



TUGAS AKHIR - TF 181801

DYNAMIC VIBRATION ABSORBER SEBAGAI
PEREDAM PADA FONDASI BANGUNAN TAHAN
GEMPA DALAM ARAH TIGA DIMENSI

DHEWANGGA PRATAMA
NRP. 0231144000060

Dosen Pembimbing
Ir. Yerri Susatio, M.T.

Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - TF 181801

***DYNAMIC VIBRATION ABSORBER* SEBAGAI
PEREDAM PADA FONDASI BANGUNAN TAHAN
GEMPA DALAM ARAH TIGA DIMENSI**

DHEWANGGA PRATAMA
NRP. 0231144000060

Dosen Pembimbing
Ir. Yerri Susatio, M.T.

Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - TF 181801

**DYNAMIC VIBRATION ABSORBER AS A DAMPER
IN THE EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING
FOUNDATION FOR THREE DIMENSIONAL
DIRECTION**

**DHEWANGGA PRATAMA
NRP. 0231144000060**

Supervisor
Ir. Yerri Susatio, M.T.

Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dhewangga Pratama
NRP : 0231144000060
Departemen : Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "*Dynamic Vibration Absorber sebagai Peredam pada Fondasi Bangunan Tahan Gempa dalam Arah Tiga Dimensi*" adalah benar-benar karya sendiri dan bukan plagiat dari orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 14 Januari 2019



Dhewangga Pratama

**DYNAMIC VIBRATION ABSORBER SEBAGAI PEREDAM
PADA FONDASI BANGUNAN TAHAN GEMPA DALAM
ARAH TIGA DIMENSI**

TUGAS AKHIR

Oleh:

DHEWANGGA PRATAMA
NRP. 02311440000060

Surabaya, 14 Januari 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Ir. Yerri Susatio, M.T.
NIP. 19541017 198003 1 005

Mengetahui,
Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI ITS,



Agus Muhamad Hatta, S.T.M.Si., Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

**DYNAMIC VIBRATION ABSORBER SEBAGAI PEREDAM
PADA FONDASI BANGUNAN TAHAN GEMPA DALAM
ARAH TIGA DIMENSI**





TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Vibrasi dan Akustik
Program Studi S1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh

DHEWANGGA PRATAMA

NRP. 0231144000060

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Yerri Susatio, M.T.  (Pembimbing)
2. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  (Ketua Penguji)
3. Dr. Dhany Arifianto, S.T., M.Eng  (Penguji I)
4. Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.  (Penguji II)

**Surabaya,
Januari 2019**

***DYNAMIC VIBRATION ABSORBER* SEBAGAI PEREDAM PADA FONDASI BANGUNAN TAHAN GEMPA DALAM ARAH TIGA DIMENSI**

Nama Mahasiswa : Dhewangga Pratama
NRP : 0231144000060
Departemen : Teknik Fisika FTI ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yerri Susatio, M.T.

Abstrak

Negara Kesatuan Republik Indonesia merupakan negara yang ada pada garis khatulistiwa yang dilewati oleh cincin api dunia. Cincin api inilah yang menyebabkan gempa vulkanik serta gempa tektonik pada negara Indonesia. Telah diketahui bahwa gempa merupakan bencana alam yang tidak dapat diprediksi saat kejadiannya, tetapi dapat dicegah kerusakan dan kerugian akibat gempa tersebut. Maka pada tugas akhir ini dibuatlah peredam fondasi bangunan berupa *Dynamic Vibration Absorber* (DVA) yang dapat mereduksi amplitudo akibat dari gempa. Permodelan sistem yang dilakukan berupa perlakuan pada sistem primer (fondasi) yang dipasang sistem sekunder (DVA dan Beam atau DVA saja). Input simpangan pada tugas akhir ini berupa Magnitudo *Surface* (*Ms*). Perhitungan dan simulasi dilakukan pada software tertentu. Perhitungan dan simulasi yang dilakukan adalah variasi input simpangan dan variasi nilai parameter DVA. Variasi input simpangan adalah gempa dengan magnitudo 6,4 SR, 5,7 SR, 5,0 SR. Sedangkan periode yang digunakan adalah 20 detik, 15 detik, 10 detik. Variasi nilai parameter DVA adalah DVA1 dengan massa 11,53 kg, konstanta redaman 4,4 Ns/m, dan kekakuan 168 N/m. DVA2 dengan massa 7,688 kg, konstanta redaman 2,934 Ns/m, dan kekakuan 112 N/m. DVA3 dengan massa 3,844 kg, konstanta redaman 1,467 Ns/m, dan kekakuan 56 N/m. Perubahan persentase resultan displacement pada sistem fondasi yang dipasang DVA dan Beam paling besar adalah 99,78%. Persentase ini menunjukkan bahwa pemasangan Beam menambah nilai amplitudo pada sistem. Perubahan persentase resultan displacement pada sistem fondasi

yang dipasang DVA saja paling besar adalah 1167.76%. Persentase ini menunjukkan bahwa pemasangan DVA saja mereduksi nilai amplitudo pada sistem.

Kata Kunci : Gempa, Bangunan, Fondasi, DVA, Beam, displacement

**DYNAMIC VIBRATION ABSORBER AS A DAMPER IN THE
EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING FOUNDATION
FOR THREE DIMENSIONAL DIRECTION**

Name of Student : Dhewangga Pratama
NRP : 0231144000060
Department : Engineering Physics, FTI ITS
Supervisor : Ir. Yerri Susatio, M.T.

Abstract

The Unitary State of the Republic of Indonesia is a country that is on the equator which is passed by the ring of fire of the world. This ring of fire causes volcanic earthquakes and tectonic earthquakes in Indonesia. It is known that earthquakes are natural disasters that cannot be predicted when they occur, but can be prevented from damage and losses due to the earthquake. So in this final assignment a building damper is made in the form of Dynamic Vibration Absorber (DVA) which can reduce the amplitude of the earthquake. System modeling is carried out in the form of treatment on the primary system (foundation) which is installed by a secondary system (DVA and Beam or DVA only). The deviation input in this final project is in the form of a Magnitude Surface (Ms). Calculations and simulations are performed on certain software. The calculations and simulations carried out are variations in deviation inputs and variations in the values of DVA parameters. Variations in deviation input are earthquakes with magnitude 6.4 SR, 5.7 SR, 5.0 SR. While the period used is 20 seconds, 15 seconds, 10 seconds. Variations in DVA parameter values are DVA1 with a mass of 11.53 kg, attenuation constant 4.4 Ns / m, and stiffness 168 N / m. DVA2 with a mass of 7.688 kg, damping constant 2.934 Ns / m, and stiffness of 112 N / m. DVA3 with a mass of 3.844 kg, damping constant 1.467 Ns / m, and stiffness of 56 N / m. The percentage change resulting from the displacement in the foundation system installed by the largest DVA and Beam is 99.78%. This percentage indicates that the Beam installation adds the amplitude value to the system. The percentage

change resulting from displacement in the foundation system installed by DVA alone was at most 1167.76%. This percentage indicates that the installation of DVA alone reduces the amplitude value in the system.

Keywords: *Earthquake, Building, Foundation, DVA, Beam, displacement*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan yang Maha Esa karena atas anugerah-Nya laporan tugas akhir yang berjudul “*Dynamic Vibration Absorber* sebagai Peredam pada Fondasi Bangunan Tahan Gempa dalam Arah Tiga Dimensi” dapat terselesaikan.

Dalam pengerjaan dan penulisan laporan tugas akhir ini penulis mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung.

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Ir. Yerri Susatio, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc selaku Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik Teknik Fisika ITS.
4. Bapak Dr. Dhany Arifianto, S.T., M.Eng yang telah memberikan ilmu dan masukan sehingga tugas akhir ini bisa terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh staf pengajar di Teknik Fisika ITS.
6. Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan dan mendukung penulis.
7. Teman-teman sekolah, kantin, dan jurusan yang selalu memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Akhir kata, penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 14 Januari 2019

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL (Indonesia)	i
HALAMAN JUDUL (Inggris)	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR SIMBOL	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 Parameter pada Sistem Getaran.....	5
2.2 Gempa Bumi.....	6
2.3 Magnitudo Gempa Bumi	6
2.4 Intensitas Gempa Bumi	8
2.5 DVA (Dynamic Vibration Absorber)	9
2.6 Fondasi	10
2.7 Metode <i>State Space</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Diagram Alir.....	13
3.2 Pemodelan Sistem	13
3.3 Menentukan Variasi Input Simpangan.....	18
3.4 Menentukan Nilai Parameter Fondasi	20
3.5 Data Parameter DVA dan Beam	21
3.6 Pemodelan <i>State space</i>	23
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	31

4.1	Variasi Input Simpangan	31
4.2	Respon Displacement Fondasi Tanpa DVA dan Beam...	35
4.3	Respon Displacement Fondasi Dengan DVA dan Beam	39
4.4	Respon Displacement Fondasi Dengan DVA saja	44
4.5	Resultan Variasi Input Simpangan.....	48
4.6	Persentase Perubahan pada Variasi Input Simpangan	53
4.7	Variasi Nilai Parameter DVA.....	56
4.8	Resultan Variasi Nilai Parameter DVA.....	60
4.9	Persentase Perubahan pada Variasi Input Simpangan	64
BAB V PENUTUP		67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	67
LAMPIRAN A		71
LAMPIRAN B		75
LAMPIRAN C		79
LAMPIRAN D		83
BIODATA PENULIS.....		111

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem 1 DOF yang Dihubungkan dengan DVA ...	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir	13
Gambar 3.2 Model Fondasi Bangunan	14
Gambar 3.3 Model Fondasi yang Telah Dipasang DVA	15
Gambar 3.4 Model Fondasi ditinjau dari sumbu xy.....	16
Gambar 3.5 Model Fondasi ditinjau dari sumbu z.....	16
Gambar 4.1 Input simpangan A1	32
Gambar 4.2 Input simpangan A2	32
Gambar 4.3 Input simpangan A3	32
Gambar 4.4 Input simpangan B1	33
Gambar 4.5 Input simpangan B2	33
Gambar 4.6 Input simpangan B3	34
Gambar 4.7 Input simpangan C1	34
Gambar 4.8 Input simpangan C2	35
Gambar 4.9 Input simpangan C3	35
Gambar 4.10 Respon displacement fondasi dengan input A1 ...	36
Gambar 4.11 Respon displacement fondasi dengan input A2 ...	36
Gambar 4.12 Respon displacement fondasi dengan input A3 ...	36
Gambar 4.13 Respon displacement fondasi dengan input B1....	37
Gambar 4.14 Respon displacement fondasi dengan input B2....	37
Gambar 4.15 Respon displacement fondasi dengan input B3....	37
Gambar 4.16 Respon displacement fondasi dengan input C1....	38
Gambar 4.17 Respon displacement fondasi dengan input C2....	38
Gambar 4.18 Respon displacement fondasi dengan input C3....	38
Gambar 4.19 Respon displacement fondasi dengan input A1 ...	40
Gambar 4.20 Respon displacement fondasi dengan input A2 ...	40
Gambar 4.21 Respon displacement fondasi dengan input A3 ...	41
Gambar 4.22 Respon displacement fondasi dengan input B1....	41

Gambar 4.23	Respon displacement fondasi dengan input B2 ...	41
Gambar 4.24	Respon displacement fondasi dengan input B3 ...	42
Gambar 4.25	Respon displacement fondasi dengan input C1 ...	42
Gambar 4.26	Respon displacement fondasi dengan input C2 ...	42
Gambar 4.27	Respon displacement fondasi dengan input C3 ...	43
Gambar 4.28	Respon displacement fondasi dengan input A1 ...	44
Gambar 4.29	Respon displacement fondasi dengan input A2 ...	45
Gambar 4.30	Respon displacement fondasi dengan input A3 ...	45
Gambar 4.31	Respon displacement fondasi dengan input B1 ...	45
Gambar 4.32	Respon displacement fondasi dengan input B2 ...	46
Gambar 4.33	Respon displacement fondasi dengan input B3 ...	46
Gambar 4.34	Respon displacement fondasi dengan input C1 ...	46
Gambar 4.35	Respon displacement fondasi dengan input C2 ...	47
Gambar 4.36	Respon displacement fondasi dengan input C3 ...	47
Gambar 4.37	Lintasan Gerak Fondasi input simpangan 6,4 SR periode 20 detik.....	49
Gambar 4.38	Lintasan Gerak Fondasi input simpangan 6,4 SR periode 20 detik.....	51
Gambar 4.39	Lintasan Gerak Fondasi input simpangan 6,4 SR periode 20 detik.....	52
Gambar 4.40	Respon displacement fondasi dipasang DVA 1 dan Beam.....	57
Gambar 4.41	Respon displacement fondasi dipasang DVA 2 dan Beam.....	57
Gambar 4.42	Respon displacement fondasi dipasang DVA 3 dan Beam.....	57
Gambar 4.43	Respon displacement fondasi dipasang DVA 1 saja	59
Gambar 4.44	Respon displacement fondasi dipasang DVA 1 saja	59
Gambar 4.45	Respon displacement fondasi dipasang DVA 1 saja	59
Gambar 4.46	Lintasan Gerak Fondasi input simpangan 6,4 SR periode 20 detik.....	61

Gambar 4.47 Lintasan Gerak Fondasi dipasang DVA 1.....	62
Gambar 4.48 Lintasan Gerak Fondasi dipasang DVA 2.....	63
Gambar 4.49 Lintasan Gerak Fondasi dipasang DVA 3.....	63

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Hubungan Magnitudo Gempa dengan MMI.....	9
Tabel 3.1 Variasi Karakteristik Input pada Sistem	18
Tabel 3.2 Nilai Variasi Input Simpangan	19
Tabel 3.3 Karakteristik <i>Neoprene</i>	22
Tabel 3.4 Variasi Nilai Parameter DVA	22
Tabel 3.5 Karakteristik Baja	23
Tabel 4.1 Penamaan dan Nilai Variasi Input Simpangan	31
Tabel 4.2 Nilai Amplitudo setiap sumbu	39
Tabel 4.3 Nilai Amplitudo setiap sumbu	43
Tabel 4.4 Nilai Amplitudo setiap sumbu	47
Tabel 4.5 Nilai Resultan Fondasi Tanpa DVA dan Beam	50
Tabel 4.6 Nilai Resultan Fondasi Dengan DVA dan Beam.....	51
Tabel 4.7 Nilai Resultan Fondasi Dengan DVA saja.....	53
Tabel 4.8 Persentase perubahan pemasangan DVA dan Beam ..	54
Tabel 4.9 Persentase perubahan pemasangan DVA saja	54
Tabel 4.10 Nilai Amplitudo setiap sumbu	58
Tabel 4.11 Nilai Amplitudo setiap sumbu	59
Tabel 4.12 Nilai Resultan Fondasi Dengan DVA dan Beam.....	61
Tabel 4.13 Nilai Resultan Fondasi Dengan DVA dan Beam.....	64
Tabel 4.14 Persentase perubahan pemasangan DVA dan Beam	64
Tabel 4.15 Persentase perubahan pemasangan DVA dan Beam	65
Tabel A.1 Massa Jenis dari Setiap Material Beton K-225.....	71
Tabel C.1 Variasi Input Simpangan.....	79
Tabel D.1 Nilai Variasi.....	83

Tabel D.2 Variasi input simpangan setiap sumbu	83
Tabel D.3 Nilai resultan dan persentase perubahan.....	84

DAFTAR SIMBOL

k	Kekakuan
m	Massa
c	Konstanta Redaman
E	Modulus Elastisitas
A	Luas Penampang Material
L	Panjang Material
M_L	Magnitudo Lokal
M_S	Magnitudo <i>Surface</i>
M_b	Magnitudo Gelombang Badan
M_w	Magnitudo Momen
SR	Skala Richter
Δ	Jarak Dalam Derajat
A	Amplitudo
ω	Kecepatan Sudut
t	Waktu
T	Periode
G	Modulus Geser
ν	Rasio Poisson
A_b	Luas Penampang Fondasi
B	Setengah Panjang fondasi
L	Setengah Lebar Fondasi
V_s	Kecepatan Gelombang Geser
ρ	Massa Jenis
μ	<i>Loss Factor</i>
ξ	Rasio Redaman
R	Resultan Vektor

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dilintasi oleh cincin api, hal ini menyebabkan Indonesia berada di atas lempeng yang terus bergerak. Pergerakan lempeng inilah yang menimbulkan gempa bumi dan dapat merusak infrastruktur. Pada Bulan Juli tahun 2018 sebanyak 30 gempa bumi dengan magnitudo $\geq 5SR$ terjadi di beberapa wilayah Indonesia. Pada tanggal 29 Juli tahun 2018 gempa kuat mengguncang Lombok, Nusa Tenggara Barat menyebabkan setidaknya 16 orang meninggal dunia serta lebih dari 160 lainnya luka-luka. Gempa berkekuatan 6,4 SR tersebut juga menyebabkan lebih dari 1.000 rumah rusak. Setelah gempa, pada Minggu pagi, dirasakan setidaknya 133 gempa susulan, (Sutopo Purwo Nugroho, 2018).

Dengan magnitudo sebesar 6,4 SR saja sudah dapat menyebabkan kerusakan bangunan. Kerusakan bangunan ini disebabkan bangunan tersebut tidak tahan terhadap gempa sebesar itu. Karena bangunan rusak tersebut menyebabkan kerugian materiil dan timbulnya korban jiwa. Gempa yang terjadi tidak dapat diprediksi, oleh karena itu diperlukan langkah antisipasi untuk meminimalisir kerusakan pada bangunan.

Untuk meminimalisir kerusakan, diperlukan *Dynamic Vibration Absorber* (DVA). DVA adalah sistem peredam yang dipasang pada bangunan untuk meminimalisir kerusakan pada bangunan. Cara kerja DVA yaitu frekuensi dari DVA diatur agar sama dengan frekuensi natural dari sistem utama yaitu bangunan. Saat respon dinamik berupa gempa terkena bangunan, maka DVA akan menyerap energi dari bangunan yang dikenai respon gempa. Selain frekuensi, arah pemasangan DVA juga akan mempengaruhi redaman yang dihasilkan oleh DVA. Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dikaji DVA sebagai peredam getaran pada fondasi bangunan dalam arah tiga dimensi.

DVA dapat diletakan pada beberapa bagian bangunan, salah satunya pada fondasi. Pemasangan ini dilakukan karena fondasi

merupakan bagian dari bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi menopang bangunan. Apabila terjadi gempa maka fondasi adalah bagian pertama dari bangunan yang akan terkena gempa. DVA dapat dipasang pada tiga arah yaitu arah sumbu x , y , dan z dari fondasi bangunan untuk menahan getaran yang disebabkan gempa. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dilakukan pemodelan dan analisa respon dari DVA dalam arah tiga dimensi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana menentukan nilai parameter massa, kekakuan, dan konstanta redaman dari DVA yang dipasang pada fondasi bangunan?
2. Bagaimana menganalisa DVA sebagai peredam getaran akibat gempa pada sebuah fondasi bangunan jika dipasang pada arah tiga dimensi?

1.3 Tujuan

Dari permasalahan yang telah disebutkan, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Menentukan nilai parameter massa, kekakuan, dan konstanta redaman dari DVA yang dipasang fondasi bangunan.
2. Menganalisa repon DVA sebagai peredam getaran akibat gempa pada sebuah fondasi bangunan jika dipasang pada arah tiga dimensi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Analisa dibatasi pada struktur fondasi bangunan.
2. Fondasi yang digunakan sebagai objek penelitian adalah fondasi dangkal yang dimodelkan sebagai massa tergumpal.
3. Sumbu peletakan masing – masing terdapat 2 buah DVA pada arah x dan y sedangkan pada arah z terdapat 1 buah

yang berada di tengah pondasi. Pada arah z terdapat 4 beam yang masing – masing terletak pada setiap sudut bawah yang berbentuk persegi panjang.

4. Input sistem berupa simpangan gempa dengan Magnitudo *Surface* sebesar 6,4 SR.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat, khususnya untuk memberikan rekomendasi sistem yang baik dan juga cara menganalisa respon sistem fondasi yang terkena gempa.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini dibagi menjadi lima bagian. Rincian penulisan laporannya adalah sebagai berikut

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini dibahas teori umum serta konsep dasar yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir meliputi parameter pada sistem getaran, gempa bumi, magnitudo gempa bumi, intensitas gempa bumi, DVA, fondasi, dan metode state space.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab ini dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam tugas akhir.

Bab IV Analisis Data dan Pembahasan

Pada bab ini dilakukan analisis data kemudian dilakukan pembahasan.

Bab V Penutup

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis data dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Parameter pada Sistem Getaran

Getaran adalah suatu gerak bolak-balik yang melewati posisi kesetimbangan. Kesetimbangan adalah keadaan suatu benda berada pada posisi diam dan tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Pada sistem getaran terdapat tiga parameter utama yaitu massa, kekakuan, dan redaman. Ketiga parameter tersebut akan menentukan respon dinamik pada sistem getaran.

2.1.1 Massa

Massa akan mempengaruhi pergerakan dari sistem getaran. Sesuai dengan Hukum I Newton yaitu benda yang awalnya diam akan terus diam sampai ada gaya eksternal yang diberikan pada benda tersebut. Apabila benda tersebut dikenai gaya eksternal maka akan terjadi perlawanan terhadap gaya tersebut. Perlawanan terhadap beban aksi untuk mempertahankan keadaan dari benda dapat berupa gerakan dari benda tersebut sebagai bentuk tambahan energi dari beban aksi yang diterima.

2.1.2 Kekakuan

Kekakuan adalah suatu cara benda elastis untuk tidak terdeformasi saat terkena gaya. Kekakuan ini bergantung pada sifat fisik dari benda seperti modulus elastisitas dan dimensi dari material (Wieffering & Fourie, 2009). Hubungan antara kekakuan dan modulus elastisitas dituliskan seperti pada Persamaan (2.1). Pada Persamaan (2.1), K adalah kekakuan, E adalah modulus elastisitas, A adalah luas penampang, dan L adalah panjang sebelum ada beban.

$$K = \frac{EA}{L} \quad (2.1)$$

2.1.3 Redaman

Suatu benda dapat berhenti bergetar karena adanya faktor

redaman. Redaman adalah penurunan amplitudo getaran akibat energi getaran yang tereduksi. Reduksi energi ini dapat disebabkan oleh gerakan molekul yang terdapat di dalam sistem.

2.2 Gempa Bumi

Gempa bumi didefinisikan sebagai getaran tanah yang disebabkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba dari kerak bumi atau lempeng bumi (Elnashai & Sarno, 2008). Kebanyakan gempa Bumi disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan yang disebabkan oleh lempengan yang bergerak. Semakin lama tekanan maka akan semakin besar dan mencapai keadaan di mana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan. Pada saat itulah gempa bumi akan terjadi

Titik terjadinya gempa bumi disebut dengan hiposenter. Sedangkan titik di atas permukaan bumi yang terletak langsung di atas hiposenter disebut dengan episenter. Gempa bumi dengan kedalaman hiposenter kurang dari 100 km disebut dengan gempa dangkal. Sedangkan gempa dengan kedalaman 100-300 km disebut gempa menengah dan gempa dengan kedalaman lebih dari 300 km disebut dengan gempa dalam.

2.3 Magnitudo Gempa Bumi

Magnitudo adalah suatu besaran yang menggambarkan besarnya *strain energy* yang dilepaskan saat terjadi gempa (Lumantarna, 2001). Magnitudo digunakan dalam pengukuran gempa secara kuantitatif sehingga ukuran gempa menjadi lebih obyektif karena menggunakan skala pengukuran yang pasti. Terdapat beberapa jenis magnitudo yang digunakan didalam pengukuran diantaranya :

1. Magnitudo Lokal *Richter* (M_L)

Magnitudo lokal digunakan untuk pengukuran gempa-gempa dangkal dan memiliki jarak episenter kurang dari 600 km. Magnitudo ini pertama kali diperkenalkan oleh Charles Richter pada tahun 1933 berdasarkan pengukuran dengan menggunakan seismometer Wood-Anderson. Persamaan umum yang digunakan untuk menghitung nilai magnitudo lokal dituliskan pada

Persamaan 2.1.

$$M = {}^{10}\log A - {}^{10}\log A_0 \quad (2.2)$$

Dalam Persamaan (2.2) M adalah magnitudo lokal. A adalah amplitudo maksimum dalam mm yang tercatat Wood-Anderson seismometer pada jarak 100 km dari episenter dan periode natural 0,8 detik. A_0 adalah amplitudo gempa standar yang besarnya 10^{-3} mm untuk jarak 100 km.

2. Magnitudo *Surface* (M_s)

Penggunaan magnitudo lokal memiliki beberapa keterbatasan yaitu hanya dapat digunakan untuk gempa dangkal dan lokal, selain itu pengukuran magnitudo lokal akan mengalami saturasi pada nilai magnitudo 6 sampai 7 SR. Karena keterbatasan magnitudo lokal ini maka dikembangkan magnitudo *surface* yang dapat digunakan untuk pengukuran gempa dengan jangkauan jarak episenter yang lebih jauh dan dapat digunakan untuk pengukuran gempa dengan magnitudo lebih dari 7. Persamaan untuk mencari nilai magnitudo *surface* dikembangkan oleh Gutenberg (1945) dituliskan pada Persamaan (2.3).

$$M_s = \log A + 1,656 \log(\Delta) + 1,818 \quad (2.3)$$

Dari Persamaan (2.3), A adalah perpindahan tanah maksimum dalam satuan mikrometer pada periode 20 detik. Sedangkan Δ adalah jarak episenter dalam derajat. Magnitudo *surface* dapat digunakan untuk mengukur gempa-gempa dengan kedalaman hiposenter kurang dari 70 km dan jarak episenter kurang dari 1000 km. Persamaan lain untuk menghitung magnitudo *surface* adalah dengan menggunakan Persamaan *Vānek* (1962) yang tertera pada Persamaan (2.4), dimana T adalah periode dari gelombang permukaan.

$$M_s = \log \left[\frac{A}{T} \right]_{max} + 1,656 \log(\Delta) + 3,3 \quad (2.4)$$

3. Magnitudo Gelombang Badan (m_b)

Magnitudo gelombang badan digunakan untuk gempa-gempa dengan kedalaman hiposenter kurang dari 70 km. Magnitudo gelombang badan diperkenalkan oleh Gutenberg pada tahun 1945. Persamaan untuk menghitung magnitudo gelombang badan dituliskan pada Persamaan (2.5). Dari Persamaan (2.5), nilai A adalah amplitudo dalam mikrometer, Δ adalah jarak episenter dalam derajat, dan T adalah periode gelombang P, umumnya sebesar 1 detik.

$$m_b = \log A - \log T + 0,01\Delta + 5,9 \quad (2.5)$$

4. Magnitudo Momen (M_w)

Magnitudo momen digunakan untuk pengukuran gempa-gempa dengan magnitudo besar karena pada pengukuran gempa dengan magnitudo besar karakteristik guncangan tanah yang terukur menjadi tidak sensitif. Skala magnitudo momen tidak tergantung pada derajat guncangan tanah. Magnitudo momen diukur berdasarkan pergerakan seismik yang ditentukan oleh faktor yang menyebabkan keruntuhan di sepanjang patahan. Magnitudo momen dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.6) dan Persamaan (2.7).

$$M_w = \frac{\log M_0}{1,5} - 10,7 \quad (2.6)$$

$$M_0 = \mu A \bar{D} \quad (2.7)$$

M_0 adalah pergerakan seismik dalam dyne-cm, μ adalah kuat runtuh material di sepanjang patahan. A adalah area keruntuhan dan \bar{D} adalah jumlah rata-rata pergerakan.

