



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI PERILAKU SEISMIK BANGUNAN BERTINGKAT  
TERHADAP PERBEDAAN ELEVASI PENJEPITAN LATERAL**

**SKRIPSI**

**MAISARAH RIZKY**

**0806329413**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JUNI 2012**

1134/FT.01/SKRIP/07/2012



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI PERILAKU SEISMIC BANGUNAN BERTINGKAT  
TERHADAP PERBEDAAN ELEVASI PENJEPITAN LATERAL**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil**

**MAISARAH RIZKY  
0806329413**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : MAISARAH RIZKY

NPM : 0806329413

Tanda Tangan : 

Tanggal : 27 Juni 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : MAISARAH RIZKY  
NPM : 0806329413  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Studi Perilaku Seismik Bangunan Bertingkat Terhadap Perbedaan Elevasi Penjepitan Lateral

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Yuskur Lase, DEA

Pembimbing : Ir. Widjojo Adi Prakosao, M.Sc, Ph.D

Penguji : Dr.-Ing. Josia Irwan Rastandi, S.T., M.T

Penguji : Ir. Syahril A. Rahim, M.Eng

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Juni 2012

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat dan bimbingan-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Pak Yuskar dan Pak Widjoyo atas kepercayaan, waktu yang diberikan serta bimbingan yang bapak-bapak berikan kepada saya dalam pengerjaan skripsi ini dari awal hingga akhir;
- (2) Ayah dan bunda atas doa dan supportnya yang tidak henti-hentinya, serta keluarga besar yang selalu mendoakan selama pembuatan skripsi ini;
- (3) Teman-teman sebimbingan pak yuskar: tina, acong, damar, yusak, ciscis, dian dan edu;
- (4) Special thank to Dwica wulandari yang setiap malam nemenin ngerjain skripsi dan selalu ngasih kata-kata penyemangat. The other special thank to Atikah mutia, my partner in crime, yang nemenin jalan-jalan kalo lagi stress ngerjain skripsi
- (5) Teman-teman sekosan pondok putri asri yang sama-sama berjuang untuk ngerjain skripsi: kiki, yuli dan zahra
- (6) Melky, febri, irvan, inal, indah, aini dan teman-teman sipil-lingkungan 2008 yang menemani sampai semua proses ini sampai selesai;

Akhir kata, saya berharap Allah SWT. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 27 Juni 2012

Penulis

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

---

---

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

Nama : Maisarah Rizky  
NPM : 0806329413  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

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

**Studi Perilaku Seismik Bangunan Bertingkat Terhadap Perbedaan Elevasi Penjepitan Lateral**. 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 : 27 Juni 2012

Yang menyatakan



(Maisarah Rizky)

## ABSTRAK

Nama : Maisarah Rizky  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Studi Perilaku Seismik Bangunan Bertingkat Terhadap Perbedaan Elevasi Penjepitan Lateral

Pembangunan basement pada lahan dengan kondisi elevasi tanah tidak rata dan keterbatasan biaya konstruksi untuk meratakan elevasi tanah mengakibatkan pembangunan basement hanya dilakukan pada tanah dengan permukaan rata saja sehingga tidak semua bagian dari bangunan memiliki basement (basement sebagian). Basement sebagian ini menyebabkan perbedaan taraf penjepitan lateral pada bangunan sehingga perlu dianalisa efek torsi yang akan ditimbulkan dan dianalisa sejauh mana perbedaan taraf penjepitan lateral bangunan mempengaruhi respon dari struktur. Akibat keberadaan basement sebagian pada bangunan ini, maka pemodelan bangunan yang terjepit atau berpeletakan sendi pada penjepitan lateralnya kurang mewakili perilaku bangunan sebenarnya akibat pembebanan gempa. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemodelan bangunan dengan menggunakan elemen pegas pada penjepitan lateralnya sehingga basement juga memiliki peran dalam menerima beban gempa yang ada. Dari penelitian ini didapatkan bahwa perbedaan taraf penjepitan lateral memperbesar torsi pada bangunan dan menyebabkan penurunan gaya geser tingkat pada lantai basement terbawah. Selain itu, pemodelan bangunan dengan peletakan pegas akan memperbesar periode getar dan menghasilkan rasio tulangan terkecil.

**Kata kunci** : basement, penjepitan lateral, pegas

## ABSTRACT

Name : Maisarah Rizky  
Study Program : Civil Engineering  
Title : Study of Seismic Responses of Multistory Building due to  
Different Restraint Level

Basement construction on slope ground surface and the limitation of construction cost for flattening the ground surface causes the basement construction is only done on flat ground surface so that the building has partial basement. Partial basement causes the different restraint level of building so that the additional torsional effect of building and the influence to structural response must be analyzed. Because of the partial basement of building, the building model with fixed and pinned support does not represent the real behavior of building because of seismic load. Consequently, the spring support is used for the restraint of the building model in order to get involved basement in boring the seismic load as the real condition of basement. From this study, the different Restraint Level increases building's torsion and decreases story shear of the lower basement story. Besides, the spring support of building increases the fundamental periode and has the smallest reinforcement ratio.

**Keywords : basement, lateral restraint, spring**



## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
<b>1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Hipotesa Awal.....	3
1.5 Sistematika penulisan .....	3
<b>2 STUDI LITERATUR.....</b>	<b>4</b>
2.1 Dinamika Struktur .....	4
2.1.1 Persamaan Dinamik .....	4
2.2 Analisa Riwayat Waktu .....	4
2.2.1 Karakteristik Modal .....	4
2.2.2 Ekspansi Modal dari Lendutan dan Gaya .....	5
2.2.3 Respon Modal .....	5
2.3 Konsep perancangan Bangunan Tahan Gempa.....	6
2.3.1 Analisa Statik Ekuivalen.....	6
2.3.2 Analisa Respon Spektrum .....	9
2.4 Sistem Penahan Beban Lateral.....	10
2.5 Dinamika Tanah .....	13
2.5.1 Prinsip Interaksi Struktur Dengan Tanah.....	13
2.5.2 Metode Analisa Interaksi Tiang Pancang-Tanah .....	14
2.6 Parameter dinamis tanah.....	18
2.7 Sifat Elastisitas Tanah .....	19
<b>3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Prosedur Analisis dan Perancangan.....	21
3.1.1 Modelisasi Struktur .....	22
3.2 Pemodelan Tanah .....	24
3.3 Metode Analisa .....	30
3.4 Variasi Pemodelan.....	31
3.5 Pembebanan .....	36
3.6 <i>Output</i> Pemodelan .....	39
<b>4 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>40</b>
4.1 Model Bangunan dengan Perbedaan Jenis Peletakan.....	40

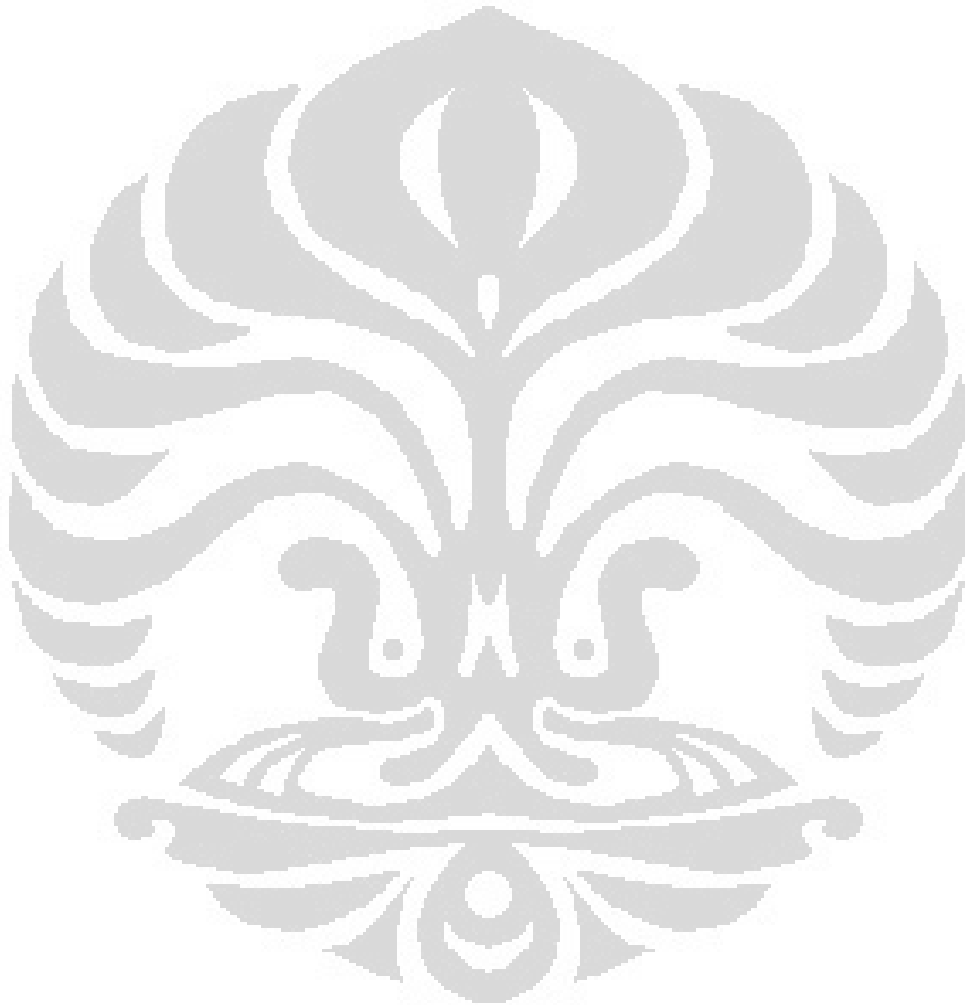
4.1.1	Pemodelan Bangunan Tanpa Basement.....	40
4.1.2	Pemodelan Bangunan Dengan 1 Bentang Basement.....	57
4.1.3	Pemodelan Bangunan Dengan 2 Bentang Basement.....	75
4.1.4	Pemodelan Bangunan dengan Basement Penuh dan Pegas pada Dinding Basement.....	91
4.1.5	Model Bangunan dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding .....	107
4.2	Perbandingan Model dengan Perbedaan Taraf Penjepitan Lateral .....	122
4.2.1	Periode Getar.....	122
4.2.2	Gaya Geser Dasar .....	124
4.2.3	<i>Displacement</i> .....	126
4.2.4	Torsi.....	128
4.2.5	Rasio Tulangan.....	132
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>135</b>
5.1	Kesimpulan .....	135
5.2	Saran .....	136
	DAFTAR PUSTAKA .....	137
	LAMPIRAN .....	137

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Keutamaan Bangunan.....	7
Tabel 2.2 Faktor Reduksi Beban Gempa.....	8
Tabel 2.3 Jenis-Jenis Tanah.....	8
Tabel 3.1 Faktor Reduksi Momen Inersia .....	24
Tabel 3.2 Percepatan Puncak Batuan Dasar Dan Muka Tanah .....	37
Tabel 3.3 Kombinasi Pembebanan .....	38
Tabel 4.1 Periode Getar Bangunan .....	40
Tabel 4.2 Partisipasi Massa .....	40
Tabel 4.3 Persyaratan <i>Story Drift</i> .....	42
Tabel 4.4 <i>Story Drift</i> Arah X.....	43
Tabel 4.5 <i>Story Drift</i> Arah Y .....	43
Tabel 4.6 Gaya Geser Dasar.....	44
Tabel 4.7 Gaya Geser Tingkat.....	46
Tabel 4.8 Torsi Arah X Dan Arah Y.....	47
Tabel 4.9 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X .....	49
Tabel 4.10 Rasio Tulangan Balok Arah Y .....	50
Tabel 4.11 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X .....	50
Tabel 4.12 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y .....	51
Tabel 4.13 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser .....	52
Tabel 4.14 Rasio Tulangan Horizontal Dinding Geser.....	53
Tabel 4.15 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom .....	54
Tabel 4.16 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X.....	55
Tabel 4.17 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y .....	56
Tabel 4.18 Persyaratan <i>Story Drift</i> .....	58
Tabel 4.19 <i>Story Drift</i> Arah X .....	60
Tabel 4.20 <i>Story Drift</i> Pada Arah Y.....	61
Tabel 4.21 Gaya Geser Dasar .....	62
Tabel 4.22 Gaya Geser Tingkat Arah X Dan Arah Y .....	62
Tabel 4.23 Torsi.....	64
Tabel 4.24 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X .....	66
Tabel 4.25 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y .....	67
Tabel 4.26 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X .....	68
Tabel 4.27 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y .....	69
Tabel 4.28 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom .....	70
Tabel 4.29 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X.....	71
Tabel 4.30 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y .....	72
Tabel 4.31 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser .....	73
Tabel 4.32 Rasio Tulangan Horizontal Dinding Geser.....	74
Tabel 4.33 Periode Getar.....	75
Tabel 4.34 Partisipasi Massa .....	75
Tabel 4.35 Gaya Geser Dasar .....	75
Tabel 4.36 Gaya Geser Tingkat.....	76
Tabel 4.37 Persyaratan <i>Story Drift</i> .....	78
Tabel 4.38 <i>Story Drift</i> Arah X .....	79
Tabel 4.39 <i>Story Drift</i> Arah Y .....	80

Tabel 4.40 Torsi Arah X Dan Arah Y .....	81
Tabel 4.41 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X .....	83
Tabel 4.42 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y .....	84
Tabel 4.43 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X .....	85
Tabel 4.44 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y .....	85
Tabel 4.45 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser .....	86
Tabel 4.46 Rasio Tulangan Horizontal Dinding Geser.....	87
Tabel 4.47 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom .....	88
Tabel 4.48 Rasio Tulangan Transversal Kolom, Arah X.....	89
Tabel 4.49 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y .....	90
Tabel 4.50 Periode Getar.....	91
Tabel 4.51,Partisipasi Massa .....	91
Tabel 4.52 Gaya Geser Dasar .....	91
Tabel 4.53 Persyaratan Story Drift .....	93
Tabel 4.54 Story Drift Arah X.....	94
Tabel 4.55 <i>Story Drift</i> Arah Y .....	95
Tabel 4.56 Torsi.....	96
Tabel 4.57 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X .....	98
Tabel 4.58 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y .....	99
Tabel 4.59 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X .....	100
Tabel 4.60 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y .....	101
Tabel 4.61 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser .....	102
Tabel 4.62 Rasio Tulangan Horizontal Dinding Geser.....	103
Tabel 4.63 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom .....	104
Tabel 4.64 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X.....	105
Tabel 4.65 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y.....	106
Tabel 4.66 Periode Getar.....	107
Tabel 4.67 Partisipasi Massa .....	107
Tabel 4.68 Gaya Geser Dasar .....	107
Tabel 4.69 Gaya Geser Tingkat .....	108
Tabel 4.70 Story Shear Akibat Gempa Arah X .....	108
Tabel 4.71 Story Shear Akibat Gempa Arah Y .....	109
Tabel 4.72 Story Drift Arah X.....	110
Tabel 4.73 Story Drift Arah Y .....	111
Tabel 4.74 Torsi.....	112
Tabel 4.75 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X .....	114
Tabel 4.76 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y .....	115
Tabel 4.77 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X .....	116
Tabel 4.78 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom .....	118
Tabel 4.79 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X.....	119
Tabel 4.80 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y .....	120
Tabel 4.81 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser .....	121
Tabel 4.82 Rasio Tulangan Transversal Dinding Geser .....	121
Tabel 4.83 Periode Getar.....	122
Tabel 4.84 Gaya Geser Dasar .....	124
Tabel 4.85 <i>Displacement</i> .....	126
Tabel 4.86 Rasio Tulangan.....	132

Tabel 4.87 Rasio Tulangan Transversal..... 134



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Respon Spektrum Gempa Rencana.....	9
Gambar 2.2 Kurva <i>Side By Side Reduction Factor</i> .....	16
Gambar 2.3 Kurva <i>Line By Line Reduction Factor</i> .....	16
Gambar 2.5 Kurva Line By Line Reduction Factor, Trailing Piles .....	17
Gambar 2.7 Kurva <i>Skewed Piles</i> .....	17
Gambar 2.9 Kurva Konstanta Lateral Tanah.....	20
Gambar 3.2 Denah Struktur Tipikal.....	22
Gambar 3.3 Denah Struktur Basement.....	23
Gambar 3.4 Potongan A-A Bangunan.....	23
Gambar 3.8 Pemodelan 3 D.....	30
Gambar 3.9 Pemodelan 2 D.....	31
Gambar 3.10 Model Bangunan Tanpa Basement .....	32
Gambar 3.11 Denah Bangunan Dengan Basement Penuh .....	32
Gambar 3.14 Denah Bangunan Dengan 2 Bentang Basement .....	34
Gambar 3.16 Denah Bangunan Dengan 1 Bentang Basement .....	35
Gambar 3.18 Respon Spektrum Gempa Rencana.....	37
Gambar 4.1 <i>Displacment Puncak</i> .....	41
Gambar 4.2 Persyaratan <i>Story Drift</i> .....	42
Gambar 4.3 <i>Story Drift</i> Arah X .....	43
Gambar 4.4 <i>Story Drift</i> Arah Y .....	44
Gambar 4.5 Gaya Geser Tingkat Arah X.....	46
Gambar 4.6 Gaya Geser Tingkat Akibat Gempa Arah Y.....	47
Gambar 4.7 Torsi Akibat Gempa Arah X .....	48
Gambar 4.8 Torsi Akibat Gempa Arah Y .....	48
Gambar 4.9 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X.....	49
Gambar 4.10 Rasio Tulangan Balok Arah Y .....	50
Gambar 4.11 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X.....	51
Gambar 4.12 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y.....	52
Gambar 4.13 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser.....	53
Gambar 4.14 Rasio Tulangan Horizontal Dinding Geser .....	54
Gambar 4.15 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom.....	55
Gambar 4.16 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X .....	56
Gambar 4.17 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y .....	57
Gambar 4.18 Persyaratan <i>Story Drift</i> .....	59
Gambar 4.19 Displacement Puncak .....	59
Gambar 4.20 <i>Story Drift</i> Arah X .....	60
Gambar 4.21 <i>Story Drift</i> Pada Arah Y .....	61
Gambar 4.22 Gaya Geser Tingkat Arah X .....	63
Gambar 4.23 Gaya Geser Tingkat Arah Y .....	63
Gambar 4.24 Torsi Akibat Gempa Arah X .....	65
Gambar 4.25 Torsi Akibat Gempa Arah Y .....	65
Gambar 4.26 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X.....	66
Gambar 4.27 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y.....	67
Gambar 4.28 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X.....	68

