-08 |
| 271 | 271 | 9.00E-02 | 6.64E-10  |
| 272 | 272 | 9.03E-02 | 5.76E-08  |
| 273 | 273 | 9.07E-02 | 1.01E-07  |
| 274 | 274 | 9.10E-02 | 1.18E-07  |
| 275 | 275 | 9.13E-02 | 1.00E-07  |
| 276 | 276 | 9.17E-02 | 5.89E-08  |
| 277 | 277 | 9.20E-02 | -8.79E-10 |
| 278 | 278 | 9.23E-02 | -5.96E-08 |
| 279 | 279 | 9.27E-02 | -9.94E-08 |
| 280 | 280 | 9.30E-02 | -1.18E-07 |
| 281 | 281 | 9.33E-02 | -9.81E-08 |
| 282 | 282 | 9.37E-02 | -5.89E-08 |
| 283 | 283 | 9.40E-02 | 9.40E-10  |
| 284 | 284 | 9.43E-02 | 5.77E-08  |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | 1.00E-07  |
| 286 | 286 | 9.50E-02 | 1.16E-07  |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | 9.99E-08  |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | 5.95E-08  |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | -1.45E-10 |

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 290 | 290 | 9.63E-02 | -5.74E-08 |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | -1.00E-07 |
| 292 | 292 | 9.70E-02 | -1.18E-07 |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | -1.00E-07 |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | -5.98E-08 |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | 8.61E-10  |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | 5.85E-08  |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | 1.01E-07  |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | 1.18E-07  |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | 9.86E-08  |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | 5.95E-08  |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -1.91E-09 |

### Frekuensi 275 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -6.40E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -1.09E-07 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -1.15E-07 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -8.87E-08 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | -2.70E-08 |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | 3.88E-08  |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | 9.03E-08  |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | 1.18E-07  |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | 9.79E-08  |
| 11    | 11   | 3.33E-03         | 5.79E-08  |
| 12    | 12   | 3.67E-03         | -9.14E-09 |
| 13    | 13   | 4.00E-03         | -6.63E-08 |
| 14    | 14   | 4.33E-03         | -1.07E-07 |
| 15    | 15   | 4.67E-03         | -1.14E-07 |
| 16    | 16   | 5.00E-03         | -8.10E-08 |
| 17    | 17   | 5.33E-03         | -2.58E-08 |
| 18    | 18   | 5.67E-03         | 3.97E-08  |
| 19    | 19   | 6.00E-03         | 9.37E-08  |
| 20    | 20   | 6.33E-03         | 1.15E-07  |
| 21    | 21   | 6.67E-03         | 1.04E-07  |
| 22    | 22   | 7.00E-03         | 5.33E-08  |
| 23    | 23   | 7.33E-03         | -8.85E-09 |
| 24    | 24   | 7.67E-03         | -7.52E-08 |
| 25    | 25   | 8.00E-03         | -1.10E-07 |

|    |    |          |           |     |     |          |           |
|----|----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 26 | 26 | 8.33E-03 | -1.16E-07 | 69  | 69  | 2.27E-02 | -1.15E-07 |
| 27 | 27 | 8.67E-03 | -8.00E-08 | 70  | 70  | 2.30E-02 | -1.06E-07 |
| 28 | 28 | 9.00E-03 | -1.57E-08 | 71  | 71  | 2.33E-02 | -5.70E-08 |