2.4 Intensitas Gempa Bumi

Intensitas gempa berguna untuk menentukan karakteristik pengulangan kejadian gempa dengan ukuran yang berbeda. Skala intensitas gempa Rossi-Forel (RF) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1880. Lalu pada tahun 1931, skala ini dikembangkan

menjadi *Modified Mercalli Intensity* (MMI) oleh Mercalli. MMI memiliki hubungan dengan magnitudo richter seperti yang tertera pada **Tabel 2.1**.

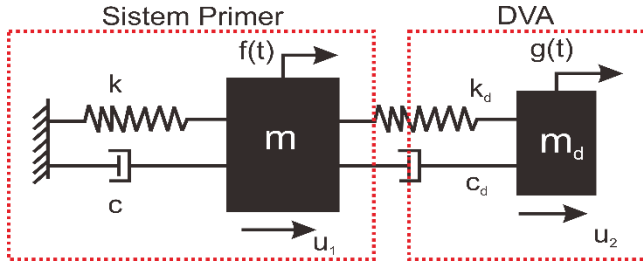
Tabel 2.1 Hubungan Magnitudo Gempa dengan MMI

Magnitudo (Skala Richter)	Efek Karakteristik Gempa Skala pada Daerah Berpenduduk	Skala Modified Mercalli Intensity (MMI)
<3,4	Hanya terekam oleh seismograf	I
3,5-4,2	Dirasakan oleh beberapa orang	II dan III
4,3-4,8	Dirasakan oleh banyak orang	IV
4,9-5,4	Dirasakan oleh setiap orang	V
5,5-6,1	Kerusakan bangunan kecil	VI dan VII
6,2-6,9	Kerusakan banyak bangunan	VIII dan IX
7,0-7,3	Kerusakan serius, jembatan-jembatan terpuntir, tembok-tembok retak	X
7,4-7,9	Kerusakan besar, bangunan-bangunan ambruk	XI
>8,0	Kerusakan total, gelombang-gelombang terasa di permukaan tanah, benda-benda terlempar	XII

2.5 DVA (*Dynamic Vibration Absorber*)

Konsep dasar DVA adalah memasang sistem sekunder ke sistem primer yang bergetar untuk mereduksi amplitudo getaran dari sistem primer. DVA sederhana merupakan sistem 1 DOF terdiri dari massa (m), pegas (k), dan konstanta redaman (c) yang terpasang pada sistem utama seperti terlihat pada **Gambar 2.1**

(Mohite). Prinsip kerja dari DVA adalah pada saat gaya eksitasi dikenakan pada sistem utama maka getaran dari gaya eksitasi tersebut akan didistribusikan ke DVA sehingga getaran pada sistem utama dapat tereduksi.



Gambar 2.1 Sistem 1 DOF yang Dihubungkan dengan DVA

Pada **Gambar 2.1**, m adalah massa dari sistem utama Sedangkan m_d adalah massa dari DVA. k dan k_d adalah kekakuan pegas dari sistem utama dan DVA, sedangkan c dan c_d adalah konstanta redaman dari sistem utama dan DVA. Gaya eksitasi pada sistem utama dan DVA adalah $f(t)$ dan $g(t)$. Persamaan gerak pada sistem utama dan DVA dituliskan pada Persamaan (2.8) dan Persamaan (2.9).

$$m\ddot{u}_1(t) + c\dot{u}_1(t) + ku_1(t) = c_d [\dot{u}_2(t) - \dot{u}_1(t)] + k_d [u_2(t) - u_1(t)] + f(t) \quad (2.8)$$

$$m_d [\ddot{u}_2(t) - \ddot{u}_1(t)] + c_d [\dot{u}_2(t) - \dot{u}_1(t)] + k_d [u_2(t) - u_1(t)] = -m_d \ddot{u}_1(t) + g(t) \quad (2.9)$$

2.6 Fondasi

Fondasi adalah bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah dan mempunyai fungsi menopang bangunan yang berada di atasnya. Struktur dari fondasi didesain agar mampu menjaga kestabilan bangunan terhadap beban bangunan di atasnya, berat fondasi itu sendiri, dan gaya luar contohnya angin dan gempa bumi. Berdasarkan kedalaman, fondasi dibedakan menjadi dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam.

2.6.1 Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal didirikan pada lapisan tanah keras yang terletak 2 atau 3 meter di bawah permukaan tanah. Fondasi dangkal memiliki nilai perbandingan antara kedalaman (D_f) dan lebar (B) fondasi kurang dari empat ($D_f/B < 4$). Fondasi dangkal digunakan ketika tanah permukaan cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban jenis konstruksi yang tidak terlalu berat dan tidak terlalu tinggi.

2.6.2 Fondasi Dalam

Fondasi dalam digunakan apabila lapisan tanah keras berada jauh di bawah permukaan tanah atau terletak pada kedalaman lebih dari 3 meter. Perbandingan kedalaman dan lebar yang dimiliki oleh pondasi dalam adalah lebih dari sepuluh ($D_f/B \geq 10$). Fondasi dalam dapat digunakan untuk menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam. Fondasi dalam biasa digunakan untuk konstruksi gedung-gedung bertingkat.

2.7 Metode *State Space*

State space adalah ruang berdimensi n yang tersusun dari sumbu x_1, x_2, \dots, x_n . Dalam analisa *state space* terdapat tiga variabel yaitu variabel input, variabel output, dan variabel *state* (Ogata, 2004). Jika suatu persamaan adalah linear dan *time invariant* dan dideskripsikan oleh n variabel *state*, r variabel input, dan m variabel output, maka persamaan *state* akan mempunyai bentuk seperti

$$\dot{x}_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + b_{11}u_1 + b_{12}u_2 + \dots + b_{1r}u_r$$

$$\dot{x}_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + b_{21}u_1 + b_{22}u_2 + \dots + b_{2r}u_r$$

dan persamaan output akan mempunyai bentuk

$$\dot{y}_1 = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1n}x_n + d_{11}u_1 + d_{12}u_2 + \dots + d_{1r}u_r$$

$$\dot{y}_2 = c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + \dots + c_{2n}x_n + d_{21}u_1 + d_{22}u_2 + \dots + d_{2r}u_r$$

Dimana koefisien a_{ij} , b_{ij} , c_{ij} , dan d_{ij} adalah konstanta, beberapa koefisien tersebut mungkin bernilai nol. Persamaan yang digunakan pada metode *state space* dapat dilihat pada Persamaan

(2.10) dan (2.11).

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (2.10)$$

$$y = Cx + Du \quad (2.11)$$

Jika ditulis dalam matriks maka,

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1r} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2r} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nr} \end{bmatrix}$$

$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_r \end{bmatrix}$$

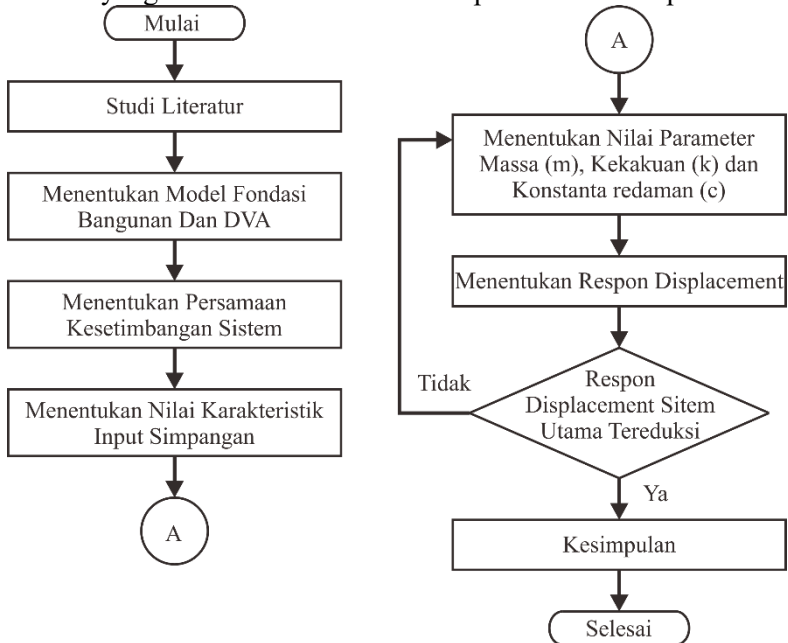
$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1r} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2r} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mr} \end{bmatrix}$$

Pada Persamaan (2.10) dan (2.11), matriks A, B, C, dan D masing-masing adalah matriks *state*, matriks input, matriks output dan matriks transmisi langsung. Vektor x, u, dan y masing – masing adalah vektor *state*, vektor input, dan vektor output. Elemen-elemen dari vektor *state* adalah variabel *state*. Elemen-elemen dari vektor input u adalah variabel input (jika sistem hanya memiliki satu variabel input, maka u adalah besaran skalar). Elemen – elemen dari vektor output y adalah variabel output. Persamaan (2.10) disebut persamaan *state*. Persamaan (2.11) disebut persamaan output.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Pengerjaan tugas akhir ini dimulai dengan studi literatur dan dilanjutkan dengan menentukan model fondasi bangunan dan DVA. Setelah ditentukan persamaan kesetimbangan sistem, selanjutnya adalah menentukan parameter massa, kekakuan, dan konstanta redaman dari fondasi dan DVA. Apabila parameter dari DVA yang digunakan dapat menghasilkan respon perpindahan dari fondasi yang tereduksi maka dilakukan penarikan kesimpulan

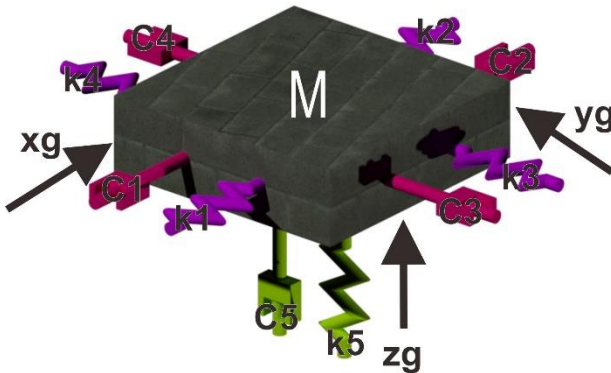


Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.2 Pemodelan Sistem

Fondasi yang digunakan adalah jenis fondasi dangkal dan pemodelan fondasi dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Pada **Gambar 3.2**, M adalah massa dari fondasi. k_1 , c_1 , k_2 dan c_2 adalah kekakuan

dan konstanta redaman tanah pada arah sumbu x. Pada sumbu y k_3 , c_3 , k_4 dan c_4 adalah kekakuan dan konstanta redaman tanah. Sedangkan pada sumbu z ada k_5 dan c_5 untuk kekakuan dan redamannya. Perpindahan yang disebabkan oleh gempa bumi dituliskan sebagai x_g , y_g , dan z_g pada setiap sumbunya. Persamaan kesetimbangan dari sistem pada setiap sumbunya dituliskan pada persamaan (3.1), (3.2), dan (3.3).



Gambar 3.2 Model Fondasi Bangunan

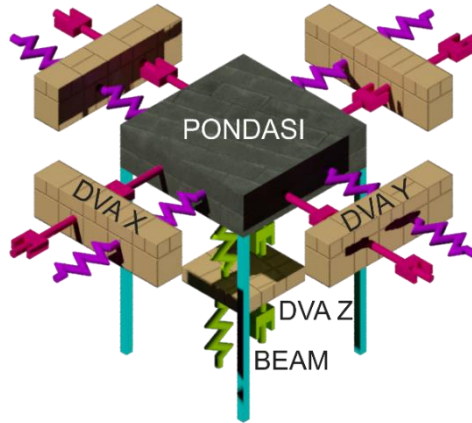
$$M\ddot{x} + (c_1 + c_2) \dot{x} + (k_1+k_2)x = k_1x_g + c_1\dot{x}_g \quad (3.1)$$

$$M\ddot{y} + (c_3 + c_4) \dot{y} + (k_3+k_4)y = k_3y_g + c_3\dot{y}_g \quad (3.2)$$

$$M\ddot{z} + c_5\dot{z} + k_5z = k_5z_g + c_5\dot{z}_g \quad (3.3)$$

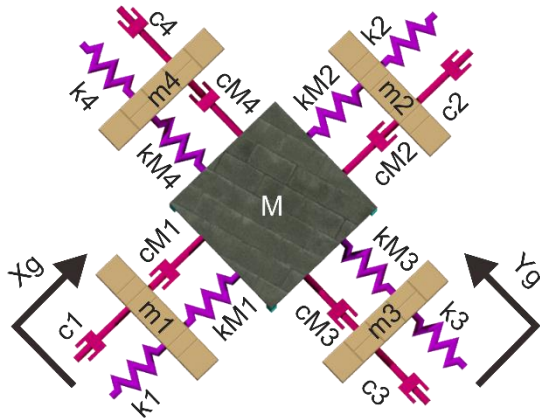
Pemodelan fondasi yang telah dipasang DVA dapat dilihat pada **Gambar 3.3**. Pada **Gambar 3.3**, m_1 dan m_2 adalah massa DVA pada arah sumbu x. m_3 dan m_4 adalah massa DVA pada arah sumbu y. m_5 adalah massa DVA pada arah sumbu z. Kekakuan dan konstanta redaman dari DVA pada arah sumbu x adalah k_1 , k_2 , k_{M1} , k_{M2} , c_1 , c_2 , c_{M1} , dan c_{M2} . Kekakuan dan konstanta redaman DVA pada arah sumbu y adalah k_3, k_4 , k_{M3} , k_{M4} , c_3 , c_4 , c_{M3} , dan c_{M4} . Kekakuan dan konstanta redaman DVA pada arah sumbu z adalah k_5 , k_{M5} , c_5 , dan c_{M5} . Untuk beam ada k_{6H} , k_{7H} , k_{8H} , k_{9H} , k_{6V} , k_{7V} , k_{8V} , dan k_{9V} untuk kekakuan pada sumbu horizontal (pada x dan y) dan vertical (pada sumbu z). Serta beam juga mempunyai nilai

konstanta redaman yang dituliskan c_6 , c_7 , c_8 , dan c_9 . Perpindahan yang disebabkan oleh gempa bumi pada arah sumbu x adalah x_g , pada sumbu y adalah y_g , dan pada sumbu z adalah z_g .

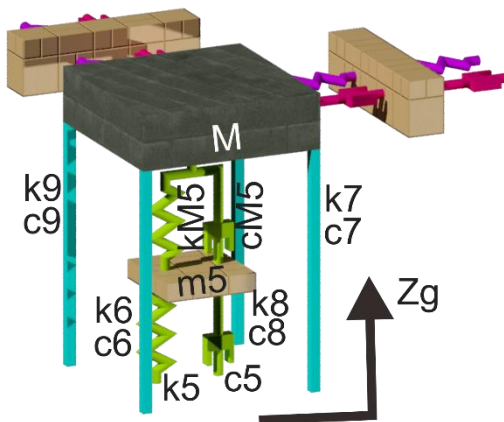


Gambar 3.3 Model Fondasi yang Telah Dipasang DVA

Agar lebih mudah untuk meninjau setiap sumbunya maka dibagi menjadi dua tinjauan yaitu pada sumbu xy dan sumbu z. Pemodelan untuk sumbu xy dapat dilihat pada **Gambar 3.4**. Sedangkan untuk sumbu z dapat dilihat pada **Gambar 3.5**. Persamaan gerak pada fondasi dan DVA pada arah sumbu x dituliskan pada Persamaan (3.4) untuk pergerakan pada m_1 , Persamaan (3.5) untuk pergerakan pada M , dan Persamaan (3.6) untuk pergerakan pada m_2 . Persamaan gerak untuk sumbu y dituliskan pada Persamaan (3.7) untuk pergerakan pada m_3 , Persamaan (3.8) untuk pergerakan pada M , dan Persamaan (3.9) untuk pergerakan pada m_4 . Sedangkan untuk sumbu z dituliskan pada persamaan (3.10) untuk m_5 dan persamaan (3.11) untuk M .



Gambar 3.4 Model Fondasi ditinjau dari sumbu xy



Gambar 3.5 Model Fondasi ditinjau dari sumbu z

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{x}_1 + c_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_g) + c_{M1}(\dot{x}_1 - \dot{x}) + k_1(x_1 - x_g) \\
 + k_{M1}(x_1 - x) = 0
 \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned}
M\ddot{x} + c_{M1}(\dot{x} - \dot{x}_1) + c_{M2}(\dot{x} - \dot{x}_2) + k_{M1}(x - x_1) & (3.5) \\
& + k_{M2}(x - x_2) + c_{6H}(\dot{x} - \dot{x}_1) \\
& + c_{7H}(\dot{x} - \dot{x}_1) + c_{8H}(\dot{x} - \dot{x}_1) \\
& + c_{9H}(\dot{x} - \dot{x}_1) + k_{6H}(x - x_1) \\
& + k_{7H}(x - x_1) + k_{8H}(x - x_1) \\
& + k_{9H}(x - x_1) + c_{6H}(\dot{x} - \dot{x}_2) \\
& + c_{7H}(\dot{x} - \dot{x}_2) + c_{8H}(\dot{x} - \dot{x}_2) \\
& + c_{9H}(\dot{x} - \dot{x}_2) + k_{6H}(x - x_2) \\
& + k_{7H}(x - x_2) + k_{8H}(x - x_2) \\
& + k_{9H}(x - x_2) = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m_2\ddot{x}_2 + c_2\dot{x}_2 + c_{M2}(\dot{x}_2 - \dot{x}) + k_2x_2 & (3.6) \\
+k_{M2}(x_2 - x) = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m_3\ddot{y}_3 + c_3(\dot{y}_3 - \dot{y}_g) + c_{M3}(\dot{y}_3 - \dot{y}) + k_3(y_3 - y_g) & (3.7) \\
+k_{M3}(y_3 - y) = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M\ddot{x} + c_{M3}(\dot{y} - \dot{y}_3) + c_{M4}(\dot{y} - \dot{y}_4) + k_{M3}(y - y_3) & (3.8) \\
& + k_{M4}(y - y_4) + c_{6H}(\dot{y} - \dot{y}_3) \\
& + c_{7H}(\dot{y} - \dot{y}_3) + c_{8H}(\dot{y} - \dot{y}_3) \\
& + c_{9H}(\dot{y} - \dot{y}_3) + k_{6H}(y - y_3) \\
& + k_{7H}(y - y_3) + k_{8H}(y - y_3) \\
& + k_{9H}(y - y_3) + c_{6H}(\dot{y} - \dot{y}_4) \\
& + c_{7H}(\dot{y} - \dot{y}_4) + c_{8H}(\dot{y} - \dot{y}_4) \\
& + c_{9H}(\dot{y} - \dot{y}_4) + k_{6H}(y - y_4) \\
& + k_{7H}(y - y_4) + k_{8H}(y - y_4) \\
& + k_{9H}(y - y_4) = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m_4\ddot{y}_4 + c_4\dot{y}_4 + c_{M4}(\dot{y}_4 - \dot{y}) + k_4y_4 & (3.9) \\
+k_{M4}(y_4 - y) = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m_5\ddot{z}_5 + c_5(\dot{z}_5 - \dot{z}_g) + c_{M5}(\dot{z}_5 - \dot{z}) + k_5(z_5 - z_g) & (3.10) \\
+k_{M5}(z_5 - z) = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M\ddot{z} + c_{M5}(\dot{z} - \dot{z}_5) + k_5(z - z_5) + c_{6V}(\dot{z} - \dot{z}_g) & \quad (3.11) \\
 + c_{7V}(\dot{z} - \dot{z}_g) + c_{8V}(\dot{z} - \dot{z}_g) & \\
 + c_{9V}(\dot{z} - \dot{z}_g) + k_{6V}(z - z_g) & \\
 + k_{7V}(z - z_g) + k_{8V}(z - z_g) & \\
 + k_{9V}(z - z_g) = 0 &
 \end{aligned}$$

3.3 Menentukan Variasi Input Simpangan

Penentuan variasi input simpangan bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh input simpangan yang berbeda beda jika diberikan pada sistem tugas akhir ini. Penjelasan lebih lanjut dari nilai input simpangan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Variasi Karakteristik Input pada Sistem

Magnitudo Gempa	Periode Input	Nilai Input Simpangan
A	1	A1
	2	A2
	3	A3
B	1	B1
	2	B2
	3	B3
C	1	C1
	2	C2
	3	C3

Pada **Tabel 3.1** kolom magnitudo gempa dengan keterangan A, B, dan C merupakan nilai magnitudo gempa dengan jarak episenter tertentu. A merupakan gempa dengan kekuatan 6,4 SR pada jarak 28 km Barat Laut Lombok Timur. B merupakan gempa dengan kekuatan 5,7 SR pada jarak 26 km Timur Laut Lombok Timur. C merupakan gempa dengan kekuatan 5,0 SR pada jarak 26 km Barat Laut Lombok Timur. Pada kolom periode input dengan keterangan 1, 2, dan 3 merupakan periode yang diberikan pada input simpangan. 1 merupakan periode 20 detik, 2 merupakan periode 15 detik, dan 3 merupakan periode 10 detik.

Pada kolom nilai input simpangan dengan keterangan A1

sampai dengan C3 adalah nilai input simpangan yang nantinya diberikan pada sistem sebagai input simpangan akibat gempa. Untuk A1, B1, dan C1 dikonversi dengan persamaan (2.3) agar menjadi amplitudo input simpangan. Untuk A2, A3, B2, B3, C2, dan C3 dikonvergi dengan persamaan (2.4) agar menjadi input simpangan.

Nilai input simpangan dinyatakan dengan persamaan (3.12), sedangkan nilai ω dihitung dengan persamaan (3.13).

$$g(t) = A \sin(\omega t) \quad (3.12)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (3.13)$$

Pada persamaan (3.12) $g(t)$ merupakan simpangan dalam fungsi waktu t , A merupakan amplitudo yang berasal dari konversi karakteristik input dalam satuan meter, dan ω merupakan kecepatan sudut yang dihitung dari persamaan (3.13) dalam rad/s. Pada persamaan (3.13) π bernilai $22/7$ sedangkan T merupakan periode dari karakteristik input gempa. Maka **Tabel 3.1** jika sudah diproses dapat dinyatakan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Nilai Variasi Input Simpangan

Magnitudo Gempa	Periode Input (detik)	Nilai Input Simpangan ($A \sin(\omega t)$)
6,4 SR episenter 28 km	20	0,3756 sin 0,31 t
	15	0,1857 sin 0,418 t
	10	0,1238 sin 0,628 t
5,7 SR episenter 26 km	20	0,0847 sin 0,31 t
	15	0,0419 sin 0,418 t
	10	0,0279 sin 0,628 t
5,0 SR episenter 26 km	20	0,0169 sin 0,31 t
	15	0,0084 sin 0,418 t
	10	0,0056 sin 0,628 t

3.4 Menentukan Nilai Parameter Fondasi

3.4.1 Menentukan Massa

Massa fondasi merupakan massa tergumpal yang mampu menumpu beban bangunan bertingkat 3. Bangunan tersebut memiliki luas $7,75 \times 6,25$ m. Beban bangunan yang ditumpu oleh fondasi adalah 902 ton. Perhitungan massa fondasi dicantumkan pada **Lampiran A**. Massa fondasi yang digunakan merupakan massa total dari setiap fondasi. Nilai dari massa yang fondasi digunakan adalah 29.580,56 kg atau 29,58 ton.

3.4.2 Menentukan Kekakuan

Kekakuan pada sistem utama merupakan kekakuan yang ditimbulkan oleh interaksi antara tanah dan fondasi. Pergerakan dari fondasi umumnya dianggap ada dua pada arah horizontal dan satu dan arah vertikal. Maka tiga pegas diletakkan secara bersamaan menurut literatur yang sudah diterima (Gazetas,1991). Maka menurut literatur perhitungan kekakuan fondasi pada arah sumbu y dituliskan pada Persamaan (3.14). Kekakuan fondasi pada arah sumbu x dituliskan pada Persamaan (3.15). Kekakuan untuk sumbu z dituliskan pada persamaan (3.16).

$$K_y = \left(\frac{2GL}{2-\nu} \right) \left(2 + 2,5 \left(\frac{Ab}{4L^2} \right)^{0,85} \right) \quad (3.14)$$

$$K_x = K_y \cdot \left(\frac{0,2}{0,75-\nu} \right) GL \left(1 - \frac{B}{L} \right) \quad (3.15)$$

$$K_z = \left(\frac{2GL}{1-\nu} \right) \left(0,73 + 1,5 \left(\frac{Ab}{4L^2} \right)^{0,75} \right) \quad (3.16)$$

Pada Persamaan tersebut, G adalah modulus geser yang bernilai 70 MPa untuk jenis tanah pasir kerikil padat. ν adalah Rasio Poisson yang bernilai 0,5. Ab adalah luas penampang fondasi, B adalah setengah panjang fondasi, dan L adalah setengah lebar fondasi. Nilai hasil perhitungan K_y adalah $1458,79 \times 10^6$ N/m, K_x adalah $1500,79 \times 10^6$ N/m, dan K_z adalah $2181,04$ N/m .

3.4.3. Menentukan Konstanta Redaman

Konstanta redaman pada sistem utama disebabkan oleh interaksi antara tanah dengan fondasi. Konstanta redaman dapat dihitung menggunakan Persamaan (3.17).

$$c = \rho \times V_s \times A_b \quad (3.17)$$

Pada Persamaan (3.17), ρ adalah massa jenis tanah yang bernilai 2100 kg/m^3 untuk jenis tanah pasir padat. V_s adalah kecepatan gelombang geser yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.18). Hasil perhitungan nilai konstanta redaman (c) untuk sistem utama adalah $18.570.792,19 \text{ N s/m}$.

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (3.18)$$

3.5 Data Parameter DVA dan Beam

Dalam tugas akhir ini digunakan DVA dan Beam, keduanya menggunakan bahan yang berbeda. Pada DVA digunakan bahan dari neoprene, pada Beam digunakan bahan dari baja. Parameter dari keduanya akan dijelaskan pada **subbab 3.4.1** dan **3.4.2**

3.5.1 Data Parameter Neoprene (DVA)

Neoprene merupakan salah satu jenis elastomer yang digunakan sebagai isolasi untuk mengurangi simpangan dari fondasi bangunan akibat gempa bumi. *Neoprene* adalah karet sintesis yang terbuat dari proses polarisasi *chloroprene*. Nilai massa dari DVA dapat dihitung dengan persamaan (3.19). Nilai kekakuan dari DVA dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.20), sedangkan nilai konstanta redaman dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.21).

$$m = \rho \times \text{volume} \quad (3.19)$$

$$k = \frac{EA}{L} \quad (3.20)$$

$$\xi = \frac{c}{2\sqrt{km}} \quad (3.21)$$

$$\mu = 2\xi \quad (3.22)$$

Dalam tugas akhir ini dipakai 3 buah DVA dengan dengan dimensi yang berbeda, dimana perubahan dimensi DVA dapat mempengaruhi nilai massa, kekakuan, dan redaman dari DVA tersebut. Variasi nilai parameter tersebut bertujuan untuk melihat bagaimana perubahan dari massa, kekakuan, dan redaman dari suatu DVA dengan bahan yang sama dapat mempengaruhi nilai respon displacement fondasi. Karakteristik *Neoprene* dicantumkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Karakteristik *Neoprene*

Modulus Elastisitas	0,0007 Gpa
Massa Jenis	1230 kg/m ³
<i>Loss Factor</i>	0,1

Sedangkan Nilai parameter dari DVA yang diubah dimensinya dapat dilihat pada **Tabel 3.4**. Pada Tabel tersebut DVA yang dipakai dalam sistem dinamakan DVA 1, DVA 2, dan DVA 3. Pada **Tabel 3.4**, dimensi dari DVA yang diubah pada bagian lebar luas penampang DVA dapat mempengaruhi nilai parameter dari DVA tersebut. Variasi nilai parameter tersebut dibahas lebih lanjut pada BAB IV tugas akhir ini.

