

128/FT.EKS.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**EFEK PERUBAHAN POSISI SISTEM PENAHAN LATERAL  
PADA RESPON SEISMIC BANGUNAN GEDUNG**

**SKRIPSI**

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

**ANITA SURYANI BRAHMANA  
0806369101**

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

128/FT.EKS.01/SKRIP/07/2011



**UNIVERSITY OF INDONESIA**

**THE EFFECT OF THE MODIFICATION OF LATERAL RESISTANCE  
SYSTEM POSITION ON SEISMIC RESPONSE OF THE BUILDING**

**FINAL PROJECT**

**Submitted as one the requirements needed to obtain the  
Engineer Bachelor Degree**

**ANITA SURYANI BRAHMANA  
0806369101**

**FACULTY OF ENGINEERING  
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
DEPOK  
JULY 2011**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**Nama : Anita Suryani Brahmna**

**NPM : 0806369101**

**Tanda Tangan : **

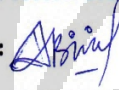
**Tanggal : 11 Juli 2011**

**SHEET OF ORIGINALITY**

**This script is truly my own work,  
and all of the source that I quote or referenced  
I stated that all is true.**

**Name : Anita Suryani Brahmana**

**NPM : 0806369101**

**Signature : **

**Date : 11 Juli 2011**



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Anita Suryani Brahmama  
NPM : 0806369101  
Program Studi : Teknik sipil  
Judul Skripsi : Efek Perubahan Sistem Penahan Lateral Pada  
Respon Seismik Bangunan Gedung

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.Ir. Yuskar Lase, DEA

(*Muskar*)

Penguji : Ir. Madsuri, MT

(*Madsuri*)

Penguji : Ir. Sjahril A. Rahim, MEng

(*Sjahril*)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 11 Juli 2011

## SHEET OF APPROVAL

This final assignment submitted by :

Name : Anita Suryani Brahmana

NPM : 0806369101

Study Program : Civil Engineering

Title : The Effect of The Modification of Lateral Resistance  
System Position on Seismic Response of The Building

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

### EXAMINER BOARD

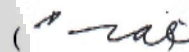
Pembimbing I : Dr. Ir. Yuskar Lase, DEA.



Penguji I : Ir. Madsuri, MT



Penguji II : Ir. Sjahril A. Rahim, MEng



Approved in : Depok

Date : 11 July 2011

## KATA PENGANTAR

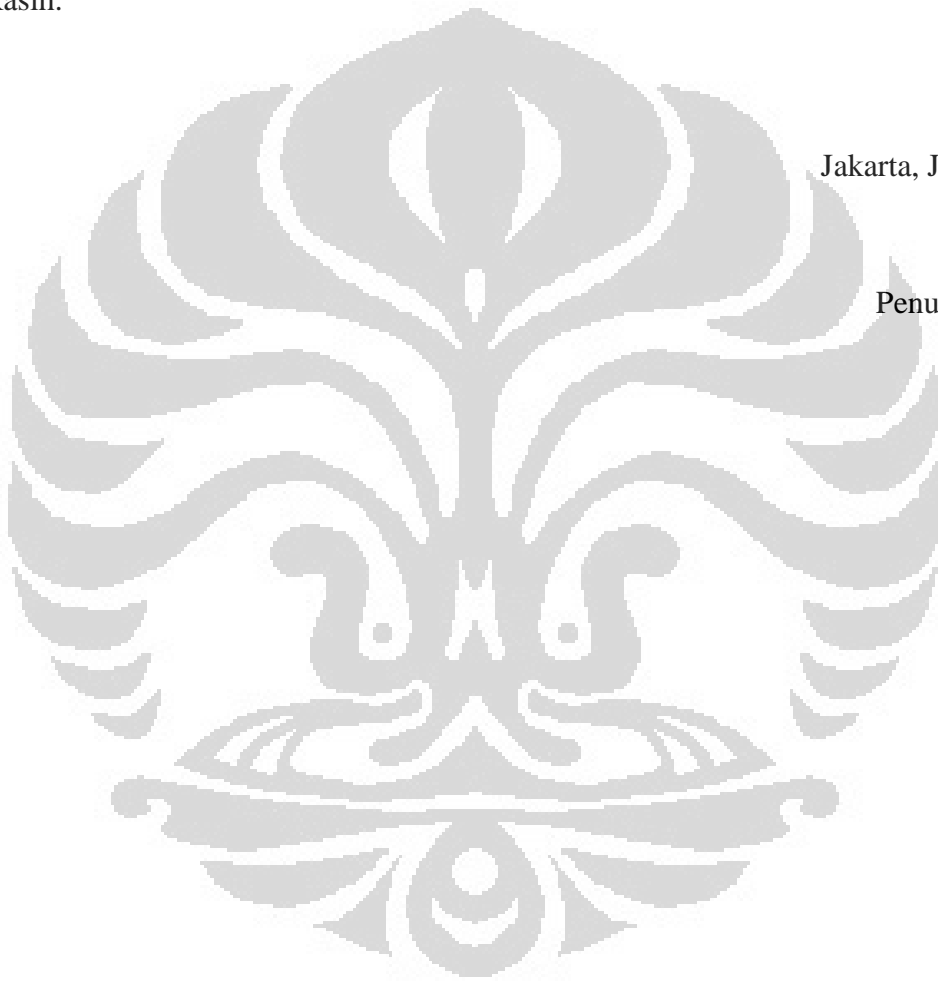
Puji syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan anugerahnya yang luar biasa sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik meskipun banyak mengalami tantangan dan kesulitan dalam pengerjaan dan pelaksanaannya. Penyusunan skripsi yang berjudul “*Efek Perubahan Posisi Sitem Penahan Lateral Pada Respon Seismik Bangunan Gedung*” merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan jenjang pendidikan Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Selain itu penulisan ini dapat bertujuan untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi masalah yang berhubungan dengan bidang Teknik Sipil ketika terjun ke dunia kerja khususnya maupun kedalam masyarakat pada umumnya. Dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan baik materil maupun spiritui dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih banyak kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Ir.Irwan Katili, DEA selaku Kepala Departemen Teknik Sipil UI.
2. Bapak Dr.Ir. Yuskar Lase, DEA sebagai Dosen Pembimbing yang telah banyak memberi segala bantuan dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Pak Wisnu dan Garlan, serta orang-orang yang ada di kantor Bapak Yuskar yang memberi bantuan yang luar biasa dalam pengerjaan program ETABS.
4. Orang Tua yang selalu memberi doa restu dan dukungan yang luar biasa.
5. Keluarga besar Brahmana yang ada di Jakarta yang selalu membantu saya dalam penyelesaian pendidikan saya.
6. Para sahabat - sahabat terbaik, Sari Purnamawati, Joko Suharso, Saptoyo Aji, Cut Yunita, Kartika, Garlina, Ira S. Zuraidah dan semua teman-teman sekelas ekstensi sipil 2008 yang selalu mendukung, membantu dan memotivasi saya dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Pihak-pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Harapan saya semoga bantuan yang diberikan tersebut mendapatkan imbalan yang tak terhingga dari Tuhan Yesus Kristus. Saya menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari kekurangan dan keterbatasan kemampuan yang ada pada diri penulis maupun keterbatasan referensi. Sehingga saya berharap dapat memperoleh masukan yang berharga baik kritikan maupun saran dari berbagai pihak guna perbaikan skripsi ini. Dan berharap skripsi ini dapat berguna bagi orang lain. Akhir kata saya ucapkan mohon maaf atas kesalahan dalam skripsi ini dan terima kasih.

Jakarta, Juli 2011

Penulis



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

---

---

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

Nama : Anita Suryani Brahmana  
NPM : 0806369101  
Program Studi : Teknik sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Universitas Indonesia  
Jenis karya : Skripsi

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

Efek Perubahan Sistem Penahan Lateral Pada Respon Seismik Bangunan Gedung

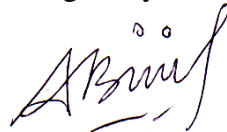
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 11 Juli 2011

Yang menyatakan



( Anita Suryani Brahmana )

## ABSTRAK

Nama : Anita Suryani Brahmana  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Efek Perubahan Posisi Sistem Penahan Lateral Pada Respon Seismik Bangunan Gedung

Penelitian ini membahas tentang bangunan tinggi yang terdiri dari *podium* dan *tower* dengan sistem lantai *flat slab* dan balok di *perimeter* bangunan. Tujuan penelitian ini untuk menganalisa efek perubahan posisi sistem penahan lateral terhadap karakteristik dinamik bangunan dan respon struktur akibat gempa bumi. Struktur bangunan merupakan struktur beton bertulang 10 lantai dengan tinggi antar lantai 2,8 m. Sistem penahan lateral adalah sistem rangka (kolom-balok *perimeter*) dan dinding geser. Pembebanan, faktor reduksi beban, faktor kekakuan, faktor reduksi gempa, respon spektrum mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku. Modelisasi struktur dengan bantuan program ETABS. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi terhadap 3 variasi, yaitu variasi terhadap jarak *perimeter podium-tower*, variasi terhadap jumlah lantai *podium*, dan variasi sistem lantai (*shell* dan *membrane*). Parameter-parameter yang akan ditinjau adalah periode getar, rasio partisipasi massa, gaya geser dasar, lendutan, gaya geser tingkat, simpangan antar tingkat, momen guling dan gaya-gaya dalam pada elemen struktur (kolom, balok, dinding geser, atap *podium*). Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* maka lendutan, gaya geser dasar, gaya geser tingkat, simpangan antar tingkat, momen guling dan gaya-gaya dalam semakin besar sedangkan periode getar, partisipasi rasio massa semakin kecil. Akibat perubahan jumlah lantai *podium* diperoleh bahwa gaya geser dasar semakin besar. Sistem lantai menggunakan *shell* menghasilkan periode getar, lendutan, simpangan antar tingkat lebih besar daripada *membrane*, sedangkan gaya geser dasar, gaya geser tingkat, momen guling, gaya-gaya dalam lebih kecil daripada *membrane*.

Kata kunci :  
Perubahan, *podium*, *tower*, *shell*, *membrane*

## ABSTRACT

Name : Anita Suryani Brahmana  
Study Program : Civil Engineering  
Title : The Effect of The Modification of Lateral Resistance System Position on Seismic Response of The Building

This research is about high rise building which consists of the podium and the tower with a flat slab floor system and beam at the perimeter of the building. The objective of this research is to analyze the effect of the modification of lateral resistance system position to the building dynamic characteristic and response structure due to earthquake . The building structure is 10 floors reinforced concrete structure with 2.8 m height between the floors. The lateral resistance system is the framework system (column-beam perimeter) and shear walls. The loading, the load reduction factor, stiffness factor, earthquake reduction factor, spectrum response are referring to the applicable regulations. The structure modelitation by using ETABS program. In this research will be conducted a simulation with three variations, namely the variation of the podium-tower perimeter distance , the variation of the podium floor number, and the variation of the floor systems (shell and membrane). The parameters to be considered are vibration period, mass participation ratio, base shear force, deflection, story shear, story drift, overturning moments and internal forces in the structure element (column, beam, shear wall, podium roof). Based on the conducted research, concluded that due to the modification of the podium-tower perimeter distance so that deflection, base shear force, story shear, story drift, overturning moment and internal forces are increased, while vibration period, mass participation ratio are decreased. Due to the modification of the podium floor concluded that the base shear force is increased. The floor system using shell produces greater vibration period, deflection, story drift than using the membrane, whereas the base shear force, level shear force, overturning moment and the internal forces are smaller than the membrane.

Key words:

Modification, podium, tower, shell, membrane

## DAFTAR ISI

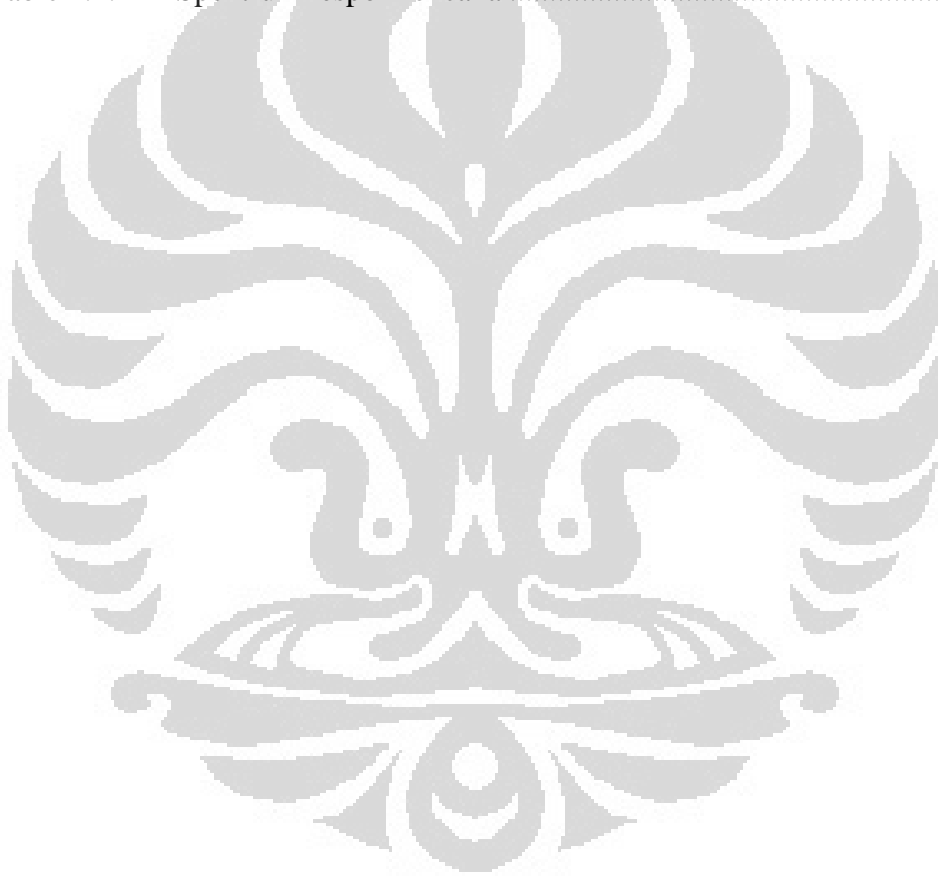
HALAMAN JUDUL.....	i
SHEET OF TITLE .....	ii
HALAMAN ORISINALITAS.....	iii
SHEET OF ORIGINALITY .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
SHEET OF APPROVAL .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	ix
ABSTRAK .....	x
ABSTRACT .....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Maksud Dan Tujuan .....	3
1.3. Pembatasan Masalah.....	4
1.4. Metodologi Penelitian.....	4
1.5. Sistematika Penulisan .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Sistem struktur .....	6
2.1.1. Sistem Struktur Penahan Gaya Gravitasi .....	6
2.1.2. Sistem Struktur Panaahn Gaya Lateral.....	7
2.2. Modelisasi struktur .....	8
2.2.1. Matriks Massa .....	8
2.2.2. Matriks Kekakuan .....	10
2.2.3. Matriks Redaman .....	11
2.2.4. Persamaan Dinamik Gempa .....	12
2.3. Penyelesaian Persamaan Dinamik .....	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	18
3.1 Deskripsi Bangunan.....	18
3.2 Pemodelan Struktur .....	19
3.2.1. Penggambaran Struktur Dengan AUTOCAD .....	19
3.2.2. Modelisasi Struktur Dengan ETABS .....	20
3.3 Pembebanan .....	20
3.3.1. Beban Mati .....	20
3.3.2. Beban Hidup .....	20
3.3.3. Beban Gempa .....	21
3.4 Metodologi Penelitian.....	23
BAB 4 PEMBAHASAN .....	24



4.1	Input Program ETABS .....	24
4.1.1	Material .....	24
4.1.2	Dimensi Struktur .....	24
4.1.3	Pembebanan .....	25
4.1.4	Respon Spektrum .....	26
4.2	Output Program ETABS .....	28
4.3	Periode Getar .....	29
4.3.1	Grafik Hasil Simulasi .....	29
4.3.2	Analisa Hasil Simulasi .....	30
4.4	Partisipasi Rasio Massa .....	32
4.4.1	Grafik Hasil Simulasi .....	32
4.4.2	Analisa Hasil Simulasi .....	38
4.5	Gaya Geser Dasar ( <i>Base Shear</i> ) Struktur .....	39
4.5.1	Grafik Hasil Simulasi .....	39
4.5.2	Analisa Hasil Simulasi .....	44
4.6	Lendutan .....	48
4.6.1	Grafik Hasil Simulasi .....	48
4.6.2	Analisa Hasil Simulasi .....	50
4.7	Gaya Geser Tingkat ( <i>Story Shear</i> ) .....	52
4.7.1	Grafik Hasil Simulasi .....	52
4.7.2	Analisa Hasil Simulasi .....	54
4.8	Simpangan Antar Lantai ( <i>Story Drift</i> ) .....	55
4.8.1	Grafik Hasil Simulasi .....	55
4.8.2	Analisa Hasil Simulasi .....	56
4.9	Momen Guling ( <i>Overturning Moment</i> ) .....	57
4.9.1	Grafik Hasil Simulasi .....	57
4.9.2	Analisa Hasil Simulasi .....	60
4.10	Gaya-Gaya Dalam Pada Kolom Luar <i>Tower</i> .....	61
4.10.1	Grafik Hasil Simulasi .....	61
4.10.2	Analisa Hasil Simulasi .....	65
4.11	Gaya-Gaya Dalam Pada Balok .....	67
4.11.1	Grafik Hasil Simulasi .....	67
4.11.2	Analisa Hasil Simulasi .....	69
4.12	Gaya-Gaya Dalam Pada Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ) .....	70
4.12.1	Grafik Hasil Simulasi .....	70
4.12.2	Analisa Hasil Simulasi .....	71
4.13	Gaya-Gaya Dalam Pada Lantai Atap Podium .....	73
4.13.1	Grafik Hasil Simulasi .....	73
4.13.2	Analisa Hasil Simulasi .....	75
BAB 5	PENUTUP .....	77
5.1	Kesimpulan .....	77
5.2	Saran .....	78
	DAFTAR REFERENSI .....	79
	LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Table 3.1.	Faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan sesuai SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.....	21
Table 3.2.	Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. ....	22
Table 4.1.	Reduksi momen inersia .....	25
Table 4.2.	Spektrum respon rencana .....	27



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Struktur gedung terdiri dari <i>podium</i> dan <i>tower</i> .....	3
Gambar 2.1.	<i>Rigid Frame</i> (kolom dan balok) .....	6
Gambar 2.2.	Sistem <i>Flat Slab</i> .....	7
Gambar 2.3.	Sistem DoF pada Portal 2 dimensi .....	8
Gambar 2.4.	Komponen massa pada portal.....	9
Gambar 2.5.	Komponen kekakuan pada portal .....	10
Gambar 2.6.	Komponen redaman pada portal.....	11
Gambar 2.7.	Multi DoF akibat percepatan tanah .....	12
Gambar 2.8.	Lendutan akibat percepatan tanah .....	14
Gambar 3.1.	Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	23
Gambar 4.1.	Grafik spektrum respon rencana.....	27
Gambar 4.2.	Grafik variasi periode getar bangunan untuk sistem lantai <i>shell</i> . ..	29
Gambar 4.3.	Grafik variasi periode getar bangunan untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	29
Gambar 4.4.	Grafik variasi periode getar bangunan untuk perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	30
Gambar 4.5.	Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	32
Gambar 4.6.	Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	33
Gambar 4.7.	Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jarak <i>perimeter podium - tower</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> . ..	34
Gambar 4.8.	Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> . .....	35
Gambar 4.9.	Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	36
Gambar 4.10.	Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	37
Gambar 4.11.	Grafik variasi <i>base shear</i> total struktur dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	40
Gambar 4.12.	Grafik variasi <i>base shear</i> di <i>shear wall</i> dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	40
Gambar 4.13.	Grafik variasi <i>base shear</i> di <i>frame</i> dengan sistem lantai <i>shell</i> . .....	41
Gambar 4.14.	Grafik variasi <i>base shear</i> total struktur dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	41
Gambar 4.15.	Grafik variasi <i>base shear</i> di <i>shear wall</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	42
Gambar 4.16.	Grafik variasi <i>base shear</i> di <i>frame</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	42
Gambar 4.17.	Grafik variasi <i>base shear</i> total struktur dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	43

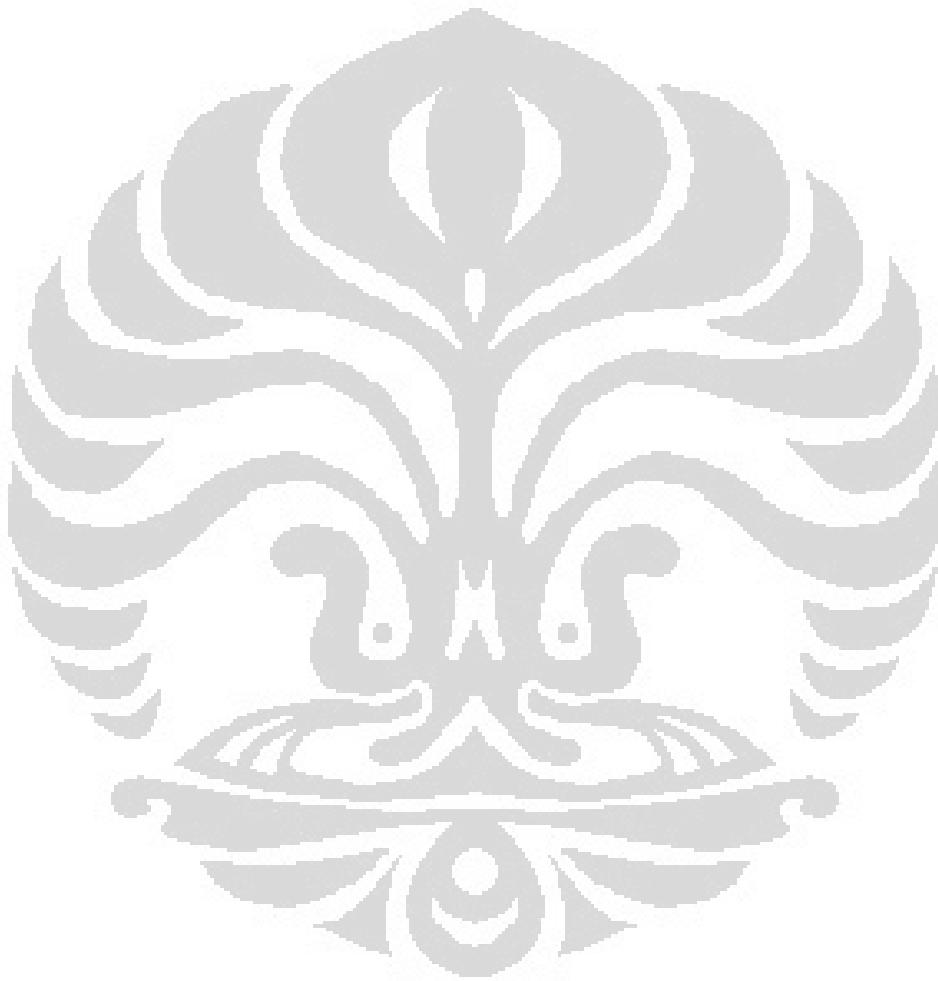
Gambar 4.18.	Grafik variasi <i>base shear</i> di <i>shear wall</i> dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	43
Gambar 4.19.	Grafik variasi <i>base shear</i> di <i>frame</i> dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	44
Gambar 4.20.	Grafik variasi lendutan lantai atas dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	48
Gambar 4.21.	Grafik variasi lendutan lantai atas dengan sistem lantai <i>membrane</i> . .....	49
Gambar 4.22.	Grafik variasi lendutan lantai atas dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	49
Gambar 4.23.	Grafik variasi gaya geser tingkat ( <i>story shear</i> ) dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	52
Gambar 4.24.	Grafik variasi gaya geser tingkat ( <i>story shear</i> ) dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	53
Gambar 4.25.	Grafik variasi gaya geser tingkat ( <i>story shear</i> ) dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	53
Gambar 4.26.	Grafik <i>story drift</i> dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	55
Gambar 4.27.	Grafik <i>story drift</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	55
Gambar 4.28.	Grafik <i>story drift</i> dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> . .....	56
Gambar 4.29.	Grafik momen guling dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	57
Gambar 4.30.	Grafik momen guling dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	58
Gambar 4.31.	Grafik momen guling dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	59
Gambar 4.30.	Grafik momen guling dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	58
Gambar 4.31.	Grafik momen guling dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	59
Gambar 4.32.	Grafik momen guling dengan perbandingan antara pengaruh P- $\Delta$ dan tanpa P- $\Delta$ . .....	59
Gambar 4.33.	Kolom luar <i>tower</i> . .....	61
Gambar 4.34.	Gambar variasi gaya geser dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	61
Gambar 4.35.	Grafik variasi momen dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	62
Gambar 4.36.	Gambar variasi gaya normal pada kolom luar <i>tower</i> dengan sistem lantai <i>shell</i> . .....	62
Gambar 4.37.	Grafik variasi gaya geser pada kolom luar <i>tower</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	63
Gambar 4.38.	Grafik variasi momen pada kolom luar <i>tower</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	63
Gambar 4.39.	Grafik variasi gaya normal pada kolom luar <i>tower</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	64
Gambar 4.40.	Grafik variasi gaya dalam pada kolom luar <i>tower</i> dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> . .....	65
Gambar 4.41.	Grafik variasi gaya geser pada balok dengan sistem lantai <i>shell</i> ...	67
Gambar 4.42.	Grafik variasi momen pada balok dengan sistem lantai <i>shell</i> . .....	67
Gambar 4.43.	Grafik variasi gaya geser pada balok dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	68

Gambar 4.44. Grafik variasi momen pada balok dengan sistem lantai <i>membrane</i> .	68
Gambar 4.45. Grafik variasi gaya dalam pada balok dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .	69
Gambar 4.46. Grafik variasi gaya membran pada <i>shear wall</i> dengan sistem lantai <i>shell</i> .	70
Gambar 4.47. Grafik variasi gaya membran pada <i>shear wall</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .	70
Gambar 4.48. Grafik variasi gaya membran pada <i>shear wall</i> dengan perbandingan antara sistem lantai <i>shell</i> dengan sistem lantai <i>membrane</i> .	71
Gambar 4.49. Grafik gaya membran pada lantai atap podium akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> sistem lantai <i>shell</i> .	72
Gambar 4.50. Grafik momen pada lantai atap podium akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> sistem lantai <i>shell</i> .	73
Gambar 4.51. Grafik gaya geser pada lantai atap podium akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> sistem lantai <i>shell</i> .	73
Gambar 4.52. Grafik gaya membran pada lantai atap podium akibat perubahan jarak jumlah lantai <i>podium</i> sistem lantai <i>shell</i> .	74
Gambar 4.53. Grafik momen pada lantai atap podium akibat perubahan jarak jumlah lantai <i>podium</i> sistem lantai <i>shell</i> .	74
Gambar 4.54. Grafik gaya geser pada lantai atap podium akibat perubahan jarak jumlah lantai <i>podium</i> sistem lantai <i>shell</i> .	75

## DAFTAR NOTASI

a	= Jarak perimeter podium - tower
c	= Redaman
C	= Nilai faktor respons gempa yang didapat dari spectrum respons gempa rencana
DL	= Berat sendiri struktur
$E_c$	= Modulus elastisitas beton
$E_s$	= Modulus elastisitas baja
$f'_c$	= Kekuatan tekan beton
$f'_y$	= Kekuatan leleh baja
$f'_{ys}$	= Kekuatan leleh baja tulangan
$f_d$	= Gaya Redaman
$f_I$	= Gaya Inersia
$f_s$	= Gaya Kekakuan
F	= Gaya-gaya dalam
I	= Faktor keutamaan untuk berbagai kategori gedung dan bangunan.
k	= Kekakuan
LL	= Beban hidup struktur
m	= Massa untuk SDOF
n	= Jumlah pola getar
P	= Podium
$P_{eff}(t)$	= Gaya dinamik
q	= Ruang pola getar
R	= Faktor reduksi gempa masing-masing jenis subsistem struktur gedung
R - z	= Rotasi arah z
Sa	= <i>Pseudo-acceleration</i>
Sd	= <i>Pseudo- deformation</i>
SDL	= Beban mati pada struktur
Sv	= <i>Pseudo- velocity</i>
Sa	= <i>Pseudo-acceleration</i>
$u_1$	= DOF translasi arah x
$u_2$	= DOF translasi arah y
$u_3$	= DOF rotasi arah z
$\ddot{u}$	= Percepatan
$\dot{u}$	= Kecepatan
u	= Lendutan
$u(t)$	= Lendutan pada saat t
$\dot{u}(t)$	= Kecepatan pada saat t
$\ddot{u}^t(t)$	= Percepatan total pada saat t
$\ddot{u}_g$	= Percepatan gempa
T	= Tower
T - x	= Translasi arah x
T - y	= Translasi arah y
V	= Gaya geser dasar

$W_t$	= Berat total gedung
$\iota$	= <i>influence vector</i>
$\omega_D$	= frekuensi alami teredam
$\omega_n$	= frekuensi alami tak teredam
$\zeta$	= rasio redaman
$\tau$	= tegangan geser
$\gamma_{\text{beton}}$	= berat jenis beton
$\phi$	= pola getar



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Denah untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m .....	81
Lampiran 2	Denah untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m .....	82
Lampiran 3	Denah untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m .....	83
Lampiran 4	Tampak gedung untuk struktur 1 <i>podium-9 tower</i> (1P-9T). ....	84
Lampiran 5	Tampak gedung untuk struktur 2 <i>podium-8 tower</i> (2P-8T). ....	85
Lampiran 6	Tampak gedung untuk struktur 3 <i>podium-7 tower</i> (3P-7T). ....	86
Lampiran 7	Potongan gedung untuk struktur 1 lantai <i>podium-9</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m (1P-9T ; a = 6 m) .....	87
Lampiran 8	Potongan gedung untuk struktur 1 lantai <i>podium-9</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m (1P-9T ; a = 12 m) ..	88
Lampiran 9	Potongan gedung untuk struktur 1 lantai <i>podium-9</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m (1P-9T ; a = 18 m) ..	89
Lampiran 10	Potongan gedung untuk struktur 2 lantai <i>podium-8</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m (2P-8T ; a = 6 m) .....	90
Lampiran 11	Potongan gedung untuk struktur 2 lantai <i>podium-8</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m (2P-8T ; a = 12 m) ..	91
Lampiran 12	Potongan gedung untuk struktur 2 lantai <i>podium-8</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m (2P-8T ; a = 18 m) ..	92
Lampiran 13	Potongan gedung untuk struktur 3 lantai <i>podium-7</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m (3P-7T ; a = 6 m) .....	93
Lampiran 14	Potongan gedung untuk struktur 3 lantai <i>podium-7</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m (3P-7T ; a = 12 m) ..	94
Lampiran 15	Potongan gedung untuk struktur 3 lantai <i>podium-7</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m (3P-7T ; a = 18 m) ..	95
Lampiran 16	Struktur 3dimensi untuk 1 lantai <i>podium-9</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m (1P-9T ; a= 6 m).....	96
Lampiran 17	Struktur 3dimensi untuk 1 lantai <i>podium-9</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m (1P-9T ; a= 12 m).....	97
Lampiran 18	Struktur 3dimensi untuk 1 lantai <i>podium-9</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m (1P-9T ; a= 18 m).....	98
Lampiran 19	Struktur 3dimensi untuk 2 lantai <i>podium-8</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m (2P-8T ; a= 6 m).....	99
Lampiran 20	Struktur 3dimensi untuk 2 lantai <i>podium-8</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m (2P-8T ; a= 12m).....	100
Lampiran 21	Struktur 3dimensi untuk 2 lantai <i>podium-8</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m (2P-8T ; a= 18 m).....	101
Lampiran 22	Struktur 3dimensi untuk 3 lantai <i>podium-7</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m (3P-7T ; a= 6 m).....	102
Lampiran 23	Struktur 3dimensi untuk 3 lantai <i>podium-7</i> lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m (3P-7T ; a= 12 m).....	103



Lampiran 24	Struktur 3dimensi untuk 3 lantai <i>podium</i> -7 lantai <i>tower</i> dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m (3P-7T ; a= 18 m).....	104
Lampiran 25	Tabel berat bangunan untuk variasi berdasarkan perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> .....	105
Lampiran 26	Tabel berat bangunan untuk variasi berdasarkan jumlah lantai <i>podium</i> .....	105
Lampiran 27	Tabel periode getar akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	106
Lampiran 28	Tabel periode getar akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	106
Lampiran 29	Tabel periode getar akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	107
Lampiran 30	Tabel periode getar akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	107
Lampiran 31	Tabel rasio partisipasi massa akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	108
Lampiran 32	Tabel rasio partisipasi massa akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	109
Lampiran 33	Tabel rasio partisipasi massa akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	110
Lampiran 34	Tabel rasio partisipasi massa akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	111
Lampiran 35	Tabel gaya geser dasar ( <i>base shear</i> ) akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	112
Lampiran 36	Tabel gaya geser dasar ( <i>base shear</i> ) akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	112
Lampiran 37	Tabel gaya geser dasar ( <i>base shear</i> ) akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	113
Lampiran 38	Tabel gaya geser dasar ( <i>base shear</i> ) akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	113
Lampiran 39	Tabel lendutan di lantai atas (atap) akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> dan <i>membrane</i> .....	114
Lampiran 40	Tabel lendutan di lantai atas (atap) akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> dan <i>membrane</i> .....	114
Lampiran 41	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 1 lantai- <i>tower</i> 9 lantai pada sistem lantai <i>shell</i> .....	115
Lampiran 42	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 2 lantai- <i>tower</i> 8 lantai pada sistem lantai <i>shell</i> .....	115
Lampiran 43	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 3 lantai- <i>tower</i> 7 lantai pada sistem lantai <i>shell</i> .....	116
Lampiran 44	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m pada sistem lantai <i>shell</i> .....	116

Lampiran 45	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m pada sistem lantai <i>shell</i> .....	117
Lampiran 46	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m pada sistem lantai <i>shell</i> .....	117
Lampiran 47	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 1 lantai-tower 9 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	118
Lampiran 48	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 2 lantai tower 8 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	118
Lampiran 49	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 3 lantai-tower 9 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	119
Lampiran 50	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	119
Lampiran 51	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	120
Lampiran 52	Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	120
Lampiran 53	Tabel simpangan antar tingkat ( <i>story drift</i> ) akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	121
Lampiran 54	Tabel simpangan antar tingkat ( <i>story drift</i> ) akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	121
Lampiran 55	Tabel simpangan antar tingkat ( <i>story drift</i> ) akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	122
Lampiran 56	Tabel simpangan antar tingkat ( <i>story drift</i> ) akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	122
Lampiran 57	Tabel momen guling akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	123
Lampiran 58	Tabel momen guling akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>shell</i> .....	123
Lampiran 59	Tabel momen guling akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	124
Lampiran 60	Tabel momen guling akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk sistem lantai <i>membrane</i> .....	124
Lampiran 61	Tabel momen guling akibat perbandingan dengan pengaruh P- $\Delta$ dan tanpa pengaruh P- $\Delta$ untuk struktur 2 lantai <i>podium</i> 8 lantai tower dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m untuk sistem lantai <i>shell</i> . .....	125
Lampiran 62	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar tower akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 1 lantai-tower 9 lantai dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	125

Lampiran 63	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium 2</i> lantai- <i>tower 8</i> lantai dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	126
Lampiran 64	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium 3</i> lantai- <i>tower 7</i> lantai dengan sistem lantai <i>shell</i> .....	126
Lampiran 65	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower 6</i> m pada sistem lantai <i>shell</i> .....	127
Lampiran 66	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower 12</i> m pada sistem lantai <i>shell</i> .....	127
Lampiran 67	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium- tower 18</i> m pada sistem lantai <i>shell</i> .....	128
Lampiran 68	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium 1</i> lantai- <i>tower 9</i> lantai dengan sistem lantai <i>membrane</i> .....	128
Lampiran 69	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium 2</i> lantai- <i>tower 8</i> lantai dengan sistem lantai <i>membrane</i> .. ..	129
Lampiran 70	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium- tower</i> untuk struktur <i>podium 3</i> lantai- <i>tower 7</i> lantai dengan sistem lantai <i>membrane</i> . .....	129
Lampiran 71	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium- tower 6</i> m pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	130
Lampiran 72	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podiu- tower 12</i> m pada sistem lantai <i>membrane</i> . .....	130
Lampiran 73	Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar <i>tower</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium- tower 18</i> m pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	131
Lampiran 74	Gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium 1</i> lantai- <i>tower 9</i> lantai pada sistem lantai <i>shell</i> .....	131
Lampiran 75	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium 2</i> lantai- <i>tower 8</i> lantai pada sistem lantai <i>shell</i> .....	132
Lampiran 76	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium 3</i> lantai- <i>tower 7</i> lantai pada sistem lantai <i>shell</i> .....	132
Lampiran 77	Gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium- tower 6</i> m pada sistem lantai <i>shell</i> .....	133

Lampiran 78	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m pada sistem lantai <i>shell</i> ..... 133
Lampiran 79	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m pada sistem lantai <i>shell</i> . ..... 134
Lampiran 80	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 1 lantai-tower 9 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> . ..... 134
Lampiran 81	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 2 lantai-tower 8 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> ..... 135
Lampiran 82	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 3 lantai-tower 7 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> . ..... 135
Lampiran 83	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m pada sistem lantai <i>membrane</i> . ..... 136
Lampiran 84	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m pada sistem lantai <i>membrane</i> . ..... 136
Lampiran 85	Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m pada sistem lantai <i>membrane</i> ..... 137
Lampiran 86	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 1 lantai-tower 9 lantai pada sistem lantai <i>shell</i> ..... 137
Lampiran 87	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 2 lantai-tower 8 lantai pada sistem lantai <i>shell</i> . ..... 138
Lampiran 88	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 3 lantai-tower 7 lantai pada sistem lantai <i>shell</i> ..... 138
Lampiran 89	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m pada sistem lantai <i>shell</i> ..... 139
Lampiran 90	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m pada sistem lantai <i>shell</i> ..... 139
Lampiran 91	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m pada sistem lantai <i>shell</i> ..... 140
Lampiran 92	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium-tower</i> untuk struktur <i>podium</i> 1 lantai-tower 9 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> . ..... 140

Lampiran 93	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium - tower</i> untuk struktur <i>podium 2</i> lantai-tower 8 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	141
Lampiran 94	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jarak <i>perimeter podium- tower</i> untuk struktur <i>podium 3</i> lantai-tower 7 lantai pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	141
Lampiran 95	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 6 m pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	142
Lampiran 96	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 12 m pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	142
Lampiran 97	Tabel gaya membran pada <i>shear wall</i> akibat perubahan jumlah lantai <i>podium</i> untuk struktur dengan jarak <i>perimeter podium-tower</i> 18 m pada sistem lantai <i>membrane</i> .....	143



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bangunan tinggi berkaitan erat dengan suatu kota, yang merupakan jawaban yang tepat untuk menghadapi konsentrasi penduduk yang padat, kelangkaan lahan, dan harga lahan yang tinggi. Pengembangan bangunan tinggi secara ketat mengikuti pertumbuhan kota. Proses urbanisasi yang bermula dengan timbulnya zaman industrialisasi masih berlanjut di banyak bagian dunia, tak terkecuali kota Jakarta. Penduduk bermigrasi dari berbagai pulau yang ada di Indonesia sehingga meningkatkan kepadatan penduduk di kota Jakarta. Dengan adanya permasalahan tersebut dunia konstruksi teknik sipil ikut berperan dalam penanganan permasalahan urbanisasi tersebut.

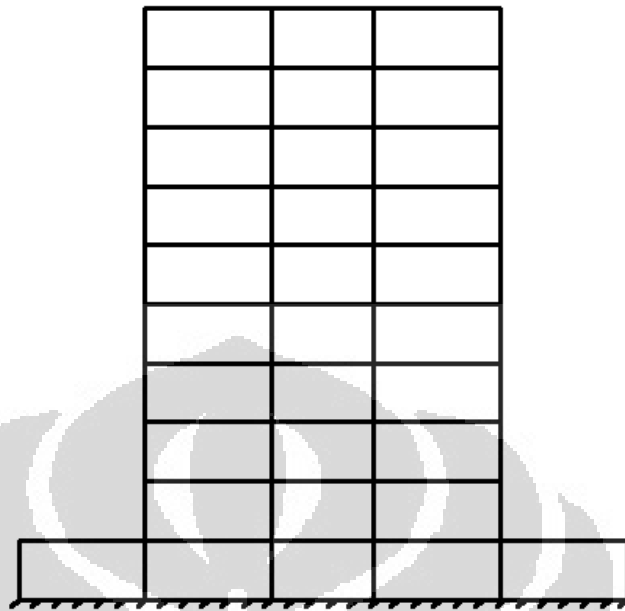
Bangunan tinggi harus didesain tahan terhadap gempa, karena suatu bangunan akan mengalami getaran akibat percepatan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi. Terlebih Indonesia merupakan negara yang memiliki frekuensi gempa yang cukup besar, khususnya di Jakarta yang masuk wilayah gempa zona 3. Getaran tersebut timbul karena adanya gaya inersia pada massa bangunan. Bangunan yang didesain terhadap gempa seharusnya tidak berbahaya bagi kehidupan di sekitarnya ketika terjadi guncangan yang kuat. Selama terjadi guncangan akibat gempa diharapkan struktur bangunan tidak runtuh mungkin hanya mengalami retak-retak kecil saja, getaran yang terjadi masih dalam batas elastis, dan struktur mengalami regangan plastis.

Sistem struktur dalam suatu konstruksi terdiri dari sistem struktur penahan beban gravitasi dan sistem penahan beban lateral. Sistem struktur penahan beban gravitasi terdiri dari sistem *rigid frame* (balok – kolom), sistem *flat slab*, dan lain-lain. Sistem penahan beban lateral terdiri dari sistem *rigid frame* (balok – kolom), sistem *brace frame* (pengaku diagonal), dinding geser dan lain-lain. Sistem *rigid frame* merupakan suatu sistem portal yang memiliki tingkat kekakuan yang tinggi, cocok untuk menahan beban gravitasi maupun beban lateral (Schueller, & Wolfgang, 1989). Sistem *brace frame* merupakan sistem pengaku

diagonal, dimana pengaku diagonal tersebut berfungsi untuk menahan beban lateral (Schueller, & Wolfgang, 1989).

Sistem *flat slab* merupakan sistem bidang horisontal yang pada umumnya terdiri dari pelat lantai beton tebal rata dan terdapat penebalan plat pada kepala bagian atas dari kolom yang disebut *drop panel* (Schueller, & Wolfgang, 1989). Pada sistem ini tidak terdapat balok sehingga tinggi antar lantai bisa lebih minimum dan konstruksi lebih mudah. Dinding geser merupakan sistem struktur yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi untuk menahan beban lateral (Schueller, & Wolfgang, 1989). Pemakaian dinding geser biasanya untuk bangunan-bangunan yang tinggi, dimana sistem portal kaku dianggap tidak mampu untuk menahan beban lateral, atau juga dinding geser digunakan pada sistem portal kolom dan *flat slab* dimana tidak ada balok sebagai pengaku. Jadi dengan adanya dinding geser tersebut diharapkan struktur mampu menahan beban lateral khususnya akibat gempa.

Dalam penelitian ini menggunakan sistem portal kolom dengan balok hanya dibagian *perimeter* struktur saja. Untuk bagian dalam struktur digunakan sistem *flat slab* pada lantai. Sistem *flat slab* hanya difungsikan untuk menahan beban gravitasi, sedangkan struktur untuk menahan beban lateral adalah kolom dan balok pada *perimeter* gedung serta dinding geser. Karena struktur yang ditinjau terdiri dari *podium* dan *tower*, maka ada perubahan posisi penahan lateral pada respon seismik bangunan gedung, antara balok *perimeter* di *tower* dan balok *perimeter* di podium.



Gambar 1. Struktur gedung terdiri dari *podium* dan *tower*.

Hal ini akan menyebabkan terjadinya momen sehingga lendutan yang terjadi lebih besar dan tegangan geser yang ditimbulkan lebih besar juga. Untuk lebih spesifiknya akan diteliti dalam penelitian ini dengan melakukan simulasi yang terdiri dari 3 variasi.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa efek perubahan posisi sistem penahan gaya lateral antara *tower* dengan *podium* pada struktur bangunan gedung dengan bantuan program dari ETABS versi 9.5.0 berupa :

- Karakteristik dinamik struktur gedung akibat perubahan posisi sistem penahan lateral, seperti periode getar, rasio partisipasi massa, gaya geser dasar, lendutan, gaya geser tingkat, simpangan antar lantai dan momen guling.
- Gaya-gaya dalam pada elemen struktur, yaitu pada kolom, balok, dinding geser, dan lantai atap podium.



### 1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Bangunan merupakan konstruksi beton bertulang.
- Struktur yang ditinjau hanya struktur atas.
- Hanya membahas beban lateral akibat gempa saja.
- Struktur bangunan yang terdiri dari *podium* dan *tower*, dimana akan ada 18 simulasi yang terdiri atas 3 variasi, yaitu variasi pada jarak atau bentang antara perimeter podium dengan perimeter tower, variasi jumlah lantai podium dan tower, dan variasi pada sistem pelat.
- Untuk menganalisa sistem respon dinamik tersebut digunakan sistem respon spektrum.

### 1.4 Metode Penelitian

Penulisan skripsi ini melalui tahap-tahapan kerja sebagai berikut :

1. Penelusuran Literatur  
Dalam tahapan ini, penulis mempelajari dasar-dasar teori dari analisis dinamika struktur melalui buku-buku, jurnal, tugas akhir dan juga dari dosen pembimbing.
2. Modelisasi bangunan 3 dimensi  
Tahapan ini membuat model struktur gedung 3 dimensi yang sederhana.
3. Input program  
Pada tahapan ini, melakukan input data-data yang telah dimodelkan ke dalam program ETABS Version 9.5.0.
4. Simulasi  
Hasil dari simulasi ini akan diperoleh karakteristik dinamik struktur gedung dan gaya-gaya dalam elemen struktur.
5. Pembahasan dan Kesimpulan  
Pada tahapan ini, dipaparkan mengenai analisis terhadap respon yang didapat pada bab sebelumnya.

## **1.5 Sistematika Penelitian**

Sistem penelitian dan skripsi ini mengenai efek yang akan terjadi pada struktur bangunan gedung akibat adanya perubahan posisi sistem penahan lateral yang ada pada bangunan gedung tersebut.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Membahas mengenai latar belakang masalah, permasalahan yang ada, batas masalah, maksud dan tujuan serta sistematika penelitian dari skripsi ini.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas tentang teori-teori dasar dinamika struktur dan kegempan serta teori pengendalian struktur yang digunakan sebagai teori dari skripsi ini.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Membahas mengenai metode yang digunakan untuk meneliti efek dari perubahan posisi sistem penahan gaya lateral pada struktur bangunan gedung.

### **BAB 4 PEMBAHASAN**

Membahas mengenai penelitian efek dari perubahan posisi sistem penahan gaya lateral pada struktur bangunan gedung berdasarkan metode penelitian yang digunakan.

### **BAB 5 PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran dari keseluruhan tulisan skripsi ini.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Struktur

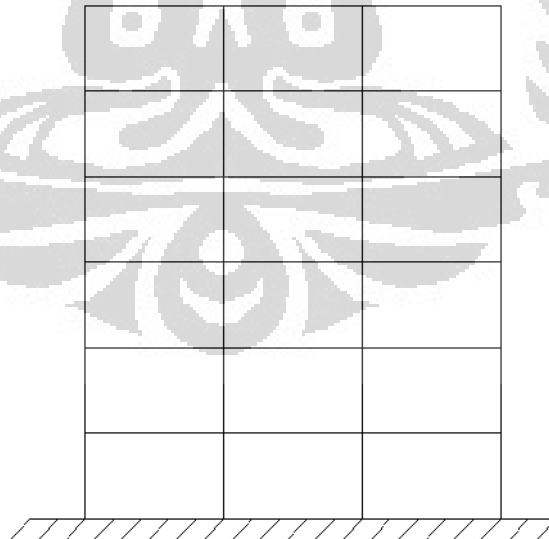
Struktur gedung tinggi sesungguhnya adalah sebuah kantilever vertikal dimana terutama berfungsi untuk menahan pembebanan aksial oleh gravitasi dan pembebanan lateral khususnya gempa (Smith, et all, 1991).

#### 2.1.1 Sistem Struktur Penahan Gaya Gravitasi

Beban gravitasi yang bekerja pada suatu bangunan harus diteruskan melalui bidang vertikal menerus atau membentuk sudut dengan permukaan tanah. Aliran gravitasi bergantung pada susunan bidang-bidang struktur vertikal di dalam bangunan. Beban gravitasi bekerja pada lantai yang ditransfer secara horizontal kolom dan diteruskan ke pondasi (Smith, et all, 1991).

Sistem struktur vertikal yang menahan gaya gravitasi yang ada di gedung ini adalah :

- a. *Rigid Frame* (kolom dan balok)

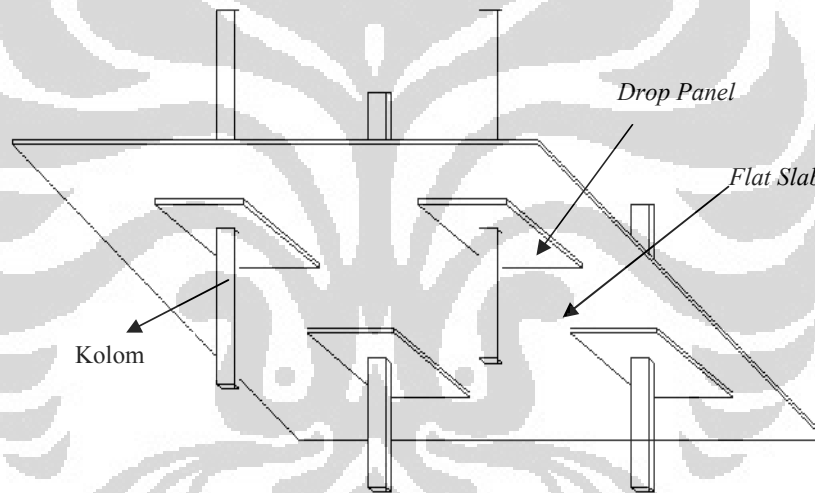


Gambar 2.1. *Rigid frame* ( kolom dan balok).

Sistem rangka kaku pada umumnya berupa grid persegi teratur, terdiri dari balok horizontal dan kolom vertikal yang dihubungkan di suatu bidang dengan menggunakan sambungan kaku (*rigid*).

b. Pelat lantai dengan sistem *Flat Slab*

*Flat Slab* adalah sistem bidang horisontal yang memiliki tebal pelat lantai beton yang rata, dan terdapat penebalan plat atau kepala pada bagian atas kolom yang biasa disebut *drop panel*. Sistem ini tidak memerlukan balok, dalam hal ini mengurangi jarak antar lantai ke lantai sehingga menghemat ruang. *Drop panel* digunakan karena adanya konsentrasi geser di sekitar kolom cukup tinggi (Schueller, and Wolfgang, 1989).



Gambar 2.2. Sistem *flat slab* .

### 2.1.2 Sistem Struktur Penahan Gaya Lateral

Struktur bangunan harus memiliki kemampuan menahan gaya lateral, khususnya akibat gempa. Dengan demikian, suatu jenis pengaku harus disediakan pada arah memanjang dan melintang bangunan. Gaya-gaya lateral disebar melalui lantai yang bertindak sebagai balok horizontal ke bidang-bidang bangunan vertikal yang ada. Selanjutnya bidang-bidang ini meneruskan gaya-gaya ke pondasi. Sistem penahan gaya lateral khususnya akibat gempa bumi yang ada di gedung ini adalah :

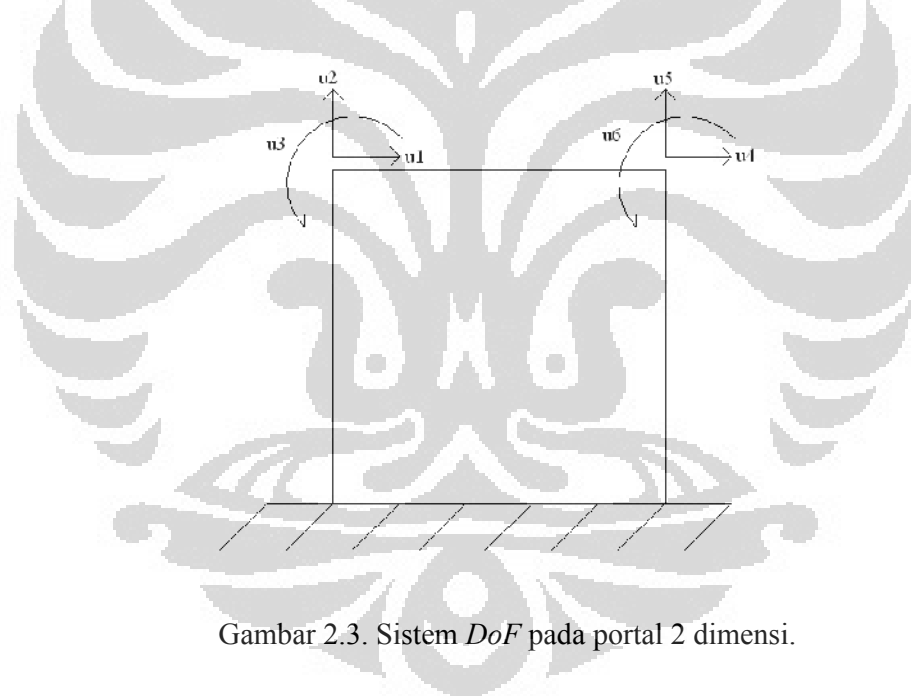
a. *Rigid Frame* (kolom dan balok)

Sistem rangka kaku memiliki tingkat kekakuan yang tinggi sehingga cocok untuk menahan beban lateral. Kekakuan lateral suatu *rigid frame* bergantung pada kekakuan terhadap tekuk dari kolom, balok, dan sambungan.

b. *Shear Wall* (dinding geser)

*Shear wall* adalah struktur dinding vertikal yang menerus seperti kantilever vertical (Smith, et all, 1991). *Shear wall* memiliki kekakuan dan kekuatan yang sangat tinggi sehingga cocok menjadi sistem *bracing* pada gedung tinggi. Struktur *shear wall* berfungsi untuk menahan gaya lateral khususnya gaya yang diakibat oleh gempa bumi.