| 29 | 29 | 9.33E-03 | 4.75E-08  | 72  | 72  | 2.37E-02 | 1.20E-09  |
| 30 | 30 | 9.67E-03 | 1.02E-07  | 73  | 73  | 2.40E-02 | 7.03E-08  |
| 31 | 31 | 1.00E-02 | 1.16E-07  | 74  | 74  | 2.43E-02 | 1.08E-07  |
| 32 | 32 | 1.03E-02 | 9.60E-08  | 75  | 75  | 2.47E-02 | 1.15E-07  |
| 33 | 33 | 1.07E-02 | 4.73E-08  | 76  | 76  | 2.50E-02 | 8.46E-08  |
| 34 | 34 | 1.10E-02 | -2.15E-08 | 77  | 77  | 2.53E-02 | 2.39E-08  |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | -7.65E-08 | 78  | 78  | 2.57E-02 | -4.15E-08 |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | -1.12E-07 | 79  | 79  | 2.60E-02 | -9.62E-08 |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | -1.09E-07 | 80  | 80  | 2.63E-02 | -1.19E-07 |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | -7.16E-08 | 81  | 81  | 2.67E-02 | -1.01E-07 |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | -1.36E-08 | 82  | 82  | 2.70E-02 | -5.33E-08 |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | 5.47E-08  | 83  | 83  | 2.73E-02 | 1.62E-08  |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | 9.68E-08  | 84  | 84  | 2.77E-02 | 7.19E-08  |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | 1.16E-07  | 85  | 85  | 2.80E-02 | 1.12E-07  |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | 9.21E-08  | 86  | 86  | 2.83E-02 | 1.09E-07  |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | 4.42E-08  | 87  | 87  | 2.87E-02 | 7.75E-08  |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | -2.23E-08 | 88  | 88  | 2.90E-02 | 1.68E-08  |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | -8.13E-08 | 89  | 89  | 2.93E-02 | -4.75E-08 |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | -1.14E-07 | 90  | 90  | 2.97E-02 | -9.52E-08 |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | -1.12E-07 | 91  | 91  | 3.00E-02 | -1.17E-07 |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | -6.98E-08 | 92  | 92  | 3.03E-02 | -9.57E-08 |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | -6.34E-09 | 93  | 93  | 3.07E-02 | -4.75E-08 |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | 5.74E-08  | 94  | 94  | 3.10E-02 | 1.60E-08  |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | 1.08E-07  | 95  | 95  | 3.13E-02 | 7.85E-08  |
| 53 | 53 | 1.73E-02 | 1.14E-07  | 96  | 96  | 3.17E-02 | 1.09E-07  |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | 9.32E-08  | 97  | 97  | 3.20E-02 | 1.13E-07  |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | 3.35E-08  | 98  | 98  | 3.23E-02 | 7.48E-08  |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | -3.10E-08 | 99  | 99  | 3.27E-02 | 1.37E-08  |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | -8.86E-08 | 100 | 100 | 3.30E-02 | -5.20E-08 |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | -1.17E-07 | 101 | 101 | 3.33E-02 | -1.03E-07 |
| 59 | 59 | 1.93E-02 | -1.04E-07 | 102 | 102 | 3.37E-02 | -1.16E-07 |
| 60 | 60 | 1.97E-02 | -6.27E-08 | 103 | 103 | 3.40E-02 | -9.71E-08 |
| 61 | 61 | 2.00E-02 | 2.87E-09  | 104 | 104 | 3.43E-02 | -3.97E-08 |
| 62 | 62 | 2.03E-02 | 6.39E-08  | 105 | 105 | 3.47E-02 | 2.43E-08  |
| 63 | 63 | 2.07E-02 | 1.05E-07  | 106 | 106 | 3.50E-02 | 8.43E-08  |
| 64 | 64 | 2.10E-02 | 1.14E-07  | 107 | 107 | 3.53E-02 | 1.15E-07  |