Tabel 3.4 Variasi Nilai Parameter DVA

DVA	Dimensi	Massa	Kekakuan	Konstanta Redaman
DVA 1	6,25 x 0,01 x 0,15 m	11,53 kg	168 N/m	4,4 N s/m
DVA 2	6,25 x 0,01 x 0,1 m	7,688 kg	112 N/m	2,934 N s/m
DVA 3	6,25 x 0,01 x 0,05 m	3,844 kg	56 N/m	1,467 N s/m

3.5.2 Data Parameter Baja (Beam)

Beam pada tugas akhir ini berfungsi untuk memperkokoh fondasi bangunan. Baja yang dipakai adalah baja dengan karakteristik seperti tercantum pada **Tabel 3.5**. Kekakuan baja dihitung dari persamaan (3.23) sedangkan untuk redamannya memakai persamaan (3.21).

$$k = \frac{EAI}{L^3} \quad (3.23)$$

Tabel 3.5 Karakteristik Baja

Dimensi	0,15 m x 0,15 m x 6 m
Massa	1053 kg
Modulus Elastisitas	$210 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Massa Jenis	7800 kg/m^3
<i>Loss Factor</i>	1×10^{-4}
Kekakuan	$9.22 \times 10^{12} \text{ N/m}$
Konstanta Redaman	9853 N s/m

3.6 Pemodelan State space

Pada fondasi bangunan yang belum dipasang dengan DVA, Persamaan (3.1), (3.2). dan (3.3) dimisalkan menjadi suatu nilai. Perpindahan yang terdapat pada Persamaan (3.1), (3.2). dan (3.3) dimisalkan sehingga dapat diubah ke dalam bentuk matriks sesuai dengan metode *state space*. Permisalan ini dapat digunakan untuk pemodelan pada arah sumbu x, y, dan z.

$$x_a = x ; y ; z$$

$$x_b = \dot{x} ; \dot{y} ; \dot{z}$$

$$\dot{x}_a = \ddot{x} ; \ddot{y} ; \ddot{z}$$

$$\dot{x}_b = \ddot{x} ; \ddot{y} ; \ddot{z}$$

Dengan menggunakan *software*, nilai permisalan di atas dimodelkan dalam bentuk matriks sesuai dengan Persamaan (3.24) sampai dengan Persamaan (3.27) untuk arah sumbu x, Persamaan (3.28) sampai dengan persamaan (3.31) untuk pemodelan pada

arah sumbu y. Persamaan (3.32) sampai dengan persamaan (3.35) untuk pemodelan pada arah sumbu z. Pada persamaan tersebut, $A(t)$ merupakan matriks *state*, $B(t)$ merupakan matriks input, nilai $u(t)$ merupakan vektor input, dan X_0 merupakan matriks keadaan awal.

Pemodelan *state space* pada arah sumbu x:

$$A(t) := \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{-k_1 - k_2}{M} & \frac{-c_1 - c_2}{M} \end{pmatrix} \quad (3.24)$$

$$B(t) := \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.25)$$

$$u(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{c_1 \cdot x_{gd}(t) + k_1 \cdot x_g(t)}{M} \end{pmatrix} \quad (3.26)$$

$$X_0 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.27)$$

Pemodelan *state space* pada arah sumbu y:

$$A(t) := \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{-k_3 - k_4}{M} & \frac{-c_3 - c_4}{M} \end{pmatrix} \quad (3.28)$$

$$B(t) := \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.29)$$

$$u(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{c_3 \cdot y_{gd}(t) + k_3 \cdot y_g(t)}{M} \end{pmatrix} \quad (3.30)$$

$$x_0 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.31)$$

Pemodelan *state space* pada arah sumbu z.

$$A(t) := \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{-k_5}{M} & \frac{-c_5}{M} \end{pmatrix} \quad (3.32)$$

$$B(t) := \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.33)$$

$$u(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{c_5 \cdot z_{gd}(t) + k_5 \cdot z_g(t)}{M} \end{pmatrix} \quad (3.34)$$

$$x_0 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.35)$$

Setelah dipasang dengan DVA, perpindahan yang terdapat pada Persamaan (3.4) sampai dengan Persamaan (3.11) dimisalkan sehingga didapatkan nilai baru yang dapat diubah ke dalam bentuk matriks. Bentuk permisalan ini dapat digunakan untuk pemodelan pada arah sumbu x, y, dan z.

$$x_a = x_1; y_3; z_5$$

$$x_b = \dot{x}_1; \dot{y}_3; \dot{z}_5$$

$$\dot{x}_a = \dot{x}_1; \dot{y}_3; \dot{z}_5$$

$$\dot{x}_b = \ddot{x}_1; \ddot{y}_3; \ddot{z}_5$$

$$x_c = X; Y; Z$$

$$x_d = \dot{X}; \dot{Y}; \dot{Z}$$

$$\dot{x}_c = \ddot{X}; \ddot{Y}; \ddot{Z}$$

$$\dot{x}_d = \ddot{\ddot{X}}; \ddot{\ddot{Y}}; \ddot{\ddot{Z}}$$

$$x_e = x_2; y_4$$

$$x_f = \dot{x}_2; \dot{y}_4$$

$$\dot{x}_e = \dot{x}_2; \dot{y}_4$$

$$\dot{x}_f = \ddot{x}_2; \ddot{y}_4$$

Matriks yang dihasilkan dari permisalan tersebut dicantumkan pada persamaan (3.36) sampai dengan Persamaan (3.39) untuk pemodelan pada arah sumbu x, persamaan (3.40) sampai dengan persamaan (3.43) untuk pemodelan pada arah sumbu y, dan persamaan (3.44) sampai dengan persamaan (3.47) untuk pemodelan pada arah sumbu z.

Pemodelan *state space* pada arah sumbu x

$$A(t) := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-k1 - kM1}{m1} & \frac{-c1 - cM1}{m1} & \frac{kM1}{m1} & \frac{cM1}{m1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{kM1 + 4k6H}{M} & \frac{cM1 + 4c6H}{M} & \frac{-kM1 - kM2 - 8k6H}{M} & \frac{-cM1 - cM2 - 8c6H}{M} & \frac{kM2 + 4k6H}{M} & \frac{cM2 + 4c6H}{M} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \frac{kM2}{m2} & \frac{cM2}{m2} & \frac{-kM2 - k2}{m2} & \frac{-cM2 - c2}{m2} \end{pmatrix} \quad (3.36)$$

$$B(t) := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.37)$$

$$u(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{k_1 \cdot x_g(t) + c_1 \cdot x_{gd}(t)}{m_1} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.38)$$

$$X_0 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.39)$$

Pemodelan *state space* pada sumbu y adalah

$$A(t) := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-k_3 - k_{M3}}{m_3} & \frac{-c_3 - c_{M3}}{m_3} & \frac{k_{M3}}{m_3} & \frac{c_{M3}}{m_3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{k_{M3} + 4k_6H}{M} & \frac{c_{M3} + 4c_6H}{M} & \frac{-k_{M3} - k_{M4} - 8k_6H}{M} & \frac{-c_{M4} - c_{M4} - 8c_6H}{M} & \frac{k_{M4} + 4k_6H}{M} & \frac{c_{M4} + 4c_6H}{M} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \frac{k_{M4}}{m_4} & \frac{c_{M4}}{m_4} & \frac{-k_{M4} - k_4}{m_4} & \frac{-c_{M4} - c_4}{m_4} \end{pmatrix} \quad (3.40)$$

$$B(t) := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.41)$$

$$u(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{k_3 y_g(t) + c_3 y_{gd}(t)}{m_3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.42)$$

$$X_0 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.43)$$

Pemodelan *state space* pada arah sumbu z

$$A(t) := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{-k_5 - kM_5}{m_5} & \frac{-c_5 - cM_5}{m_5} & \frac{kM_5}{m_5} & \frac{cM_5}{m_5} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{kM_5 + 4k_6V}{M} & \frac{cM_5 + 4c_6V}{M} & \frac{-kM_5 - 4k_6V}{M} & \frac{-cM_5 - 4c_6V}{M} \end{pmatrix}$$

(3.44)

$$B(t) := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.45)$$

$$u(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{k_5 \cdot z_g(t) + c_5 \cdot z_{gd}(t)}{m_5} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.46)$$

$$X_0 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.47)$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Variasi Input Simpangan

Pada **Tabel 3.2** sudah ditentukan nilai input simpangan yang diberikan pada sistem. Maka penyebutan untuk setiap variasi input simpangan disajikan pada **Tabel 4.1**.

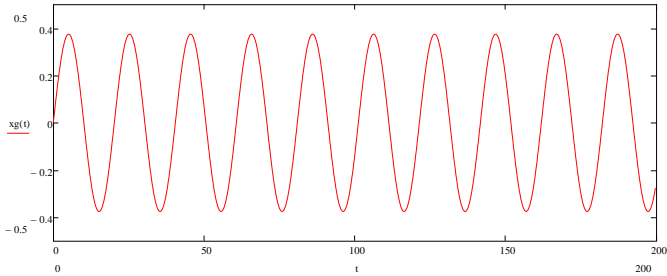
Tabel 4.1 Penamaan dan Nilai Variasi Input Simpangan

Nama Variasi Input Simpangan	Nilai Input Simpangan
A1	$0,3756 \sin 0,31 t$
A2	$0,1857 \sin 0,418 t$
A3	$0,1238 \sin 0,628 t$
B1	$0,0847 \sin 0,31 t$
B2	$0,0419 \sin 0,418 t$
B3	$0,0279 \sin 0,628 t$
C1	$0,0169 \sin 0,31 t$
C2	$0,0084 \sin 0,418 t$
C3	$0,0056 \sin 0,628 t$

Selanjutnya untuk mengetahui gambar dari input simpangan tersebut maka penjelasan lebih lanjut disajikan pada subbab berikut.

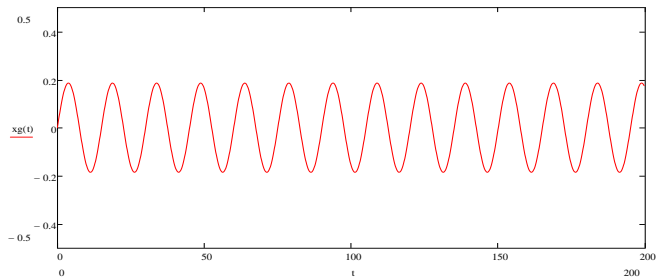
4.1.1 Input Simpangan Magnitudo 6,4 SR

Pada subbab ini karakteristik dari input simpangan adalah gempa dengan magnitudo 6,4 SR sebagai A. Dengan periode 20 detik untuk A1, dengan periode 15 detik untuk A2, dan dengan periode 10 detik untuk A3. Untuk A1 dengan nilai input simpangan $0,3756 \sin 0,31t$ disajikan pada **Gambar 4.1**.

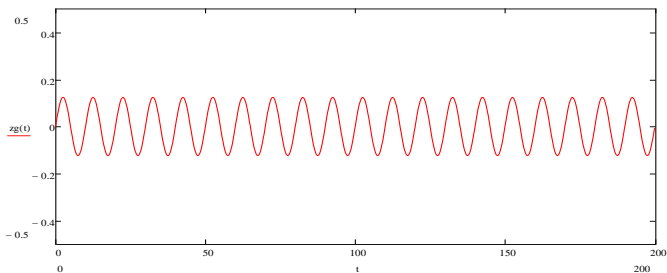


Gambar 4.1 Input simpangan A1

Selanjutnya untuk A2 dengan input simpangan nilai $0,1857 \sin 0,418t$ disajikan pada **Gambar 4.2**. Untuk A3 dengan input simpangan nilai $0,1238 \sin 0,628t$ disajikan pada **Gambar 4.3**.



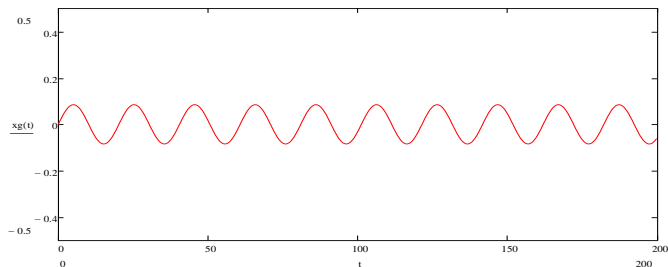
Gambar 4.2 Input simpangan A2



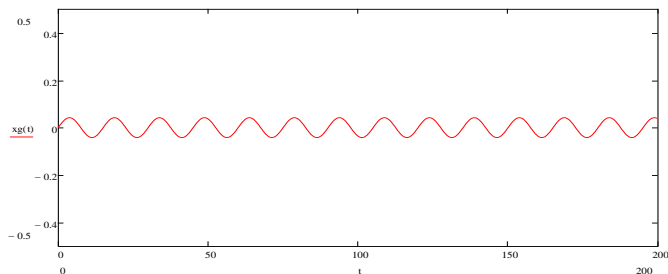
Gambar 4.3 Input simpangan A3

4.1.2 Input Simpangan Magnitudo 5,7 SR

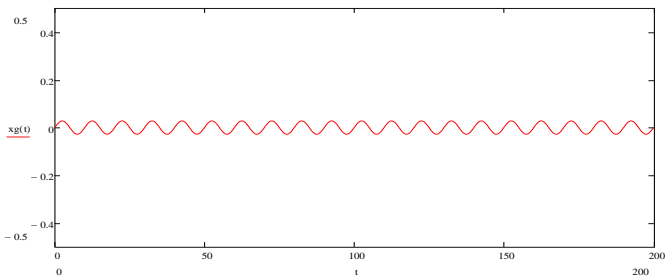
Pada subbab ini karakteristik dari input simpangan adalah gempa dengan magnitudo 5,7 SR sebagai B. Dengan periode 20 detik untuk B1, dengan periode 15 detik untuk B2, dan dengan periode 10 detik untuk B3. Untuk B1 dengan nilai input simpangan $0,0847 \sin 0,31t$ disajikan pada **Gambar 4.4**. Untuk B2 dengan nilai input simpangan $0,0419 \sin 0,418t$ disajikan pada **Gambar 4.5**. Untuk B3 dengan nilai input simpangan $0,0279 \sin 0,628t$ disajikan pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.4 Input simpangan B1



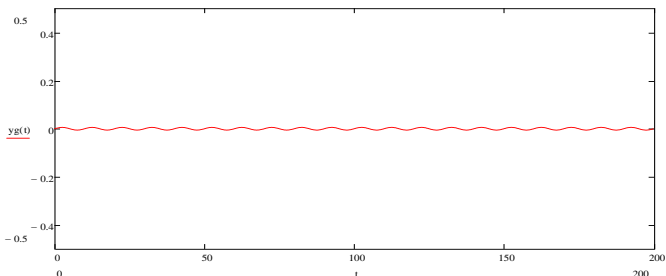
Gambar 4.5 Input simpangan B2



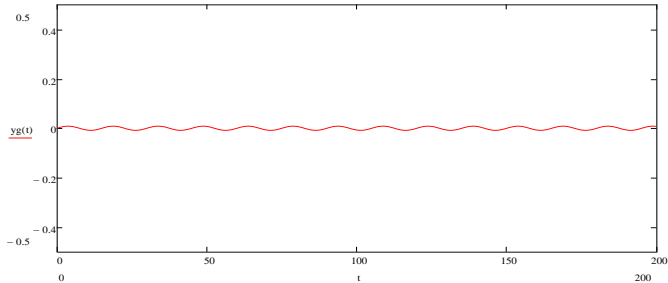
Gambar 4.6 Input simpangan B3

4.1.3 Input Simpangan Magnitudo 5,0 SR

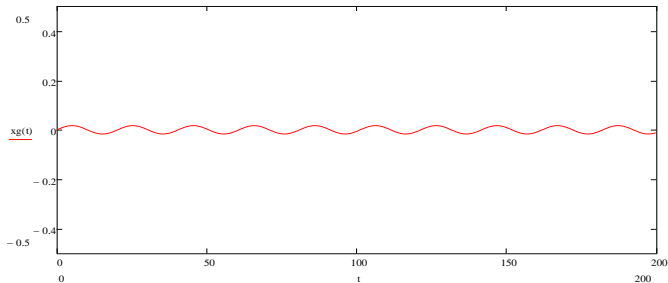
Pada subbab ini karakteristik dari input simpangan adalah gempa dengan magnitudo 5,0 SR sebagai C. Dengan periode 20 detik untuk C1, dengan periode 15 detik untuk C2, dan dengan periode 10 detik untuk C3. Untuk C1 dengan nilai input simpangan $0,0169 \sin 0,31t$ disajikan pada **Gambar 4.7**. Untuk C2 dengan nilai input simpangan $0,0084 \sin 0,418t$ disajikan pada **Gambar 4.8**. Untuk C3 dengan nilai input simpangan $0,0056 \sin 0,628t$ disajikan pada **Gambar 4.9**



Gambar 4.7 Input simpangan C1



Gambar 4.8 Input simpangan C2

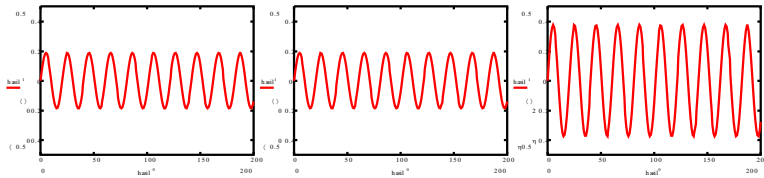


Gambar 4.9 Input simpangan C3

4.2 Respon Displacement Fondasi Tanpa DVA dan Beam

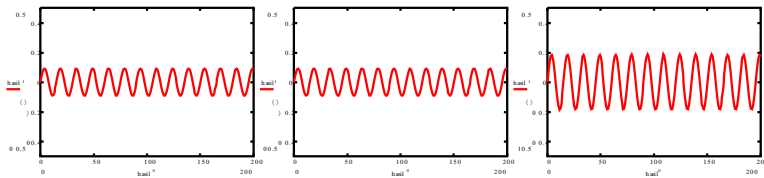
Setelah input simpangan ditentukan maka untuk mengetahui keadaan awal dari suatu fondasi bangunan. Dengan nilai parameter yang telah dihitung pada **subbab 3.4** maka dicari respon displacementnya dan dicari amplitudo setiap sumbu yang terlebih dahulu. Penyajian gambar respon displacement dalam subbab ini disajikan dengan batas atas 0.5m dan batas bawah - 0.5m. Sedangkan *range* waktunya adalah 0 – 200 detik. Gambar respon displacement untuk setiap variasi nilai input simpangan disajikan dengan 3 buah gambar yaitu pada sumbu x untuk gambar paling kiri, pada sumbu y untuk gambar di tengah, dan pada sumbu z untuk gambar paling kanan.

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A1 disajikan pada **Gambar 4.10**.



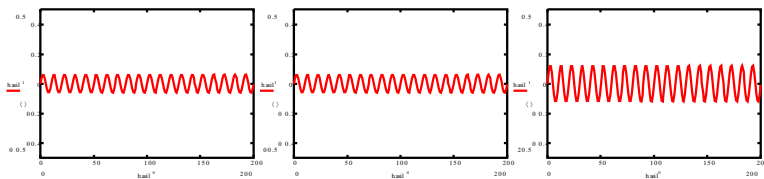
Gambar 4.10 Respon displacement fondasi dengan input A1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A2 disajikan pada **Gambar 4.11**.



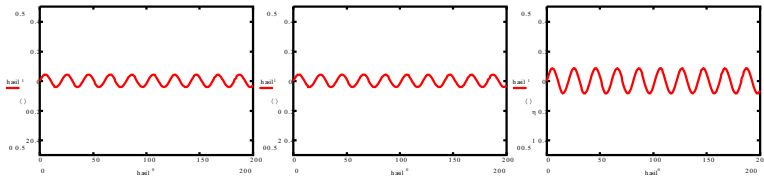
Gambar 4.11 Respon displacement fondasi dengan input A2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A3 disajikan pada **Gambar 4.12**.



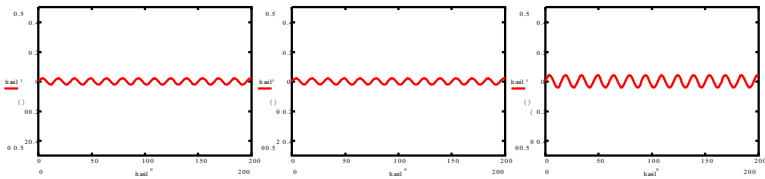
Gambar 4.12 Respon displacement fondasi dengan input A3

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B1 disajikan pada **Gambar 4.13**.



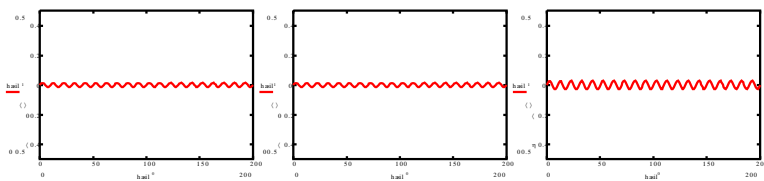
Gambar 4.13 Respon displacement fondasi dengan input B1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B2 disajikan pada **Gambar 4.14**.



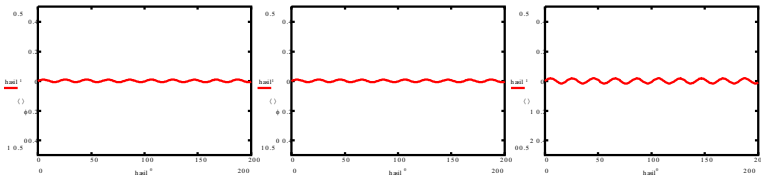
Gambar 4.14 Respon displacement fondasi dengan input B2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B3 disajikan pada **Gambar 4.15**.



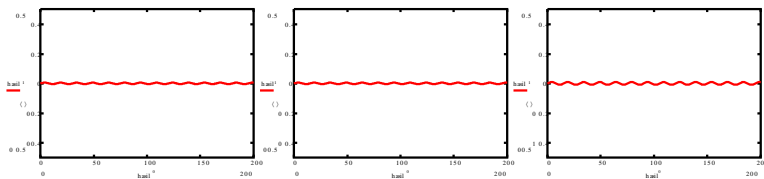
Gambar 4.15 Respon displacement fondasi dengan input B3

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C1 disajikan pada **Gambar 4.16**.



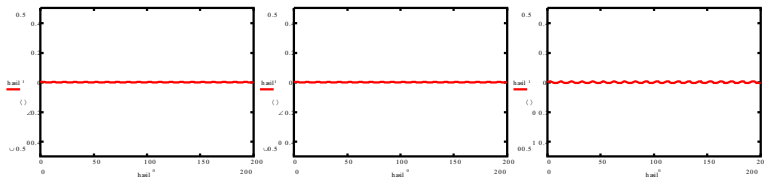
Gambar 4.16 Respon displacement fondasi dengan input C1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C2 disajikan pada **Gambar 4.17**.



Gambar 4.17 Respon displacement fondasi dengan input C2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C3 disajikan pada **Gambar 4.18**.



Gambar 4.18 Respon displacement fondasi dengan input C3

Gambar respon displacement fondasi bangunan pada subbab ini menunjukkan jika perubahan magnitudo gempa pada nilai input simpangan yang diberikan semakin kecil, maka amplitudo dari respon displacement akan semakin kecil pula. Sedangkan nilai perubahan periode yang diberikan akan berpengaruh pada kerapatan gelombang pada respon displacement.

Pengaruh perubahan periode input simpangan yang semakin kecil maka amplitudo dari respon displacement akan semakin pula.

Amplitudo dari respon displacement fondasi setiap sumbu dengan nilai variasi input yang berbeda disajikan pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Nilai Amplitudo setiap sumbu

Variasi Input Simpangan	Sumbu X (m)	Sumbu Y(m)	Sumbu Z (m)
A1	0.188	0.188	0.376
A2	0.093	0.093	0.186
A3	0.06	0.06	0.12
B1	0.042	0.042	0.085
B2	0.021	0.021	0.042
B3	0.014	0.014	0.027
C1	0.00845	0.00845	0.017
C2	0.0042	0.0042	0.0084
C3	0.002711	0.002711	0.005422

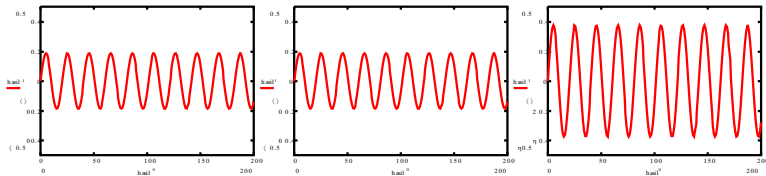
Pada **Tabel 4.2** nilai amplitudo pada sumbu x dan y bernilai sama. Persamaan kesetimbangan sistem pada arah sumbu x dan y adalah sama dan juga input simpangan pada masing - masing sumbu juga sama. Sedangkan pada sumbu z nilai amplitudo lebih besar sekitar dua kali dibanding pada sumbu x dan y. Hal ini dikarenakan pada sumbu z hanya ada satu nilai parameter kekakuan (k) dan konstanta redaman (c). Jika pada setiap sumbu diberikan nilai input simpangan yang berbeda tentunya respon displacement akan berbeda pula. Variasi tersebut disajikan pada **Lampiran D**.

4.3 Respon Displacement Fondasi Dengan DVA dan Beam

Setelah keadaan awal dari fondasi bangunan ditentukan maka untuk mengetahui pengaruh DVA dan Beam pada respon displacement fondasi maka dicari respon displacementnya dan dicari amplitudo setiap sumbunya terlebih dahulu. Untuk data DVA yang dipakai adalah DVA 1 dengan nilai parameter pada **Tabel 3.4** dan nilai parameter Beam pada **Tabel 3.5**.