## 2.2 Modelisasi Struktur



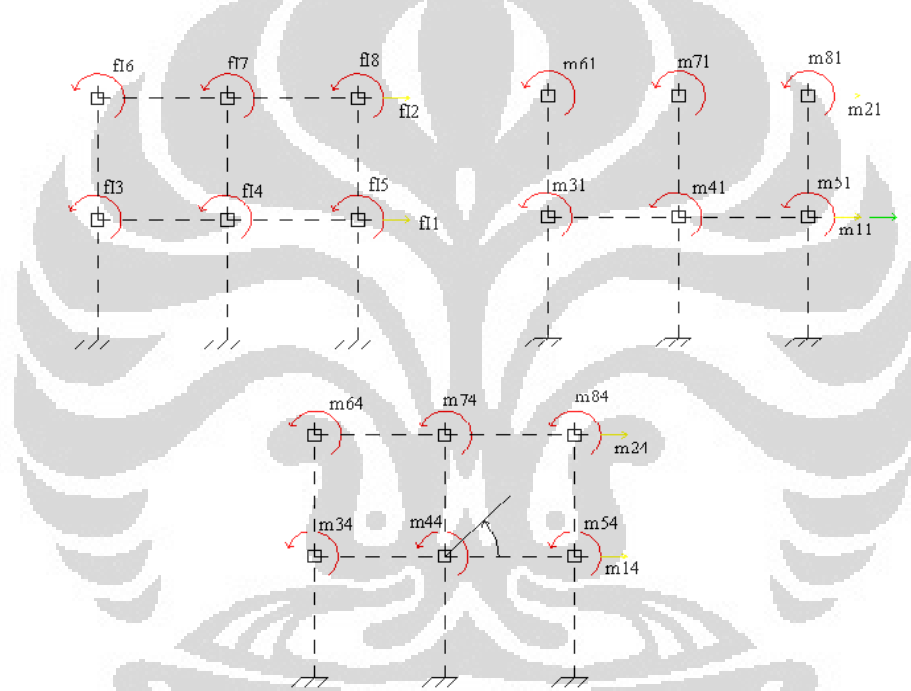
Gambar 2.3. Sistem *DoF* pada portal 2 dimensi.

### 2.2.1 Matriks Massa

Massa ( $m$ ) adalah satuan yang menunjukkan jumlah partikel, atom, atau molekul yang terdapat dalam suatu benda. Semakin banyak jumlah partikel dalam suatu benda, maka semakin berat massa dari benda tersebut. Suatu benda bermassa yang diam atau bergerak dengan kecepatan konstan akan keadaanya sedemikian sehingga akan timbul gaya ketika eksitasi bekerja pada benda tersebut

baik berupa percepatan atau perlambatan. Hal ini dikenal dengan istilah inersia atau kelembaman.

Gaya yang bekerja pada suatu benda bermassa akan menghasilkan percepatan pada benda, demikian juga sebaliknya percepatan yang bekerja pada suatu massa akan menghasilkan gaya, ini merupakan ringkasan Hukum Newton II. Besarnya gaya pada suatu benda bermassa yang diberikan percepatan sama dengan massa benda tersebut dikalikan dengan percepatan yang bekerja, tetapi arahnya berlawanan dengan arah percepatan yang diberikan pada benda. Gaya ini disebut dengan gaya inersia.



Gambar 2.4. Komponen massa pada portal.

$$f_I = m\ddot{u} \quad (2.1)$$

$$f_I = m_{i1}\ddot{u}_1 + m_{i2}\ddot{u}_2 + \dots + m_{ij}\ddot{u}_j \dots + m_{iN}\ddot{u}_N \quad (2.2)$$

Jika digambarkan dalam bentuk matriks, maka :

$$\begin{bmatrix} f_{I1} \\ f_{I2} \\ \dots \\ \dots \\ f_{IN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1N} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{N1} & m_{N2} & \dots & m_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \\ \dots \\ \dots \\ \ddot{u}_N \end{Bmatrix}$$

Keterangan :

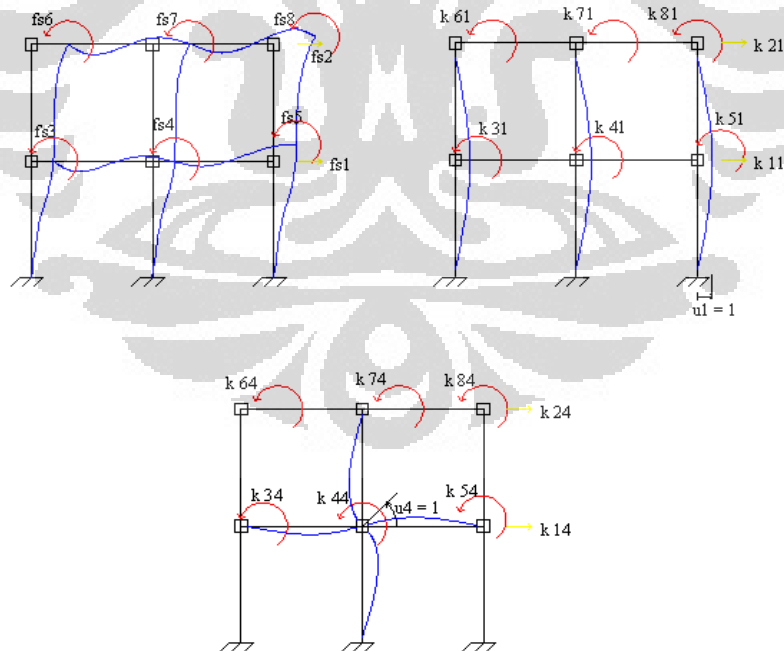
$f_i$  = Gaya Inersia

$m$  = massa

$\ddot{u}$  = percepatan

### 2.2.2 Matriks Kekakuan

Kekakuan ( $k$ ) merupakan karakteristik yang umum untuk analisis struktur dengan beban statik. Kekakuan merupakan tahanan dari sebuah benda dalam berdeformasi akibat tegangan-tegangan yang terjadi dan disebabkan oleh beban luar. Kekakuan didefinisikan sebagai gaya satu satuan yang bekerja pada benda dan mengakibatkan deformasi satu satuan pada benda ataupun sebaliknya. Gaya yang dimaksud adalah gaya aksial, gaya geser, momen lentur, dan momen torsi. Deformasi yang dimaksud adalah lendutan dan putaran sudut baik tegak lurus penampang maupun sejajar penampang. Kekakuan merupakan fungsi dari modulus elastisitas, modulus geser, inersia penampang, luas penampang, dan panjang elemen.



Gambar 2.5. Komponen kekakuan pada portal.

$$f_S = ku \quad (2.3)$$

$$f_D = k_{i1}u_1 + k_{i2}u_2 + \dots + k_{ij}u_j \dots + k_{iN}u_N \quad (2.4)$$

Jika digambarkan dalam bentuk matriks, maka :

$$\begin{bmatrix} f_{S1} \\ f_{S2} \\ \dots \\ \dots \\ f_{SN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1N} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{N1} & k_{N2} & \dots & k_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ \dots \\ u_N \end{Bmatrix}$$

Keterangan :

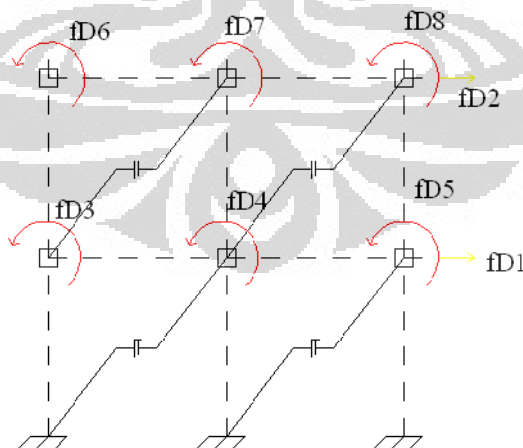
$f_S$  = Gaya kekakuan

$k$  = Kekakuan

$u$  = Kecepatan

### 2.2.3 Matriks Redaman

Redaman dapat didefinisikan sebagai, semua pengaruh yang cenderung mengurangi amplitudo getaran dari satu sistem. Pengaruh-pengaruh tersebut dapat berasal dari gesekan suatu benda dengan benda lain, gaya-gaya internal pada material benda, serta sifat viskous dari material benda itu sendiri. Redaman umumnya dinyatakan dalam suatu koefisien redaman ( $c$ ) atau dengan rasio redaman ( $\xi$ ) yang merupakan perbandingan antara koefisien redaman dengan redaman kritis ( $c_r$ ).



Gambar 2.6. Komponen redaman pada portal.



$$f_D = c\dot{u} \quad (2.5)$$

$$f_D = c_{11}\dot{u}_1 + c_{12}\dot{u}_2 + \dots + c_{ij}\dot{u}_j \dots + c_{iN}\dot{u}_N \quad (2.6)$$

Jika digambarkan dalam bentuk matriks, maka :

$$\begin{bmatrix} f_{D1} \\ f_{D2} \\ \dots \\ \dots \\ f_{DN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1N} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{N1} & c_{N2} & \dots & c_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_1 \\ \dot{u}_2 \\ \dots \\ \dots \\ \dot{u}_N \end{Bmatrix}$$

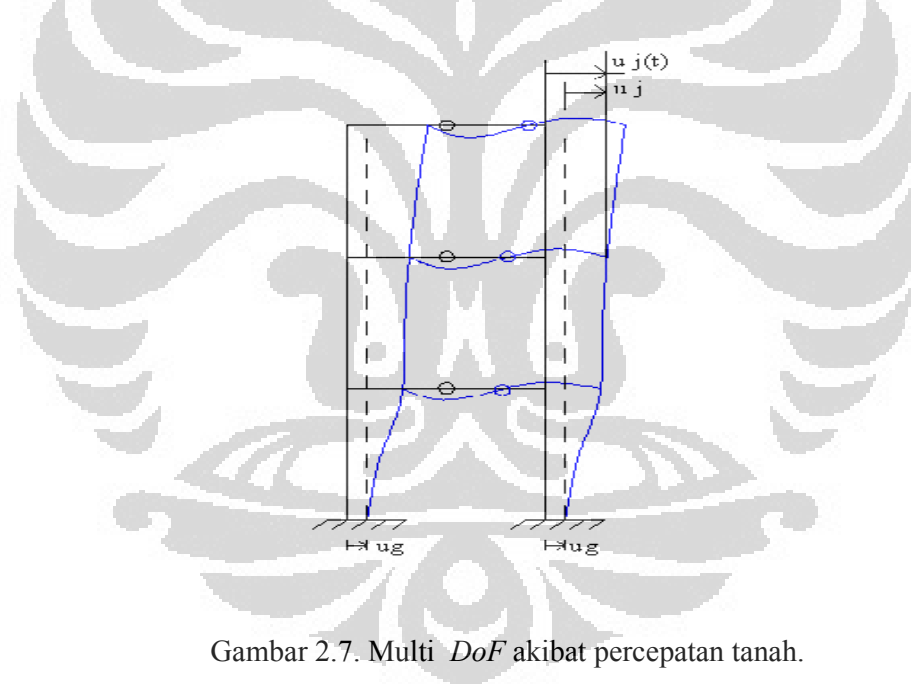
Keterangan :

$f_D$  = Gaya Redaman

$c$  = Redaman

$\dot{u}$  = Kecepatan

#### 2.2.4 Persamaan Dinamik Gempa



Gambar 2.7. Multi *DoF* akibat percepatan tanah.

Gaya gempa merupakan gaya dinamik nondeterministik, yaitu gaya dinamik yang jika diulang tidak akan menghasilkan gaya yang sama dengan gaya sebelumnya (Clough, & Penzien, 1994). Persamaan umum keseimbangan dinamik dari sebuah struktur berderajat kebebasan banyak (*MDOF*) adalah

$$f_I + f_D + f_s = p_{eff}(t) \quad (2.7)$$

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -M\ddot{u}_g(t) \quad (2.8)$$

Keterangan :

$P_{\text{eff}(t)}$  = Gaya dinamik

$f_I$  = Gaya inersia

$f_D$  = Gaya redaman

$f_S$  = gaya kekakuan

$m$  = massa

$c$  = redaman

$k$  = kekakuan

$\ddot{u}$  = percepatan

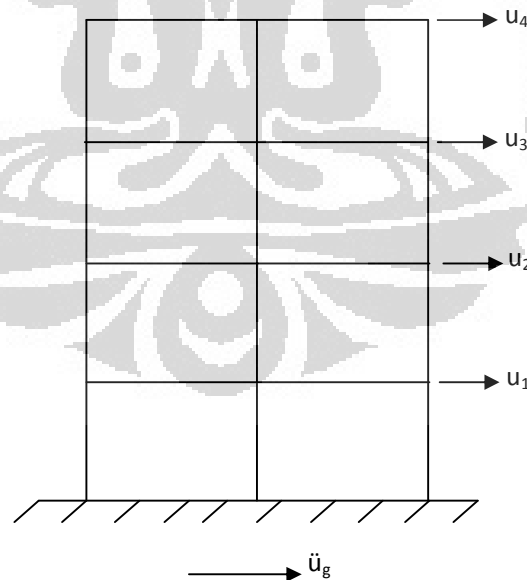
$\dot{u}$  = kecepatan

$u$  = lendutan

$\tau$  = *influence vector*

$\ddot{u}_g$  = percepatan gempa

### 2.3. Penyelesaian Persamaan Dinamik



Gambar 2.8. Lendutan akibat percepatan tanah.

Penyelesaian persamaan dinamik gempa dalam bentuk *MDOF* harus diubah menjadi bentuk *DOF*. Secara matematis dapat dilihat dibawah berikut :

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -M\ddot{u}_g \longrightarrow MDOF \quad (2.9)$$

Karena :

$$u_t = \sum_{n=1}^N \phi_n q_n(t)$$

maka :

$$\begin{aligned} M \sum_{n=1}^N \phi_n q_n + C \sum_{n=1}^N \phi_n q_n + K \sum_{n=1}^N \phi_n q_n &= -M \ddot{u}_g \quad \times \phi_n^t \\ \phi_n^t M \sum_{n=1}^N \phi_n q_n + \phi_n^t C \sum_{n=1}^N \phi_n q_n + \phi_n^t K \sum_{n=1}^N \phi_n q_n &= -\phi_n^t M \ddot{u}_g \\ m_n q_n + c_n q_n + k_n q &= f_n \longrightarrow SDOF \end{aligned} \quad (2.10)$$

Penyelesaian persamaan dinamik dapat dilakukan dengan 2 metoda, yaitu analisis *time history* dan analisis *response spectrum*. Analisis *time history* adalah suatu analisis untuk menentukan riwayat waktu respons dinamik struktur gedung 3 dimensi yang berperilaku elastik penuh terhadap gerakan tanah akibat gempa rencana pada taraf pembebanan gempa nominal sebagai data masukan, di mana respons dinamik dalam setiap interval waktu dihitung dengan metoda integrasi langsung atau dapat juga melalui metoda analisis ragam (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung 3-02). Analisis respon spektrum merupakan suatu cara untuk menentukan respon dinamik struktur 3 dimensi yang berperilaku elastik penuh terhadap pengaruh suatu gempa, dimana respon dinamik total struktur gedung tersebut didapat sebagai superposisi dari respons dinamik maksimum masing-masing yang didapat melalui respon gempa rencana (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung 3-02).

Penyelesaian persamaan dinamik dengan metoda analisis *time history* yaitu dengan mencari nilai  $q_n(t)$  dan  $u(t)$ . Dimana nilai  $q_n$  adalah :

$$q_n + 2\xi\omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = -\frac{\phi_n^t M \ddot{u}_g}{m_n} \quad (2.11)$$

$$q_n(t) = -\frac{\phi_n^t M_t}{m_n} \frac{1}{\omega_{nD}} \int_0^t \ddot{u}_g(\tau) e^{-\zeta\omega_n(t-\tau)} \sin[\omega_D(t-\tau)] d\tau \quad (2.12)$$

$$q_n^{\max} = \frac{\phi_n^t M_i}{m_n} \times S_d \quad (2.13)$$

Untuk nilai  $u_{(t)}$  adalah:

$$u_t = \sum_{n=1}^n \phi_n q_n(t) \quad (2.14)$$

Untuk penyelesaian persamaan dinamik dengan metoda analisis *response spectrum* mencari nilai  $q_{(n)\max}$  dan  $u_{(n)\max}$ . Untuk mencari nilai  $q_{(n)\max}$  diperoleh dari nilai  $q_{(n)}$  pada perhitungan secara *time history*. Dan untuk mencari nilai  $u_{(i)\max}$  dapat digunakan metode ABS, SRSS, CQC. Dalam penulisan ini akan menggunakan metoda SRSS.

$$u_i^{\max} = \sqrt{\sum_{n=1}^N (\phi_{(j)n} q_n^{\max})^2} \quad (2.15)$$

Dari nilai lendutan dapat diperoleh nilai kecepatan dan percepatan yang disebut dengan nilai pseudo, yaitu :

$$S_d = u_t^{\max} \quad (2.16)$$

$$S_v = \omega_n S_d = \frac{2\pi}{T_n} S_d \quad (2.17)$$

$$S_a = \omega_n^2 S_d = \left(\frac{2\pi}{T_n}\right)^2 S_d \quad (2.18)$$

Selain itu dari nilai lendutan juga dapat diperoleh gaya dalamnya, yaitu:

$$F = K \cdot u^{\max} \quad (2.19)$$

Keterangan :

$u(t)$  = lendutan

$\dot{u}(t)$  = kecepatan

$\ddot{u}^t(t)$  = percepatan total

$\ddot{u}_g$  = percepatan gempa

$\omega_D$  = frekuensi alami teredam

$\omega_n$  = frekuensi alami tak teredam

$\zeta$  = rasio redaman

$\tau$  = tegangan geser

$n$  = jumlah pola getar

$q$  = ruang pola getar

$\phi$  = pola getar

$S_d$  = *pseudo- deformation*

$S_v$  = *pseudo-velocity*

$S_a$  = *pseudo-acceleration*

$F$  = gaya-gaya dalam

Menurut SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung di Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6 merupakan wilayah kegempaan yang paling tinggi. Pembagian wilayah gempa ini didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk setiap wilayah dapat dilihat pada gambar 2.1. Untuk menghitung besarnya percepatan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan Hukum Newton II, yaitu:

$$F = m \cdot a \quad (2.20)$$

$$F = \frac{Wt}{g} \cdot a \quad (2.21)$$

Dimana :  $S_a = a$

$$F = \frac{Wt}{g} \cdot S_a \quad (2.22)$$

$$S_a = \frac{F \cdot g}{Wt} \quad (2.23)$$

Sesuai dengan SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung di Indonesia, gaya geser tingkat dapat diperoleh dengan rumus :

$$V = \frac{C \times I}{R} W_t \quad (2.24)$$

Maka:  $F = V$

$$S_a = \frac{V \cdot g}{W_t} \quad (2.25)$$

$$S_a = \frac{C \times I \times W_t}{R \cdot W_t} g \quad (2.26)$$

$$S_a = \frac{C \cdot I}{R} g$$

Dimana :

Sa = *Pseudo-acceleration*

V = gaya geser dasar

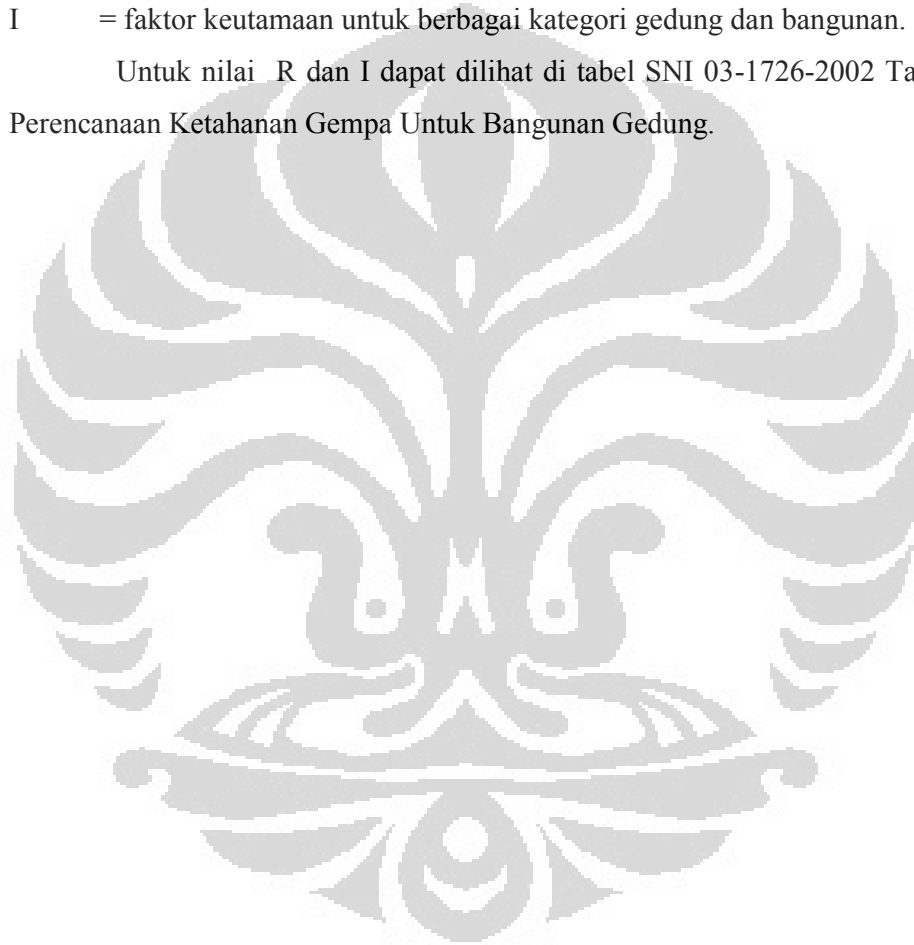
C = nilai faktor respons gempa yang didapat dari spectrum respons gempa rencana

Wt = berat total gedung

R = faktor reduksi gempa masing-masing jenis subsistem struktur gedung

I = faktor keutamaan untuk berbagai kategori gedung dan bangunan.

Untuk nilai R dan I dapat dilihat di tabel SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.



## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Deskripsi Bangunan

Pada skripsi ini akan dibahas tentang struktur gedung tinggi yang terdiri dari *tower* dan *podium* yang menggunakan struktur beton, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. Fungsi bangunan : Gedung perkantoran
- b. Tinggi bangunan : 28 m
- c. Tinggi antar lantai : 2.8 m
- d. Jumlah lantai : 10 lantai
- e. Beton K-400
  - Kekuatan tekan ( $f'_c$ ) :  $0.83 \times 400 \text{ kg/cm}^2 = 332 \text{ kg/cm}^2$   
 $= 33.2 \approx 35 \text{ MPa}$
  - Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) :  $4700\sqrt{f'_c} = 27806 \text{ MPa}$
  - Berat jenis ( $\gamma_{\text{beton}}$ ) :  $2400 \text{ kg/m}^3$Beton K-400 digunakan untuk struktur dari lantai 1 sampai lantai 5.
- f. Beton K-350
  - Kekuatan tekan ( $f'_c$ ) :  $0.83 \times 400 \text{ kg/cm}^2 = 290.5 \text{ kg/cm}^2$   
 $= 29.05 \approx 30 \text{ MPa}$
  - Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) :  $4700\sqrt{f'_c} = 25743 \text{ MPa}$
  - Berat jenis ( $\gamma_{\text{beton}}$ ) :  $2400 \text{ kg/m}^3$Beton K-350 digunakan untuk struktur dari lantai 6 sampai lantai 10.
- g. Baja ulir :
  - $f_y$  : 400 MPa
  - $E_s$  : 200.000 MPa
- h. Baja polos :
  - $f_y$  : 240 MPa
  - $E_s$  : 200.000 MPa

i. Dimensi struktur

- Kolom : 80 x 80 cm
- Balok : 40 x 70 cm
- Pelat lantai : 20 cm
- *Drop panel* : 180 x 180 x 35 cm
- *Shear wall* : 25 cm

### 3.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur pada gedung ini terdiri dari *tower* dan *podium* dengan 10 lantai. Pada penulisan ini akan diadakan 18 simulasi dengan 3 variasi, yaitu variasi pada jarak atau bentang dari *perimeter* podium ke *perimeter* tower, variasi jumlah lantai podium dan tower, dan variasi sistem pelat. Untuk lebih detailnya adalah sebagai berikut :

- Variasi pada jarak atau bentang dari *perimeter podium* ke *perimeter tower*
  1. Jarak antar balok *perimeter podium* dan balok *perimeter tower* adalah 6 m ( $a = 6$  m)
  2. Jantar antar balok *perimeter podium* dan balok *perimeter tower* adalah 12 m ( $a = 12$  m).
  3. Jarak antar balok *perimeter podium* dan balok *perimeter tower* adalah 18 m ( $a = 18$  m).
- Variasi pada jumlah lantai *podium* dan *tower*
  1. *Podium* 1 lantai dan *tower* 9 lantai (1P – 9T).
  2. *Podium* 2 lantai dan *tower* 8 lantai (2P – 8T).
  3. *Podium* 3 lantai dan *tower* 7 lantai (3P – 7T).
- Variasi pada sistem pelat
  1. Sistem pelat *shell*.
  2. Sistem pelat *membrane*.

#### 3.2.1. Penggambaran Struktur dengan AutoCAD

Penggambaran struktur dalam 2 dimensi digunakan dengan menggunakan program computer AutoCAD 2008. Dari pemodelan tersebut diperoleh :



- Denah Gedung
- Tampak Gedung
- Potongan Gedung

Untuk gambar denah, tampak dan potongan gedung dari AutoCAD dapat dilihat di lampiran.

### 3.2.2 Modelisasi Struktur dengan ETABS Versi 9.5.0

Pemodelan struktur dalam 3 dimensi digunakan dengan menggunakan program computer ETABS . Dari pemodelan tersebut diperoleh pemodelan 3 dimensi untuk masing – masing simulasi. Untuk gambar pemodelan 3 dimensinya dapat dilihat pada lampiran.

## 3.3 Pembebanan

### 3.3.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap. Beban-beban mati yang bekerja pada struktur ini adalah berat beton bertulang baik pada kolom, balok, lantai, drop panel, dan shear wall, berat dinding, berat plafond.

- Berat beton bertulang : 2400 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat dinding (pasangan batako dengan lubang , tebal dinding 20 cm) : 200 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafond (semen asbes) : 11 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat penutup lantai dan ubin : 24 Kg/m<sup>2</sup>
- Ceiling, mekanikal dan elektrik : 30 Kg/m<sup>2</sup>

### 3.3.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu bangunan, dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak dapat dipisahkan dari bangunan serta dapat diganti selama masa hidup dari bangunan tersebut, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Beban hidup yang ada pada struktur tersebut adalah beban hidup orang, dimana menurut Pedoman Pembebanan diambil sebesar 250 kg/m<sup>2</sup>.

### 3.3.3 Beban Gempa

Menurut SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung pasal 4.2.1, untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik. Dalam penulisan ini :

- Respon dinamik struktur tersebut digunakan sistem respon spektrum dengan sistem analisa elastik linear.

- Daerah Jakarta

Data-data yang diketahui :

1. Kondisi tanah lunak
2. Wilayah gempa berada pada zone 3 sesuai dengan grafik Respons Spectrum Gempa Rencana.
3. Faktor keutamaan ( $I$ )  
Nilainya dapat diambil dari tabel di bawah ini.

Table 3.1. Faktor keutamaan  $I$  untuk berbagai kategori gedung dan bangunan sesuai SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.

Kategori Gedung	$I_1$	$I_2$	$I$
Gedung umum seperti perkantoran, perumahan, dan perniagaan.	1.0	1.0	1.0
Monumen dan bangunan monumental.	1.0	1.6	1.6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1.4	1.0	1.4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1.6	1.0	1.6
Cerobong, tangki di atas menara.	1.5	1.0	1.5

4. Faktor daktalitas ( $R$ )

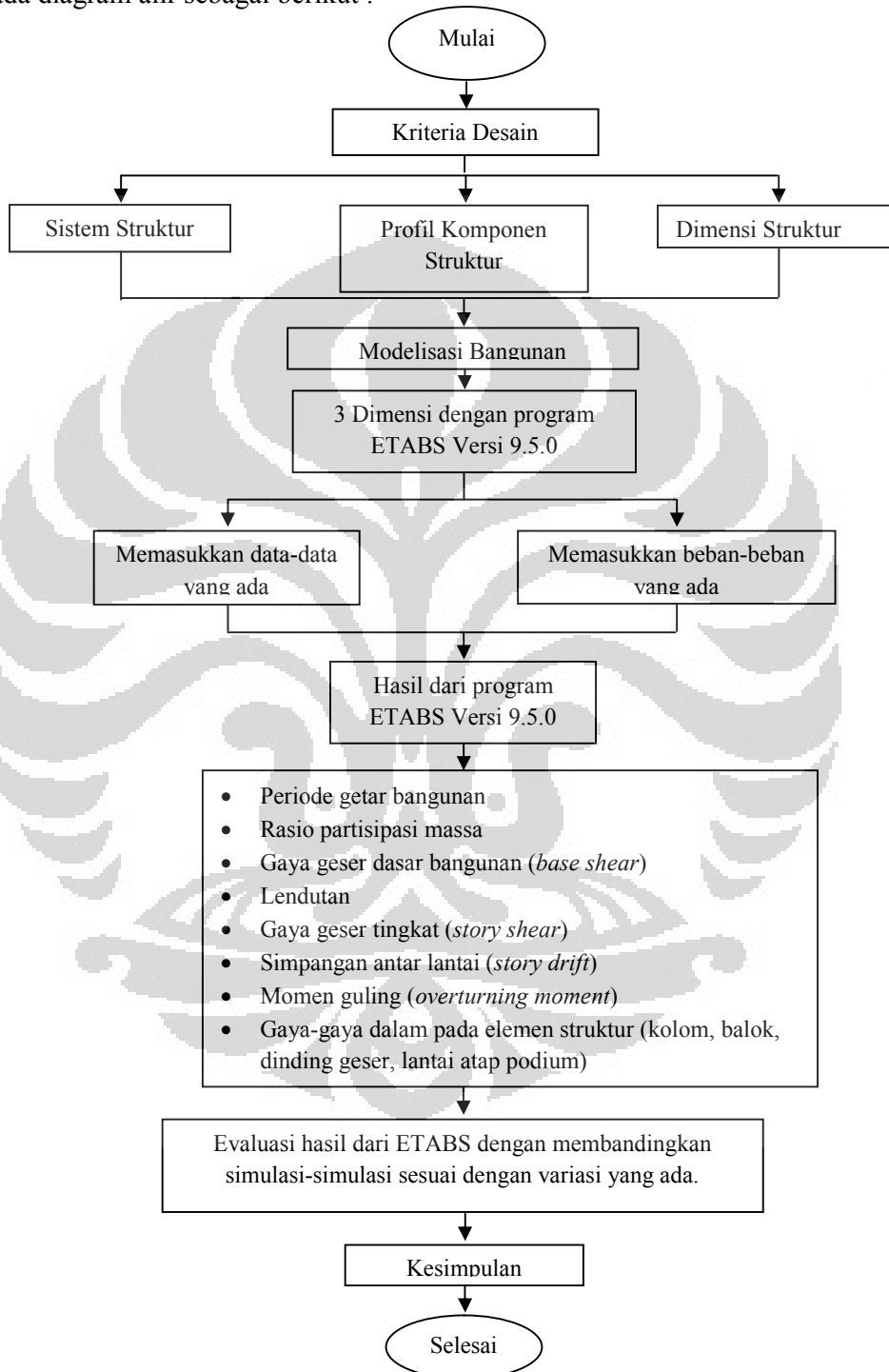
Nilainya dapat diambil dari tabel di bawah ini.

Table 3.2. Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_m$	$R_m$ Pers. (6)	$f$ Pers. (39)
1. Sistem dinding penumpu (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	1. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	2. Dinding penumpu dengan rangka baja ringan dan bresing tarik	1,8	2,8	2,2
	3. Rangka bresing di mana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a. Baja	2,8	4,4	2,2
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	2,2
	1. Rangka bresing eksentris baja (RBE)	4,3	7,0	2,8
	2. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,6	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja	3,6	5,6	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	3,6	5,6	2,2
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja	4,1	6,4	2,2
	5. Dinding geser beton bertulang berangkai daktil	4,0	6,5	2,8
	6. Dinding geser beton bertulang kantilever daktil penuh	3,6	6,0	2,8
7. Dinding geser beton bertulang kantilever daktil parsial	3,3	5,5	2,8	
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,6	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8
5. Sistem ganda (Terdiri dari: 1) rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi; 2) pemikul boban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi /sistem ganda)	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RBE baja			
	a. Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8
	d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8
b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8	
5. Sistem struktur gedung kolom kantilever: (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2

### 3.4 Metodologi Penelitian

Secara singkat metodologi penelitian pada penulisan ini dapat dinyatakan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

## BAB 4 PEMBAHASAN

### 4.1 Input Program Etabs

#### 4.1.1 Material

##### a. Beton K-400

Beton K-400 digunakan untuk semua struktur yaitu kolom, balok, lantai, drop panel maupun shear wall pada lantai struktur 1 hingga lantai 5.

- Kekuatan tekan ( $f'c$ ) : 35 MPa
- Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) : 27806 MPa
- Berat jenis ( $\gamma_{beton}$ ) : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Tegangan leleh baja ulir ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Tegangan leleh baja polos ( $f_{ys}$ ) : 240 MPa

##### b. Beton K-350

Beton K-350 digunakan untuk semua struktur yaitu kolom, balok, lantai, drop panel maupun shear wall pada struktur lantai 6 hingga lantai 10.

- Kekuatan tekan ( $f'c$ ) : 30 MPa
- Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) : 25743 MPa
- Berat jenis ( $\gamma_{beton}$ ) : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Tegangan leleh baja ulir ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Tegangan leleh baja polos ( $f_{ys}$ ) : 240 MPa

#### 4.1.2 Dimensi Struktur

Dimensi elemen-elemen struktur yang ada dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Kolom : 80 x 80 cm
- Balok : 40 x 70 cm
- Pelat : 20 cm
- *Drop Panel* : 55 cm
- *Shear Wall* : 25 cm

Menurut SNI Tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung bahwa akibat adanya pembesaran momen maka nilai momen inersia harus direduksi.

Tabel 4.1. Reduksi momen inersia.

Sistem Struktur	<i>Shell</i>	<i>Membrane</i>
Kolom	0,7 Ig	0,7 Ig
Balok	0,35 Ig	0,7 Ig
Pelat datar dan lantai datar	0,25 Ig	0,25 Ig
Dinding :		
tidak retak	0,7 Ig	0,7 Ig
retak	0,35 Ig	0,35 Ig

#### 4.1.3. Pembebanan

##### a. Beban mati

Beban mati terdiri dari 2 bagian , yaitu berat sendiri struktur (DL) dan berat mati tambahan yang ada di struktur (SDL).

1. Berat sendiri struktur (DL), untuk beton bertulang beratnya adalah  $2400 \text{ Kg/m}^3$
2. Berat mati tambahan (SDL), menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung beban mati adalah sebagai berikut :
  - Berat spesi dan finishing lantai :  $24 \text{ Kg/m}^2$  /cm  
Tebal 5 cm :  $24 \times 5 \text{ cm} = 120 \text{ Kg/m}^2$
  - Berat dinding (pasangan batako dengan lubang,  
Tebal dinding 20 cm) :  $200 \text{ Kg/m}^2$   
Tinggi dinding 2,8 m :  $200 \times 2,8 \text{ m} = 560 \text{ Kg/m}$
  - Berat Partisi :  $100 \text{ Kg/m}^2$
  - CME (*Ceiling, Mechanical & Electrical*):  $30 \text{ Kg/m}^2$
  - *Water Proofing & Slooping* :  $150 \text{ Kg/m}^2$

Total Berat mati (SDL) :

$$\text{Di Lantai} = 120 + 100 + 30 = 250 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Di Atap} = 150 + 30 = 180 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Di Balok} = 560 \text{ Kg/m}$$

b. Beban hidup

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung, beban hidup adalah sebagai berikut :

$$\text{Di Atap} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Di Lantai} = 250 \text{ Kg/m}^2$$

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung beban hidup harus direduksi, dapat dilihat pada Tabel 4 pada buku peraturan tersebut. Untuk pembahasan pada penelitian ini menggunakan koefisien reduksi beban hidup dengan penggunaan gedung sebagai kantor dan untuk peninjauan gempa maka nilainya adalah 0,3.

c. beban gempa

Menurut SNI Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan analisis respon spektrum.

4.1.4. Respon Spektrum

Faktor – faktor yang diperlukan adalah :

1. Faktor Keutamaan (I)

Untuk kategori gedung umum seperti perkantoran nilai  $I = 1$

2. Faktor Reduksi Gempa

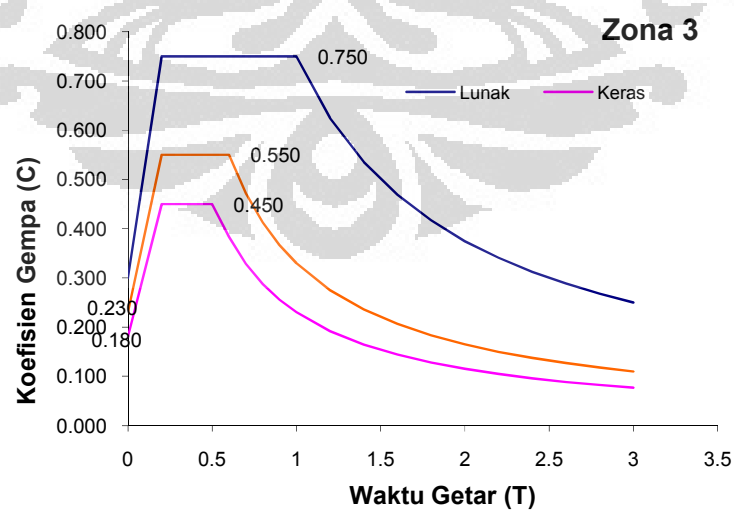
Untuk sistem struktur yang memiliki sistem ganda yaitu sistem pemikul beban gravitasi dan pemikul beban lateral, dalam penelitian ini menggunakan sistem dinding geser dan beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang, maka nilai  $R = 6,5$ .

3. Wilayah Gempa

Dalam penelitian ini meninjau daerah Jakarta yang terletak di zone 3 dengan tanah lunak.

Tabel 4.2. Spektrum respon rencana.

Zone 3					
Jenis Tanah					
Lunak		Sedang		Keras	
T	C	T	C	T	C
0	0,300	0	0,230	0	0,180
0,2	0,750	0,2	0,550	0,2	0,450
0,5	0,750	0,5	0,550	0,5	0,450
0,6	0,750	0,6	0,550	0,6	0,383
0,7	0,750	0,7	0,471	0,7	0,329
0,8	0,750	0,8	0,413	0,8	0,288
0,9	0,750	0,9	0,367	0,9	0,256
1	0,750	1	0,330	1	0,230
1,2	0,625	1,2	0,275	1,2	0,192
1,4	0,536	1,4	0,236	1,4	0,164
1,6	0,469	1,6	0,206	1,6	0,144
1,8	0,417	1,8	0,183	1,8	0,128
2	0,375	2	0,165	2	0,115
2,2	0,341	2,2	0,150	2,2	0,105
2,4	0,313	2,4	0,138	2,4	0,096
2,6	0,288	2,6	0,127	2,6	0,088
2,8	0,268	2,8	0,118	2,8	0,082
3	0,250	3	0,110	3	0,077



Gambar 4.1. Grafik spektrum respon rencana.



4. Asumsi *Function Damping Ratio* = 0,05.
5. Eksentrisitas = 0.
6. Beban gempa yang ditinjau hanya gempa satu arah saja yaitu gempa arah x, karena bangunan simetris.
7. Pengaruh *P-delta* diperhitungkan.
8. Lantai diasumsikan *diafragma*.

#### 4.2 Output Program ETABS

Output dari program ETABS adalah sebagai berikut :

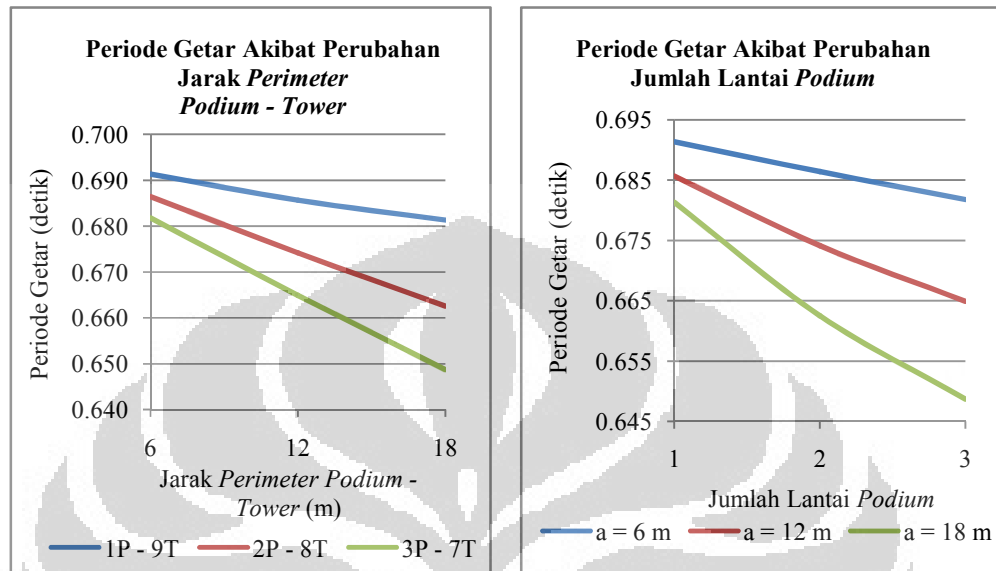
- Berat bangunan
- Periode getar bangunan
- Rasio partisipasi massa bangunan
- Gaya geser dasar (*base shear*), yang terdiri dari gaya geser total struktur, gaya geser dasar *shearwall*, dan gaya geser dasar *frame*
- Lendutan atas (lendutan maksimum struktur)
- Gaya geser tingkat (*story shear*)
- Simpangan antar tingkat (*story drift*)
- Momen guling (*overturning moment*)
- Gaya dalam pada kolom luar *tower*, yaitu gaya normal, gaya geser, dan momen.
- Gaya dalam pada balok, yaitu gaya geser dan momen.
- Gaya dalam pada shear wall, gaya membran
- Gaya-gaya dalam pada lantai atap podium, yaitu gaya membran, gaya geser, dan momen.

Untuk semua data-data yang disebutkan diatas dapat dilihat pada lampiran.

### 4.3 Periode Getar

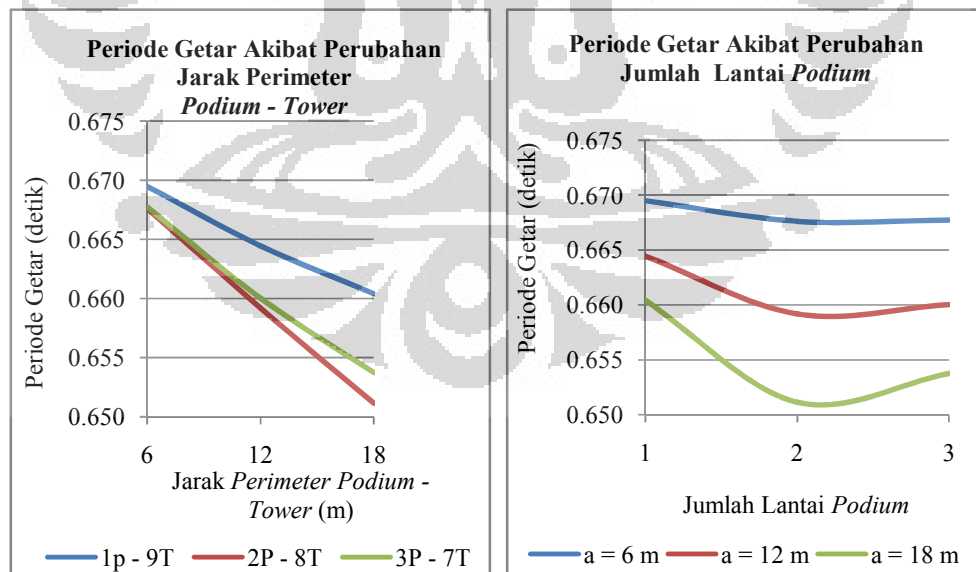
#### 4.3.1 Grafik Hasil Simulasi

##### a. Sistem lantai *shell*



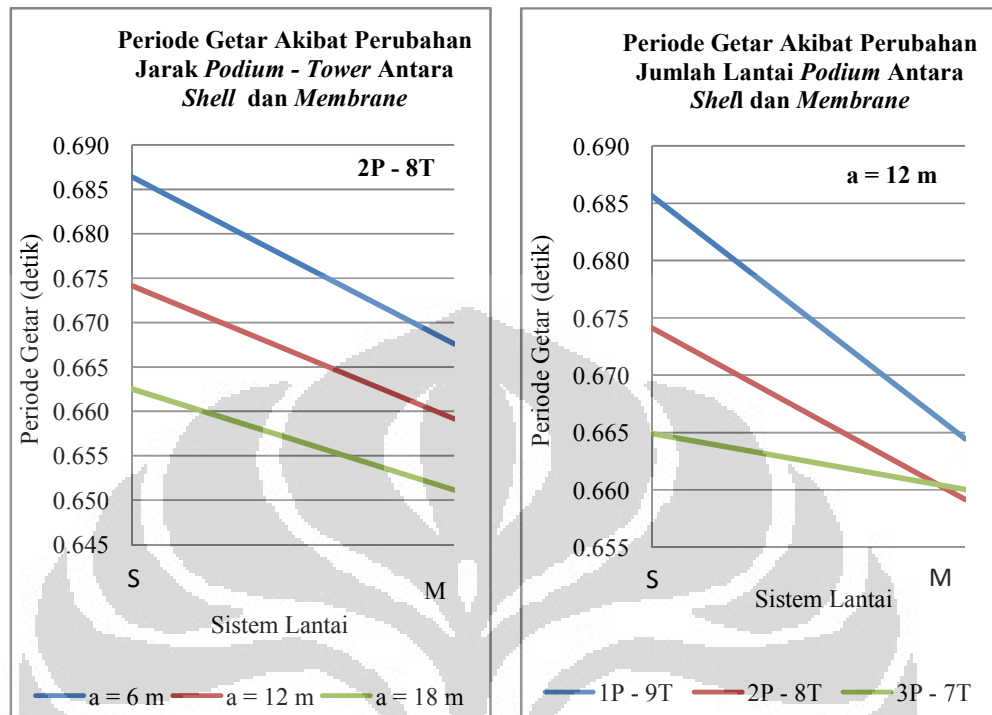
Gambar 4.2. Grafik variasi periode getar bangunan untuk sistem lantai *shell*.

##### b. Sistem lantai *membrane*



Gambar 4.3. Grafik variasi periode getar bangunan untuk sistem lantai *membrane*.

c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*



Gambar 4.4. Grafik variasi periode getar bangunan untuk perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.3.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Sistem lantai *shell*
  1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan periode getar semakin kecil.
  2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* dari *podium* 1 lantai sampai *podium* 3 lantai menghasilkan periode getar semakin kecil.
- b. Sistem lantai *membrane*
  1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan periode getar semakin kecil.
  2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* diperoleh hasil yang berbeda – beda. Untuk semua jarak *perimeter podium-tower* dapat diketahui

pada *podium* 1 lantai sampai *podium* 2 lantai menghasilkan periode getar yang semakin kecil, tetapi pada *podium* 3 lantai periode getarnya menjadi naik.

- c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*  
Perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane* menghasilkan periode getar yang semakin kecil.

Periode getar atau waktu getar struktur adalah waktu yang diperlukan oleh struktur untuk melakukan suatu goyangan lengkap. Suatu struktur biasanya mempunyai sejumlah periode getar, dimana periode getar yang terpanjang disebut periode dasar atau periode alami (*fundamental period*). Periode getar sangat bergantung pada massa dan kekakuan struktur. Dimana secara matematis periode getar adalah :

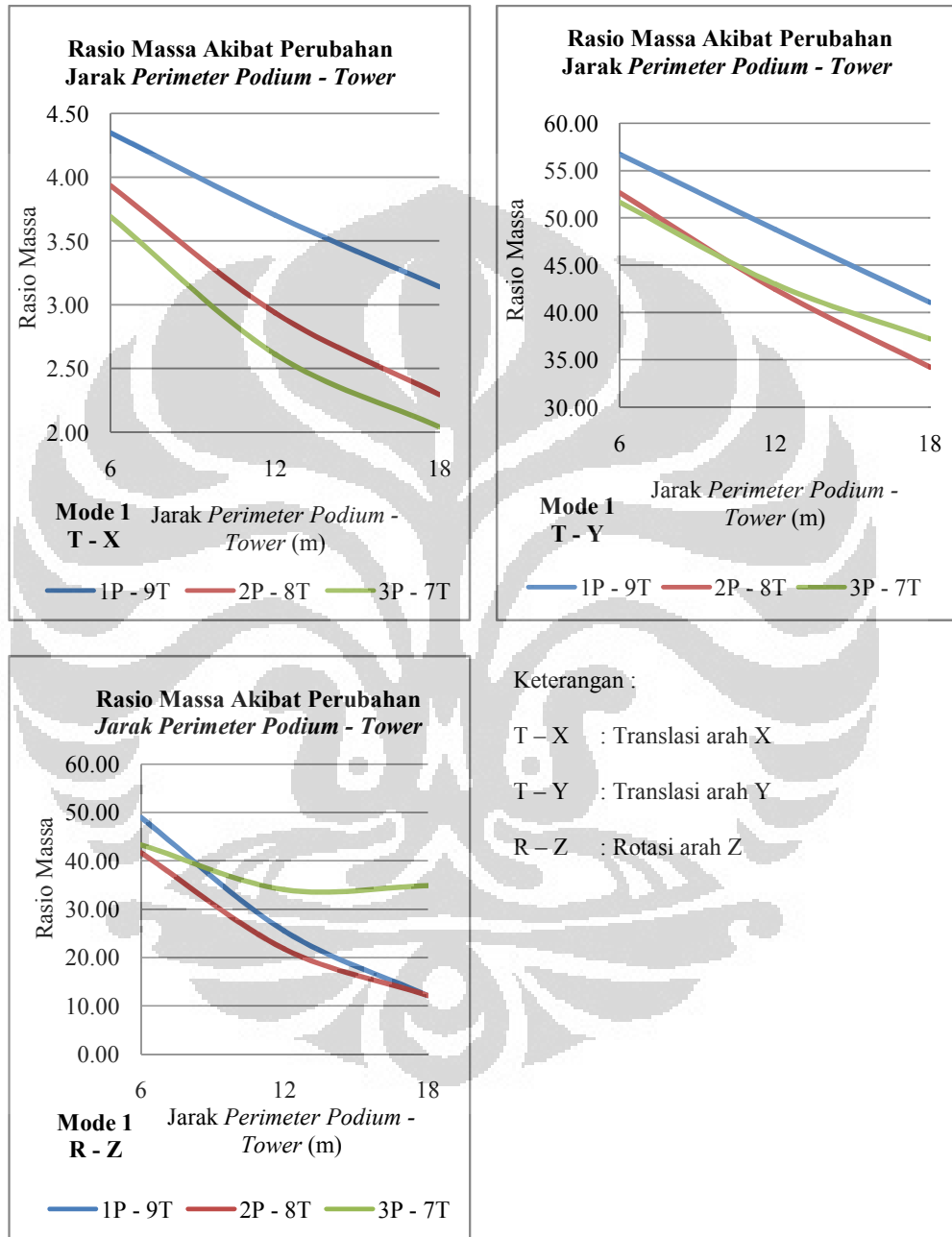
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad 4.1$$

Periode getar semakin kecil karena dipengaruhi oleh kekakuan yang besar dari struktur tersebut. Dimana kekakuan meningkat karena lebar gedung semakin besar dan jumlah kolom semakin bertambah. Terjadinya kenaikan periode getar dipengaruhi oleh kenaikan massa bangunan yang lebih besar dari pada kenaikan kekakuan bangunan. Untuk sistem lantai *shell* dan *membrane*, lebih kaku *membrane* karena pada nilai reduksi momen inersia pada *membrane* khususnya balok lebih besar dibandingkan dengan *shell*.