| 65 | 65 | 2.13E-02 | 8.47E-08  | 108 | 108 | 3.57E-02 | 1.08E-07  |
| 66 | 66 | 2.17E-02 | 3.25E-08  | 109 | 109 | 3.60E-02 | 6.87E-08  |
| 67 | 67 | 2.20E-02 | -3.53E-08 | 110 | 110 | 3.63E-02 | 4.22E-09  |
| 68 | 68 | 2.23E-02 | -8.77E-08 | 111 | 111 | 3.67E-02 | -5.88E-08 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 112 | 112 | 3.70E-02 | -1.03E-07 | 155 | 155 | 5.13E-02 | -7.88E-08 |
| 113 | 113 | 3.73E-02 | -1.17E-07 | 156 | 156 | 5.17E-02 | -1.15E-07 |
| 114 | 114 | 3.77E-02 | -8.62E-08 | 157 | 157 | 5.20E-02 | -1.09E-07 |
| 115 | 115 | 3.80E-02 | -3.86E-08 | 158 | 158 | 5.23E-02 | -7.53E-08 |
| 116 | 116 | 3.83E-02 | 3.17E-08  | 159 | 159 | 5.27E-02 | -9.55E-09 |
| 117 | 117 | 3.87E-02 | 8.36E-08  | 160 | 160 | 5.30E-02 | 5.32E-08  |
| 118 | 118 | 3.90E-02 | 1.13E-07  | 161 | 161 | 5.33E-02 | 1.01E-07  |
| 119 | 119 | 3.93E-02 | 1.06E-07  | 162 | 162 | 5.37E-02 | 1.17E-07  |
| 120 | 120 | 3.97E-02 | 6.35E-08  | 163 | 163 | 5.40E-02 | 9.19E-08  |
| 121 | 121 | 4.00E-02 | 1.78E-09  | 164 | 164 | 5.43E-02 | 4.21E-08  |
| 122 | 122 | 4.03E-02 | -6.29E-08 | 165 | 165 | 5.47E-02 | -2.57E-08 |
| 123 | 123 | 4.07E-02 | -1.06E-07 | 166 | 166 | 5.50E-02 | -8.04E-08 |
| 124 | 124 | 4.10E-02 | -1.16E-07 | 167 | 167 | 5.53E-02 | -1.14E-07 |
| 125 | 125 | 4.13E-02 | -8.86E-08 | 168 | 168 | 5.57E-02 | -1.07E-07 |
| 126 | 126 | 4.17E-02 | -2.96E-08 | 169 | 169 | 5.60E-02 | -6.76E-08 |
| 127 | 127 | 4.20E-02 | 3.42E-08  | 170 | 170 | 5.63E-02 | -8.23E-09 |
| 128 | 128 | 4.23E-02 | 9.33E-08  | 171 | 171 | 5.67E-02 | 5.85E-08  |
| 129 | 129 | 4.27E-02 | 1.16E-07  | 172 | 172 | 5.70E-02 | 1.03E-07  |
| 130 | 130 | 4.30E-02 | 1.05E-07  | 173 | 173 | 5.73E-02 | 1.16E-07  |
| 131 | 131 | 4.33E-02 | 5.88E-08  | 174 | 174 | 5.77E-02 | 9.32E-08  |
| 132 | 132 | 4.37E-02 | -8.71E-09 | 175 | 175 | 5.80E-02 | 3.49E-08  |
| 133 | 133 | 4.40E-02 | -6.79E-08 | 176 | 176 | 5.83E-02 | -2.73E-08 |
| 134 | 134 | 4.43E-02 | -1.12E-07 | 177 | 177 | 5.87E-02 | -8.95E-08 |
| 135 | 135 | 4.47E-02 | -1.11E-07 | 178 | 178 | 5.90E-02 | -1.14E-07 |
| 136 | 136 | 4.50E-02 | -8.13E-08 | 179 | 179 | 5.93E-02 | -1.08E-07 |
| 137 | 137 | 4.53E-02 | -2.31E-08 | 180 | 180 | 5.97E-02 | -6.37E-08 |
| 138 | 138 | 4.57E-02 | 4.35E-08  | 181 | 181 | 6.00E-02 | 1.29E-09  |
| 139 | 139 | 4.60E-02 | 9.25E-08  | 182 | 182 | 6.03E-02 | 6.36E-08  |
| 140 | 140 | 4.63E-02 | 1.16E-07  | 183 | 183 | 6.07E-02 | 1.08E-07  |
| 141 | 141 | 4.67E-02 | 1.00E-07  | 184 | 184 | 6.10E-02 | 1.16E-07  |
| 142 | 142 | 4.70E-02 | 5.22E-08  | 185 | 185 | 6.13E-02 | 8.58E-08  |
| 143 | 143 | 4.73E-02 | -1.02E-08 | 186 | 186 | 6.17E-02 | 2.97E-08  |
| 144 | 144 | 4.77E-02 | -7.37E-08 | 187 | 187 | 6.20E-02 | -3.81E-08 |
| 145 | 145 | 4.80E-02 | -1.08E-07 | 188 | 188 | 6.23E-02 | -8.92E-08 |
| 146 | 146 | 4.83E-02 | -1.15E-07 | 189 | 189 | 6.27E-02 | -1.17E-07 |
| 147 | 147 | 4.87E-02 | -7.64E-08 | 190 | 190 | 6.30E-02 | -1.01E-07 |
| 148 | 148 | 4.90E-02 | -2.12E-08 | 191 | 191 | 6.33E-02 | -5.92E-08 |
| 149 | 149 | 4.93E-02 | 4.68E-08  | 192 | 192 | 6.37E-02 | 5.75E-09  |
| 150 | 150 | 4.97E-02 | 9.80E-08  | 193 | 193 | 6.40E-02 | 6.85E-08  |
| 151 | 151 | 5.00E-02 | 1.17E-07  | 194 | 194 | 6.43E-02 | 1.06E-07  |
| 152 | 152 | 5.03E-02 | 1.00E-07  | 195 | 195 | 6.47E-02 | 1.15E-07  |