Gambar 4.29 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y.....	69
Gambar 4.30 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom.....	70
Gambar 4.31 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X.....	71
Gambar 4.32 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X.....	72
Gambar 4.33 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser.....	73
Gambar 4.34 Rasio Tulangan Horizontal Dinding Geser.....	74
Gambar 4.35 Gaya Geser Tingkat Arah X.....	76
Gambar 4.36 Gaya Geser Tingkat Arah Y.....	77
Gambar 4.37 Displacement Puncak.....	78
Gambar 4.38 Persyaratan <i>Story Drift</i> .....	79
Gambar 4.39 <i>Story Drift</i> Arah X.....	80
Gambar 4.40 <i>Story Drift</i> Arah Y.....	81
Gambar 4.41 Torsi Akibat Gempa Arah X.....	82
Gambar 4.42 Torsi Akibat Gempa Arah Y.....	82
Gambar 4.43 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X.....	83
Gambar 4.44 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y.....	84
Gambar 4.45 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X.....	85
Gambar 4.46 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y.....	86
Gambar 4.47 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser.....	87
Gambar 4.48 Rasio Tulangan Horizontal Dinding Geser.....	88
Gambar 4.49 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom.....	89
Gambar 4.50 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X.....	90
Gambar 4.51 Gaya Geser Tingkat Arah X.....	92
Gambar 4.52 Gaya Geser Tingkat Arah Y.....	92
Gambar 4.53 <i>Displacement</i> Puncak.....	93
Gambar 4.54 Persyaratan <i>Story Drift</i> .....	94
Gambar 4.55 <i>Story Drift</i> Arah X.....	95
Gambar 4.56 <i>Story Drift</i> Arah Y.....	96
Gambar 4.57 Torsi Akibat Gempa Arah X.....	97
Gambar 4.58 Torsi Akibat Gempa Arah Y.....	97
Gambar 4.59 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X.....	98
Gambar 4.60 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y.....	99
Gambar 4.61 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X.....	100
Gambar 4.62 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y.....	101
Gambar 4.63 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser.....	102
Gambar 4.64 Rasio Tulangan Horizontal Dinding Geser.....	103
Gambar 4.65 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom.....	104
Gambar 4.66 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X.....	105
Gambar 4.67 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y.....	106
Gambar 4.68 Persyaratan <i>Story Drift</i> .....	109
Gambar 4.69 Displacement Puncak.....	110
Gambar 4.70 <i>Story Drift</i> Arah X.....	111
Gambar 4.71 <i>Story Drift</i> Arah Y.....	112
Gambar 4.72 Torsi Akibat Gempa Arah X.....	113
Gambar 4.73 Torsi Akibat Gempa Arah Y.....	113
Gambar 4.74 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X.....	114
Gambar 4.75 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y.....	115

Gambar 4.76 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X.....	116
Gambar 4.77 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y.....	117
Gambar 4.78 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom.....	118
Gambar 4.79 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X .....	119
Gambar 4.80 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y .....	120
Gambar 4.81 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser.....	121
Gambar 4.82 Rasio Tulangan Transversal Dinding Geser.....	122
Gambar 4.83 Periode Getar Arah X.....	123
Gambar 4.84 Periode Getar Arah Y.....	123
Gambar 4.85 Gaya Geser Dasar Arah X .....	125
Gambar 4.86 Gaya Geser Dasar Arah Y .....	126
Gambar 4.87 <i>Displacement</i> Puncak Arah X.....	127
Gambar 4.88 <i>Displacement</i> Puncak Arah Y.....	128
Gambar 4.89 Torsi Akibat Gempa Arah X Pada Model Bangunan Dengan Peletakan Jepit .....	129
Gambar 4.90 Torsi Akibat Gempa Arah Y Pada Model Bangunan Dengan Peletakan Jepit .....	129
Gambar 4.91 Torsi Akibat Gempa Arah X Pada Model Bangunan Dengan Peletakan Sendi.....	130
Gambar 4.92 Torsi Akibat Gempa Arah Y Pada Model Bangunan Dengan Peletakan Sendi.....	130
Gambar 4.93 Torsi Akibat Gempa Arah X Pada Model Bangunan Dengan Peletakan Pegas.....	131
Gambar 4.94 Torsi Akibat Gempa Arah Y Pada Model Bangunan Dengan Peletakan Pegas.....	131
Gambar 4.95 Rasio Tulangan Longitudinal .....	133



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan semakin meningkatnya penduduk, menyebabkan peningkatan permintaan akan ketersediaan bangunan baik yang akan digunakan sebagai rumah tinggal ataupun sebagai bangunan komersial, akan tetapi keterbatasan lahan merupakan kendala utama dalam proses pembangunan. Akibatnya, pengembangan bangunan tidak bisa lagi dilakukan dalam arah horizontal, akan tetapi semakin dikembangkan pembangunan dalam arah vertikal. Aplikasi pembangunan dalam arah vertikal ini adalah pembangunan ke arah atas (bangunan bertingkat) dan pembangunan ke bawah permukaan tanah (basement).

Indonesia merupakan negara yang terletak pada pertemuan 4 (empat) lempang tektonik sehingga menyebabkan besarnya intensitas gempa bumi yang terjadi. Oleh karena itu, stabilitas bangunan tinggi tidak bisa lagi hanya ditinjau akibat pembebanan statik saja tetapi juga akibat pembebanan dinamik. Dengan demikian, pada perencanaan bangunan-bangunan tinggi harus dilengkapi dengan analisis terhadap beban dinamik, dimana beban dinamik dalam hal ini adalah beban akibat gempa.

Pembangun basement pada lahan yang dengan dengan kondisi elevasi tanah tidak rata membutuhkan biaya konstruksi yang lebih besar karena diperlukan adanya pekerjaan tambahan yaitu pekerjaan galian untuk meratakan elevasi tanah. Akan tetapi, akibat keterbatasan biaya konstruksi, proses untuk meratakan elevasi tanah tidak dilakukan yang mengakibatkan pembangunan basement hanya dilakukan pada tanah dengan permukaan rata saja sehingga tidak semua bagian dari bangunan memiliki basement ( basement sebagian ).

Basement sebagian ini menyebabkan perbedaan taraf penjepitan lateral pada bangunan sehingga perlu dianalisa efek torsi yang akan ditimbulkan karena efek torsi ini akan membawa pengaruh yang cukup signifikan pada respon bangunan. Oleh karena itu, perlu dianalisa sejauh mana perbedaan taraf penjepitan lateral bangunan mempengaruhi respon dari struktur

Akibat keberadaan basement sebagian pada bangunan ini, maka pemodelan bangunan yang dianggap terjepit atau berpeletakan sendi pada penjepitan lateralnya kurang mewakili perilaku bangunan sebenarnya akibat pembebanan yang bekerja, dimana apabila diasumsikan memiliki perletakan jepit atau sendi, maka seluruh beban gempa yang bekerja diterima oleh bagian struktur tanpa basement sedangkan kenyataannya basement juga berpartisipasi dalam menerima beban gempa.

Oleh karena itu, perlu dilakukan pemodelan bangunan dengan menggunakan elemen pegas pada penjepitan lateralnya dimana pada pemodelan ini, basement juga memiliki peran dalam menerima beban gempa yang ada sehingga diharapkan pemodelan bangunan yang dilakukan mewakili perilaku dan kondisi bangunan yang sebenarnya dan respon bangunan yang dihasilkan dapat sedekat mungkin dengan respon yang sebenarnya.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan karakteristik dinamik, respon struktur antara lain gaya geser dasar, gaya geser tingkat, displacement, torsi dan rasio tulangan dari bangunan yang memiliki basement dengan perbedaan taraf dan jenis penjepitan lateral akibat beban seismik

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bangunan yang akan dimodelkan adalah bangunan berlantai 8 yang terletak pada provinsi DKI Jakarta dengan kondisi tanah lunak
- Analisa dilakukan pada tanah yang bersifat linear elastis sehingga nilai kekakuan dan deformasi bersifat linier
- Variasi basement hanya dilakukan dalam arah memanjang dan tanah disepanjang basement dimodelkan sebagai sistem pegas
- Redaman tanah diasumsikan sudah mencakup ke dalam redaman struktur sehingga tidak diperhitungkan lagi
- Pondasi tiang yang digunakan dimodelkan sebagai sistem pegas translasi, perletakan sendi dan perletakan jepit
- Data yang dianalisa hanya yang dihasilkan dari program tanpa mempertimbangkan aspek praktis

#### **1.4 Hipotesa Awal**

- Perbedaan taraf penjepitan lateral bangunan mempengaruhi karakteristik dinamik dan respon seismik bangunan
- Perbedaan elevasi basement menimbulkan torsi yang lebih besar pada bangunan

#### **1.5 Sistematika penulisan**

##### **Bab 1 Pendahuluan**

Bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan

##### **Bab 2 Studi Literatur**

Bab ini berisi tentang teori-teori yang terkait dengan penelitian yang dilakukan dan dijadikan dasar analisi permasalahan.

##### **Bab 3 Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, variasi pemodelan dan parameter-parameter yang digunakan

##### **Bab 4 Analisa dan Pembahasan**

Bab ini menganalisa data-data yang merupakan hasil dari program untuk tiap-tiap variasi yang ada

##### **Bab 5 Kesimpulan dan Saran**

Bab ini menjelaskan kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan dan memberikan saran berdasarkan hasil yang diperoleh

## BAB 2

### STUDI LITERATUR

#### 2.1 Dinamika Struktur

##### 2.1.1 Persamaan Dinamik

Percepatan gempa merupakan gaya dinamik nondeterministik yaitu gaya dinamik yang apabila diulang tidak akan menghasilkan gaya yang sama dengan sebelumnya.

Persamaan umum dinamik untuk respon sistem MDOF (*Multi Degree of Freedom*) terhadap beban gempa adalah sebagai berikut:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = [M]\ddot{u}_g(t) \quad (2.1)$$

dimana  $[M]$ ,  $[C]$ , dan  $[K]$  merupakan matriks massa, redaman dan kekakuan.

Jika struktur bangunan dikenakan gaya luar yang berupa beban dinamik, maka ada tiga komponen gaya yang melawan beban dinamik itu antara lain:

- Gaya inersia yang merupakan perkalian massa dan percepatan
- Gaya redaman yang merupakan perkalian koefisien redaman dan kecepatan struktur
- Gaya elastik yang merupakan perkalian kekakuan dan lendutan

Pada saat terjadi gempa, tanah dan bangunan mengalami percepatan, gaya inersia bekerja sesuai dengan percepatan total struktur yaitu vector  $\{i\}$  yang menyatakan pengaruh dari percepatan tanah terhadap DOF struktur.

#### 2.2 Analisa Riwayat Waktu

##### 2.2.1 Karakteristik Modal

Persamaan dinamik biasa untuk MDOF dapat dilihat sebagai berikut :

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{Re\} \quad (2.2)$$

Pada persamaan getaran bebas tak teredam, dengan gaya luar yang bekerja  $\{Re\} = 0$  dan  $[C] = 0$ , persamaan struktur dapat diformulasikan:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{0\} \quad (2.3)$$

Untuk menyelesaikan persamaan diatas, maka diambil persamaan lendutan sebagai berikut :

$$\{u_{n(t)}\} = \sum_{n=1}^N \{\phi_n\} q_n(t) \quad (2.4)$$

dimana :

$\{\phi_n\}$  = vector fungsi bentuk yang tidak bervariasi terhadap waktu

$q_n(t)$  = koordinat modul ke-n yang bervariasi terhadap waktu

Fungsi  $q_n(t)$  merupakan fungsi lendutan harmonik sederhana yaitu :

$$q_n(t) = A_n \cos(\omega_n t) + B_n \sin(\omega_n t) \quad (2.5)$$

dimana  $A_n$  dan  $B_n$  adalah konstanta integrasi yang dapat dihitung berdasarkan kondisi awal. Dengan mengkombinasikan persamaan 2.4 dan 2.5 serta mensubsitusikan ke persamaan 2.3, maka akan diperoleh persamaan berikut:

$$[k\phi_n - \omega_n^2 m\phi_n]\{q_n(t)\} = 0 \quad (2.6)$$

Solusi trivial dari persamaan di atas saat  $q_n(t) = 0$  akan menghasilkan  $u(t) = 0$  yang berarti tidak ada pergerakan dalam struktur. Solusi non trivial persamaan di atas menjadi :

$$([k] - \omega_n^2 [M])\{\phi_n\} = 0 \quad (2.7)$$

$$|[k] - \omega_n^2 [M]| = 0 \quad (2.8)$$

$$|[k] - \lambda_n [M]| = 0 \quad (2.9)$$

dimana  $\lambda_n = \omega_n^2$  merupakan *eigen value*

Penyelesaian persamaan polynomial ini akan menghasilkan N akar real dan positif untuk masing-masing  $\lambda_n$ , karena matriks massa dan matriks kekakuan struktur merupakan matriks simetris dan definit positif. Jika nilai eigen tersebut disubsitusikan ke persamaan 2.4, maka akan diperoleh N buah vektor independen  $\phi_n$ , yang dikenal dengan pola getar alami.

### 2.2.2 Ekspansi Modal dari Lendutan dan Gaya

Lendutan  $\{u\}$  dari sebuah sistem N-DOF dapat diekspresikan sebagai superposisi dari tiap kontribusi modal. Distribusi spasial didefinisikan sebagai  $\{s\} = [M]\{i\}$ . Distribusi gaya ini dapat diekspansi sebagai jumlah dari distribusi gaya inersia modal  $\{S_n\}$

$$[M]\{i\} = \sum_{n=1}^N \phi_n [M] \Gamma_n \quad (2.10)$$

$$\text{dimana } \Gamma_n = \frac{L_n}{M_n} \quad L_n = \{\phi_n\}^T [M] \{i\} \quad M_n = \{\phi_n\}^T [M] \{\phi_n\} \quad (2.11)$$

### 2.2.3 Respon Modal

Persamaan modal untuk eksitasi gempa dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\ddot{D}_n + 2\zeta_n \omega_n \dot{D}_n + \omega_n^2 D_n = -\{\phi_n\}^T [M] \{i\} \ddot{u}_g(t) \quad (2.12)$$

$$\text{dengan } q_{n(t)} = \Gamma_n D_n(t) \quad (2.13)$$

Dari persamaan ini, maka total kontribusi dari mode ke-n pada nilai lendutan adalah

$$\{u_{n(t)}\} = \sum_{n=1}^N \{\phi_n\} q_{n(t)} = \sum_{n=1}^N \Gamma_n \{\phi_n\} D_n(t) \quad (2.14)$$

Sehingga kontribusi moda ke-n  $r_{n(t)}$  terhadap setiap kuantitas respon  $r(t)$  ditentukan dari persamaan berikut :

$$r_{n(t)} = \sum_{n=1}^N r_{n(t)} = \sum_{n=1}^N r_n^{st} A_n(t) \quad (2.15)$$

### 2.3 Konsep perancangan Bangunan Tahan Gempa

#### 2.3.1 Analisa Statik Ekuivalen

Beban statik ekuivalen adalah suatu representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi, yang mana gaya inersia yang bekerja pada suatu massa akibat gempa disederhanakan menjadi beban static ekuivalen.

Bergetarnya bangunan akibat gempa kemudian disederhanakan seolah-olah terdapat gaya horizontal yang bekerja pada massa bangunan. Apabila bangunan mempunyai banyak massa, maka terdapat banyak gaya horizontal yang masing-masing bekerja pada massa-massa tersebut. Sesuai dengan prinsip keseimbangan, maka dapat dianalogikan seperti adanya gaya horizontal yang bekerja pada dasar bangunan yang kemudian disebut gaya geser dasar.

Analisis beban statik ekuivalen dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

#### a. Faktor keutamaan bangunan (I)

Setiap bangunan umumnya didirikan dengan maksud pemakaian tertentu. Pada tiap-tiap jenis pemakaian, suatu bangunan harus mempunyai kemampuan minimum untuk melindungi pemakainya. Mengingat hal tersebut, maka pengamanan bangunan dengan cara mengurangi resiko terhadap kerusakan bangunan merupakan sesuatu yang penting. Pengamanan bangunan tersebut diakomodasikan dengan menggunakan faktor keutamaan bangunan I.

Tabel 2.1 Faktor Keutamaan Bangunan

Kategori Gedung	Faktor keutamaan		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	<b>1,0</b>
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 televise	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan bercun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, 2002

b. Faktor reduksi gempa (R)

Faktor reduksi gempa adalah untuk menjadikan beban gempa tersebut menjadi beban gempa nominal sesuai dengan faktor daktalitas yang dipilih untuk struktur bangunan tersebut.

Tabel 2.2 faktor reduksi beban gempa

Sistem dan sub-sistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_w$	$R_w$ Pers. (6)	$f$ Pers. (39)
1. Sistem dinding pemungpa (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding pemungpa 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 pemungpa 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
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	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).	1. Rangka bresing eksentris baja (RBE)	4,3	7,0	2,8
	2. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	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 berangka 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	5,5	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	

Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, 2002

### c. Kondisi tanah

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 jenis tanah ditetapkan sebagai Tanah Keras, Tanah Sedang dan Tanah Lunak, apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Jenis-jenis tanah

Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, $\bar{v}_s$ (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata $\bar{N}$	Kuat geser niralir rata-rata $\bar{S}_u$ (kPa)
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$ , $w_n \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, 2002

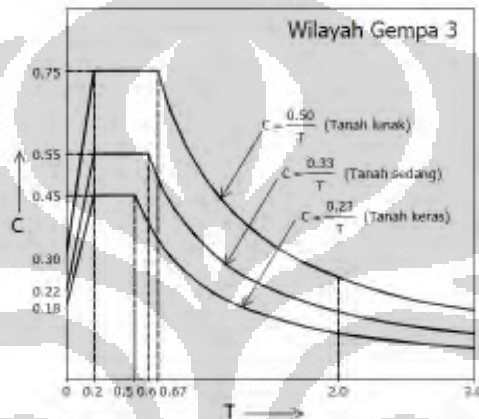


Beban geser nominal,  $V$  yang bekerja pada bangunan menurut SNI 03-1726-2003 dapat dihitung dengan :

$$V = \frac{C I W_t}{R} \quad (2.16)$$

dimana  $V$  adalah gaya geser dasar nominal statik ekivalen,  $C$  adalah nilai faktor respon gempa,  $I$  adalah faktor keutamaan gedung,  $R$  adalah faktor reduksi gempa dan  $W_t$  adalah berat total bangunan.