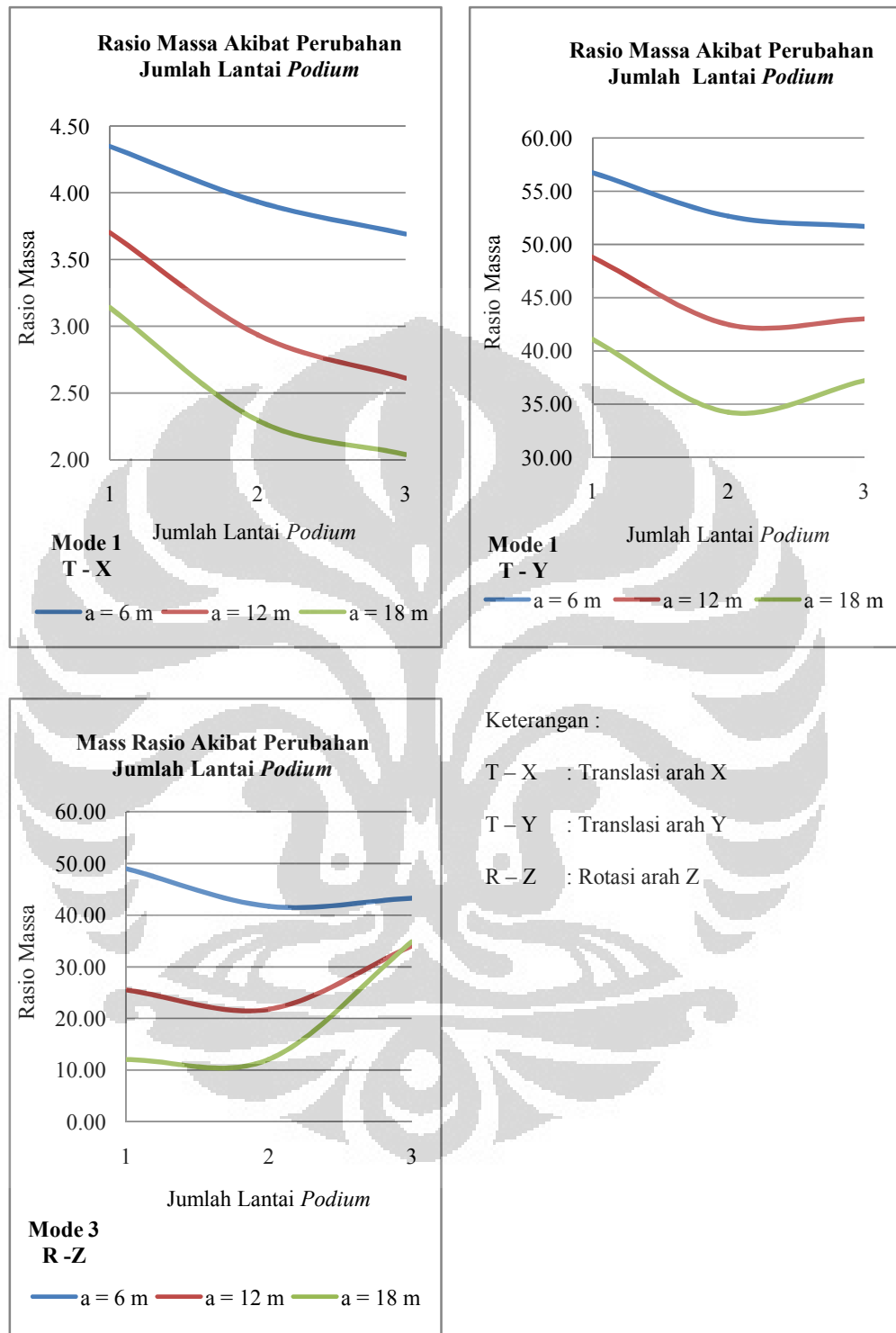
#### 4.4 Partisipasi Rasio Massa

##### 4.4.1 Grafik Hasil Simulasi

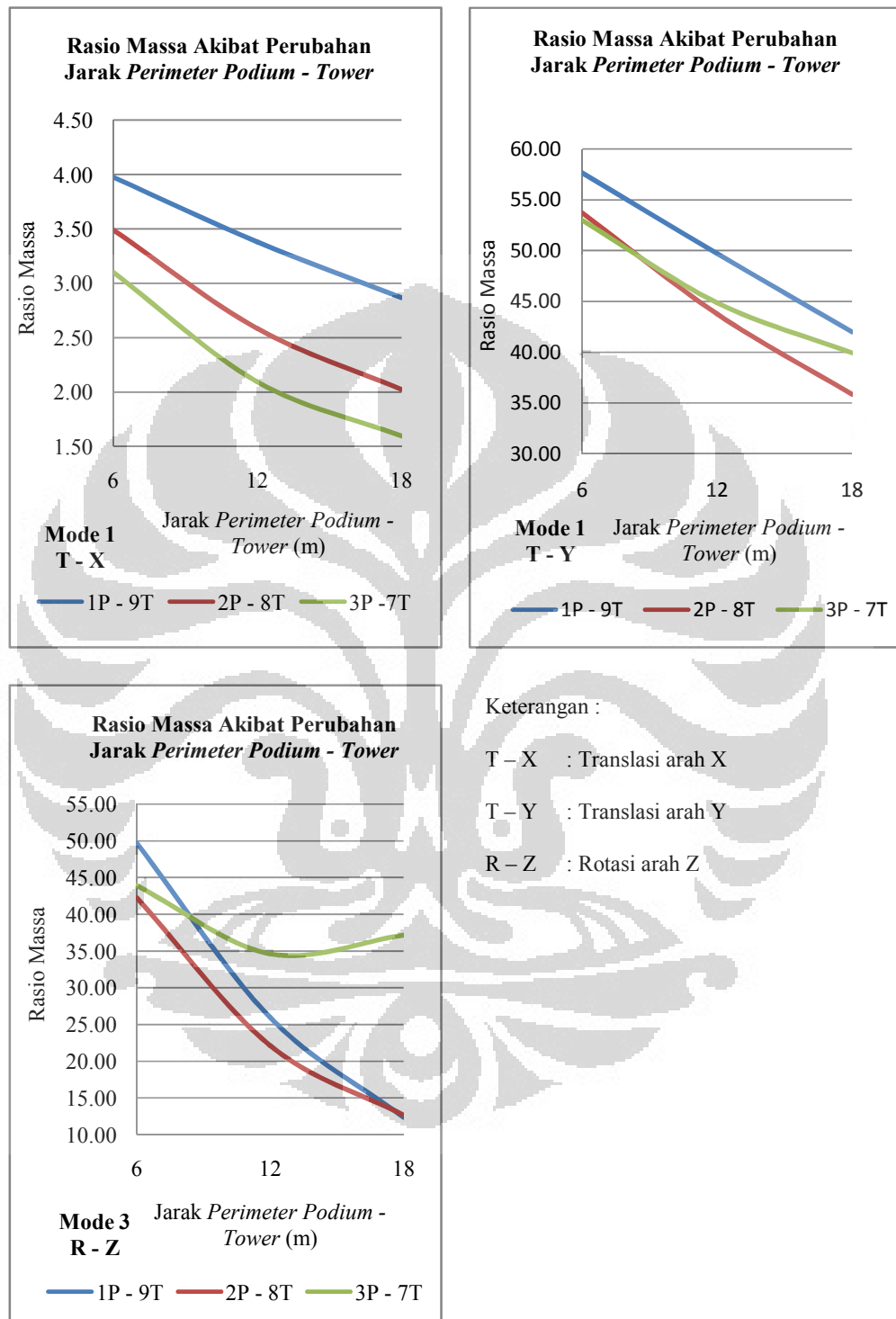
###### a. Sistem lantai shell



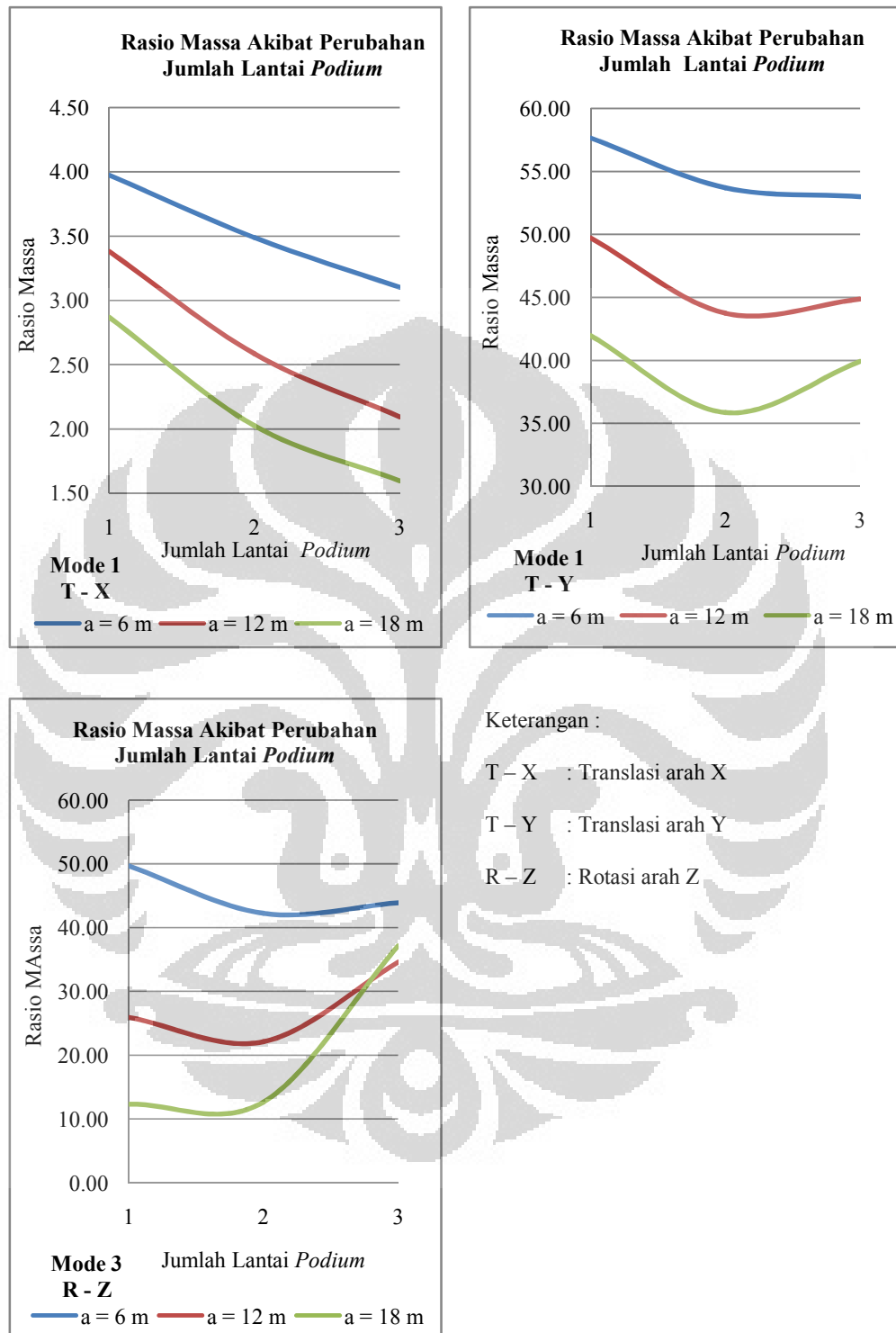
Gambar 4.5. Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* dengan sistem lantai *shell*.



Gambar 4.6. Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jumlah lantai podium dengan sistem lantai shell.

b. Sistem lantai *membrane*

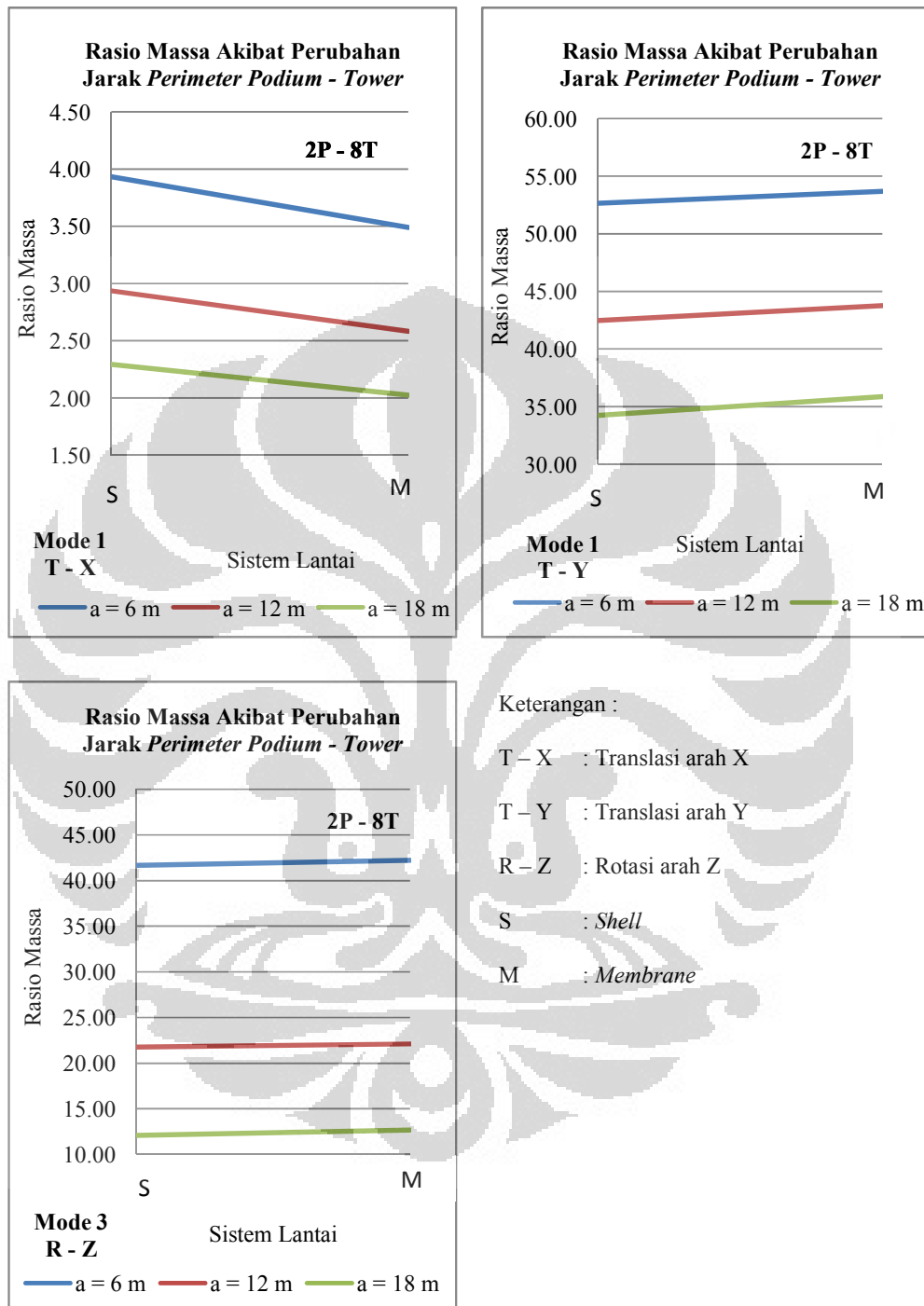
Gambar 4.7. Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jarak *perimeter podium - tower* dengan sistem lantai *membrane*.



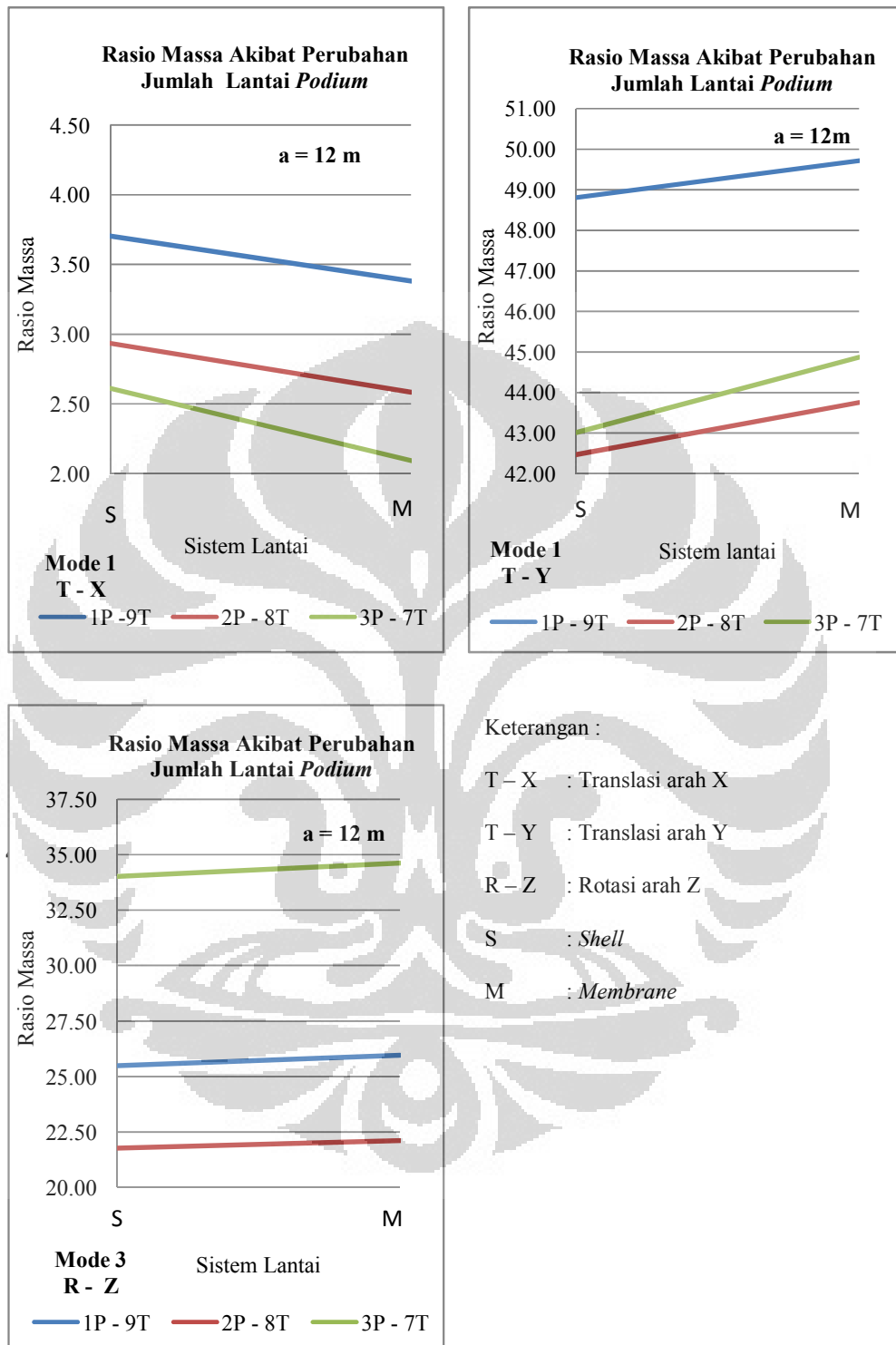
Gambar 4.8. Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jumlah lantai podium dengan sistem lantai *membrane*.



c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*



Gambar 4.9. Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.



Gambar 4.10. Grafik variasi partisipasi rasio massa bangunan akibat perubahan jumlah lantai podium untuk perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.4.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*
  1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* menghasilkan partisipasi rasio massa sebagai berikut :
    - ✓ Pada mode 1 dengan translasi arah x semakin kecil.
    - ✓ Pada mode 1 dengan translasi arah y semakin kecil.
    - ✓ Pada mode 3 dengan rotasi arah z yang berbeda-beda, untuk :
      - a. 1P – 9T : semakin kecil
      - b. 2P – 8T : semakin kecil
      - c. 3P – 7T : dari a = 6 m ke a = 12 m semakin kecil  
dari a = 12 m ke a = 18 m semakin besar.
  2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan partisipasi rasio massa sebagai berikut :
    - ✓ Pada mode 1 dengan translasi arah x semakin kecil.
    - ✓ Pada mode 1 dengan translasi arah y yang berbeda-beda, untuk :
      - a. 1P – 9T : semakin kecil
      - b. 2P – 8T : dari a = 6 m ke a = 12 m semakin kecil  
dari a = 12 m ke a = 18 m semakin besar
      - c. 3P – 7T : dari a = 6 m ke a = 12 m semakin kecil  
dari a = 12 m ke a = 18 m semakin besar.
    - ✓ Pada mode 1 dengan rotasi arah z yang berbeda-beda, untuk 1P – 9T, 2P - 8T, dan 3P – 7T dari a = 6 m ke a = 12 m semakin kecil dari a = 12 m ke a = 18 m semakin semakin besar.
- b. Perbandingan sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*
  1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* menghasilkan partisipasi rasio massa sebagai berikut :
    - ✓ Pada mode 1 dengan translasi arah x , sistem lantai *shell* lebih besar daripada sistem lantai *membrane*.
    - ✓ Pada mode 1 dengan translasi arah y , sistem lantai *shell* lebih kecil daripada sistem lantai *membrane*.

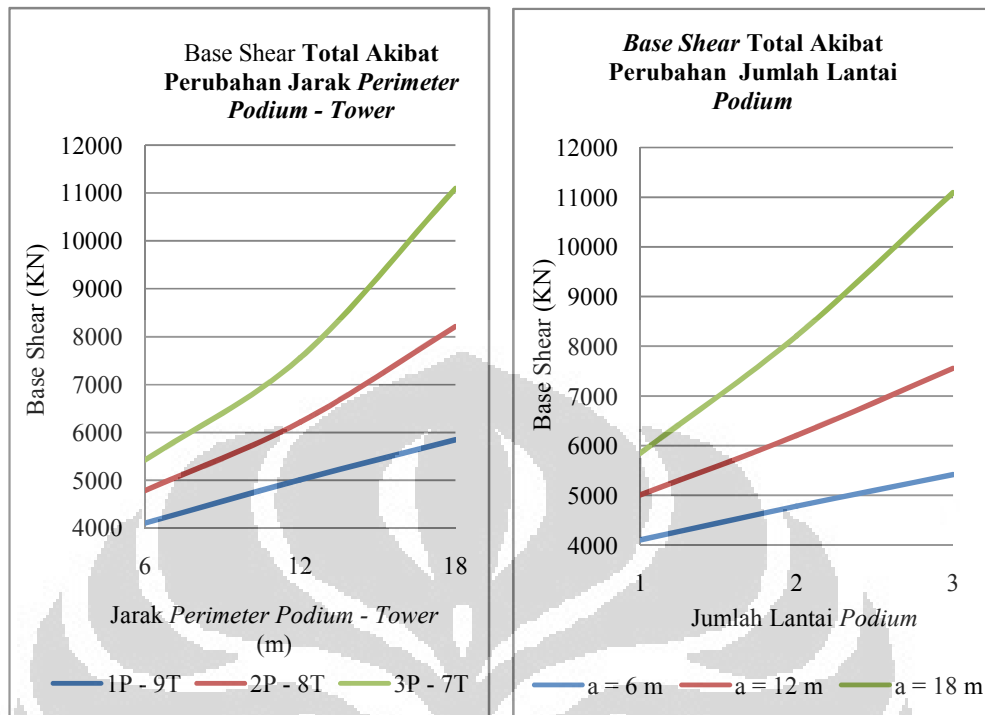
- ✓ Pada mode 3 dengan rotasi arah  $z$  , sistem lantai *shell* lebih kecil daripada sistem lantai *membrane*.
2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan partisipasi rasio massa sebagai berikut :
- ✓ Pada mode 1 dengan translasi arah  $x$  , sistem lantai *shell* lebih besar daripada sistem lantai *membrane*.
  - ✓ Pada mode 1 dengan translasi arah  $y$  , sistem lantai *shell* lebih kecil daripada sistem lantai *membrane*.
  - ✓ Pada mode 3 dengan rotasi arah  $z$  , sistem lantai *shell* lebih kecil daripada sistem lantai *membrane*.

Partisipasi rasio massa merupakan persentase partisipasi massa struktur terhadap mode pergerakan atau ragam vibrasi ketika beban gempa terjadi. Dimana jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

#### 4.5 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*) Struktur

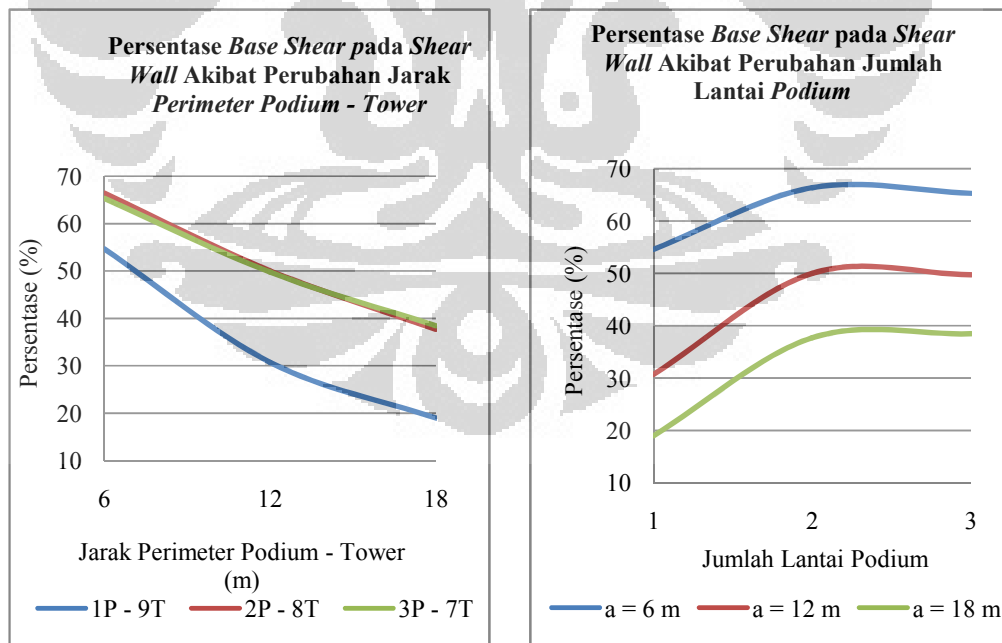
##### 4.5.1 Grafik Hasil Simulasi

- a. Sistem lantai *shell*
  - *Base Shear* Total Struktur



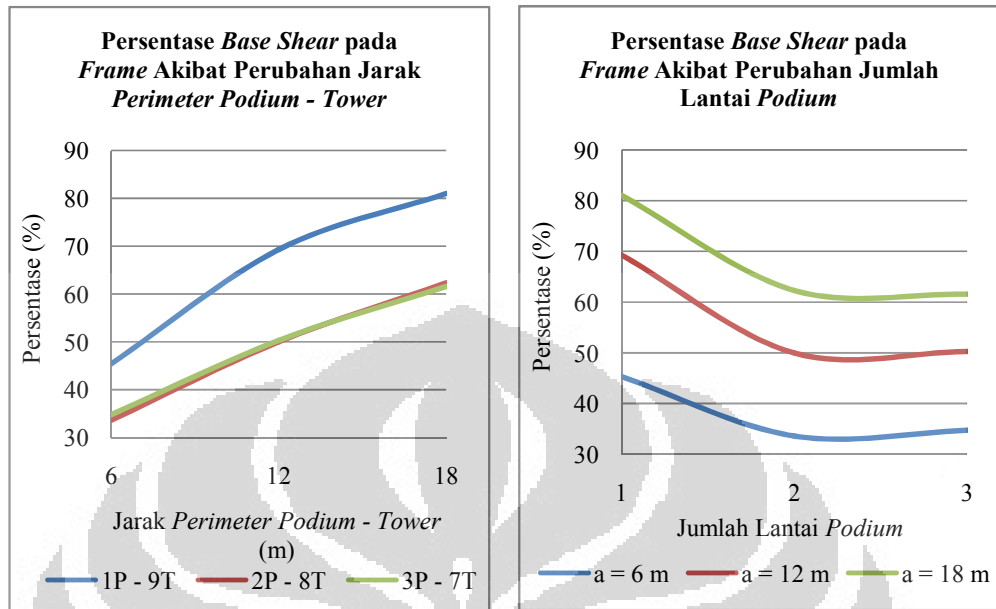
Gambar 4.11. Grafik variasi *base shear* total struktur dengan sistem lantai *shell*.

- *Base Shear* di *Shear Wall*



Gambar 4.12. Grafik variasi *base shear* di *shear wall* dengan sistem lantai *shell*.

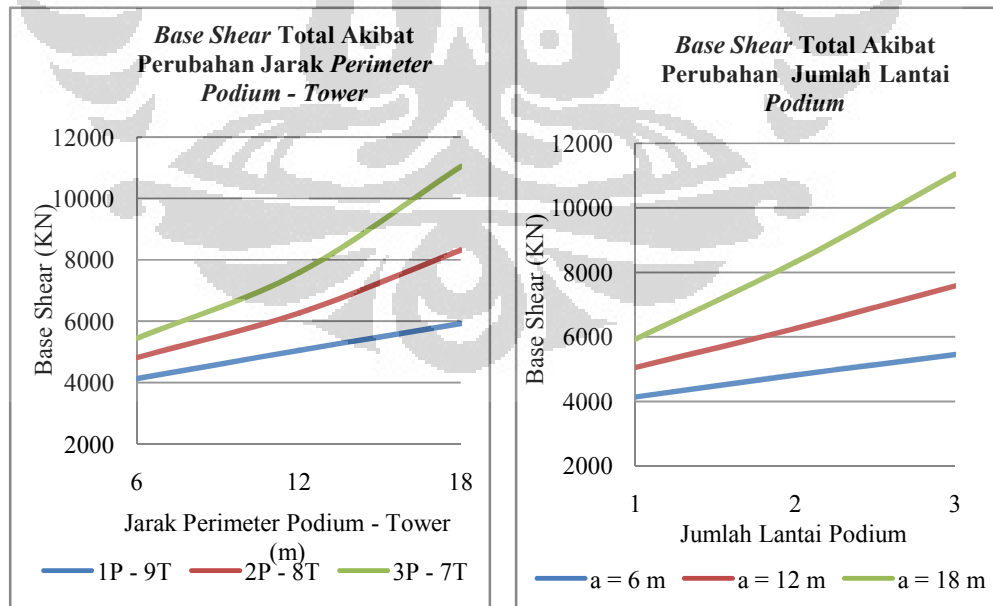
- *Base Shear di Frame*



Gambar 4.13. Grafik variasi *base shear* di *frame* dengan sistem lantai *shell*.

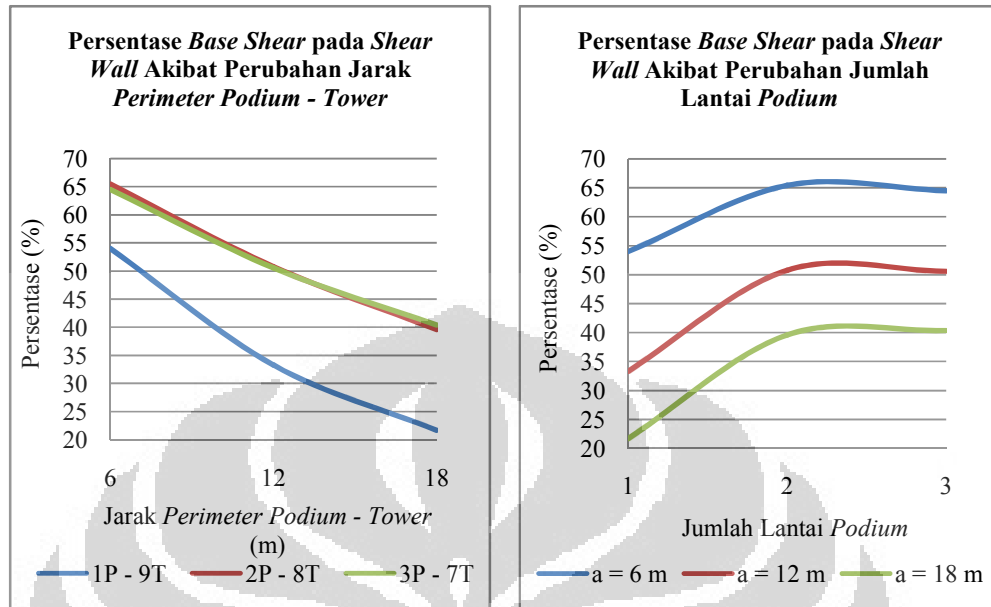
b. Sistem lantai *membrane*

- *Base Shear Total Struktur*



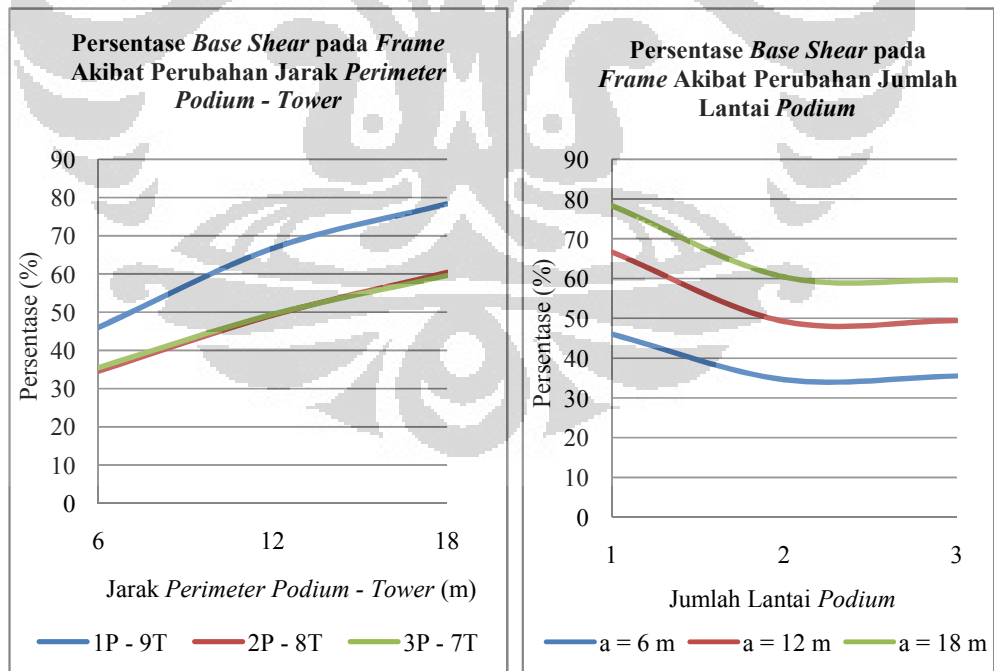
Gambar 4.14. Grafik variasi *base shear* total struktur dengan sistem lantai *membrane*.

- *Base Shear di Shear Wall*



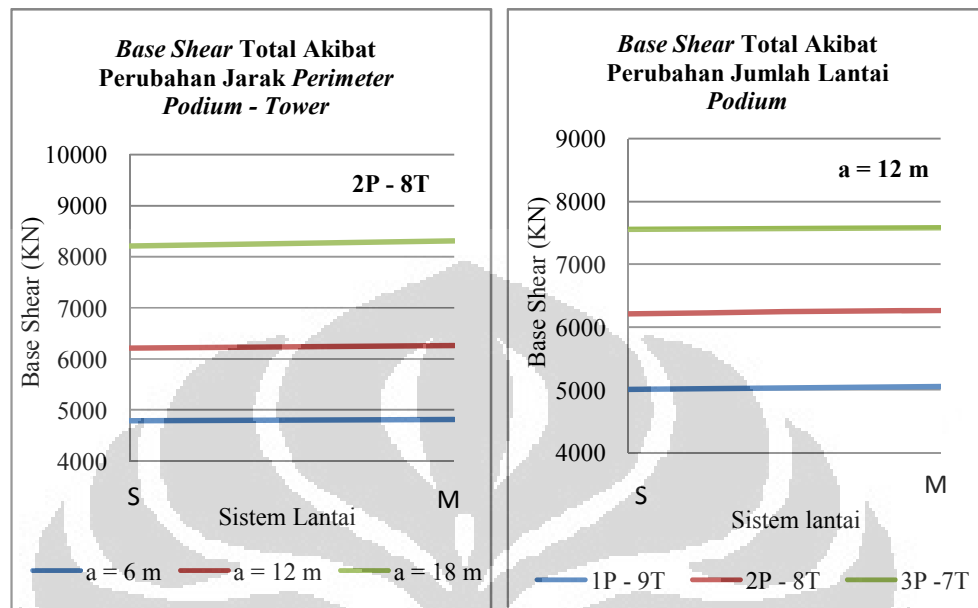
Gambar 4.15. Grafik variasi *base shear* di *shear wall* dengan sistem lantai *membrane*.

- *Base Shear di Frame*



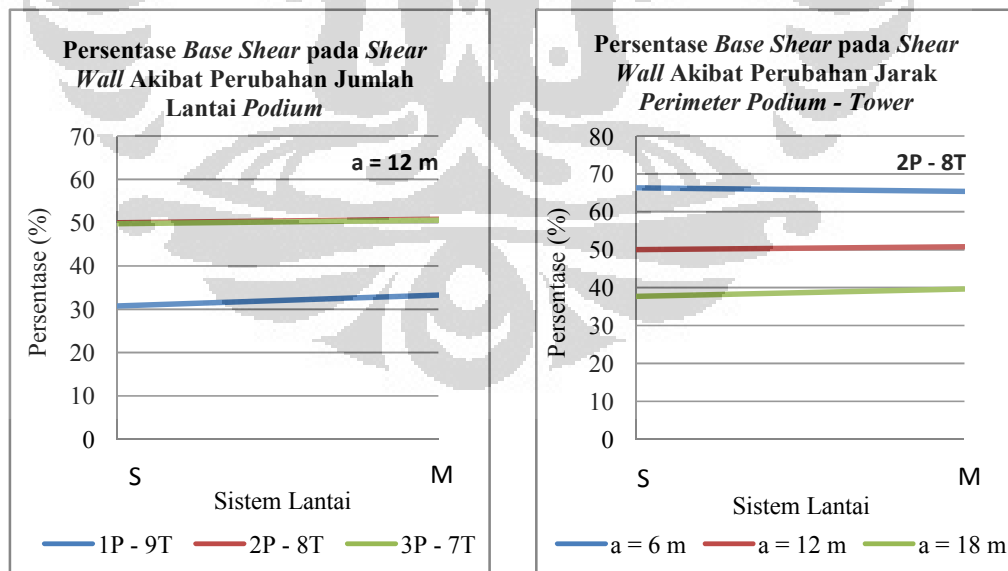
Gambar 4.16. Grafik variasi *base shear* di *frame* dengan sistem lantai *membrane*.

- c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*
- *Base Shear* Total Struktur



Gambar 4.17. Grafik variasi *base shear* total struktur dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

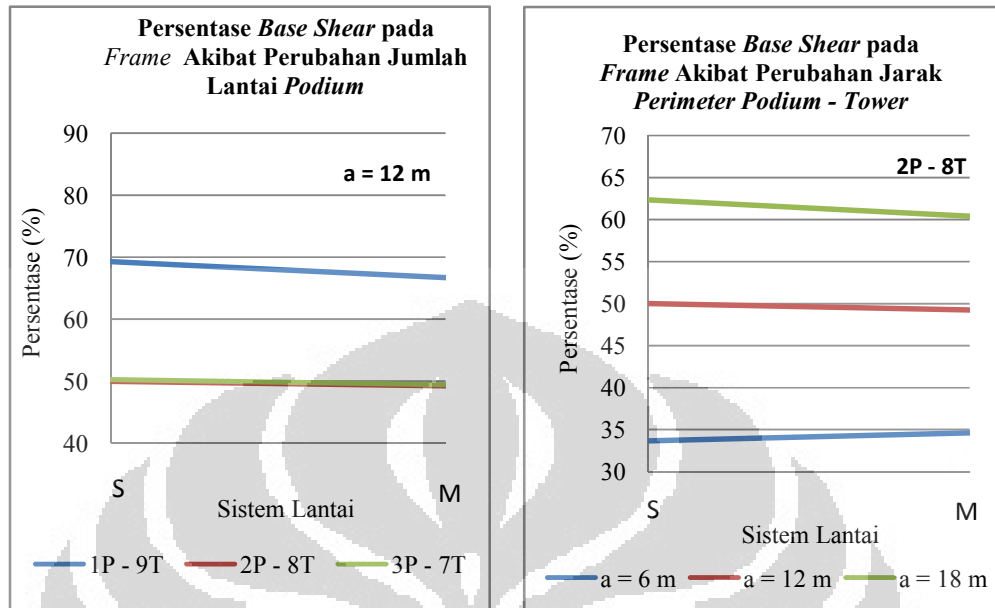
- *Base Shear* di *Shear Wall*



Gambar 4.18. Grafik variasi *base shear* di *shear wall* dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.



- *Base Shear di Frame*



Gambar 4.19. Grafik variasi *base shear* di *frame* dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.5.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

- Sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*
  - Gaya geser dasar (*base shear*) struktur
    1. Akibat variasi jarak perimeter *podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan gaya geser dasar struktur semakin besar.
    2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* dari *podium* 1 sampai *podium* 3 lantai menghasilkan gaya geser dasar struktur semakin besar.
  - Gaya geser dasar (*base shear*) di *shear wall*
    1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan gaya geser dasar pada *shear wall* semakin kecil.
    2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan gaya geser dasar struktur yang berbeda, yaitu :

✓  $a = 6 \text{ m}$

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 2 lantai menghasilkan nilai gaya geser dasar semakin besar, sedangkan dari *podium* 2 lantai ke *podium* 3 lantai gaya geser dasarnya menjadi kecil.

✓  $a = 12 \text{ m}$

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 2 lantai menghasilkan gaya geser dasar semakin besar, tetapi dari *podium* 2 lantai ke *podium* 3 lantai nilai gaya geser dasarnya menjadi kecil.

✓  $a = 18 \text{ m}$

Pada struktur ini, dari podium 1 lantai ke *podium* 3 lantai menghasilkan gaya geser dasar semakin besar.

- Gaya geser dasar (*base shear*) di *frame*

1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan gaya geser dasar pada *frame* semakin besar.

2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan gaya geser dasar yang berbeda, yaitu :

✓  $a = 6 \text{ m}$

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 2 lantai menghasilkan nilai gaya geser dasar semakin kecil, sedangkan dari *podium* 2 lantai ke *podium* 3 lantai gaya geser dasarnya menjadi besar.

✓  $a = 12 \text{ m}$

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 2 lantai menghasilkan gaya geser dasar semakin kecil, tetapi dari *podium* 2 lantai ke *podium* 3 lantai nilai gaya geser dasarnya menjadi besar.

✓  $a = 18 \text{ m}$

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 3 lantai menghasilkan gaya geser dasar semakin kecil.

- b. Perbandingan sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*
- Gaya geser dasar (*base shear*) struktur
    1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan gaya geser dasar struktur lebih kecil di sistem lantai *shell* daripada sistem lantai *membrane*.
    2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* dari *podium* 1 sampai *podium* 3 lantai menghasilkan gaya geser dasar struktur lebih kecil di sistem lantai *shell* daripada sistem lantai *membrane*.  
Hal ini disebabkan karena berat bangunan semakin besar sehingga gaya geser dasar juga semakin besar.
  - Gaya geser dasar (*base shear*) di *shear wall*
    1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* menghasilkan gaya geser dasar yang berbeda – beda, yaitu :
      - ✓ a = 6 m  
Pada struktur ini, gaya geser dasar pada sistem lantai *shell* lebih besar dari pada sistem lantai *membrane*.
      - ✓ a = 12 m  
Pada struktur ini, gaya geser dasar pada sistem lantai *shell* lebih kecil dari pada sistem lantai *membrane*.
      - ✓ a = 18 m  
Pada struktur ini, gaya geser dasar pada sistem lantai *shell* lebih kecil dari pada sistem lantai *membrane*.
    2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan gaya geser dasar struktur semakin besar.
  - 3. Gaya geser dasar (*base shear*) di *frame*
    1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan gaya geser dasar pada *frame* semakin kecil.
      - ✓ a = 6 m  
Pada struktur ini, gaya geser dasar pada sistem lantai *shell* lebih kecil dari pada sistem lantai *membrane*.

✓ a = 12 m

Pada struktur ini, gaya geser dasar pada sistem lantai *shell* lebih besar dari pada sistem lantai *membrane*.

✓ a = 18 m

Pada struktur ini, gaya geser dasar pada sistem lantai *shell* lebih besar dari pada sistem lantai *membrane*.

2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan gaya geser dasar struktur semakin kecil.

Secara matematis gaya geser dasar (*base shear*) adalah :

$$V_s = \frac{C \cdot I}{R} \times W_t \quad 4.2$$

$$V_d \geq 0,8V_s \quad 4.3$$

Keterangan :

$V_s$  : gaya geser dasar statik

$V_d$  : gaya geser dasar dinamik

C : redaman

I : Faktor keutamaan gedung

R : Faktor reduksi gempa

Nilai C diperoleh dari grafik respon spektrum pada periode getar yang dihasilkan dari penelitian ini, wilar reduksi gempa (R) sebesar 6,5 karena memiliki sistem ganda dalam menahan beban lateral, yaitu dinding geser dan beton bertulang dengan SRPMM. Nilai  $W_t$  tergantung dari masing-masing simulasi. Sehingga persamaayah gempa zona 3, tanah lunak diperoleh nilai redaman (C) sebesar 0,75. Fungsi bangunan sebagai perkantoran sehingga nilai I sebesar 1. Fakton diatas

menjadi :

$$V_s = \frac{C \cdot I}{R} \times W_t \quad 4.4$$

$$V_s = \frac{0,75 \times 1}{6,5} \times W_t \quad 4.5$$

$$V_s = 0,1154 W_t \quad 4.6$$

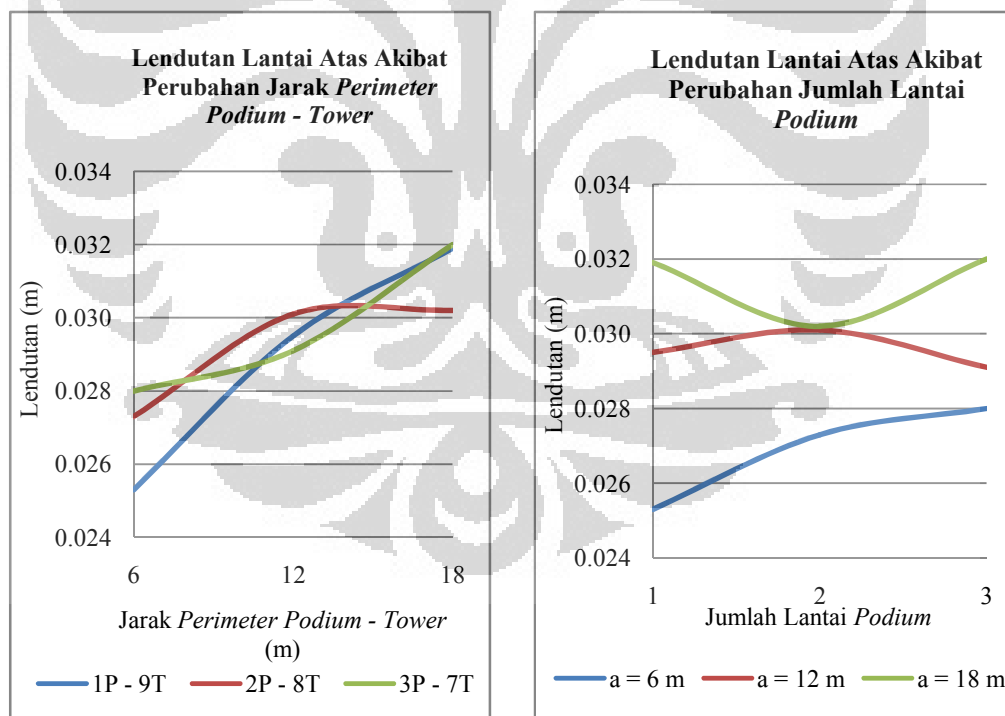
Nilai gaya geser dasar ( $V_s$ ) berbanding lurus dengan berat bangunan ( $W_t$ ), berarti semakin besar berat bangunan maka gaya geser dasar yang dihasilkan juga semakin besar.

Pada *shear wall* dan *frame* diperoleh nilai gaya geser dasar yang bervariasi, baik akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* maupun akibat perubahan jumlah lantai *podium*. Persentase gaya geser struktur total yang masuk ke dalam *shear wall* dan *frame* bergantung pada kekakuan dari masing-masing, sehingga diperoleh nilai yang berbeda-beda. Jika gaya geser dasar meningkat pada *shear wall* maka gaya geser dasar pada *frame* akan menurun, demikian sebaliknya.

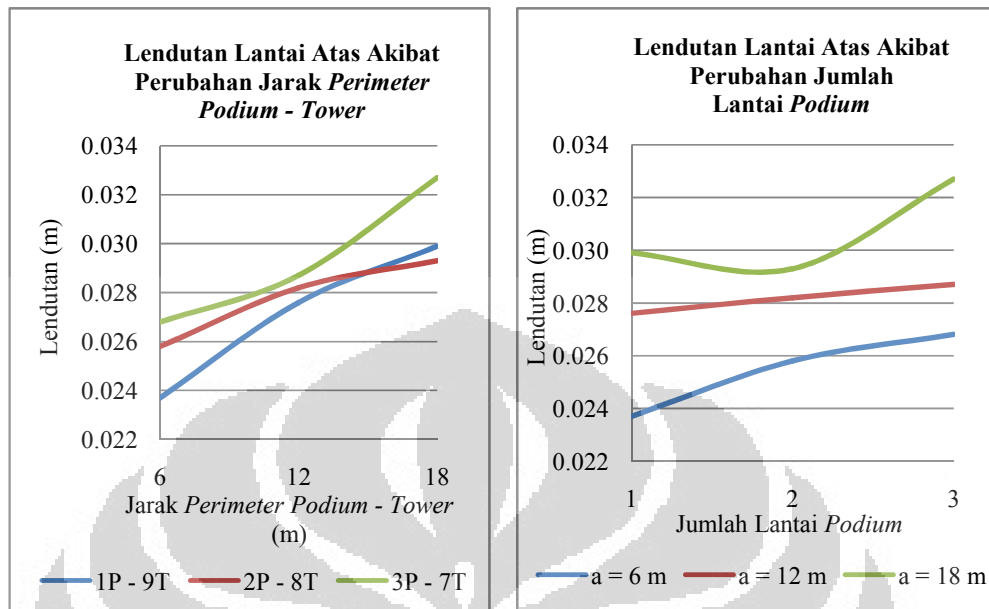
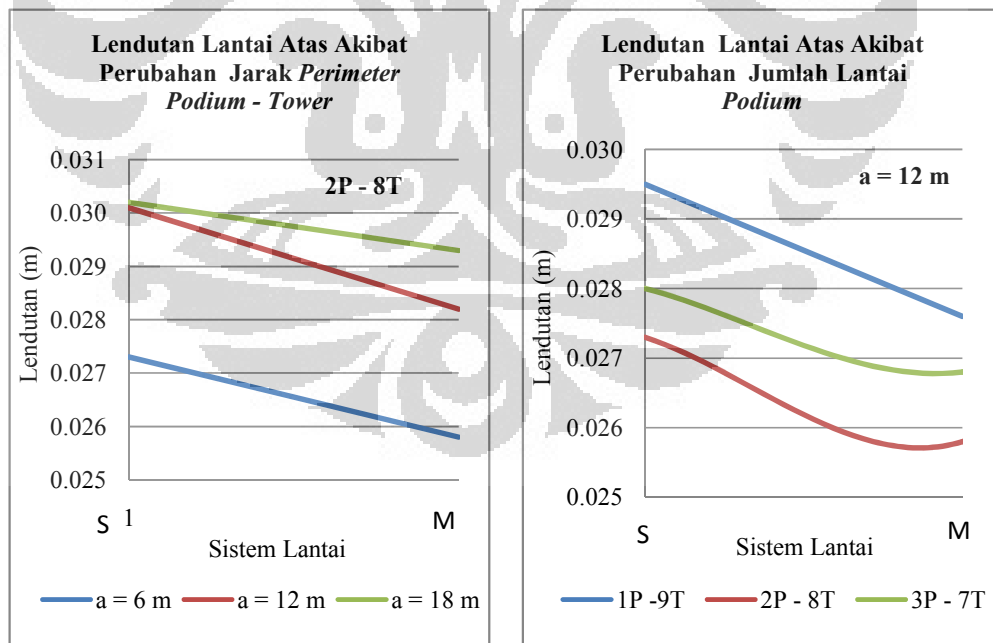
## 4.6 LENDUTAN

### 4.6.1 Grafik Hasil Simulasi

#### a. Sistem lantai *shell*



Gambar 4.20. Grafik variasi lendutan lantai atas dengan sistem lantai *shell*.

b. Sistem lantai *membrane*Gambar 4.21. Grafik variasi lendutan lantai atas dengan sistem lantai *membrane*.c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*Gambar 4.22. Grafik variasi lendutan lantai atas dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.6.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

##### a. Sistem lantai *shell*

1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan lendutan yang semakin naik.
2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan lendutan yang berbeda – beda.

✓ a = 6 m

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke podium 3 lantai menghasilkan nilai lendutan semakin naik.

✓ a = 12 m

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 2 lantai menghasilkan nilai lendutan semakin besar, tetapi dari *podium* 2 lantai ke *podium* 3 lantai nilai lendutan mengecil.

✓ a = 18 m

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 2 lantai menghasilkan nilai lendutan semakin kecil, tetapi dari *podium* 2 lantai ke *podium* 3 lantai nilai lendutan membesar.

##### b. Sistem lantai *membrane*

1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan lendutan yang semakin naik.
2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan lendutan yang berbeda – beda.

✓ a = 6 m

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 3 lantai menghasilkan nilai lendutan semakin naik.

✓ a = 12 m

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 3 lantai menghasilkan nilai lendutan semakin naik.