| 153 | 153 | 5.07E-02 | 4.70E-08  | 196 | 196 | 6.50E-02 | 8.12E-08  |
| 154 | 154 | 5.10E-02 | -1.86E-08 | 197 | 197 | 6.53E-02 | 2.59E-08  |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 198 | 198 | 6.57E-02 | -4.09E-08 | 241 | 241 | 8.00E-02 | -6.81E-10 |
| 199 | 199 | 6.60E-02 | -9.46E-08 | 242 | 242 | 8.03E-02 | -6.30E-08 |
| 200 | 200 | 6.63E-02 | -1.15E-07 | 243 | 243 | 8.07E-02 | -1.05E-07 |
| 201 | 201 | 6.67E-02 | -1.03E-07 | 244 | 244 | 8.10E-02 | -1.15E-07 |
| 202 | 202 | 6.70E-02 | -5.31E-08 | 245 | 245 | 8.13E-02 | -8.58E-08 |
| 203 | 203 | 6.73E-02 | 1.17E-08  | 246 | 246 | 8.17E-02 | -3.07E-08 |
| 204 | 204 | 6.77E-02 | 7.32E-08  | 247 | 247 | 8.20E-02 | 3.47E-08  |
| 205 | 205 | 6.80E-02 | 1.13E-07  | 248 | 248 | 8.23E-02 | 9.11E-08  |
| 206 | 206 | 6.83E-02 | 1.12E-07  | 249 | 249 | 8.27E-02 | 1.14E-07  |
| 207 | 207 | 6.87E-02 | 7.98E-08  | 250 | 250 | 8.30E-02 | 1.06E-07  |
| 208 | 208 | 6.90E-02 | 1.57E-08  | 251 | 251 | 8.33E-02 | 5.72E-08  |
| 209 | 209 | 6.93E-02 | -4.64E-08 | 252 | 252 | 8.37E-02 | -4.09E-09 |
| 210 | 210 | 6.97E-02 | -9.95E-08 | 253 | 253 | 8.40E-02 | -6.95E-08 |
| 211 | 211 | 7.00E-02 | -1.16E-07 | 254 | 254 | 8.43E-02 | -1.09E-07 |
| 212 | 212 | 7.03E-02 | -9.63E-08 | 255 | 255 | 8.47E-02 | -1.14E-07 |
| 213 | 213 | 7.07E-02 | -4.76E-08 | 256 | 256 | 8.50E-02 | -8.46E-08 |
| 214 | 214 | 7.10E-02 | 2.01E-08  | 257 | 257 | 8.53E-02 | -2.23E-08 |
| 215 | 215 | 7.13E-02 | 7.72E-08  | 258 | 258 | 8.57E-02 | 4.16E-08  |
| 216 | 216 | 7.17E-02 | 1.11E-07  | 259 | 259 | 8.60E-02 | 9.51E-08  |
| 217 | 217 | 7.20E-02 | 1.11E-07  | 260 | 260 | 8.63E-02 | 1.17E-07  |
| 218 | 218 | 7.23E-02 | 7.09E-08  | 261 | 261 | 8.67E-02 | 9.93E-08  |
| 219 | 219 | 7.27E-02 | 1.44E-08  | 262 | 262 | 8.70E-02 | 5.33E-08  |
| 220 | 220 | 7.30E-02 | -5.40E-08 | 263 | 263 | 8.73E-02 | -1.39E-08 |
| 221 | 221 | 7.33E-02 | -9.88E-08 | 264 | 264 | 8.77E-02 | -7.31E-08 |
| 222 | 222 | 7.37E-02 | -1.17E-07 | 265 | 265 | 8.80E-02 | -1.11E-07 |
| 223 | 223 | 7.40E-02 | -9.50E-08 | 266 | 266 | 8.83E-02 | -1.12E-07 |
| 224 | 224 | 7.43E-02 | -4.19E-08 | 267 | 267 | 8.87E-02 | -7.62E-08 |
| 225 | 225 | 7.47E-02 | 2.21E-08  | 268 | 268 | 8.90E-02 | -2.00E-08 |
| 226 | 226 | 7.50E-02 | 8.35E-08  | 269 | 269 | 8.93E-02 | 4.88E-08  |
| 227 | 227 | 7.53E-02 | 1.14E-07  | 270 | 270 | 8.97E-02 | 9.53E-08  |
| 228 | 228 | 7.57E-02 | 1.10E-07  | 271 | 271 | 9.00E-02 | 1.17E-07  |
| 229 | 229 | 7.60E-02 | 6.89E-08  | 272 | 272 | 9.03E-02 | 9.71E-08  |
| 230 | 230 | 7.63E-02 | 5.67E-09  | 273 | 273 | 9.07E-02 | 4.78E-08  |
| 231 | 231 | 7.67E-02 | -5.80E-08 | 274 | 274 | 9.10E-02 | -1.68E-08 |
| 232 | 232 | 7.70E-02 | -1.06E-07 | 275 | 275 | 9.13E-02 | -7.85E-08 |
| 233 | 233 | 7.73E-02 | -1.15E-07 | 276 | 276 | 9.17E-02 | -1.12E-07 |
| 234 | 234 | 7.77E-02 | -9.11E-08 | 277 | 277 | 9.20E-02 | -1.12E-07 |
| 235 | 235 | 7.80E-02 | -3.61E-08 | 278 | 278 | 9.23E-02 | -7.49E-08 |
| 236 | 236 | 7.83E-02 | 3.26E-08  | 279 | 279 | 9.27E-02 | -1.08E-08 |
| 237 | 237 | 7.87E-02 | 8.47E-08  | 280 | 280 | 9.30E-02 | 5.09E-08  |
| 238 | 238 | 7.90E-02 | 1.17E-07  | 281 | 281 | 9.33E-02 | 1.04E-07  |
| 239 | 239 | 7.93E-02 | 1.04E-07  | 282 | 282 | 9.37E-02 | 1.16E-07  |
| 240 | 240 | 7.97E-02 | 6.35E-08  | 283 | 283 | 9.40E-02 | 9.53E-08  |