Nilai  $C$  dapat ditentukan dari gambar berikut :



Gambar 2.1 Respon Spektrum Gempa Rencana

Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, 2002

dengan  $T$  adalah waktu getar alami.

Untuk gaya gempa nominal statik ekivalen dapat ditentukan dari rumus berikut ini :

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum W_i Z_i} V \quad (2.17)$$

Karakteristik dinamik bangunan adalah massa, kekakuan dan redaman. Perbedaan yang signifikan antara konsep statik dan konsep dinamik adalah konsep statik hanya memperhitungkan massa.

### 2.3.2 Analisa Respon Spektrum

Analisa ragam respon spektrum merupakan analisis dinamik elastik yang pada umumnya dipakai untuk menentukan respon elastik dari struktur bangunan *Multi Degree of Freedom* yang didasarkan pada kenyataan bahwa respon struktur total merupakan superposisi dari respon masing-masing ragam getar dimana

ragam yang semakin tinggi memberikan respon dinamik yang semakin kecil terhadap respon dinamik total.

Jumlah respon ragam yang disuperposisikan dapat dibatasi dengan syarat partisipasi massa yang menghasilkan respon total mencapai minimal 90%. Respon masing-masing ragam yang ditentukan melalui analisa respon spektrum adalah respon maksimum. Pada umumnya, respon masing-masing ragam mencapai nilai maksimumnya dalam waktu yang berbeda-beda, sehingga untuk mensuperposisikan respon-respon tersebut digunakan 2 metode yaitu :

- *Square Root Sum Square (SRSS)*

Metode ini digunakan untuk mensuperposisikan respon dari struktur gedung yang tidak beraturan yang memiliki waktu getar alami yang berjauhan. Superposisi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$r_0 = \sqrt{\sum_{n=1}^N r_{n0}^2} \quad (2.18)$$

- *Complete Quadratic Combination (CQC)*

Metode ini digunakan untuk penjumlahan respon ragam dari struktur yang tidak beraturan yang memiliki waktu-waktu getar alami yang berdekata yang menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{n=1}^N \rho_{in} r_{i0} r_{n0}} \quad (2.19)$$

$$\text{dengan } \rho_{in} = \frac{8\zeta^2(1+\beta_{in})\beta_{in}^{3/2}}{(1-\beta_{in}^2)^{2+u} + 4\zeta^2\beta_{in}(1+\beta_{in})^2} \text{ dan } \beta_{in} = \frac{\omega_i}{\omega_n}$$

Nilai akhir gaya geser dasar dinamik struktur terhadap pembebanan gempa tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai gaya geser dasar ragam yang pertama

$$V \geq 0,8 V_1 \quad (2.20)$$

#### 2.4 Sistem Penahan Beban Lateral

Sistem struktural pada bangunan gedung pada umumnya dibuat untuk memikul beban-beban gravitasi. Selain itu bangunan juga harus mampu menahan gaya lateral yang ditimbulkan oleh angin atau gempa. Semakin tinggi bangunan, semakin besar pula pengaruh beban lateral tersebut. Sistem utama yang menahan gaya lateral terdiri dari beberapa jenis yaitu :

- a. Sistem Dinding Penumpu

Dinding penumpu sering juga disebut sebagai dinding geser. Dinding geser membentang pada keseluruhan jarak vertikal antar lantai. Jika dinding ditempatkan secara hati-hati dan simetris dalam perencanaannya, dinding geser sangat efisien dalam menahan beban vertikal maupun lateral dan tidak mengganggu persyaratan arsitektural. Dinding geser ini memikul hampir seluruh beban lateral, beban gravitasi juga ditahan dinding ini sebagai dinding struktural.

b. Sistem Rangka Gedung

Pada sistem ini terdapat rangka ruang lengkap yang memikul beban-beban gravitasi, sedangkan beban lateral dipikul oleh dinding struktural. Walaupun dinding struktural direncanakan memikul seluruh beban gempa, rangka balok kolom harus diperhitungkan terhadap efek simpangan lateral dinding struktural oleh beban gempa rencana, mengingat rangka tersebut di tiap lantai masih menyatu dengandinding struktur melalui lantai-lantai. Efek ini dinamakan syarat kompatibilitas deformasi . Dalam SNI 2847 pasal 23.9 menetapkan bahwa komponen struktur yang semula bukan merupakan struktur pemikul beban lateral harus sanggup tetap memikul beban gravitasi bila terkena deformasi lateral yang disebabkan oleh beban gempa rencana. Dalam pasal 23.9 telah ditentukan bahwa detail gempa khusus diperlukan untuk komponenkomponen non struktur pemikul beban lateral.

c. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Rangka pemikul Momen terdiri dari komponen (subsistem) horisontal berupa balok dan komponen (subsistem) vertikal berupa kolom yang dihubungkan secara kaku. Kekakuan portal tergantung pada dimensi balok dan kolom, serta proposional terhadap jarak lantai ke lantai dan jarak kolom ke kolom. Sistem ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu Sistem rangka Pemikul Momen yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa; Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah; Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

d. Sistem Ganda (Dual Sistem)

Tipe sistem struktur ini memiliki 3 ciri dasar, yaitu rangka ruang lengkap berupa Sistem Rangka Pemikul Momen yang penting berfungsi memikul beban gravitasi, pemikul beban lateral dilakukan oleh Dinding Struktural dan Sistem Rangka Pemikul Momen dimana yang tersebut terakhir ini harus secara tersendiri

sanggup memikul sedikitnya 25 % dari beban dasar geser nominal. Ketiga, Dinding Struktural dan Sistem Rangka Pemikul Momen direncanakan untuk menahan beban dasar geser nominal ( $V$ ) secara proposional berdasarkan kekakuan relatifnya. Sistem Ganda dapat memberikan hasil yang baik untuk memperoleh daktilitas dan kekakuan sistem struktur.

Perencanaan dinding geser sebagai elemen struktur penahan beban gempa pada gedung bertingkat bisa dilakukan dengan konsep gaya dalam (yaitu dengan hanya meninjau gaya-gaya dalam yang terjadi akibat kombinasi beban gempa) atau dengan konsep desain kapasitas.

- Konsep Gaya Dalam

Menurut konsep ini dinding geser didesain berdasarkan gaya dalam  $V_u$  dan  $M_u$  yang terjadi akibat beban gempa. Kuat geser perlu  $V_u$  diperoleh dari analisis beban lateral dengan faktor beban yang sesuai, sedangkan kuat geser nominal,  $V_n$  didapat dengan rumus :

$$V_n \leq A_{cv}(\alpha_c \sqrt{f_c'} + \rho_n \cdot f_y) \quad (2.21)$$

dimana  $A_{cv}$  adalah luas penampang total dinding struktural,  $\alpha_c = 1/4$  untuk  $h_w/l_w \leq 1,5$  dan  $1/6$  untuk  $h_w/l_w \geq 2$ , dan  $\rho_n$  adalah rasio penulangan arah transversal

Pada persamaan di atas pengaruh adanya tegangan aksial yang bekerja pada dinding geser tidak diperhitungkan. Hal ini berarti bahwa persamaan tersebut di atas akan menghasilkan nilai kuat geser yang bersifat konservatif. Selain itu, agar penerapan konsep desain geser berdasarkan gaya dalam ini berhasil, maka kuat lebih (*overstrength*) desain lentur dinding struktural yang dirancang sebaiknya dijaga serendah mungkin.

- Konsep Desain Kapasitas

Struktur beton bertulang tahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas. Dengan konsep ini, gaya gempa elastik dapat direduksi dengan suatu faktor modifikasi respons struktur (faktor  $R$ ), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur. Dengan penerapan konsep ini, pada saat gempa kuat terjadi, hanya elemen-elemen struktur bangunan tertentu saja yang diperbolehkan mengalami plastifikasi sebagai sarana untuk pendisipasian energi gempa yang diterima struktur. Elemen-elemen tertentu tersebut pada umumnya adalah elemen-elemen struktur yang keruntuhannya

bersifat duktail. Elemen-elemen struktur lain yang tidak diharapkan mengalami plastifikasi haruslah tetap berperilaku elastis selama gempa kuat terjadi. Selain itu, hirarki atau urutan keruntuhan yang terjadi haruslah sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu cara untuk menjamin agar hirarki keruntuhan yang diinginkan dapat terjadi adalah dengan menggunakan konsep desain kapasitas. Pada konsep desain kapasitas, tidak semua elemen struktur dibuat sama kuat terhadap gaya dalam yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dibuat demikian agar di elemen atau titik tersebutlah kegagalan struktur akan terjadi di saat beban maksimum bekerja pada struktur.

## 2.5 Dinamika Tanah

### 2.5.1 Prinsip Interaksi Struktur Dengan Tanah

Interaksi struktur bangunan dengan tanah merupakan proses dimana respon tanah akibat beban seismik mempengaruhi gerak dari struktur dan gerak dari struktur bangunan akibat dari beban seismik juga mempengaruhi respon tanah. Adapun metode-metode yang digunakan untuk menentukan efek dari *Soil Structure Interaction* adalah:

#### a. *Direct method*

*Direct method* (metode langsung) merupakan sebuah metode analisa interaksi dinamik tanah-struktur dimana pemodelan struktur dan tanah dilakukan secara langsung dengan menggunakan metode *finite element*. Keunggulan dari metode ini adalah hasil yang didapatkan lebih akurat dan mendekati kondisi yang sebenarnya sedangkan kelemahannya adalah banyaknya jumlah DOF yang diperhitungkan sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk proses analisa.

#### b. *Substructure method*

Konsep metode substruktur adalah dengan memodelkan tanah sebagai elemen pegas dan redaman yang memiliki nilai tertentu. Adapun langkah-langkah dari metode ini adalah sebagai berikut :

Memodelkan tanah sebagai *free field* yaitu tanah yang seharusnya berinteraksi dengan struktur menjadi tana bebas yang tidak terdapat struktur dan menentukan respon tanah tersebut

Menganalisa hubungan tegangan-regangan dari derajat kebebasan tanah yang berinteraksi dengan struktur sehingga didapat koefisien kekakuan dinamik berupa system *spring-dashpot*

c. Menganalisa struktur yang terletak pada sistem *spring-dashpot*

Pemodelan dengan metode ini memberikan kemudahan akan tetapi menyebabkan ketidakakuratan hasil yang diberikan. Hal ini disebabkan karena sulitnya menentukan kekakuan tanah yang digunakan dalam pemodelan.

### 2.5.2 Metode Analisa Interaksi Tiang Pancang-Tanah

Desain tiang akibat beban horizontal gempa harus memperhatikan interaksi antara tiang dan tanah. Winkler memperkenalkan sebuah metode untuk menganalisa sistem tiang-tanah dimana tanah dimodelkan sebagai sejumlah pegas yang terdistribusi yang bekerja tiang pada dan interaksi tanah dan tiang disederhanakan menjadi sistem satu dimensi. Kekakuan pegas ditentukan dari kurva nonlinear antara lendutan dan reaksi tanah yang disebut dengan kurva p-y.

Meskipun memperhitungkan hubungan nonlinear antara lendutan tiang dan reaksi tanah lateral, kurva p-y yang dikembangkan dari pembebanan monotonik atau siklik tidak dapat menjelaskan mengenai pengurangan kekakuan tanah akibat kenaikan amplitudo gangguan.

Interaksi dari tiang-tanah akibat beban gempa yang diwakili oleh pegas yang terdistribusi pada tiang dan redaman dihitung berdasarkan kurva p-y yang dibentuk dari rekaman momen lentur tiang berdasarkan teori balok sederhana.

Kurva non linear p-y tergantung dari diameter tiang, properti tanah, kedalaman di bawah permukaan tanah, mekanisme kegagalan geometri, dan ketinggian muka air tanah.

#### 2.5.2.1 Efisiensi Grup Tiang Akibat Beban Lateral

Interaksi tiang-tanah-tiang dengan jarak antar tiang yang berdekatan adalah penyebab grup tiang memiliki efisiensi yang lebih kecil dari tiang tunggal. Teori elastisitas digunakan untuk memperhitungkan efek dari satu tiang terhadap tiang lain pada grup tiang. Ada dua pendekatan yang digunakan untuk menganalisa grup tiang dengan jarak tiang yang saling berdekatan yang mengalami beban lateral. Metode yang pertama adalah menggunakan persamaan untuk efisiensi grup tiang akibat beban lateral yaitu sebagai berikut:

$$(Q_{ult})_G = En(Q_{ult})_p \quad 2.23$$

Dimana :

$(Q_{ult})_G$  = kapasitas lateral ultimate untuk grup tiang

E = factor efisiensi (1 atau <1 )

n = jumlah tiang dalam grup

$(Q_{ult})_p$  = kapasitas lateral ultimate untuk tiang tunggal

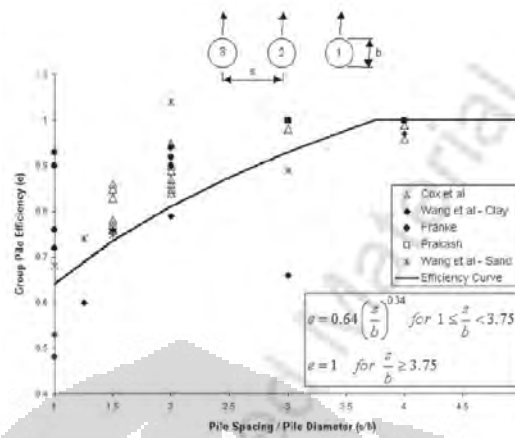
Metode kedua adalah metode yang berdasarkan asumsi bahwa tanah di sekitar grup tiang bergerak dalam arah lateral bersamaan dengan tiang. Berdasarkan metode ini, grup tiang dianggap sebagai tiang tunggal dengan diameter besar. Adapun langkah-langkah prosedur untuk metode ini adalah sebagai berikut :

- Menetapkan dimensi dari grup tiang
- Menentukan kekakuan dari grup tiang, jika beban lateral bekerja pada bagian atas tiang, maka kekakuan tiang sama dengan penjumlahan kekakuan tiang tunggal. Jadi, dapat disimpulkan bahwa lendutan di bagian atas tiang memiliki nilai yang sama untuk seluruh tiang dalam grup tiang.
- Melakukan analisa untuk tiang imajiner yang memperhitungkan proses pembebanan dan kondisi batas dari kepala tiang.

Bogard dan Matlock (1983) menggunakan metode kurva p-y tiang tunggal yang dimodifikasi untuk memperhitungkan efek dari grup. Efek dari grup dapat diperhitungkan dengan menggunakan faktor reduksi pada kurva p-y tiang tunggal untuk memperoleh kurva p-y tiang grup. Faktor reduksi  $f_m$  digunakan untuk mereduksi  $P_{sp}$  dari tiang tunggal menjadi nilai  $P_{gp}$  untuk grup tiang. Faktor reduksi  $f_m$  terdiri dari beberapa faktor antara lain:

a. *Side by side reduction factor*

Salah satu efek penempatan tiang yang harus dipertimbangkan adalah *Side by side effect*. Nilai dari *Side by side reduction factor*  $\beta_a$  dapat ditentukan dari grafik berikut ini :

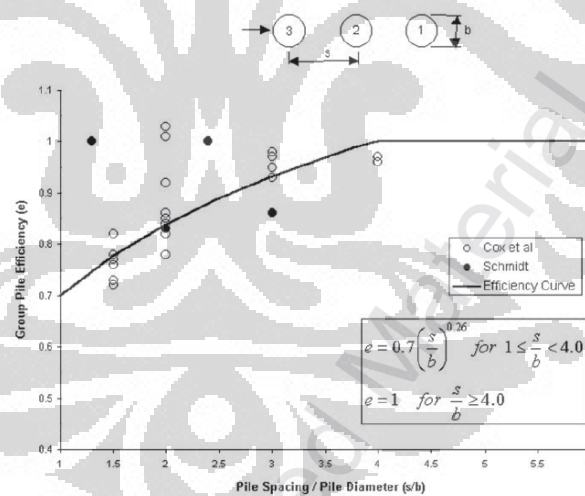


Gambar 2.2 Kurva *Side by side reduction factor*

Sumber : Anlysis and Design of Shallow and Deep Foundations, 2006

b. *Line by line reduction factor, leading piles*

Pola selanjutnya yang harus diperhatikan dalam penempatan tiang adalah penempatan tiang di dalam satu baris. *Line by line reduction factor, leading piles*  $\beta_{bL1}$  dapat ditentukan dari grafik berikut :



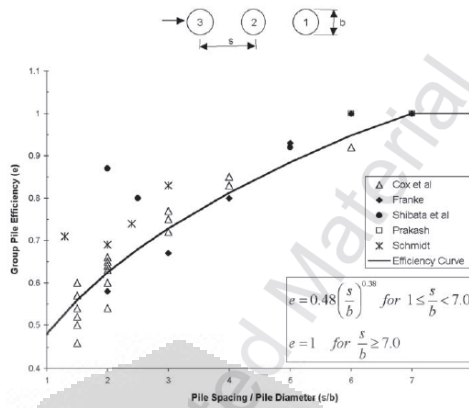
Gambar 2.3 kurva *Line by line reduction factor*

Gambar 2.4 Sumber : Anlysis and Design of Shallow and Deep Foundations, 2006

c. *Line by line reduction factor, trailing piles*

*Line by line reduction factor, leading piles*  $\beta_{bL2}$  dapat ditentukan dari grafik berikut :