✓ a = 18 m

Pada struktur ini, dari *podium* 1 lantai ke *podium* 2 lantai menghasilkan nilai lendutan semakin kecil, tetapi dari *podium* 2 lantai ke *podium* 3 lantai nilai lendutan membesar.

c. Perbandingan sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*

Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m dan akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan lendutan yang semakin kecil. Lendutan lebih besar pada sistem lantai *shell* daripada sistem lantai *membrane*.

Lendutan sangat berpengaruh pada besarnya gaya dan juga kekakuan dari struktur tersebut. Secara matematis lendutan adalah :

$$P = \Delta \times k \quad 4.7$$

$$\Delta = \frac{P}{k} \quad 4.8$$

Keterangan :

$\Delta$  : lendutan  
 P : gaya lateral  
 k : kekakuan struktur

Dimana nilai P dapat diperoleh dengan rumus :

$$P = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} \times V \quad 4.9$$

Keterangan :

$W_i$  : Berat pada lantai ke-i  
 $z_i$  : Tinggi lantai ke-i  
 V : Gaya geser dasar

Gaya geser dasar (V) berbanding lurus dengan gaya lateral (P), semakin besar nilai gaya geser dasar (V) maka nilai (gaya lateral) P juga semakin besar. Begitu juga dengan lendutan ( $\Delta$ ) berbanding lurus dengan nilai gaya lateral (P), gaya lateral (P) semakin besar maka lendutan ( $\Delta$ ) yang dihasilkan semakin besar. Sebaliknya lendutan ( $\Delta$ ) berbanding terbalik



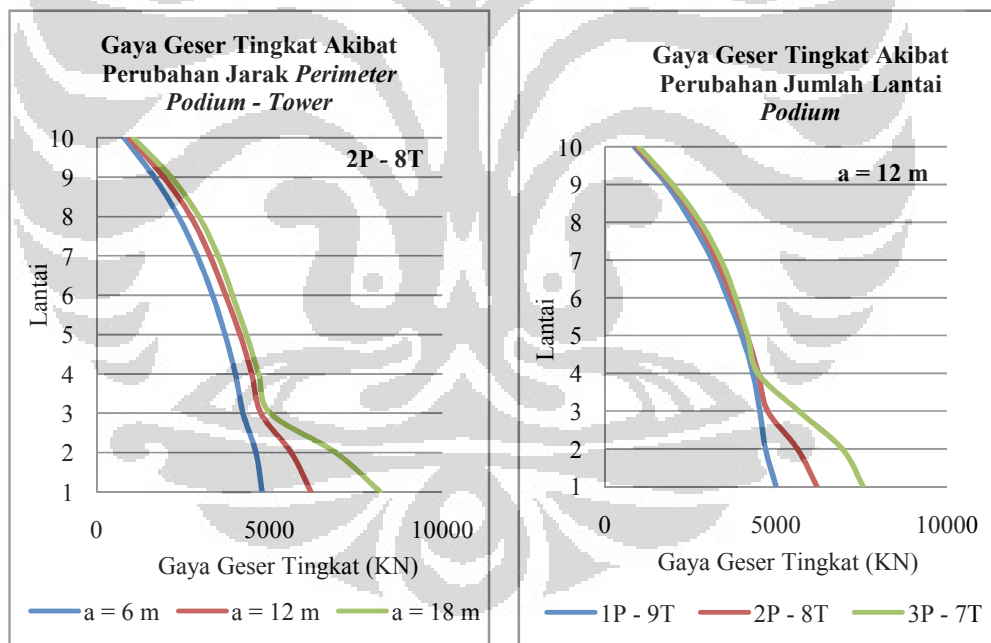
dengan kekakuan ( $k$ ), kekakuan semakin tinggi maka lendutan yang dihasilkan semakin kecil.

Kenaikan lendutan yang terjadi dipengaruhi oleh gaya lateral akibat gempa yang dihasilkan semakin besar, dan nilai kekakuan struktur juga naik, tetapi kenaikan gaya lateral akibat gempa lebih besar daripada kenaikan kekakuan struktur. Sedangkan, penurunan lendutan yang terjadi dipengaruhi oleh gaya lateral akibat gempa yang dihasilkan semakin besar, dan nilai kekakuan struktur juga naik, tetapi kenaikan kekakuan struktur lebih besar daripada kenaikan gaya lateral akibat gempa.

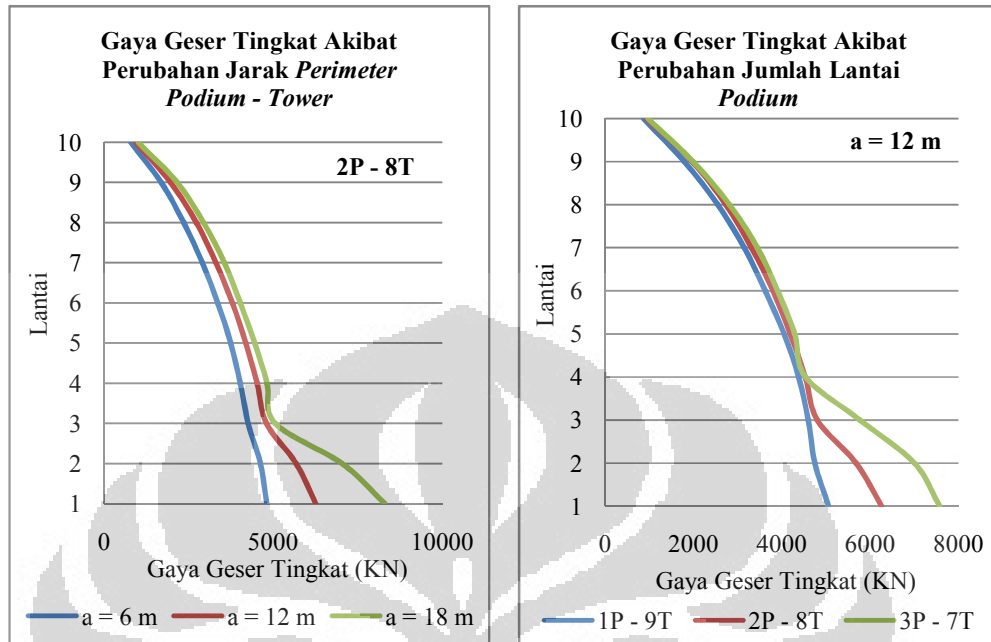
#### 4.7 Gaya Geser Tingkat (*Story Shear*)

##### 4.7.1 Grafik Hasil Simulasi

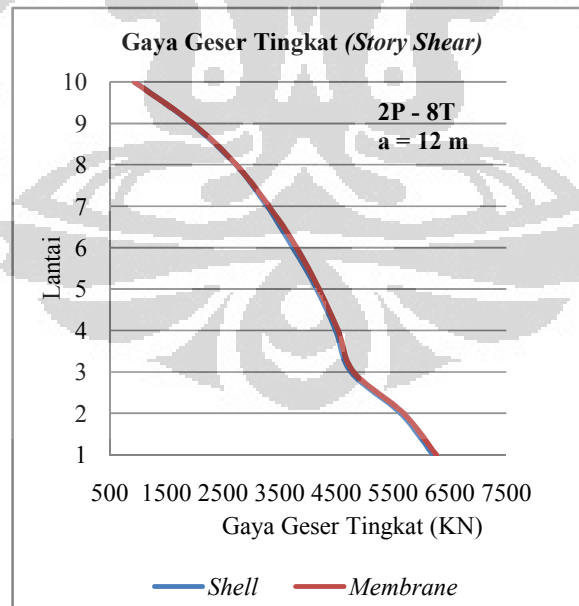
###### a. Sistem lantai shell



Gambar 4.23. Grafik variasi gaya geser tingkat (*story shear*) dengan sistem lantai shell.

b. Sistem Lantai *Membrane*

Gambar 4.24. Grafik variasi gaya geser tingkat (*story shear*) dengan sistem lantai *membrane*.

c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*

Gambar 4.25. Grafik variasi gaya geser tingkat (*story shear*) dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.7.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*
  1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan gaya geser tingkat yang semakin besar.
  2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* dari *podium 1* sampai *podium 3* lantai menghasilkan gaya geser tingkat yang semakin besar.
- b. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*

Gaya geser tingkat pada sistem lantai *shell* lebih kecil sedikit daripada pada sistem lantai *membrane*, karena beban lateral gempa pada sistem lantai *shell* juga lebih kecil daripada sistem lantai *membrane*.

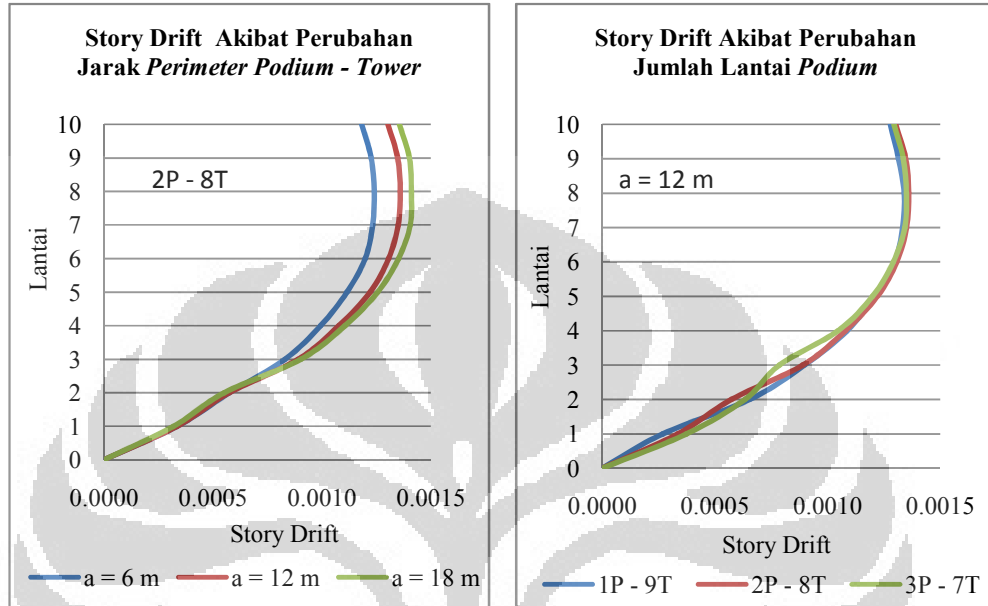
Gaya geser tingkat sangat berpengaruh pada besarnya beban lateral akibat gempa yang terjadi. Besarnya gaya geser adalah kumulatif dari beban lateral akibat gempa. Sehingga beban gempa semakin besar maka gaya geser tingkat yang terjadi semakin besar pula.

Pada grafik dapat terlihat bahwa akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* besarnya gaya geser tingkat pada *podium* sangat besar dan mengecil pada saat masuk ke *tower*. Hal ini terjadi karena adanya diskontinuitas kekakuan vertikal. Pada grafik akibat perubahan jumlah lantai *podium* dapat dilihat bahwa perubahan gaya geser tingkat terjadi pada perubahan dari *podium* ke *tower* (diskontinuitas kekakuan vertikal).

## 4.8 Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

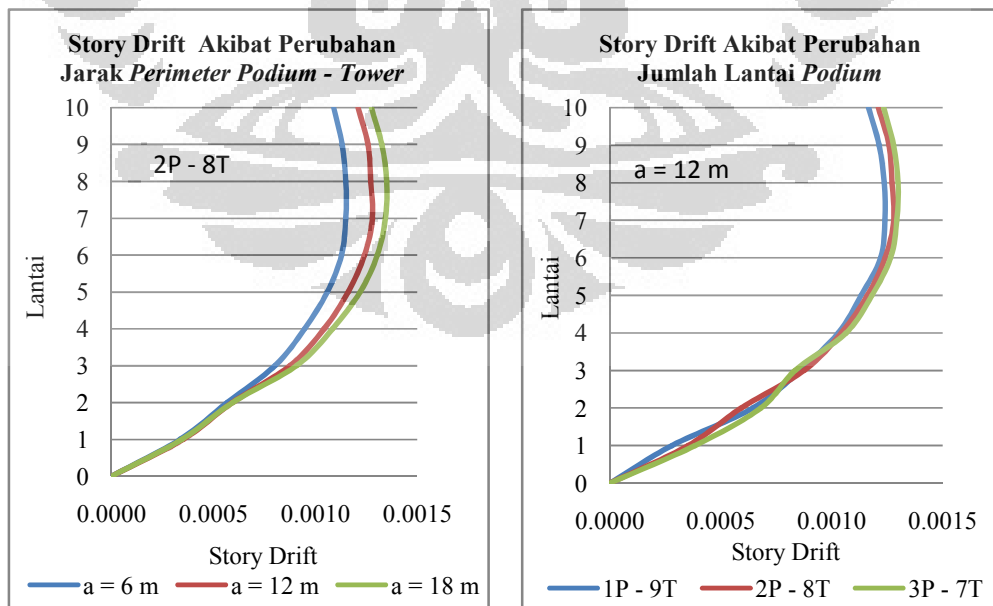
### 4.8.1 Grafik Hasil Simulasi

#### a. Sistem lantai *shell*



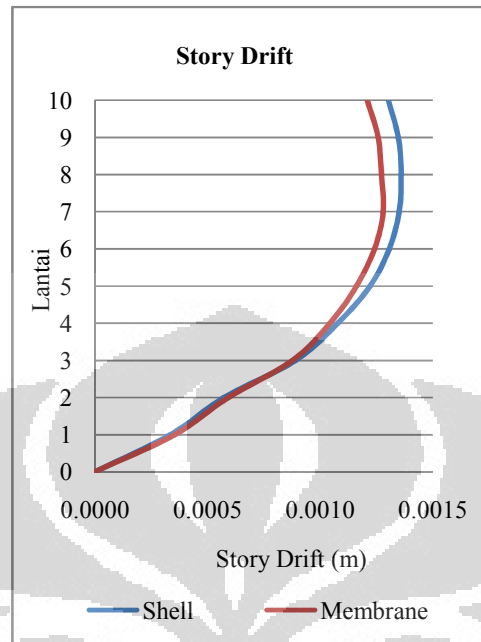
Gambar 4.26. Grafik *story drift* dengan sistem lantai *shell*.

#### b. Sistem lantai *membrane*



Gambar 4.27. Grafik *story drift* dengan sistem lantai *membrane*.

c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*



Gambar 4.28. Grafik *story drift* dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.8.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*
  1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan *drift* yang semakin besar.
  2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan *drift* yang semakin besar, tetapi nilai *drift* minimum terjadi pada daerah atap *podium* pada masing-masing lantai.
- b. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane* *Drift* pada sistem lantai *membrane* lebih kecil daripada pada sistem lantai *shell*.

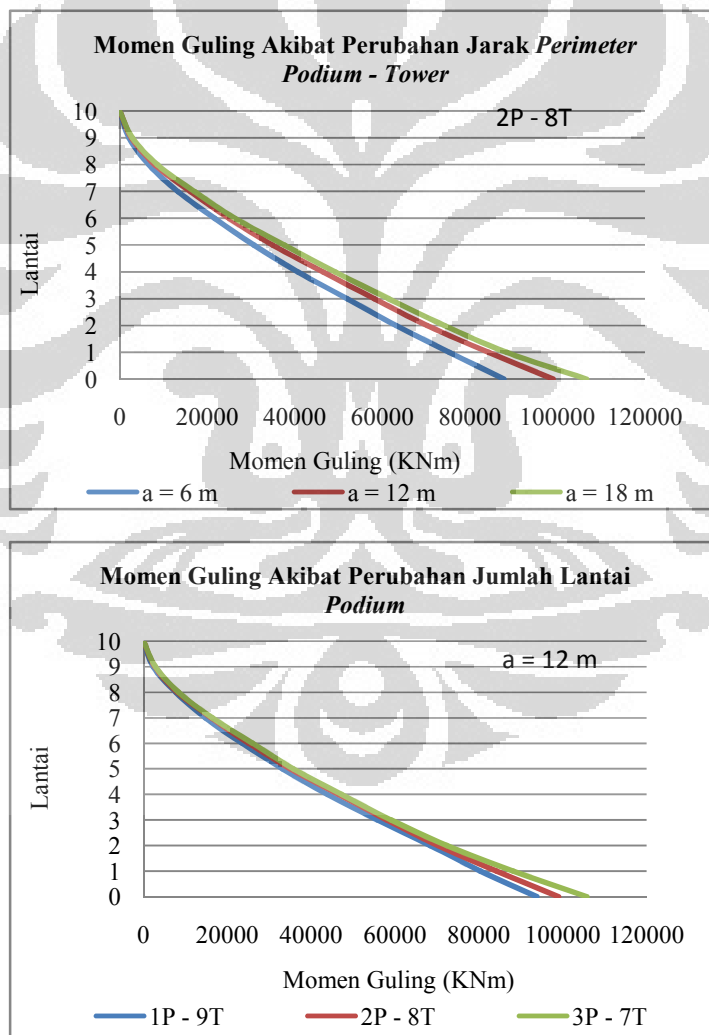
*Drift* merupakan selisih lendutan antar tingkat. Semakin besar lendutan yang terjadi maka *drift* juga semakin besar. Pada grafik dapat

terlihat bahwa akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower drift* yang dihasilkan semakin besar. Hal ini terjadi karena lendutan yang dihasilkan semakin besar juga. Pada grafik akibat perubahan jumlah lantai *podium* dapat dilihat bahwa *drift* yang dihasilkan juga semakin besar, tetapi *drift* minimum terjadi pada daerah atap *podium* pada masing-masing variasi lanati, hal ini dikarenakan adanya diskontinuitas bangunan.

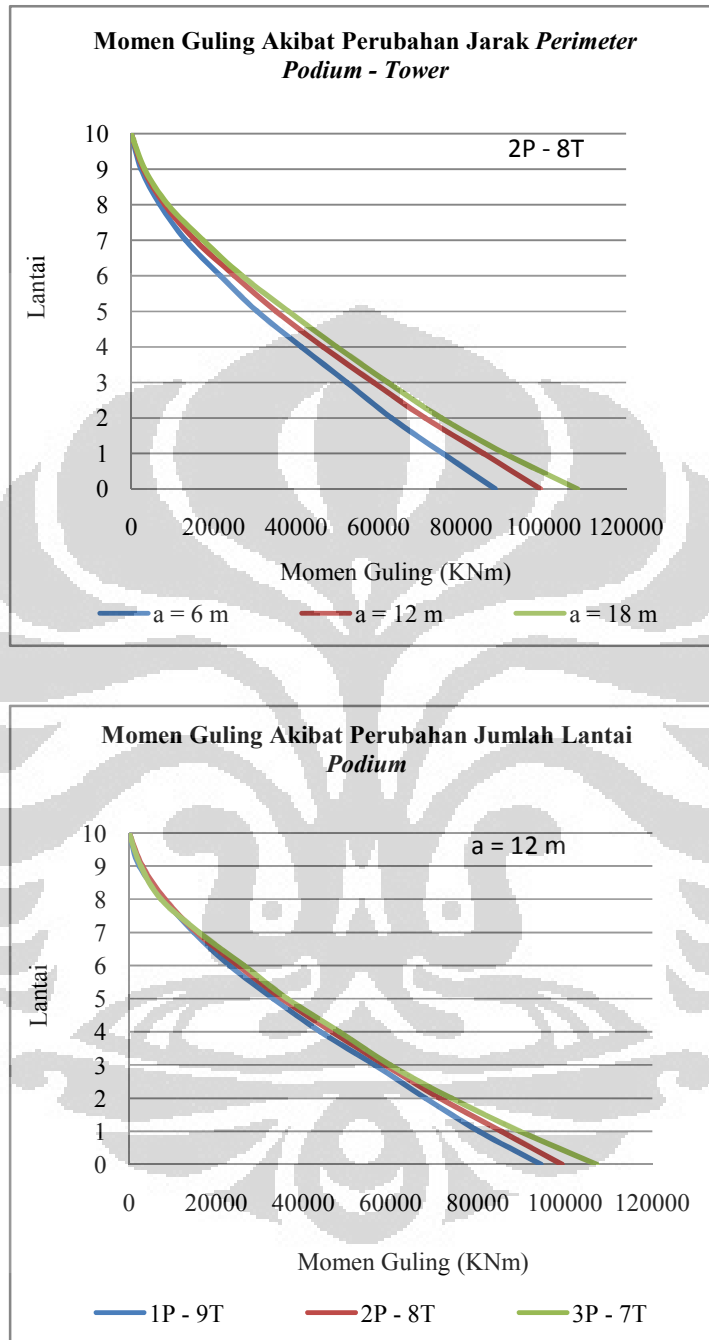
## 4.9 Momen Guling

### 4.9.1 Grafik Hasil Simulasi

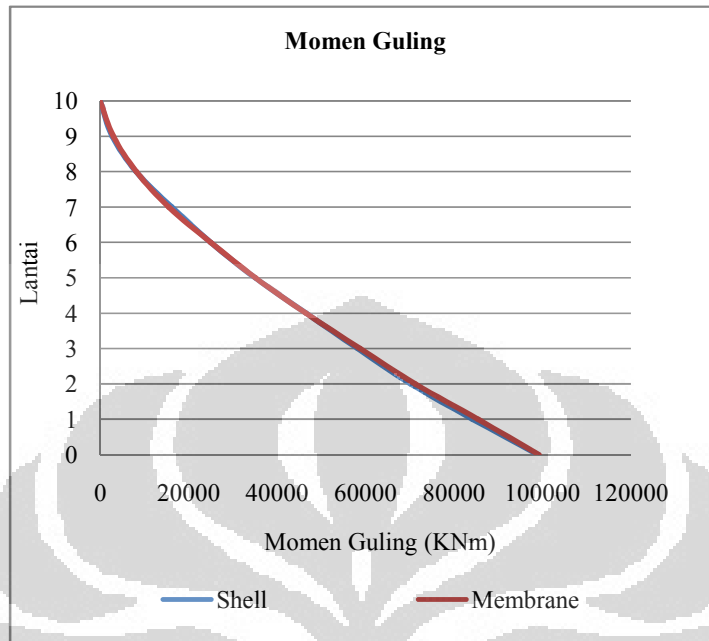
#### a. Sistem lantai *shell*



Gambar 4.29. Grafik momen guling dengan sistem lantai *shell*.

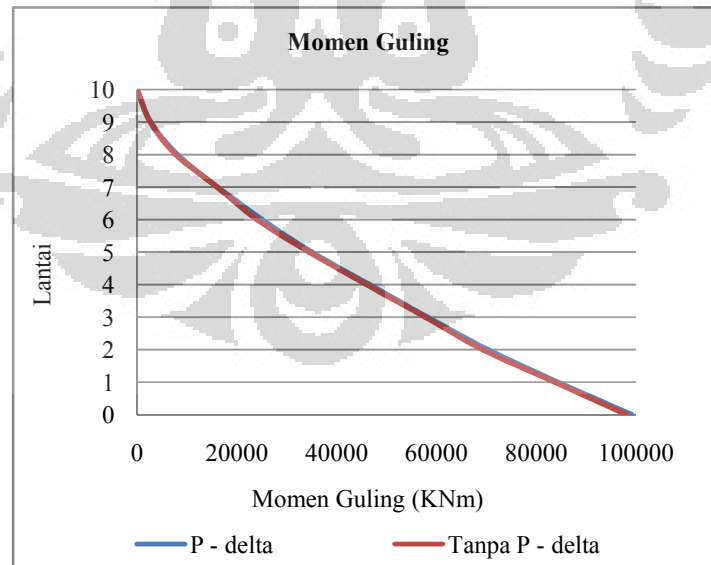
b. Sistem lantai *membrane*Gambar 4.30. Grafik momen guling dengan sistem lantai *membrane*.

c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*



Gambar 4.31. Grafik momen guling dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

d. Momen guling dengan pengaruh P- $\Delta$  dan tanpa P- $\Delta$



Gambar 4.32. Grafik momen guling dengan perbandingan antara pengaruh P- $\Delta$  dan tanpa P- $\Delta$ .



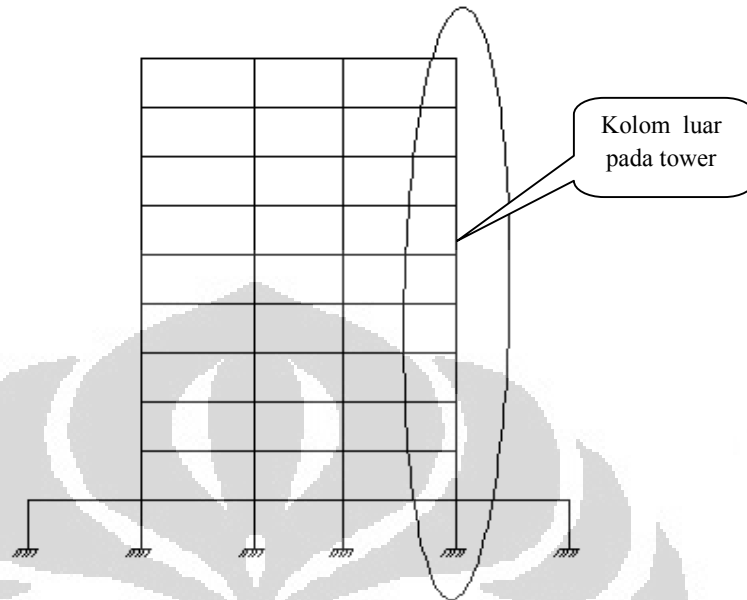
#### 4.9.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*
  1. Akibat variasi jarak perimeter *podium -tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan momen guling yang semakin besar.
  2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* menghasilkan *momen guling* yang semakin besar.
- b. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*  
Momen guling pada sistem lantai *shell* lebih kecil daripada pada sistem lantai *membrane*.
- c. Momen guling dengan pengaruh P- $\Delta$  dan tanpa P- $\Delta$   
Momen guling dengan memperhitungkan pengaruh P- $\Delta$  lebih besar daripada momen guling tanpa memperhitungkan adanya pengaruh P- $\Delta$ .

Momen guling dipengaruhi oleh besarnya gaya lateral yang terjadi dan tinggi dari struktur. Pada grafik dapat terlihat bahwa akibat perubahan jarak perimeter podium – tower, akibat perubahan jumlah lantai podium, dan perbandingan antara *shell* dan *membrane* menghasilkan momen guling yang semakin besar. Hal ini terjadi karena beban gempanya juga semakin besar. Momen guling dengan memperhitungkan pengaruh P- $\Delta$  lebih besar daripada momen guling tanpa memperhitungkan adanya pengaruh P- $\Delta$ . Pengaruh P- $\Delta$  yaitu suatu gejala yang terjadi pada struktur gedung yang fleksibel, dimana simpangan ke samping yang besar akibat beban gempa menimbulkan beban lateral tambahan akibat momen guling yang terjadi oleh beban gravitasi yang titik tangkapnya menyimpang ke samping.

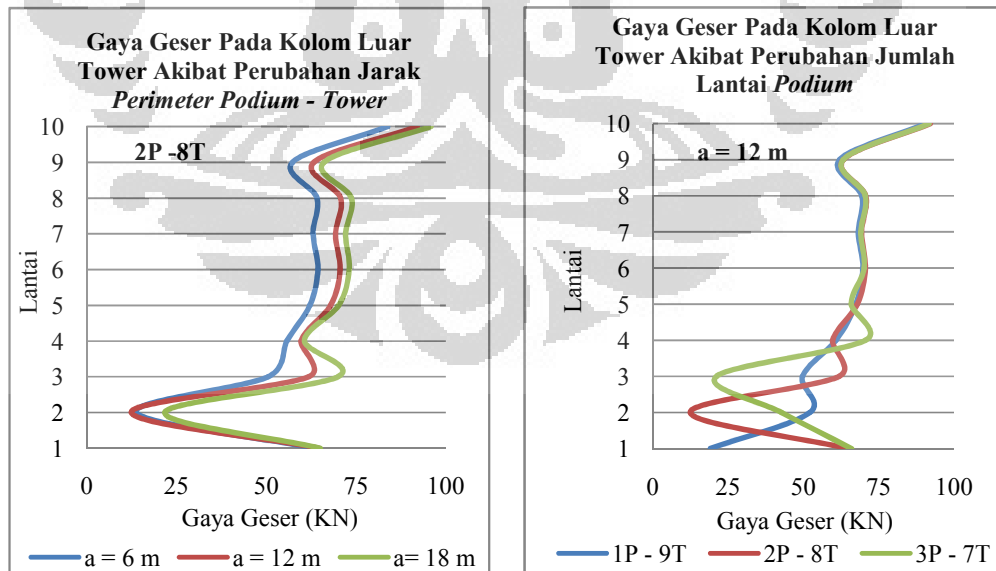
#### 4.10 Gaya-Gaya Dalam Pada Kolom Luar Tower



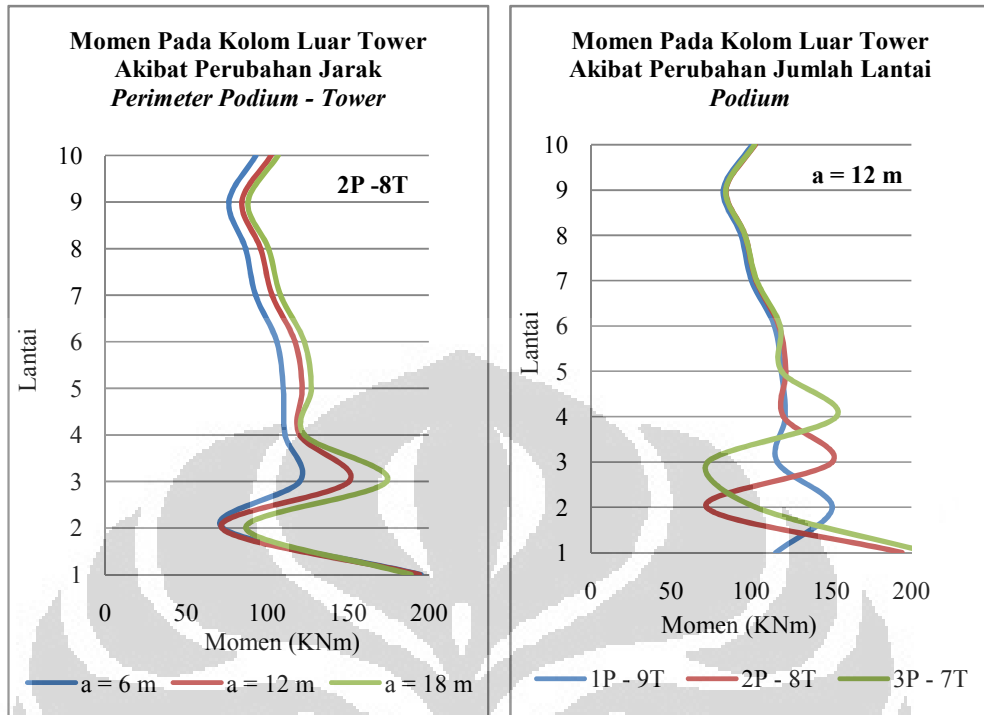
Gambar 4.33. Kolom luar tower.

##### 4.10.1 Grafik Hasil Simulasi

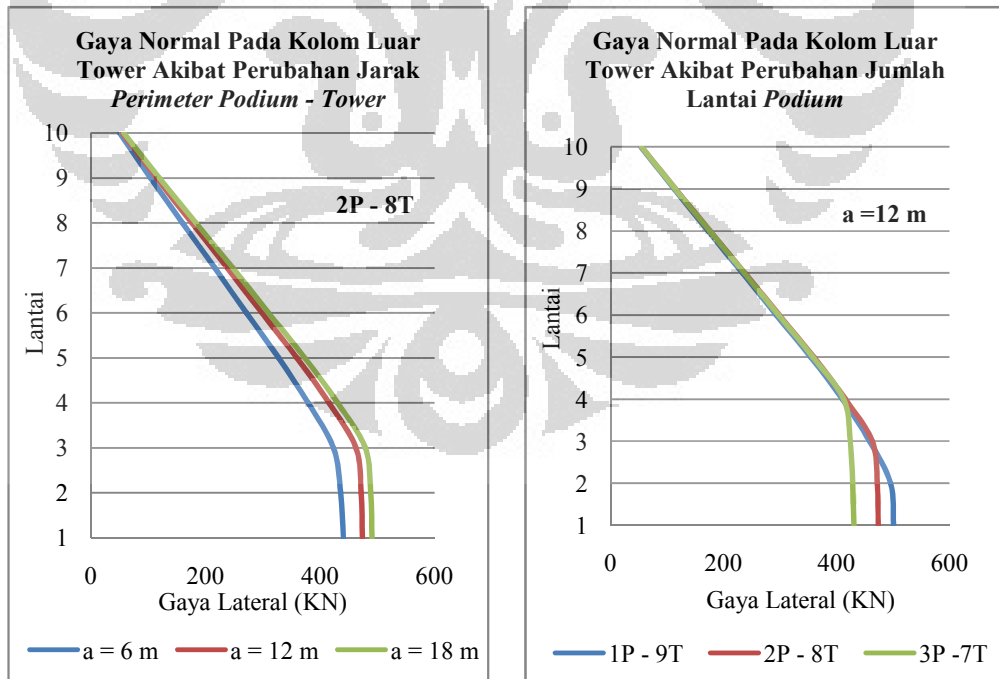
###### a. Sistem lantai shell



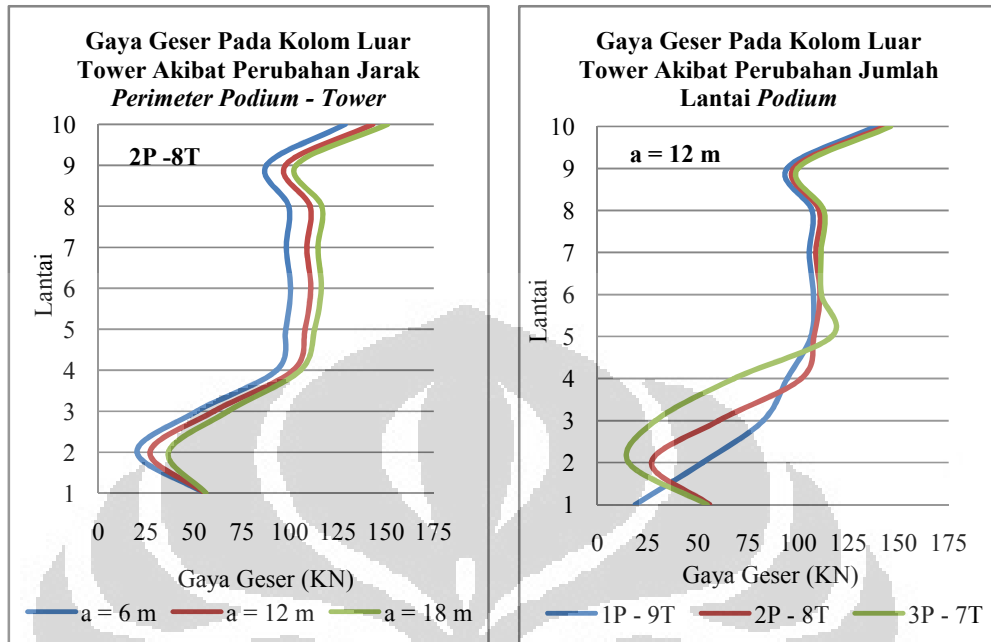
Gambar 4.34. Gambar variasi gaya geser dengan sistem lantai shell.



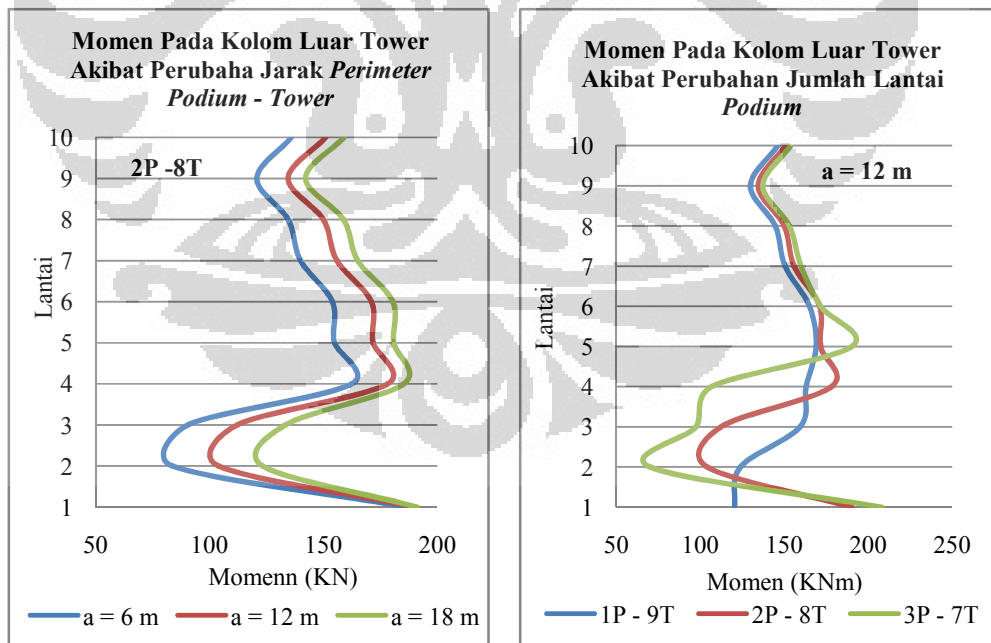
Gambar 4.35. Grafik variasi momen dengan sistem lantai *shell*.



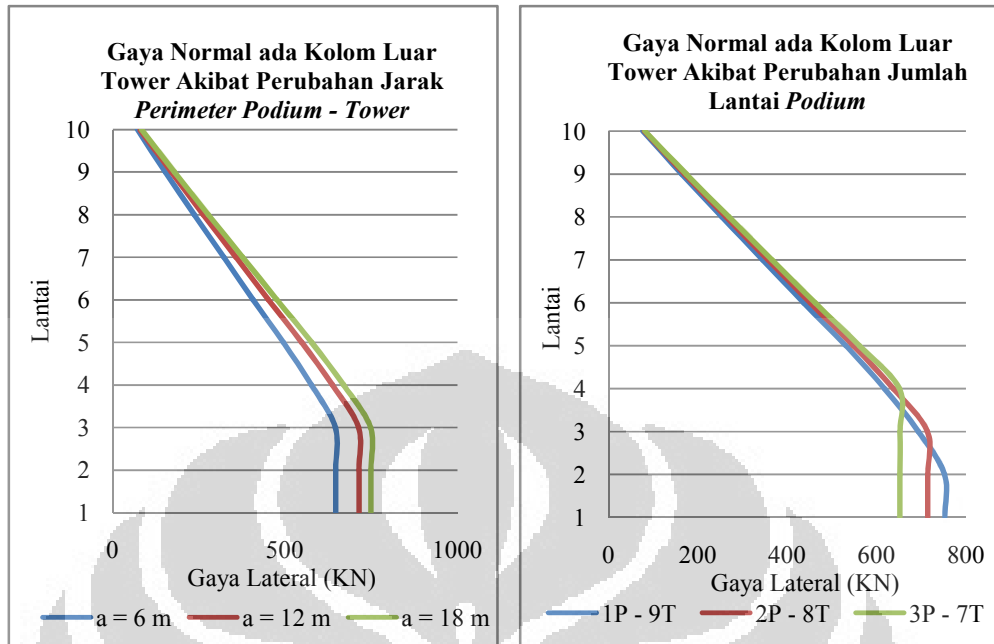
Gambar 4.36. Gambar variasi gaya normal pada kolom luar tower dengan sistem lantai *shell*.

b. Sistem lantai *membrane*

Gambar 4.37. Grafik variasi gaya geser pada kolom luar tower dengan sistem lantai *membrane*.

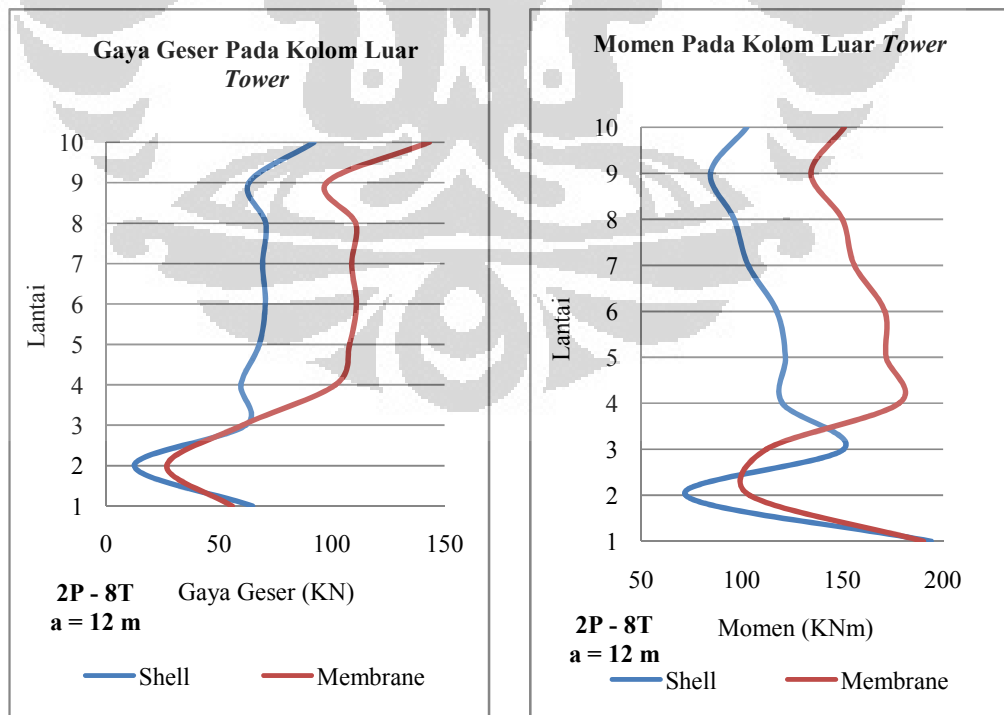


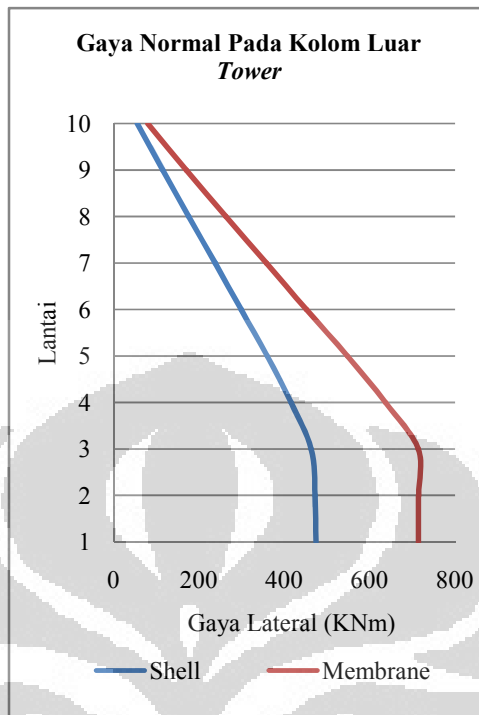
Gambar 4.38. Grafik variasi momen pada kolom luar tower dengan sistem lantai *membrane*.



Gambar 4.39. Grafik variasi gaya normal pada kolom luar tower dengan sistem lantai *membrane*.

c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*





Gambar 4.40. Grafik variasi gaya dalam pada kolom luar *tower* dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.10.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

##### a. Sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*

1. Akibat variasi jarak perimeter *podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan :
  - ✓ Gaya geser yang semakin besar. Dimana nilai gaya geser minimum berada pada lantai atap *podium* dan maksimum pada lantai paling atas tower.
  - ✓ Momen semakin besar. Dimana nilai momen minimum berada pada lantai atap *podium*, dan maksimum pada lantai pertama pada tower.
  - ✓ Gaya normal semakin besar.

2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* dari *podium* 1 sampai *podium* 3 lantai menghasilkan :

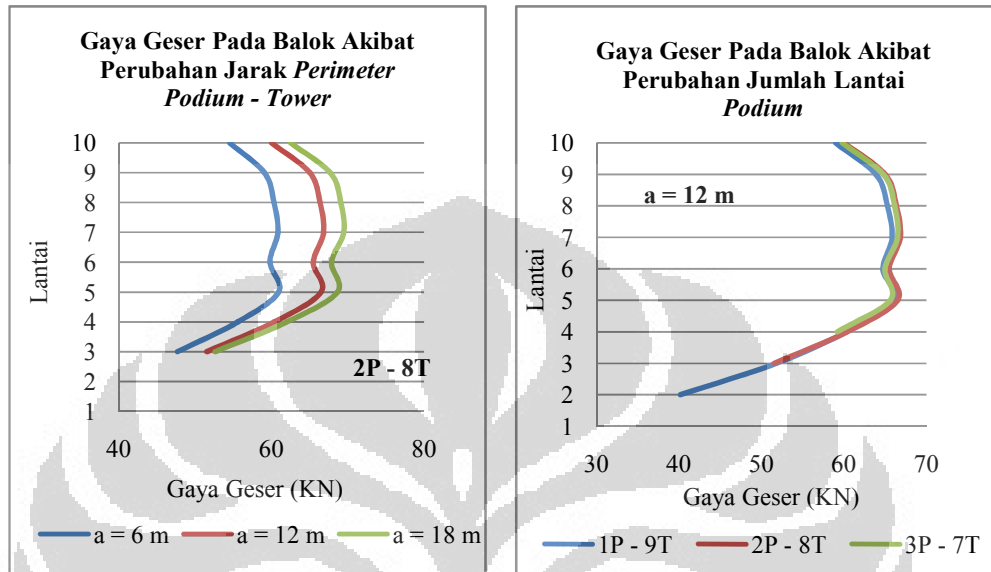
- ✓ Gaya geser yang terjadi bervariasi, dimana gaya geser minimum terjadi pada lantai atap *podium*.
  - ✓ Momen yang terjadi bervariasi, dimana momen minimum terjadi pada lantai atap *podium*.
  - ✓ Gaya normal semakin kecil khususnya pada lantai podium saja.
- b. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*
- ✓ Gaya geser pada sistem lantai *shell* lebih kecil dibandingkan dengan gaya geser pada sistem lantai *membrane*.
  - ✓ Momen pada sistem lantai *shell* lebih kecil dibandingkan dengan gaya geser pada sistem lantai *membrane*.
  - ✓ Gaya normal pada sistem lantai *shell* lebih kecil dibandingkan dengan gaya geser pada sistem lantai *membrane*.

Gaya geser, momen, dan gaya normal mengecil/minimum di atap podium ataupun di podium itu sendiri, karena struktur lebih kaku pada area podium. Pada sistem *shell* dan *membrane* diperoleh gaya geser, momen dan gaya normal pada *shell* lebih kecil daripada *membrane*. Hal ini disebabkan karena gaya lateral gempa lebih besar pada *membrane*.

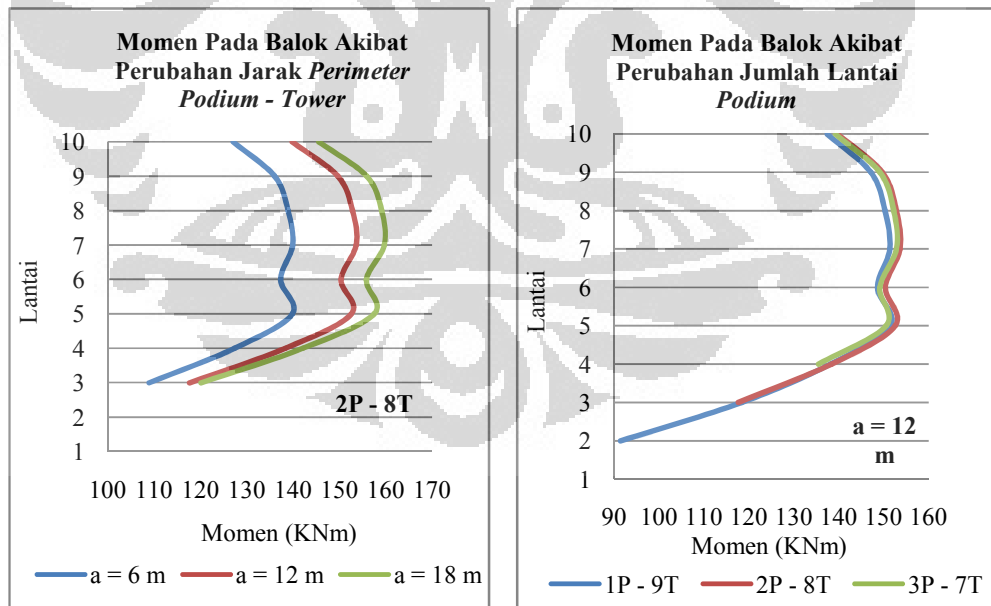
## 4.11 Gaya - Gaya Dalam Pada Balok

### 4.11.1 Grafik Hasil Simulasi

#### a. Sistem lantai *shell*

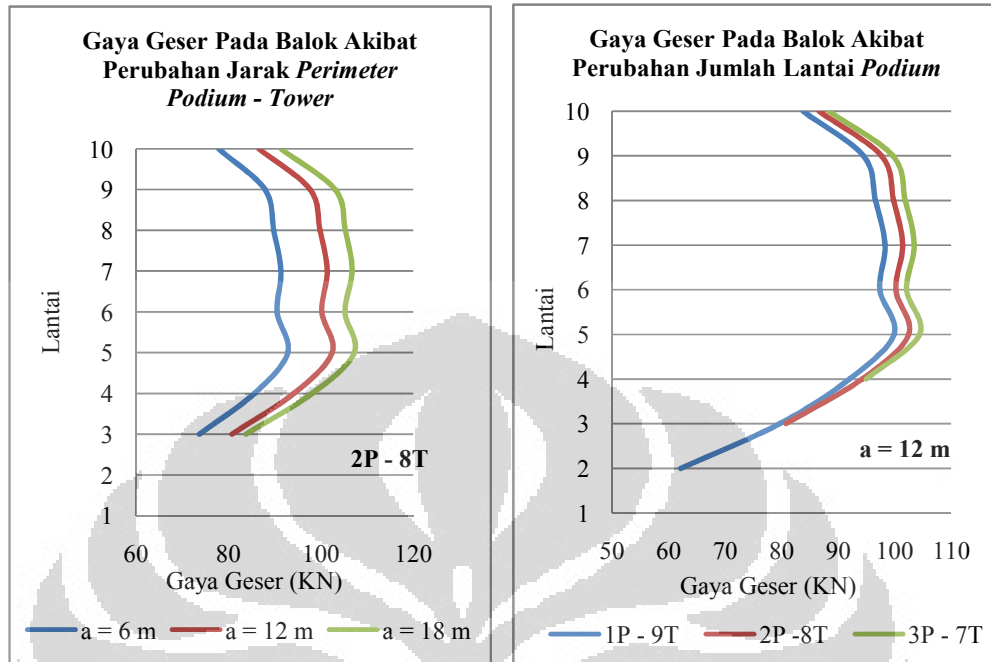
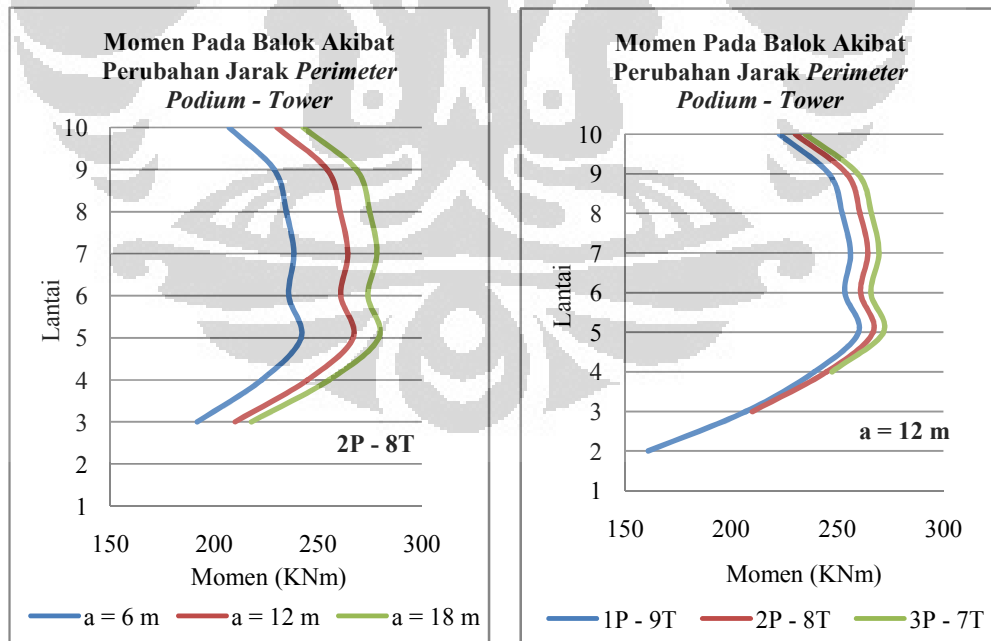


Gambar 4.41 Grafik variasi gaya geser pada balok dengan sistem lantai *shell*.