Universitas Indonesia



|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 284 | 284 | 9.43E-02 | 4.13E-08  |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | -2.50E-08 |
| 286 | 286 | 9.50E-02 | -8.23E-08 |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | -1.15E-07 |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | -1.07E-07 |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | -6.87E-08 |
| 290 | 290 | 9.63E-02 | -5.25E-09 |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | 5.89E-08  |
| 292 | 292 | 9.70E-02 | 1.02E-07  |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | 1.16E-07  |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | 8.87E-08  |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | 3.70E-08  |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | -2.98E-08 |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | -8.67E-08 |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | -1.13E-07 |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | -1.09E-07 |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | -6.20E-08 |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -2.11E-09 |

|    |    |          |           |
|----|----|----------|-----------|
| 20 | 20 | 6.33E-03 | 6.69E-08  |
| 21 | 21 | 6.67E-03 | 3.68E-09  |
| 22 | 22 | 7.00E-03 | -6.82E-08 |
| 23 | 23 | 7.33E-03 | -1.07E-07 |
| 24 | 24 | 7.67E-03 | -1.13E-07 |
| 25 | 25 | 8.00E-03 | -6.77E-08 |
| 26 | 26 | 8.33E-03 | -3.77E-09 |
| 27 | 27 | 8.67E-03 | 6.65E-08  |
| 28 | 28 | 9.00E-03 | 1.14E-07  |
| 29 | 29 | 9.33E-03 | 1.11E-07  |
| 30 | 30 | 9.67E-03 | 7.35E-08  |
| 31 | 31 | 1.00E-02 | -7.08E-11 |
| 32 | 32 | 1.03E-02 | -7.05E-08 |
| 33 | 33 | 1.07E-02 | -1.11E-07 |
| 34 | 34 | 1.10E-02 | -1.15E-07 |
| 35 | 35 | 1.13E-02 | -6.70E-08 |
| 36 | 36 | 1.17E-02 | 8.13E-11  |
| 37 | 37 | 1.20E-02 | 7.10E-08  |
| 38 | 38 | 1.23E-02 | 1.13E-07  |
| 39 | 39 | 1.27E-02 | 1.10E-07  |
| 40 | 40 | 1.30E-02 | 7.06E-08  |
| 41 | 41 | 1.33E-02 | -4.48E-09 |
| 42 | 42 | 1.37E-02 | -6.90E-08 |
| 43 | 43 | 1.40E-02 | -1.13E-07 |
| 44 | 44 | 1.43E-02 | -1.08E-07 |
| 45 | 45 | 1.47E-02 | -6.65E-08 |
| 46 | 46 | 1.50E-02 | 1.21E-09  |
| 47 | 47 | 1.53E-02 | 6.90E-08  |
| 48 | 48 | 1.57E-02 | 1.08E-07  |
| 49 | 49 | 1.60E-02 | 1.10E-07  |
| 50 | 50 | 1.63E-02 | 6.84E-08  |
| 51 | 51 | 1.67E-02 | -9.46E-10 |
| 52 | 52 | 1.70E-02 | -6.40E-08 |
| 53 | 53 | 1.73E-02 | -1.13E-07 |
| 54 | 54 | 1.77E-02 | -1.08E-07 |
| 55 | 55 | 1.80E-02 | -7.14E-08 |
| 56 | 56 | 1.83E-02 | -9.03E-10 |
| 57 | 57 | 1.87E-02 | 6.65E-08  |
| 58 | 58 | 1.90E-02 | 1.09E-07  |
| 59 | 59 | 1.93E-02 | 1.13E-07  |
| 60 | 60 | 1.97E-02 | 6.95E-08  |
| 61 | 61 | 2.00E-02 | 3.14E-09  |
| 62 | 62 | 2.03E-02 | -6.81E-08 |

### Frekuensi 300 Hz

| Point | Step | Dynamic time [s] | Uy [m]    |
|-------|------|------------------|-----------|
| 0     | 0    | 0.00E+00         | 0.00E+00  |
| 1     | 1    | 0.00E+00         | -4.22E-16 |
| 2     | 2    | 3.33E-04         | -6.92E-08 |
| 3     | 3    | 6.67E-04         | -1.14E-07 |
| 4     | 4    | 1.00E-03         | -1.11E-07 |
| 5     | 5    | 1.33E-03         | -7.10E-08 |
| 6     | 6    | 1.67E-03         | 3.45E-09  |
| 7     | 7    | 2.00E-03         | 7.17E-08  |