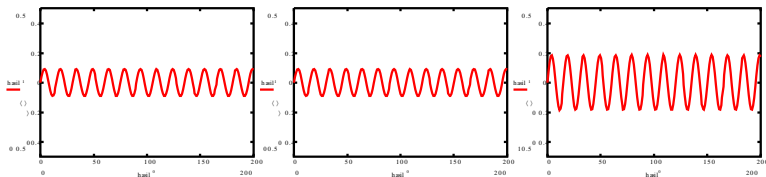
Persamaan kesetimbangan sistem yang dipakai adalah persamaan (3.4) sampai dengan (3.11). Setelah itu dimodelkan dalam *state space* dan diproses dengan *software* penunjang. Penyajian gambar respon displacement dalam subbab ini disajikan dengan batas atas 0.5m dan batas bawah -0.5m. Sedangkan *range* waktunya adalah 0 – 200 detik. Gambar respon displacement untuk setiap variasi nilai input simpangan disajikan dengan 3 buah gambar yaitu pada sumbu x untuk gambar paling kiri, pada sumbu y untuk gambar di tengah, dan pada sumbu z untuk gambar paling kanan. Semua gambar pada subbab ini adalah respon displacement pada fondasi yang telah dipasang DVA dan Beam.

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A1 disajikan pada **Gambar 4.19**.



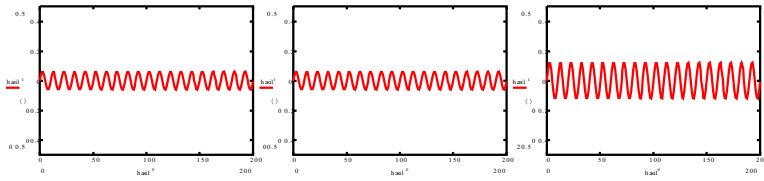
Gambar 4.19 Respon displacement fondasi dengan input A1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A2 disajikan pada **Gambar 4.20**.



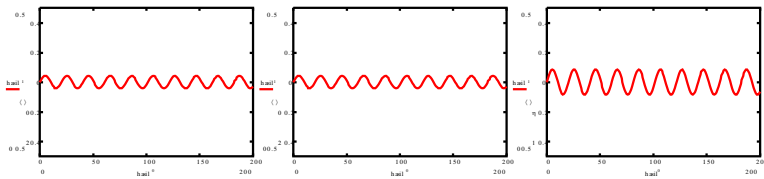
Gambar 4.20 Respon displacement fondasi dengan input A2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A3 disajikan pada **Gambar 4.21**.



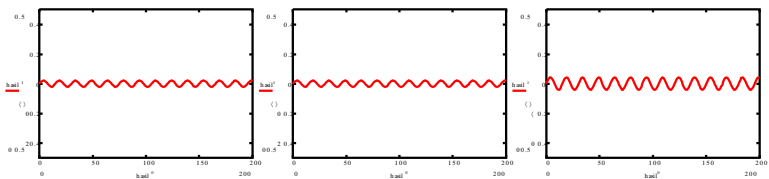
Gambar 4.21 Respon displacement fondasi dengan input A3

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B1 disajikan pada **Gambar 4.22**.



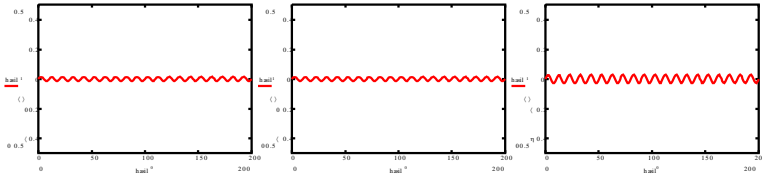
Gambar 4.22 Respon displacement fondasi dengan input B1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B2 disajikan pada **Gambar 4.23**.



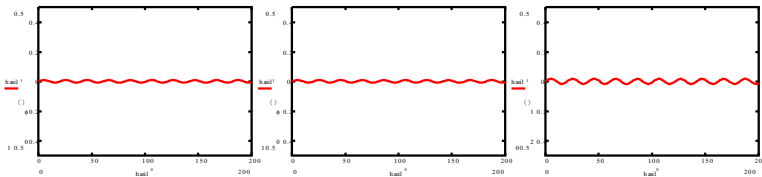
Gambar 4.23 Respon displacement fondasi dengan input B2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B3 disajikan pada **Gambar 4.24**.



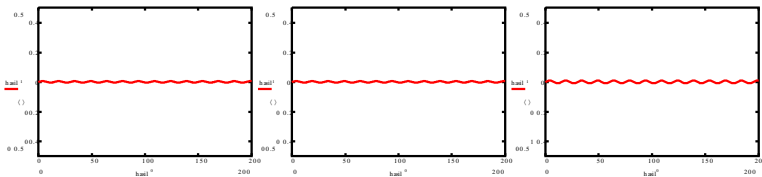
Gambar 4.24 Respon displacement fondasi dengan input B3

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C1 disajikan pada **Gambar 4.25**.



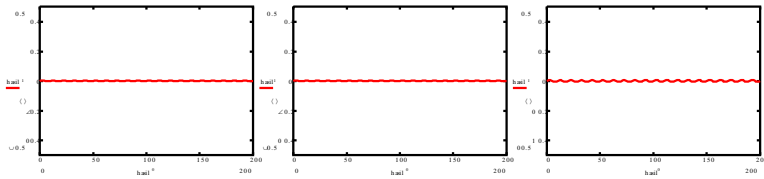
Gambar 4.25 Respon displacement fondasi dengan input C1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C2 disajikan pada **Gambar 4.26**.



Gambar 4.26 Respon displacement fondasi dengan input C2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C3 disajikan pada **Gambar 4.27**.



Gambar 4.27 Respon displacement fondasi dengan input C3

Amplitudo dari respon displacement fondasi yang telah dipasang DVA dan Beam pada setiap sumbu dengan nilai variasi input yang berbeda disajikan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Nilai Amplitudo setiap sumbu

Variasi Input Simpangan	Sumbu X (m)	Sumbu Y(m)	Sumbu Z (m)
A1	0.189	0.189	0.378
A2	0.095	0.095	0.189
A3	0.066	0.066	0.132
B1	0.043	0.043	0.085
B2	0.021	0.021	0.043
B3	0.015	0.015	0.03
C1	0.008505	0.008505	0.017
C2	0.008505	0.008505	0.017
C3	0.002978	0.002978	0.005958

Respon displacement fondasi bangunan yang telah dipasang DVA dan Beam dibanding tanpa pemasangan DVA dan beam tidak jauh berbeda. Hal ini dikarenakan nilai parameter Beam berbahan baja dari segi massa, kekakuan dan redaman yang bernilai terlalu besar.

Pada **Tabel 4.3** nilai amplitudo pada sumbu x dan y bernilai sama. Persamaan kesetimbangan sistem pada arah sumbu x dan y adalah sama dan juga input simpangan pada masing - masing sumbu juga sama. Sedangkan pada sumbu z nilai amplitudo lebih besar sekitar dua kali dibanding pada sumbu x dan y. Hal ini dikarenakan pada sumbu z hanya terdapat satu DVA. Jika pada

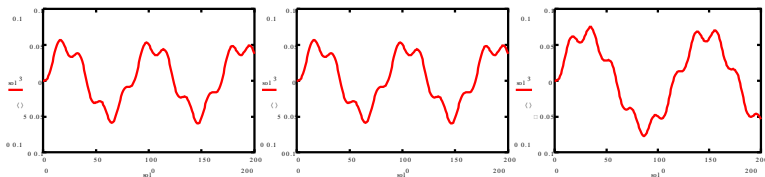
setiap sumbu diberikan nilai input simpangan yang berbeda tentunya respon displacement akan berbeda pula. Variasi tersebut disajikan pada **Lampiran D**.

4.4 Respon Displacement Fondasi Dengan DVA saja

Untuk mengetahui pengaruh Beam pada respon displacement fondasi maka dicari respon displacement fondasi jika beam tersebut dilepas. Maka yang tersisa pada sistem hanyalah fondasi bangunan dan DVA. Data DVA yang dipakai adalah DVA 1 dengan nilai parameter pada **Tabel 3.4**.

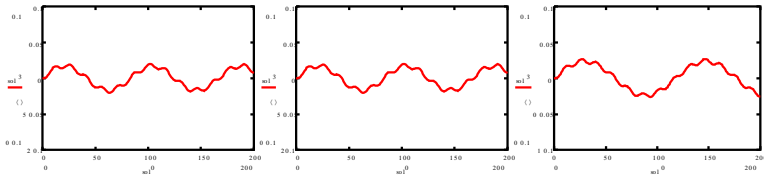
Persamaan kesetimbangan sistem yang dipakai adalah persamaan (3.4) sampai dengan (3.11) tetapi parameter kekakuan dan redaman dari Beam dihapus. Setelah itu dimodelkan dalam *state space* dan diproses dengan *software* penunjang. Penyajian gambar respon displacement dalam subbab ini disajikan dengan batas atas 0.1m dan batas bawah -0.1m. Sedangkan *range* waktunya adalah 0 – 200 detik. Gambar respon displacement untuk setiap variasi nilai input simpangan disajikan dengan 3 buah gambar yaitu pada sumbu x untuk gambar paling kiri, pada sumbu y untuk gambar di tengah, dan pada sumbu z untuk gambar paling kanan. Semua gambar pada subbab ini adalah respon displacement pada fondasi yang dipasang DVA saja.

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A1 disajikan pada **Gambar 4.28**.



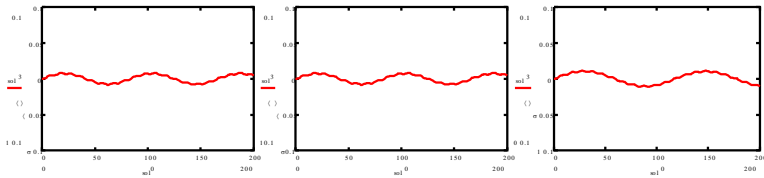
Gambar 4.28 Respon displacement fondasi dengan input A1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A2 disajikan pada **Gambar 4.29**.



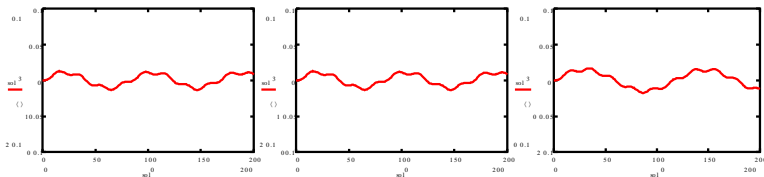
Gambar 4.29 Respon displacement fondasi dengan input A2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah A3 disajikan pada **Gambar 4.30**.



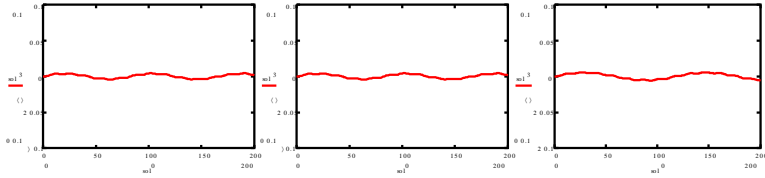
Gambar 4.30 Respon displacement fondasi dengan input A3

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B1 disajikan pada **Gambar 4.31**.



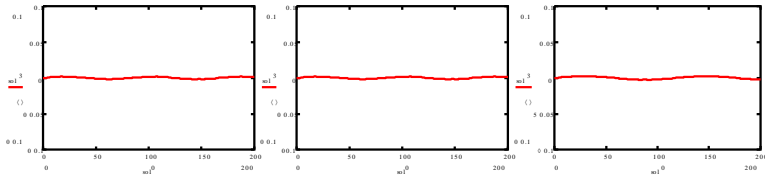
Gambar 4.31 Respon displacement fondasi dengan input B1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B2 disajikan pada **Gambar 4.32**.



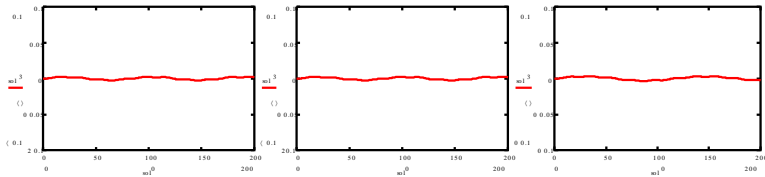
Gambar 4.32 Respon displacement fondasi dengan input B2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah B3 disajikan pada **Gambar 4.33**.



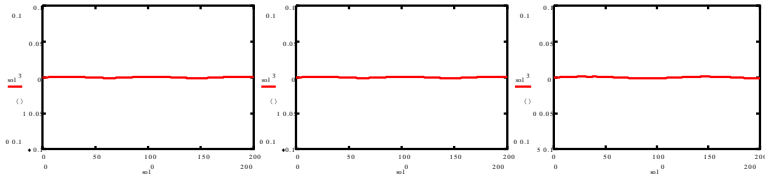
Gambar 4.33 Respon displacement fondasi dengan input B3

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C1 disajikan pada **Gambar 4.34**.



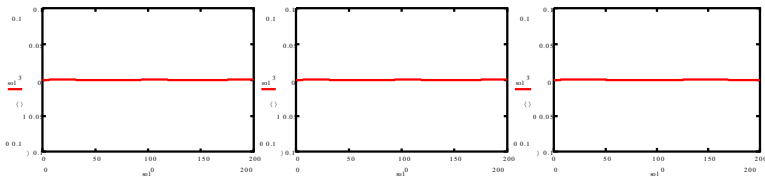
Gambar 4.34 Respon displacement fondasi dengan input C1

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C2 disajikan pada **Gambar 4.35**.



Gambar 4.35 Respon displacement fondasi dengan input C2

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika input simpangan yang diberikan adalah C3 disajikan pada **Gambar 4.36**.



Gambar 4.36 Respon displacement fondasi dengan input C3

Amplitudo dari respon displacement fondasi yang hanya dipasang DVA saja pada setiap sumbu dengan nilai variasi input yang berbeda disajikan pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Nilai Amplitudo setiap sumbu

Variasi Input Simpangan	Sumbu X (m)	Sumbu Y(m)	Sumbu Z (m)
A1	0.057	0.057	0.075
A2	0.02	0.02	0.027
A3	0.008312	0.008312	0.011
B1	0.013	0.013	0.017
B2	0.004569	0.004569	0.00605
B3	0.001866	0.001866	0.00257
C1	0.002662	0.002662	0.003487
C2	0.0009039	0.0009039	0.001213
C3	0.0003827	0.0003827	0.0005334

Respon displacement fondasi dengan pemasangan DVA saja jauh berkurang dibanding dengan respon displacement fondasi dengan pemasangan DVA dan Beam. Hal ini dapat dilihat gambar respon displacement setiap sumbu yang tidak menyentuh angka 0,1m dari respon displacement. Lebih jelasnya nilai amplitudo displacement setiap sumbu terdapat pada **Tabel 4.4**.

Pada **Tabel 4.4** nilai amplitudo pada sumbu x dan y bernilai sama. Persamaan kesetimbangan sistem pada arah sumbu x dan y adalah sama dan juga input simpangan pada masing - masing sumbu juga sama. Sedangkan pada sumbu z nilai amplitudo lebih besar dibanding pada sumbu x dan y. Hal ini dikarenakan pada sumbu z hanya terdapat satu DVA. Jika pada setiap sumbu diberikan nilai input simpangan yang berbeda tentunya respon displacement akan berbeda pula. Variasi tersebut disajikan pada **Lampiran D**.

4.5 Resultan Variasi Input Simpangan

Untuk melihat perubahan respon displacement dari fondasi bangunan jika dibanding dengan pemasangan DVA dan beam dan juga jika dibanding dengan pemasangan DVA saja maka cara yang dipakai adalah menghitung nilai dari resultan dari sumbu x, y, dan z. Resultan yang dihitung adalah titik displacement terjauh pada sumbu x dan y dari keadaan tanpa gempa (detik 0) dengan nilai pada z sesuai pada waktu x dan y. Persamaan yang dipakai untuk menghitung resultan adalah persamaan (4.1)

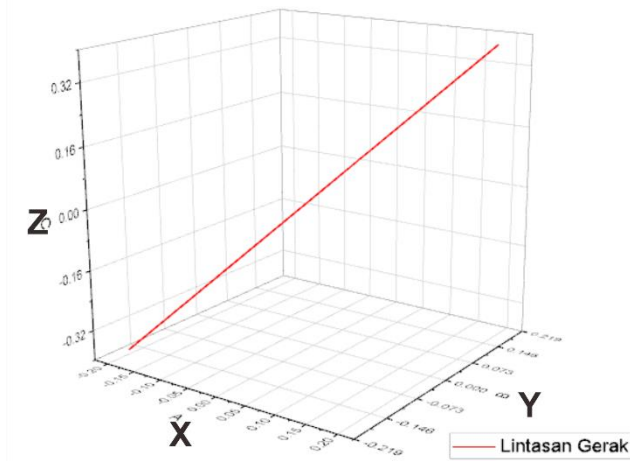
$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (4.1)$$

Sebelum menghitung nilai resultan diplotting terlebih dahulu semua respon displacement fondasi pada setiap sistem yang disajikan dengan plot 3D. Hasil resultan dan hasil plotting disajikan pada subbab selanjutnya.

4.5.1 Fondasi Tanpa DVA dan Beam

Respon displacement fondasi tanpa pemasangan DVA dan Beam jika disajikan dalam bentuk Plot 3D akan menunjukkan lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang telah diberi input simpangan akibat gempa. Plot 3D pada subbab ini adalah gabungan dari respon displacement pada sumbu x, y, dan z. Telah diketahui bahwa respon displacement dari setiap sumbu menurut fungsi waktu (t). Maka Plot 3D ini adalah lintasan gerak suatu fondasi bangunan dari detik 0 sampai dengan detik ke-200.

Lintasan gerak fondasi untuk input simpangan dengan magnitudo 6,4 SR periode 20 detik disajikan pada **Gambar 4.37**



Gambar 4.37 Lintasan Gerak Fondasi input simpangan 6,4 SR periode 20 detik

Pada **Gambar 4.37** lintasan gerak fondasi bangunan terlihat seperti garis lurus. Hal ini dikarenakan nilai displacement dari x dan y yang bernilai sama. Sedangkan sumbu z mempengaruhi ketinggian dari lintasan gerak. Sebenarnya gambar tersebut merupakan gerak bolak balik dari fondasi bangunan. Tetapi dikarenakan input simpangan yang sama pada setiap sumbu maka plot 3D yang dihasilkan berupa garis lurus.

Karena semua sistem yang dibahas mempunyai input

simpangan yang sama maka hanya disajikan satu gambar saja pada subbab ini. Bedanya hanya terletak pada nilai resultannya saja. Untuk nilai resultan displacement fondasi tanpa pemasangan DVA dan Beam dengan variasi input simpangan disajikan pada **Tabel 4.5**

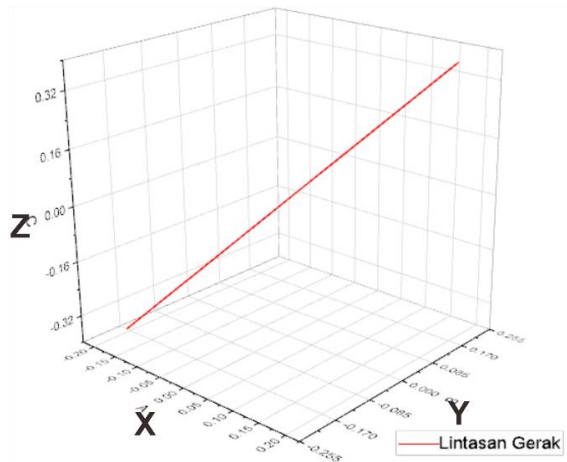
Tabel 4.5 Nilai Resultan Fondasi Tanpa DVA dan Beam

Input Simpangan	Sumbu X (m)	Sumbu Y (m)	Sumbu Z (m)	Resultan (m)
A1	0.188	0.188	0.376	0.4605
A2	0.093	0.093	0.186	0.2278
A3	0.06	0.06	0.12	0.1470
B1	0.042	0.042	0.085	0.1037
B2	0.021	0.021	0.042	0.0514
B3	0.014	0.014	0.027	0.0335
C1	-0.00845	-0.00845	-0.017	0.0208
C2	0.0042	0.0042	0.0084	0.0103
C3	0.002711	0.002711	0.005422	0.0066

4.5.2 Fondasi dengan DVA dan Beam

Respon displacement fondasi dengan pemasangan DVA dan Beam jika disajikan dalam bentuk Plot 3D akan menunjukkan lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang telah diberi input simpangan akibat gempa. Plot 3D pada subbab ini adalah gabungan dari respon displacement pada sumbu x, y, dan z. Telah diketahui bahwa respon displacement dari setiap sumbu menurut fungsi waktu (t). Maka Plot 3D ini adalah lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang telah dipasang DVA dan beam dari detik 0 sampai dengan detik ke-200.

Lintasan gerak fondasi yang telah dipasang DVA dan Beam untuk input simpangan dengan magnitudo 6,4 SR periode 20 detik disajikan pada **Gambar 4.38**.



Gambar 4.38 Lintasan Gerak Fondasi input simpangan 6,4 SR periode 20 detik

Karena semua sistem yang dibahas mempunyai input simpangan yang sama maka hanya disajikan satu gambar saja pada subbab ini. Bedanya hanya terletak pada nilai resultannya saja. Untuk nilai resultan displacement fondasi dengan pemasangan DVA dan Beam dengan variasi input simpangan disajikan pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Nilai Resultan Fondasi Dengan DVA dan Beam

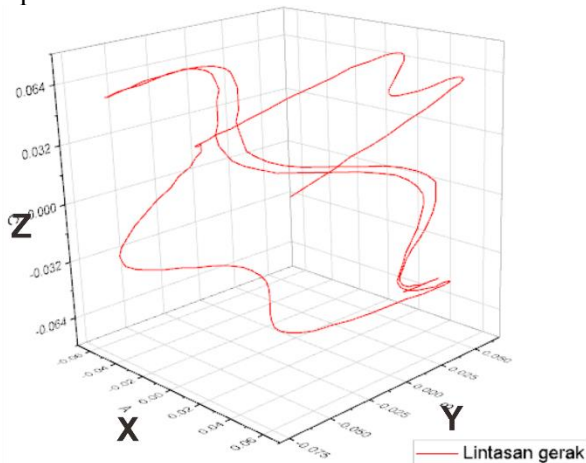
Input Simpangan	Sumbu X (m)	Sumbu Y (m)	Sumbu Z (m)	Resultan (m)
A1	0.189	0.189	0.378	0.4630
A2	0.095	0.095	0.189	0.2319
A3	0.066	0.066	0.132	0.1617
B1	0.043	0.043	0.085	0.1045
B2	0.021	0.021	0.043	0.0523
B3	0.015	0.015	0.03	0.0367
C1	0.008505	0.008505	0.017	0.0208
C2	0.008505	0.008505	0.017	0.0208
C3	0.002978	0.002978	0.005958	0.0073

Tabel 4.6 menunjukkan nilai resultan yang lebih besar dibanding **Tabel 4.5**. Hal ini menunjukkan pemasangan Beam berakibat buruk bagi respon displacement dari sistem. Hal ini dikarenakan nilai parameter massa, kekakuan, dan redaman dari Beam yang bernilai terlalu besar.

4.5.3 Fondasi dengan DVA saja

Respon displacement fondasi dengan pemasangan DVA saja jika disajikan dalam bentuk Plot 3D akan menunjukkan lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang telah diberi input simpangan akibat gempa. Plot 3D pada subbab ini adalah gabungan dari respon displacement pada sumbu x, y, dan z. Telah diketahui bahwa respon displacement dari setiap sumbu menurut fungsi waktu (t). Maka Plot 3D ini adalah lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang hanya dipasang DVA saja dari detik 0 sampai dengan detik ke-200.

Lintasan gerak fondasi yang hanya dipasang DVA saja untuk input simpangan dengan magnitudo 6,4 SR periode 20 detik disajikan pada **Gambar 4.39**.



Gambar 4.39 Lintasan Gerak Fondasi input simpangan 6,4 SR periode 20 detik

Karena semua sistem yang dibahas mempunyai input simpangan yang sama maka hanya disajikan satu gambar saja pada subbab ini. Bedanya hanya terletak pada nilai resultannya saja. Untuk nilai resultan displacement fondasi dengan pemasangan DVA saja dengan variasi input simpangan disajikan pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Nilai Resultan Fondasi Dengan DVA saja

Input Simpangan	Sumbu X (m)	Sumbu Y (m)	Sumbu Z (m)	Resultan (m)
A1	0.0570	0.0570	0.0610	0.1011
A2	0.0200	0.0200	-0.0130	0.0311
A3	0.0083	0.0083	-0.0050	0.0128
B1	0.0130	0.0130	0.0140	0.0231
B2	-0.0046	-0.0046	-0.0021	0.0068
B3	0.0019	0.0019	-0.0011	0.0029
C1	-0.0027	-0.0027	0.0025	0.0045
C2	0.0009	0.0009	-0.0007	0.0015
C3	0.0004	0.0004	-0.0002	0.0006

Tabel 4.7 menunjukkan nilai resultan yang lebih kecil dibanding **Tabel 4.6**. Hal ini menunjukkan pemasangan DVA dan Beam pada isolasi getaran sistem dibanding pemasangan DVA saja pada isolasi getaran sistem kurang baik. Hal ini dikarenakan nilai parameter massa, kekakuan, dan redaman dari Beam yang bernilai terlalu besar.

4.6 Persentase Perubahan pada Variasi Input Simpangan

Jika dinyatakan dalam persentase perbandingan dalam ketiga sistem yaitu fondasi tanpa DVA dan Beam, fondasi dengan DVA dan Beam, dan fondasi dengan DVA saja maka dapat diketahui seberapa besar nilai perubahan pada displacement fondasi. Persentase perubahan amplitudo untuk pemasangan DVA dan Beam dihitung dengan persamaan (4.2) dan disajikan pada **Tabel 4.8**

$$\frac{\text{Tanpa DVA dan Beam}}{\text{Dengan DVA dan Beam}} \times 100 \% \quad (4.2)$$

Tabel 4.8 Persentase perubahan pemasangan DVA dan Beam

Input Simpangan	Resultan Tanpa DVA dan Beam (m)	Resultan Dengan DVA dan Beam (m)	Persentase perubahan amplitudo (%)
A1	0.4605	0.4630	99.47
A2	0.2278	0.2319	98.24
A3	0.1470	0.1617	90.91
B1	0.1037	0.1045	99.22
B2	0.0514	0.0523	98.43
B3	0.0335	0.0367	91.12
C1	0.0208	0.0208	99.78
C2	0.0103	0.0208	49.40
C3	0.0066	0.0073	91.01

Persentase perubahan amplitudo untuk pemasangan DVA saja dihitung dengan persamaan (4.3) dan disajikan pada **Tabel 4.9**.

$$\frac{\text{Tanpa DVA dan Beam}}{\text{Dengan DVA saja}} \times 100 \% \quad (4.3)$$

Tabel 4.9 Persentase perubahan pemasangan DVA saja

Input Simpangan	Resultan Tanpa DVA dan Beam (m)	Resultan Dengan DVA saja (m)	Persentase perubahan amplitudo (%)
A1	0.4605	0.1011	455.54
A2	0.2278	0.0311	731.81

A3	0.1470	0.0128	1150.87
B1	0.1037	0.0231	448.74
B2	0.0514	0.0068	756.03
B3	0.0335	0.0029	1167.76
C1	0.0208	0.0045	462.13
C2	0.0103	0.0015	708.15
C3	0.0066	0.0006	1132.14

Nilai persentase ketika 100 % berarti antara pembilang dan penyebut bernilai sama, ini menunjukkan keadaan fondasi tanpa DVA dan Beam. Pada kasus yang terdapat pada **Tabel 4.8** pembilang (fondasi tanpa DVA dan Beam) bernilai lebih kecil dibanding penyebut (fondasi dengan DVA dan Beam), maka hasilnya akan lebih kecil dari 100 %. Hasil yang lebih kecil dari 100% ini mengindikasikan jika pemasangan DVA dan Beam pada fondasi mempengaruhi nilai amplitudo dari sistem yang semakin besar.