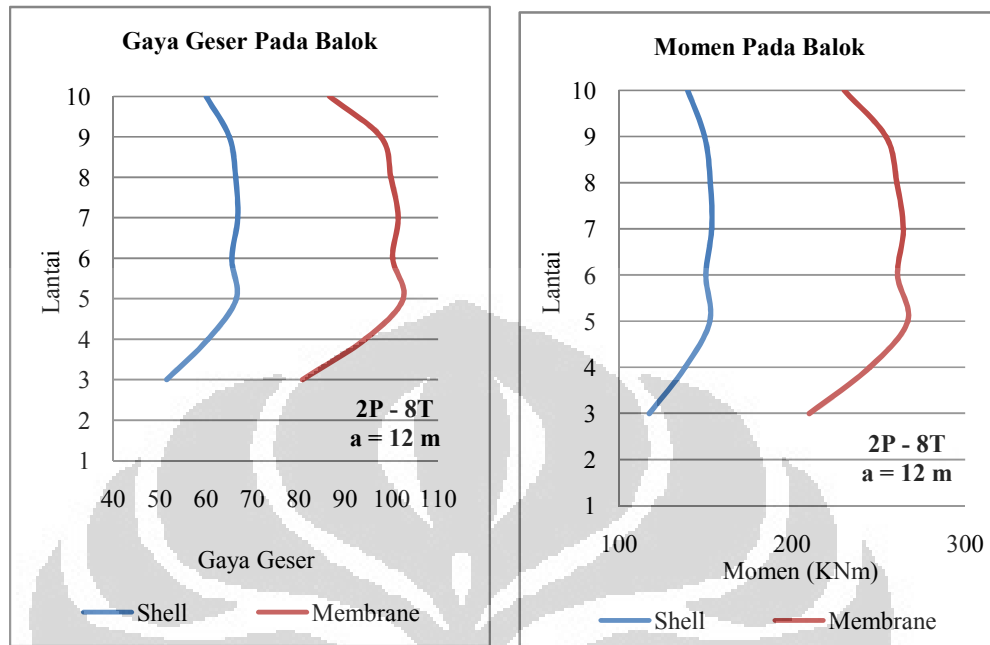


Gambar 4.42. Grafik variasi momen pada balok dengan sistem lantai *shell*.



b. *Sistem Lantai Membrane*Gambar 4.43. Grafik variasi gaya geser pada balok dengan sistem lantai *membrane*.Gambar 4.44. Grafik variasi momen pada balok dengan sistem lantai *membrane*.

c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*



Gambar 4.45. Grafik variasi gaya dalam pada balok dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.11.2 Analisa Hasil Simulasi

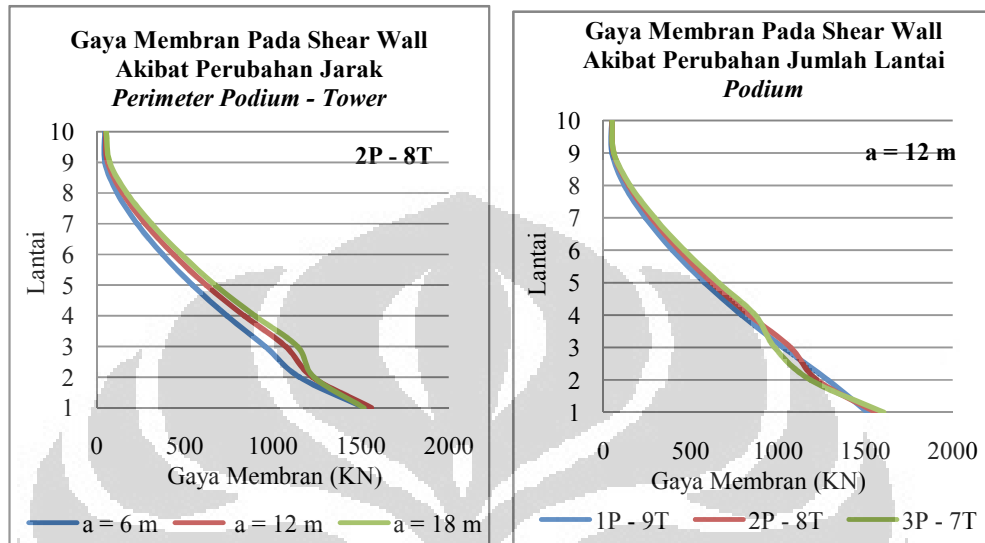
Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Sistem lantai *shell* dan sistem lantai *membrane*
  1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan :
    - ✓ Gaya geser yang semakin besar
    - ✓ Momen semakin besar
  2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* dari *podium* 1 sampai *podium* 3 lantai menghasilkan
    - ✓ Gaya geser pada lantai pertama tower semakin kecil
    - ✓ Momen pada lantai pertama tower semakin kecil
- b. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*
  - ✓ Gaya geser dan momen pada sistem lantai *shell* lebih kecil dibandingkan pada sistem lantai *membrane*

#### 4.12. Gaya-Gaya Dalam Pada Dinding Geser (*Shear Wall*)

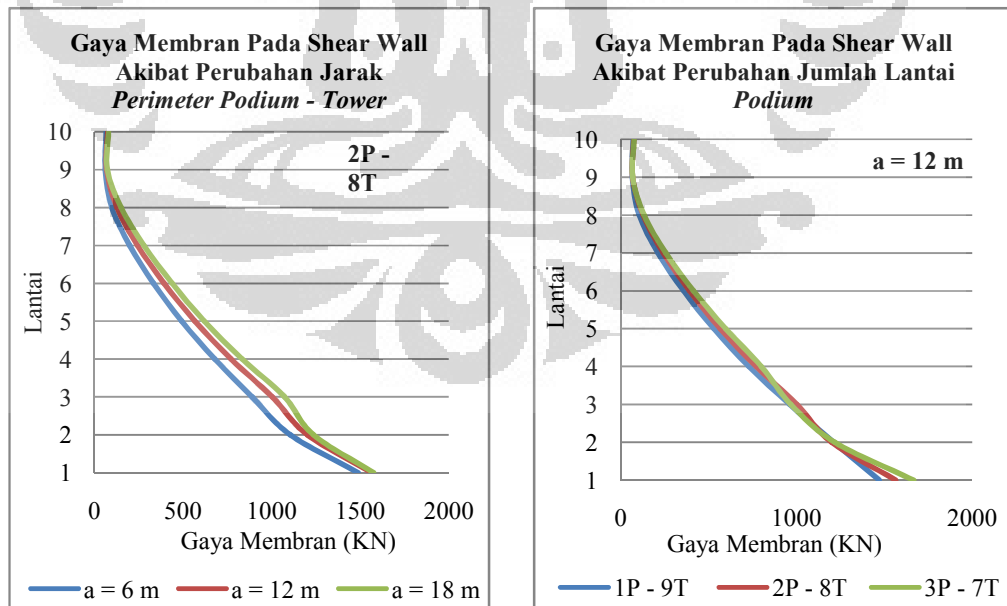
##### 4.12.1 Grafik Hasil Simulasi

###### a. Sistem Lantai *Shell*



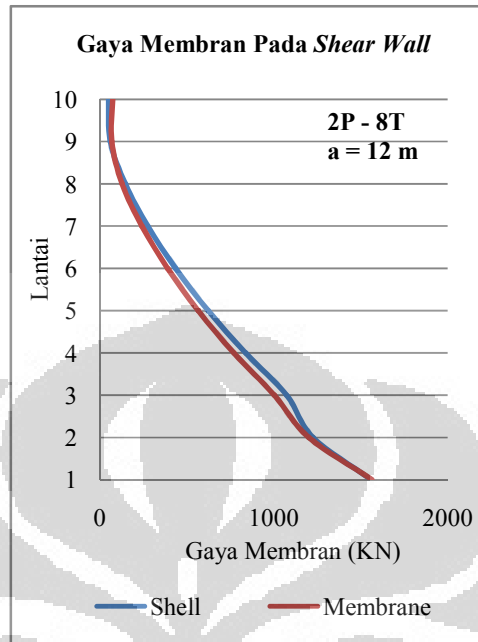
Gambar 4.46. Grafik variasi gaya membran pada *shear wall* dengan sistem lantai *shell*.

###### b. Sistem Lantai *Membrane*



Gambar 4.47 Grafik variasi gaya membran pada *shear wall* dengan sistem lantai *membrane*.

c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*



Gambar 4.48. Grafik variasi gaya membran pada *shear wall* dengan perbandingan antara sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*.

#### 4.12.2 Analisa Hasil Simulasi

Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

a. Sistem lantai *shell*

1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan gaya membran semakin besar pada tower tetapi pada podium hampir sama.
2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* dari *podium 1* sampai *podium 3* lantai menghasilkan gaya membran yang semakin besar pada tower, tetapi pada *podium* gaya membrannya semakin kecil.

b. Sistem lantai *membrane*

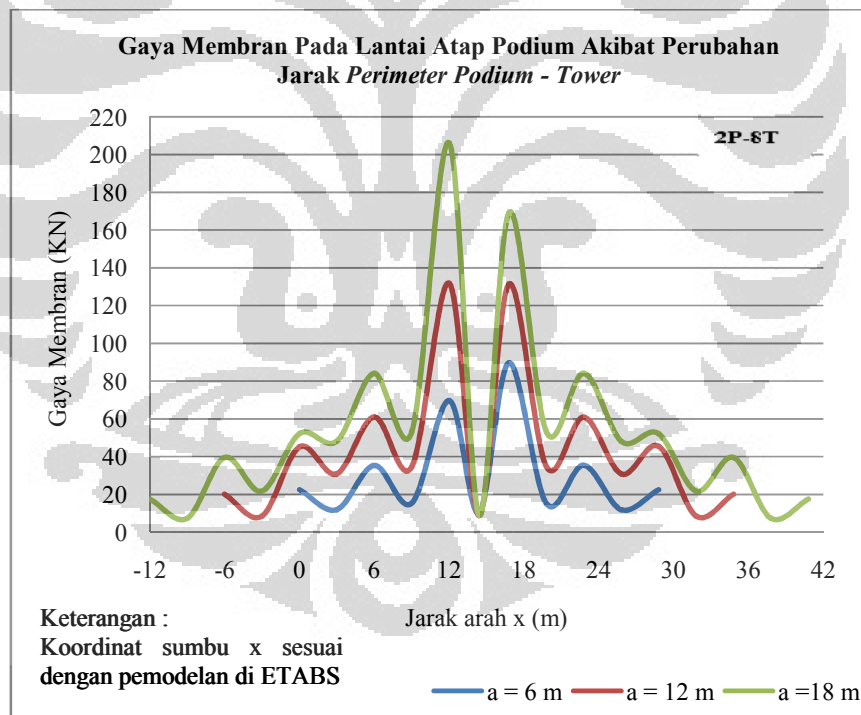
1. Akibat variasi jarak *perimeter podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan gaya membran semakin besar pada tower tetapi pada *podium* hampir sama.

2. Akibat variasi jumlah lantai *podium* dari *podium* 1 sampai *podium* 3 lantai menghasilkan gaya membran yang semakin besar pada tower, tetapi pada *podium* gaya membrannya berbeda-beda. Untuk 1P-9T paling kecil di lantai 1, 2P-8T paling kecil di lantai 2, dan 3P-7T paling kecil di lantai 3.
- c. Perbandingan sistem lantai *shell* dengan sistem lantai *membrane*  
Gaya membran pada *shell* dan *membrane* ketika pada podium hampir sama, tetapi ketika di tower *shell* lebih besar daripada *membrane*.

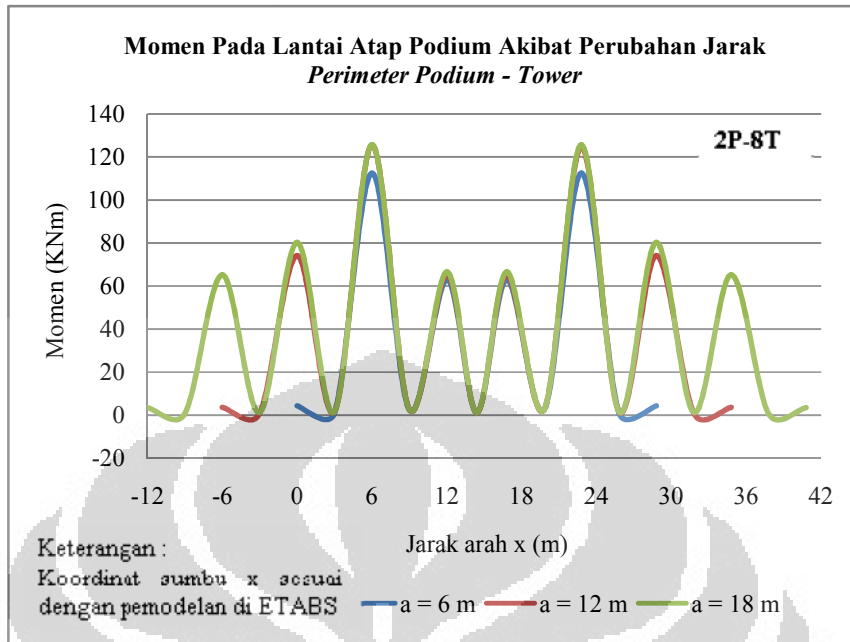
#### 4.13 Gaya-Gaya Dalam Pada Lantai Atap Podium

##### 4.13.1 Grafik Hasil Simulasi

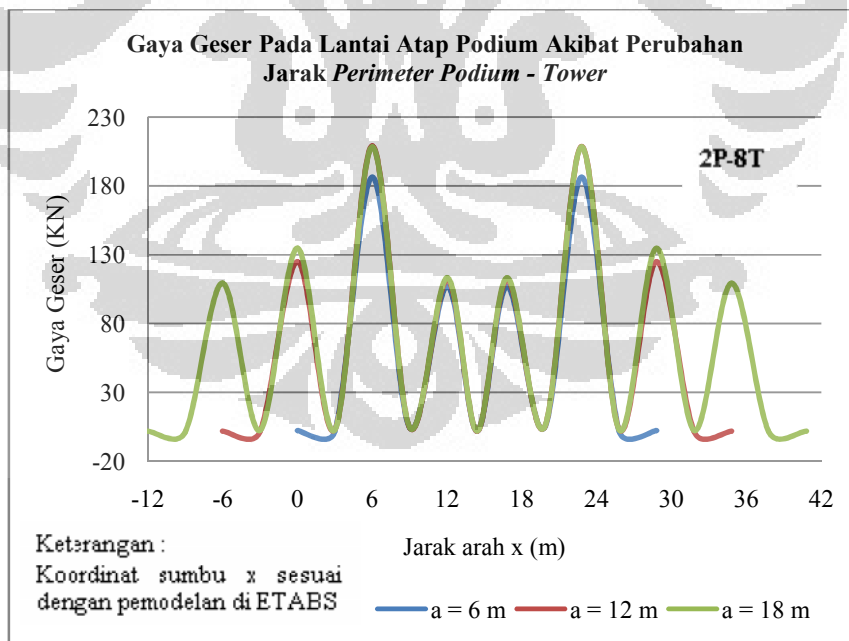
###### a. Sistem Lantai *shell*



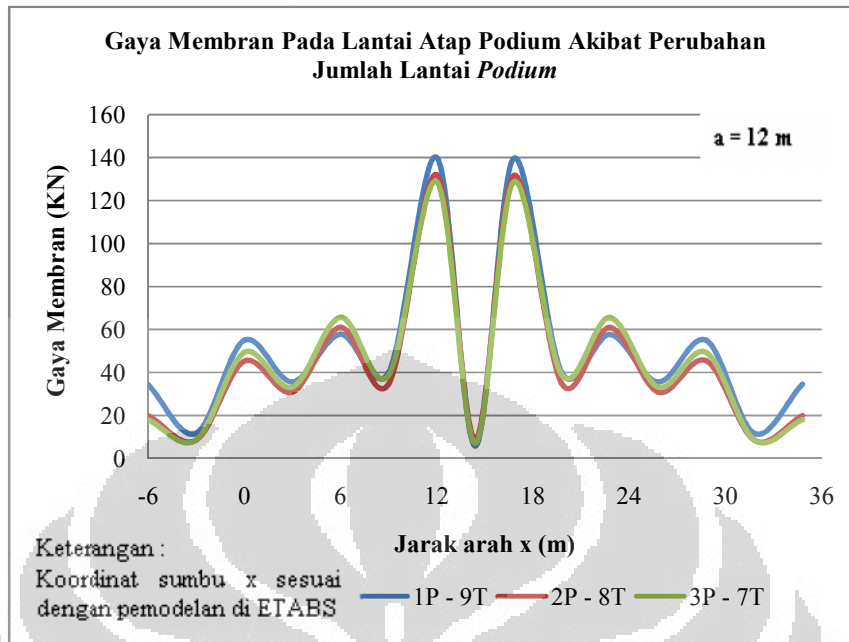
Gambar 4.49. Grafik gaya membran pada lantai atap podium akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* sistem lantai *shell*.



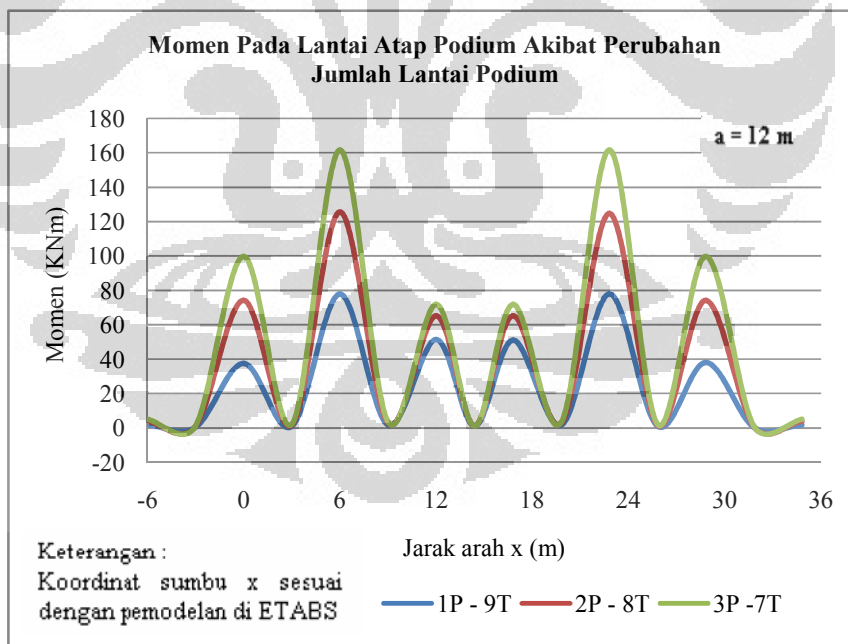
Gambar 4.50. Grafik momen pada lantai atap podium akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* sistem lantai *shell*.



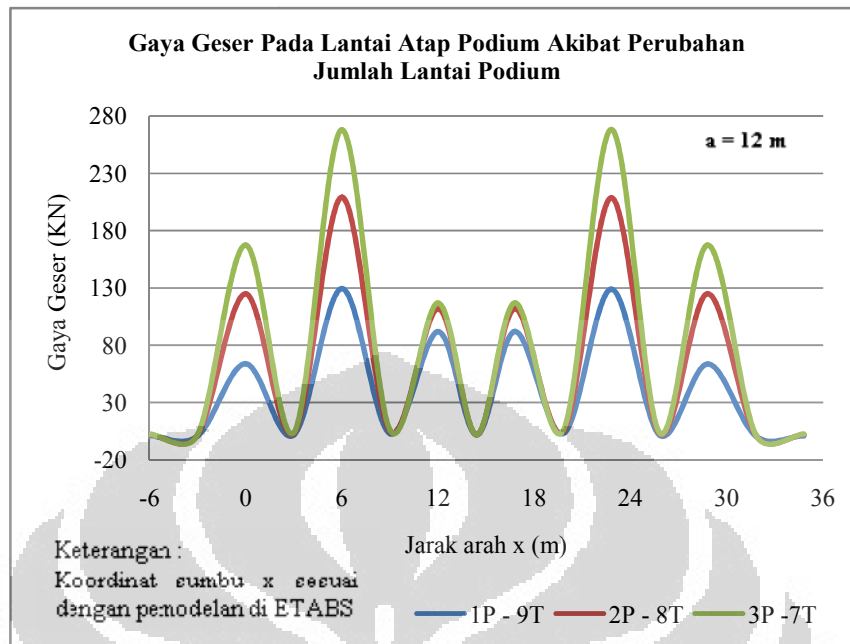
Gambar 4.51. Grafik gaya geser pada lantai atap podium akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* sistem lantai *shell*.



Gambar 4.52. Grafik gaya membran pada lantai atap podium akibat perubahan jarak jumlah lantai *podium* sistem lantai *shell*.



Gambar 4.53 Grafik momen pada lantai atap podium akibat perubahan jarak jumlah lantai *podium* sistem lantai *shell*.



Gambar 4.54. Grafik gaya geser pada lantai atap podium akrobat perubahan jarak jumlah lantai *podium* sistem lantai *shell*.

#### 4.13.2 Grafik Hasil Simulasi

Gambar grafik diatas merupakan kontur gaya-gaya dalam lantai atap podium pada as 5 arah sumbu x pada pemodelan di ETABS. Dengan membandingkan hasil grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa :

##### a. Sistem lantai *shell*

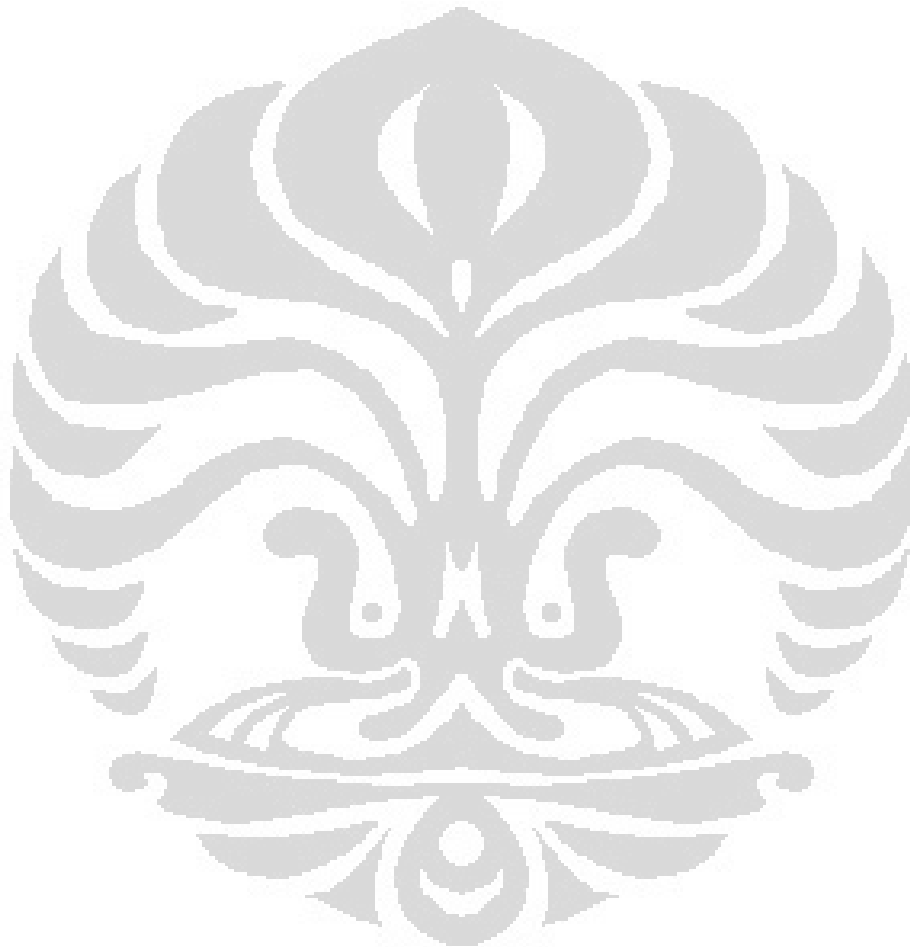
1. Akibat variasi jarak perimeter *podium-tower* dari yang jarak 6 m sampai 18 m menghasilkan :
  - Gaya membran yang semakin besar
  - Gaya geser yang semakin besar
  - Momen semakin besar
2. Akibat variasi jumlah lantai podium dari podium 1 sampai podium 3 lantai menghasilkan :
  - Gaya membran yang semakin kecil
  - Gaya geser yang semakin besar
  - Momen semakin besar



b. Sistem lantai *membrane*

Pada sistem lantai ini tidak ada gaya geser ataupun momen yang terjadi pada lantai.

Pada grafik gaya-gaya dalam diatas dapat terlihat bahwa gaya-gaya dalam maksimum terkonsentrasi pada area *drop panel*. Dimana gaya-gaya pada *drop panel* maksimum terjadi pada area diskontinuitas bangunan.



## BAB 5 PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis efek perubahan posisi sistem penahan lateral pada respon seismik bangunan gedung akibat variasi yang dilakukan, yaitu , variasi terhadap jarak *perimeter podium-tower*, variasi jumlah lantai *podium*, dan variasi terhadap sistem lantai *shell* dan *membrane*. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan diperoleh karakteristik dan gaya-gaya dalam daripada struktur akibat efek perubahan posisi sistem penahan lateral pada respon seismik bangunan gedung , antara lain adalah sebagai berikut :

- Periode getar bangunan dipengaruhi kekakuan dan massa bangunan. Kekakuan semakin besar maka periode getarnya semakin kecil, sebaliknya massanya besar maka periode getarnya semakin besar.
- Partisipasi rasio massa semakin kecil karena kekakuan struktur meningkat.
- Gaya geser dasar semakin besar akibat perubahan jarak perimeter podium – tower, perubahan jumlah lantai podium, dan juga dari *shell* ke *membrane*.
- Lendutan dipengaruhi oleh beban gempa yang terjadi dan juga kekakuan struktur. Pada variasi perubahan jarak perimeter podium – tower diperoleh lendutannya semakin besar. Sedangkan akibat perubahan jumlah lantai podium diperoleh hasil yang bervariasi, hal ini bergantung pada gaya gempa dan kekakuan struktur.
- Gaya geser tingkat (*story shear*) akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* , perubahan jumlah lantai *podium*, dan dari *shell* ke *membrane* semakin besar.
- Simpangan antar lantai (*story drift*) akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* , perubahan jumlah lantai *podium*, dan dari *shell* ke *membrane* semakin besar.

- Momen guling (*overturning moments*) akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower*, perubahan jumlah lantai *podium*, dan dari *shell* ke *membrane* semakin besar.
- Gaya-gaya dalam pada kolom luar *tower* seperti gaya geser, momen, dan gaya normal diperoleh semakin besar akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower*. Sedangkan akibat perubahan jumlah lantai *podium* diperoleh nilainya bervariasi dimana gaya geser dan momen minimum terjadi pada lantai atap *podium*. Dan untuk gaya-gaya dalam pada *shell* lebih kecil dari pada *membrane*.
- Gaya-gaya dalam pada balok seperti gaya geser dan momen diperoleh semakin besar akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower*. Sedangkan akibat perubahan jumlah lantai *podium* gaya geser dan momen semakin kecil di lantai pertama *tower*. Dan untuk gaya-gaya dalam pada *shell* lebih kecil dari pada *membrane*.
- Gaya-gaya dalam pada *shear wall*, seperti gaya membran diperoleh semakin besar pada *tower* dan pada podium hampir sama akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower*, akibat perubahan jumlah lantai *podium* dan dari *membrane* ke *shell*.
- Gaya-gaya dalam pada lantai atap *podium*, seperti gaya membran, gaya geser dan momen akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* diperoleh semakin besar. Akibat perubahan jumlah lantai *podium* gaya membran semakin kecil sedangkan gaya geser dan momen semakin besar.

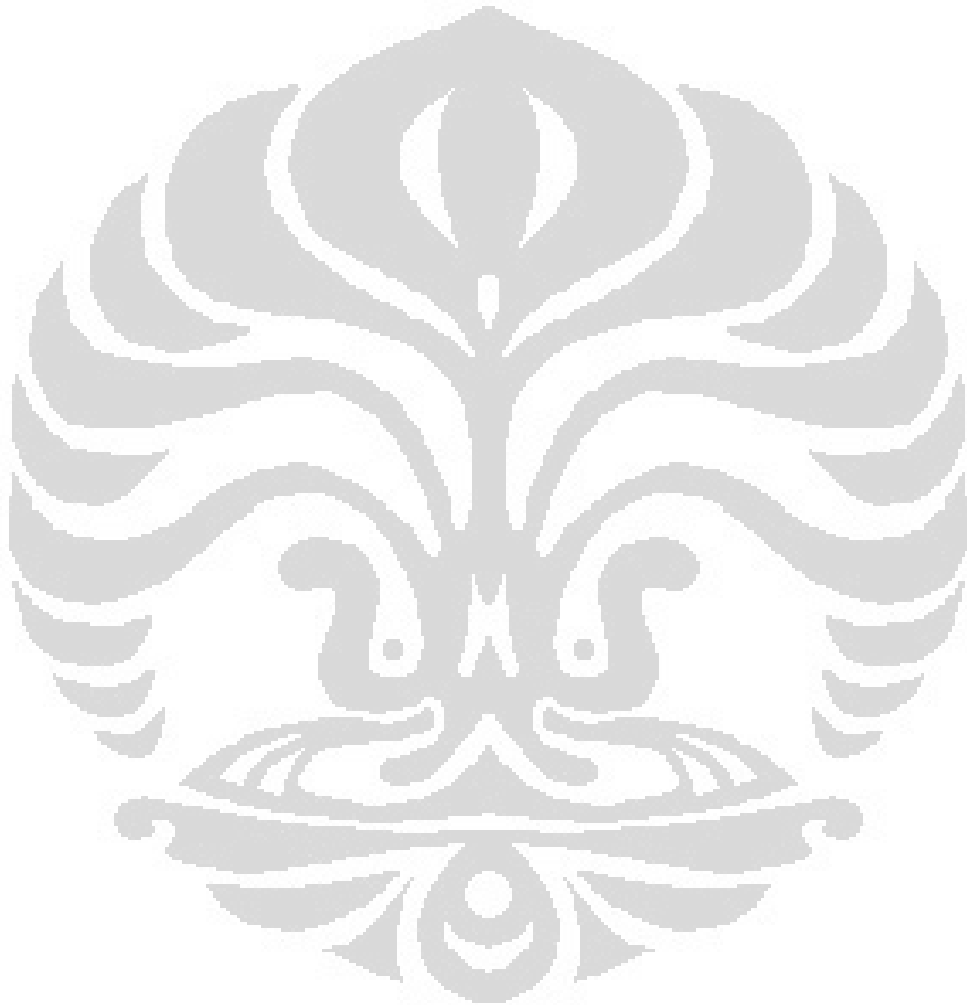
## 5.2 SARAN

Saran-saran yang ingin penulis bagikan kepada para mahasiswa-mahasiswa yang mau mengambil skripsi bidang struktur khususnya tentang analisa karakteristik bangunan terhadap perubahan sistem penahan lateral adalah untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal maka lebih baik memperbanyak simulasi yang dilakukan baik terhadap variasi jarak *perimeter podium-tower* dan variasi jumlah lantai *podium*.

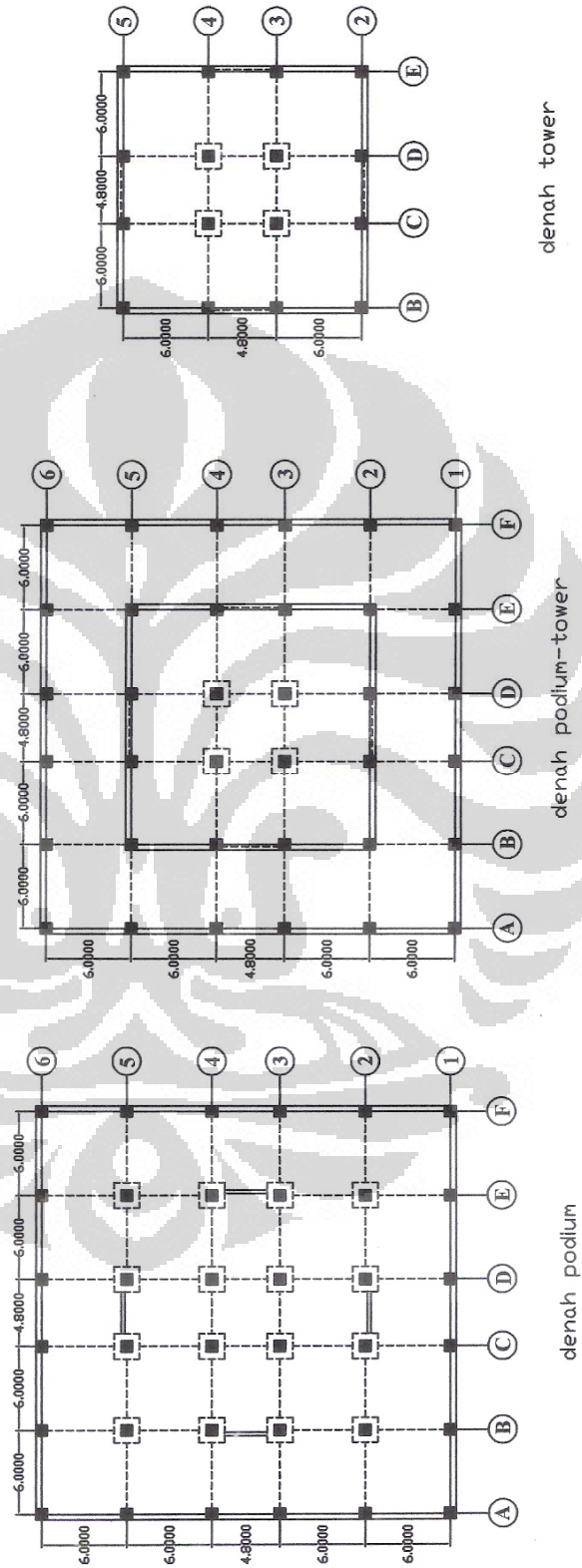
## DAFTAR REFERENSI

- Chopra, Anil K.(1995). *Dynamics of Structures : Theory and Applications to Earthquake Engineering*. New Jersey : Prentice-Hall,Inc.
- Clough, R.W., & Penzien, J. (1994). *Dinamika Struktur* (Dines Ginting, Penerjemah). Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Iskandarsyah, Helmy. (2009). *Perilaku Dinamis Struktur Beton Bertulang Dari Gedung Beraturan Dengan Daktilitas (Nilai R) Subsistem Struktur Yang Berbeda*, Skripsi Sarjana Teknik. Medan : Univeristas Sumatera Utara.
- Kh, Sunggono. (1995). *Buku Teknik Sipil*. Bandung : Penerbit NOVA
- Lumantarna, Benjamin.(2000). *Pengantar Analisis Dinamis dan Gempa*. Surabaya : Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Kristen PETRA dan Penerbit Andi.
- Naeim, Farzard. (Ed).(2002). *The Seismic Design Handbook* (2<sup>nd</sup> ed).
- Rastandi, I.J. (2006). *Dampak Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental Pada Bangunan Gedung Tingkat Rendah*. Depok.
- Schueller, and Wolfgang. (1989). *Struktur bangunan bertingkat tinggi* (Januar Hakim, Penerjemah). Bandung : PT. Eresco.
- Smith, et all,. (1991). *Tall Building Structures : Analysis and Design*. Canada : John Wiley & Sons, INC.
- Sudarsana, I.K., Sugupta, D.P.G., Udara, I.G.N.K. (2010). *Perilaku Dinamis Struktur Beton Bertulang Dari Gedung Beraturan Dengan Daktilitas (Nilai R) Subsistem Struktur Yang Berbeda*. Denpasar : Universitas Udayana
- Standar Nasional Indonesia 03-1726-2002, “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung”, Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia 03-2874-2002, “Tentang Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”, Badan Standardisasi Nasional.
- SKBI -1.3.53.1987 “Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung”, Departemen Pekerjaan Umum.

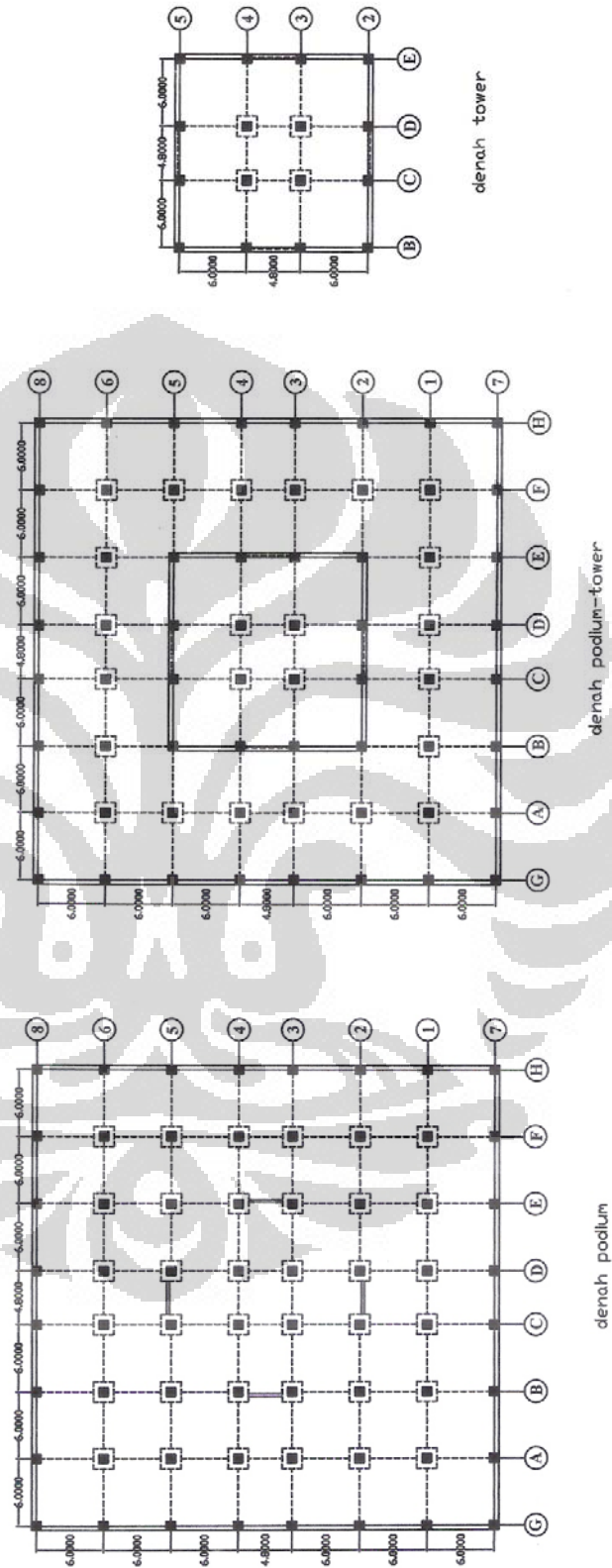
Taranath, Bungale S. (1998). *Structural Analysis & Design of Tall Buildings*.  
Singapore : McGraw-Hill Inc.



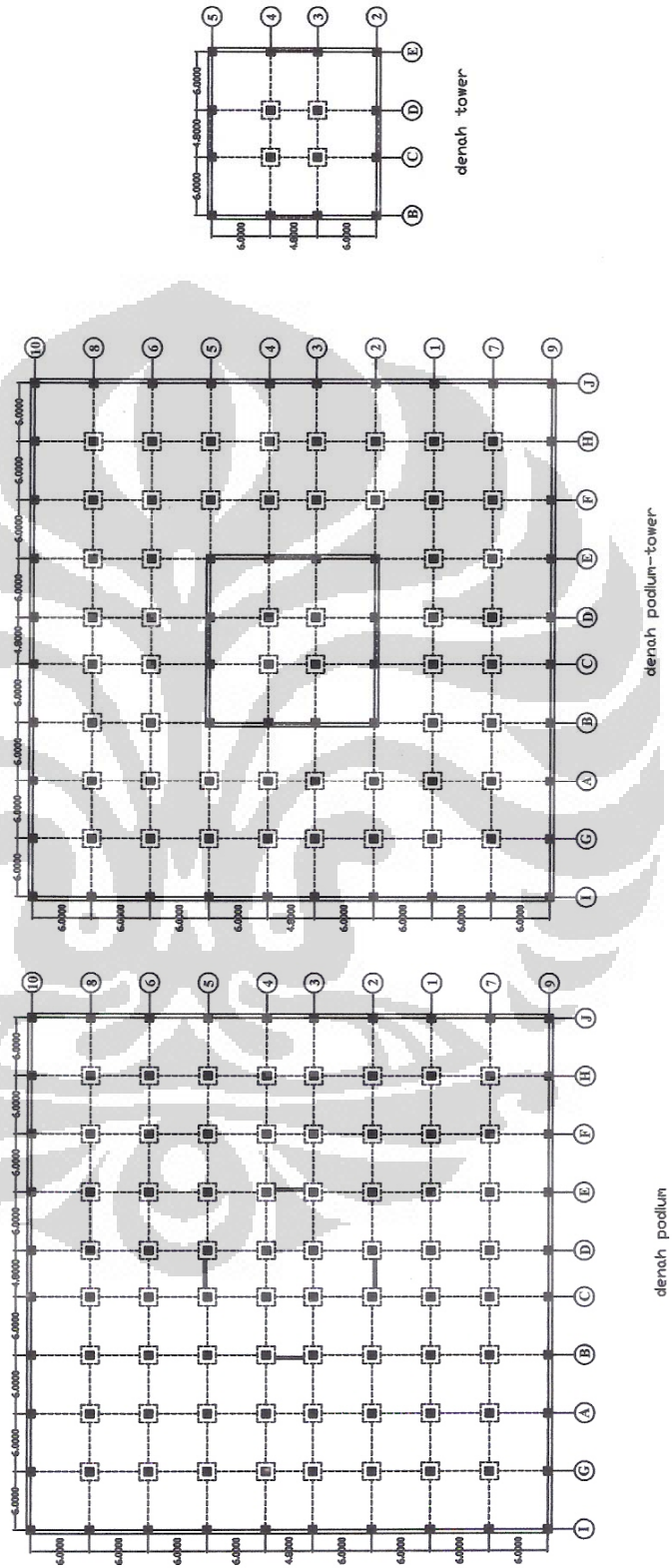
Lampiran 1 : Denah untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m.



Lampiran 2 : Denah untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m.

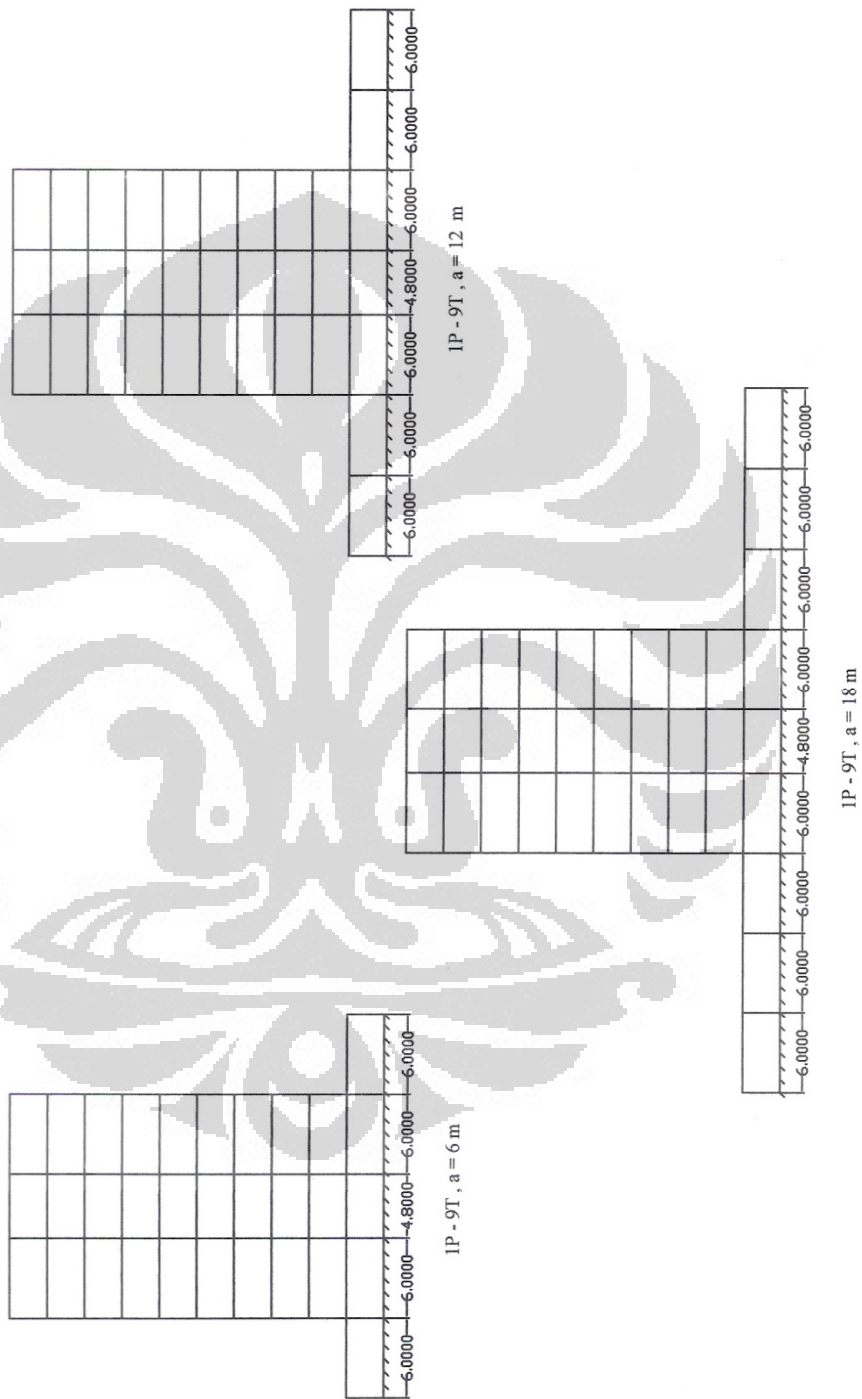


Lampiran 3 : Denah untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m.

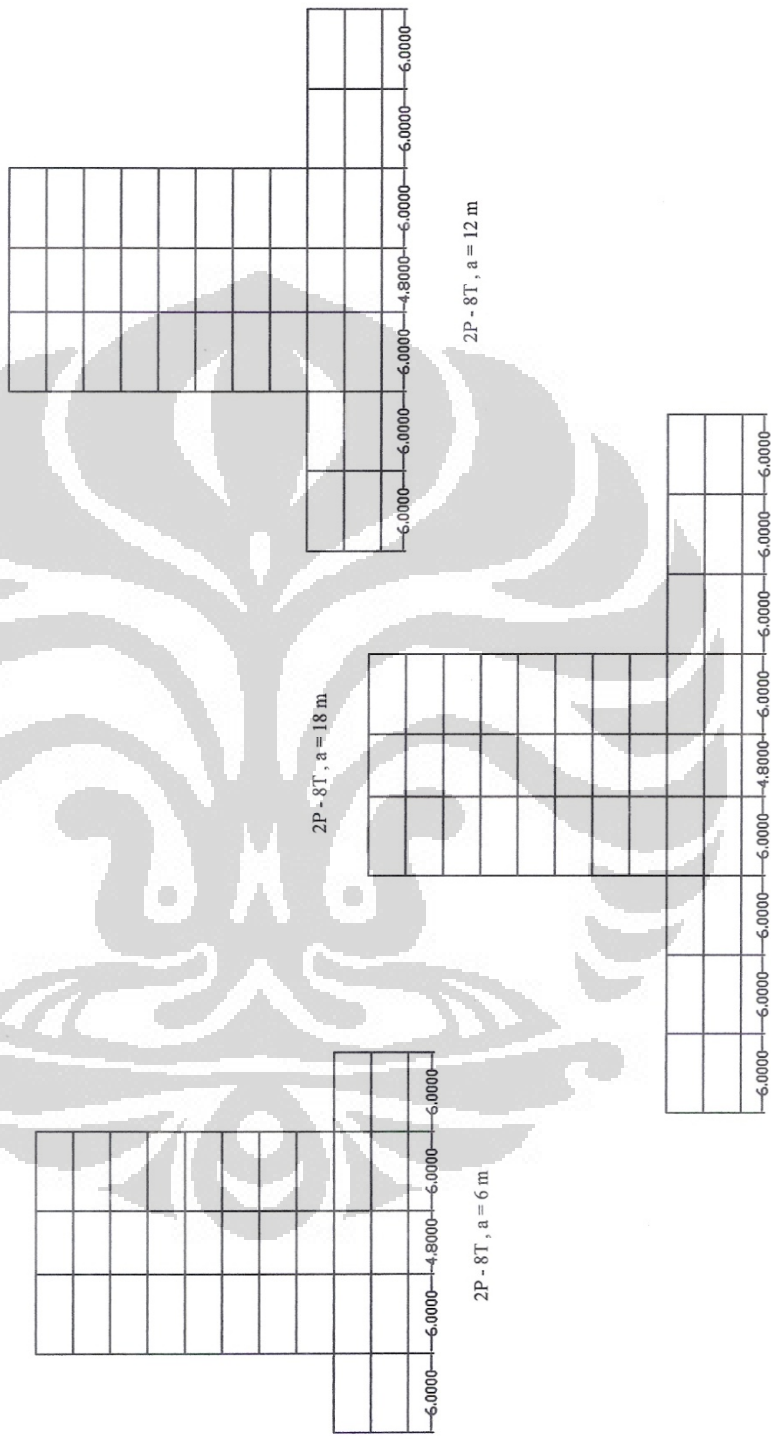




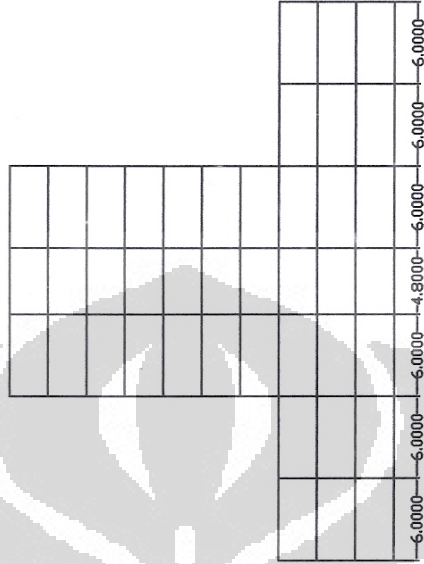
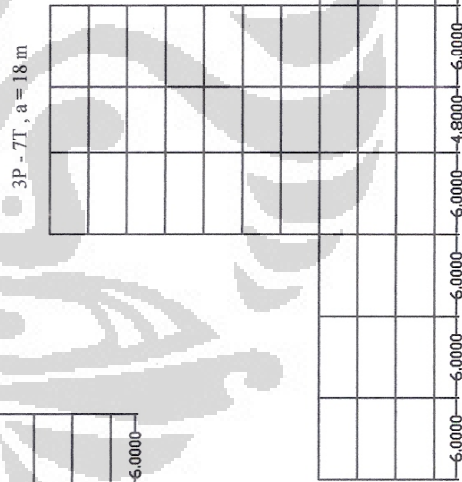
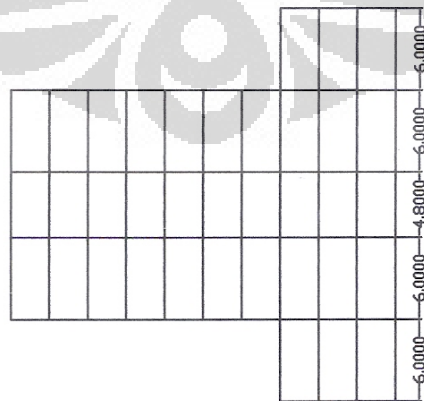
Lampiran 4 : Tampak gedung untuk struktur 1 podium – 9 tower (1P-9T).



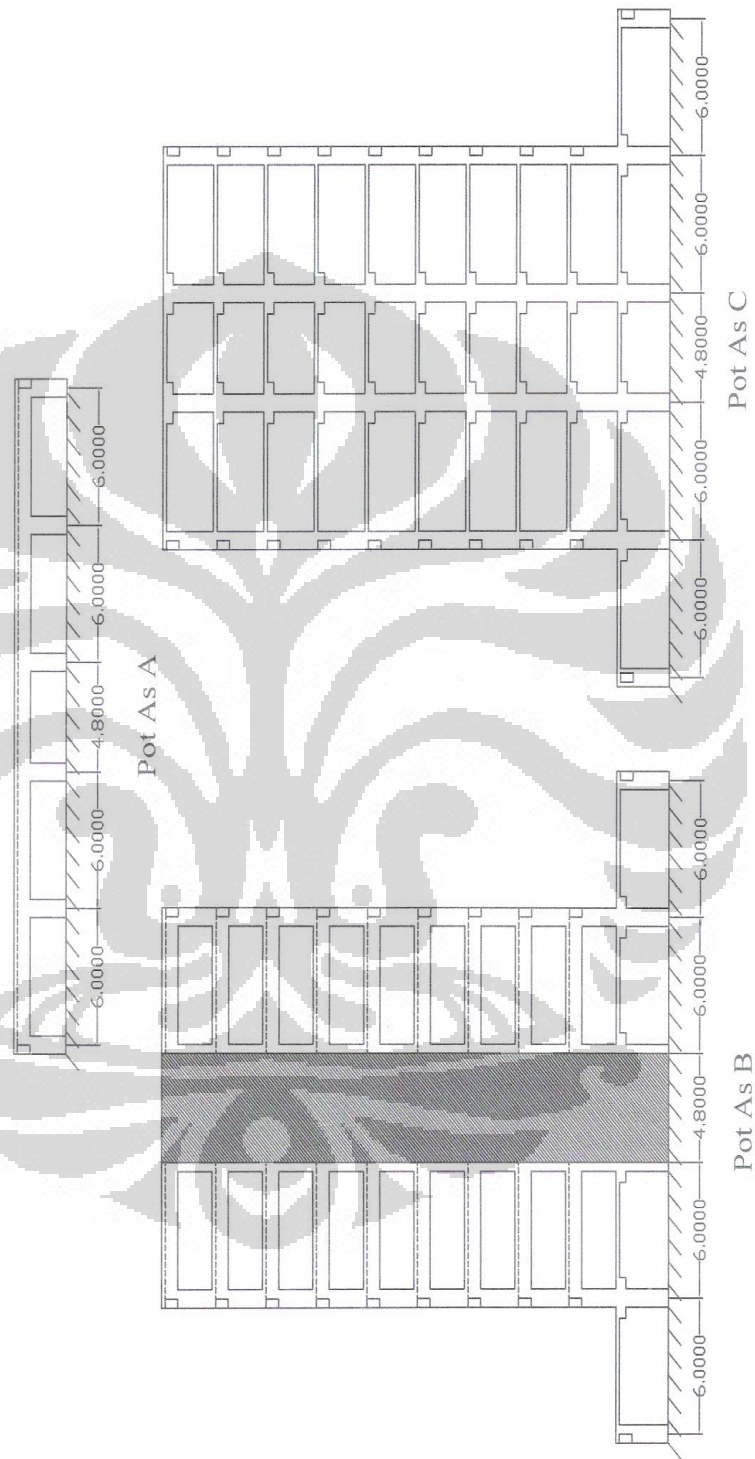
Lampiran 5 : Tampak gedung untuk struktur 2 podium – 8 tower (2P-8T).