| 8     | 8    | 2.33E-03         | 1.11E-07  |
| 9     | 9    | 2.67E-03         | 1.13E-07  |
| 10    | 10   | 3.00E-03         | 6.22E-08  |
| 11    | 11   | 3.33E-03         | -3.36E-10 |
| 12    | 12   | 3.67E-03         | -7.20E-08 |
| 13    | 13   | 4.00E-03         | -1.09E-07 |
| 14    | 14   | 4.33E-03         | -1.09E-07 |
| 15    | 15   | 4.67E-03         | -6.86E-08 |
| 16    | 16   | 5.00E-03         | 1.52E-09  |
| 17    | 17   | 5.33E-03         | 6.69E-08  |
| 18    | 18   | 5.67E-03         | 1.09E-07  |
| 19    | 19   | 6.00E-03         | 1.10E-07  |

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 63  | 63  | 2.07E-02 | -1.13E-07 | 106 | 106 | 3.50E-02 | 2.10E-09  |
| 64  | 64  | 2.10E-02 | -1.12E-07 | 107 | 107 | 3.53E-02 | 7.02E-08  |
| 65  | 65  | 2.13E-02 | -7.08E-08 | 108 | 108 | 3.57E-02 | 1.10E-07  |
| 66  | 66  | 2.17E-02 | 2.61E-09  | 109 | 109 | 3.60E-02 | 1.11E-07  |
| 67  | 67  | 2.20E-02 | 6.95E-08  | 110 | 110 | 3.63E-02 | 6.66E-08  |
| 68  | 68  | 2.23E-02 | 1.14E-07  | 111 | 111 | 3.67E-02 | -5.94E-10 |
| 69  | 69  | 2.27E-02 | 1.12E-07  | 112 | 112 | 3.70E-02 | -6.77E-08 |
| 70  | 70  | 2.30E-02 | 6.68E-08  | 113 | 113 | 3.73E-02 | -1.12E-07 |
| 71  | 71  | 2.33E-02 | 1.43E-09  | 114 | 114 | 3.77E-02 | -1.06E-07 |
| 72  | 72  | 2.37E-02 | -7.40E-08 | 115 | 115 | 3.80E-02 | -7.15E-08 |
| 73  | 73  | 2.40E-02 | -1.09E-07 | 116 | 116 | 3.83E-02 | 1.66E-09  |
| 74  | 74  | 2.43E-02 | -1.12E-07 | 117 | 117 | 3.87E-02 | 6.53E-08  |
| 75  | 75  | 2.47E-02 | -6.73E-08 | 118 | 118 | 3.90E-02 | 1.09E-07  |
| 76  | 76  | 2.50E-02 | 2.40E-09  | 119 | 119 | 3.93E-02 | 1.11E-07  |
| 77  | 77  | 2.53E-02 | 6.83E-08  | 120 | 120 | 3.97E-02 | 6.87E-08  |
| 78  | 78  | 2.57E-02 | 1.11E-07  | 121 | 121 | 4.00E-02 | 1.95E-09  |
| 79  | 79  | 2.60E-02 | 1.09E-07  | 122 | 122 | 4.03E-02 | -6.81E-08 |
| 80  | 80  | 2.63E-02 | 6.62E-08  | 123 | 123 | 4.07E-02 | -1.11E-07 |
| 81  | 81  | 2.67E-02 | 2.38E-10  | 124 | 124 | 4.10E-02 | -1.12E-07 |
| 82  | 82  | 2.70E-02 | -6.91E-08 | 125 | 125 | 4.13E-02 | -7.09E-08 |
| 83  | 83  | 2.73E-02 | -1.07E-07 | 126 | 126 | 4.17E-02 | 5.73E-10  |
| 84  | 84  | 2.77E-02 | -1.13E-07 | 127 | 127 | 4.20E-02 | 6.66E-08  |
| 85  | 85  | 2.80E-02 | -6.72E-08 | 128 | 128 | 4.23E-02 | 1.14E-07  |
| 86  | 86  | 2.83E-02 | -3.64E-09 | 129 | 129 | 4.27E-02 | 1.11E-07  |
| 87  | 87  | 2.87E-02 | 6.81E-08  | 130 | 130 | 4.30E-02 | 6.99E-08  |
| 88  | 88  | 2.90E-02 | 1.09E-07  | 131 | 131 | 4.33E-02 | 6.20E-10  |
| 89  | 89  | 2.93E-02 | 1.11E-07  | 132 | 132 | 4.37E-02 | -7.15E-08 |
| 90  | 90  | 2.97E-02 | 7.15E-08  | 133 | 133 | 4.40E-02 | -1.10E-07 |
| 91  | 91  | 3.00E-02 | -5.42E-10 | 134 | 134 | 4.43E-02 | -1.15E-07 |
| 92  | 92  | 3.03E-02 | -6.64E-08 | 135 | 135 | 4.47E-02 | -6.58E-08 |
| 93  | 93  | 3.07E-02 | -1.11E-07 | 136 | 136 | 4.50E-02 | 1.24E-09  |
| 94  | 94  | 3.10E-02 | -1.14E-07 | 137 | 137 | 4.53E-02 | 6.99E-08  |
| 95  | 95  | 3.13E-02 | -6.81E-08 | 138 | 138 | 4.57E-02 | 1.13E-07  |
| 96  | 96  | 3.17E-02 | -3.49E-09 | 139 | 139 | 4.60E-02 | 1.09E-07  |
| 97  | 97  | 3.20E-02 | 7.13E-08  | 140 | 140 | 4.63E-02 | 6.83E-08  |
| 98  | 98  | 3.23E-02 | 1.13E-07  | 141 | 141 | 4.67E-02 | -7.15E-10 |
| 99  | 99  | 3.27E-02 | 1.13E-07  | 142 | 142 | 4.70E-02 | -6.94E-08 |