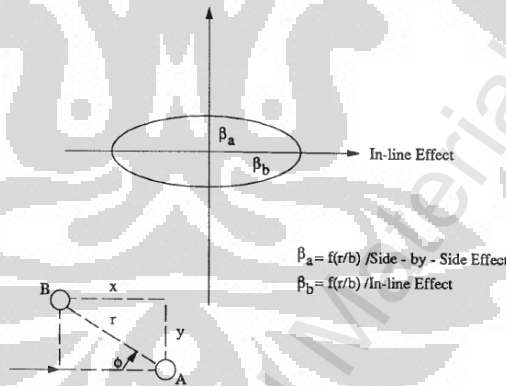
Gambar 2.5 kurva Line by line reduction factor, trailing piles

Gambar 2.6 Sumber : Anlysis and Design of Shallow and Deep Foundations, 2006

d. *Skewed piles*

Faktor reduksi akibat *Skewed piles* dapat menggunakan persamaan matematika pada koordinat polar. Faktor reduksi tersebut  $\beta_s$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\beta_s = (\beta_b^2 \cos^2 \phi + \beta_a^2 \sin^2 \phi) \tag{2.24}$$



Gambar 2.7 kurva *Skewed piles*

Gambar 2.8 Sumber : Anlysis and Design of Shallow and Deep Foundations, 2006

Dimana  $\beta_a$  adalah faktor reduksi *Side by side* dan  $\beta_b$  adalah faktor reduksi

Nilai dari  $f_m$  yang digunakan untuk memperoleh kurva p-y grup tiang dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$f_m = \beta_s \times \beta_a \times \beta_{b11} \times \beta_{b12} \tag{2.25}$$

## 2.6 Parameter dinamis tanah

Analisis permasalahan tanah yang menerima beban dinamis seperti interaksi tanah dengan struktur pada saat terjadi gempa membutuhkan input parameter dinamis tanah. Kasus gempa berkaitan dengan permasalahan amplitud regangan kecil. Beberapa parameter yang dibutuhkan antara lain :

- Modulus geser tanah

Modulus geser tergantung pada tingkat regangan. Oleh karena itu, penentuan modulus geser tanah harus dilakukan berdasarkan tingkat regangan yang terjadi. Tanah yang berada pada regangan kecil memiliki perilaku elastik dimana modulus geser cenderung menurun seiring meningkatnya regangan yang terjadi. Namun, dikarenakan tingkat regangan tersebut dapat dianggap masih cukup kecil dan tidak menyebabkan perubahan besar pada perilaku tanah, maka secara praktis modulus tanah pada tingkat ini masih dianggap konstan. Penentuan modulus geser tanah maksimum berdasarkan nilai cepat rambat gelombang geser dalam tanah. Pengujian cepat rambat gelombang dalam tanah dapat dilakukan melalui uji laboratorium maupun uji lapangan. Adapun hubungan antara cepat rambat gelombang geser tanah  $V_s$ , massa jenis tanah  $\rho$  dan modulus geser tanah  $G$  diberikan melalui persamaan berikut :

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad 2.26$$

- Redaman tanah

Tanah dapat dianggap memiliki perilaku elastik sempurna dalam rentang regangan amplitudo yang cukup rendah. Di luar rentang regangan tersebut, perilaku tanah menjadi inelastik. Perilaku inelastik tanah dalam menerima beban siklis ditunjukkan dengan terjadinya disipasi energi redaman tanah (*soil damping*). Redaman tanah dibagi dalam dua kategori yaitu redaman material dan redaman geometrik. Redaman material berkaitan dengan penyerapan energi oleh massa tanah. Redaman geometrik berkaitan dengan berkurangnya kepadatan energi setiap gelombang karena bertambahnya jarak dari sumber getaran yang mengakibatkan pada berkurangnya amplitudo perpindahan,. Faktor-faktor yang

mempengaruhi redaman tanah antara lain tingkat regangan, tekanan kekang (*confining pressure*), indeks plastisitas dan angka pori.

- Angka Poisson (poisson's ratio)

Pada material elastis yang mengalami gaya satu arah, di samping terjadi regangan pada arah gaya tersebut juga terjadi regangan dalam arah tegak lurus gaya. Rasio antara regangan dalam arah tegak lurus gaya dengan regangan yang searah gaya tersebut merupakan angka poisson yang dilambangkan dengan  $\nu$ . Angka poisson untuk tanah tidakjenuh dapat diekspresikan dalam persamaan di bawah ini :

$$\nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 1} \quad 2.27$$

dimana  $V_p$  adalah cepat rambat gelombang tekan dalam tanah dan  $V_s$  adalah cepat rambat gelombang geser tanah.

Untuk tanah jenuh dapat digunakan rumus :

$$\nu = \frac{3 - 2G_{max} \times n \times C1 \times B}{2(3 + 2G_{max} \times n \times C1 \times B)} \quad 2.28$$

dimana  $n$  untuk lanau yaitu 0,5-0,65, untuk pasir yaitu 0,45-0,6 dan untuk kerikil yaitu 0,45,  $CI = \frac{\Delta V_w}{n \cdot V \cdot u}$  dengan  $n$  yaitu porositas tanah,  $\Delta V_w$  adalah volume air terkompresi,  $V$  adalah volume tanah dan  $u$  adalah tekanan air pori tanah.

- Modulus elastisitas

Modulus elastisitas adalah perbandingan antara perubahan tegangan terhadap perubahan regangan. Modulus elastisitas tanah dapat ditentukan melalui percobaan lapangan yaitu SPT dan CPT serta melalui uji laboratorium yaitu dengan metode percobaan kompresi tak terbatas dan kompresi triaksial. Modulus elastisitas juga dapat ditentukan dengan korelasi dengan modulus geser dan poisson rasio yaitu sebagai berikut:

$$E = 2G (1 + \nu) \quad 2.29$$

## 2.7 Sifat Elastisitas Tanah

Pendekatan yang telah dikembangkan untuk melakukan analisis pondasi terhadap beban dinamis dikenal dengan konsep *elastic half space*. Dimulai dari Reissner (1936) sampai Richart (1962) menganggap bahwa tanah sebagai media perambatan gelombang memiliki sifat homogen, isotropik dan *semiinfinite*.

Perilaku tanah dianggap selalu dalam keadaan elastik yaitu tanah berada dalam tingkat regangan kecil.

Penentuan nilai komponen elastisitas tanah dalam kasus pembebanan seismik sulit dilakukan sehingga boleh digunakan nilai kekakuan dan redaman static untuk mewakili kasus pembebanan seismik.

Sistem *lumped parameter* dapat digunakan untuk menganalisis respon getaran dari pondasi yang terletak pada permukaan tanah. Pondasi dapat dimodelkan sebagai sistem *lumped massa*, pegas dan redaman

Konstanta pegas dan redaman secara valid sulit untuk ditentukan karena membutuhkan parameter-parameter tanah yang kompleks dalam pemodelannya. Nilai konstanta pegas yang mewakili tanah yang ada di sekitar tiang pancang dapat ditentukan dari tabel berikut ini :

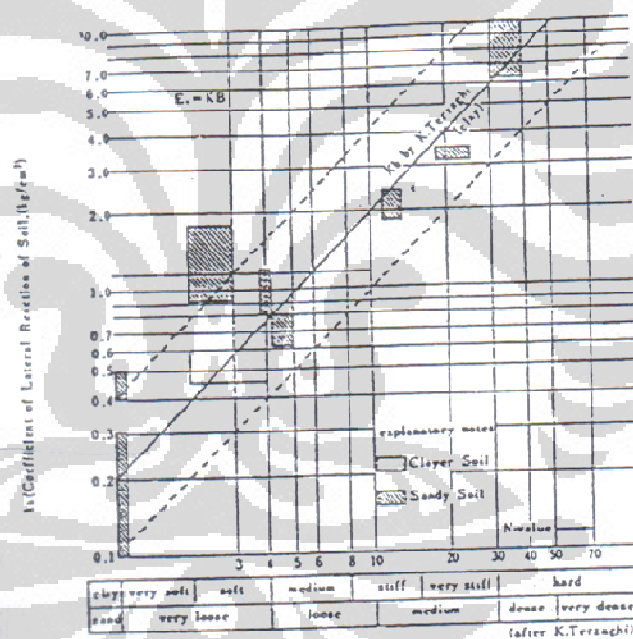


Fig. 2-30.  $k_h$  Calculated from Results of Lateral Reaction Test of Piles (after Yokoyama)

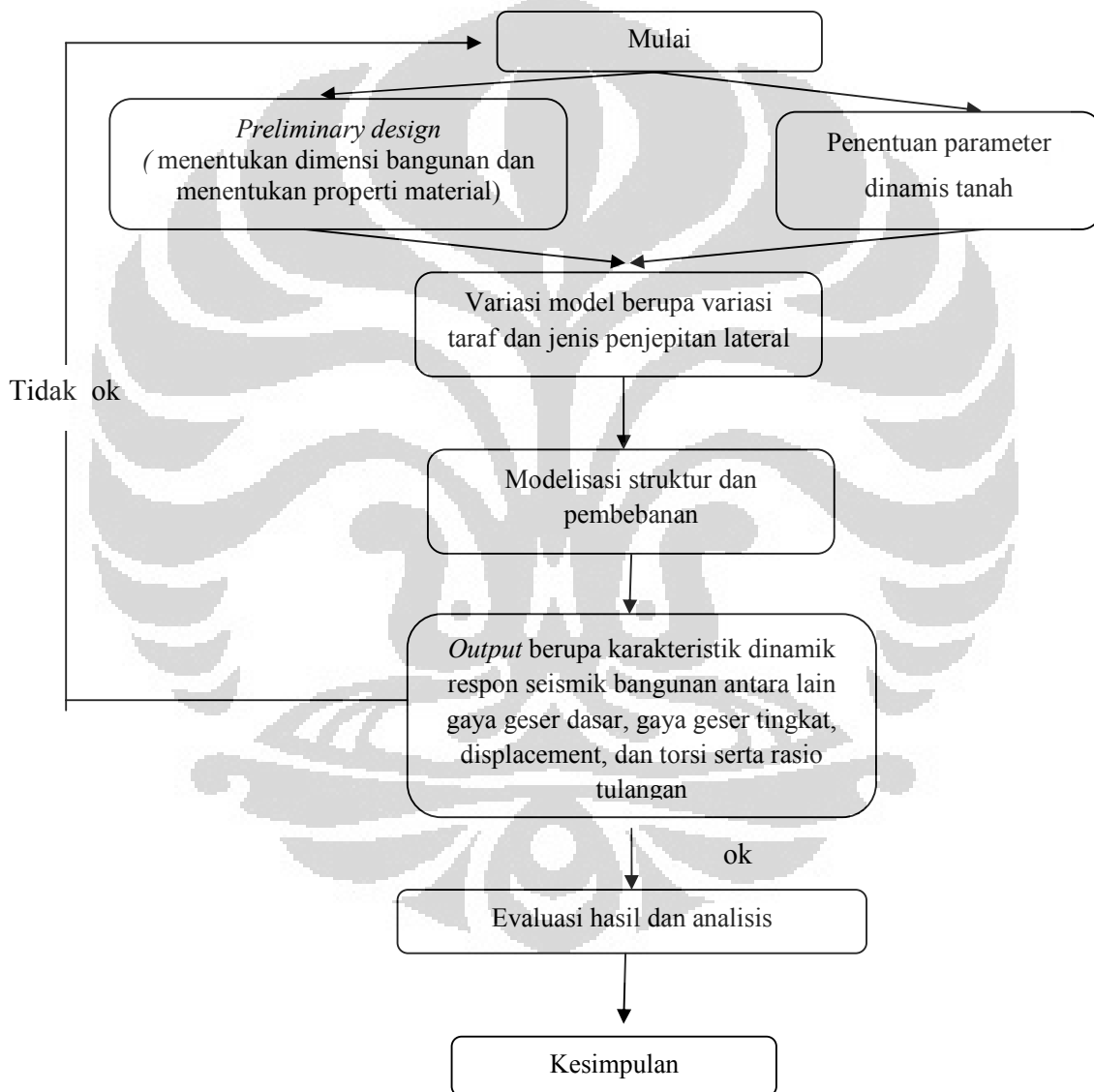
Gambar 2.9 Kurva konstanta lateral tanah

Sumber : Anlysis and Design of Shallow and Deep Foundations, 2006

**BAB 3**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Prosedur Analisis dan Perancangan**

Adapun prosedur analisis dan perancangan model struktur yang digunakan adalah sebagai berikut:

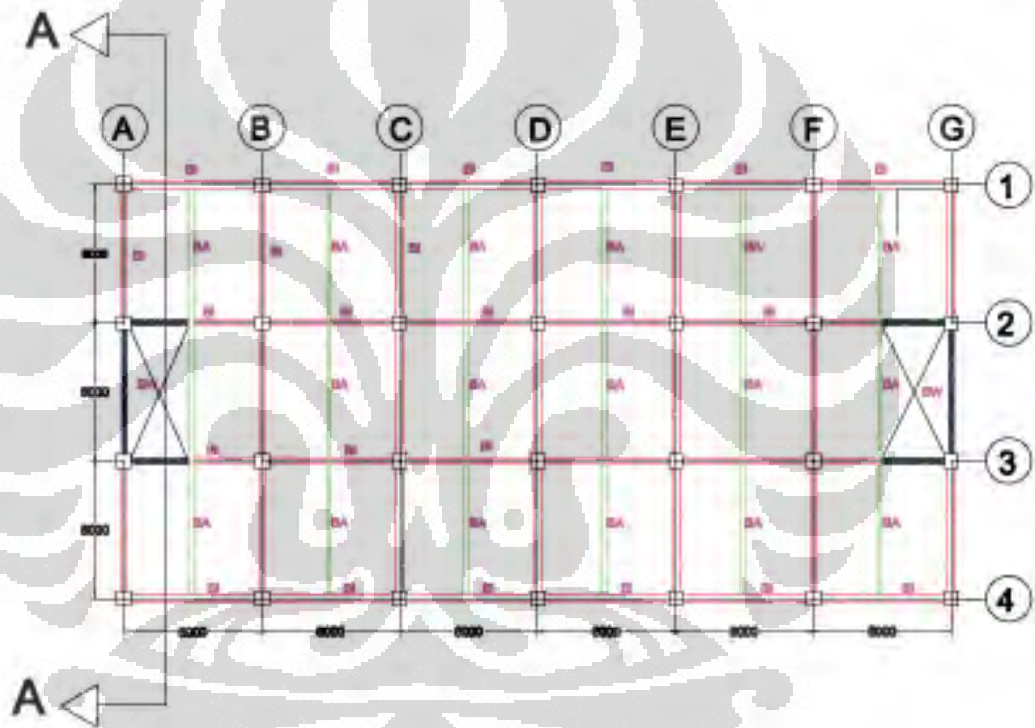


Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Perancangan

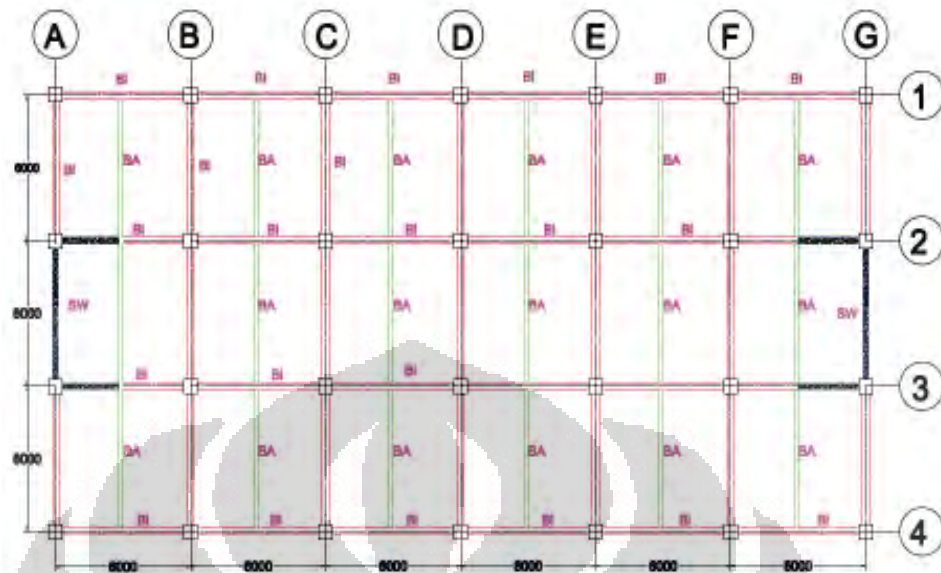
### 3.1.1 Modelisasi Struktur

Struktur yang dianalisa terdiri dari kolom, balok, dinding geser dan basement. Bangunan yang dianalisa memiliki spesifikasi sebagai berikut :

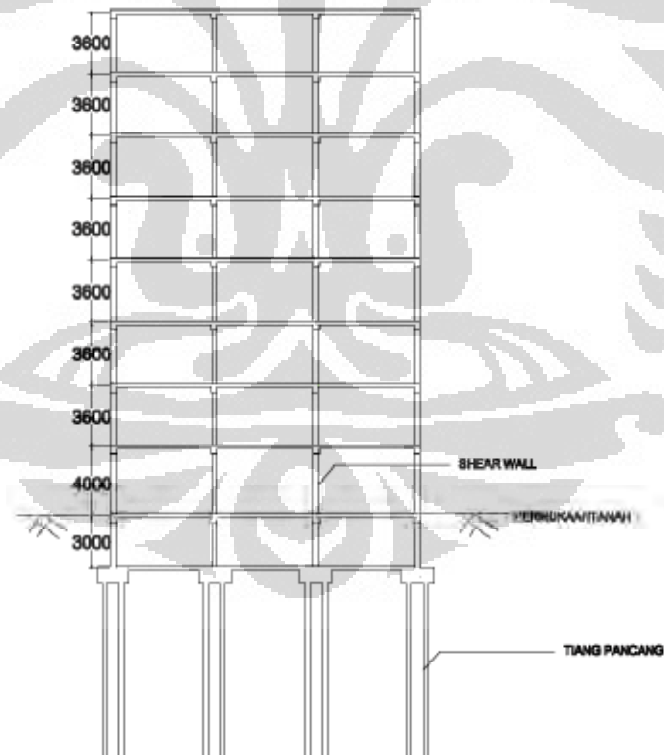
- Panjang bangunan : 36 meter
- Lebar Bangunan : 18 meter
- Tinggi Lantai Basemen : 3 meter
- Tinggi Lantai Dasar : 4 meter
- Tinggi Lantai Tipikal : 3,6 meter