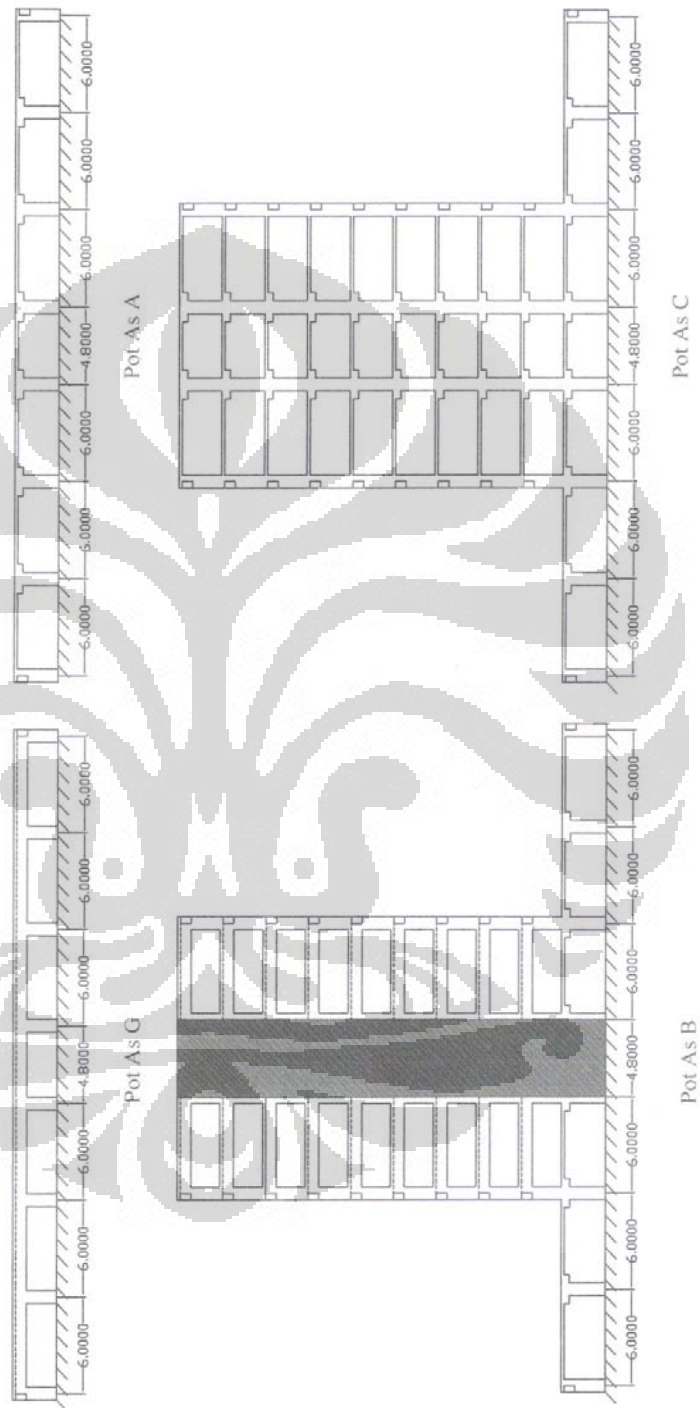
Lampiran 6 : Tampak gedung untuk struktur 3 podium – 7 tower (3P-7T).



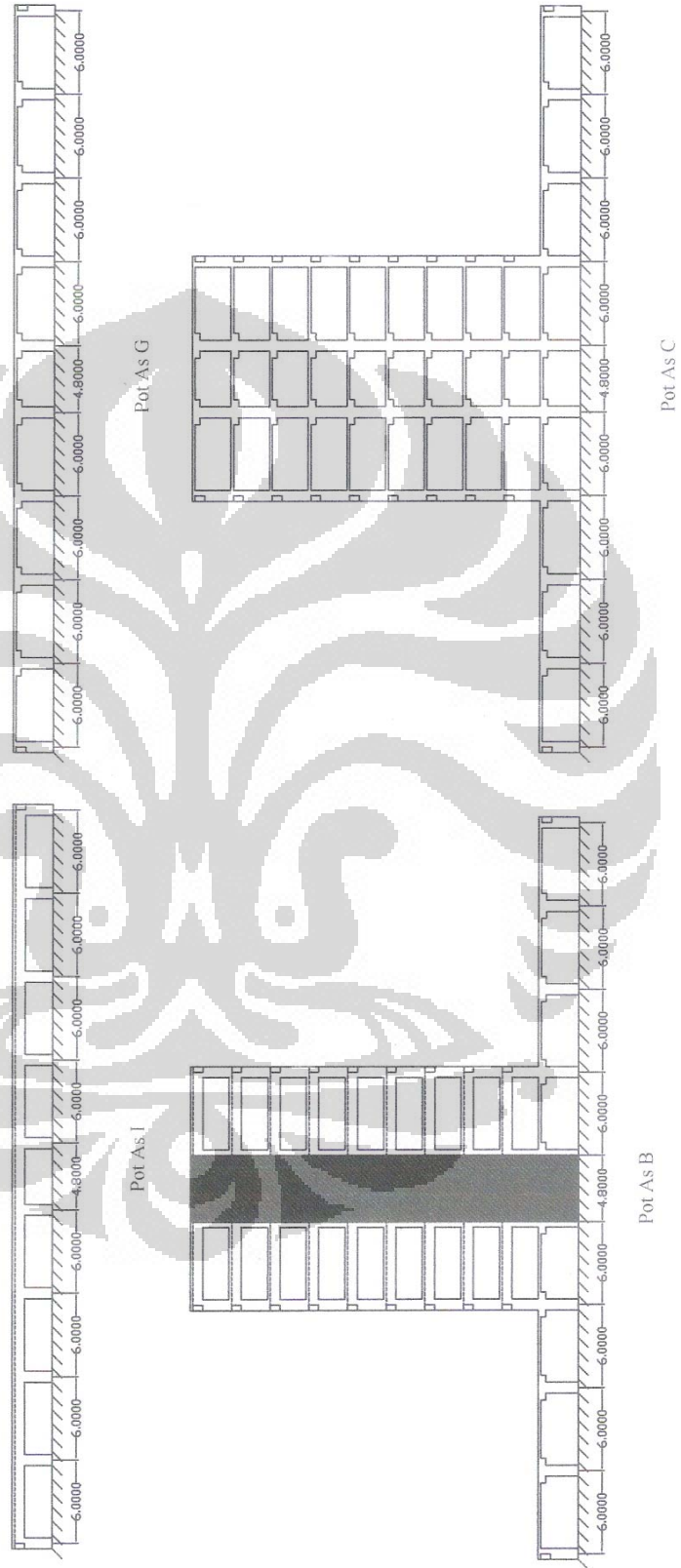
Lampiran 7 : Potongan gedung untuk struktur 1 lantai podium- 9 lantai tower dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m (IP-9T ; a = 6 m).



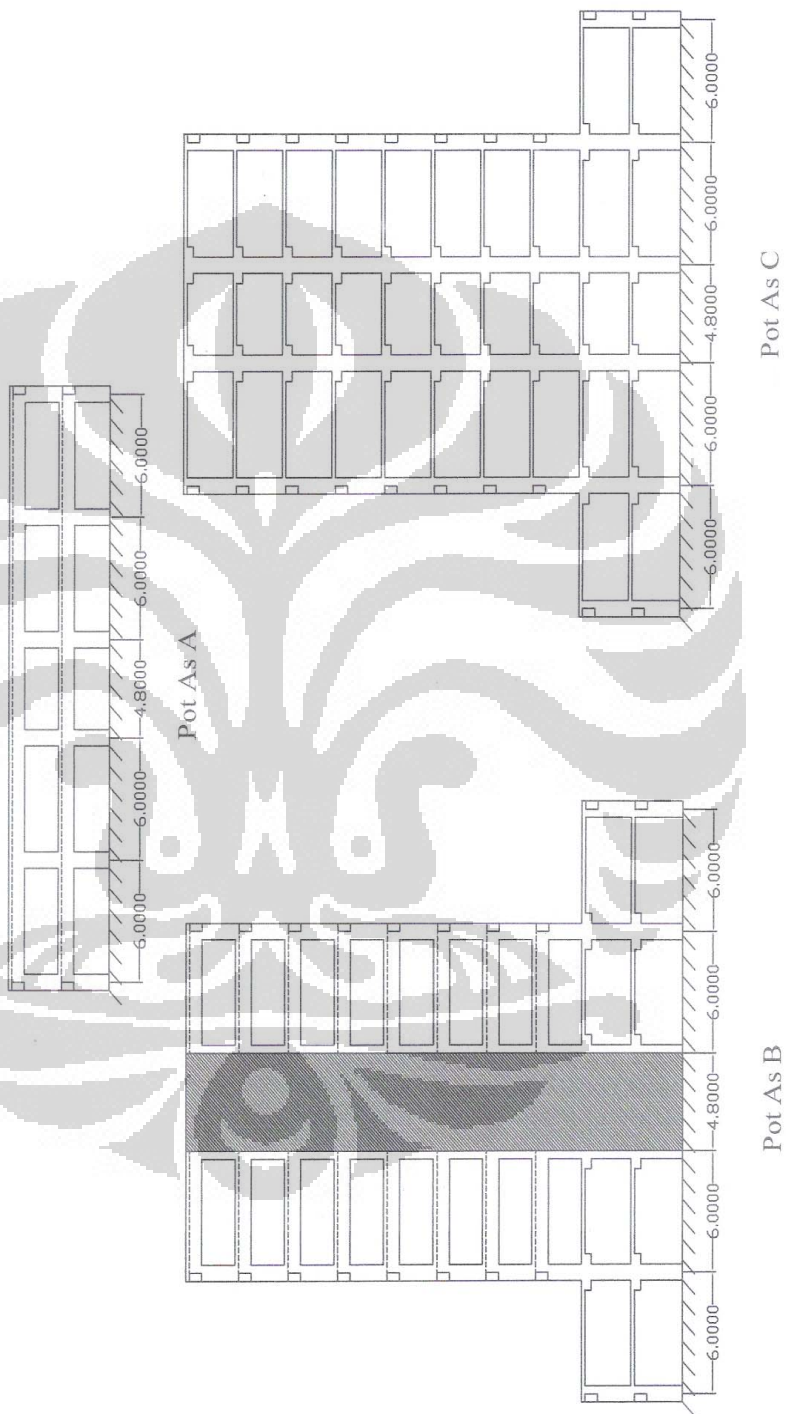
Lampiran 8 : Potongan gedung untuk struktur 1 lantai podium- 9 lantai tower dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m (IP-9T ; a = 12 m).



Lampiran 9 : Potongan gedung untuk struktur 1 lantai podium- 9 lantai tower dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m (IP-9T ; a = 18 m).

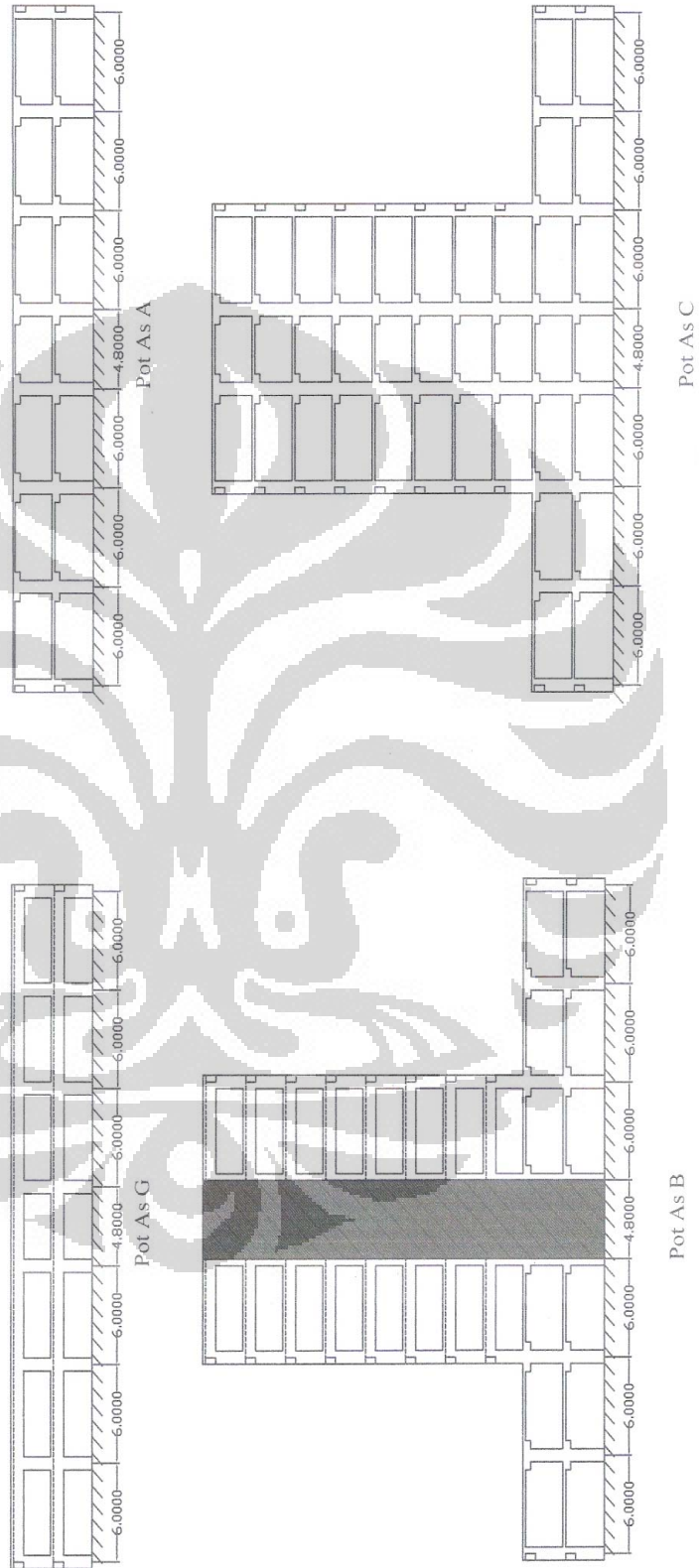


Lampiran 10 : Potongan gedung untuk struktur 2 lantai podium- 8 lantai tower dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m (2P-8T ; a = 6 m).



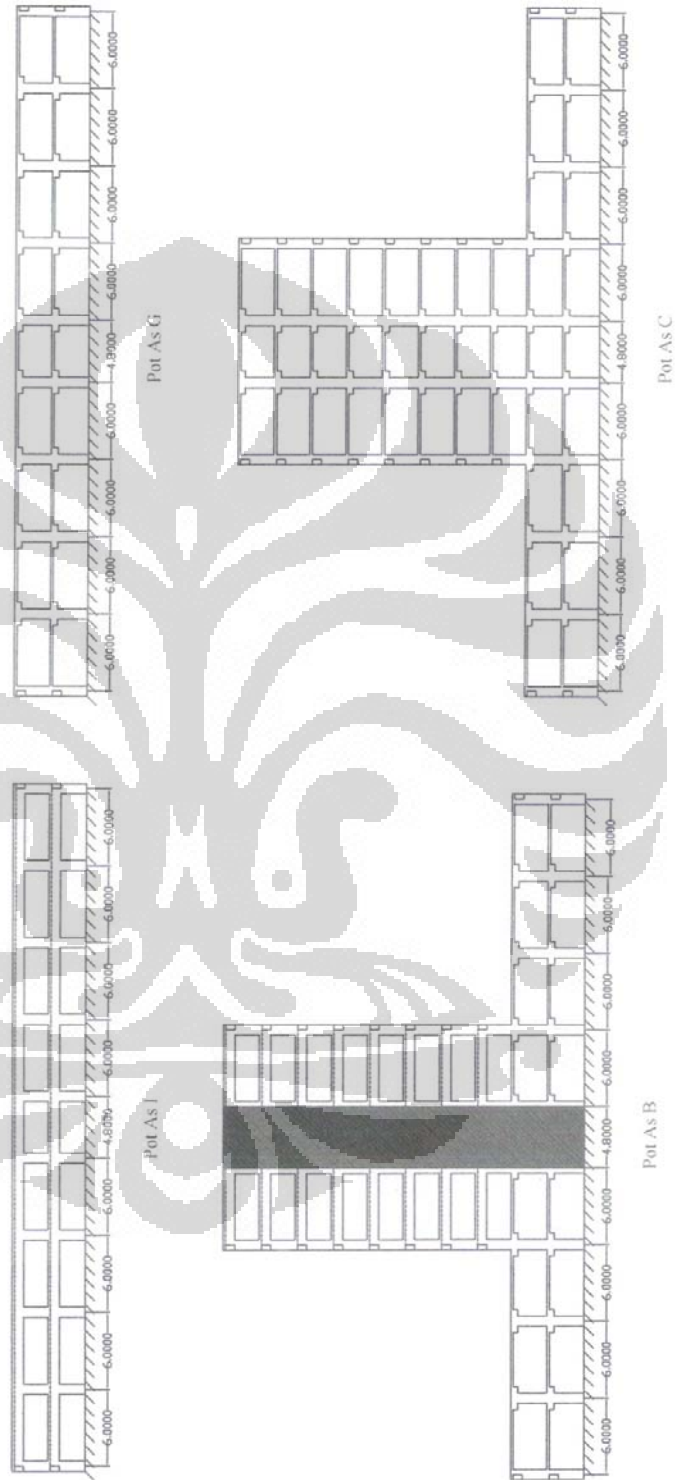


Lampiran 11 : Potongan gedung untuk struktur 2 lantai podium- 8 lantai tower dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m (2P-8T ; a = 12 m).

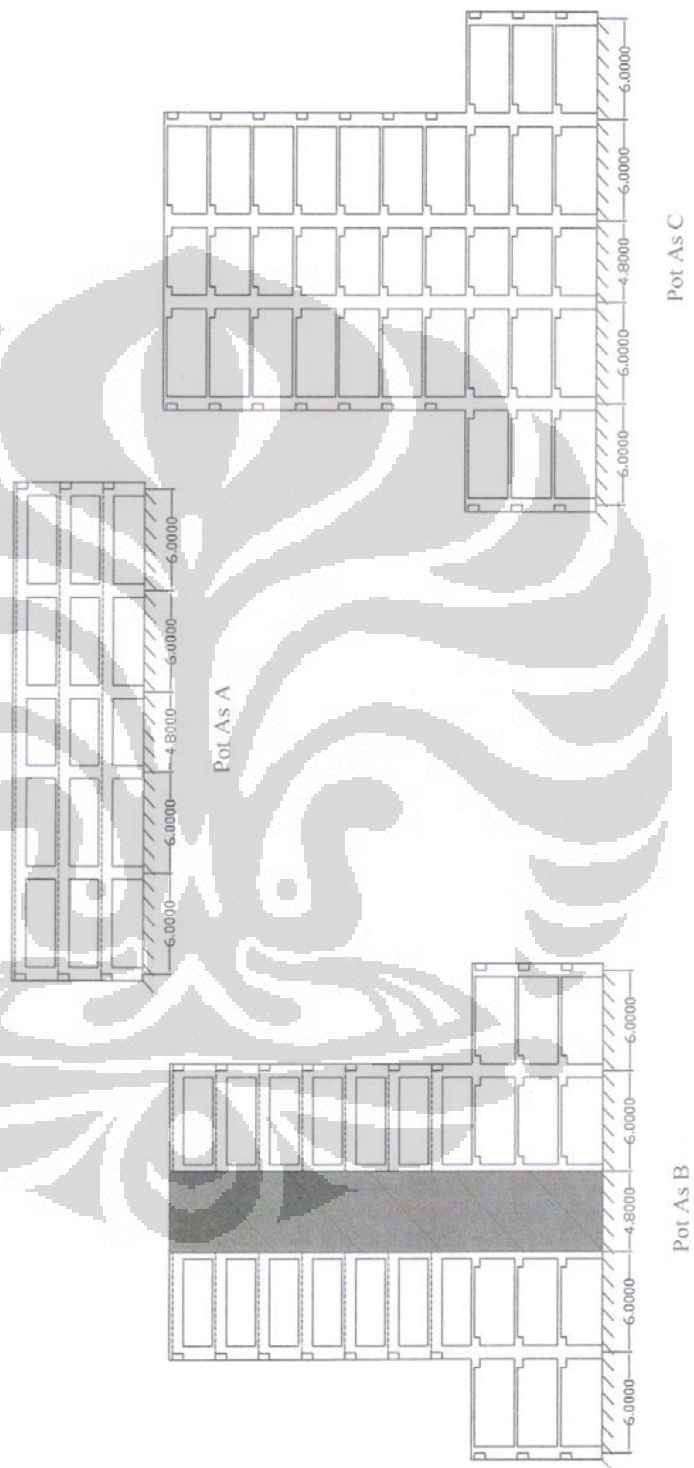




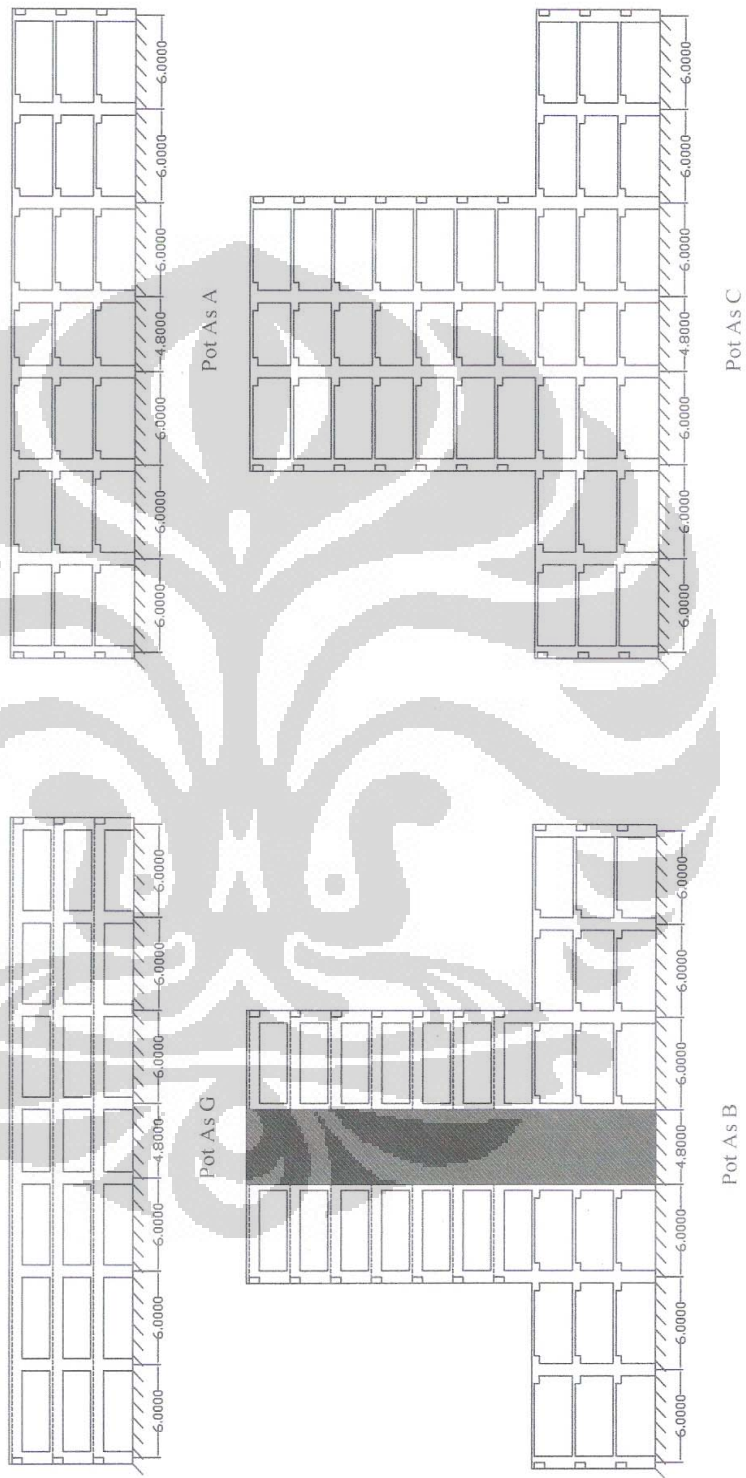
Lampiran 12 : Potongan gedung untuk struktur 2 lantai podium- 8 lantai tower dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m (2P-8T ; a = 18 m).



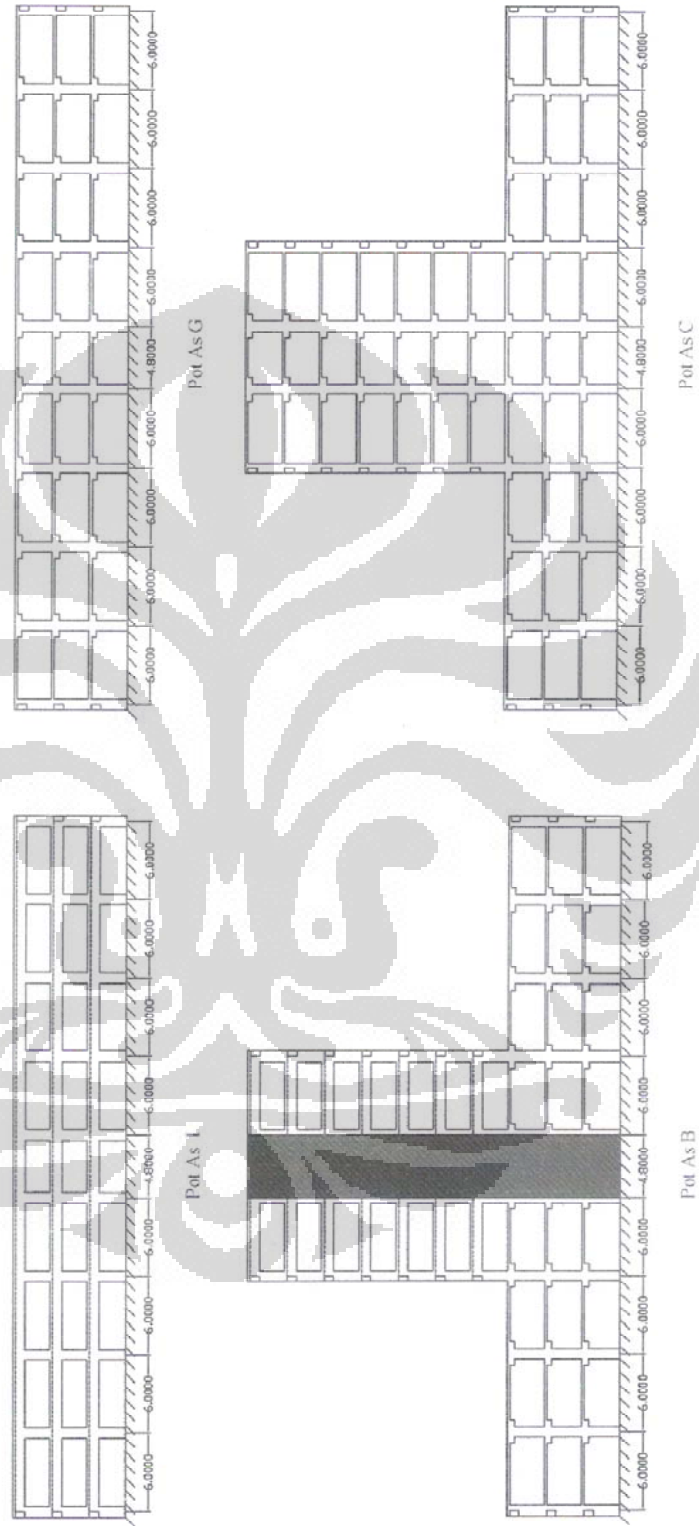
Lampiran 13 : Potongan gedung untuk struktur 3 lantai podium- 7 lantai tower dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m (2P-7T ; a = 6 m).



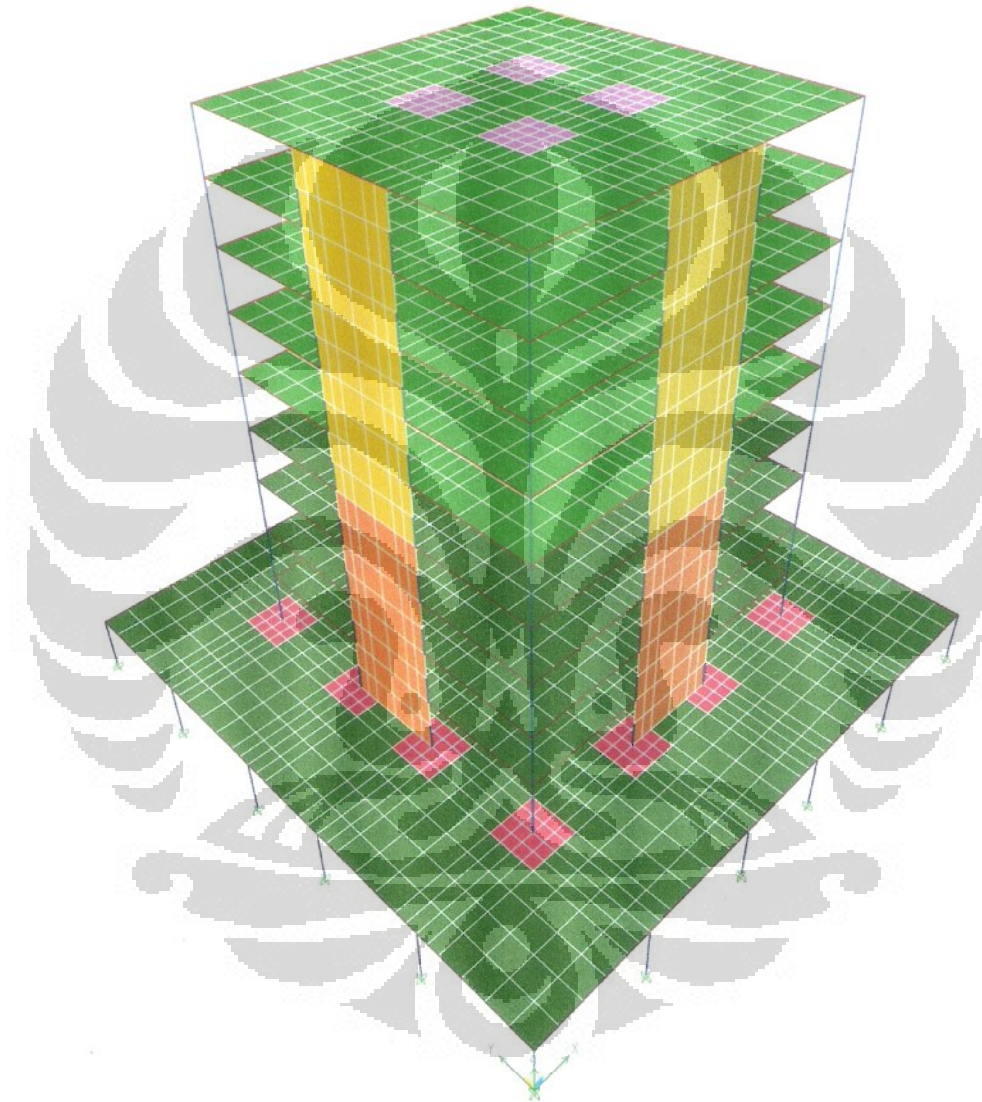
Lampiran 14 : Potongan gedung untuk struktur 3 lantai podium- 7 lantai tower dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m (2P-7T ; a = 12 m).



Lampiran 15 : Potongan gedung untuk struktur 3 lantai podium- 7 lantai tower dengan jarak perimeter podium-tower 18 m (2P-7T ; a = 18 m).

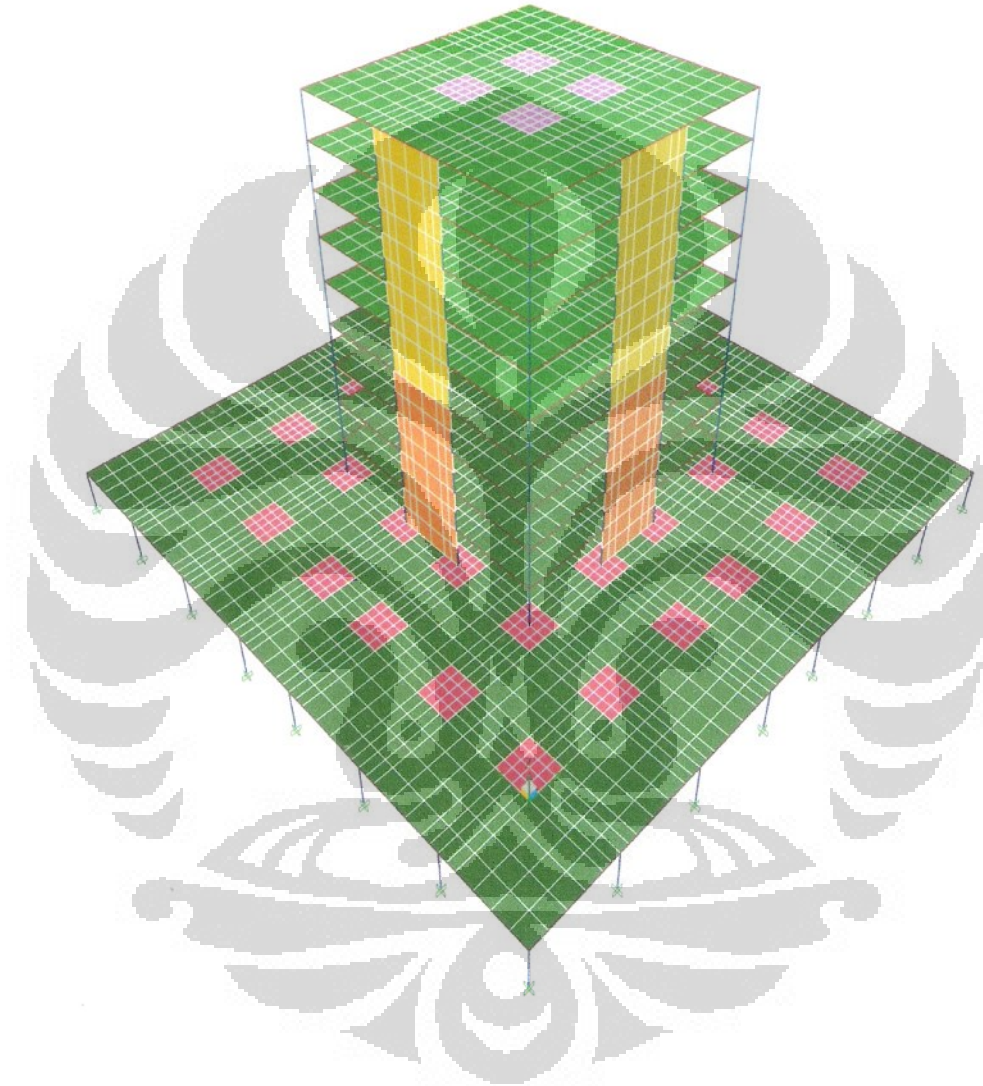


Lampiran 16 : Struktur 3dimensi untuk 1 lantai *podium* -  
9 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m  
(1P-9T ; a= 6 m).

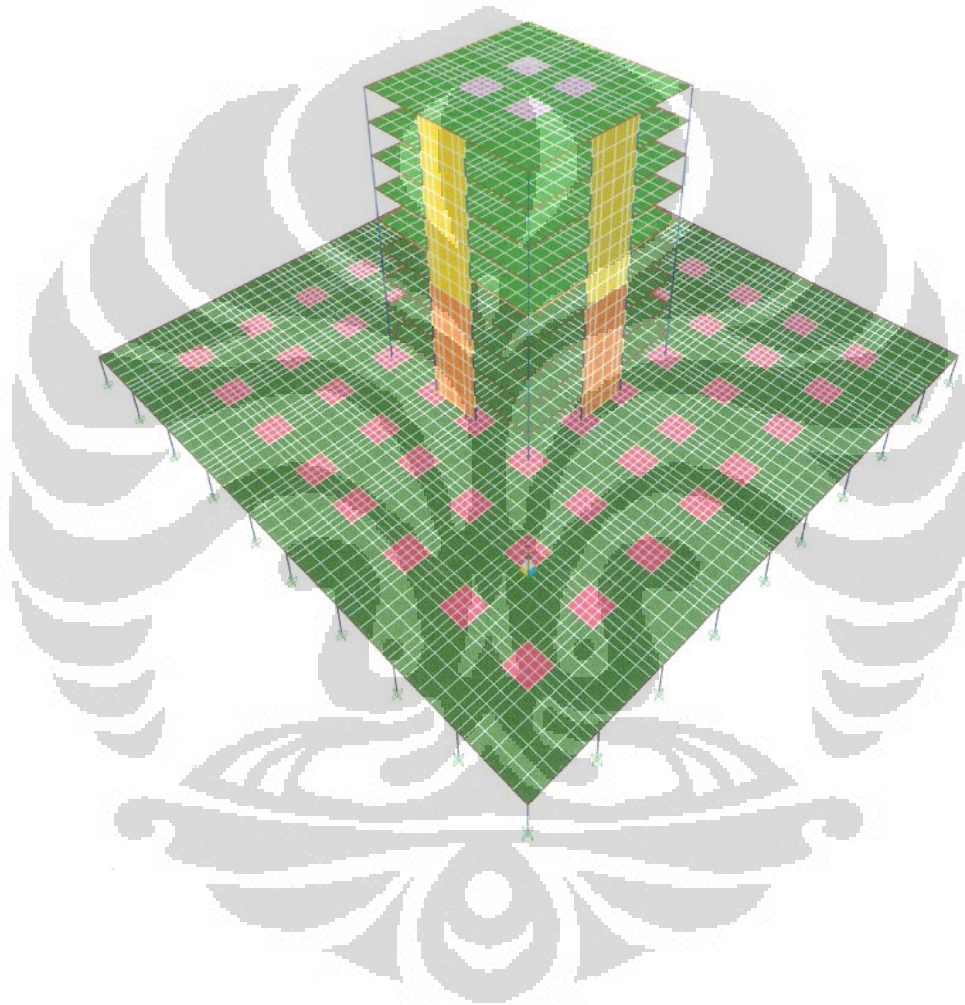




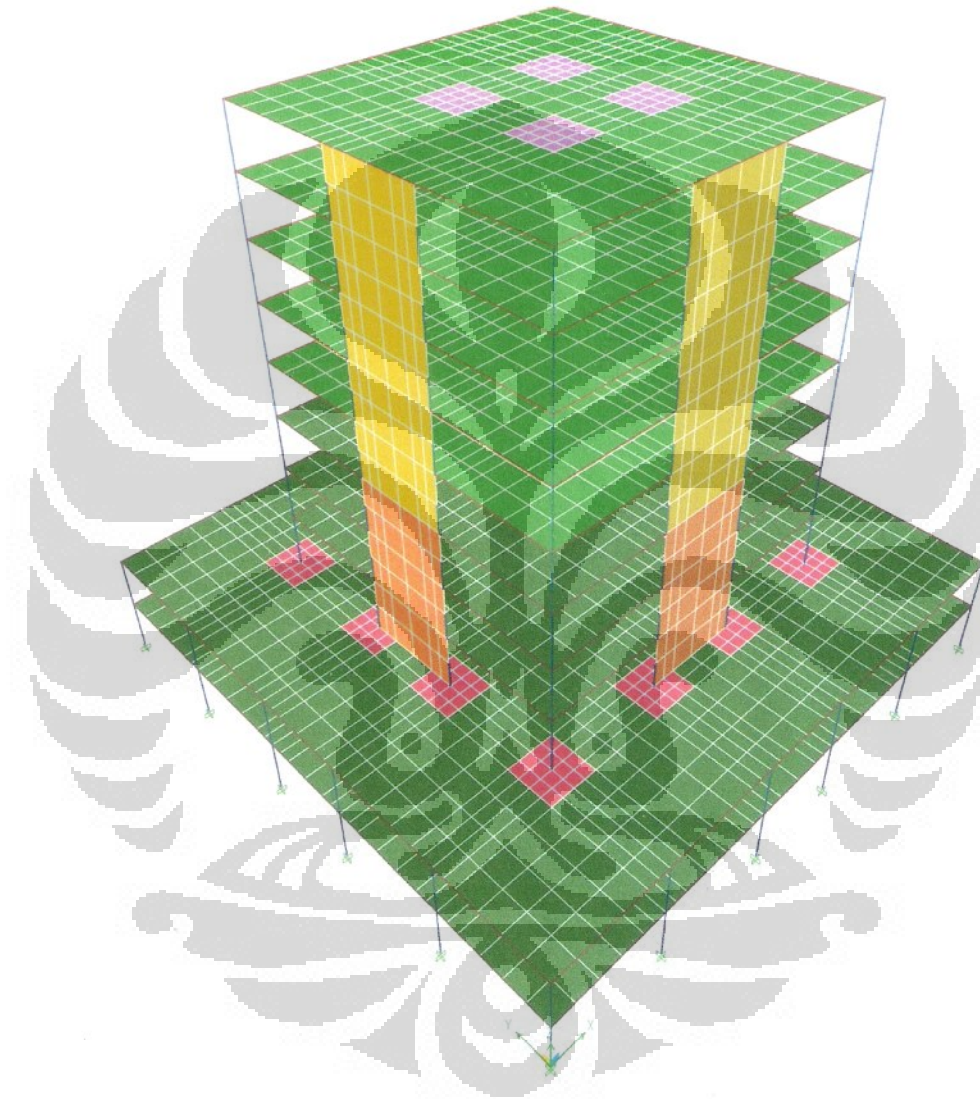
Lampiran 17 : Struktur 3dimensi untuk 1 lantai *podium* -  
9 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m  
(1P-9T ; a= 12 m).



Lampiran 18 : Struktur 3dimensi untuk 1 lantai *podium* -  
9 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m  
(1P-9T ; a= 18 m).

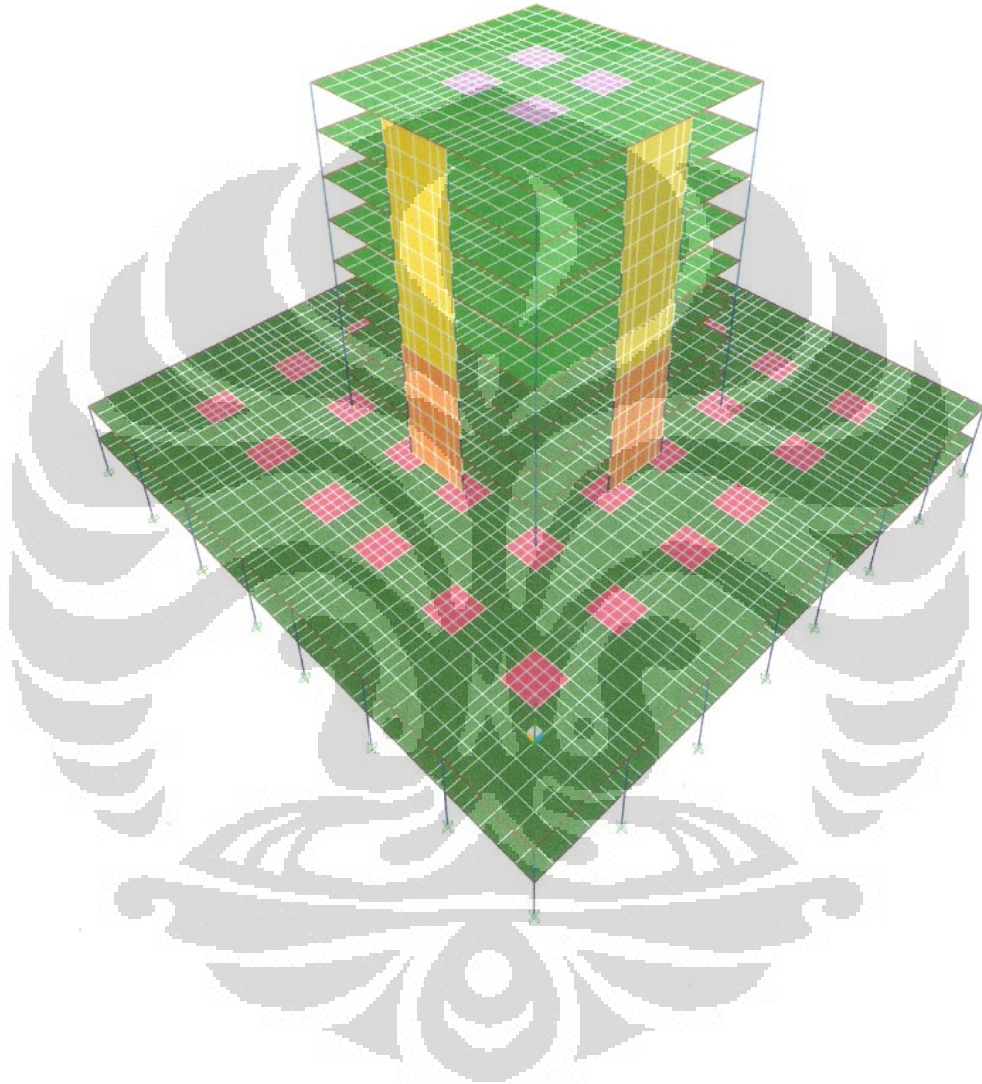


Lampiran 19 : Struktur 3dimensi untuk 2 lantai *podium* -  
8 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m  
(2P-8T ; a= 6 m).

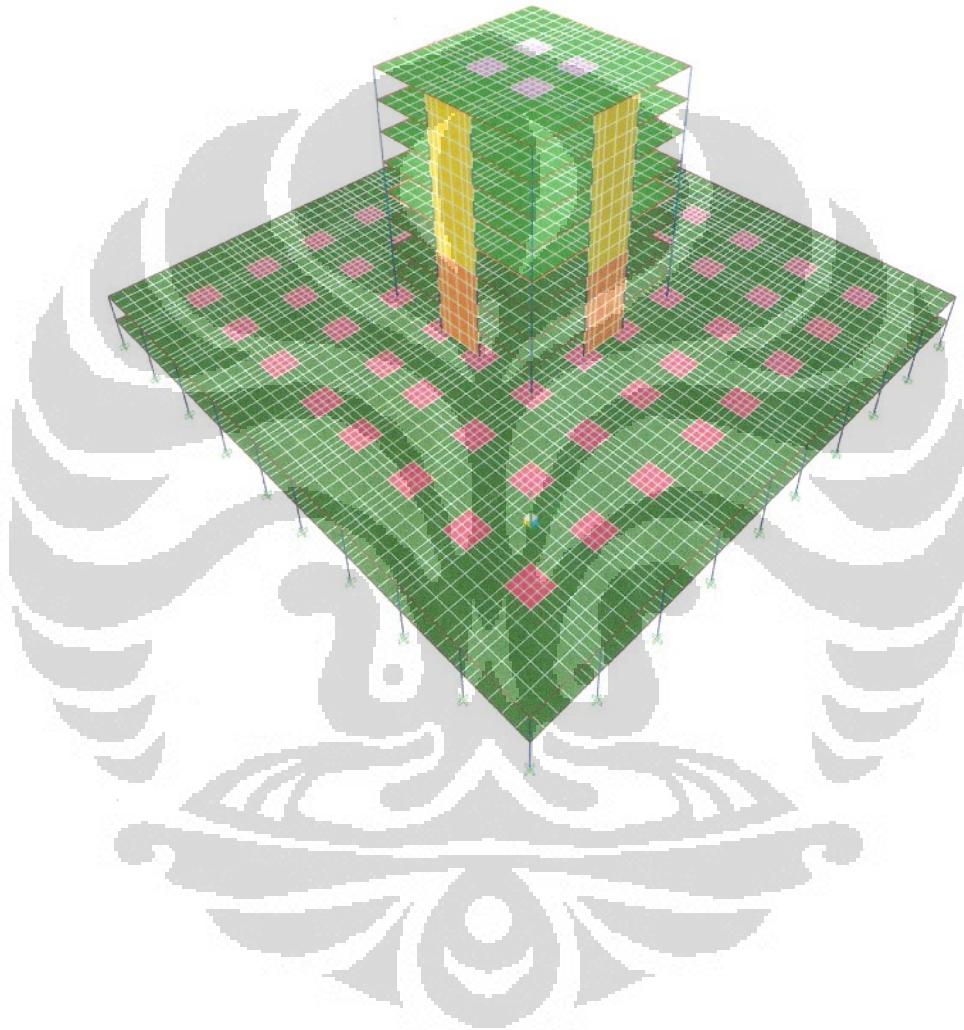




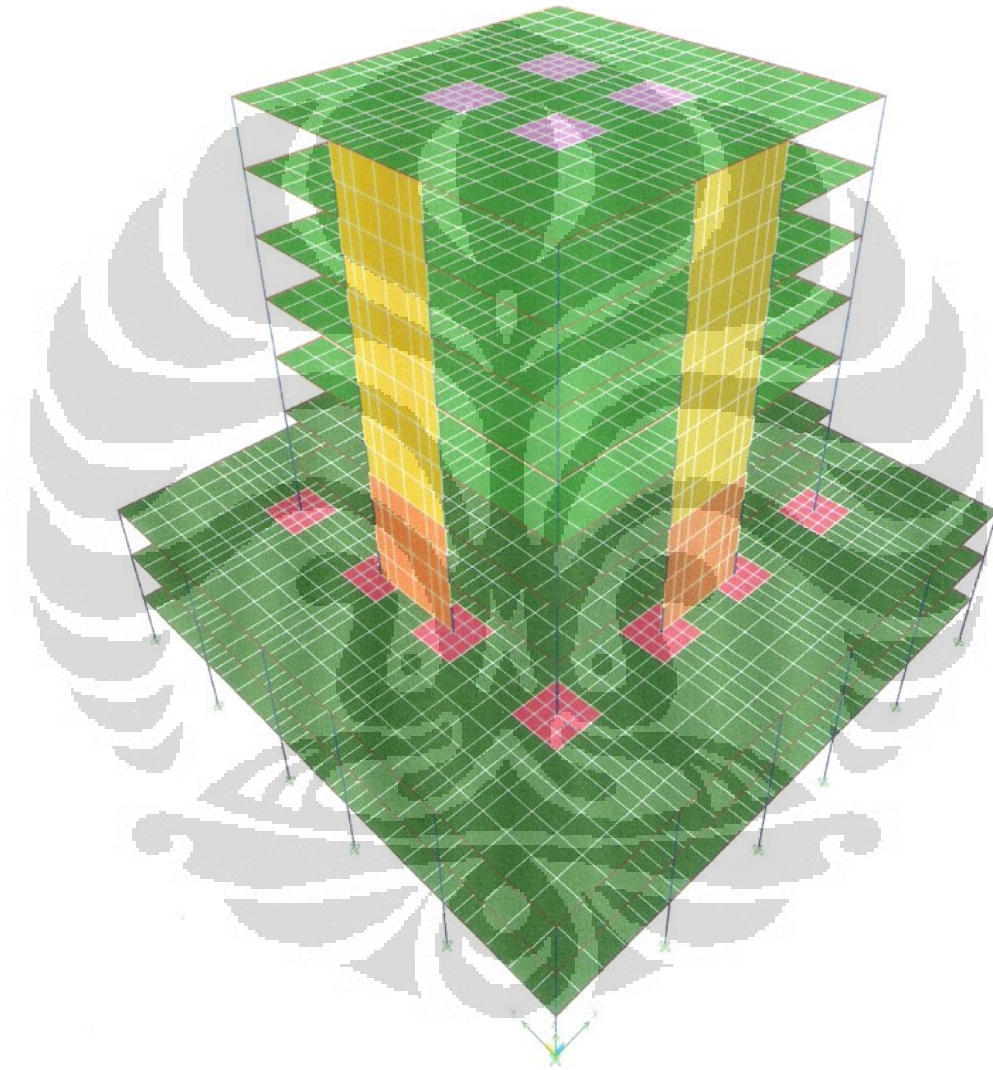
Lampiran 20 : Struktur 3dimensi untuk 2 lantai *podium* -  
8 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m  
(2P-8T ; a= 12 m).