| 100 | 100 | 3.30E-02 | 6.97E-08  | 143 | 143 | 4.73E-02 | -1.09E-07 |
| 101 | 101 | 3.33E-02 | -2.69E-09 | 144 | 144 | 4.77E-02 | -1.12E-07 |
| 102 | 102 | 3.37E-02 | -6.84E-08 | 145 | 145 | 4.80E-02 | -6.57E-08 |
| 103 | 103 | 3.40E-02 | -1.14E-07 | 146 | 146 | 4.83E-02 | -2.45E-09 |
| 104 | 104 | 3.43E-02 | -1.09E-07 | 147 | 147 | 4.87E-02 | 7.04E-08  |
| 105 | 105 | 3.47E-02 | -6.86E-08 | 148 | 148 | 4.90E-02 | 1.08E-07  |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|
| 149 | 149 | 4.93E-02 | 1.10E-07  | 192 | 192 | 6.37E-02 | -6.90E-08 |
| 150 | 150 | 4.97E-02 | 6.89E-08  | 193 | 193 | 6.40E-02 | -1.11E-07 |
| 151 | 151 | 5.00E-02 | 2.02E-10  | 194 | 194 | 6.43E-02 | -1.14E-07 |
| 152 | 152 | 5.03E-02 | -6.59E-08 | 195 | 195 | 6.47E-02 | -6.72E-08 |
| 153 | 153 | 5.07E-02 | -1.11E-07 | 196 | 196 | 6.50E-02 | -1.31E-09 |
| 154 | 154 | 5.10E-02 | -1.11E-07 | 197 | 197 | 6.53E-02 | 7.04E-08  |
| 155 | 155 | 5.13E-02 | -6.95E-08 | 198 | 198 | 6.57E-02 | 1.12E-07  |
| 156 | 156 | 5.17E-02 | -2.96E-09 | 199 | 199 | 6.60E-02 | 1.11E-07  |
| 157 | 157 | 5.20E-02 | 7.04E-08  | 200 | 200 | 6.63E-02 | 6.97E-08  |
| 158 | 158 | 5.23E-02 | 1.09E-07  | 201 | 201 | 6.67E-02 | -2.28E-09 |
| 159 | 159 | 5.27E-02 | 1.14E-07  | 202 | 202 | 6.70E-02 | -6.89E-08 |
| 160 | 160 | 5.30E-02 | 6.90E-08  | 203 | 203 | 6.73E-02 | -1.12E-07 |
| 161 | 161 | 5.33E-02 | -3.63E-10 | 204 | 204 | 6.77E-02 | -1.11E-07 |
| 162 | 162 | 5.37E-02 | -6.82E-08 | 205 | 205 | 6.80E-02 | -6.58E-08 |
| 163 | 163 | 5.40E-02 | -1.14E-07 | 206 | 206 | 6.83E-02 | -8.97E-10 |
| 164 | 164 | 5.43E-02 | -1.11E-07 | 207 | 207 | 6.87E-02 | 7.07E-08  |
| 165 | 165 | 5.47E-02 | -7.02E-08 | 208 | 208 | 6.90E-02 | 1.08E-07  |
| 166 | 166 | 5.50E-02 | 2.21E-09  | 209 | 209 | 6.93E-02 | 1.12E-07  |
| 167 | 167 | 5.53E-02 | 6.91E-08  | 210 | 210 | 6.97E-02 | 6.67E-08  |
| 168 | 168 | 5.57E-02 | 1.13E-07  | 211 | 211 | 7.00E-02 | 8.09E-10  |
| 169 | 169 | 5.60E-02 | 1.12E-07  | 212 | 212 | 7.03E-02 | -6.70E-08 |
| 170 | 170 | 5.63E-02 | 6.63E-08  | 213 | 213 | 7.07E-02 | -1.11E-07 |
| 171 | 171 | 5.67E-02 | 2.41E-10  | 214 | 214 | 7.10E-02 | -1.09E-07 |
| 172 | 172 | 5.70E-02 | -7.00E-08 | 215 | 215 | 7.13E-02 | -6.95E-08 |
| 173 | 173 | 5.73E-02 | -1.11E-07 | 216 | 216 | 7.17E-02 | -1.41E-09 |
| 174 | 174 | 5.77E-02 | -1.08E-07 | 217 | 217 | 7.20E-02 | 6.93E-08  |
| 175 | 175 | 5.80E-02 | -6.99E-08 | 218 | 218 | 7.23E-02 | 1.08E-07  |
| 176 | 176 | 5.83E-02 | 3.16E-09  | 219 | 219 | 7.27E-02 | 1.13E-07  |
| 177 | 177 | 5.87E-02 | 6.54E-08  | 220 | 220 | 7.30E-02 | 6.74E-08  |
| 178 | 178 | 5.90E-02 | 1.12E-07  | 221 | 221 | 7.33E-02 | 2.28E-09  |
| 179 | 179 | 5.93E-02 | 1.09E-07  | 222 | 222 | 7.37E-02 | -6.90E-08 |
| 180 | 180 | 5.97E-02 | 6.83E-08  | 223 | 223 | 7.40E-02 | -1.12E-07 |
| 181 | 181 | 6.00E-02 | 1.42E-09  | 224 | 224 | 7.43E-02 | -1.11E-07 |
| 182 | 182 | 6.03E-02 | -6.86E-08 | 225 | 225 | 7.47E-02 | -7.10E-08 |
| 183 | 183 | 6.07E-02 | -1.09E-07 | 226 | 226 | 7.50E-02 | 1.21E-09  |
| 184 | 184 | 6.10E-02 | -1.11E-07 | 227 | 227 | 7.53E-02 | 6.83E-08  |
| 185 | 185 | 6.13E-02 | -6.95E-08 | 228 | 228 | 7.57E-02 | 1.13E-07  |
| 186 | 186 | 6.17E-02 | -5.53E-10 | 229 | 229 | 7.60E-02 | 1.12E-07  |