Gambar 3.2 Denah Struktur tipikal



Gambar 3.3 Denah Struktur basement



Gambar 3.4 Potongan A-A Bangunan

Adapun *preliminary design* dari komponen struktur yang digunakan dalam pemodelan adalah sebagai berikut:

- Dimensi kolom : 550 x 550 mm
- Dimensi balok induk : 500 x 400 mm
- Dimensi balok anak : 400 x 200 mm
- Tebal pelat : 120 mm
- Ketebalan shear wall : 250 mm
- Dimensi tiang pancang : 40 cm x 40 cm x 26 m
- Tebal *pile cap* : 1,2 m
- Jumlah tiang : 4 buah per grup

Properti material dari setiap komponen struktur yang digunakan yaitu :

- a. Beton
  - Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa
  - Modulus Elastisitas ( $E$ ) :  $4700 \sqrt{f_c'} = 25.742,96$  MPa
- b. Baja tulangan
  - Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 400 MPa

Apabila suatu struktur bangunan dikenai beban bolak-balik berupa beban gempa, maka penampang struktur tersebut akan mengalami retak yang akan menimbulkan penurunan kekuatan pada struktur, sehingga diperlukan adanya suatu faktor reduksi (*reduction factor*) dalam mengatasi penurunan kekuatan struktur tersebut. Adapun faktor reduksi tersebut adalah faktor reduksi momen inersia, yang dinyatakan dalam tabel berikut:

Tabel 3.1 Faktor Reduksi Momen Inersia

Elemen Struktur	<i>Reduction Factor</i>
Balok induk (persegi panjang)	0,7
Balok anak (persegi panjang)	0,35
Kolom	0,7
Dinding geser	0,7
Pelat lantai	0,25

### 3.2 Pemodelan Tanah



Parameter-parameter tanah yang digunakan antara lain :

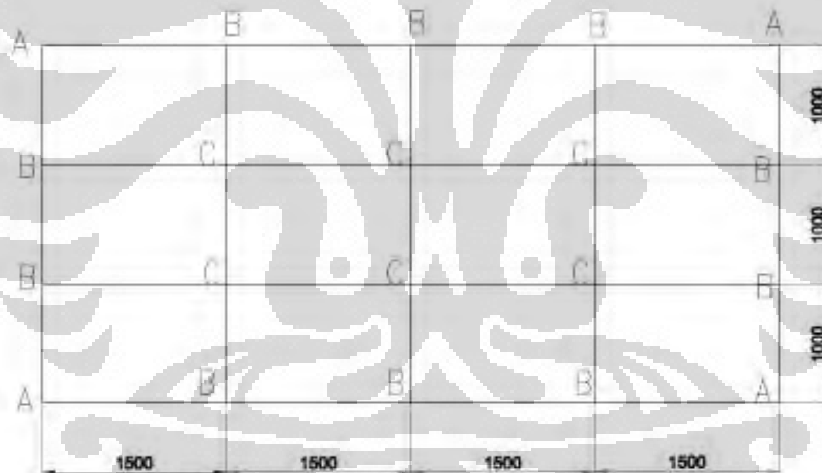
- Modulus geser : 72.920 KPa
- *Poisson ratio* : 0,47
- Modulus elastisitas : 214.384,8 Kpa

a. Kekakuan dinding basement

Pada pemodelan, dinding basement dimodelakan sebagai elemen shell yang kemudian dibagi menjadi elemen yang lebih kecil (*meshing*) yang tiap elemen memiliki luas 1,5 m x 1 m. Kekakuan tanah yang bekerja pada dinding basement diwakili oleh pegas yang bekerja tegak lurus dinding di tiap nodal. Kekakuan pegas dapat dihitung dengan rumus :

$$K_{\text{pegas}} = \text{modulus subgrade reaction} \times \text{tributary area}$$

Adapun pembagian dari dinding basement pada pemodelan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5 *meshing* dinding basement

Nilai *modulus subgrade reaction* dapat ditentukan dari kurva pada gambar 2.6 dengan nilai N-spt pada kedalaman 3 m yaitu 8,5 sehingga nilai *modulus subgrade reaction* yaitu 1,7 kg.f/cm<sup>3</sup>. Konstanta pegas yang bekerja pada nodal A, B, C memiliki nilai yang berbeda-beda. Perhitungan dari konstanta pegas tersebut adalah sebagai berikut :

$$K_A = 1,7 \times 10^6 \text{ kg.f/m}^3 \times 0,75 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2 = 6375 \text{ KN/m}$$

$$K_C = 1,7 \times 10^6 \text{ kg.f/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2 = 25500 \text{ KN/m}$$

$$K_B \text{ vertikal} = 1,7 \times 10^6 \text{ kg.f/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2 = 12750 \text{ KN/m}$$

$$K_B \text{ horizontal} = 1,7 \times 10^6 \text{ kg.f/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2 = 12750 \text{ KN/m}$$

Sehingga  $K_B \text{ vertikal} = K_B \text{ horizontal} = 12750 \text{ KN/m}$

b. Konstanta pegas tiang pancang

Tiang pancang dimodelkan sebagai elemen balok vertikal. Tiang pancang dengan panjang 26 meter yang dibagi menjadi 13 elemen dengan panjang tiap elemen adalah 2 meter. Pada tiap nodal elemen tiang bekerja pegas translasi yang mewakili kekakuan tanah di sekeliling tiang. Kekakuan pegas tersebut dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$K_{\text{pegas}} = \text{modulus subgrade reaction} \times \text{tributary area}$$

dimana *modulus subgrade reaction* ( $K_s$ ) ditentukan dari kurva pada gambar 2.6 dengan nilai N-SPT yang berbeda-beda untuk tiap kedalaman. Nilai *modulus subgrade reaction* untuk setiap kedalaman dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 3.2 *modulus subgrade reaction* tiap kedalaman

Kedalaman (m)	N-spt	$K_s$ (kg.f/cm <sup>3</sup> )
2	6	1.2
4	8.5	1.7
6	8.5	1.7
8	14.5	2.95
10	15.5	3.05
12	9	1.75
14	4	0.8
16	3.5	0.7
18	4	0.8
20	4.5	0.9
22	5	1
24	15	3
26	36	7.1

Perhitungan konstanta pegas translasi arah x, y, z dari tiap elemen tiang adalah sebagai berikut:

$$K_x = K_y = K_s \times 0,4 \text{ (lebar tiang)} \times 2 \text{ m}$$

$$K_z = K_s \times (0,4 \times 4) \times 2 \text{ m}$$

sehingga nilai konstanta pegas dari elemen tiang untuk tiap kedalaman adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3 Konstanta pegas

Kedalaman (m)	kx/ky (KN/m)	kz (KN/m)
2	9600	38400
4	13600	54400
6	13600	54400
8	23600	94400
10	24400	97600
12	14000	56000
14	6400	25600
16	5600	22400
18	6400	25600
20	7200	28800
22	8000	32000
24	24000	96000
26	56800	227200

Untuk mendapat konstanta pegas tiang tunggal dilakukan pemodelan pada SAP 2000 versi 14.1 yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.6 Pemodelan Tiang Pancang tunggal

Nilai konstanta pegas tiang tunggal  $k$  dihitung dari gaya yang diberikan pada kepala tiang dibagi dengan lendutan yang dihasilkan ( $k = F/u$ ). Untuk mendapat kekakuan pegas arah  $x$ ,  $y$ ,  $z$  diberikan gaya luar pada kepala tiang pada arah  $x$ ,  $y$ ,  $z$  sebesar 1000 KN sehingga didapat  $U_x = U_y = 0,1278$  m dan  $U_z = 0,0031$  m. nilai konstanta pegas tiang tunggal dalam tiap arah yaitu :

- $K_x = K_y = F / U_x = 1000 \text{ KN} / 0,1278 \text{ m} = 7824,73 \text{ KN/m}$
- $K_z = F / U_z = 1000 \text{ KN} / 0,0031 \text{ m} = 322580,65 \text{ KN/m}$

Perhitungan konstanta pegas untuk tiang grup yang terdiri dari 4 buah tiang dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$K_{\text{grup tiang}} = K_{\text{tiang tunggal}} \times 4 \times F_m$$

$F_m$  adalah faktor reduksi untuk konstanta pegas grup tiang yang dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 2.24. Adapun langkah-langkah penentuan faktor reduksi  $F_m$  adalah sebagai berikut :

- Menentukan properti tiang grup  
 $A = 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} = 0,16 \text{ m}^2$

$$\text{Jari-jari ekivalen } (r_o) = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,16}{\pi}} = 0,226 \text{ m}$$

$$S \text{ ( jarak antar tiang pancang )} = 3 \times D = 3 \times ( 2 \times 0,226\text{m} ) = 1,354 \text{ m}$$

$$\frac{S}{D} = \frac{1,354 \text{ m}}{2 \times 0,226} = 3$$

- *Side by side reduction factor*

$$\frac{S}{D} = 3 \text{ ( } 1 < \frac{S}{D} < 3,75 \text{), sehingga } \beta_1 = 0,64 \left( \frac{S}{D} \right)^{0,34} = 0,64 (3)^{0,34} \\ = 0,929$$

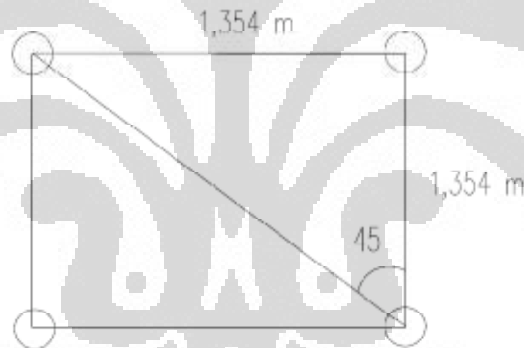
- *Line by line, leading pile*

$$\frac{S}{D} = 3 \text{ ( } 1 < \frac{S}{D} < 4 \text{), sehingga } \beta_{b1l} = 0,7 \left( \frac{S}{D} \right)^{0,26} = 0,7(3)^{0,26} = 0,9314$$

- *Line by line, trailing pile*

$$\frac{S}{D} = 3 \text{ ( } 1 < \frac{S}{D} < 7 \text{), sehingga } \beta_{b2l} = 0,48 \left( \frac{S}{D} \right)^{0,38} = 0,48(3)^{0,38} = 0,729$$

- *Skewed effect*



Gambar 3.7 konfigurasi grup tiang

$$\beta_s \text{ arah horizontal} = \beta_s \text{ arah horizontal} = ( \beta_b^2 \cos^2 \phi + \beta_a^2 \sin^2 \phi ) \\ = ( 0,729^2 \cos^2 45 + 0,729^2 \sin^2 45 ) \\ = 0,835$$

$$F_m = 0,929 \times 0,9314 \times 0,729 \times 0,835 \times 0,835 = 0,439$$

Sehingga:

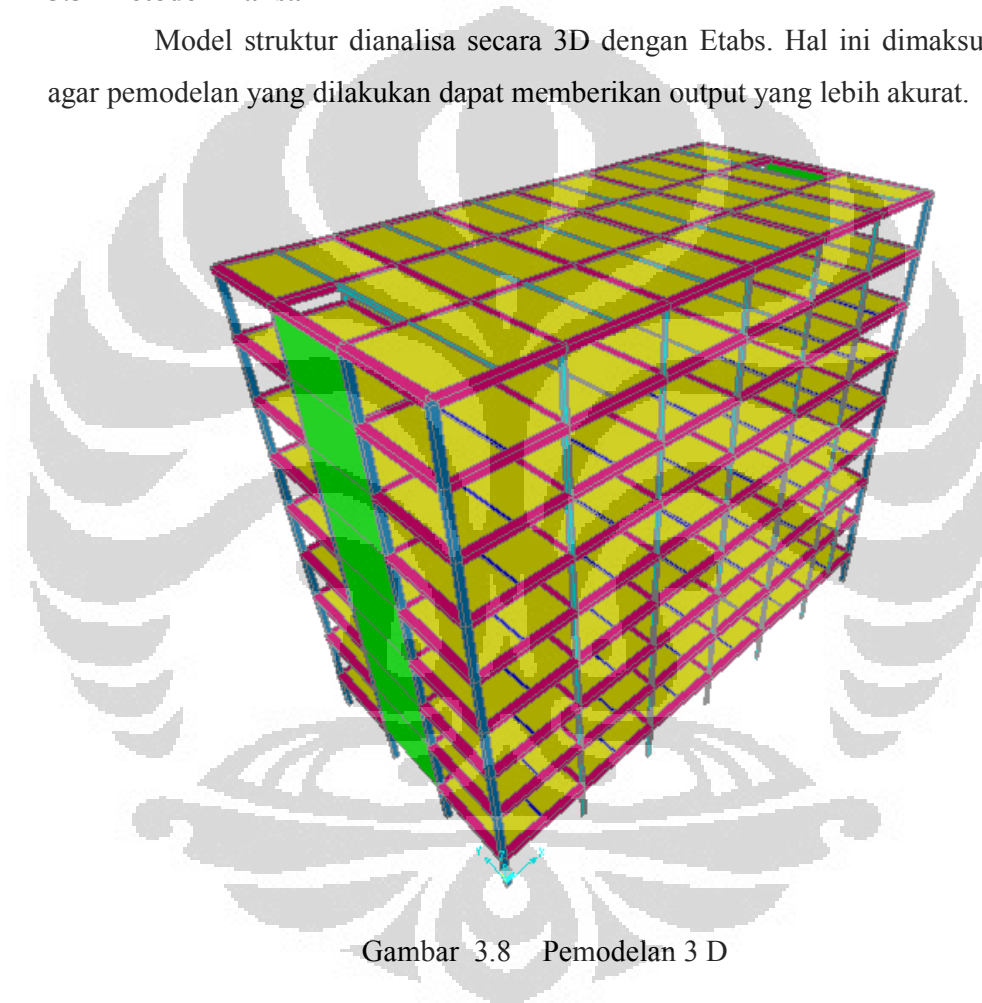
$$K_{\text{grup tiang}} = K_{\text{tiang tunggal}} \times 4 \times F_m = 7824,73 \text{ KN/m} \times 4 \times 0,439 \\ = 13740,22 \text{ KN/m}$$

$$K_{\text{grup tiang } y} = K_{\text{tiang tunggal}} \times 4 \times Fm = 7824,73 \text{ KN/m} \times 4 \times 0,439 \\ = 13740,22 \text{ KN/m}$$

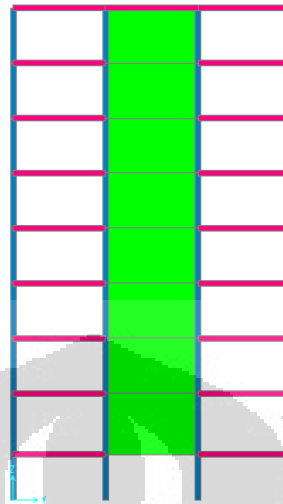
$$K_{\text{grup tiang } z} = K_{\text{tiang tunggal}} \times 4 \times Fm = 322580,6 \text{ KN/m} \times 4 \times 0,439 \\ = 566451,6 \text{ KN/m}$$

### 3.3 Metode Analisa

Model struktur dianalisa secara 3D dengan Etabs. Hal ini dimaksudkan agar pemodelan yang dilakukan dapat memberikan output yang lebih akurat.



Gambar 3.8 Pemodelan 3 D



Gambar 3.9 Pemodelan 2 D

### 3.4 Variasi Pemodelan

Untuk mengetahui respon seismik bangunan akibat perbedaan taraf dan jenis penjepitan lateral, maka digunakan beberapa variasi pemodelan antara lain:

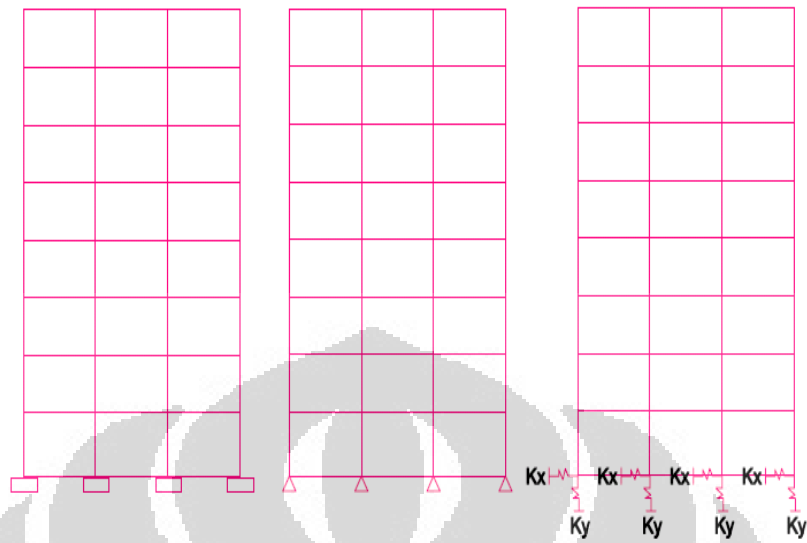
a. Variasi perletakan pada taraf penjepitan

Perletakan pada taraf penjepitan divariasikan dalam 3 jenis yaitu perletakan jepit, perletakan sendi dan pegas.