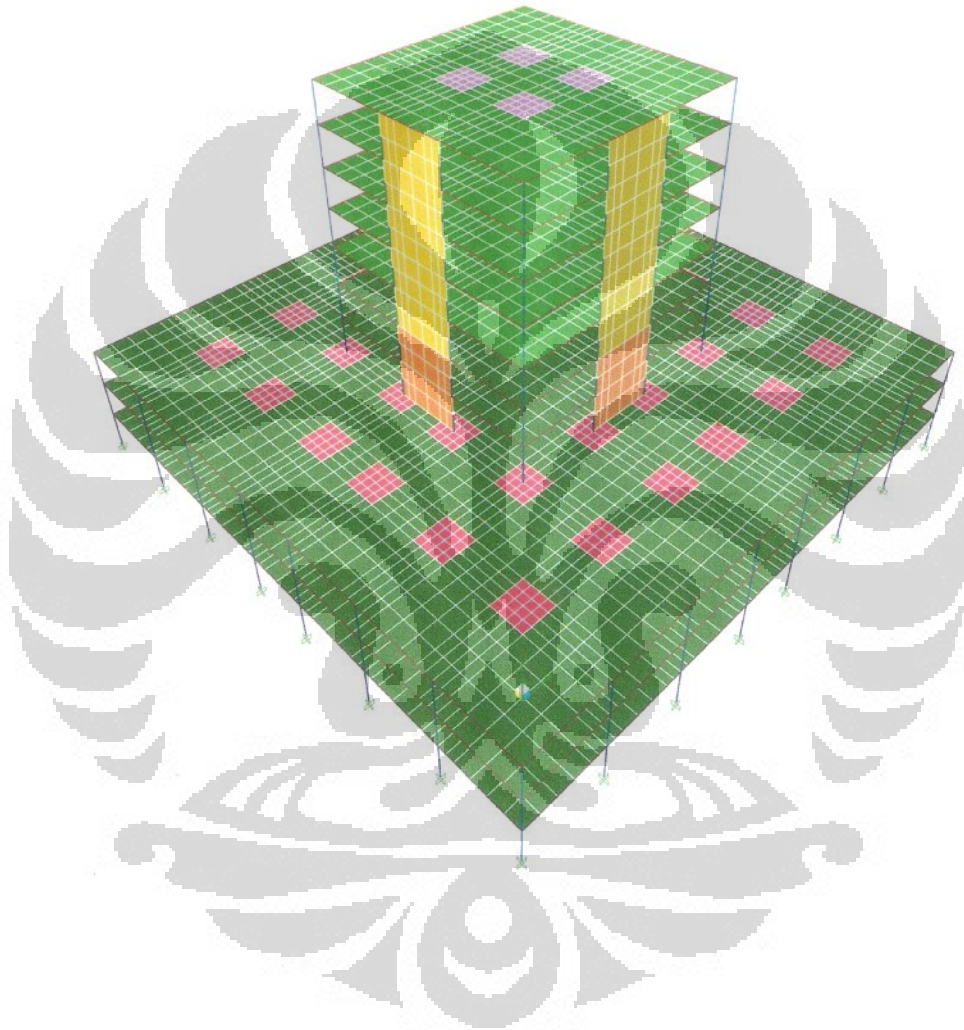
Lampiran 21 : Struktur 3dimensi untuk 2 lantai *podium* -  
8 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m  
(2P-8T ; a= 18 m).



Lampiran 22: Struktur 3dimensi untuk 3 lantai *podium* -  
7 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m  
(3P-7T ; a= 6 m).

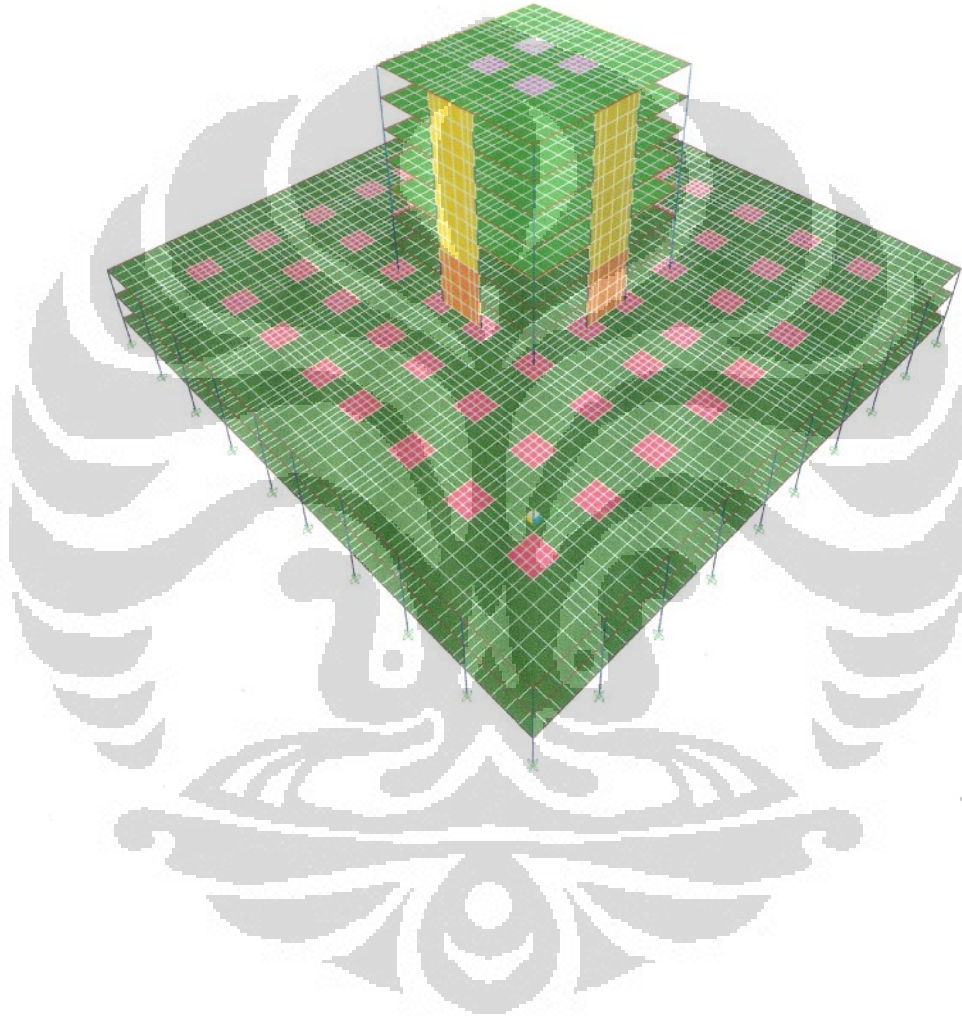


Lampiran 23: Struktur 3dimensi untuk 3 lantai *podium* -  
7 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m  
(3P-7T ;  $a=12$  m).





Lampiran 24: Struktur 3dimensi untuk 3 lantai *podium* -  
7 lantai *tower* dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m  
(3P-7T ; a= 18 m).



Lampiran 25 : Tabel berat bangunan untuk variasi berdasarkan perubahan jarak *perimeter podium-tower*.

Variasi			Berat Bangunan (KN)
Jumlah Lantai <i>Podium</i>	Jumlah Lantai <i>Tower</i>	Jarak <i>Perimeter Podium -Tower</i> (m)	
1	9	6	44483,233
		12	51950,825
		18	61916,341
2	8	6	50314,140
		12	66782,226
		18	88739,832
3	7	6	56235,276
		12	81699,328
		18	115649,023

Lampiran 26 : Tabel berat bangunan untuk variasi berdasarkan jumlah lantai *podium*.

Variasi			Berat Bangunan (KN)
Jarak <i>Perimeter Podium -Tower</i> (m)	Jumlah Lantai <i>podium</i>	Jumlah Lantai <i>Tower</i>	
6	1	9	44483,233
	2	8	50314,140
	3	7	56235,276
12	1	9	51950,825
	2	8	66782,226
	3	7	81699,328
18	1	9	61916,341
	2	8	88739,832
	3	7	115649,023

Lampiran 27 : Tabel periode getar akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk sistem lantai *shell*.

Mode	Variasi								
	Podium 1 Lantai (detik)			Podium 2 Lantai (detik)			Podium 3 Lantai (detik)		
	6 m	12 m	18 m	6 m	12 m	18 m	6 m	12 m	18 m
1	0,691	0,686	0,681	0,686	0,674	0,663	0,682	0,665	0,649
2	0,691	0,686	0,681	0,686	0,674	0,663	0,682	0,665	0,649
3	0,455	0,448	0,445	0,447	0,427	0,412	0,442	0,417	0,398

Lampiran 28 : Tabel period getar akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk sistem lantai *shell*.

Mode	Variasi								
	Jarak <i>Perimeter Podium - Tower</i> 6 m (detik)			Jarak <i>Perimeter Podium - Tower</i> 12 m (detik)			Jarak <i>Perimeter Podium - Tower</i> 18 m (detik)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0,691	0,686	0,682	0,686	0,674	0,665	0,681	0,663	0,649
2	0,691	0,686	0,682	0,686	0,674	0,665	0,681	0,663	0,649
3	0,455	0,447	0,442	0,448	0,427	0,417	0,445	0,412	0,398

Lampiran 29 : Tabel periode getar akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk sistem lantai *membrane*.

Mode	Variasi								
	<i>Podium 1 Lantai</i> (detik)			<i>Podium 2 Lantai</i> (detik)			<i>Podium 3 Lantai</i> (detik)		
	6 m	12 m	18 m	6 m	12 m	18 m	6 m	12 m	18 m
1	0,669	0,664	0,660	0,668	0,659	0,651	0,668	0,660	0,654
2	0,669	0,664	0,660	0,668	0,659	0,651	0,668	0,660	0,654
3	0,423	0,417	0,414	0,415	0,398	0,385	0,409	0,387	0,375

Lampiran 30 : Tabel periode getar akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk sistem lantai *membrane*.

Mode	Variasi								
	<i>Jarak Perimeter Podium-Tower 6 m</i> (detik)			<i>Jarak Perimeter Podium-Tower 12 m</i> (detik)			<i>Jarak Perimeter Podium-Tower 18 m</i> (detik)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0,669	0,668	0,668	0,664	0,659	0,660	0,660	0,651	0,654
2	0,669	0,668	0,668	0,664	0,659	0,660	0,660	0,651	0,654
3	0,423	0,415	0,409	0,417	0,398	0,387	0,414	0,385	0,375



Lampiran 31 : Tabel rasio partisipasi massa akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk sistem lantai *shell*.

Variasi			Mode	SHELL			Sifat
Jumlah Podium	Jumlah Tower	Jarak Perimeter Podium - Tower (m)		UX	UY	RZ	
1	9	6	1	4,35	56,75	0,00	Translasi arah Y
			2	56,75	4,35	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	48,98	Rotasi arah Z
		12	1	3,70	48,80	0,00	Translasi arah Y
			2	48,80	3,70	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	25,49	Rotasi arah Z
		18	1	3,14	41,08	0,00	Translasi arah Y
			2	41,08	3,14	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	12,06	Rotasi arah Z
2	8	6	1	3,93	52,64	0,00	Translasi arah Y
			2	52,64	3,93	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	41,69	Rotasi arah Z
		12	1	2,94	42,47	0,00	Translasi arah Y
			2	42,47	2,94	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	21,77	Rotasi arah Z
		18	1	2,29	34,24	0,00	Translasi arah Y
			2	34,24	2,29	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	12,11	Rotasi arah Z
3	7	6	1	3,69	51,68	0,00	Translasi arah Y
			2	51,68	3,69	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	43,29	Rotasi arah Z
		12	1	2,61	43,01	0,00	Translasi arah Y
			2	43,01	2,61	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	34,02	Rotasi arah Z
		18	1	2,04	37,21	0,00	Translasi arah Y
			2	37,21	2,04	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	34,85	Rotasi arah Z

Lampiran 32 : Tabel rasio partisipasi massa akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk sistem lantai *shell*.

Variasi			Mode	SHELL			Sifat
Jarak Perimeter Podium-Tower (m)	Jumlah Tower	Jumlah Podium		UX	UY	RZ	
6 m	9	1	1	4,35	56,75	0,00	Translasi arah Y
			2	56,75	4,35	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	48,98	Rotasi arah Z
		2	1	3,93	52,64	0,00	Translasi arah Y
			2	52,64	3,93	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	41,69	Rotasi arah Z
		3	1	3,69	51,68	0,00	Translasi arah Y
			2	51,68	3,69	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	43,29	Rotasi arah Z
12 m	8	1	1	3,70	48,80	0,00	Translasi arah Y
			2	48,80	3,70	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	25,49	Rotasi arah Z
		2	1	2,94	42,47	0,00	Translasi arah Y
			2	42,47	2,94	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	21,77	Rotasi arah Z
		3	1	2,61	43,01	0,00	Translasi arah Y
			2	43,01	2,61	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	34,02	Rotasi arah Z
18 m	7	1	1	3,14	41,08	0,00	Translasi arah Y
			2	41,08	3,14	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	12,06	Rotasi arah Z
		2	1	2,29	34,24	0,00	Translasi arah Y
			2	34,24	2,29	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	12,11	Rotasi arah Z
		3	1	2,04	37,21	0,00	Translasi arah Y
			2	37,21	2,04	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	34,85	Rotasi arah Z

Lampiran 33 : Tabel rasio partisipasi massa akibat perubahan jarak *perimeter podium -tower* untuk sistem lantai *membrane*.

Variasi			Mode	MEMBRANE			Sifat
Jumlah Podium	Jumlah Tower	Jarak Perimeter Podium-Tower (m)		UX	UY	RZ	
1	9	6	1	3,98	57,64	0,00	Translasi arah Y
			2	57,64	3,98	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	49,70	Rotasi arah Z
		12	1	3,38	49,72	0,00	Translasi arah Y
			2	49,72	3,38	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	25,95	Rotasi arah Z
		18	1	2,87	41,97	0,00	Translasi arah Y
			2	41,97	2,87	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	12,35	Rotasi arah Z
2	8	6	1	3,49	53,69	0,00	Translasi arah Y
			2	53,69	3,49	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	42,24	Rotasi arah Z
		12	1	2,58	43,75	0,00	Translasi arah Y
			2	43,75	2,58	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	22,11	Rotasi arah Z
		18	1	2,03	35,86	0,00	Translasi arah Y
			2	35,86	2,03	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	12,66	Rotasi arah Z
3	7	6	1	3,10	52,99	0,00	Translasi arah Y
			2	52,99	3,10	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	43,90	Rotasi arah Z
		12	1	2,09	44,87	0,00	Translasi arah Y
			2	44,87	2,09	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	34,62	Rotasi arah Z
		18	1	1,60	39,94	0,00	Translasi arah Y
			2	39,94	1,60	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	37,14	Rotasi arah Z

Lampiran 34 : Tabel rasio partisipasi massa akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk sistem lantai *membrane*.

Variasi			Mode	MEMBRANE			Sifat
Jarak Perimeter Podium-Tower (m)	Jumlah Tower	Jumlah Podium		UX	UY	RZ	
6 m	9	1	1	3,98	57,64	0,00	Translasi arah Y
			2	57,64	3,98	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	49,70	Rotasi arah Z
		2	1	3,49	53,69	0,00	Translasi arah Y
			2	53,69	3,49	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	42,24	Rotasi arah Z
		3	1	3,10	52,99	0,00	Translasi arah Y
			2	52,99	3,10	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	43,90	Rotasi arah Z
12 m	8	1	1	3,38	49,72	0,00	Translasi arah Y
			2	49,72	3,38	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	25,95	Rotasi arah Z
		2	1	2,58	43,75	0,00	Translasi arah Y
			2	43,75	2,58	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	22,11	Rotasi arah Z
		3	1	2,09	44,87	0,00	Translasi arah Y
			2	44,87	2,09	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	34,62	Rotasi arah Z
18 m	7	1	1	2,87	41,97	0,00	Translasi arah Y
			2	41,97	2,87	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	12,35	Rotasi arah Z
		2	1	2,03	35,86	0,00	Translasi arah Y
			2	35,86	2,03	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	12,66	Rotasi arah Z
		3	1	1,60	39,94	0,00	Translasi arah Y
			2	39,94	1,60	0,00	Translasi arah X
			3	0,00	0,00	37,14	Rotasi arah Z

Lampiran 35 : Tabel gaya geser dasar (*base shear*) akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk sistem lantai *shell*.

Variasi			Shell				
Jarak Perimeter Podium - Tower (m)	Jumlah Lantai	Jumlah Lantai	Vtotal (KN)	Vsw (KN)	Vfr (KN)	Persentase (%)	
	Podium	Tower				Vsw	Vfr
6	1	9	4107,54	2243,62	1863,92	54,62	45,38
	2	8	4785,11	3175,45	1609,66	66,36	33,64
	3	7	5418,07	3536,10	1881,97	65,26	34,74
12	1	9	5009,81	1538,48	3471,33	30,71	69,29
	2	8	6208,51	3104,83	3103,68	50,01	49,99
	3	7	7556,62	3756,95	3799,67	49,72	50,28
18	1	9	5849,00	1109,19	4739,81	18,96	81,04
	2	8	8211,54	3094,24	5117,30	37,68	62,32
	3	7	11091,97	4264,00	6827,97	38,44	61,56

Lampiran 36 : Tabel gaya geser dasar (*base shear*) akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk sistem lantai *shell*.

Variasi			Shell				
Jumlah Lantai Podium	Jumlah Lantai Tower	Jarak Perimeter Podium-Tower (m)	Vtotal (KN)	Vsw (KN)	Vfr (KN)	Persentase (%)	
						Vsw	Vfr
1	9	6	4107,54	2243,62	1863,92	54,62	45,38
		12	5009,81	1538,48	3471,33	30,71	69,29
		18	5849,00	1109,19	4739,81	18,96	81,04
2	8	6	4785,11	3175,45	1609,66	66,36	33,64
		12	6208,51	3104,83	3103,68	50,01	49,99
		18	8211,54	3094,24	5117,30	37,68	62,32
3	7	6	5418,07	3536,10	1881,97	65,26	34,74
		12	7556,62	3756,95	3799,67	49,72	50,28
		18	11091,97	4264,00	6827,97	38,44	61,56

Lampiran 37 : Tabel gaya geser dasar (*base shear*) akibat perubahan jarak perimeter podium-tower untuk sistem lantai *membrane*.

Variasi			Membrane				
Jarak Perimeter Podium-Tower (m)	Jumlah Lantai	Jumlah Lantai	Vtotal (KN)	Vsw (KN)	Vfr (KN)	Persentase (%)	
	Podium	Tower				Vsw	Vfr
6	1	9	4130,68	2230,53	1900,15	54,00	46,00
	2	8	4812,31	3147,72	1664,59	65,41	34,59
	3	7	5444,43	3510,61	1933,82	64,48	35,52
12	1	9	5052,12	1681,22	3370,90	33,28	66,72
	2	8	6261,52	3179,01	3082,51	50,77	49,23
	3	7	7578,80	3832,34	3746,46	50,57	49,43
18	1	9	5921,39	1281,37	4640,02	21,64	78,36
	2	8	8308,67	3290,53	5018,14	39,60	60,40
	3	7	11041,94	4457,64	6584,30	40,37	59,63

Lampiran 38 : Tabel gaya geser dasar (*base shear*) akibat perubahan jumlah lantai podium untuk sistem lantai *membrane*.

Variasi			Membrane				
Jumlah Lantai	Jumlah Lantai	Jarak Perimeter Podium-Tower (m)	Vtotal (KN)	Vsw (KN)	Vfr (KN)	Persentase (%)	
Podium	Tower					Vsw	Vfr
1	9	6	4130,68	2230,53	1900,15	54,00	46,00
		12	5052,12	1681,22	3370,90	33,28	66,72
		18	5921,39	1281,37	4640,02	21,64	78,36
2	8	6	4812,31	3147,72	1664,59	65,41	34,59
		12	6261,52	3179,01	3082,51	50,77	49,23
		18	8308,67	3290,53	5018,14	39,60	60,40
3	7	6	5444,43	3510,61	1933,82	64,48	35,52
		12	7578,80	3832,34	3746,46	50,57	49,43
		18	11041,94	4457,64	6584,30	40,37	59,63

Lampiran 39 : Tabel lendutan di lantai atas (atap) akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk sistem lantai *shell* dan *membrane*.

Variasi		<i>Shell</i>	<i>Membrane</i>
Jumlah <i>Podium</i>	Jarak <i>Perimter Podium-Tower</i>	Lendutan di lantai atas (m)	Lendutan di lantai atas (m)
1	6	0,0253	0,0237
	12	0,0295	0,0276
	18	0,0319	0,0299
2	6	0,0273	0,0258
	12	0,0301	0,0282
	18	0,0302	0,0293
3	6	0,0280	0,0268
	12	0,0291	0,0287
	18	0,0320	0,0327

Lampiran 40 : Tabel lendutan di lantai atas (atap) akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk sistem lantai *shell* dan *membrane*.

Variasi		<i>Shell</i>	<i>Membrane</i>
Jarak <i>Perimter Podium-Tower</i>	Jumlah <i>Podium</i>	Lendutan di lantai atas (m)	Lendutan di lantai atas (m)
6 m	1	0,0253	0,0237
	2	0,0273	0,0258
	3	0,0280	0,0268
12 m	1	0,0295	0,0276
	2	0,0301	0,0282
	3	0,0291	0,0287
18 m	1	0,0319	0,0299
	2	0,0302	0,0293
	3	0,0320	0,0327

Lampiran 41: Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 1 lantai-tower 9 lantai* pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	1P - 9T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	723,52	868,85	882,43
9	1513,83	1819,16	1819,16
8	2126,04	2538,68	2511,53
7	2649,20	3136,02	3149,59
6	3061,05	3597,59	3624,75
5	3394,98	4004,87	4004,87
4	3673,26	4330,69	4344,26
3	3862,49	4534,33	4570,90
2	3996,06	4700,81	4710,81
1	4107,54	5009,81	4995,90

Lampiran 42 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 2 lantai-tower 8 lantai* pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	2P - 8T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	803,93	942,10	1068,97
9	1672,70	1951,49	2158,25
8	2372,90	2725,36	2959,39
7	2917,50	3280,53	3515,66
6	3358,37	3734,76	3938,43
5	3721,43	4155,34	4338,95
4	4019,67	4491,80	4694,97
3	4240,10	4760,97	5028,73
2	4616,13	5635,78	6920,07
1	4785,11	6208,51	8211,54



Lampiran 43 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 3 lantai-tower 7 lantai* pada sistem *lantai shell*.

Lantai	Variasi		
	3P - 7T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	836,97	1003,36	1142,17
9	1791,19	1986,24	2374,52
8	2495,92	2805,31	3306,30
7	3053,83	3399,14	3997,61
6	3508,97	3829,15	4508,59
5	3846,65	4177,26	4869,27
4	4169,65	4484,41	5139,79
3	4727,56	5672,06	7364,02
2	5182,7	6941,62	9918,89
1	5418,07	7556,62	11091,97

Lampiran 44 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower 6 m* pada sistem *lantai shell*.

Lantai	Variasi		
	a = 6 m		
	1	2	3
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	723,52	803,93	836,97
9	1513,83	1672,70	1791,19
8	2126,04	2372,90	2495,92
7	2649,20	2917,50	3053,83
6	3061,05	3358,37	3508,97
5	3394,98	3721,43	3846,65
4	3673,26	4019,67	4169,65
3	3862,49	4240,10	4727,56
2	3996,06	4616,13	5182,70
1	4107,54	4785,11	5418,07

Lampiran 45 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai podium untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	a = 12 m		
	1	2	3
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	868,85	942,10	1003,36
9	1819,16	1951,49	1986,24
8	2538,68	2725,36	2805,31
7	3136,02	3280,53	3399,14
6	3597,59	3734,76	3829,15
5	4004,87	4155,34	4177,26
4	4330,69	4491,80	4484,41
3	4534,33	4760,97	5672,06
2	4700,81	5635,78	6941,62
1	5009,81	6208,51	7556,62

Lampiran 46 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai podium untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	a = 18 m		
	1	2	3
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	882,43	1068,97	1142,17
9	1819,16	2158,25	2374,52
8	2511,53	2959,39	3306,30
7	3149,59	3515,66	3997,61
6	3624,75	3938,43	4508,59
5	4004,87	4338,95	4869,27
4	4344,26	4694,97	5139,79
3	4570,90	5028,73	7364,02
2	4710,81	6920,07	9918,89
1	4995,90	8211,54	11091,97

Lampiran 47 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 1 lantai-tower 9 lantai* pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	1P - 9T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	716,41	876,19	994,82
9	1499,98	1793,46	2021,73
8	2138,02	2546,44	2807,95
7	2664,14	3148,82	3449,77
6	3078,31	3627,99	3995,32
5	3425,32	4052,40	4444,59
4	3693,97	4380,97	4797,59
3	3895,46	4600,02	5070,36
2	4029,79	4750,62	5182,68
1	4130,68	5052,12	5921,39

Lampiran 48 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 2 lantai-tower 8 lantai* pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	2P - 8T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	795,47	933,19	1013,15
9	1695,26	1968,18	2161,39
8	2360,32	2731,69	2949,40
7	2908,02	3308,57	3557,29
6	3364,44	3800,62	4030,09
5	3742,61	4190,86	4457,87
4	4029,50	4530,20	4818,10
3	4264,23	4801,67	5065,76
2	4629,36	5683,96	7047,04
1	4812,31	6261,52	8308,67

Lampiran 49 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jarak *perimeter podium - tower* untuk struktur *podium* 3 lantai-*tower* 9 lantai pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	3P - 7T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	840,94	965,24	1160,96
9	1755,66	1992,09	2363,83
8	2493,33	2813,58	3321,34
7	3068,71	3450,22	4069,39
6	3526,07	3902,04	4607,98
5	3894,90	4292,24	4967,04
4	4175,22	4538,69	5236,34
3	4735,85	5770,91	7510,41
2	5222,71	7003,13	9904,17
1	5444,43	7578,80	11041,94

Lampiran 50 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	a = 6 m		
	1	2	3
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	716,41	795,47	840,94
9	1499,98	1695,26	1755,66
8	2138,02	2360,32	2493,33
7	2664,14	2908,02	3068,71
6	3078,31	3364,44	3526,07
5	3425,32	3742,61	3894,90
4	3693,97	4029,50	4175,22
3	3895,46	4264,23	4735,85
2	4029,79	4629,36	5222,71
1	4130,68	4812,31	5444,43

Lampiran 51 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai podium untuk untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	a = 12 m		
	1	2	3
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	876,19	933,19	965,24
9	1793,46	1968,18	1992,09
8	2546,44	2731,69	2813,58
7	3148,82	3308,57	3450,22
6	3627,99	3800,62	3902,04
5	4052,40	4190,86	4292,24
4	4380,97	4530,20	4538,69
3	4600,02	4801,67	5770,91
2	4750,62	5683,96	7003,13
1	5052,12	6261,52	7578,80

Lampiran 52 : Tabel gaya geser tingkat akibat perubahan jumlah lantai podium untuk untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	a = 18 m		
	1	2	3
	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)	Gaya Geser Tingkat (KN)
10	994,82	1013,15	1160,96
9	2021,73	2161,39	2363,83
8	2807,95	2949,40	3321,34
7	3449,77	3557,29	4069,39
6	3995,32	4030,09	4607,98
5	4444,59	4457,87	4967,04
4	4797,59	4818,10	5236,34
3	5070,36	5065,76	7510,41
2	5182,68	7047,04	9904,17
1	5921,39	8308,67	11041,94

Lampiran 53 : Tabel simpangan antar tingkat (*story drift*) akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi								
	IP - 9T (m)			2P - 8T (m)			3P - 7T (m)		
	6	12	18	6	12	18	6	12	18
10	0,001896	0,001279	0,001398	0,001182	0,001303	0,001356	0,001213	0,001295	0,001459
9	0,001127	0,001315	0,001441	0,001226	0,001347	0,001402	0,001258	0,001335	0,001505
8	0,001400	0,001340	0,001460	0,001240	0,001360	0,001410	0,001270	0,001350	0,001520
7	0,001133	0,001333	0,001453	0,001233	0,001351	0,001405	0,001265	0,001343	0,001517
6	0,001102	0,001297	0,001414	0,001199	0,001307	0,001352	0,001234	0,001292	0,001447
5	0,001031	0,001207	0,001315	0,001115	0,001222	0,001256	0,001145	0,001200	0,001323
4	0,000929	0,001087	0,001173	0,000995	0,001078	0,001107	0,001017	0,001046	0,001142
3	0,000769	0,000899	0,000983	0,000831	0,000891	0,000904	0,000807	0,000787	0,000804
2	0,000571	0,000656	0,000703	0,000576	0,000574	0,000551	0,000627	0,000634	0,000701
1	0,000284	0,000268	0,000249	0,000335	0,000335	0,000318	0,000359	0,000373	0,000400
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Lampiran 54 : Tabel simpangan antar tingkat (*story drift*) akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk sistem lantai *shell*

Lantai	Variasi								
	a = 6 m (m)			a = 12 m (m)			a = 18 m (m)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10	0,001896	0,001182	0,001213	0,001279	0,001303	0,001295	0,001398	0,001356	0,001459
9	0,001127	0,001226	0,001258	0,001315	0,001347	0,001335	0,001441	0,001402	0,001505
8	0,001400	0,001240	0,001270	0,001340	0,001360	0,001350	0,001460	0,001410	0,001520
7	0,001133	0,001233	0,001265	0,001333	0,001351	0,001343	0,001453	0,001405	0,001517
6	0,001102	0,001199	0,001234	0,001297	0,001307	0,001292	0,001414	0,001352	0,001447
5	0,001031	0,001115	0,001145	0,001207	0,001222	0,001200	0,001315	0,001256	0,001323
4	0,000929	0,000995	0,001017	0,001087	0,001078	0,001046	0,001173	0,001107	0,001142
3	0,000769	0,000831	0,000807	0,000899	0,000891	0,000787	0,000983	0,000904	0,000804
2	0,000571	0,000576	0,000627	0,000656	0,000574	0,000634	0,000703	0,000551	0,000701
1	0,000284	0,000335	0,000359	0,000268	0,000335	0,000373	0,000249	0,000318	0,000400
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Lampiran 55 : Tabel simpangan antar tingkat (*story drift*) akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi								
	IP - 9T (m)			2P - 8T (m)			3P - 7T (m)		
	6	12	18	6	12	18	6	12	18
10	0,000996	0,001167	0,001282	0,001091	0,001210	0,001275	0,001132	0,001234	0,001427
9	0,001036	0,001214	0,001329	0,001131	0,001258	0,001326	0,001174	0,001280	0,001480
8	0,001053	0,001238	0,001348	0,001150	0,001272	0,001350	0,001197	0,001300	0,001500
7	0,001060	0,001240	0,001360	0,001150	0,001280	0,001344	0,001200	0,001294	0,001496
6	0,001033	0,001221	0,001326	0,001128	0,001241	0,001304	0,001168	0,001266	0,001456
5	0,000973	0,001133	0,001241	0,001059	0,001161	0,001220	0,001099	0,001181	0,001357
4	0,000873	0,001029	0,001113	0,000947	0,001043	0,001085	0,001002	0,001065	0,001207
3	0,000738	0,000858	0,000929	0,000803	0,000877	0,000910	0,000797	0,000836	0,000946
2	0,000561	0,000646	0,000679	0,000569	0,000593	0,000596	0,000634	0,000681	0,000787
1	0,000283	0,000279	0,000257	0,000338	0,000354	0,000347	0,000371	0,000384	0,000452
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Lampiran 56 : Tabel simpangan antar tingkat (*story drift*) akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi								
	a = 6 m (m)			a = 12 m (m)			a = 18 m (m)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10	0,000996	0,001091	0,001132	0,001167	0,001210	0,001234	0,001282	0,001275	0,001427
9	0,001036	0,001131	0,001174	0,001214	0,001258	0,001280	0,001329	0,001326	0,001480
8	0,001053	0,001150	0,001197	0,001238	0,001272	0,001300	0,001348	0,001350	0,001500
7	0,001060	0,001150	0,001200	0,001240	0,001280	0,001294	0,001360	0,001344	0,001496
6	0,001033	0,001128	0,001168	0,001221	0,001241	0,001266	0,001326	0,001304	0,001456
5	0,000973	0,001059	0,001099	0,001133	0,001161	0,001181	0,001241	0,001220	0,001357
4	0,000873	0,000947	0,001002	0,001029	0,001043	0,001065	0,001113	0,001085	0,001207
3	0,000738	0,000803	0,000797	0,000858	0,000877	0,000836	0,000929	0,000910	0,000946
2	0,000561	0,000569	0,000634	0,000646	0,000593	0,000681	0,000679	0,000596	0,000787
1	0,000283	0,000338	0,000371	0,000279	0,000354	0,000384	0,000257	0,000347	0,000452
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Lampiran 57 : Tabel momen guling akibat perubahan jarak perimeter podium-tower untuk sistem lantai shell.

Lantai	Variasi								
	IP - 9T (KNm)			2P - 8T (KNm)			3P - 7T (KNm)		
	6	12	18	6	12	18	6	12	18
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1946,81	2296,09	2531,19	2146,59	2691,89	2899,17	2282,54	2882,62	3162,75
8	6489,35	7653,63	8377,29	6678,27	8075,66	8697,51	6847,62	8359,61	9488,26
7	12113,46	14797,01	16196,09	13356,54	16151,33	17105,11	14202,47	16430,95	18976,53
6	19684,38	23471,12	25411,11	21704,37	25034,56	26382,45	22571,79	25943,61	30221,87
5	27904,23	33165,71	36580,83	30767,73	34994,55	37689,21	32209,18	35744,53	41818,64
4	37205,64	43880,79	48309,04	40785,14	46569,67	49285,89	43368,27	47275,02	55875,32
3	47588,60	55871,46	60595,73	51995,09	58144,79	61462,41	54020,12	59093,77	69580,59
2	57971,57	68372,38	74278,64	63205,04	70258,28	74218,76	66193,66	72353,84	84340,11
1	69219,79	80363,06	87961,55	75369,02	84256,10	88424,70	79381,68	88208,27	105073,72
0	79602,76	93884,47	102761,42	87771,52	99061,48	106689,47	93076,92	105792,27	128618,67

Lampiran 58 : Tabel momen guling akibat perubahan jumlah lantai podium untuk sistem lantai shell.

Lantai	Variasi								
	a = 6 m (KNm)			a = 12 m (KNm)			a = 18 m (KNm)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1946,81	2146,59	2282,54	2296,09	2691,89	2882,62	2531,19	2899,17	3162,75
8	6489,35	6678,27	6847,62	7653,63	8075,66	8359,61	8377,29	8697,51	9488,26
7	12113,46	13356,54	14202,47	14797,01	16151,33	16430,95	16196,09	17105,11	18976,53
6	19684,38	21704,37	22571,79	23471,12	25034,56	25943,61	25411,11	26382,45	30221,87
5	27904,23	30767,73	32209,18	33165,71	34994,55	35744,53	36580,83	37689,21	41818,64
4	37205,64	40785,14	43368,27	43880,79	46569,67	47275,02	48309,04	49285,89	55875,32
3	47588,60	51995,09	54020,12	55871,46	58144,79	59093,77	60595,73	61462,41	69580,59
2	57971,57	63205,04	66193,66	68372,38	70258,28	72353,84	74278,64	74218,76	84340,11
1	69219,79	75369,02	79381,68	80363,06	84256,10	88208,27	87961,55	88424,70	105073,72
0	79602,76	87771,52	93076,92	93884,47	99061,48	105792,27	102761,42	106689,47	128618,67



Lampiran 59 : Tabel momen guling akibat perubahan jarak perimeter podium-tower untuk sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi								
	IP - 9T (KNm)			2P - 8T (KNm)			3P - 7T (KNm)		
	6	12	18	6	12	18	6	12	18
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	2173,05	2310,08	2865,18	2398,85	2992,56	3245,70	2553,41	2630,96	3601,09
8	6084,54	7956,94	89973,88	6956,66	8161,53	8851,91	6894,21	7308,22	10083,05
7	12169,08	14887,17	16921,64	13193,66	15506,90	17408,75	14043,77	16078,09	19445,89
6	19557,44	23100,78	25753,47	21589,63	25028,68	26850,79	22980,71	26309,60	30249,16
5	28032,33	33111,12	36377,34	30465,36	35094,56	38063,20	32428,33	36248,78	43213,09
4	37376,45	43891,48	46862,57	41260,17	46520,70	49865,74	43152,66	48234,26	56537,13
3	47589,78	56468,57	59728,48	52294,87	58762,98	62258,41	54387,67	59927,41	71301,59
2	58020,41	68018,96	74633,31	63089,68	71277,32	75241,21	66644,05	73959,20	86786,29
1	69102,96	80339,38	84800,08	75563,69	85423,97	90584,52	79666,45	89744,96	106952,39
0	79968,21	94456,52	98547,87	88277,58	99298,56	108288,34	93965,55	107284,69	13250,14

Lampiran 60 : Tabel momen guling akibat perubahan jumlah lantai podium untuk sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi								
	a = 6 m (KNm)			a = 12 m (KNm)			a = 18 m (KNm)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	2173,05	2398,85	2553,41	2310,08	2992,56	2630,96	2865,18	3245,70	3601,09
8	6084,54	6956,66	6894,21	7956,94	8161,53	7308,22	89973,88	8851,91	10083,05
7	12169,08	13193,66	14043,77	14887,17	15506,90	16078,09	16921,64	17408,75	19445,89
6	19557,44	21589,63	22980,71	23100,78	25028,68	26309,60	25753,47	26850,79	30249,16
5	28032,33	30465,36	32428,33	33111,12	35094,56	36248,78	36377,34	38063,20	43213,09
4	37376,45	41260,17	43152,66	43891,48	46520,70	48234,26	46862,57	49865,74	56537,13
3	47589,78	52294,87	54387,67	56468,57	58762,98	59927,41	59728,48	62258,41	71301,59
2	58020,41	63089,68	66644,05	68018,96	71277,32	73959,20	74633,31	75241,21	86786,29
1	69102,96	75563,69	79666,45	80339,38	85423,97	89744,96	84800,08	90584,52	106952,39
0	79968,21	88277,58	93965,55	94456,52	99298,56	107284,69	98547,87	108288,34	13250,14

Lampiran 61: Tabel momen guling akibat perbandingan dengan pengaruh P- $\Delta$  dan tanpa pengaruh P- $\Delta$  untuk struktur 2 lantai podium 8 lantai tower, dengan jarak perimeter podium-tower 12 m untuk sistem lantai shell.

Lantai	Momen Guling (KNm)	
	P - $\Delta$	Tanpa P - $\Delta$
10	0,00	0,00
9	2691,89	2674,67
8	8075,66	7756,54
7	16151,33	16048,00
6	25034,56	24072,01
5	34994,55	34503,21
4	46569,67	46004,28
3	58144,79	57772,82
2	70258,28	69273,89
1	84256,10	83717,09
0	99061,48	98160,30

Lampiran 62 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar tower akibat perubahan jarak perimeter podium-tower untuk struktur podium 1 lantai-tower 9 lantai dengan sistem lantai shell.

Jarak perimeter podium - tower	Variasi					
	Podium 1 Lantai -Tower 9 Lantai					
	6 M		12 m		18 M	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	77,21	85,76	90,66	100,74	98,82	109,85
9	52,75	70,35	62,03	82,75	67,69	90,35
8	59,02	79,70	69,34	93,84	75,62	102,55
7	58,09	85,29	68,20	100,41	74,33	109,71
6	59,39	97,38	69,70	114,57	75,92	125,06
5	57,50	101,33	67,35	119,02	73,26	129,75
4	51,73	102,80	60,79	121,34	66,29	132,74
3	43,85	102,26	49,68	116,38	52,75	124,03
2	34,45	103,28	52,15	150,74	66,01	187,51
1	35,03	101,21	19,07	115,35	31,91	126,12

Lampiran 63 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 2 lantai-tower 8 lantai* dengan sistem *lantai shell*.

Jarak <i>perimeter podium - tower</i>	Variasi					
	<i>Podium 2 Lantai -Tower 8 Lantai</i>					
	6 m		12 M		18 M	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	83,81	93,16	92,13	102,55	95,87	106,86
9	57,37	76,51	63,31	84,47	66,15	88,29
8	64,14	86,84	70,67	96,20	73,72	100,91
7	63,06	92,98	69,31	103,12	72,12	108,32
6	64,41	106,12	70,56	117,38	73,15	122,98
5	62,13	110,08	67,90	121,74	70,16	127,42
4	55,76	111,21	59,73	120,20	60,64	123,23
3	50,56	120,37	61,87	150,66	69,98	174,03
2	13,84	72,75	12,49	72,22	21,81	87,12
1	63,28	195,17	64,86	194,13	65,05	189,02

Lampiran 64 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 3 lantai-tower 7 lantai* dengan sistem *lantai shell*.

Jarak <i>perimeter podium - tower</i>	Variasi					
	<i>Podium 3 Lantai -Tower 7 Lantai</i>					
	6 m		12 M		18 M	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	86,38	96,08	91,70	102,23	103,19	115,28
9	59,24	78,97	63,23	84,27	71,50	95,20
8	66,18	89,75	70,54	96,26	79,66	109,21
7	65,05	96,30	69,08	103,47	77,80	117,64
6	66,20	109,65	70,14	118,16	78,82	134,81
5	63,82	113,59	65,88	119,01	72,34	132,81
4	60,10	123,93	70,61	153,30	85,79	194,44
3	27,10	83,77	21,17	72,95	25,36	87,03
2	31,40	90,74	42,73	102,82	52,33	114,18
1	63,91	206,95	65,95	211,58	72,42	231,37

Lampiran 65 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m pada sistem lantai *shell*.

Jumlah Lantai Podium	Variasi					
	Jarak Perimeter Podium-Tower 6 m					
	1		2		3	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	77,21	85,76	83,81	93,16	86,38	96,08
9	52,75	70,35	57,37	76,51	59,24	78,97
8	59,02	79,70	64,14	86,84	66,18	89,75
7	58,09	85,29	63,06	92,98	65,05	96,30
6	59,39	97,38	64,41	106,12	66,20	109,65
5	57,50	101,33	62,13	110,08	63,82	113,59
4	51,73	102,80	55,76	111,21	60,10	123,93
3	43,85	102,26	50,56	120,37	27,10	83,77
2	34,45	103,28	13,84	72,75	31,40	90,74
1	35,03	101,21	63,28	195,17	63,91	206,95

Lampiran 66 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m pada sistem lantai *shell*.

Jumlah Lantai Podium	Variasi					
	Jarak Perimeter Podium-Tower 12 m					
	1		2		3	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	90,66	100,74	92,13	102,55	91,70	102,23
9	62,03	82,75	63,31	84,47	63,23	84,27
8	69,34	93,84	70,67	96,20	70,54	96,26
7	68,20	100,41	69,31	103,12	69,08	103,47
6	69,70	114,57	70,56	117,38	70,14	118,16
5	67,35	119,02	67,90	121,74	65,88	119,01
4	60,79	121,34	59,73	120,20	70,61	153,30
3	49,68	116,38	61,87	150,66	21,17	72,95
2	52,15	150,74	12,49	72,22	42,73	102,82
1	19,07	115,35	64,86	194,13	65,95	211,58

Lampiran 67 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m pada sistem lantai *shell*.

Jumlah Lantai Podium	Variasi					
	Jarak Perimeter Podium-Tower 18 m					
	1		2		3	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	98,82	109,85	95,87	106,86	103,19	115,28
9	67,69	90,35	66,15	88,29	71,50	95,20
8	75,62	102,55	73,72	100,91	79,66	109,21
7	74,33	109,71	72,12	108,32	77,80	117,64
6	75,92	125,06	73,15	122,98	78,82	134,81
5	73,26	129,75	70,16	127,42	72,34	132,81
4	66,29	132,74	60,64	123,23	85,79	194,44
3	52,75	124,03	69,98	174,03	25,36	87,03
2	66,01	187,51	21,81	87,12	52,33	114,18
1	31,91	126,12	65,05	189,02	72,42	231,37

Lampiran 68 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium* 1 lantai-*tower* 9 lantai dengan sistem lantai *membrane*.

Jarak perimeter podium - tower	Variasi					
	Podium 1 Lantai -Tower 9 Lantai					
	6 M		12 m		18 M	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	117,71	124,25	138,53	146,19	151,30	159,64
9	80,09	110,24	94,33	129,87	103,12	141,99
8	90,81	122,74	106,89	144,64	116,78	158,20
7	89,70	127,76	105,51	150,50	115,18	164,54
6	91,51	140,13	107,56	164,96	117,33	180,19
5	90,57	143,72	106,30	168,96	115,83	184,34
4	80,43	138,35	94,49	163,05	103,06	178,25
3	71,64	138,53	82,50	159,45	88,53	171,01
2	82,97	82,97	52,32	124,05	66,33	158,87
1	20,57	107,07	18,79	120,33	39,87	150,05

Lampiran 69 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 2 lantai-tower 8 lantai* dengan sistem lantai *membrane*.

Jarak <i>perimeter</i> <i>podium -</i> <i>tower</i>	Variasi					
	<i>Podium 2 Lantai -Tower 8 Lantai</i>					
	6 M		12 M		18 M	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	128,84	135,97	143,11	150,93	150,92	159,05
9	87,73	120,76	97,66	134,46	103,22	142,13
8	99,43	134,55	110,54	149,98	116,67	158,74
7	98,08	139,89	108,80	155,88	114,58	164,94
6	100,24	153,88	110,87	171,03	116,36	180,49
5	97,83	154,76	107,91	171,71	112,89	180,87
4	92,91	162,44	101,61	178,22	105,29	185,30
3	51,28	90,60	60,33	112,34	67,68	133,44
2	20,17	83,64	26,89	103,92	36,54	123,29
1	55,59	187,44	55,86	190,30	56,16	191,24

Lampiran 70 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jarak *perimeter podium- tower* untuk struktur *podium 3 lantai-tower 7 lantai* dengan sistem lantai *membrane*.

Jarak <i>perimeter</i> <i>podium -</i> <i>tower</i>	Variasi					
	<i>Podium 3 Lantai -Tower 7 Lantai</i>					
	6 M		12 M		18 m	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	134,58	142,01	146,03	153,96	168,77	177,79
9	91,69	126,23	99,74	137,29	115,48	158,89
8	103,82	140,49	112,79	153,04	130,50	177,34
7	102,74	146,88	111,33	159,95	128,57	185,36
6	103,21	157,66	111,52	171,61	128,54	198,99
5	109,08	177,08	116,62	190,24	133,09	218,05
4	59,71	85,93	67,99	107,04	82,67	141,55
3	19,28	78,21	28,93	97,45	42,56	129,14
2	7,77	56,89	15,48	69,99	23,02	85,76
1	52,65	197,36	54,62	208,04	60,90	235,80

Lampiran 71 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium- tower* 6 m pada sistem lantai *membrane*.

Jumlah Lantai Podium	Variasi					
	Jarak Perimeter Podium - Tower 6 m					
	1		2		3	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	117,71	124,25	128,84	135,97	134,58	142,01
9	80,09	110,24	87,73	120,76	91,69	126,23
8	90,81	122,74	99,43	134,55	103,82	140,49
7	89,70	127,76	98,08	139,89	102,74	146,88
6	91,51	140,13	100,24	153,88	103,21	157,66
5	90,57	143,72	97,83	154,76	109,08	177,08
4	80,43	138,35	92,91	162,44	59,71	85,93
3	71,64	138,53	51,28	90,60	19,28	78,21
2	82,97	82,97	20,17	83,64	7,77	56,89
1	20,57	107,07	55,59	187,44	52,65	197,36

Lampiran 72 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium- tower* 12 m pada sistem lantai *membrane*.

Jumlah Lantai Podium	Variasi					
	Jarak Perimeter Podium - Tower 12 m					
	1		2		3	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	138,53	146,19	143,11	150,93	146,03	153,96
9	94,33	129,87	97,66	134,46	99,74	137,29
8	106,89	144,64	110,54	149,98	112,79	153,04
7	105,51	150,50	108,80	155,88	111,33	159,95
6	107,56	164,96	110,87	171,03	111,52	171,61
5	106,30	168,96	107,91	171,71	116,62	190,24
4	94,49	163,05	101,61	178,22	67,99	107,04
3	82,50	159,45	60,33	112,34	28,93	97,45
2	52,32	124,05	26,89	103,92	15,48	69,99
1	18,79	120,33	55,86	190,30	54,62	208,04

Lampiran 73 : Tabel gaya geser dan momen pada kolom luar *tower* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m pada sistem lantai *membrane*.

Jumlah Lantai Podium	Variasi					
	Jarak <i>Perimeter Podium - Tower</i> 18 m					
	1		2		3	
Lantai	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)	V2 (KN)	M3 (KNm)
10	151,30	159,64	150,92	159,05	168,77	177,79
9	103,12	141,99	103,22	142,13	115,48	158,89
8	116,78	158,20	116,67	158,74	130,50	177,34
7	115,18	164,54	114,58	164,94	128,57	185,36
6	117,33	180,19	116,36	180,49	128,54	198,99
5	115,83	184,34	112,89	180,87	133,09	218,05
4	103,06	178,25	105,29	185,30	82,67	141,55
3	88,53	171,01	67,68	133,44	42,56	129,14
2	66,33	158,87	36,54	123,29	23,02	85,76
1	39,87	150,05	56,16	191,24	60,90	235,80

Lampiran 74 : Gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium* 1 lantai-*tower* 9 lantai pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi					
	1P - 9T					
	a = 6 m		a = 12 m		a = 18 m	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	43,70	110,70	59,01	137,45	64,34	149,85
9	47,29	125,27	63,90	147,14	69,67	160,41
8	48,25	127,98	65,26	150,30	71,14	163,84
7	48,68	128,97	65,84	151,39	71,74	164,95
6	47,87	126,73	64,74	148,65	70,50	161,88
5	48,84	129,29	66,02	151,50	71,84	164,85
4	44,62	118,01	60,27	138,11	65,52	150,13
3	38,38	101,39	51,77	118,41	56,20	128,53
2	29,82	78,58	40,20	91,48	43,56	99,06



Lampiran 75 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 2 lantai-tower 8 lantai* pada sistem *lantai shell*.

Lantai	Variasi					
	2P - 8T					
	a = 6 m		a = 12 m		a = 18 m	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	54,56	127,09	60,03	139,81	62,52	145,61
9	59,09	136,05	65,02	149,69	67,73	155,91
8	60,34	138,98	66,37	152,84	69,11	159,12
7	60,86	139,94	66,83	153,65	69,47	159,70
6	59,81	137,34	65,50	150,40	67,89	155,86
5	60,94	139,85	66,50	152,59	68,65	157,50
4	55,60	127,40	60,40	138,38	62,05	142,15
3	47,68	108,99	51,51	117,66	52,62	120,12

Lampiran 76 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 3 lantai-tower 7 lantai* pada sistem *lantai shell*.