Sebaliknya kasus pada **Tabel 4.9** pembilang (fondasi tanpa DVA dan Beam) bernilai lebih besar dibanding penyebut (fondasi dengan DVA saja), maka hasilnya akan lebih besar dari 100 %. Hasil yang lebih besar dari 100% ini mengindikasikan jika pemasangan DVA saja pada fondasi mempengaruhi nilai amplitudo dari sistem yang semakin kecil atau dengan kata lain sistem tereduksi.

Nilai variasi input simpangan pada hasil resultan ketiga sistem menunjukkan bahwa semakin kecil magnitudo yang diberikan pada sistem maka nilai amplitudo pada respon displacement fondasi akan semakin kecil. Sedangkan periode juga berpengaruh pada nilai amplitudo pada respon displacement fondasi yang akan semakin kecil juga. Untuk persentase perubahan pada pemasangan DVA dan Beam diikuti perubahan nilai periode pada input simpangan yang semakin kecil (20-10 detik) pada masing-masing magnitudonya akan berkurang sebesar 9%. Untuk

persentase perubahan pada pemasangan DVA saja diikuti perubahan nilai periode pada input simpangan yang semakin kecil (20-10 detik) pada masing-masing magnitudonya akan bertambah sebesar 700%.

4.7 Variasi Nilai Parameter DVA

Variasi nilai parameter pada DVA yang dilakukan pada **Tabel 4.3** adalah mengganti lebar dari luas penampang pada DVA. Perubahan pada dimensi tersebut akan diikuti oleh perubahan nilai massa, nilai kekakuan, dan nilai konstanta redaman dari DVA berbahan *neoprene* tersebut. Penamaan untuk DVA sudah tercantum pada **Tabel 4.3**.

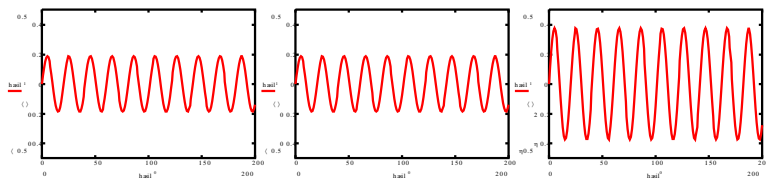
Semua perhitungan respon displacement dari fondasi yang dilakukan yaitu dengan nilai karakteristik input simpangan gempa dengan kekuatan 6,4 SR periode 20 detik.

4.7.1 Respon Displacement Fondasi dengan DVA dan Beam

Tahapan yang dilakukan pada subbab ini yaitu, pertama dicari respon displacement pada fondasi tanpa DVA dan Beam. Hal ini sudah diketahui pada subbab 4.2 pada input A1. Selanjutnya sistem pada fondasi dengan DVA dan Beam dirubah DVAny. Dari DVA 1 terlebih dahulu, lalu ke DVA 2, dan terakhir ke DVA 3. Tetapi nilai parameter Beam tetap. Dari perhitungan dengan *software* penunjang, didapatkan respon displacement fondasi yang dipasang DVA dan Beam.

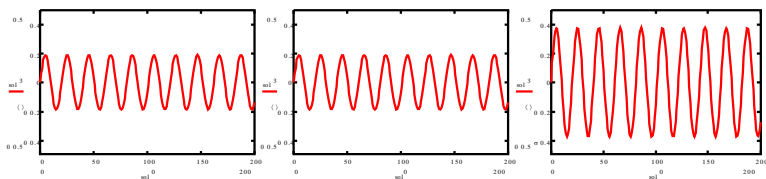
Penyajian gambar respon displacement dalam subbab ini disajikan dengan batas atas 0.5m dan batas bawah -0.5m. Sedangkan *range* waktunya adalah 0 – 200 detik. Gambar respon displacement untuk setiap variasi nilai parameter DVA disajikan dengan 3 buah gambar yaitu pada sumbu x untuk gambar paling kiri, pada sumbu y untuk gambar di tengah, dan pada sumbu z untuk gambar paling kanan. Semua gambar pada subbab ini adalah respon displacement pada fondasi yang dipasang DVA dan Beam.

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika DVA 1 dipasang pada sistem disajikan pada **Gambar 4.40**.



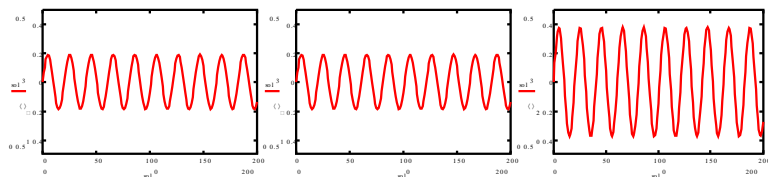
Gambar 4.40 Respon displacement fondasi dipasang DVA 1 dan Beam

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika DVA 2 dipasang pada sistem disajikan pada **Gambar 4.41**.



Gambar 4.41 Respon displacement fondasi dipasang DVA 2 dan Beam

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika DVA 3 dipasang pada sistem disajikan pada **Gambar 4.42**.



Gambar 4.42 Respon displacement fondasi dipasang DVA 3 dan Beam

Amplitudo dari respon displacement fondasi setiap sumbu dengan nilai variasi DVA disajikan pada **Tabel 4.10**

Tabel 4.10 Nilai Amplitudo setiap sumbu

Variasi DVA	Sumbu X (m)	Sumbu Y(m)	Sumbu Z (m)
DVA 1	0.189	0.189	0.378
DVA 2	0.189	0.189	0.378
DVA 3	0.189	0.189	0.378

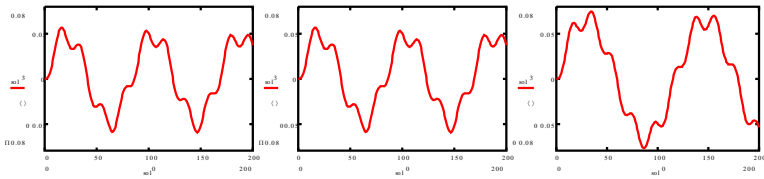
Gambar respon displacement pada subbab ini tidak menunjukkan perbedaan. Perubahan pada nilai parameter DVA saat fondasi dipasang DVA dan Beam tidak berakibat berkurangnya amplitudo pada respon displacement. Pada **Tabel 4.10** dapat dilihat amplitudo pada setiap sumbu yang bernilai tetap. Penyebab dari nilai yang tetap tersebut adalah nilai kekakuan dari beam berbahan baja yang besar.

4.7.2 Respon Displacement Fondasi dengan DVA saja

Begitu juga dengan fondasi yang dipasang DVA saja, variasinya adalah mengganti seluruh DVA pada sistem. Dari DVA 1 terlebih dahulu, lalu ke DVA 2, dan terakhir ke DVA 3. Dari perhitungan dengan *software* penunjang, didapatkan displacement fondasi yang dipasang DVA saja.

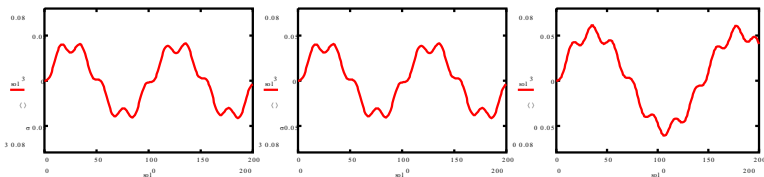
Penyajian gambar respon displacement dalam subbab ini disajikan dengan batas atas 0.08m dan batas bawah -0.08m. Sedangkan *range* waktunya adalah 0 – 200 detik. Gambar respon displacement untuk setiap variasi nilai parameter DVA disajikan dengan 3 buah gambar yaitu pada sumbu x untuk gambar paling kiri, pada sumbu y untuk gambar di tengah, dan pada sumbu z untuk gambar paling kanan. Semua gambar pada subbab ini adalah respon displacement pada fondasi yang dipasang DVA saja.

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika DVA 1 dipasang pada sistem disajikan pada **Gambar 4.43**.



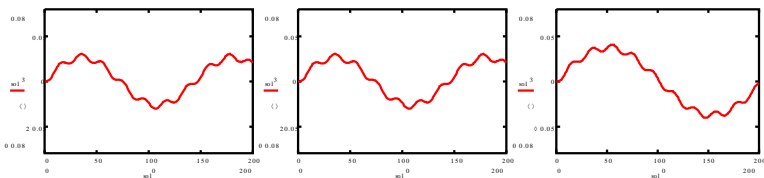
Gambar 4.43 Respon displacement fondasi dipasang DVA 1 saja

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika DVA 2 dipasang pada sistem disajikan pada **Gambar 4.44**.



Gambar 4.44 Respon displacement fondasi dipasang DVA 1 saja

Respon displacement fondasi pada sumbu x, y, dan z jika DVA 3 dipasang pada sistem disajikan pada **Gambar 4.45**.



Gambar 4.45 Respon displacement fondasi dipasang DVA 1 saja

Amplitudo dari respon displacement fondasi setiap sumbu dengan nilai variasi DVA disajikan pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Nilai Amplitudo setiap sumbu

Variasi DVA	Sumbu X (m)	Sumbu Y(m)	Sumbu Z (m)
DVA 1	0.057	0.057	0.061
DVA 2	0.042	0.042	0.045
DVA 3	0.031	0.031	0.037

Gambar respon displacement pada subbab ini menunjukkan perbedaan. Perubahan pada nilai parameter DVA saat fondasi dipasang DVA saja berakibat berkurangnya amplitudo pada respon displacement fondasi. Pada **Tabel 4.11** dapat dilihat amplitudo pada setiap sumbu yang yang berkurang berbanding lurus dengan perubahan nilai parameter DVA yang lebih kecil.

4.8 Resultan Variasi Nilai Parameter DVA

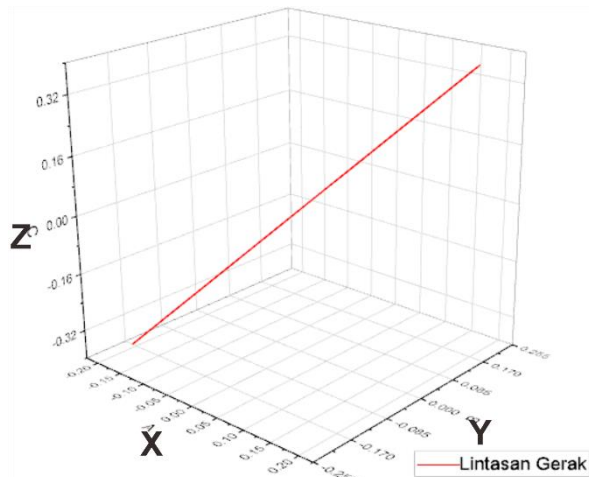
Untuk melihat perubahan respon displacement dari fondasi bangunan jika dibanding dengan pemasangan DVA dan beam dan juga jika dibanding dengan pemasangan DVA saja maka cara yang dipakai adalah menghitung nilai dari resultan dari sumbu x, y, dan z. Resultan yang dihitung adalah titik displacement terjauh pada sumbu x dan y dari keadaan tanpa gempa (detik 0) dengan nilai pada z sesuai pada waktu x dan y. Persamaan yang dipakai untuk menghitung resultan adalah persamaan (4.1)

Sebelum menghitung nilai resultan diplotting terlebih dahulu semua respon displacement fondasi pada setiap sistem yang disajikan dengan plot 3D.

4.8.1 Fondasi dengan DVA dan Beam

Respon displacement fondasi dengan pemasangan DVA dan Beam jika disajikan dalam bentuk Plot 3D akan menunjukkan lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang telah diberi input simpangan akibat gempa. Plot 3D pada subbab ini adalah gabungan dari respon displacement pada sumbu x, y, dan z. Telah diketahui bahwa respon displacement dari setiap sumbu menurut fungsi waktu (t). Maka Plot 3D ini adalah lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang dipasang DVA dan beam dari detik 0 sampai dengan detik ke-200.

Lintasan gerak fondasi yang dipasang DVA 1 dan Beam untuk input simpangan magnitudo 6,4 SR periode 20 detik disajikan pada **Gambar 4.46**



Gambar 4.46 Lintasan Gerak Fondasi input simpangan 6,4 SR periode 20 detik

Karena semua sistem yang dibahas mempunyai input simpangan yang sama maka hanya disajikan satu gambar saja pada subbab ini. Untuk nilai resultan displacement fondasi dengan pemasangan DVA dan Beam dengan variasi nilai parameter DVA disajikan pada **Tabel 4.12**

Tabel 4.12 Nilai Resultan Fondasi Dengan DVA dan Beam

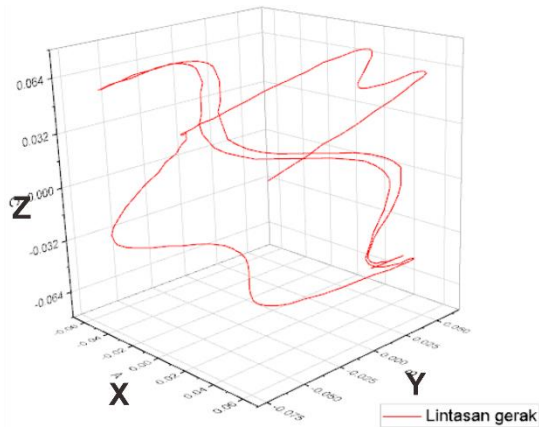
Variasi DVA	Sumbu X (m)	Sumbu Y (m)	Sumbu Z (m)	Resultan (m)
DVA 1	0.189	0.189	0.378	0.4630
DVA 2	0.189	0.189	0.378	0.4630
DVA 3	0.189	0.189	0.378	0.4630

4.8.1 Fondasi dengan DVA dan Beam

Respon displacement fondasi dengan pemasangan DVA saja jika disajikan dalam bentuk Plot 3D akan menunjukkan lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang telah diberi input simpangan akibat gempa. Plot 3D pada subbab ini adalah gabungan dari respon displacement pada sumbu x, y, dan z. Telah diketahui

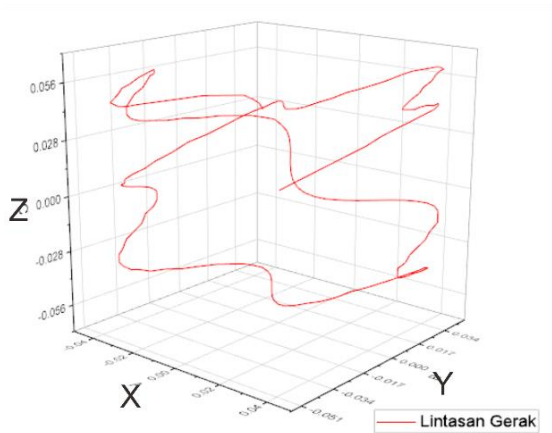
bahwa respon displacement dari setiap sumbu menurut fungsi waktu (t). Maka Plot 3D ini adalah lintasan gerak suatu fondasi bangunan yang dipasang DVA dan beam dari detik 0 sampai dengan detik ke-200. Semua gambar pada subbab ini adalah untuk input simpangan magnitudo 6,4 SR periode 20 detik.

Lintasan gerak fondasi yang dipasang DVA 1 disajikan pada **Gambar 4.47**.



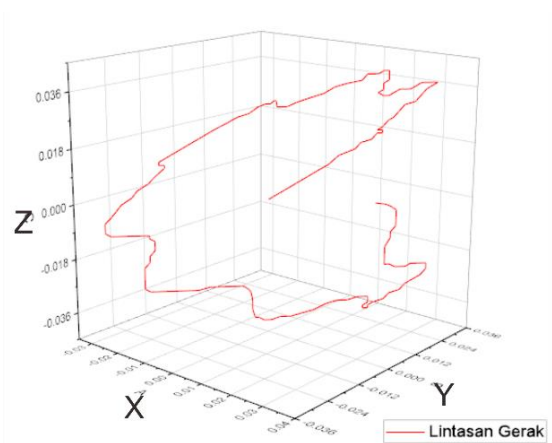
Gambar 4.47 Lintasan Gerak Fondasi dipasang DVA 1

Lintasan gerak fondasi yang dipasang DVA 2 disajikan pada **Gambar 4.48**.



Gambar 4.48 Lintasan Gerak Fondasi dipasang DVA 2

Lintasan gerak fondasi yang dipasang DVA 3 disajikan pada **Gambar 4.49**.



Gambar 4.49 Lintasan Gerak Fondasi dipasang DVA 3

Untuk nilai resultan displacement fondasi pemasangan DVA saja dengan variasi nilai parameter DVA disajikan pada **Tabel 4.13**

Tabel 4.13 Nilai Resultan Fondasi Dengan DVA dan Beam

Variasi DVA	Sumbu X (m)	Sumbu Y (m)	Sumbu Z (m)	Resultan (m)
DVA 1	0.057	0.057	0.061	0.1011
DVA 2	0.042	0.042	0.045	0.0745
DVA 3	0.031	0.031	0.037	0.0574

Perubahan pada nilai parameter DVA saat fondasi dipasang DVA saja berakibat berkurangnya amplitudo pada resultan respon displacement fondasi. Pada **Tabel 4.13** dapat dilihat resultan yang berkurang berbanding lurus dengan perubahan nilai parameter DVA yang lebih kecil.

4.9 Persentase Perubahan pada Variasi Input Simpangan

Jika dinyatakan dalam persentase perbandingan dalam ketiga sistem yaitu fondasi tanpa DVA dan Beam, fondasi dengan DVA dan Beam, dan fondasi dengan DVA saja maka dapat diketahui seberapa besar nilai perubahan pada displacement fondasi. Persentase perubahan ini bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh perubahan nilai parameter DVA. Persentase perubahan amplitudo untuk pemasangan DVA dan Beam dihitung dengan persamaan (4.2) dan disajikan pada **Tabel 4.14**.

Tabel 4.14 Persentase perubahan pemasangan DVA dan Beam

Variasi DVA	Resultan Tanpa DVA dan Beam (m)	Resultan Dengan DVA dan Beam (m)	Persentase perubahan amplitudo (%)
DVA 1	0.4605	0.4630	99.47
DVA 2	0.4605	0.4630	99.47
DVA 3	0.4605	0.4630	99.47

Persentase perubahan amplitudo untuk pemasangan DVA saja dihitung dengan persamaan (4.3) dan disajikan pada **Tabel**

4.15.

Tabel 4.15 Persentase perubahan pemasangan DVA dan Beam

Variasi DVA	Resultan Tanpa DVA dan Beam (m)	Resultan Dengan DVA saja (m)	Persentase perubahan amplitudo (%)
DVA 1	0.4605	0.1011	455.54
DVA 2	0.4605	0.0745	617.97
DVA 3	0.4605	0.0574	802.73

Nilai persentase ketika 100 % berarti antara pembilang dan penyebut bernilai sama, ini menunjukkan keadaan fondasi tanpa DVA dan Beam. Pada kasus yang terdapat pada **Tabel 4.14** pembilang (fondasi tanpa DVA dan Beam) bernilai lebih kecil dibanding penyebut (fondasi dengan DVA dan Beam), maka hasilnya akan lebih kecil dari 100 %. Hasil yang lebih kecil dari 100% ini mengindikasikan jika pemasangan DVA dan Beam pada fondasi mempengaruhi nilai amplitudo dari sistem yang semakin besar.

Sebaliknya kasus pada **Tabel 4.15** pembilang (fondasi tanpa DVA dan Beam) bernilai lebih besar dibanding penyebut (fondasi dengan DVA saja), maka hasilnya akan lebih besar dari 100 %. Hasil yang lebih besar dari 100% ini mengindikasikan jika pemasangan DVA saja pada fondasi mempengaruhi nilai amplitudo dari sistem yang semakin kecil atau dengan kata lain sistem tereduksi.

Persentase perubahan nilai parameter pada DVA hanya berpengaruh pada fondasi dengan pemasangan DVA saja. Pada **Tabel 4.15** dapat dilihat perbandingan persentase perubahan DVA 1 ke DVA 2 dengan nilai persentase perubahan yang bertambah. Selanjutnya persentase perubahan pada DVA 2 ke DVA 3 yang juga bertambah. Persentase perubahan terhadap digantinya nilai parameter DVA yang semakin bertambah menunjukkan nilai resultan fondasi dengan DVA saja yang semakin berkurang. Atau dengan kata lain amplitudo sistem semakin tereduksi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penarikan kesimpulan untuk tugas akhir ini maka diperoleh:

1. Nilai parameter isolasi getaran dengan massa 11,53kg, konstanta redaman 4,4 N s/m, dan kekakuan 168 N/m untuk meredam getaran gempa 6,4 SR periode 20 detik akan mengurangi amplitudo respon sebesar 455.54 %.
2. Pengaruh Beam pada fondasi bangunan yang di isolasi dengan DVA, akan memperbesar amplitudo respon sebesar 0,53%.
3. Periode input simpangan yang bernilai semakin kecil, lebih berpengaruh pada respon displacement fondasi, dibandingkan dengan amplitudo input simpangan.
4. Perubahan nilai parameter DVA yang semakin kecil akan lebi berpengaruh mereduksi sistem isolasi getar.

5.2 Saran

Saran pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik Beam (steel) berupa nilai massa, nilai kekakuan dan nilai konstanta redaman di ubah dengan cara perubahan dimensi yang digunakan atau perubahan bahan beam.
2. Sistem ini hanya terbatas pada model fondasi dangkal tidak pada fondasi dalam, sebaiknya dilakukan perhitungan jika sistem pada fondasi dalam.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Sineresu S.Rao, *Mechanical Vibrations* (fifth edition), Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2004.
- S.Rajasekaran, *Structural Dynamics of Earthquake Engineering : Theori and Application Using Mathematic and MATLAB*, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2009.
- Ogata, K. (2004). *Sistem Dynamic*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall
- Putu Ayustin Suriasni, *Pemodelan Dynamic Vibratin Absorber sebagai Peredam Getaran Pada Fondasi Bangunan Tahan Gempa Dalam Arah Orthogonal*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- Dosen-Dosen Fisika. (1997). *Fisika Dasar I*. Surabaya: Yayasan Pembina Jurusan Fisika.
- Mohite, A. A. Earthquake Analysis of Tall Building with Tuned Mass Damper. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 114.
- http://inatews.bmkg.go.id/new/query_gempa_isu.php diakses pada tanggal 23 Agustus 2018 pada pukul 18.59.
- <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-44996132> diakses pada tanggal 23 Agustus 2018 pada pukul 19.41.
- Mr. Ashish A. Mohite dan Prof. G.R. Patil, “Earthquake Analysis of Tall Building with Tuned Mass Damper”, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 2015.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN DATA FONDASI BANGUNAN

A.1 Perhitungan Massa Fondasi

Data dimensi dan jumlah fondasi diperoleh dari Laporan Perhitungan Struktur oleh Ir Yakni Idris, MSc, MSCE pada tahun 2010.