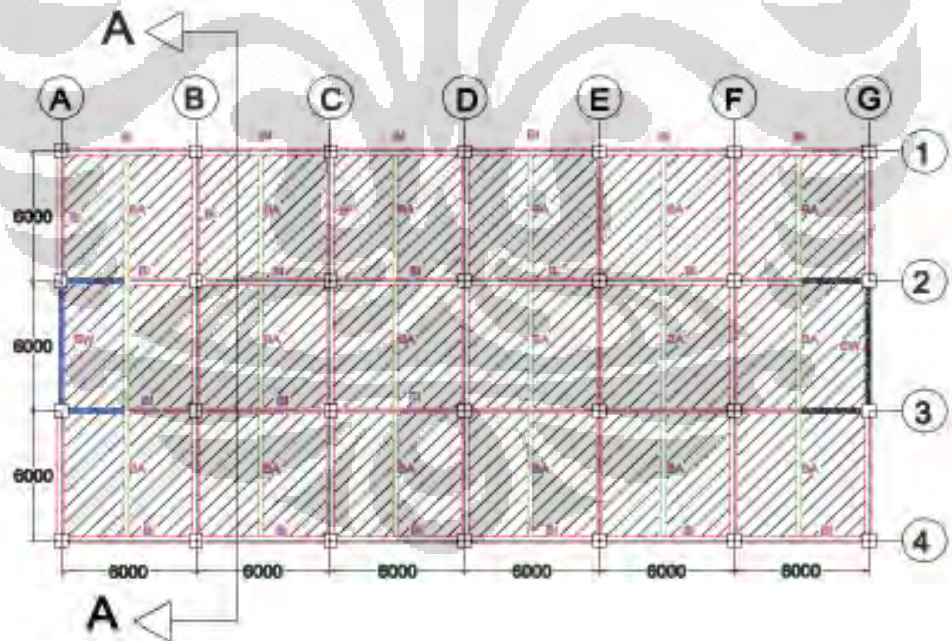
b. Variasi taraf penjepitan lateral

Variasi taraf penjepitan lateral yang pertama yaitu bangunan terjepit di lantai dasar struktur atas (permukaan tanah) dimana percepatan gempanya dikenakan pada level penjepitan tersebut dengan pegas yang mewakili tanah y di sekelilingnya ang bekerja pada dinding basement dan bangunan terjepit di lantai dasar struktur atas (permukaan tanah) tanpa pegas pada dinding basement

Variasi taraf penjepitan lateral yang kedua yaitu bangunan terjepit di lantai dasar basement. Variasi yang ketiga yaitu bangunan hanya terdiri dari 2 bentang basement dan variasi keempat yaitu bangunan memiliki 1 bentang sehingga taraf penjepitan lateralnya terletak di permukaan tanah untuk bagian nya bangunan yang memiliki basement.



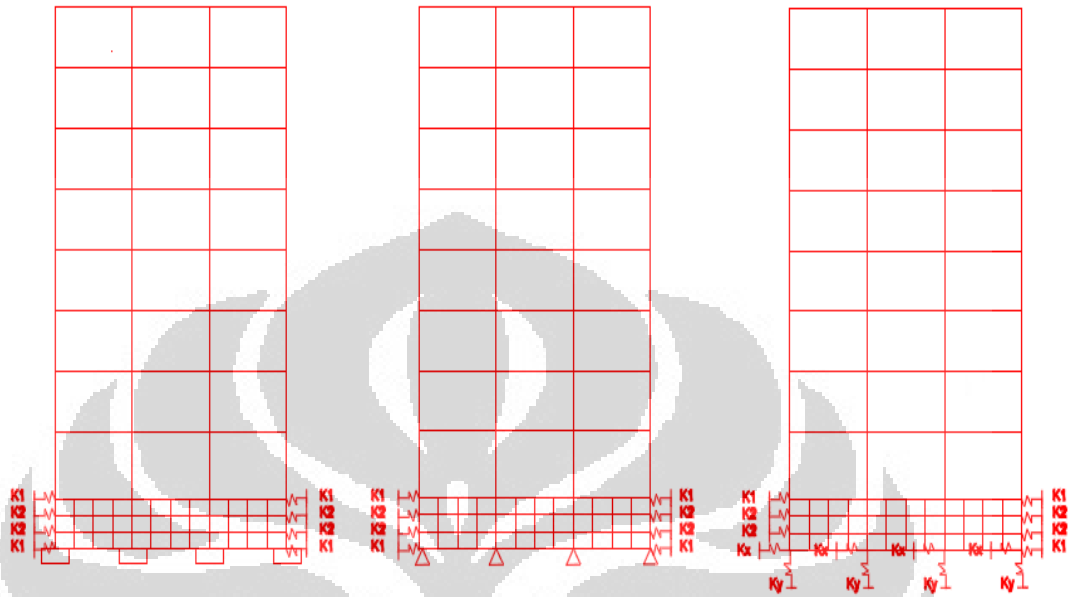
Gambar 3.10 Model bangunan Tanpa basement



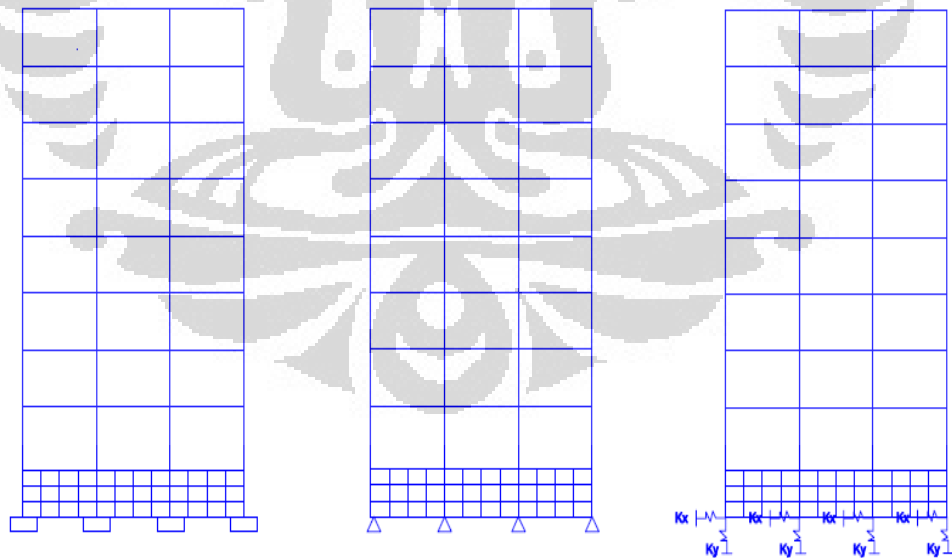
Gambar 3.11 Denah bangunan dengan basement penuh



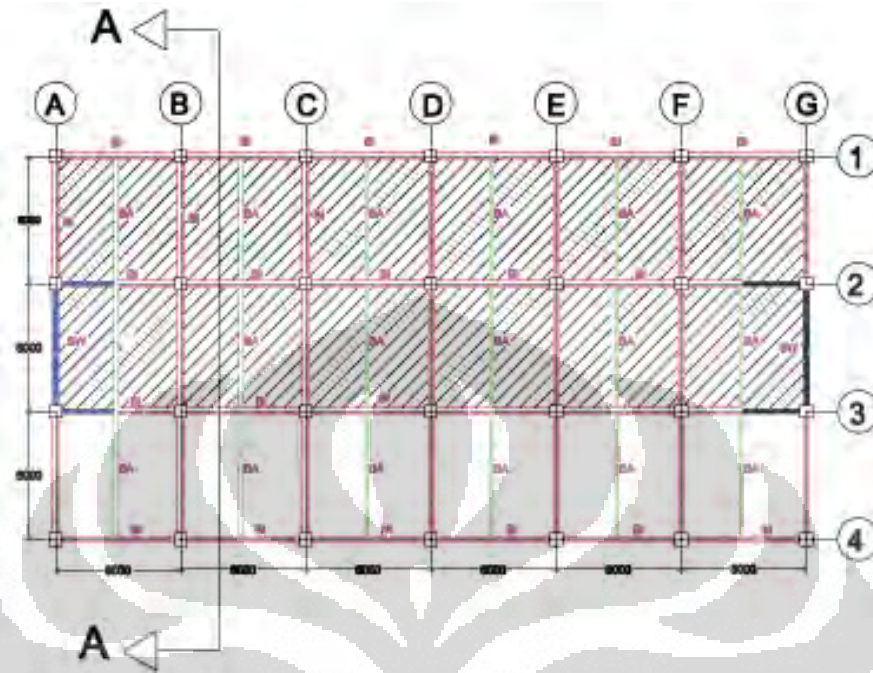
Adapun gambar potongan A-A dari denah pada gambar 3.11 di atas adalah sebagai berikut :



Gambar 3.12 Model Bangunan Dengan Basement Penuh dan pegas pada dinding

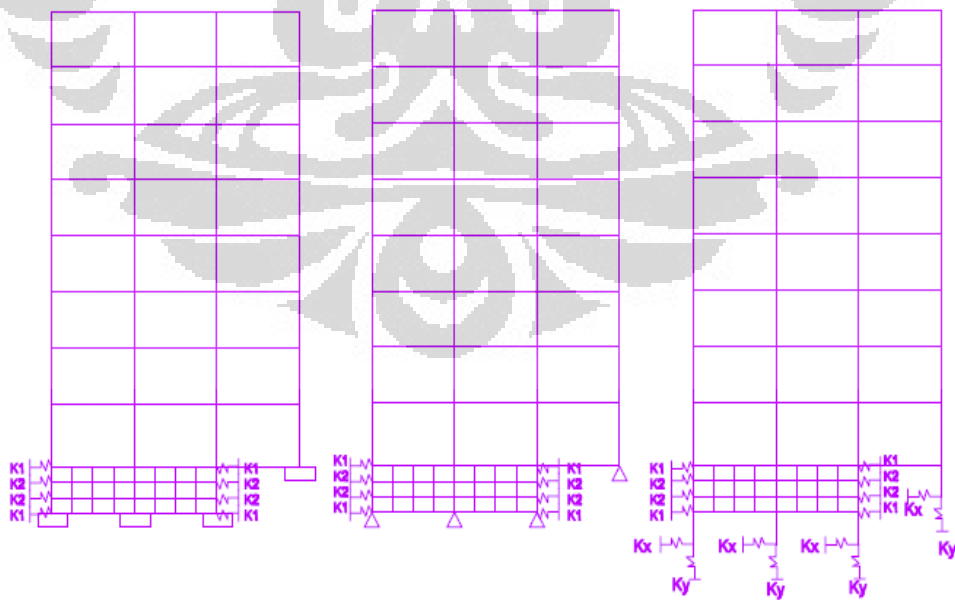


Gambar 3.13 Model Bangunan Dengan Basement Penuh tanpa pegas pada dinding

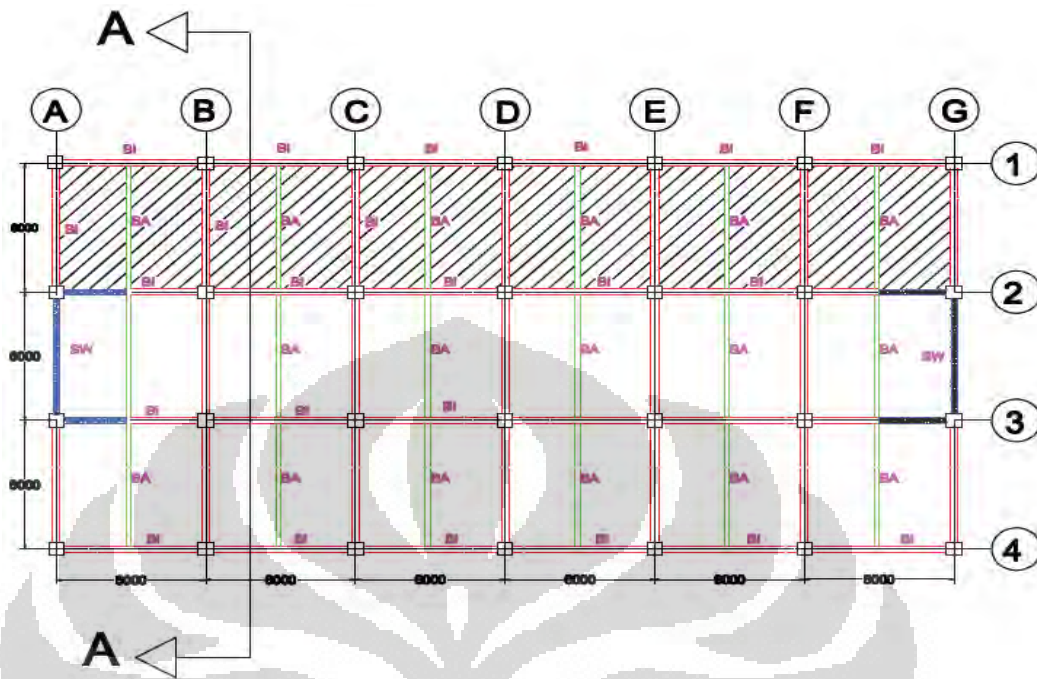


Gambar 3.14 Denah bangunan dengan 2 bentang basement

Adapun gambar potongan A-A dari denah pada gambar 3.14 adalah sebagai berikut :

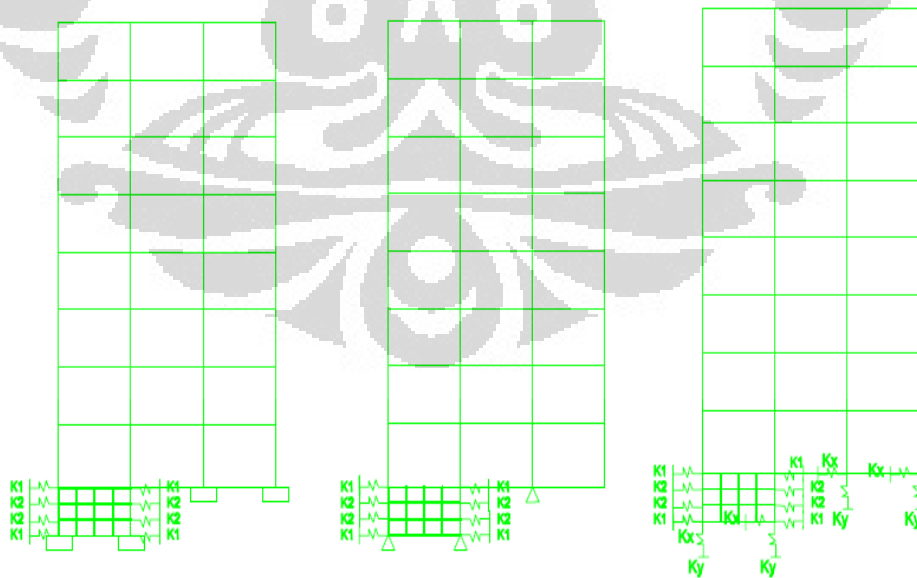


Gambar 3.15 Pemodelan Bangunan Dengan 2 Bentang Basement



Gambar 3.16 Denah bangunan dengan 1 bentang basement

Adapun gambar potongan A-A dari denah pada gambar 3.16 adalah sebagai berikut :



Gambar 3.17 Pemodelan bangunan dengan 1 bentang basement

### 3.5 Pembebanan

Pembebanan yang digunakan pada pemodelan mengacu pada pada Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, SKBI-1.3.53.1987. Adapun jenis beban yang digunakan antara lain:

a. Beban mati

Beban mati adalah beban yang tidak berubah dan merupakan bagian struktur yang tidak boleh dipisahkan daripada struktur utama. Adapun jenis-jenis beban mati yang diperhitungkan dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut :

b. Berat sendiri (*self weight*)

Berat sendiri adalah berat dari elemen struktural yang menggunakan material beton dengan berat jenis  $2400 \text{ kg/m}^3$

c. Beban mati tambahan (*Superimposed Dead Load*)

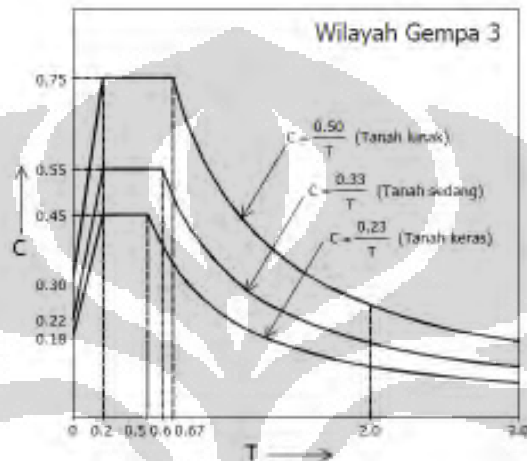
Beban mati tambahan adalah berat dari komponen non struktural yang menggunakan material-material sebagai berikut :

- Partisi Dalam :  $1 \text{ KN/ m}^2$
- Dinding Bata :  $1,5 \text{ KN/ m}^2$
- Penutup lantai dan mortar :  $1,1 \text{ KN/ m}^2$
- MEP :  $0,3 \text{ KN/ m}^2$
- Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang selalu mengalami perubahan selama bekerja pada struktur. Karena jenis bangunan yang digunakan dalam pemodelan ini adalah bangunan perkantoran, maka beban hidup yang digunakan yaitu sebesar  $2,5 \text{ KN/ m}^2$  dengan beban atap sebesar  $1 \text{ KN/ m}^2$ . Pembebanan gempa yang digunakan berdasarkan pada peraturan pembebanan gempa SNI 03-1726-2002. Analisis beban gempa yang dilakukan adalah analisis beban gempa dinamik dengan menggunakan analisis ragam spektrum respon yang menggambarkan respon maksimum dari semua struktur linier satu derajat kebebasan. Dengan konsep superposisi modal, struktur MDOF dapat diuraikan menjadi  $n$  buah struktur SDOF sehingga respon maksimum dari tiap mode dapat dianalisa secara terpisah. Untuk penjumlahan respon spektrum dari masing-masing mode dilakukan dengan metode CQC (*Complete Quadratic Combination*).

Bangunan yang akan dimodelkan terletak di wilayah DKI Jakarta sehingga apabila mengacu pada peraturan pembebanan gempa SNI 03-1726-2002, maka bangunan ini terletak pada zona gempa 3.

Adapun jenis tanah dimana bangunan ini didirikan ditetapkan sebagai jenis tanah lunak sehingga nilai C didapat dari grafik respon spectrum dengan wilayah gempa 3 yaitu sebagai berikut :



Gambar 3.18 respon spektrum gempa rencana

Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, 2002

Untuk percepatan puncak muka tanah dapat ditentukan dari tabel berikut ini :

Tabel 3.2 percepatan puncak batuan dasar dan muka tanah

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ( $g$ )	Percepatan puncak muka tanah ( $g$ )			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,03	0,04	0,08	Diperlukan evaluasi
2	0,10	0,12	0,15	0,23	khusus di setiap
3	0,15	0,18	0,22	0,30	lokasi
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,29	0,33	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,36	

Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, 2002

Dalam hal ini, percepatan muka tanah yang digunakan adalah 0,3 g (wilayah 3 dengan tanah lunak).