| 187 | 187 | 6.20E-02 | 6.64E-08  | 230 | 230 | 7.63E-02 | 6.82E-08  |
| 188 | 188 | 6.23E-02 | 1.13E-07  | 231 | 231 | 7.67E-02 | 2.88E-10  |
| 189 | 189 | 6.27E-02 | 1.10E-07  | 232 | 232 | 7.70E-02 | -7.11E-08 |
| 190 | 190 | 6.30E-02 | 7.19E-08  | 233 | 233 | 7.73E-02 | -1.10E-07 |
| 191 | 191 | 6.33E-02 | -1.07E-09 | 234 | 234 | 7.77E-02 | -1.12E-07 |

Universitas Indonesia

|     |     |          |           |
|-----|-----|----------|-----------|
| 235 | 235 | 7.80E-02 | -6.87E-08 |
| 236 | 236 | 7.83E-02 | 2.69E-09  |
| 237 | 237 | 7.87E-02 | 6.65E-08  |
| 238 | 238 | 7.90E-02 | 1.14E-07  |
| 239 | 239 | 7.93E-02 | 1.08E-07  |
| 240 | 240 | 7.97E-02 | 6.87E-08  |
| 241 | 241 | 8.00E-02 | -7.46E-10 |
| 242 | 242 | 8.03E-02 | -6.82E-08 |
| 243 | 243 | 8.07E-02 | -1.09E-07 |
| 244 | 244 | 8.10E-02 | -1.11E-07 |
| 245 | 245 | 8.13E-02 | -6.78E-08 |
| 246 | 246 | 8.17E-02 | -5.51E-10 |
| 247 | 247 | 8.20E-02 | 6.72E-08  |
| 248 | 248 | 8.23E-02 | 1.12E-07  |
| 249 | 249 | 8.27E-02 | 1.09E-07  |
| 250 | 250 | 8.30E-02 | 7.13E-08  |
| 251 | 251 | 8.33E-02 | -1.16E-09 |
| 252 | 252 | 8.37E-02 | -6.64E-08 |
| 253 | 253 | 8.40E-02 | -1.12E-07 |
| 254 | 254 | 8.43E-02 | -1.12E-07 |
| 255 | 255 | 8.47E-02 | -6.84E-08 |
| 256 | 256 | 8.50E-02 | -2.43E-09 |
| 257 | 257 | 8.53E-02 | 7.07E-08  |
| 258 | 258 | 8.57E-02 | 1.11E-07  |
| 259 | 259 | 8.60E-02 | 1.12E-07  |
| 260 | 260 | 8.63E-02 | 6.99E-08  |
| 261 | 261 | 8.67E-02 | -1.74E-09 |
| 262 | 262 | 8.70E-02 | -6.82E-08 |
| 263 | 263 | 8.73E-02 | -1.13E-07 |
| 264 | 264 | 8.77E-02 | -1.11E-07 |
| 265 | 265 | 8.80E-02 | -6.84E-08 |
| 266 | 266 | 8.83E-02 | 1.22E-10  |
| 267 | 267 | 8.87E-02 | 7.06E-08  |
| 268 | 268 | 8.90E-02 | 1.09E-07  |
| 269 | 269 | 8.93E-02 | 1.13E-07  |
| 270 | 270 | 8.97E-02 | 6.60E-08  |
| 271 | 271 | 9.00E-02 | 8.14E-10  |
| 272 | 272 | 9.03E-02 | -6.94E-08 |
| 273 | 273 | 9.07E-02 | -1.11E-07 |
| 274 | 274 | 9.10E-02 | -1.09E-07 |
| 275 | 275 | 9.13E-02 | -6.92E-08 |
| 276 | 276 | 9.17E-02 | 9.71E-10  |
| 277 | 277 | 9.20E-02 | 6.76E-08  |
| 278 | 278 | 9.23E-02 | 1.09E-07  |
| 279 | 279 | 9.27E-02 | 1.13E-07  |
| 280 | 280 | 9.30E-02 | 6.65E-08  |
| 281 | 281 | 9.33E-02 | 3.13E-09  |
| 282 | 282 | 9.37E-02 | -6.95E-08 |
| 283 | 283 | 9.40E-02 | -1.10E-07 |
| 284 | 284 | 9.43E-02 | -1.12E-07 |
| 285 | 285 | 9.47E-02 | -6.95E-08 |
| 286 | 286 | 9.50E-02 | 1.55E-10  |
| 287 | 287 | 9.53E-02 | 6.76E-08  |
| 288 | 288 | 9.57E-02 | 1.13E-07  |
| 289 | 289 | 9.60E-02 | 1.11E-07  |
| 290 | 290 | 9.63E-02 | 6.96E-08  |
| 291 | 291 | 9.67E-02 | 7.20E-10  |
| 292 | 292 | 9.70E-02 | -7.03E-08 |
| 293 | 293 | 9.73E-02 | -1.10E-07 |
| 294 | 294 | 9.77E-02 | -1.13E-07 |
| 295 | 295 | 9.80E-02 | -6.76E-08 |
| 296 | 296 | 9.83E-02 | 3.74E-10  |
| 297 | 297 | 9.87E-02 | 6.85E-08  |
| 298 | 298 | 9.90E-02 | 1.13E-07  |
| 299 | 299 | 9.93E-02 | 1.08E-07  |
| 300 | 300 | 9.97E-02 | 7.03E-08  |
| 301 | 301 | 1.00E-01 | -2.32E-09 |

**Catatan:**

Lampiran 2 hanya menampilkan output PLAXIS untuk model dimensi *mould* CBR standar (tanpa redaman material). Detail Lampiran Output PLAXIS Model Uji *GeoGauge* untuk dimensi *Mould* diameter (d) 35 cm dan tinggi (t) 30 cm, d = 35 cm t = 100 cm, d = 100 cm t = 30 cm, d = 100 cm t = 100, d = 200 cm t = 100 cm, ada pada CD.