- a. Perhitungan massa beton

Dimensi fondasi = 1,25 m x 1,25 m x 0,2 m

Jumlah = 20

Mutu beton = K-225

Berdasarkan SNI DT-91-0008-2007, komposisi beton K-225 :

Tabel A.1 Massa Jenis dari Setiap Material Beton K-225

Material	Massa Jenis (kg/m ³)
Semen Portland	371
Pasir Beton	698
Kerikil	1047
Air	215

Dari **Tabel A.1** didapatkan massa jenis total dari beton yaitu 2331 kg/m³. Sehingga massa beton adalah

$$\begin{aligned}
 m &= V \times \rho \times \text{jumlah fondasi} \\
 &= 0,3125 \times 2331 \times 20 \\
 &= 14.568,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dimensi fondasi = 1,25 x 2,75 x 0,2

Jumlah = 5

Mutu beton = K-225

Massa = 0,688 x 2331 x 5
= 8018,65 kg

- b. Perhitungan massa tulangan

Material = besi beton polos

Diameter = 12 mm

Panjang = 12 m

$$\text{Massa jenis} = 7867,65 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ tulangan 1} &= \pi^2 \times \text{panjang} \\ &= \pi \left(\frac{0,012}{2} \right)^2 \times 1,43 \\ &= 1,62 \times 10^4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa tulangan 1} &= V \text{ tulangan 1} \times \rho \times \text{jumlah tulangan} \times \\ &\quad \text{jumlah fondasi} \\ &= 1,62 \times 10^4 \times 16 \times 7867,65 \times 20 \\ &= 407,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ tulangan 2} &= \pi \left(\frac{0,012}{2} \right)^2 \times 2,93 \\ &= 3,31 \times 10^4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa tulangan 2} &= ((1,62 \times 10^4 \times 8 \times 7867,65) + \\ &\quad (3,31 \times 10^4 \times 16 \times 7867,65)) \times 5 \\ &= 260,11 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Massa total fondasi

$$\begin{aligned} m &= \text{massa beton 1} + \text{massa tulangan 1} + \text{massa beton} \\ &\quad 2 + \text{massa tulangan 2} + \text{massa kolom} \\ &= 14.568,8 + 407,8 + 8018,65 + 260,11 + 6325,2 \\ &= 29.580,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan Kekakuan Fondasi

a. Kekakuan pada arah sumbu y

$$G = 70 \text{ Mpa (Pasir kerikil padat)}$$

$$v = 0,5 \text{ (Pasir Kerikil)}$$

$$\begin{aligned} \frac{Ab}{4L^2} &= \frac{6,25 \times 7,75}{4 \left(\frac{1}{2} \times 6,25 \right)^2} \\ &= 1,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_y &= \left(\frac{2GL}{2-v} \right) \left(2 + 2,5 \left(\frac{Ab}{4L^2} \right)^{0,85} \right) \\ &= \left(\frac{2 \times 70 \times 10^6}{2-0,5} \right) (2 + 2,5(1,24)^{0,85}) \\ &= 1458,79 \times 10^6 \text{ N/m} \end{aligned}$$

b. Kekakuan pada arah sumbu x

$$K_x = K_y - \left(\frac{0,2}{0,75-v} \right) GL \left(1 - \frac{B}{L} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= 1458,79 \times 10^6 - \\
&\quad \left(\frac{0,2}{0,75-0,5} \right) 70 \times 10^6 \frac{1}{2} \times 6,25 \left(1 - \frac{7,75}{6,25} \right) \\
&= 1500,79 \times 10^6 \text{ N/m}
\end{aligned}$$

c. Kekakuan pada arah sumbu z

$$\begin{aligned}
K_z &= \left(\frac{2GL}{1-\nu} \right) \left(0,73 + 1,5 \left(\frac{Ab}{4L^2} \right)^{0,75} \right) \\
&= \left(\frac{2 \times 70 \times 10^6 \times 1/2 \times 6,25}{1-0,5} \right) (0,73 + 1,5(1,24)^{0,75}) \\
&= 2181,04 \times 10^6 \text{ N/m}
\end{aligned}$$

A.3 Perhitungan Redaman dari Fondasi

$$\rho = 2100 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
V_s &= \sqrt{\frac{G}{\rho}} \\
&= \sqrt{\frac{70 \times 10^6}{2100}} \\
&= 182,57
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c &= \rho \times V_s \times Ab \\
&= 2100 \times 182,57 \times 6,25 \times 7,75 \\
&= 18.570.792,19 \text{ N s/m}
\end{aligned}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN NILAI PARAMETER DVA DAN
BEAM

B.1 Variasi Nilai Parameter DVA Berbahan *Neoprene*

a. DVA 1

$$\begin{aligned} m &= \rho \times volume \\ &= 1230 \times 6,25 \times 0,01 \times 0,15 \\ &= 11,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= \frac{EA}{L} \\ &= \frac{7 \times 10^5 \times 0,01 \times 0,15}{6,25} \\ &= 168 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{\mu}{2} \\ &= \frac{0,1}{2} \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \xi \times 2\sqrt{km} \\ &= 0,05 \times 2 \sqrt{168 \times 11,53} \\ &= 4,40 \text{ N s/m} \end{aligned}$$

b. DVA 2

$$\begin{aligned} m &= \rho \times volume \\ &= 1230 \times 6,25 \times 0,01 \times 0,1 \\ &= 7,688 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= \frac{EA}{L} \\ &= \frac{7 \times 10^5 \times 0,01 \times 0,1}{6,25} \\ &= 112 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\xi = \frac{\mu}{2}$$

$$= \frac{0,1}{2}$$

$$= 0,05$$

$$c = \xi \times 2\sqrt{km}$$

$$= 0,05 \times 2 \sqrt{112 \times 7,688}$$

$$= 2,934 \text{ N s/m}$$

c. DVA 3

$$m = \rho \times volume$$

$$= 1230 \times 6,25 \times 0,01 \times 0,05$$

$$= 3,844 \text{ kg}$$

$$k = \frac{EA}{L}$$

$$= \frac{7 \times 10^5 \times 0,01 \times 0,05}{6,25}$$

$$= 56 \text{ N/m}$$

$$\xi = \frac{\mu}{2}$$

$$= \frac{0,1}{2}$$

$$= 0,05$$

$$c = \xi \times 2\sqrt{km}$$

$$= 0,05 \times 2 \sqrt{56 \times 3,844}$$

$$= 1,467 \text{ N s/m}$$

B.2 Nilai Parameter Beam Berbahan Baja

$$w = 0.15 \text{ m} ; d = 0.15 \text{ m} ; h = 6 \text{ m}$$

$$m = \rho \times volume$$

$$= 7800 \times 6 \times 0,15 \times 0,15$$

$$= 1053 \text{ kg}$$

$$k = \frac{3EI}{l^3}$$

Perhitungan Momen Inersia:

$$\begin{aligned} I_x &= 1/12 m (w^2 + h^2); & I_x &= 3161 \\ I_y &= 1/12 m (d^2 + h^2); & I_y &= 3161 \\ I_z &= 1/12 m (w^2 + d^2); & I_z &= 3,949 \end{aligned}$$

Kekakuan setiap sumbu:

$$k_x = \frac{3EI_x}{l^3}$$

$$\begin{aligned} k_x &= \frac{3 \times 210 \times 10^9 \times 3161}{6^3} \\ &= 9.22 \times 10^{12} \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$k_y = \frac{3EI_y}{l^3}$$

$$k_y = 9.22 \times 10^{12} \text{ N/m}$$

$$k_z = \frac{3EI_z}{l^3}$$

$$k_z = 1.149 \times 10^9 \text{ N/m}$$

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{\mu}{2} \\ &= \frac{1 \times 10^{-4}}{2} \\ &= 0,00005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_x &= \xi \times 2\sqrt{km} \\ &= 0,00005 \times 2 \sqrt{9,220,000,000,000 \times 1053} \\ &= 9853 \end{aligned}$$

$$c_y = 9853$$

$$c_z = 347.836$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN AMPLITUDO INPUT SIMPANGAN GEMPA

C Variasi Input Simpangan

Variasi yang digunakan dalam tugas akhir ini tercantum pada tabel C1.

Tabel C.1 Variasi Input Simpangan

Magnitudo Gempa	Periode Input (detik)	Nilai Input Simpangan (A sin (ωt))
6,4 SR episenter 28 km	20	0,3756 sin 0,31 t
	15	0,1857 sin 0,418 t
	10	0,1238 sin 0,628 t
5,7 SR episenter 26 km	20	0,0847 sin 0,31 t
	15	0,0419 sin 0,418 t
	10	0,0279 sin 0,628 t
5,0 SR episenter 26 km	20	0,0169 sin 0,31 t
	15	0,0084 sin 0,418 t
	10	0,0056 sin 0,628 t

Perhitungan yang dilakukan untuk input simpangan adalah sebagai berikut.

C.1 Input Simpangan Magnitudo 6,4 SR

a. Periode 20 Detik

$$M_s = 6,4 \text{ SR}$$

$$\text{Episenter} = 28 \text{ km}$$

$$\Delta = \frac{28}{111,322} = 0,2515^\circ$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi}{T} \\ &= \frac{2\pi}{20} \\ &= 0,31 \end{aligned}$$

$$M_s = \log A + 1,656 \log(\Delta) + 1,818$$

$$6,4 = \log A + 1,656 \log(0,2515) + 1,818$$

$$\begin{aligned}
 A &= 10^{5,5747} \\
 &= 375577,87 \mu\text{m} \\
 &= 0.3756 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Periode 15 Detik

$$M_s = 6,4 \text{ SR}$$

$$\text{Episenter} = 28 \text{ km}$$

$$\Delta = \frac{28}{111,322} = 0,2515^\circ$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{2\pi}{T} \\
 &= \frac{2\pi}{15} \\
 &= 0,418
 \end{aligned}$$

$$6,4 = \log \left[\frac{A}{15} \right] + 1,656 \log(0,2515) + 3,3$$

$$A = 0.1857 \text{ m}$$

c. Periode 10 Detik

$$M_s = 6,4 \text{ SR}$$

$$\text{Episenter} = 28 \text{ km}$$

$$\Delta = \frac{28}{111,322} = 0,2515^\circ$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{2\pi}{T} \\
 &= \frac{2\pi}{10} \\
 &= 0,628
 \end{aligned}$$

$$6,4 = \log \left[\frac{A}{10} \right] + 1,656 \log(0,2515) + 3,3$$

$$A = 0.1238 \text{ m}$$

C.2 Input Simpangan Magnitudo 5,7 SR

a. Periode 20 Detik

$$M_s = 5,7 \text{ SR}$$

$$\text{Episenter} = 26 \text{ km}$$

$$\Delta = \frac{26}{111,322} = 0,2335^\circ$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2\pi}{20} \\
&= 0,31 \\
M_s &= \log A + 1,656 \log(\Delta) + 1,818 \\
5,7 &= \log A + 1,656 \log(0,2335) + 1,818 \\
A &= 0,0847 \text{ m}
\end{aligned}$$

b. Periode 15 Detik

$$\begin{aligned}
M_s &= 5,7 \text{ SR} \\
\text{Episenter} &= 26 \text{ km} \\
\Delta &= \frac{26}{111,322} = 0,2335^\circ \\
\omega &= \frac{2\pi}{T} \\
&= \frac{2\pi}{15} \\
&= 0,418 \\
5,7 &= \log \left[\frac{A}{15} \right] + 1,656 \log(0,2335) + 3,3 \\
A &= 0,0419 \text{ m}
\end{aligned}$$

c. Periode 10 Detik

$$\begin{aligned}
M_s &= 5,7 \text{ SR} \\
\text{Episenter} &= 26 \text{ km} \\
\Delta &= \frac{26}{111,322} = 0,2335^\circ \\
\omega &= \frac{2\pi}{T} \\
&= \frac{2\pi}{10} \\
&= 0,628 \\
5,7 &= \log \left[\frac{A}{10} \right] + 1,656 \log(0,2335) + 3,3 \\
A &= 0,0279 \text{ m}
\end{aligned}$$

C.3 Input Simpangan Magnitudo 5,0 SR

a. Periode 20 Detik

$$\begin{aligned}
M_s &= 5,0 \text{ SR} \\
\text{Episenter} &= 26 \text{ km} \\
\Delta &= \frac{26}{111,322} = 0,2335^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi}{T} \\ &= \frac{2\pi}{20} \\ &= 0,31\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_s &= \log A + 1,656 \log(\Delta) + 1,818 \\ 5,0 &= \log A + 1,656 \log(0,2335) + 1,818 \\ A &= 0,0169 \text{ m}\end{aligned}$$

b. Periode 15 Detik

$$\begin{aligned}M_s &= 5,0 \text{ SR} \\ \text{Episenter} &= 26 \text{ km} \\ \Delta &= \frac{26}{111,322} = 0,2335^\circ \\ \omega &= \frac{2\pi}{T} \\ &= \frac{2\pi}{15} \\ &= 0,418 \\ 5,0 &= \log \left[\frac{A}{15} \right] + 1,656 \log(0,2335) + 3,3 \\ A &= 0.0084 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Periode 10 Detik

$$\begin{aligned}M_s &= 5,0 \text{ SR} \\ \text{Episenter} &= 26 \text{ km} \\ \Delta &= \frac{26}{111,322} = 0,2335^\circ \\ \omega &= \frac{2\pi}{T} \\ &= \frac{2\pi}{10} \\ &= 0,628 \\ 5,0 &= \log \left[\frac{A}{10} \right] + 1,656 \log(0,2335) + 3,3 \\ A &= 0.0056 \text{ m}\end{aligned}$$

LAMPIRAN D

NILAI RESULTAN DAN NILAI PERUBAHAN PERSENTASE

Pada Lampiran ini variasi input simpangan dilakukan pada setiap sumbu. Lalu hasil resultan dari sumbu x, y, dan z dihitung dan dihitung persentasenya. Variasi Input Simpangan yang dilakukan pada setiap sumbu dicantumkan pada **Tabel D1**

Tabel D.1 Nilai Variasi

Label	Keterangan
A	Magnitudo 6,4 SR Episenter 28 km
B	Magnitudo 5,7 SR Episenter 26 km
C	Magnitudo 5,0 SR Episenter 26 km
1	Periode 20 detik
2	Periode 15 detik
3	Periode 10 detik

Tabel D.2 Variasi input simpangan setiap sumbu

Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z
X A1	Y A1	Z A1
X A2	Y A2	Z A2
X A3	Y A3	Z A3
X B1	Y B1	Z B1
X B2	Y B2	Z B2
X B3	Y B3	Z B3
X C1	Y C1	Z C1
X C2	Y C2	Z C2
X C3	Y C3	Z C3

Maksud pada **Tabel D2** semisal jika “X A1” berarti input simpangan dilakukan pada sumbu x dengan magnitudo A Periode 1. Selanjutnya jika dihitung nilai resultan dan perubahan persentase dicantumkan pada **Tabel D3**.

Keterangan pada **Tabel D3** adalah sebagai berikut:

Resultan displacement fondasi tanpa DVA dan beam	TDB
Resultan displacement fondasi dengan DVA dan beam	DDB
Resultan displacement fondasi dengan DVA saja	DS
Persentase perubahan dengan DVA dan Beam	PB
Persentase perubahan dengan DVA saja	PD

Untuk menghitung PB persamaan yang dipakai adalah:

$$PB = \frac{\text{Tanpa DVA dan Beam}}{\text{Dengan DVA dan Beam}} \times 100 \%$$

Untuk menghitung PD persamaan yang dipakai adalah:

$$PD = \frac{\text{Tanpa DVA dan Beam}}{\text{Dengan DVA saja}} \times 100 \%$$

Tabel D.3 Nilai resultan dan persentase perubahan

No.	Variasi Input			TDB	DDB	DS	PB	PD
1	X A1	Y A1	Z A1	0.4605	0.4630	0.1011	99.47	455.54
2	X A1	Y A1	Z A2	0.3245	0.3274	0.0817	99.12	397.39
3	X A1	Y A1	Z A3	0.2917	0.2981	0.0808	97.85	361.17
4	X A1	Y A1	Z B1	0.2791	0.2805	0.0818	99.52	341.16
5	X A1	Y A1	Z B2	0.2692	0.2707	0.0806	99.43	333.80
6	X A1	Y A1	Z B3	0.2672	0.2690	0.0806	99.36	331.49
7	X A1	Y A1	Z C1	0.2664	0.2678	0.0806	99.47	330.34
8	X A1	Y A1	Z C2	0.2660	0.2678	0.0806	99.32	329.98
9	X A1	Y A1	Z C3	0.2659	0.2674	0.0806	99.47	329.89
10	X A1	Y B1	Z A1	0.4225	0.4248	0.0845	99.45	500.01
11	X A1	Y B1	Z A2	0.2678	0.2707	0.0599	98.91	447.10
12	X A1	Y B1	Z A3	0.2270	0.2345	0.0587	96.78	386.79
13	X A1	Y B1	Z B1	0.2106	0.2116	0.0601	99.48	350.24
14	X A1	Y B1	Z B2	0.1972	0.1985	0.0585	99.30	337.01
15	X A1	Y B1	Z B3	0.1945	0.1961	0.0585	99.17	332.65

16	X A1	Y B1	Z C1	0.1934	0.1946	0.0585	99.39	330.48
17	X A1	Y B1	Z C2	0.1928	0.1946	0.0585	99.10	329.78
18	X A1	Y B1	Z C3	0.1927	0.1939	0.0585	99.38	329.62
19	X A1	Y C1	Z A1	0.4205	0.4227	0.0835	99.47	503.38
20	X A1	Y C1	Z A2	0.2646	0.2674	0.0585	98.94	452.11
21	X A1	Y C1	Z A3	0.2232	0.2307	0.0573	96.75	389.65
22	X A1	Y C1	Z B1	0.2065	0.2074	0.0588	99.56	351.46
23	X A1	Y C1	Z B2	0.1928	0.1940	0.0571	99.38	337.68
24	X A1	Y C1	Z B3	0.1901	0.1916	0.0571	99.25	333.11
25	X A1	Y C1	Z C1	0.1890	0.1900	0.0571	99.47	330.83
26	X A1	Y C1	Z C2	0.1884	0.1900	0.0571	99.17	330.10
27	X A1	Y C1	Z C3	0.1883	0.1893	0.0571	99.46	329.93
28	X A1	Y A2	Z A1	0.4305	0.4332	0.0858	99.40	501.52
29	X A1	Y A2	Z A2	0.2803	0.2837	0.0618	98.83	453.69
30	X A1	Y A2	Z A3	0.2416	0.2493	0.0606	96.91	398.67
31	X A1	Y A2	Z B1	0.2263	0.2280	0.0620	99.27	364.98
32	X A1	Y A2	Z B2	0.2139	0.2159	0.0604	99.10	353.89
33	X A1	Y A2	Z B3	0.2115	0.2136	0.0604	98.98	350.02
34	X A1	Y A2	Z C1	0.2104	0.2122	0.0605	99.16	348.07
35	X A1	Y A2	Z C2	0.2099	0.2122	0.0604	98.92	347.48
36	X A1	Y A2	Z C3	0.2098	0.2116	0.0604	99.15	347.33
37	X A1	Y B2	Z A1	0.4209	0.4231	0.0836	99.47	503.41
38	X A1	Y B2	Z A2	0.2653	0.2681	0.0586	98.95	452.40
39	X A1	Y B2	Z A3	0.2240	0.2315	0.0574	96.77	390.28
40	X A1	Y B2	Z B1	0.2074	0.2083	0.0589	99.56	352.27
41	X A1	Y B2	Z B2	0.1938	0.1950	0.0572	99.39	338.64
42	X A1	Y B2	Z B3	0.1911	0.1925	0.0572	99.26	334.10
43	X A1	Y B2	Z C1	0.1899	0.1909	0.0572	99.48	331.84
44	X A1	Y B2	Z C2	0.1894	0.1909	0.0572	99.18	331.12

45	X A1	Y B2	Z C3	0.1892	0.1903	0.0572	99.47	330.95
46	X A1	Y C2	Z A1	0.4204	0.4227	0.0835	99.46	503.53
47	X A1	Y C2	Z A2	0.2645	0.2674	0.0585	98.91	452.36
48	X A1	Y C2	Z A3	0.2231	0.2307	0.0572	96.70	389.82
49	X A1	Y C2	Z B1	0.2064	0.2074	0.0587	99.50	351.55
50	X A1	Y C2	Z B2	0.1927	0.1940	0.0570	99.31	337.76
51	X A1	Y C2	Z B3	0.1900	0.1916	0.0570	99.18	333.18
52	X A1	Y C2	Z C1	0.1888	0.1900	0.0571	99.40	330.90
53	X A1	Y C2	Z C2	0.1882	0.1900	0.0570	99.10	330.17
54	X A1	Y C2	Z C3	0.1881	0.1893	0.0570	99.39	330.00
55	X A1	Y A3	Z A1	0.4246	0.4277	0.0839	99.28	506.13
56	X A1	Y A3	Z A2	0.2712	0.2753	0.0591	98.50	459.23
57	X A1	Y A3	Z A3	0.2310	0.2398	0.0578	96.32	399.46
58	X A1	Y A3	Z B1	0.2149	0.2175	0.0593	98.80	362.47
59	X A1	Y A3	Z B2	0.2018	0.2048	0.0576	98.54	350.02
60	X A1	Y A3	Z B3	0.1992	0.2024	0.0576	98.40	345.72
61	X A1	Y A3	Z C1	0.1981	0.2009	0.0577	98.59	343.55
62	X A1	Y A3	Z C2	0.1975	0.2009	0.0576	98.31	342.88
63	X A1	Y A3	Z C3	0.1974	0.2003	0.0576	98.57	342.72
64	X A1	Y B3	Z A1	0.4206	0.4229	0.0835	99.46	503.68
65	X A1	Y B3	Z A2	0.2648	0.2677	0.0585	98.93	452.76
66	X A1	Y B3	Z A3	0.2235	0.2310	0.0572	96.73	390.36
67	X A1	Y B3	Z B1	0.2068	0.2078	0.0587	99.53	352.15
68	X A1	Y B3	Z B2	0.1931	0.1944	0.0571	99.35	338.43
69	X A1	Y B3	Z B3	0.1904	0.1920	0.0570	99.21	333.87
70	X A1	Y B3	Z C1	0.1893	0.1904	0.0571	99.44	331.59
71	X A1	Y B3	Z C2	0.1887	0.1904	0.0570	99.13	330.86
72	X A1	Y B3	Z C3	0.1886	0.1897	0.0570	99.43	330.69
73	X A1	Y C3	Z A1	0.4204	0.4226	0.0835	99.47	503.54

74	X A1	Y C3	Z A2	0.2645	0.2673	0.0585	98.94	452.37
75	X A1	Y C3	Z A3	0.2231	0.2306	0.0572	96.75	389.82
76	X A1	Y C3	Z B1	0.2063	0.2073	0.0587	99.56	351.54
77	X A1	Y C3	Z B2	0.1927	0.1939	0.0570	99.38	337.74
78	X A1	Y C3	Z B3	0.1899	0.1914	0.0570	99.25	333.17
79	X A1	Y C3	Z C1	0.1888	0.1898	0.0571	99.47	330.89
80	X A1	Y C3	Z C2	0.1882	0.1898	0.0570	99.17	330.16
81	X A1	Y C3	Z C3	0.1881	0.1891	0.0570	99.46	329.99
82	X A2	Y A1	Z A1	0.4305	0.4332	0.0858	99.40	501.52
83	X A2	Y A1	Z A2	0.2803	0.2837	0.0618	98.83	453.69
84	X A2	Y A1	Z A3	0.2416	0.2493	0.0606	96.91	398.67
85	X A2	Y A1	Z B1	0.2263	0.2280	0.0620	99.27	364.98
86	X A2	Y A1	Z B2	0.2139	0.2159	0.0604	99.10	353.89
87	X A2	Y A1	Z B3	0.2115	0.2136	0.0604	98.98	350.02
88	X A2	Y A1	Z C1	0.2104	0.2122	0.0605	99.16	348.07
89	X A2	Y A1	Z C2	0.2099	0.2122	0.0604	98.92	347.48
90	X A2	Y A1	Z C3	0.2098	0.2116	0.0604	99.15	347.33
91	X A2	Y B1	Z A1	0.3896	0.3921	0.0655	99.36	594.83
92	X A2	Y B1	Z A2	0.2122	0.2159	0.0272	98.28	780.95
93	X A2	Y B1	Z A3	0.1575	0.1682	0.0244	93.64	646.37
94	X A2	Y B1	Z B1	0.1328	0.1345	0.0277	98.72	480.17
95	X A2	Y B1	Z B2	0.1103	0.1128	0.0239	97.83	460.77
96	X A2	Y B1	Z B3	0.1056	0.1085	0.0239	97.28	442.02
97	X A2	Y B1	Z C1	0.1035	0.1057	0.0240	97.91	431.40
98	X A2	Y B1	Z C2	0.1024	0.1057	0.0239	96.91	429.06
99	X A2	Y B1	Z C3	0.1022	0.1044	0.0239	97.84	428.38
100	X A2	Y C1	Z A1	0.3874	0.3898	0.0643	99.38	602.99
101	X A2	Y C1	Z A2	0.2081	0.2117	0.0240	98.31	867.13
102	X A2	Y C1	Z A3	0.1521	0.1629	0.0208	93.37	731.58

103	X A2	Y C1	Z B1	0.1263	0.1278	0.0246	98.84	514.20
104	X A2	Y C1	Z B2	0.1024	0.1046	0.0203	97.87	504.68
105	X A2	Y C1	Z B3	0.0972	0.1000	0.0202	97.22	481.05
106	X A2	Y C1	Z C1	0.0949	0.0969	0.0203	97.97	466.99
107	X A2	Y C1	Z C2	0.0938	0.0969	0.0202	96.78	464.43
108	X A2	Y C1	Z C3	0.0935	0.0956	0.0202	97.88	463.58
109	X A2	Y A2	Z A1	0.3983	0.4012	0.0672	99.30	592.43
110	X A2	Y A2	Z A2	0.2278	0.2319	0.0311	98.24	731.81
111	X A2	Y A2	Z A3	0.1780	0.1883	0.0287	94.53	619.89
112	X A2	Y A2	Z B1	0.1566	0.1590	0.0316	98.50	496.20
113	X A2	Y A2	Z B2	0.1381	0.1411	0.0284	97.87	486.75
114	X A2	Y A2	Z B3	0.1343	0.1377	0.0283	97.53	474.32
115	X A2	Y A2	Z C1	0.1326	0.1354	0.0284	97.93	467.11
116	X A2	Y A2	Z C2	0.1318	0.1354	0.0283	97.32	465.81
117	X A2	Y A2	Z C3	0.1316	0.1345	0.0283	97.88	465.38
118	X A2	Y B2	Z A1	0.3879	0.3903	0.0644	99.38	602.73
119	X A2	Y B2	Z A2	0.2090	0.2126	0.0243	98.33	860.58
120	X A2	Y B2	Z A3	0.1533	0.1640	0.0211	93.46	725.91
121	X A2	Y B2	Z B1	0.1277	0.1292	0.0248	98.87	514.27
122	X A2	Y B2	Z B2	0.1042	0.1064	0.0206	97.94	505.11
123	X A2	Y B2	Z B3	0.0991	0.1018	0.0205	97.33	482.29
124	X A2	Y B2	Z C1	0.0968	0.0988	0.0207	98.05	468.71
125	X A2	Y B2	Z C2	0.0957	0.0988	0.0205	96.91	466.27
126	X A2	Y B2	Z C3	0.0955	0.0975	0.0205	97.97	465.46
127	X A2	Y C2	Z A1	0.3874	0.3898	0.0642	99.36	603.34
128	X A2	Y C2	Z A2	0.2080	0.2117	0.0239	98.25	871.34
129	X A2	Y C2	Z A3	0.1519	0.1629	0.0206	93.26	736.09
130	X A2	Y C2	Z B1	0.1261	0.1278	0.0244	98.67	516.02
131	X A2	Y C2	Z B2	0.1021	0.1046	0.0201	97.62	507.27

132	X A2	Y C2	Z B3	0.0969	0.1000	0.0201	96.94	483.40
133	X A2	Y C2	Z C1	0.0946	0.0969	0.0202	97.68	469.16
134	X A2	Y C2	Z C2	0.0935	0.0969	0.0200	96.48	466.61
135	X A2	Y C2	Z C3	0.0933	0.0956	0.0200	97.58	465.76
136	X A2	Y A3	Z A1	0.3920	0.3953	0.0647	99.15	605.51
137	X A2	Y A3	Z A2	0.2164	0.2216	0.0253	97.67	856.82
138	X A2	Y A3	Z A3	0.1632	0.1755	0.0222	93.01	734.48
139	X A2	Y A3	Z B1	0.1395	0.1435	0.0258	97.21	541.11
140	X A2	Y A3	Z B2	0.1184	0.1234	0.0218	95.92	543.93
141	X A2	Y A3	Z B3	0.1139	0.1195	0.0217	95.33	525.29
142	X A2	Y A3	Z C1	0.1120	0.1169	0.0218	95.77	513.69
143	X A2	Y A3	Z C2	0.1110	0.1169	0.0217	94.93	512.21
144	X A2	Y A3	Z C3	0.1108	0.1158	0.0217	95.66	511.59
145	X A2	Y B3	Z A1	0.3876	0.3900	0.0642	99.37	603.50
146	X A2	Y B3	Z A2	0.2084	0.2121	0.0239	98.28	871.10
147	X A2	Y B3	Z A3	0.1525	0.1633	0.0207	93.35	736.63
148	X A2	Y B3	Z B1	0.1268	0.1284	0.0245	98.76	517.75
149	X A2	Y B3	Z B2	0.1030	0.1054	0.0202	97.77	509.91
150	X A2	Y B3	Z B3	0.0978	0.1007	0.0201	97.12	486.36
151	X A2	Y B3	Z C1	0.0956	0.0977	0.0202	97.85	472.27
152	X A2	Y B3	Z C2	0.0944	0.0977	0.0201	96.68	469.79
153	X A2	Y B3	Z C3	0.0942	0.0964	0.0201	97.76	468.95
154	X A2	Y C3	Z A1	0.3873	0.3898	0.0642	99.38	603.37
155	X A2	Y C3	Z A2	0.2080	0.2116	0.0239	98.31	871.75
156	X A2	Y C3	Z A3	0.1518	0.1627	0.0206	93.35	736.51
157	X A2	Y C3	Z B1	0.1260	0.1275	0.0244	98.83	516.14
158	X A2	Y C3	Z B2	0.1021	0.1043	0.0201	97.85	507.44
159	X A2	Y C3	Z B3	0.0969	0.0997	0.0200	97.20	483.54
160	X A2	Y C3	Z C1	0.0946	0.0966	0.0202	97.95	469.28