Untuk nilai faktor keutamaan  $I$  ditetapkan berdasarkan tabel factor keutamaan dimana faktor keutamaan yang digunakan sebesar 1 karena gedung yang dimodelkan merupakan gedung perkantoran. Sistem bangunan yang digunakan adalah Sistem tunggal dimana dinding geser yang memikul seluruh beban lateral serta sistem rangka yang digunakan yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan material beton bertulang sehingga dengan mengacu pada tabel diatas, maka ditetapkan nilai factor reduksi gempa  $R$  sebesar 5,5.

Adapun kombinasi pembebanan yang digunakan antara lain :

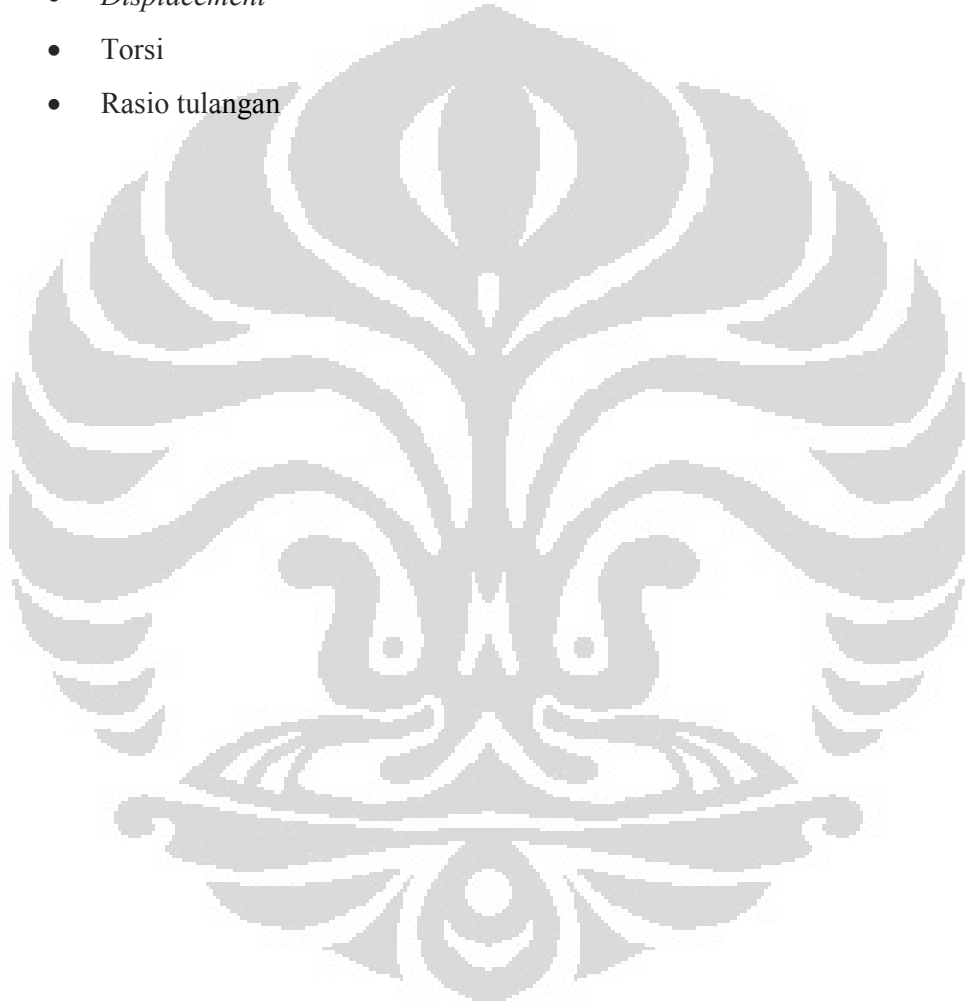
Tabel 3.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Beban
1,4 D
1,2 D + 1,6 L
1,2 D+1,0 L + 1,0 (Ex + 0,3 Ey)
1,2 D+1,0 L + 1,0 (Ex - 0,3 Ey)
1,2 D+1,0 L - 1,0 (Ex + 0,3 Ey)
1,2 D+1,0 L - 1,0 (Ex - 0,3 Ey)
1,2 D+1,0 L + 0,3 (Ex + 1,0 Ey)
1,2 D+1,0 L + 0,3 (Ex - 1,0 Ey)
1,2 D+1,0 L - 0,3 (Ex + 1,0 Ey)
1,2 D+1,0 L - 0,3 (Ex - 1,0 Ey)
0,9 D + 1,0 (Ex + 0,3 Ey)
0,9 D + 1,0 (Ex - 0,3 Ey)
0,9 D - 1,0 (Ex + 0,3 Ey)
0,9 D - 1,0 (Ex - 0,3 Ey)
0,9 D + 0,3 (Ex + 1,0 Ey)
0,9 D + 0,3 (Ex - 1,0 Ey)
0,9 D - 0,3 (Ex + 1,0 Ey)
0,9 D - 0,3 (Ex - 1,0 Ey)

### 3.6 *Output* Pemodelan

Output yang akan dianalisa dan dievaluasi dari pemodelan yang dilakukan antara lain:

- Frekuensi dan pola getar
- Gaya geser dasar
- Gaya geser tingkat
- *Displacement*
- Torsi
- Rasio tulangan



## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dari *output* yang dihasilkan dari program ETABS, maka akan dianalisa data-data berikut ini:

- Karakteristik dinamik, yaitu periode getar dan partisipasi massa
- *Displacement* dan *story drift*
- Gaya geser dasar dan gaya geser tingkat
- Torsi
- Rasio tulangan portal dan dinding geser

#### 4.1 Model Bangunan dengan Perbedaan Jenis Peletakan

##### 4.1.1 Pemodelan Bangunan Tanpa Basement

##### 4.1.1.1 Periode Getar

Tabel 4.1 Periode Getar Bangunan

Model	periode getar (detik)	
	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>
sendi tanpa basement	1.028	0.697
pegas tanpa basement	1.333	1.049
jepit tanpa basement	1.025	0.695

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa periode getar pada pemodelan dengan peletakan pegas memiliki nilai yang terbesar sehingga model bangunan ini lebih fleksibel daripada model lainnya.

##### 4.1.1.2 Partisipasi Massa

Dari lampiran 2 diketahui bahwa mode 1 untuk ketiga model bangunan dominan terhadap translasi arah x dan mode 2 dominan terhadap translasi arah y.

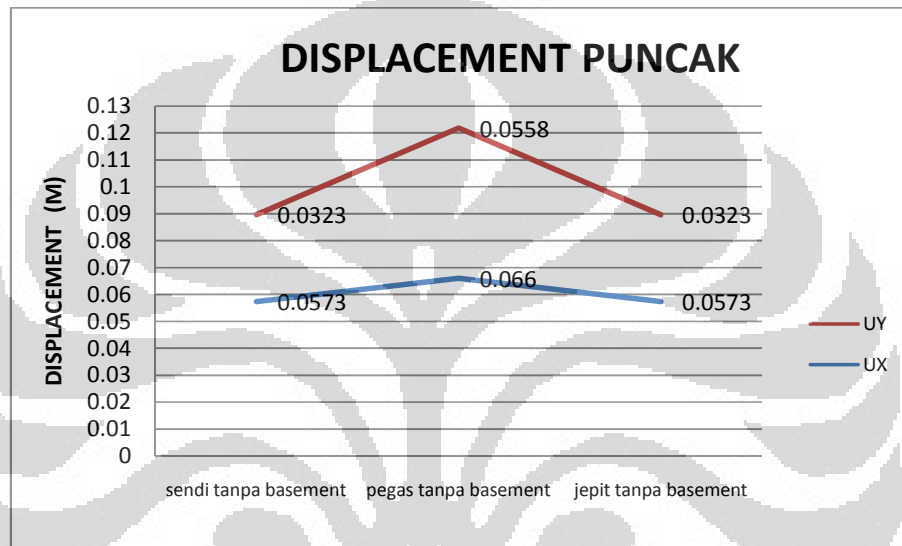
Tabel 4.2 Partisipasi Massa

Model	Partisipasi massa mode 1	Partisipasi massa mode 2
sendi tanpa basement	74.05	72.29
pegas tanpa basement	79.31	82.80
jepit tanpa basement	73.84	72.09



Dari Tabel 4.2, partisipasi massa yang paling besar untuk mode 1 dan mode 2 berturut-turut yaitu model dengan peletakan pegas, sendi dan jepit. Hal ini disebabkan karena model dengan peletakan pegas lebih fleksibel daripada model dengan peletakan jepit atau sendi.

#### 4.1.1.3 *Displacemement* dan *story drift*



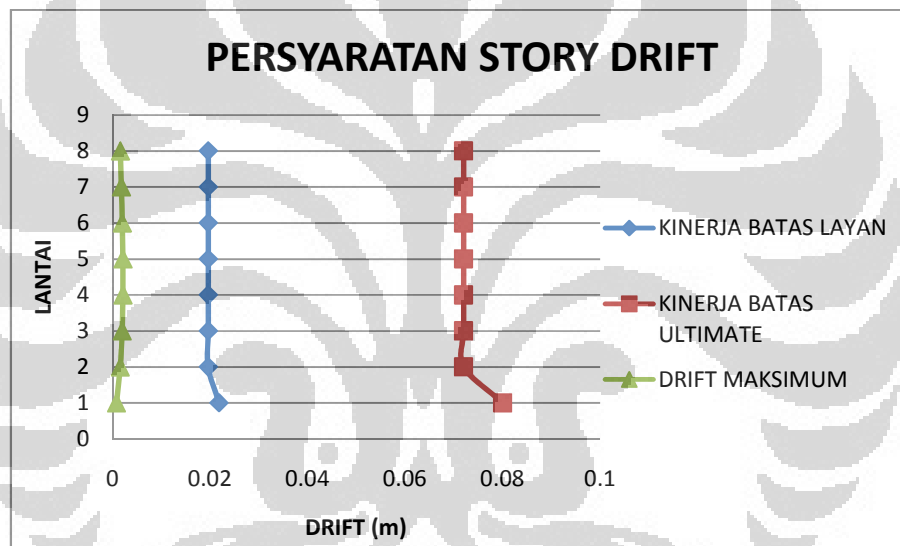
Gambar 4.1 *Displacemement* Puncak

Berdasarkan periode getar dan partisipasi massa, kekakuan model bangunan yang terbesar berturut-turut yaitu model bangunan dengan peletakan jepit, dengan peletakan sendi dan dengan peletakan pegas. Oleh karena kekakuan berbanding terbalik dengan *displacement* yang dihasilkan sehingga dari gambar 4.1 diketahui bahwa model yang memiliki *displacement* paling kecil berturut-turut yaitu model dengan peletakan jepit, sendi dan pegas.

Berdasarkan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726-2002, simpangan antar tingkat struktur akibat gempa rencana harus dibatasi berdasarkan kinerja batas layan dan batas ultimatenya yang disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.3 Persyaratan *Story drift*

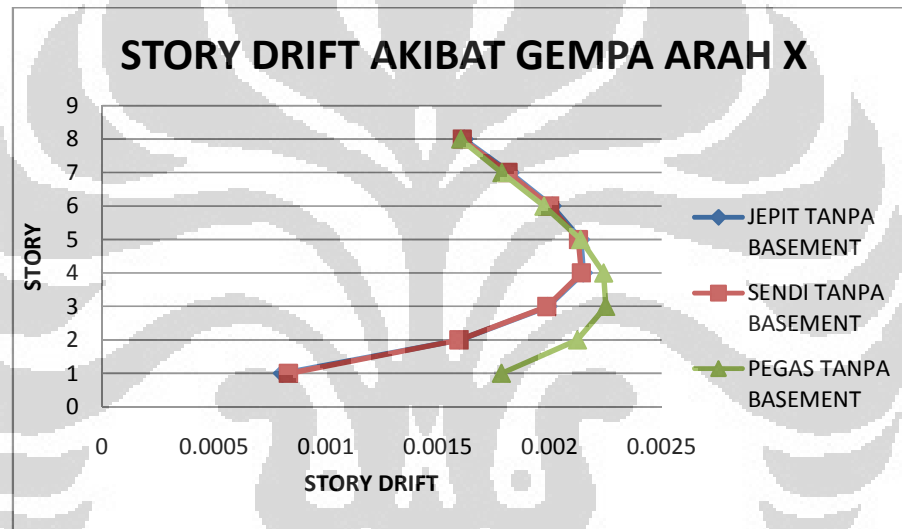
Lantai	Tinggi (m)	<i>Drift</i> Batas Layan (m)	<i>Drift</i> Batas ultimate (m)	<i>Drift</i> akibat beban (m)
8	3.6	0.0196	0.072	0.066
7	3.6	0.0196	0.072	0.061
6	3.6	0.0196	0.072	0.054
5	3.6	0.0196	0.072	0.048
4	3.6	0.0196	0.072	0.040
3	3.6	0.0196	0.072	0.033
2	3.6	0.0196	0.072	0.025
1	4	0.0218	0.08	0.017

Gambar 4.2 Persyaratan *Story drift*

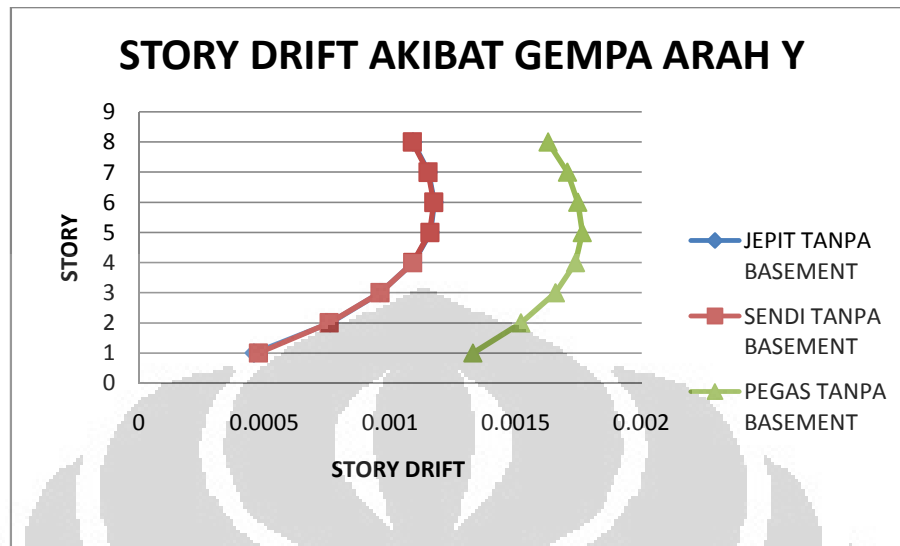
Berdasarkan tabel 4.3, dapat dilihat bahwa *Story drift* maksimum yang dihasilkan pada model bangunan tanpa basement lebih kecil daripada *Story drift* pada batas layan dan batas ultimatenya, sehingga ketiga jenis peletakan telah memenuhi kinerja batas layan dan kinerja batas ultimate seperti yang telah ditetapkan pada SNI gempa 2002.

Tabel 4.4 *Story drift Arah X*

lantai	Story drift Arah X (m)		
	Sendi	Pegas	Jepit
8	0.001609	0.001602	0.001618
7	0.001813	0.001786	0.001823
6	0.002	0.001974	0.002011
5	0.002128	0.002138	0.002139
4	0.002141	0.002241	0.002151
3	0.001987	0.00225	0.001992
2	0.001595	0.002124	0.001597
1	0.000833	0.001784	0.000805

Gambar 4.3 *Story drift Arah X*Tabel 4.5 *Story drift Arah Y*

lantai	Story drift Arah Y (m)		
	Sendi	Pegas	Jepit
8	0.001088	0.001628	0.00109
7	0.00115	0.001705	0.001152
6	0.001173	0.001746	0.001175
5	0.001158	0.001764	0.001159
4	0.001089	0.001737	0.00109
3	0.000959	0.001657	0.000959
2	0.000756	0.00152	0.00076
1	0.000475	0.001329	0.000457



Gambar 4.4 *Story drift* Arah Y

Berdasarkan tabel 4.3 dan tabel 4.4, *Story drift* terkecil dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit dan *Story drift* terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas. Hal ini menunjukkan bahwa model bangunan dengan peletakan jepit memiliki kekakuan yang lebih besar dari model bangunan dengan peletakan sendi.

#### 4.1.1.4 Gaya Geser tingkat dan gaya geser dasar

Tabel 4.6 Gaya geser dasar

Model	V dinamik arah x (N)	V dinamik arah y (N)
sendi dengan basement	5284277.6	5349595.04
pegas dengan basement	4993806.78	6475593.26
jepit dengan basement	5284126.8	5333540.76

Seperti yang diketahui, semakin besar periode bangunan, maka gaya geser dasarnya akan semakin kecil, sebaliknya semakin besar partisipasi massa untuk arah yang bersangkutan, maka gaya gesernya akan semakin besar, sehingga untuk mengetahui kecenderungan dari gaya geser, maka harus dianalisa efek partisipasi massa yang dominan pada arah tersebut atau periode getar yang lebih dominan.

Akibat dari periode getar arah x, gaya geser dasar arah x untuk model bangunan dengan peletakan pegas lebih kecil 27% dari gaya geser dasar untuk model bangunan dengan peletakan sendi, sedangkan akibat pengaruh partisipasi massa, gaya geser dasar arah x untuk model bangunan dengan peletakan pegas lebih besar 7% dari gaya geser dasar untuk model bangunan dengan peletakan sendi. Oleh karena, pengaruh dari periode getar lebih besar daripada pengaruh massa, maka model bangunan dengan peletakan sendi yang memiliki periode getar yang lebih kecil akan memiliki gaya geser dasar yang lebih besar dari pada model bangunan dengan peletakan pegas.

Gaya geser dasar arah x untuk model bangunan dengan peletakan sendi lebih kecil 0,7% dari gaya geser dasar untuk model bangunan dengan peletakan jepit, sedangkan akibat pengaruh partisipasi massa, gaya geser dasar arah x untuk model bangunan dengan peletakan sendi lebih kecil 6,6% dari gaya geser dasar untuk model bangunan dengan peletakan jepit, sehingga pengaruh massa lebih mendominasi dalam menentukan kecenderungan dari gaya geser. Oleh karena itu, maka model bangunan dengan peletakan sendi yang memiliki partisipasi massa untuk mode 1 (arah x) yang lebih besar akan memiliki gaya geser dasar yang lebih besar dari pada model bangunan dengan peletakan jepit.