Lantai	Variasi					
	3P - 7T					
	a = 6 m		a = 12 m		a = 18 m	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	56,26	131,03	59,81	139,29	67,39	156,93
9	60,93	140,28	64,79	149,16	73,02	168,09
8	62,21	143,27	66,13	152,26	74,51	171,53
7	62,70	144,16	66,50	152,86	74,78	171,85
6	61,53	141,27	64,97	149,15	72,78	167,01
5	62,57	143,59	65,63	150,57	73,01	167,46
4	56,88	130,29	59,20	135,49	65,28	149,31

Lampiran 77 : Gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai podium untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi					
	a = 6 m					
	1		2		3	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	43,70	110,70	54,56	127,09	56,26	131,03
9	47,29	125,27	59,09	136,05	60,93	140,28
8	48,25	127,98	60,34	138,98	62,21	143,27
7	48,68	128,97	60,86	139,94	62,70	144,16
6	47,87	126,73	59,81	137,34	61,53	141,27
5	48,84	129,29	60,94	139,85	62,57	143,59
4	44,62	118,01	55,60	127,40	56,88	130,29
3	38,38	101,39	47,68	108,99	-	-
2	29,82	78,58	-	-	-	-

Lampiran 78 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai podium untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi					
	a = 12 m					
	1		2		3	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	59,01	137,45	60,03	139,81	59,81	139,29
9	63,90	147,14	65,02	149,69	64,79	149,16
8	65,26	150,30	66,37	152,84	66,13	152,26
7	65,84	151,39	66,83	153,65	66,50	152,86
6	64,74	148,65	65,50	150,40	64,97	149,15
5	66,02	151,50	66,50	152,59	65,63	150,57
4	60,27	138,11	60,40	138,38	59,20	135,49
3	51,77	118,41	51,51	117,66	-	-
2	40,20	91,48	-	-	-	-

Lampiran 79 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi					
	a = 18 m					
	1		2		3	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	64,34	149,85	62,52	145,61	67,39	156,93
9	69,67	160,41	67,73	155,91	73,02	168,09
8	71,14	163,84	69,11	159,12	74,51	171,53
7	71,74	164,95	69,47	159,70	74,78	171,85
6	70,50	161,88	67,89	155,86	72,78	167,01
5	71,84	164,85	68,65	157,50	73,01	167,46
4	65,52	150,13	62,05	142,15	65,28	149,31
3	56,20	128,53	52,62	120,12	-	-
2	43,56	99,06	-	-	-	-

Lampiran 80 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium* 1 lantai-*tower* 9 lantai pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi					
	1P - 9T					
	a = 6 m		a = 12 m		a = 18 m	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	71,21	189,27	83,81	222,76	91,56	243,34
9	80,30	209,17	94,52	246,20	103,26	268,94
8	82,09	214,44	96,61	252,36	105,52	275,62
7	83,56	217,88	98,29	256,27	107,30	279,74
6	82,84	215,77	97,37	253,60	106,22	276,63
5	85,06	221,52	99,87	260,09	108,86	283,49
4	78,43	203,98	91,98	239,20	100,16	260,46
3	68,11	176,78	79,71	206,91	86,66	224,97
2	53,15	137,92	62,12	160,96	67,48	174,62

Lampiran 81 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 2 lantai-tower 8 lantai* pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi					
	2P - 8T					
	a = 6 m		a = 12 m		a = 18 m	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	77,95	207,19	86,62	230,21	91,38	242,86
9	87,91	228,98	97,70	254,46	103,09	268,47
8	89,85	234,71	99,82	260,72	105,28	274,95
7	91,41	238,35	101,40	264,35	106,77	278,33
6	90,56	235,87	100,22	260,98	105,25	274,05
5	92,88	241,91	102,46	266,85	107,23	279,24
4	85,73	222,83	94,25	244,96	98,24	255,33
3	73,75	191,91	80,77	210,08	83,86	218,00

Lampiran 82 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 3 lantai-tower 7 lantai* pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi					
	3P - 7T					
	a = 6 m		a = 12 m		a = 18 m	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	81,43	216,43	88,40	234,95	102,21	271,63
9	91,84	239,21	99,72	259,72	115,31	300,31
8	93,86	245,17	101,88	266,08	117,78	307,60
7	95,47	248,91	103,45	269,67	119,45	311,35
6	94,51	246,17	102,09	265,88	117,59	306,21
5	97,09	252,72	104,40	271,72	119,76	311,69
4	88,72	231,33	94,96	247,50	108,44	282,52

Lampiran 83 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi					
	a = 6 m					
	1		2		3	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	71,21	189,27	77,95	207,19	81,43	216,43
9	80,30	209,17	87,91	228,98	91,84	239,21
8	82,09	214,44	89,85	234,71	93,86	245,17
7	83,56	217,88	91,41	238,35	95,47	248,91
6	82,84	215,77	90,56	235,87	94,51	246,17
5	85,06	221,52	92,88	241,91	97,09	252,72
4	78,43	203,98	85,73	222,83	88,72	231,33
3	68,11	176,78	73,75	191,91	-	-
2	53,15	137,92	-	-	-	-

Lampiran 84 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi					
	a = 12 m					
	1		2		3	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	83,81	222,76	86,62	230,21	88,40	234,95
9	94,52	246,20	97,70	254,46	99,72	259,72
8	96,61	252,36	99,82	260,72	101,88	266,08
7	98,29	256,27	101,40	264,35	103,45	269,67
6	97,37	253,60	100,22	260,98	102,09	265,88
5	99,87	260,09	102,46	266,85	104,40	271,72
4	91,98	239,20	94,25	244,96	94,96	247,50
3	79,71	206,91	80,77	210,08	-	-
2	62,12	160,96	-	-	-	-

Lampiran 85 : Tabel gaya geser dan momen pada balok akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi					
	a = 18 m					
	1		2		3	
	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)	V (KN)	M (KNm)
10	91,56	243,34	91,38	242,86	102,21	271,63
9	103,26	268,94	103,09	268,47	115,31	300,31
8	105,52	275,62	105,28	274,95	117,78	307,60
7	107,30	279,74	106,77	278,33	119,45	311,35
6	106,22	276,63	105,25	274,05	117,59	306,21
5	108,86	283,49	107,23	279,24	119,76	311,69
4	100,16	260,46	98,24	255,33	108,44	282,52
3	86,66	224,97	83,86	218,00	-	-
2	67,48	174,62	-	-	-	-

Lampiran 86 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium* 1 lantai-*tower* 9 lantai pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	1P - 9T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	41,92	49,45	54,14
9	43,10	51,77	60,46
8	98,46	122,98	142,11
7	200,87	242,95	272,32
6	333,72	398,42	440,59
5	490,22	582,01	639,92
4	670,25	793,38	869,97
3	872,64	1032,53	1131,72
2	1093,23	1287,40	1406,40
1	1388,85	1512,29	1550,20

Lampiran 87 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 2 lantai-tower 8 lantai* pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	2P - 8T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	45,79	51,00	53,79
9	47,05	61,19	73,48
8	115,82	146,64	171,40
7	229,01	275,33	311,13
6	373,94	436,00	480,88
5	543,67	622,12	674,33
4	740,27	838,15	898,21
3	956,64	1073,72	1139,93
2	1151,63	1226,26	1233,85
1	1525,36	1559,64	1518,05

Lampiran 88 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 3 lantai-tower 7 lantai* pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	3P - 7T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	47,46	51,29	58,56
9	49,41	61,76	74,90
8	126,07	155,49	191,74
7	246,80	294,33	360,30
6	399,19	464,68	564,24
5	577,38	660,56	796,42
4	776,18	871,28	1038,81
3	944,24	982,83	1088,86
2	1173,12	1188,73	1271,76
1	1593,84	1605,70	1716,12

Lampiran 89 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium - tower* 6 m pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	a = 6 m		
	1	2	3
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	41,92	45,79	47,46
9	43,10	47,05	49,41
8	98,46	115,82	126,07
7	200,87	229,01	246,80
6	333,72	373,94	399,19
5	490,22	543,67	577,38
4	670,25	740,27	776,18
3	872,64	956,64	944,24
2	1093,23	1151,63	1173,12
1	1388,85	1525,36	1593,84

Lampiran 90 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium - tower* 12 m pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	a = 12 m		
	1	2	3
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	49,45	51,00	51,29
9	51,77	61,19	61,76
8	122,98	146,64	155,49
7	242,95	275,33	294,33
6	398,42	436,00	464,68
5	582,01	622,12	660,56
4	793,38	838,15	871,28
3	1032,53	1073,72	982,83
2	1287,40	1226,26	1188,73
1	1512,29	1559,64	1605,70



Lampiran 91 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m pada sistem lantai *shell*.

Lantai	Variasi		
	a = 18 m		
	1	2	3
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	54,14	53,79	58,56
9	60,46	73,48	74,90
8	142,11	171,40	191,74
7	272,32	311,13	360,30
6	440,59	480,88	564,24
5	639,92	674,33	796,42
4	869,97	898,21	1038,81
3	1131,72	1139,93	1088,86
2	1406,40	1233,85	1271,76
1	1550,20	1518,05	1716,12

Lampiran 92 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium* 1 lantai-*tower* 9 lantai pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	1P - 9T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	60,96	71,96	78,84
9	56,36	66,93	73,92
8	83,19	105,88	124,80
7	174,57	212,83	241,00
6	297,88	357,00	396,78
5	444,97	529,54	583,90
4	616,49	731,06	803,23
3	811,08	961,22	1055,49
2	1028,90	1213,64	1327,77
1	1337,87	1471,13	1516,85

Lampiran 93 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jarak *perimeter podium - tower* untuk struktur *podium 2 lantai-tower 8 lantai* pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	2P - 8T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	66,91	74,89	79,59
9	61,87	68,93	72,47
8	98,67	127,73	151,41
7	199,25	242,89	278,40
6	333,17	391,69	437,36
5	492,24	566,44	620,52
4	678,39	771,18	833,95
3	889,72	1002,84	1073,01
2	1105,46	1201,29	1236,15
1	1488,34	1565,27	1575,03

Lampiran 94 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jarak *perimeter podium-tower* untuk struktur *podium 3 lantai-tower 7 lantai* pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	3P - 7T		
	a = 6 m	a = 12 m	a = 18 m
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	69,97	76,56	89,01
9	64,51	68,91	77,71
8	106,67	133,15	164,39
7	213,26	256,86	316,39
6	353,38	414,25	507,00
5	518,49	596,28	725,45
4	710,10	801,04	964,16
3	903,19	968,32	1109,74
2	1147,78	1217,79	1377,54
1	1580,11	1667,45	1883,67

Lampiran 95 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 6 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	a = 6 m		
	1	2	3
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	60,96	66,91	69,97
9	56,36	61,87	64,51
8	83,19	98,67	106,67
7	174,57	199,25	213,26
6	297,88	333,17	353,38
5	444,97	492,24	518,49
4	616,49	678,39	710,10
3	811,08	889,72	903,19
2	1028,90	1105,46	1147,78
1	1337,87	1488,34	1580,11

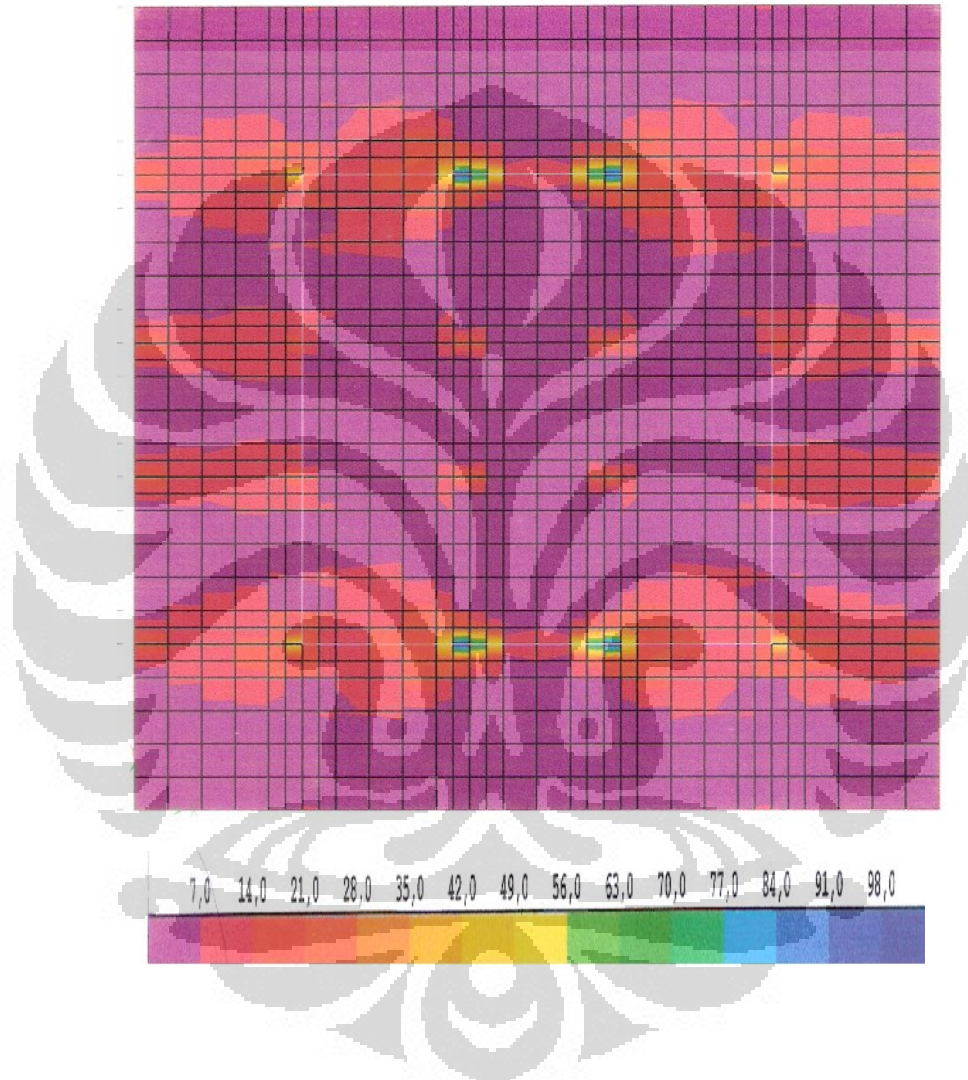
Lampiran 96 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 12 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	a = 12 m		
	1	2	3
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	71,96	74,89	76,56
9	66,93	68,93	68,91
8	105,88	127,73	133,15
7	212,83	242,89	256,86
6	357,00	391,69	414,25
5	529,54	566,44	596,28
4	731,06	771,18	801,04
3	961,22	1002,84	968,32
2	1213,64	1201,29	1217,79
1	1471,13	1565,27	1667,45

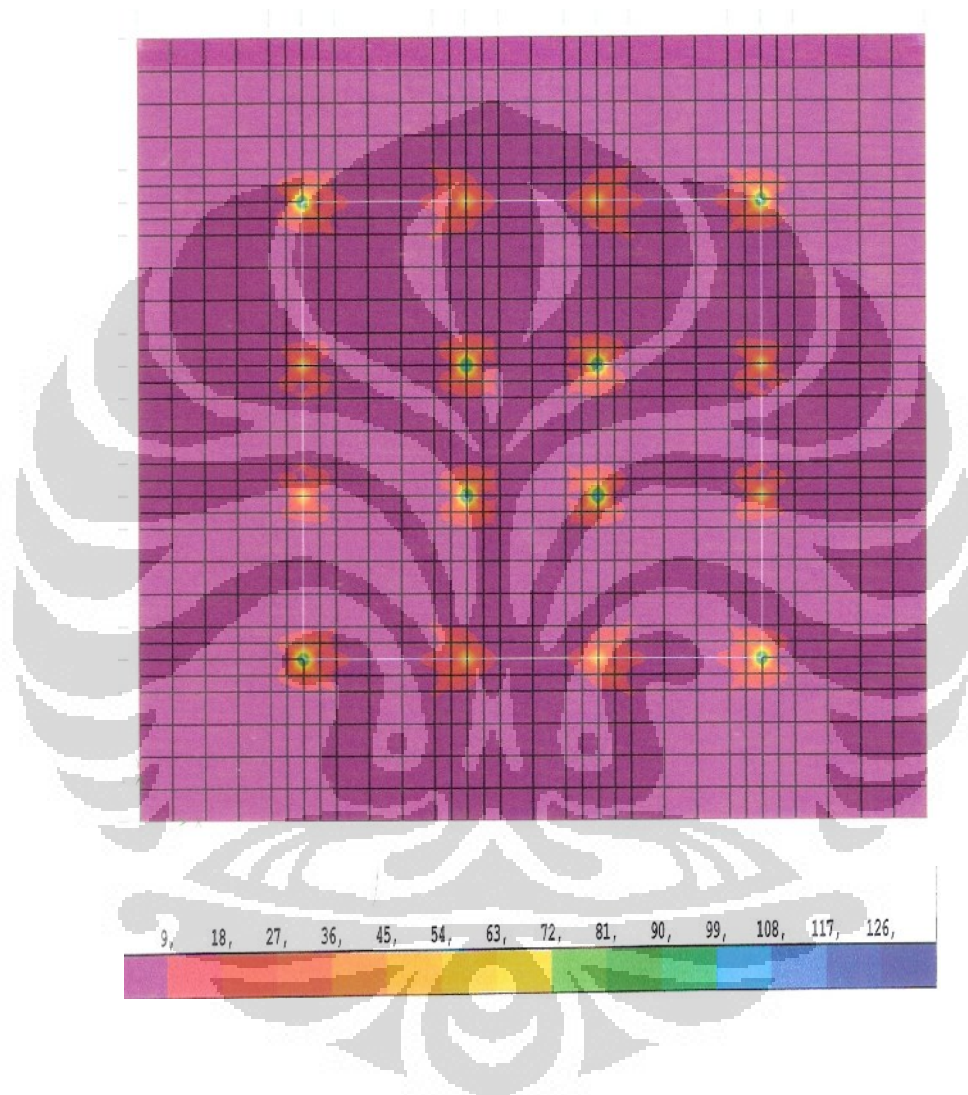
Lampiran 97 : Tabel gaya membran pada *shear wall* akibat perubahan jumlah lantai *podium* untuk struktur dengan jarak *perimeter podium-tower* 18 m pada sistem lantai *membrane*.

Lantai	Variasi		
	a = 18 m		
	1	2	3
	F (KN)	F (KN)	F (KN)
10	78,84	79,59	89,01
9	73,92	72,47	77,71
8	124,80	151,41	164,39
7	241,00	278,40	316,39
6	396,78	437,36	507,00
5	583,90	620,52	725,45
4	803,23	833,95	964,16
3	1055,49	1073,01	1109,74
2	1327,77	1236,15	1377,54
1	1516,85	1575,03	1883,67

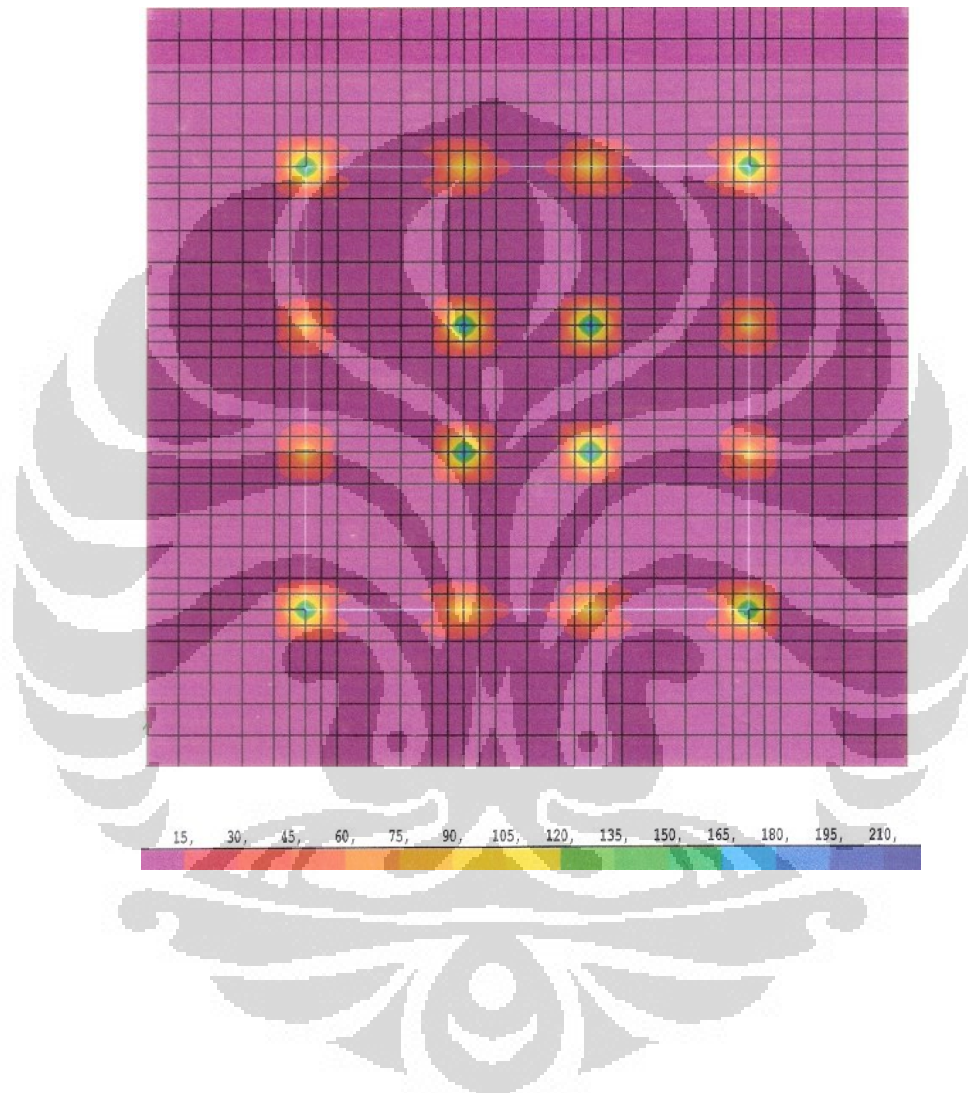
Lampiran 98 : Gaya membran untuk struktur 2 lantai podium -8 lantai tower dengan jarak perimeter podium-tower 6 m (2P-8T ; a =6 m).



Lampiran 99 : Momen untuk struktur 2 lantai  
*podium-8* lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 6 m(2P-8T ; a =6 m).

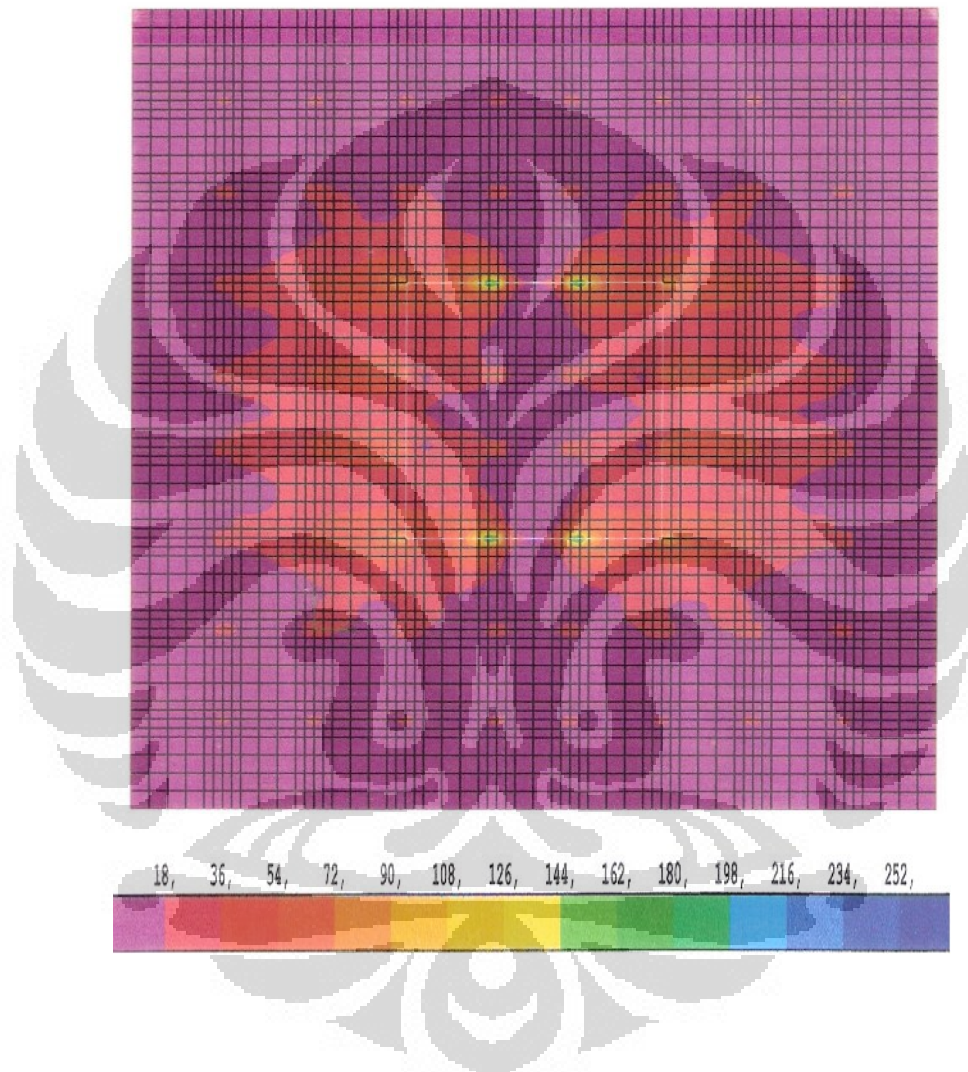


Lampiran 100 : Gaya geser untuk struktur 2 lantai  
*podium* -8 lantai *tower* dengan jarak perimeter  
*podium-tower* 6 m(2P-8T ; a =6 m).



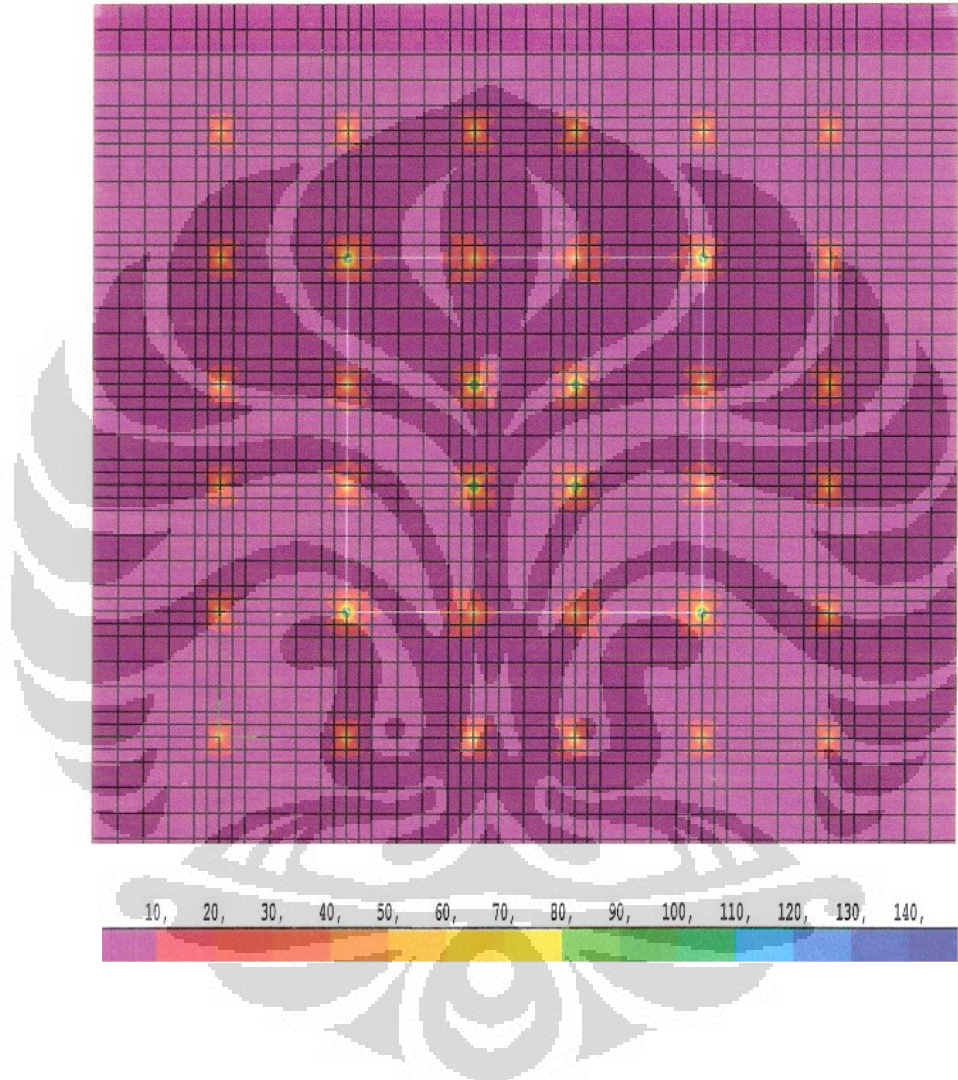


Lampiran 101 : Gaya membran untuk struktur 2  
lantai *podium* -8 lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 12 m(2P-8T ; a = 12 m).

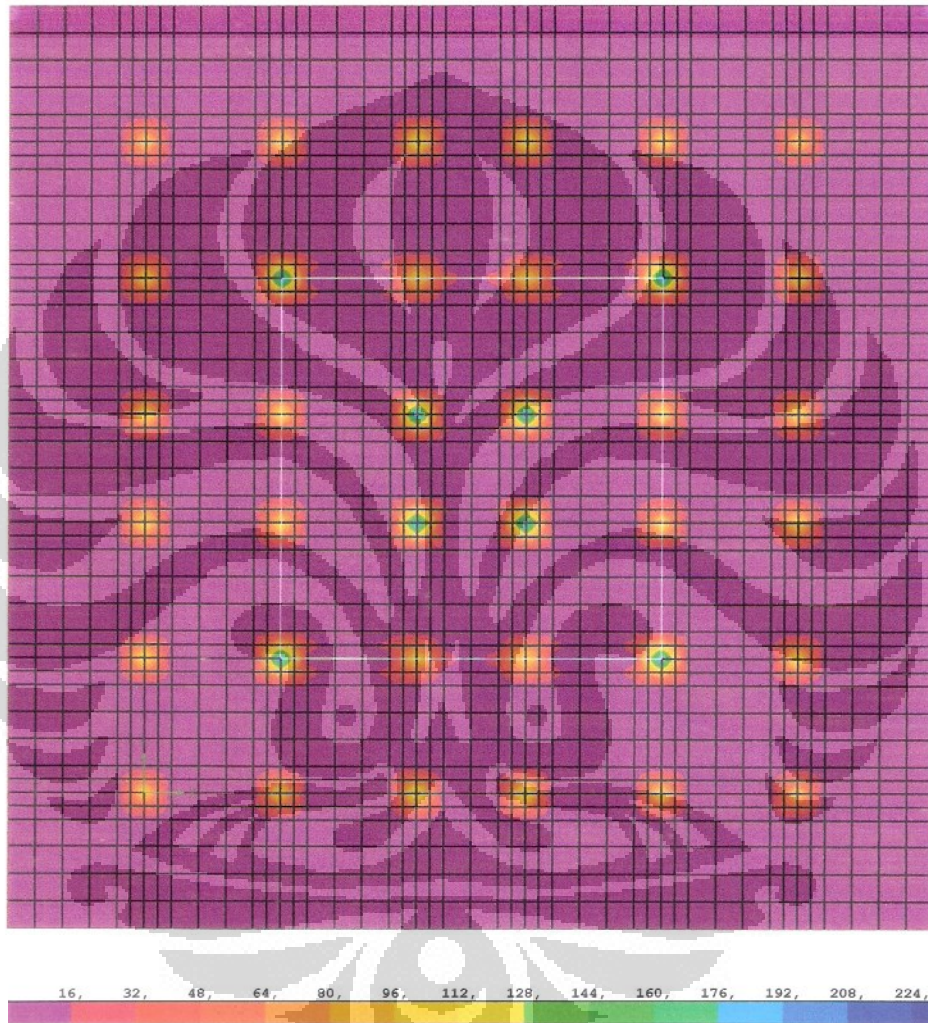




Lampiran 102 : Momen untuk struktur 2 lantai  
*podium* – 8 lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 12 m(2P-8T ; a = 12 m).

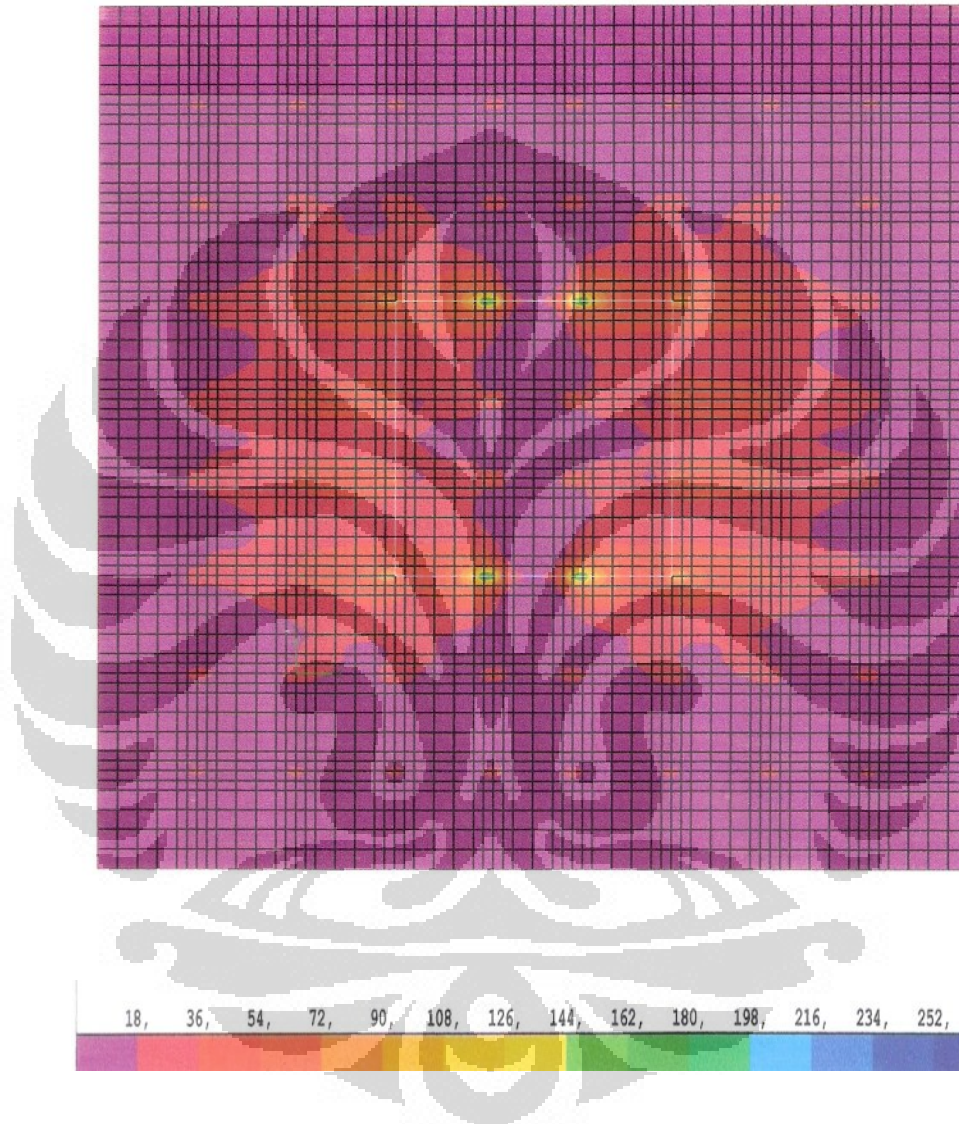


Lampiran 103 : Gaya geser untuk struktur 2 lantai  
*podium-8 lantai tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 12 m(2P-8T ; a = 12 m).

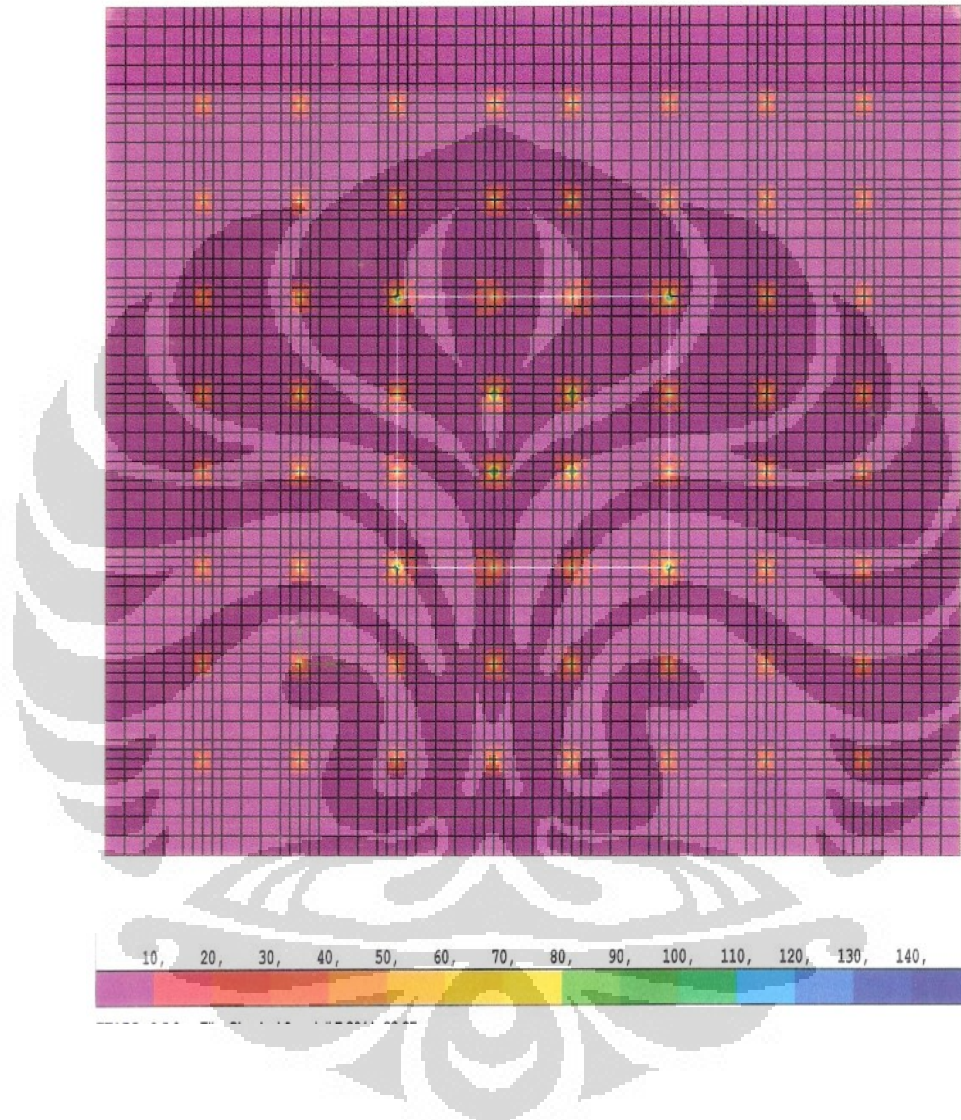




Lampiran 104 : Gaya membran untuk struktur 2  
lantai *podium* -8 lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 18 m(2P-8T ; a = 18 m).



Lampiran 105 : Momen untuk struktur 2 lantai  
*podium-8* lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 18 m(2P-8T ;  $a=18$  m).

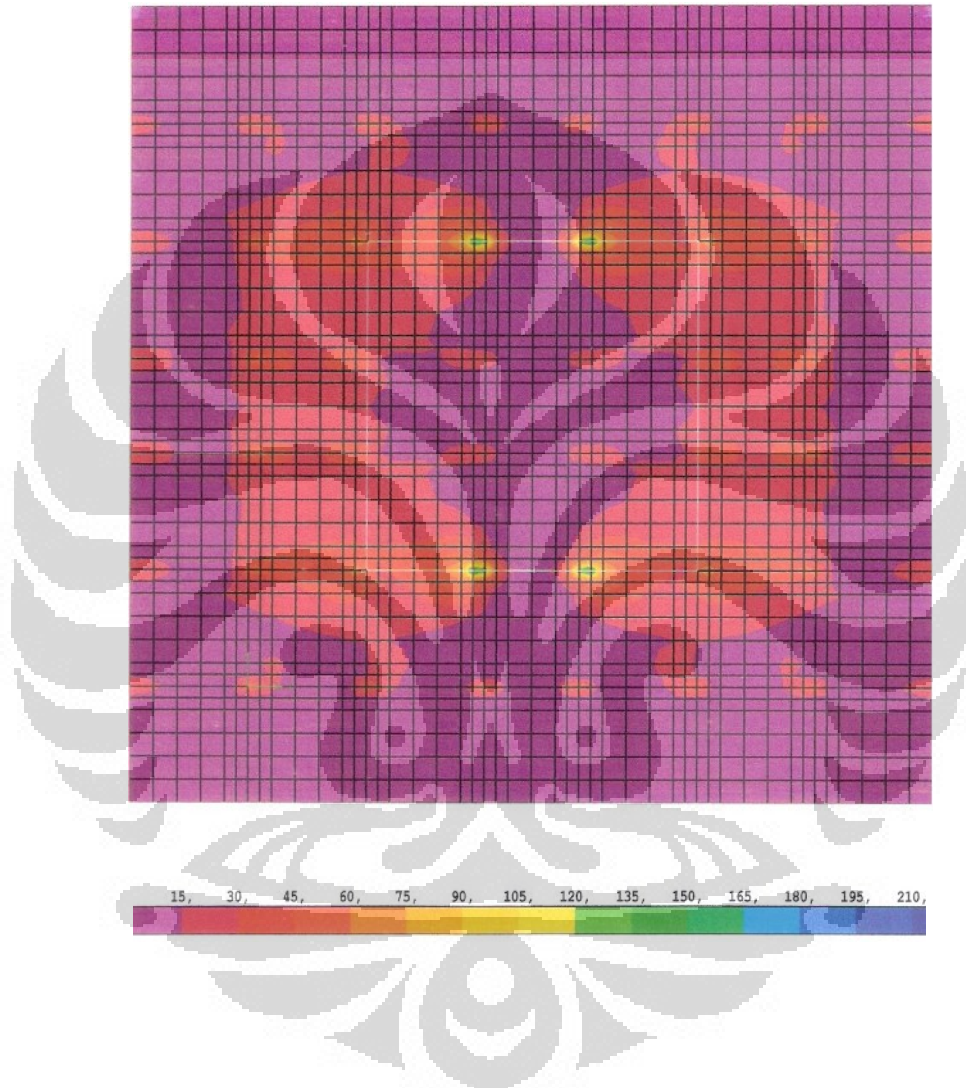




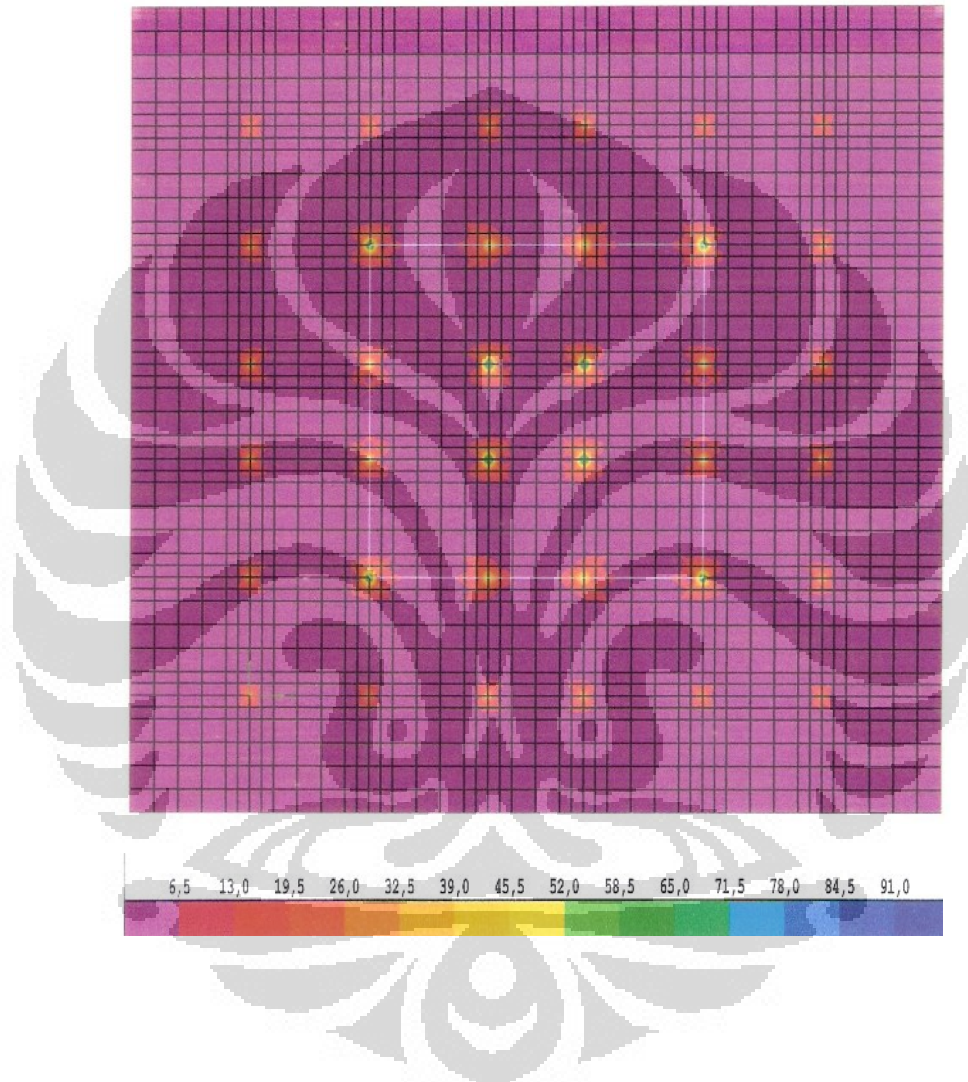
Lampiran 106 :Gaya geser untuk struktur 2 lantai podium -8 lantai tower dengan jarak *perimeter* podium-tower 18 m (2P-8T ; a =18 m).



Lampiran 107 :Gaya membran untuk struktur 1  
lantai *podium* -9 lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 12 m (1P-9T ; a =12 m).

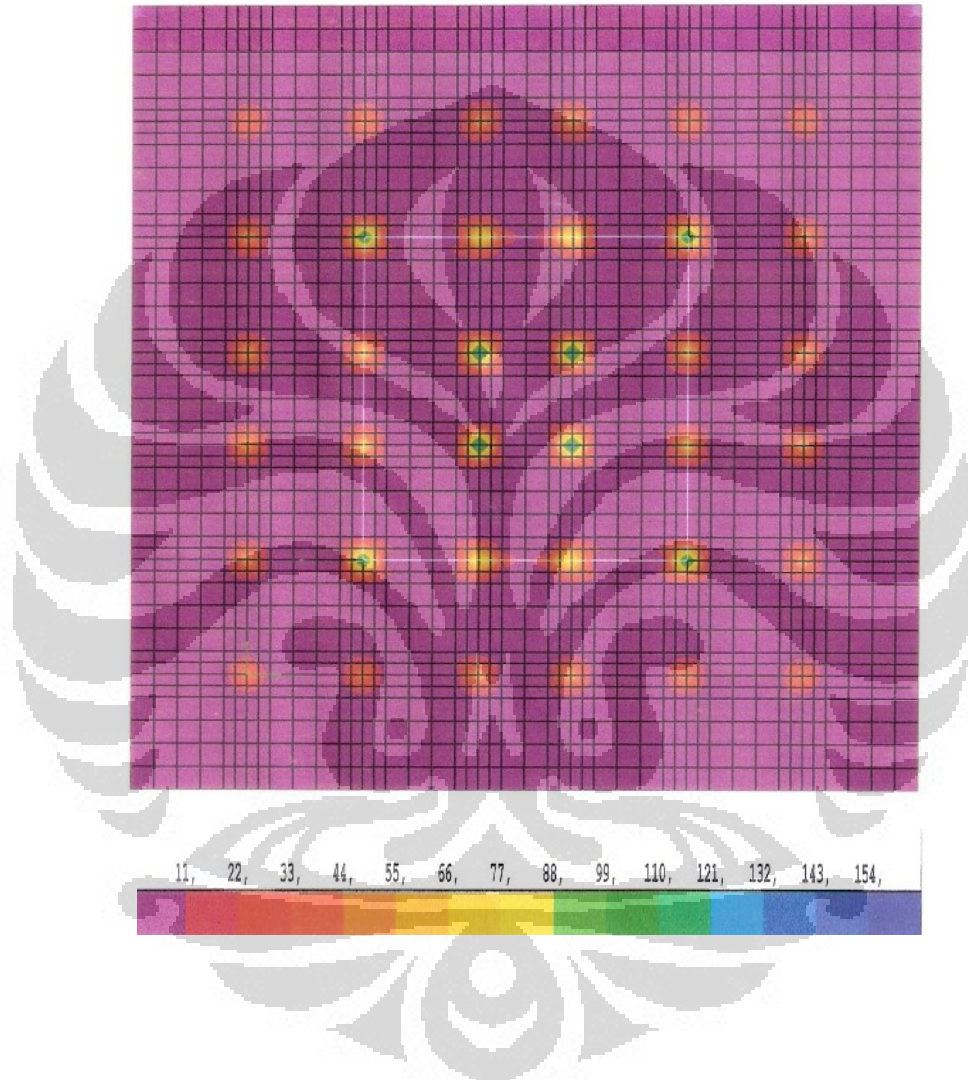


Lampiran 108 : Momen untuk struktur 1 lantai  
*podium-9* lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 12 m (1P-9T ; a =12 m).



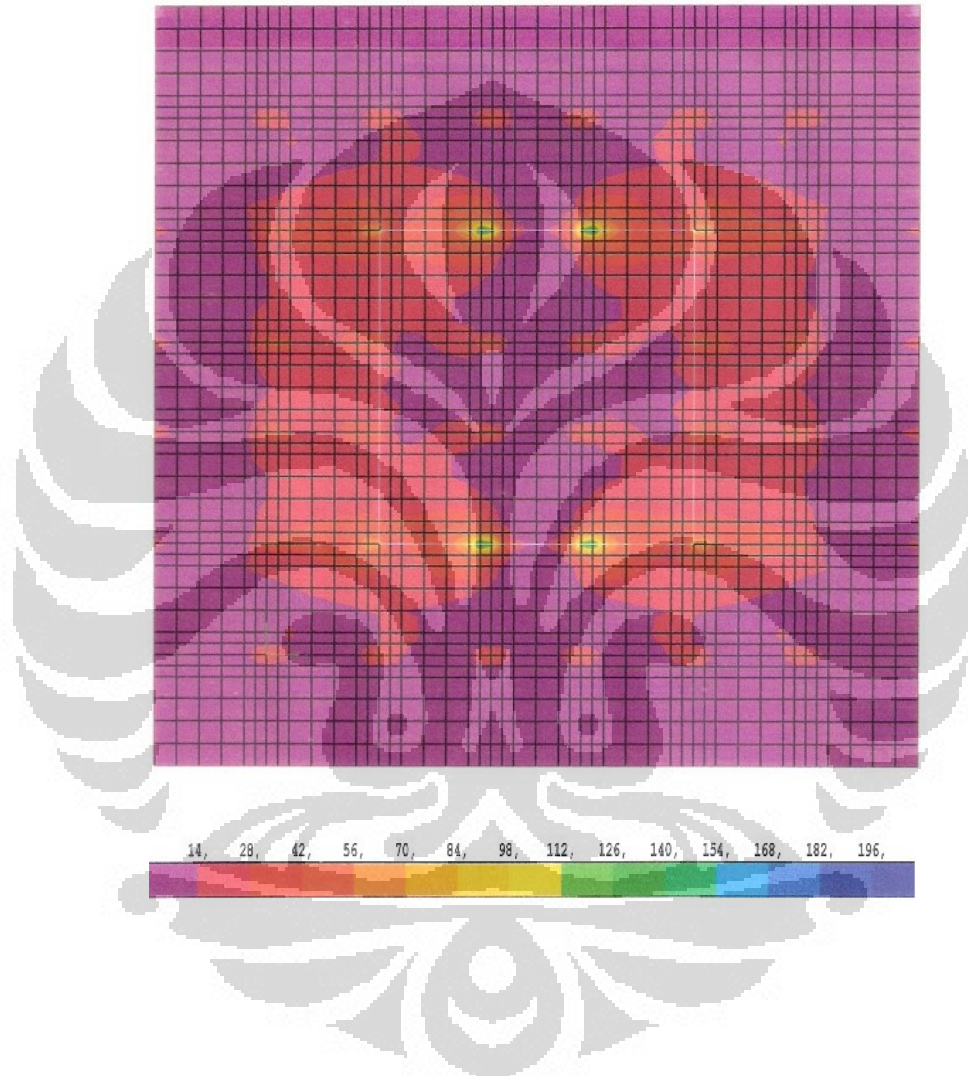


Lampiran 109 : Gaya geser untuk struktur 1 lantai  
*podium-9 lantai tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 12 m (1P-9T ; a =12 m).

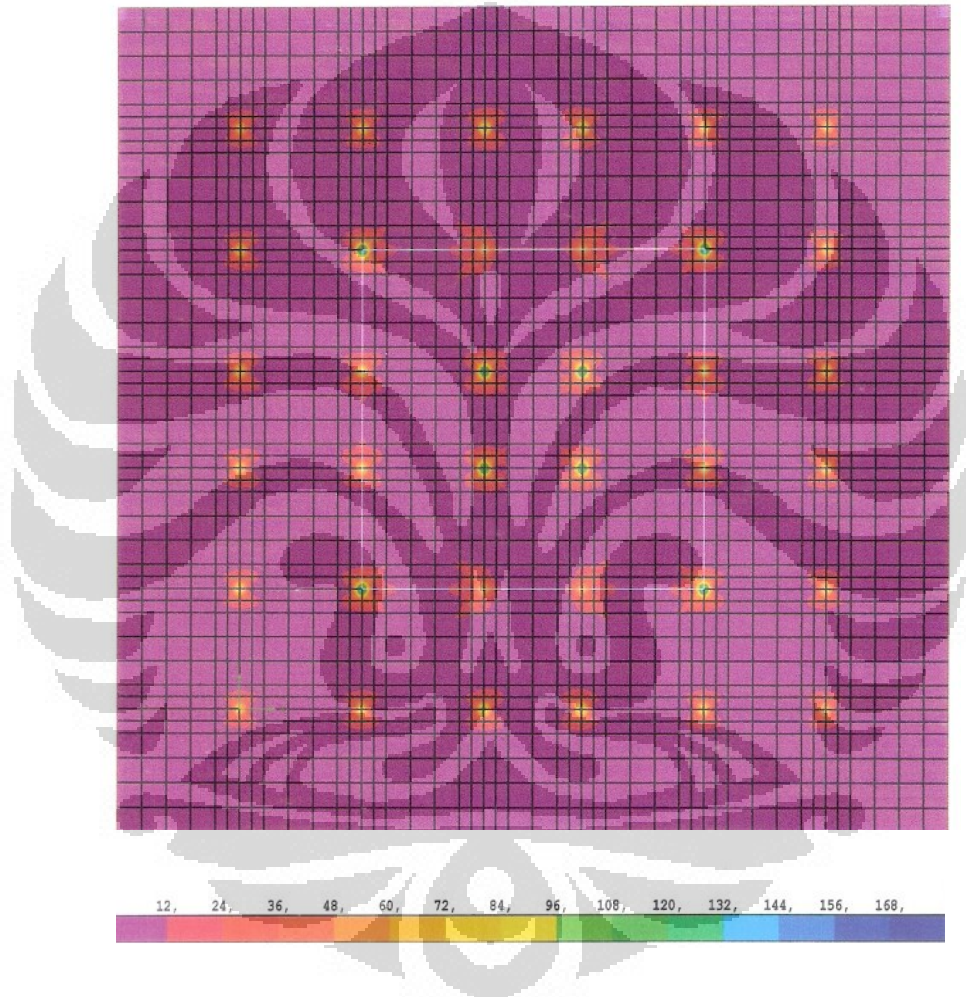




Lampiran 110 : Gaya membran untuk struktur 3  
lantai *podium* -7 lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 12 (3P-7T ; a =12 m).



Lampiran 111 : Momen untuk struktur 3 lantai  
*podium-7* lantai *tower* dengan jarak *perimeter*  
*podium-tower* 12 m (3P-7T ; a =12 m).



Lampiran 112 : Gaya geser untuk struktur 3 lantai podium-7 lantai tower dengan jarak *perimeter* podium-tower 12 m (3P-7T ; a =12 m).