161	X A2	Y C3	Z C2	0.0934	0.0966	0.0200	96.75	466.73
162	X A2	Y C3	Z C3	0.0932	0.0952	0.0200	97.86	465.87
163	X A3	Y A1	Z A1	0.4246	0.4277	0.0839	99.28	506.13
164	X A3	Y A1	Z A2	0.2712	0.2753	0.0591	98.50	459.23
165	X A3	Y A1	Z A3	0.2310	0.2398	0.0578	96.32	399.46
166	X A3	Y A1	Z B1	0.2149	0.2175	0.0593	98.80	362.47
167	X A3	Y A1	Z B2	0.2018	0.2048	0.0576	98.54	350.02
168	X A3	Y A1	Z B3	0.1992	0.2024	0.0576	98.40	345.72
169	X A3	Y A1	Z C1	0.1981	0.2009	0.0577	98.59	343.55
170	X A3	Y A1	Z C2	0.1975	0.2009	0.0576	98.31	342.88
171	X A3	Y A1	Z C3	0.1974	0.2003	0.0576	98.57	342.72
172	X A3	Y B1	Z A1	0.3831	0.3861	0.0629	99.21	608.80
173	X A3	Y B1	Z A2	0.1999	0.2048	0.0202	97.63	990.76
174	X A3	Y B1	Z A3	0.1406	0.1537	0.0162	91.46	866.90
175	X A3	Y B1	Z B1	0.1122	0.1159	0.0208	96.82	538.53
176	X A3	Y B1	Z B2	0.0844	0.0897	0.0156	94.08	542.01
177	X A3	Y B1	Z B3	0.0781	0.0843	0.0155	92.60	504.55
178	X A3	Y B1	Z C1	0.0752	0.0806	0.0156	93.30	481.20
179	X A3	Y B1	Z C2	0.0737	0.0806	0.0154	91.48	477.29
180	X A3	Y B1	Z C3	0.0734	0.0790	0.0154	92.97	475.90
181	X A3	Y C1	Z A1	0.3809	0.3838	0.0616	99.23	618.05
182	X A3	Y C1	Z A2	0.1956	0.2004	0.0157	97.63	1249.33
183	X A3	Y C1	Z A3	0.1344	0.1478	0.0101	90.94	1337.13
184	X A3	Y C1	Z B1	0.1044	0.1080	0.0165	96.70	632.73
185	X A3	Y C1	Z B2	0.0737	0.0792	0.0090	93.05	820.60
186	X A3	Y C1	Z B3	0.0663	0.0730	0.0088	90.88	753.85
187	X A3	Y C1	Z C1	0.0629	0.0687	0.0091	91.63	694.02
188	X A3	Y C1	Z C2	0.0612	0.0687	0.0088	89.06	698.70
189	X A3	Y C1	Z C3	0.0608	0.0668	0.0087	91.05	696.78

190	X A3	Y A2	Z A1	0.3920	0.3953	0.0647	99.15	605.51
191	X A3	Y A2	Z A2	0.2164	0.2216	0.0253	97.67	856.82
192	X A3	Y A2	Z A3	0.1632	0.1755	0.0222	93.01	734.48
193	X A3	Y A2	Z B1	0.1395	0.1435	0.0258	97.21	541.11
194	X A3	Y A2	Z B2	0.1184	0.1234	0.0218	95.92	543.93
195	X A3	Y A2	Z B3	0.1139	0.1195	0.0217	95.33	525.29
196	X A3	Y A2	Z C1	0.1120	0.1169	0.0218	95.77	513.69
197	X A3	Y A2	Z C2	0.1110	0.1169	0.0217	94.93	512.21
198	X A3	Y A2	Z C3	0.1108	0.1158	0.0217	95.66	511.59
199	X A3	Y B2	Z A1	0.3813	0.3843	0.0617	99.23	617.72
200	X A3	Y B2	Z A2	0.1966	0.2013	0.0161	97.65	1221.47
201	X A3	Y B2	Z A3	0.1358	0.1491	0.0107	91.10	1267.06
202	X A3	Y B2	Z B1	0.1061	0.1096	0.0169	96.80	627.67
203	X A3	Y B2	Z B2	0.0762	0.0815	0.0097	93.46	783.74
204	X A3	Y B2	Z B3	0.0691	0.0755	0.0096	91.50	723.12
205	X A3	Y B2	Z C1	0.0658	0.0713	0.0098	92.27	671.56
206	X A3	Y B2	Z C2	0.0641	0.0713	0.0095	89.91	674.25
207	X A3	Y B2	Z C3	0.0638	0.0695	0.0095	91.78	672.45
208	X A3	Y C2	Z A1	0.3808	0.3838	0.0616	99.21	618.45
209	X A3	Y C2	Z A2	0.1955	0.2004	0.0155	97.56	1264.72
210	X A3	Y C2	Z A3	0.1342	0.1478	0.0097	90.80	1378.57
211	X A3	Y C2	Z B1	0.1041	0.1080	0.0163	96.46	638.56
212	X A3	Y C2	Z B2	0.0734	0.0792	0.0086	92.59	850.22
213	X A3	Y C2	Z B3	0.0659	0.0730	0.0084	90.32	781.54
214	X A3	Y C2	Z C1	0.0625	0.0687	0.0087	91.00	717.18
215	X A3	Y C2	Z C2	0.0607	0.0687	0.0084	88.42	723.89
216	X A3	Y C2	Z C3	0.0604	0.0668	0.0084	90.39	722.03
217	X A3	Y A3	Z A1	0.3855	0.3894	0.0621	99.00	620.48
218	X A3	Y A3	Z A2	0.2044	0.2108	0.0175	96.99	1166.47

219	X A3	Y A3	Z A3	0.1470	0.1617	0.0128	90.91	1150.87
220	X A3	Y A3	Z B1	0.1201	0.1262	0.0183	95.14	657.00
221	X A3	Y A3	Z B2	0.0947	0.1028	0.0119	92.13	792.52
222	X A3	Y A3	Z B3	0.0890	0.0980	0.0118	90.82	754.09
223	X A3	Y A3	Z C1	0.0865	0.0949	0.0120	91.22	720.59
224	X A3	Y A3	Z C2	0.0853	0.0949	0.0118	89.87	724.13
225	X A3	Y A3	Z C3	0.0850	0.0935	0.0118	90.91	723.19
226	X A3	Y B3	Z A1	0.3810	0.3840	0.0616	99.22	618.61
227	X A3	Y B3	Z A2	0.1959	0.2008	0.0155	97.60	1260.66
228	X A3	Y B3	Z A3	0.1349	0.1483	0.0099	90.93	1366.31
229	X A3	Y B3	Z B1	0.1050	0.1087	0.0164	96.62	640.59
230	X A3	Y B3	Z B2	0.0746	0.0802	0.0088	92.99	849.13
231	X A3	Y B3	Z B3	0.0673	0.0740	0.0086	90.86	782.89
232	X A3	Y B3	Z C1	0.0639	0.0698	0.0089	91.59	720.83
233	X A3	Y B3	Z C2	0.0622	0.0698	0.0085	89.10	727.54
234	X A3	Y B3	Z C3	0.0618	0.0679	0.0085	91.03	725.78
235	X A3	Y C3	Z A1	0.3808	0.3837	0.0616	99.23	618.48
236	X A3	Y C3	Z A2	0.1955	0.2002	0.0154	97.62	1266.33
237	X A3	Y C3	Z A3	0.1342	0.1476	0.0097	90.91	1383.08
238	X A3	Y C3	Z B1	0.1041	0.1077	0.0163	96.68	639.07
239	X A3	Y C3	Z B2	0.0733	0.0788	0.0086	92.97	853.26
240	X A3	Y C3	Z B3	0.0659	0.0726	0.0084	90.75	784.32
241	X A3	Y C3	Z C1	0.0624	0.0682	0.0087	91.50	719.42
242	X A3	Y C3	Z C2	0.0606	0.0682	0.0083	88.90	726.35
243	X A3	Y C3	Z C3	0.0603	0.0663	0.0083	90.91	724.49
244	X B1	Y A1	Z A1	0.4225	0.4248	0.0845	99.45	500.01
245	X B1	Y A1	Z A2	0.2678	0.2707	0.0599	98.91	447.10
246	X B1	Y A1	Z A3	0.2270	0.2345	0.0587	96.78	386.79
247	X B1	Y A1	Z B1	0.2106	0.2116	0.0601	99.48	350.24

248	X B1	Y A1	Z B2	0.1972	0.1985	0.0585	99.30	337.01
249	X B1	Y A1	Z B3	0.1945	0.1961	0.0585	99.17	332.65
250	X B1	Y A1	Z C1	0.1934	0.1946	0.0585	99.39	330.48
251	X B1	Y A1	Z C2	0.1928	0.1946	0.0585	99.10	329.78
252	X B1	Y A1	Z C3	0.1927	0.1939	0.0585	99.38	329.62
253	X B1	Y B1	Z A1	0.3807	0.3829	0.0637	99.43	597.49
254	X B1	Y B1	Z A2	0.1953	0.1985	0.0225	98.34	867.15
255	X B1	Y B1	Z A3	0.1339	0.1453	0.0190	92.13	702.87
256	X B1	Y B1	Z B1	0.1037	0.1045	0.0231	99.22	448.74
257	X B1	Y B1	Z B2	0.0727	0.0745	0.0185	97.67	393.06
258	X B1	Y B1	Z B3	0.0652	0.0678	0.0184	96.22	354.23
259	X B1	Y B1	Z C1	0.0618	0.0631	0.0185	97.84	333.08
260	X B1	Y B1	Z C2	0.0600	0.0631	0.0184	95.00	326.06
261	X B1	Y B1	Z C3	0.0596	0.0611	0.0184	97.61	324.40
262	X B1	Y C1	Z A1	0.3784	0.3805	0.0624	99.45	606.20
263	X B1	Y C1	Z A2	0.1909	0.1940	0.0186	98.38	1027.48
264	X B1	Y C1	Z A3	0.1274	0.1391	0.0142	91.61	898.77
265	X B1	Y C1	Z B1	0.0952	0.0956	0.0193	99.53	493.46
266	X B1	Y C1	Z B2	0.0600	0.0614	0.0134	97.71	446.40
267	X B1	Y C1	Z B3	0.0506	0.0531	0.0133	95.34	380.26
268	X B1	Y C1	Z C1	0.0461	0.0470	0.0135	98.04	341.53
269	X B1	Y C1	Z C2	0.0437	0.0470	0.0133	92.86	328.55
270	X B1	Y C1	Z C3	0.0432	0.0442	0.0133	97.62	325.38
271	X B1	Y A2	Z A1	0.3896	0.3921	0.0655	99.36	594.83
272	X B1	Y A2	Z A2	0.2122	0.2159	0.0272	98.28	780.95
273	X B1	Y A2	Z A3	0.1575	0.1682	0.0244	93.64	646.37
274	X B1	Y A2	Z B1	0.1328	0.1345	0.0277	98.72	480.17
275	X B1	Y A2	Z B2	0.1103	0.1128	0.0239	97.83	460.77
276	X B1	Y A2	Z B3	0.1056	0.1085	0.0239	97.28	442.02

277	X B1	Y A2	Z C1	0.1035	0.1057	0.0240	97.91	431.40
278	X B1	Y A2	Z C2	0.1024	0.1057	0.0239	96.91	429.06
279	X B1	Y A2	Z C3	0.1022	0.1044	0.0239	97.84	428.38
280	X B1	Y B2	Z A1	0.3789	0.3810	0.0625	99.45	605.91
281	X B1	Y B2	Z A2	0.1918	0.1950	0.0189	98.40	1012.65
282	X B1	Y B2	Z A3	0.1289	0.1404	0.0147	91.78	879.28
283	X B1	Y B2	Z B1	0.0971	0.0975	0.0196	99.55	494.35
284	X B1	Y B2	Z B2	0.0630	0.0643	0.0139	97.92	451.83
285	X B1	Y B2	Z B3	0.0542	0.0565	0.0138	95.90	391.80
286	X B1	Y B2	Z C1	0.0499	0.0508	0.0140	98.34	356.78
287	X B1	Y B2	Z C2	0.0477	0.0508	0.0138	93.93	345.75
288	X B1	Y B2	Z C3	0.0473	0.0482	0.0138	98.02	342.99
289	X B1	Y C2	Z A1	0.3784	0.3805	0.0624	99.43	606.58
290	X B1	Y C2	Z A2	0.1907	0.1940	0.0184	98.31	1036.18
291	X B1	Y C2	Z A3	0.1272	0.1391	0.0140	91.46	911.61
292	X B1	Y C2	Z B1	0.0949	0.0956	0.0191	99.23	496.19
293	X B1	Y C2	Z B2	0.0595	0.0614	0.0132	96.97	450.95
294	X B1	Y C2	Z B3	0.0501	0.0531	0.0131	94.33	383.09
295	X B1	Y C2	Z C1	0.0455	0.0470	0.0133	96.79	343.13
296	X B1	Y C2	Z C2	0.0430	0.0470	0.0130	91.54	329.80
297	X B1	Y C2	Z C3	0.0426	0.0442	0.0130	96.20	326.52
298	X B1	Y A3	Z A1	0.3831	0.3861	0.0629	99.21	608.80
299	X B1	Y A3	Z A2	0.1999	0.2048	0.0202	97.63	990.76
300	X B1	Y A3	Z A3	0.1406	0.1537	0.0162	91.46	866.90
301	X B1	Y A3	Z B1	0.1122	0.1159	0.0208	96.82	538.53
302	X B1	Y A3	Z B2	0.0844	0.0897	0.0156	94.08	542.01
303	X B1	Y A3	Z B3	0.0781	0.0843	0.0155	92.60	504.55
304	X B1	Y A3	Z C1	0.0752	0.0806	0.0156	93.30	481.20
305	X B1	Y A3	Z C2	0.0737	0.0806	0.0154	91.48	477.29

306	X B1	Y A3	Z C3	0.0734	0.0790	0.0154	92.97	475.90
307	X B1	Y B3	Z A1	0.3786	0.3807	0.0624	99.44	606.75
308	X B1	Y B3	Z A2	0.1912	0.1944	0.0185	98.35	1034.65
309	X B1	Y B3	Z A3	0.1279	0.1396	0.0140	91.60	910.41
310	X B1	Y B3	Z B1	0.0958	0.0964	0.0192	99.39	499.27
311	X B1	Y B3	Z B2	0.0610	0.0626	0.0133	97.43	458.66
312	X B1	Y B3	Z B3	0.0519	0.0545	0.0132	95.09	393.41
313	X B1	Y B3	Z C1	0.0474	0.0486	0.0134	97.56	354.93
314	X B1	Y B3	Z C2	0.0451	0.0486	0.0132	92.70	342.64
315	X B1	Y B3	Z C3	0.0446	0.0459	0.0131	97.11	339.57
316	X B1	Y C3	Z A1	0.3783	0.3804	0.0624	99.45	606.61
317	X B1	Y C3	Z A2	0.1907	0.1939	0.0184	98.37	1037.06
318	X B1	Y C3	Z A3	0.1272	0.1389	0.0139	91.58	912.89
319	X B1	Y C3	Z B1	0.0948	0.0953	0.0191	99.52	496.36
320	X B1	Y C3	Z B2	0.0595	0.0609	0.0132	97.66	451.16
321	X B1	Y C3	Z B3	0.0500	0.0525	0.0131	95.22	383.06
322	X B1	Y C3	Z C1	0.0454	0.0463	0.0132	97.96	342.94
323	X B1	Y C3	Z C2	0.0429	0.0463	0.0130	92.63	329.53
324	X B1	Y C3	Z C3	0.0424	0.0435	0.0130	97.52	326.23
325	X B2	Y A1	Z A1	0.4209	0.4231	0.0836	99.47	503.41
326	X B2	Y A1	Z A2	0.2653	0.2681	0.0586	98.95	452.40
327	X B2	Y A1	Z A3	0.2240	0.2315	0.0574	96.77	390.28
328	X B2	Y A1	Z B1	0.2074	0.2083	0.0589	99.56	352.27
329	X B2	Y A1	Z B2	0.1938	0.1950	0.0572	99.39	338.64
330	X B2	Y A1	Z B3	0.1911	0.1925	0.0572	99.26	334.10
331	X B2	Y A1	Z C1	0.1899	0.1909	0.0572	99.48	331.84
332	X B2	Y A1	Z C2	0.1894	0.1909	0.0572	99.18	331.12
333	X B2	Y A1	Z C3	0.1892	0.1903	0.0572	99.47	330.95
334	X B2	Y B1	Z A1	0.3789	0.3810	0.0625	99.45	605.91

335	X B2	Y B1	Z A2	0.1918	0.1950	0.0189	98.40	1012.65
336	X B2	Y B1	Z A3	0.1289	0.1404	0.0147	91.78	879.28
337	X B2	Y B1	Z B1	0.0971	0.0975	0.0196	99.55	494.35
338	X B2	Y B1	Z B2	0.0630	0.0643	0.0139	97.92	451.83
339	X B2	Y B1	Z B3	0.0542	0.0565	0.0138	95.90	391.80
340	X B2	Y B1	Z C1	0.0499	0.0508	0.0140	98.34	356.78
341	X B2	Y B1	Z C2	0.0477	0.0508	0.0138	93.93	345.75
342	X B2	Y B1	Z C3	0.0473	0.0482	0.0138	98.02	342.99
343	X B2	Y C1	Z A1	0.3767	0.3787	0.0612	99.47	615.20
344	X B2	Y C1	Z A2	0.1874	0.1904	0.0140	98.43	1335.10
345	X B2	Y C1	Z A3	0.1221	0.1339	0.0073	91.18	1679.58
346	X B2	Y C1	Z B1	0.0880	0.0880	0.0150	99.99	587.77
347	X B2	Y C1	Z B2	0.0477	0.0486	0.0057	98.16	836.88
348	X B2	Y C1	Z B3	0.0352	0.0376	0.0054	93.72	651.82
349	X B2	Y C1	Z C1	0.0283	0.0283	0.0058	99.94	485.43
350	X B2	Y C1	Z C2	0.0241	0.0283	0.0053	85.24	452.76
351	X B2	Y C1	Z C3	0.0233	0.0234	0.0053	99.36	439.78
352	X B2	Y A2	Z A1	0.3879	0.3903	0.0644	99.38	602.73
353	X B2	Y A2	Z A2	0.2090	0.2126	0.0243	98.33	860.58
354	X B2	Y A2	Z A3	0.1533	0.1640	0.0211	93.46	725.91
355	X B2	Y A2	Z B1	0.1277	0.1292	0.0248	98.87	514.27
356	X B2	Y A2	Z B2	0.1042	0.1064	0.0206	97.94	505.11
357	X B2	Y A2	Z B3	0.0991	0.1018	0.0205	97.33	482.29
358	X B2	Y A2	Z C1	0.0968	0.0988	0.0207	98.05	468.71
359	X B2	Y A2	Z C2	0.0957	0.0988	0.0205	96.91	466.27
360	X B2	Y A2	Z C3	0.0955	0.0975	0.0205	97.97	465.46
361	X B2	Y B2	Z A1	0.3772	0.3792	0.0613	99.47	614.87
362	X B2	Y B2	Z A2	0.1884	0.1913	0.0145	98.45	1297.46
363	X B2	Y B2	Z A3	0.1236	0.1353	0.0082	91.37	1514.21

364	X B2	Y B2	Z B1	0.0900	0.0900	0.0154	100.00	583.94
365	X B2	Y B2	Z B2	0.0514	0.0523	0.0068	98.43	756.03
366	X B2	Y B2	Z B3	0.0401	0.0422	0.0066	95.08	612.03
367	X B2	Y B2	Z C1	0.0342	0.0342	0.0069	100.00	494.96
368	X B2	Y B2	Z C2	0.0309	0.0342	0.0065	90.19	474.95
369	X B2	Y B2	Z C3	0.0302	0.0303	0.0065	99.67	466.93
370	X B2	Y C2	Z A1	0.3766	0.3787	0.0612	99.45	615.60
371	X B2	Y C2	Z A2	0.1872	0.1904	0.0138	98.36	1355.83
372	X B2	Y C2	Z A3	0.1219	0.1339	0.0068	91.01	1785.79
373	X B2	Y C2	Z B1	0.0877	0.0880	0.0148	99.65	594.10
374	X B2	Y C2	Z B2	0.0471	0.0486	0.0051	97.00	920.46
375	X B2	Y C2	Z B3	0.0345	0.0376	0.0048	91.67	719.38
376	X B2	Y C2	Z C1	0.0273	0.0283	0.0053	96.53	519.16
377	X B2	Y C2	Z C2	0.0230	0.0283	0.0047	81.21	488.58
378	X B2	Y C2	Z C3	0.0221	0.0234	0.0047	94.30	473.76
379	X B2	Y A3	Z A1	0.3813	0.3843	0.0617	99.23	617.72
380	X B2	Y A3	Z A2	0.1966	0.2013	0.0161	97.65	1221.47
381	X B2	Y A3	Z A3	0.1358	0.1491	0.0107	91.10	1267.06
382	X B2	Y A3	Z B1	0.1061	0.1096	0.0169	96.80	627.67
383	X B2	Y A3	Z B2	0.0762	0.0815	0.0097	93.46	783.74
384	X B2	Y A3	Z B3	0.0691	0.0755	0.0096	91.50	723.12
385	X B2	Y A3	Z C1	0.0658	0.0713	0.0098	92.27	671.56
386	X B2	Y A3	Z C2	0.0641	0.0713	0.0095	89.91	674.25
387	X B2	Y A3	Z C3	0.0638	0.0695	0.0095	91.78	672.45
388	X B2	Y B3	Z A1	0.3768	0.3789	0.0612	99.46	615.77
389	X B2	Y B3	Z A2	0.1877	0.1908	0.0139	98.40	1349.88
390	X B2	Y B3	Z A3	0.1226	0.1345	0.0070	91.17	1747.20
391	X B2	Y B3	Z B1	0.0887	0.0888	0.0148	99.82	597.31
392	X B2	Y B3	Z B2	0.0490	0.0501	0.0054	97.71	911.50

393	X B2	Y B3	Z B3	0.0370	0.0396	0.0051	93.40	730.27
394	X B2	Y B3	Z C1	0.0304	0.0309	0.0055	98.47	551.87
395	X B2	Y B3	Z C2	0.0266	0.0309	0.0050	86.08	533.77
396	X B2	Y B3	Z C3	0.0258	0.0265	0.0049	97.47	522.51
397	X B2	Y C3	Z A1	0.3766	0.3786	0.0612	99.47	615.63
398	X B2	Y C3	Z A2	0.1872	0.1902	0.0138	98.43	1358.02
399	X B2	Y C3	Z A3	0.1219	0.1337	0.0068	91.14	1798.16
400	X B2	Y C3	Z B1	0.0876	0.0876	0.0147	99.99	594.62
401	X B2	Y C3	Z B2	0.0470	0.0479	0.0051	98.10	930.29
402	X B2	Y C3	Z B3	0.0343	0.0367	0.0047	93.39	726.95
403	X B2	Y C3	Z C1	0.0272	0.0272	0.0052	99.90	521.92
404	X B2	Y C3	Z C2	0.0228	0.0272	0.0046	83.80	491.29
405	X B2	Y C3	Z C3	0.0219	0.0220	0.0046	99.21	476.14
406	X B3	Y A1	Z A1	0.4206	0.4229	0.0835	99.46	503.68
407	X B3	Y A1	Z A2	0.2648	0.2677	0.0585	98.93	452.76
408	X B3	Y A1	Z A3	0.2235	0.2310	0.0572	96.73	390.36
409	X B3	Y A1	Z B1	0.2068	0.2078	0.0587	99.53	352.15
410	X B3	Y A1	Z B2	0.1931	0.1944	0.0571	99.35	338.43
411	X B3	Y A1	Z B3	0.1904	0.1920	0.0570	99.21	333.87
412	X B3	Y A1	Z C1	0.1893	0.1904	0.0571	99.44	331.59
413	X B3	Y A1	Z C2	0.1887	0.1904	0.0570	99.13	330.86
414	X B3	Y A1	Z C3	0.1886	0.1897	0.0570	99.43	330.69
415	X B3	Y B1	Z A1	0.3786	0.3807	0.0624	99.44	606.75
416	X B3	Y B1	Z A2	0.1912	0.1944	0.0185	98.35	1034.65
417	X B3	Y B1	Z A3	0.1279	0.1396	0.0140	91.60	910.41
418	X B3	Y B1	Z B1	0.0958	0.0964	0.0192	99.39	499.27
419	X B3	Y B1	Z B2	0.0610	0.0626	0.0133	97.43	458.66
420	X B3	Y B1	Z B3	0.0519	0.0545	0.0132	95.09	393.41
421	X B3	Y B1	Z C1	0.0474	0.0486	0.0134	97.56	354.93

422	X B3	Y B1	Z C2	0.0451	0.0486	0.0132	92.70	342.64
423	X B3	Y B1	Z C3	0.0446	0.0459	0.0131	97.11	339.57
424	X B3	Y C1	Z A1	0.3764	0.3784	0.0611	99.46	616.10
425	X B3	Y C1	Z A2	0.1867	0.1898	0.0134	98.38	1393.38
426	X B3	Y C1	Z A3	0.1211	0.1331	0.0060	90.98	2033.56
427	X B3	Y C1	Z B1	0.0866	0.0867	0.0144	99.80	602.25
428	X B3	Y C1	Z B2	0.0451	0.0463	0.0039	97.29	1159.51
429	X B3	Y C1	Z B3	0.0316	0.0346	0.0034	91.22	917.95
430	X B3	Y C1	Z C1	0.0236	0.0242	0.0041	97.41	578.69
431	X B3	Y C1	Z C2	0.0184	0.0242	0.0033	75.92	553.17
432	X B3	Y C1	Z C3	0.0172	0.0182	0.0033	94.43	528.67
433	X B3	Y A2	Z A1	0.3876	0.3900	0.0642	99.37	603.50
434	X B3	Y A2	Z A2	0.2084	0.2121	0.0239	98.28	871.10
435	X B3	Y A2	Z A3	0.1525	0.1633	0.0207	93.35	736.63
436	X B3	Y A2	Z B1	0.1268	0.1284	0.0245	98.76	517.75
437	X B3	Y A2	Z B2	0.1030	0.1054	0.0202	97.77	509.91
438	X B3	Y A2	Z B3	0.0978	0.1007	0.0201	97.12	486.36
439	X B3	Y A2	Z C1	0.0956	0.0977	0.0202	97.85	472.27
440	X B3	Y A2	Z C2	0.0944	0.0977	0.0201	96.68	469.79
441	X B3	Y A2	Z C3	0.0942	0.0964	0.0201	97.76	468.95
442	X B3	Y B2	Z A1	0.3768	0.3789	0.0612	99.46	615.77
443	X B3	Y B2	Z A2	0.1877	0.1908	0.0139	98.40	1349.88
444	X B3	Y B2	Z A3	0.1226	0.1345	0.0070	91.17	1747.20
445	X B3	Y B2	Z B1	0.0887	0.0888	0.0148	99.82	597.31
446	X B3	Y B2	Z B2	0.0490	0.0501	0.0054	97.71	911.50
447	X B3	Y B2	Z B3	0.0370	0.0396	0.0051	93.40	730.27
448	X B3	Y B2	Z C1	0.0304	0.0309	0.0055	98.47	551.87
449	X B3	Y B2	Z C2	0.0266	0.0309	0.0050	86.08	533.77
450	X B3	Y B2	Z C3	0.0258	0.0265	0.0049	97.47	522.51

451	X B3	Y C2	Z A1	0.3763	0.3784	0.0610	99.44	616.50
452	X B3	Y C2	Z A2	0.1866	0.1898	0.0132	98.31	1417.27
453	X B3	Y C2	Z A3	0.1209	0.1331	0.0054	90.81	2237.15
454	X B3	Y C2	Z B1	0.0862	0.0867	0.0142	99.44	609.41
455	X B3	Y C2	Z B2	0.0445	0.0463	0.0030	95.99	1495.70
456	X B3	Y C2	Z B3	0.0307	0.0346	0.0024	88.73	1302.59
457	X B3	Y C2	Z C1	0.0224	0.0242	0.0032	92.59	697.03
458	X B3	Y C2	Z C2	0.0169	0.0242	0.0022	69.62	771.44
459	X B3	Y C2	Z C3	0.0156	0.0182	0.0021	85.45	747.46
460	X B3	Y A3	Z A1	0.3810	0.3840	0.0616	99.22	618.61
461	X B3	Y A3	Z A2	0.1959	0.2008	0.0155	97.60	1260.66
462	X B3	Y A3	Z A3	0.1349	0.1483	0.0099	90.93	1366.31
463	X B3	Y A3	Z B1	0.1050	0.1087	0.0164	96.62	640.59
464	X B3	Y A3	Z B2	0.0746	0.0802	0.0088	92.99	849.13
465	X B3	Y A3	Z B3	0.0673	0.0740	0.0086	90.86	782.89
466	X B3	Y A3	Z C1	0.0639	0.0698	0.0089	91.59	720.83
467	X B3	Y A3	Z C2	0.0622	0.0698	0.0085	89.10	727.54
468	X B3	Y A3	Z C3	0.0618	0.0679	0.0085	91.03	725.78
469	X B3	Y B3	Z A1	0.3765	0.3786	0.0611	99.45	616.67
470	X B3	Y B3	Z A2	0.1871	0.1902	0.0133	98.35	1410.09
471	X B3	Y B3	Z A3	0.1216	0.1337	0.0056	90.97	2154.58
472	X B3	Y B3	Z B1	0.0873	0.0876	0.0142	99.62	612.61
473	X B3	Y B3	Z B2	0.0464	0.0479	0.0034	96.84	1368.93
474	X B3	Y B3	Z B3	0.0335	0.0367	0.0029	91.12	1167.76
475	X B3	Y B3	Z C1	0.0261	0.0272	0.0036	96.00	723.48
476	X B3	Y B3	Z C2	0.0215	0.0272	0.0027	79.12	788.47
477	X B3	Y B3	Z C3	0.0205	0.0220	0.0026	93.16	775.05
478	X B3	Y C3	Z A1	0.3763	0.3783	0.0610	99.46	616.54
479	X B3	Y C3	Z A2	0.1865	0.1896	0.0131	98.38	1419.81

480	X B3	Y C3	Z A3	0.1208	0.1329	0.0053	90.94	2262.49
481	X B3	Y C3	Z B1	0.0862	0.0864	0.0141	99.80	610.01
482	X B3	Y C3	Z B2	0.0444	0.0456	0.0029	97.19	1551.82
483	X B3	Y C3	Z B3	0.0305	0.0337	0.0022	90.68	1381.51
484	X B3	Y C3	Z C1	0.0222	0.0229	0.0031	97.04	713.36
485	X B3	Y C3	Z C2	0.0166	0.0229	0.0020	72.38	816.87
486	X B3	Y C3	Z C3	0.0153	0.0164	0.0019	92.95	795.33
487	X C1	Y A1	Z A1	0.4205	0.4227	0.0835	99.47	503.38
488	X C1	Y A1	Z A2	0.2646	0.2674	0.0585	98.94	452.11
489	X C1	Y A1	Z A3	0.2232	0.2307	0.0573	96.75	389.65
490	X C1	Y A1	Z B1	0.2065	0.2074	0.0588	99.56	351.46
491	X C1	Y A1	Z B2	0.1928	0.1940	0.0571	99.38	337.68
492	X C1	Y A1	Z B3	0.1901	0.1916	0.0571	99.25	333.11
493	X C1	Y A1	Z C1	0.1890	0.1900	0.0571	99.47	330.83
494	X C1	Y A1	Z C2	0.1884	0.1900	0.0571	99.17	330.10
495	X C1	Y A1	Z C3	0.1883	0.1893	0.0571	99.46	329.93
496	X C1	Y B1	Z A1	0.3784	0.3805	0.0624	99.45	606.20
497	X C1	Y B1	Z A2	0.1909	0.1940	0.0186	98.38	1027.48
498	X C1	Y B1	Z A3	0.1274	0.1391	0.0142	91.61	898.77
499	X C1	Y B1	Z B1	0.0952	0.0956	0.0193	99.53	493.46
500	X C1	Y B1	Z B2	0.0600	0.0614	0.0134	97.71	446.40
501	X C1	Y B1	Z B3	0.0506	0.0531	0.0133	95.34	380.26
502	X C1	Y B1	Z C1	0.0461	0.0470	0.0135	98.04	341.53
503	X C1	Y B1	Z C2	0.0437	0.0470	0.0133	92.86	328.55
504	X C1	Y B1	Z C3	0.0432	0.0442	0.0133	97.62	325.38
505	X C1	Y C1	Z A1	0.3762	0.3782	0.0611	99.47	615.53
506	X C1	Y C1	Z A2	0.1864	0.1894	0.0135	98.42	1377.14
507	X C1	Y C1	Z A3	0.1206	0.1325	0.0063	90.98	1929.25
508	X C1	Y C1	Z B1	0.0858	0.0858	0.0145	99.99	592.08

509	X C1	Y C1	Z B2	0.0437	0.0447	0.0043	97.80	1009.42
510	X C1	Y C1	Z B3	0.0295	0.0323	0.0039	91.35	751.69
511	X C1	Y C1	Z C1	0.0208	0.0208	0.0045	99.78	462.13
512	X C1	Y C1	Z C2	0.0146	0.0208	0.0038	70.14	381.64
513	X C1	Y C1	Z C3	0.0131	0.0134	0.0038	97.76	347.95
514	X C1	Y A2	Z A1	0.3874	0.3898	0.0643	99.38	602.99
515	X C1	Y A2	Z A2	0.2081	0.2117	0.0240	98.31	867.13
516	X C1	Y A2	Z A3	0.1521	0.1629	0.0208	93.37	731.58
517	X C1	Y A2	Z B1	0.1263	0.1278	0.0246	98.84	514.20
518	X C1	Y A2	Z B2	0.1024	0.1046	0.0203	97.87	504.68
519	X C1	Y A2	Z B3	0.0972	0.1000	0.0202	97.22	481.05
520	X C1	Y A2	Z C1	0.0949	0.0969	0.0203	97.97	466.99
521	X C1	Y A2	Z C2	0.0938	0.0969	0.0202	96.78	464.43
522	X C1	Y A2	Z C3	0.0935	0.0956	0.0202	97.88	463.58
523	X C1	Y B2	Z A1	0.3767	0.3787	0.0612	99.47	615.20
524	X C1	Y B2	Z A2	0.1874	0.1904	0.0140	98.43	1335.10
525	X C1	Y B2	Z A3	0.1221	0.1339	0.0073	91.18	1679.58
526	X C1	Y B2	Z B1	0.0880	0.0880	0.0150	99.99	587.77
527	X C1	Y B2	Z B2	0.0477	0.0486	0.0057	98.16	836.88
528	X C1	Y B2	Z B3	0.0352	0.0376	0.0054	93.72	651.82
529	X C1	Y B2	Z C1	0.0283	0.0283	0.0058	99.94	485.43
530	X C1	Y B2	Z C2	0.0241	0.0283	0.0053	85.24	452.76
531	X C1	Y B2	Z C3	0.0233	0.0234	0.0053	99.36	439.78
532	X C1	Y C2	Z A1	0.3761	0.3782	0.0611	99.45	615.93
533	X C1	Y C2	Z A2	0.1862	0.1894	0.0133	98.34	1400.24
534	X C1	Y C2	Z A3	0.1204	0.1325	0.0057	90.81	2101.65
535	X C1	Y C2	Z B1	0.0855	0.0858	0.0143	99.62	598.92
536	X C1	Y C2	Z B2	0.0430	0.0447	0.0035	96.41	1220.27
537	X C1	Y C2	Z B3	0.0286	0.0323	0.0030	88.49	945.02

538	X C1	Y C2	Z C1	0.0194	0.0208	0.0037	93.37	520.58
539	X C1	Y C2	Z C2	0.0126	0.0208	0.0029	60.67	436.42
540	X C1	Y C2	Z C3	0.0109	0.0134	0.0028	81.08	385.87
541	X C1	Y A3	Z A1	0.3809	0.3838	0.0616	99.23	618.05
542	X C1	Y A3	Z A2	0.1956	0.2004	0.0157	97.63	1249.33
543	X C1	Y A3	Z A3	0.1344	0.1478	0.0101	90.94	1337.13
544	X C1	Y A3	Z B1	0.1044	0.1080	0.0165	96.70	632.73
545	X C1	Y A3	Z B2	0.0737	0.0792	0.0090	93.05	820.60
546	X C1	Y A3	Z B3	0.0663	0.0730	0.0088	90.88	753.85
547	X C1	Y A3	Z C1	0.0629	0.0687	0.0091	91.63	694.02
548	X C1	Y A3	Z C2	0.0612	0.0687	0.0088	89.06	698.70
549	X C1	Y A3	Z C3	0.0608	0.0668	0.0087	91.05	696.78
550	X C1	Y B3	Z A1	0.3764	0.3784	0.0611	99.46	616.10
551	X C1	Y B3	Z A2	0.1867	0.1898	0.0134	98.38	1393.38
552	X C1	Y B3	Z A3	0.1211	0.1331	0.0060	90.98	2033.56
553	X C1	Y B3	Z B1	0.0866	0.0867	0.0144	99.80	602.25
554	X C1	Y B3	Z B2	0.0451	0.0463	0.0039	97.29	1159.51
555	X C1	Y B3	Z B3	0.0316	0.0346	0.0034	91.22	917.95
556	X C1	Y B3	Z C1	0.0236	0.0242	0.0041	97.41	578.69
557	X C1	Y B3	Z C2	0.0184	0.0242	0.0033	75.92	553.17
558	X C1	Y B3	Z C3	0.0172	0.0182	0.0033	94.43	528.67
559	X C1	Y C3	Z A1	0.3761	0.3781	0.0611	99.47	615.97
560	X C1	Y C3	Z A2	0.1862	0.1892	0.0133	98.41	1402.70
561	X C1	Y C3	Z A3	0.1203	0.1323	0.0057	90.95	2122.71
562	X C1	Y C3	Z B1	0.0855	0.0855	0.0143	99.98	599.48
563	X C1	Y C3	Z B2	0.0429	0.0439	0.0034	97.71	1251.05
564	X C1	Y C3	Z B3	0.0284	0.0313	0.0029	90.73	975.44
565	X C1	Y C3	Z C1	0.0192	0.0192	0.0036	99.67	526.25
566	X C1	Y C3	Z C2	0.0122	0.0192	0.0028	63.51	440.09

567	X C1	Y C3	Z C3	0.0104	0.0108	0.0027	96.27	385.33
568	X C2	Y A1	Z A1	0.4204	0.4227	0.0835	99.46	503.53
569	X C2	Y A1	Z A2	0.2645	0.2674	0.0585	98.91	452.36
570	X C2	Y A1	Z A3	0.2231	0.2307	0.0572	96.70	389.82
571	X C2	Y A1	Z B1	0.2064	0.2074	0.0587	99.50	351.55
572	X C2	Y A1	Z B2	0.1927	0.1940	0.0570	99.31	337.76
573	X C2	Y A1	Z B3	0.1900	0.1916	0.0570	99.18	333.18
574	X C2	Y A1	Z C1	0.1888	0.1900	0.0571	99.40	330.90
575	X C2	Y A1	Z C2	0.1882	0.1900	0.0570	99.10	330.17
576	X C2	Y A1	Z C3	0.1881	0.1893	0.0570	99.39	330.00
577	X C2	Y B1	Z A1	0.3784	0.3805	0.0624	99.43	606.58
578	X C2	Y B1	Z A2	0.1907	0.1940	0.0184	98.31	1036.18
579	X C2	Y B1	Z A3	0.1272	0.1391	0.0140	91.46	911.61
580	X C2	Y B1	Z B1	0.0949	0.0956	0.0191	99.23	496.19
581	X C2	Y B1	Z B2	0.0595	0.0614	0.0132	96.97	450.95
582	X C2	Y B1	Z B3	0.0501	0.0531	0.0131	94.33	383.09
583	X C2	Y B1	Z C1	0.0455	0.0470	0.0133	96.79	343.13
584	X C2	Y B1	Z C2	0.0430	0.0470	0.0130	91.54	329.80
585	X C2	Y B1	Z C3	0.0426	0.0442	0.0130	96.20	326.52
586	X C2	Y C1	Z A1	0.3761	0.3782	0.0611	99.45	615.93
587	X C2	Y C1	Z A2	0.1862	0.1894	0.0133	98.34	1400.24
588	X C2	Y C1	Z A3	0.1204	0.1325	0.0057	90.81	2101.65
589	X C2	Y C1	Z B1	0.0855	0.0858	0.0143	99.62	598.92
590	X C2	Y C1	Z B2	0.0430	0.0447	0.0035	96.41	1220.27
591	X C2	Y C1	Z B3	0.0286	0.0323	0.0030	88.49	945.02
592	X C2	Y C1	Z C1	0.0194	0.0208	0.0037	93.37	520.58
593	X C2	Y C1	Z C2	0.0126	0.0208	0.0029	60.67	436.42
594	X C2	Y C1	Z C3	0.0109	0.0134	0.0028	81.08	385.87
595	X C2	Y A2	Z A1	0.3874	0.3898	0.0642	99.36	603.34

596	X C2	Y A2	Z A2	0.2080	0.2117	0.0239	98.25	871.34
597	X C2	Y A2	Z A3	0.1519	0.1629	0.0206	93.26	736.09
598	X C2	Y A2	Z B1	0.1261	0.1278	0.0244	98.67	516.02
599	X C2	Y A2	Z B2	0.1021	0.1046	0.0201	97.62	507.27
600	X C2	Y A2	Z B3	0.0969	0.1000	0.0201	96.94	483.40
601	X C2	Y A2	Z C1	0.0946	0.0969	0.0202	97.68	469.16
602	X C2	Y A2	Z C2	0.0935	0.0969	0.0200	96.48	466.61
603	X C2	Y A2	Z C3	0.0933	0.0956	0.0200	97.58	465.76
604	X C2	Y B2	Z A1	0.3766	0.3787	0.0612	99.45	615.60
605	X C2	Y B2	Z A2	0.1872	0.1904	0.0138	98.36	1355.83
606	X C2	Y B2	Z A3	0.1219	0.1339	0.0068	91.01	1785.79
607	X C2	Y B2	Z B1	0.0877	0.0880	0.0148	99.65	594.10
608	X C2	Y B2	Z B2	0.0471	0.0486	0.0051	97.00	920.46
609	X C2	Y B2	Z B3	0.0345	0.0376	0.0048	91.67	719.38
610	X C2	Y B2	Z C1	0.0273	0.0283	0.0053	96.53	519.16
611	X C2	Y B2	Z C2	0.0230	0.0283	0.0047	81.21	488.58
612	X C2	Y B2	Z C3	0.0221	0.0234	0.0047	94.30	473.76
613	X C2	Y C2	Z A1	0.3760	0.3782	0.0610	99.43	616.34
614	X C2	Y C2	Z A2	0.1861	0.1894	0.0131	98.26	1424.63
615	X C2	Y C2	Z A3	0.1201	0.1325	0.0052	90.64	2332.44
616	X C2	Y C2	Z B1	0.0852	0.0858	0.0141	99.26	606.10
617	X C2	Y C2	Z B2	0.0424	0.0447	0.0025	95.00	1706.96
618	X C2	Y C2	Z B3	0.0276	0.0323	0.0017	85.53	1626.01
619	X C2	Y C2	Z C1	0.0180	0.0208	0.0028	86.47	649.77
620	X C2	Y C2	Z C2	0.0103	0.0208	0.0015	49.40	708.15
621	X C2	Y C2	Z C3	0.0080	0.0134	0.0013	59.92	619.52
622	X C2	Y A3	Z A1	0.3808	0.3838	0.0616	99.21	618.45
623	X C2	Y A3	Z A2	0.1955	0.2004	0.0155	97.56	1264.72
624	X C2	Y A3	Z A3	0.1342	0.1478	0.0097	90.80	1378.57

625	X C2	Y A3	Z B1	0.1041	0.1080	0.0163	96.46	638.56
626	X C2	Y A3	Z B2	0.0734	0.0792	0.0086	92.59	850.22
627	X C2	Y A3	Z B3	0.0659	0.0730	0.0084	90.32	781.54
628	X C2	Y A3	Z C1	0.0625	0.0687	0.0087	91.00	717.18
629	X C2	Y A3	Z C2	0.0607	0.0687	0.0084	88.42	723.89
630	X C2	Y A3	Z C3	0.0604	0.0668	0.0084	90.39	722.03
631	X C2	Y B3	Z A1	0.3763	0.3784	0.0610	99.44	616.50
632	X C2	Y B3	Z A2	0.1866	0.1898	0.0132	98.31	1417.27
633	X C2	Y B3	Z A3	0.1209	0.1331	0.0054	90.81	2237.15
634	X C2	Y B3	Z B1	0.0862	0.0867	0.0142	99.44	609.41
635	X C2	Y B3	Z B2	0.0445	0.0463	0.0030	95.99	1495.70
636	X C2	Y B3	Z B3	0.0307	0.0346	0.0024	88.73	1302.59
637	X C2	Y B3	Z C1	0.0224	0.0242	0.0032	92.59	697.03
638	X C2	Y B3	Z C2	0.0169	0.0242	0.0022	69.62	771.44
639	X C2	Y B3	Z C3	0.0156	0.0182	0.0021	85.45	747.46
640	X C2	Y C3	Z A1	0.3760	0.3781	0.0610	99.45	616.37
641	X C2	Y C3	Z A2	0.1861	0.1892	0.0130	98.34	1427.22
642	X C2	Y C3	Z A3	0.1201	0.1323	0.0051	90.78	2361.64
643	X C2	Y C3	Z B1	0.0851	0.0855	0.0140	99.61	606.70
644	X C2	Y C3	Z B2	0.0423	0.0439	0.0023	96.27	1802.76
645	X C2	Y C3	Z B3	0.0275	0.0313	0.0015	87.66	1842.86
646	X C2	Y C3	Z C1	0.0177	0.0192	0.0026	92.10	669.26
647	X C2	Y C3	Z C2	0.0098	0.0192	0.0012	50.80	814.58
648	X C2	Y C3	Z C3	0.0074	0.0108	0.0010	68.27	732.15
649	X C3	Y A1	Z A1	0.4204	0.4226	0.0835	99.47	503.54
650	X C3	Y A1	Z A2	0.2645	0.2673	0.0585	98.94	452.37
651	X C3	Y A1	Z A3	0.2231	0.2306	0.0572	96.75	389.82
652	X C3	Y A1	Z B1	0.2063	0.2073	0.0587	99.56	351.54
653	X C3	Y A1	Z B2	0.1927	0.1939	0.0570	99.38	337.74

654	X C3	Y A1	Z B3	0.1899	0.1914	0.0570	99.25	333.17
655	X C3	Y A1	Z C1	0.1888	0.1898	0.0571	99.47	330.89
656	X C3	Y A1	Z C2	0.1882	0.1898	0.0570	99.17	330.16
657	X C3	Y A1	Z C3	0.1881	0.1891	0.0570	99.46	329.99
658	X C3	Y B1	Z A1	0.3783	0.3804	0.0624	99.45	606.61
659	X C3	Y B1	Z A2	0.1907	0.1939	0.0184	98.37	1037.06
660	X C3	Y B1	Z A3	0.1272	0.1389	0.0139	91.58	912.89
661	X C3	Y B1	Z B1	0.0948	0.0953	0.0191	99.52	496.36
662	X C3	Y B1	Z B2	0.0595	0.0609	0.0132	97.66	451.16
663	X C3	Y B1	Z B3	0.0500	0.0525	0.0131	95.22	383.06
664	X C3	Y B1	Z C1	0.0454	0.0463	0.0132	97.96	342.94
665	X C3	Y B1	Z C2	0.0429	0.0463	0.0130	92.63	329.53
666	X C3	Y B1	Z C3	0.0424	0.0435	0.0130	97.52	326.23
667	X C3	Y C1	Z A1	0.3761	0.3781	0.0611	99.47	615.97
668	X C3	Y C1	Z A2	0.1862	0.1892	0.0133	98.41	1402.70
669	X C3	Y C1	Z A3	0.1203	0.1323	0.0057	90.95	2122.71
670	X C3	Y C1	Z B1	0.0855	0.0855	0.0143	99.98	599.48
671	X C3	Y C1	Z B2	0.0429	0.0439	0.0034	97.71	1251.05
672	X C3	Y C1	Z B3	0.0284	0.0313	0.0029	90.73	975.44
673	X C3	Y C1	Z C1	0.0192	0.0192	0.0036	99.67	526.25
674	X C3	Y C1	Z C2	0.0122	0.0192	0.0028	63.51	440.09
675	X C3	Y C1	Z C3	0.0104	0.0108	0.0027	96.27	385.33
676	X C3	Y A2	Z A1	0.3873	0.3898	0.0642	99.38	603.37
677	X C3	Y A2	Z A2	0.2080	0.2116	0.0239	98.31	871.75
678	X C3	Y A2	Z A3	0.1518	0.1627	0.0206	93.35	736.51
679	X C3	Y A2	Z B1	0.1260	0.1275	0.0244	98.83	516.14
680	X C3	Y A2	Z B2	0.1021	0.1043	0.0201	97.85	507.44
681	X C3	Y A2	Z B3	0.0969	0.0997	0.0200	97.20	483.54
682	X C3	Y A2	Z C1	0.0946	0.0966	0.0202	97.95	469.28

683	X C3	Y A2	Z C2	0.0934	0.0966	0.0200	96.75	466.73
684	X C3	Y A2	Z C3	0.0932	0.0952	0.0200	97.86	465.87
685	X C3	Y B2	Z A1	0.3766	0.3786	0.0612	99.47	615.63
686	X C3	Y B2	Z A2	0.1872	0.1902	0.0138	98.43	1358.02
687	X C3	Y B2	Z A3	0.1219	0.1337	0.0068	91.14	1798.16
688	X C3	Y B2	Z B1	0.0876	0.0876	0.0147	99.99	594.62
689	X C3	Y B2	Z B2	0.0470	0.0479	0.0051	98.10	930.29
690	X C3	Y B2	Z B3	0.0343	0.0367	0.0047	93.39	726.95
691	X C3	Y B2	Z C1	0.0272	0.0272	0.0052	99.90	521.92
692	X C3	Y B2	Z C2	0.0228	0.0272	0.0046	83.80	491.29
693	X C3	Y B2	Z C3	0.0219	0.0220	0.0046	99.21	476.14
694	X C3	Y C2	Z A1	0.3760	0.3781	0.0610	99.45	616.37
695	X C3	Y C2	Z A2	0.1861	0.1892	0.0130	98.34	1427.22
696	X C3	Y C2	Z A3	0.1201	0.1323	0.0051	90.78	2361.64
697	X C3	Y C2	Z B1	0.0851	0.0855	0.0140	99.61	606.70
698	X C3	Y C2	Z B2	0.0423	0.0439	0.0023	96.27	1802.76
699	X C3	Y C2	Z B3	0.0275	0.0313	0.0015	87.66	1842.86
700	X C3	Y C2	Z C1	0.0177	0.0192	0.0026	92.10	669.26
701	X C3	Y C2	Z C2	0.0098	0.0192	0.0012	50.80	814.58
702	X C3	Y C2	Z C3	0.0074	0.0108	0.0010	68.27	732.15
703	X C3	Y A3	Z A1	0.3808	0.3837	0.0616	99.23	618.48
704	X C3	Y A3	Z A2	0.1955	0.2002	0.0154	97.62	1266.33
705	X C3	Y A3	Z A3	0.1342	0.1476	0.0097	90.91	1383.08
706	X C3	Y A3	Z B1	0.1041	0.1077	0.0163	96.68	639.07
707	X C3	Y A3	Z B2	0.0733	0.0788	0.0086	92.97	853.26
708	X C3	Y A3	Z B3	0.0659	0.0726	0.0084	90.75	784.32
709	X C3	Y A3	Z C1	0.0624	0.0682	0.0087	91.50	719.42
710	X C3	Y A3	Z C2	0.0606	0.0682	0.0083	88.90	726.35
711	X C3	Y A3	Z C3	0.0603	0.0663	0.0083	90.91	724.49

712	X C3	Y B3	Z A1	0.3763	0.3783	0.0610	99.46	616.54
713	X C3	Y B3	Z A2	0.1865	0.1896	0.0131	98.38	1419.81
714	X C3	Y B3	Z A3	0.1208	0.1329	0.0053	90.94	2262.49
715	X C3	Y B3	Z B1	0.0862	0.0864	0.0141	99.80	610.01
716	X C3	Y B3	Z B2	0.0444	0.0456	0.0029	97.19	1551.82
717	X C3	Y B3	Z B3	0.0305	0.0337	0.0022	90.68	1381.51
718	X C3	Y B3	Z C1	0.0222	0.0229	0.0031	97.04	713.36
719	X C3	Y B3	Z C2	0.0166	0.0229	0.0020	72.38	816.87
720	X C3	Y B3	Z C3	0.0153	0.0164	0.0019	92.95	795.33
721	X C3	Y C3	Z A1	0.3760	0.3780	0.0610	99.47	616.40
722	X C3	Y C3	Z A2	0.1860	0.1890	0.0130	98.41	1429.83
723	X C3	Y C3	Z A3	0.1201	0.1321	0.0050	90.91	2392.01
724	X C3	Y C3	Z B1	0.0851	0.0851	0.0140	99.98	607.31
725	X C3	Y C3	Z B2	0.0422	0.0432	0.0022	97.61	1918.20
726	X C3	Y C3	Z B3	0.0273	0.0303	0.0012	90.02	2190.76
727	X C3	Y C3	Z C1	0.0174	0.0175	0.0025	99.50	692.13
728	X C3	Y C3	Z C2	0.0092	0.0175	0.0009	52.72	1052.65
729	X C3	Y C3	Z C3	0.0066	0.0073	0.0006	91.01	1132.14

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di Probolinggo, 12 Oktober 1995. Pada tahun 2002-2008 penulis menempuh Pendidikan di SD Taruna Dra. Zulaeha Leces Probolinggo. Pada tahun 2008-2011 penulis menempuh Pendidikan di SMP Taruna Dra. Zulaeha, dan pada tahun 2011-2014 penulis menempuh Pendidikan di SMA Taruna Dra. Zulaeha. Pada Tahun 2014, penulis melanjutkan ke jenjang Pendidikan S1 di

Departemen Teknik Fisika ITS.

Pada bulan Januari tahun 2019, penulis telah menyelesaikan tugas akhir di bidang minat akustik dan vibrasi. Bagi pembaca yang memiliki kritik saran, atau keinginan untuk berdiskusi dengan tema yang sama pada tugas akhir dapat menghubungi melalui email penulis yaitu dhewangga9999@gmail.com.