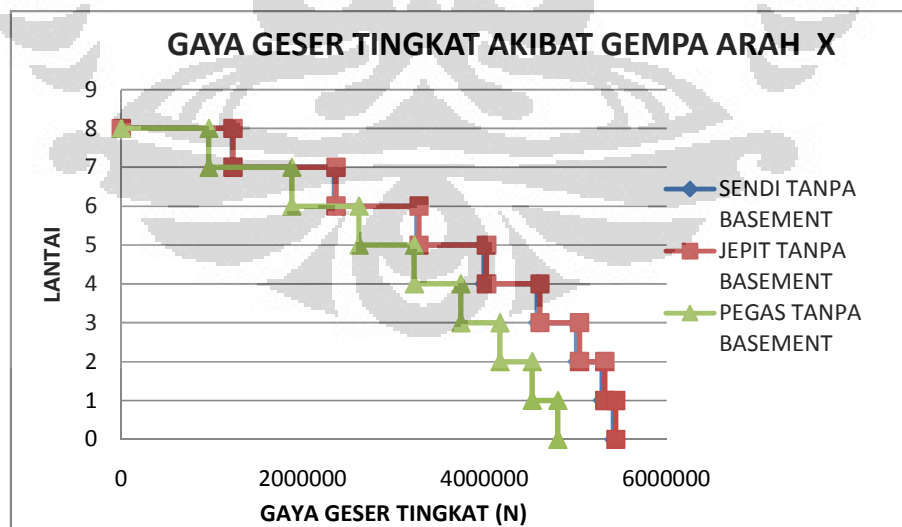
Akibat dari periode getar arah y, gaya geser dasar arah y untuk model bangunan dengan peletakan pegas lebih kecil 4,4% dari gaya geser dasar untuk model bangunan dengan peletakan sendi, sedangkan akibat pengaruh partisipasi massa, gaya geser dasar arah x untuk model bangunan dengan peletakan pegas lebih besar 14% dari gaya geser dasar untuk model bangunan dengan peletakan sendi. Oleh karena, pengaruh dari partisipasi massa lebih mendominasi daripada pengaruh dari periode getar, maka gaya geser dasar arah y dari model bangunan dengan peletakan pegas lebih besar daripada model bangunan dengan peletakan sendi yang diakibatkan karena partisipasi massa pada arah y (mode 2) untuk model bangunan dengan peletakan pegas lebih besar daripada model bangunan dengan peletakan sendi.

Pada arah y, periode getar model bangunan dengan peletakan sendi dan model bangunan dengan peletakan jepit lebih kecil dari 1 detik, sehingga berada di daerah predomnan yang mengakibatkan faktor respon gempa ( $C$ ) untuk kedua

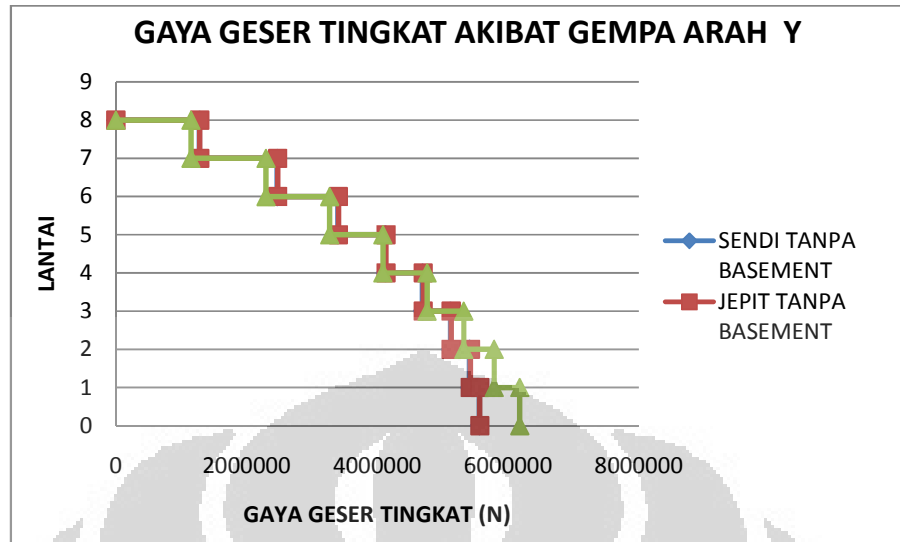
model bangunan ini memiliki nilai yang sama. Oleh karena memiliki nilai  $c$  yang sama, maka gaya geser dasar untuk kedua model bangunan ini memiliki nilai yang sama pula. Akibat partisipasi massa arah  $y$  (mode 2), gaya geser dasar arah  $y$  untuk model bangunan dengan peletakan sendi lebih besar 0,27% dari gaya geser dasar untuk model bangunan dengan peletakan jepit. Oleh karena periode getar tidak memberikan pengaruh apapun, maka partisipasi massa yang akan mempengaruhi gaya geser sehingga model bangunan dengan peletakan sendi yang memiliki gaya geser dasar yang lebih besar dari pada model bangunan dengan peletakan jepit karena memiliki partisipasi massa yang lebih besar.

Tabel 4.7 Gaya Geser Tingkat

Lantai	Sendi tanpa basement		Jepit tanpa basement		Pegas tanpa basement	
	V X (N)	V Y (N)	VX (N)	VY (N)	VX (N)	VY (N)
8	1220584.83	1279490.47	1229509.06	1283662	964307.32	1149502.21
7	2346352.47	2467542.95	2362932.63	2474950	1876697.54	2296997.53
6	3256095.85	3396258.69	3278708.76	3406016	2617189.39	3271009.21
5	3993641.84	4122799.73	4020647.7	4134212	3226018.13	4086254.07
4	4578644.96	4690803.56	4608391.26	4703009	3737167.94	4762873.53
3	5013974.38	5121372.74	5044630.23	5133095	4167820.11	5323245.81
2	5292906.27	5413828.54	5322459.91	5423694	4522215.51	5788462.75
1	5416384.29	5563579.16	5442650.31	5568217	4804273.35	6180192.55



Gambar 4.5 Gaya geser tingkat arah x



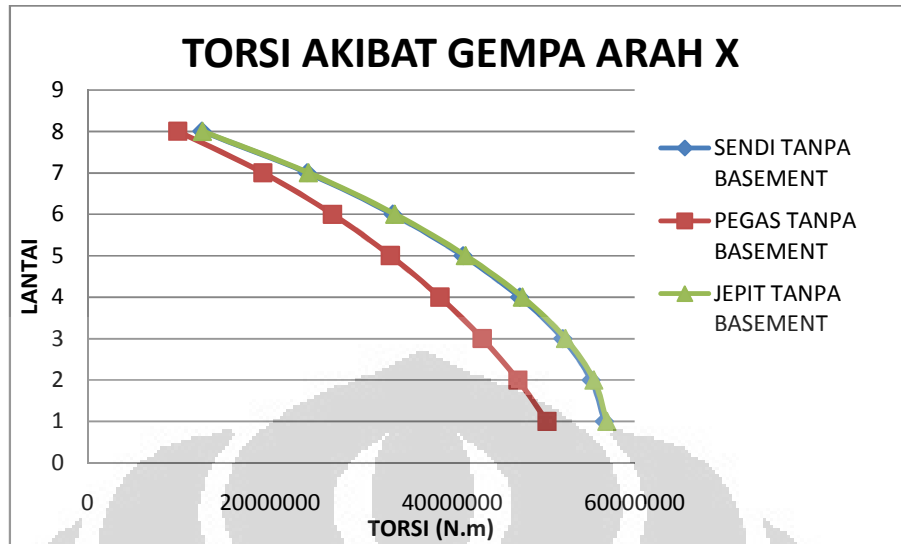
Gambar 4.6 Gaya geser tingkat akibat gempa arah y

Gaya geser tingkat untuk model bangunan dengan peletakan pegas lebih kecil daripada gaya geser tingkat yang dihasilkan oleh pemodelan bangunan dengan peletakan sendi atau jepit. Gaya geser tingkat untuk model bangunan dengan peletakan sendi berdekatan dengan gaya geser tingkat untuk peletakan jepit. Hal ini disebabkan karena periode getar kedua model ini saling berdekatan.

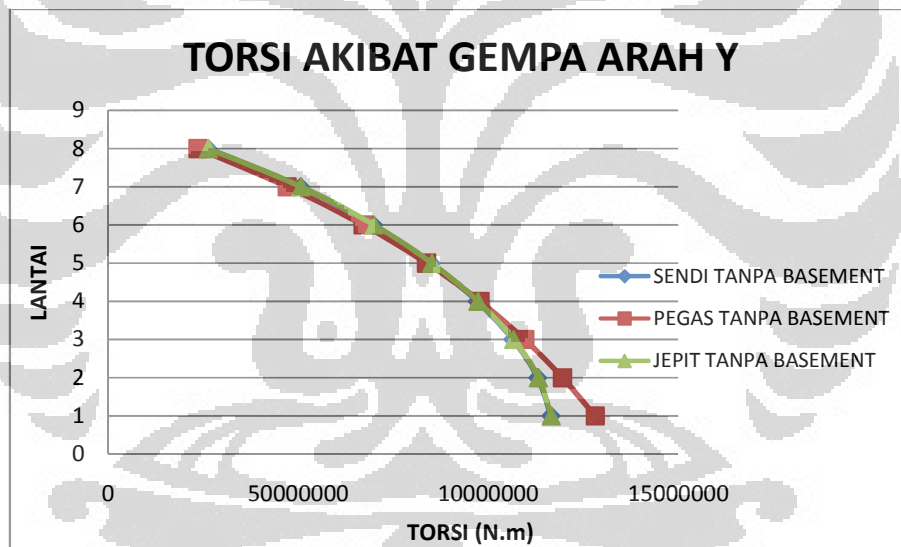
#### 4.1.1.5 Torsi

Tabel 4.8 Torsi Arah x dan Arah y

Lantai	Sendi tanpa basement		Jepit tanpa basement		Pegas tanpa basement	
	Akibat gempa x (N.m)	Akibat gempa y (N.m)	Akibat gempa x (N.m)	Akibat gempa y (N.m)	Akibat gempa x (N.m)	Akibat gempa y (N.m)
8	12523337.5	26255126.21	12614902.73	26340717.78	9893788.405	23587916.67
7	24065731.53	-50580017.38	24236249.23	50732440.22	19235304.15	47058244.22
6	33466995.46	69726323.14	33700185.74	69928826.96	26864555.8	67011470.31
5	41177394.33	84913160.18	41456988.78	85151453.69	33218730.98	83781104.94
4	47388254	97027990.05	47697621.65	97284487.17	38642474.54	97815087.29
3	52106894.25	106418966.7	52427271.23	106665827.6	43292574	109596170
2	55228711.77	112980081.6	55538949.78	113189785.6	47198838.12	119557403.8
1	56687621.37	116465938.6	56962247.68	116556673.4	50397643.62	128119992.5



Gambar 4.7 Torsi Akibat Gempa Arah x



Gambar 4.8 Torsi Akibat Gempa Arah y

Sesuai dengan lampiran 2, partisipasi massa rotasi sumbu z ( $R_z$ ) untuk model bangunan dengan peletakan pegas memiliki nilai yang paling kecil, sedangkan partisipasi massa  $R_z$  yang paling besar untuk kedua arah tersebut dihasilkan dari model dengan peletakan jepit, sehingga torsi akibat gempa x dan torsi akibat gempa y yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan

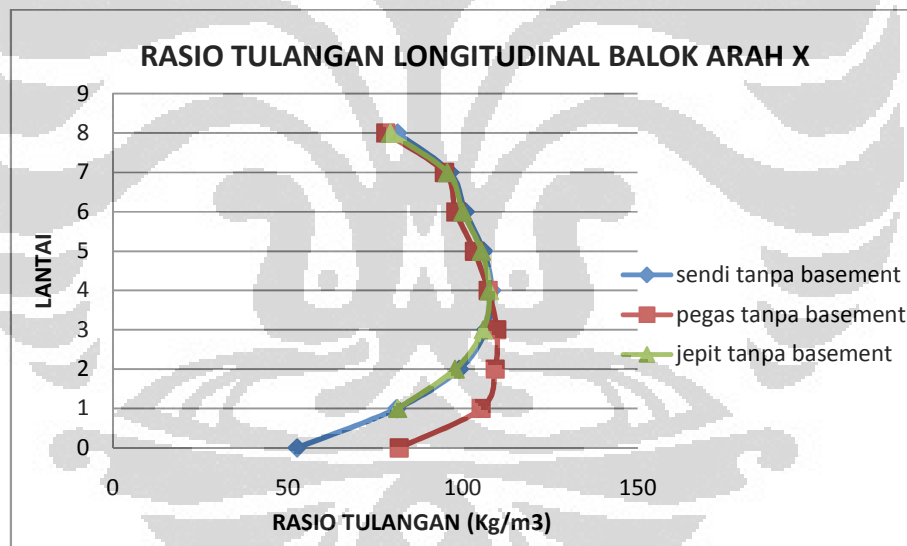


peletakan pegas dan yang paling besar dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan jepit.

#### 4.1.1.6 Rasio Tulangan

Tabel 4.9 Rasio tulangan longitudinal balok arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
8	81.38	77.96	79.34
7	96.32	94.76	95.59
6	100.74	97.98	99.97
5	105.94	103.27	105.29
4	108.27	107.22	107.56
3	106.53	109.64	105.82
2	99.04	109.24	97.78
1	81.13	105.20	81.40

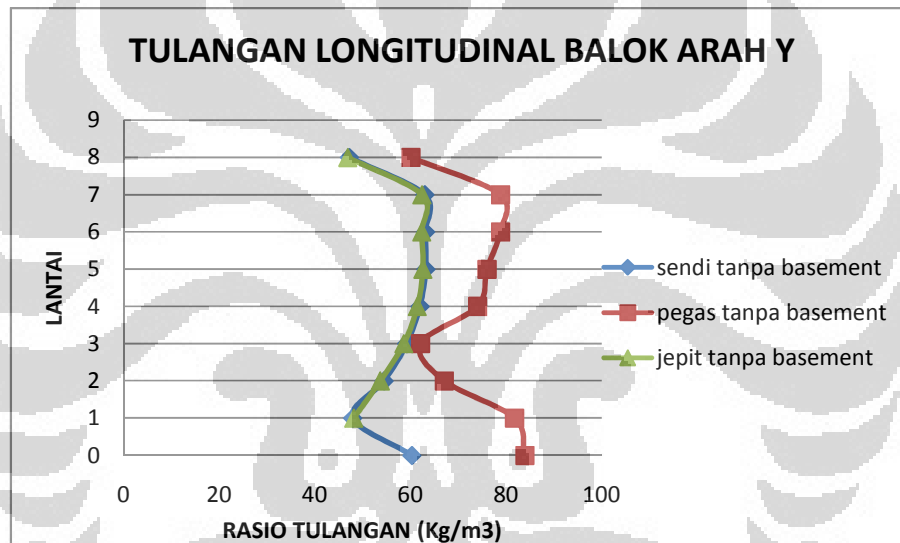


Gambar 4.9 Rasio tulangan longitudinal balok arah x

Rasio total tulangan longitudinal balok arah x yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu 100,4 kg/m<sup>3</sup>, kemudian diikuti oleh model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 97,24 kg/m<sup>3</sup> dan yang yang rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 96,4 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.10 Rasio tulangan balok arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
8	47.25	60.12	46.90
7	63.01	78.87	62.45
6	63.16	78.87	62.40
5	63.22	76.05	62.64
4	62.01	74.08	61.47
3	59.24	62.13	58.64
2	54.51	67.12	53.71
1	47.96	81.82	48.15



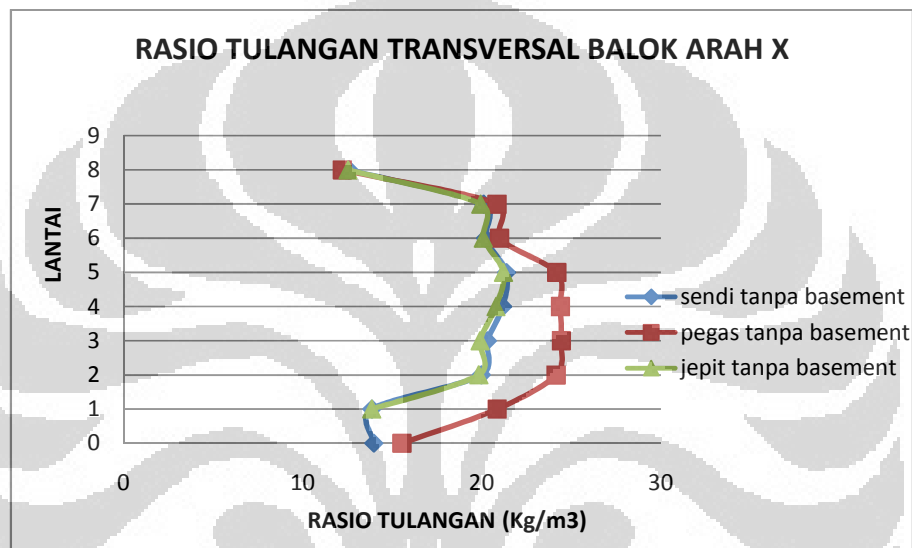
Gambar 4.10 Rasio tulangan balok arah y

Rasio tulangan longitudinal balok arah y untuk model bangunan dengan peletakan pegas lebih besar dari rasio tulangan longitudinal untuk model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit yaitu berturut-turut sebesar 76,11 kg/m<sup>3</sup>, 57,41 kg/m<sup>3</sup> dan 56,91 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.11 Rasio tulangan longitudinal balok arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
8	12.58	12.21	12.53
7	20.09	20.85	19.93

6	20.20	20.98	20.07
5	21.38	24.18	21.20
4	21.17	24.38	20.78
3	20.32	24.43	19.90
2	19.97	24.14	19.82
1	13.86	20.85	13.85



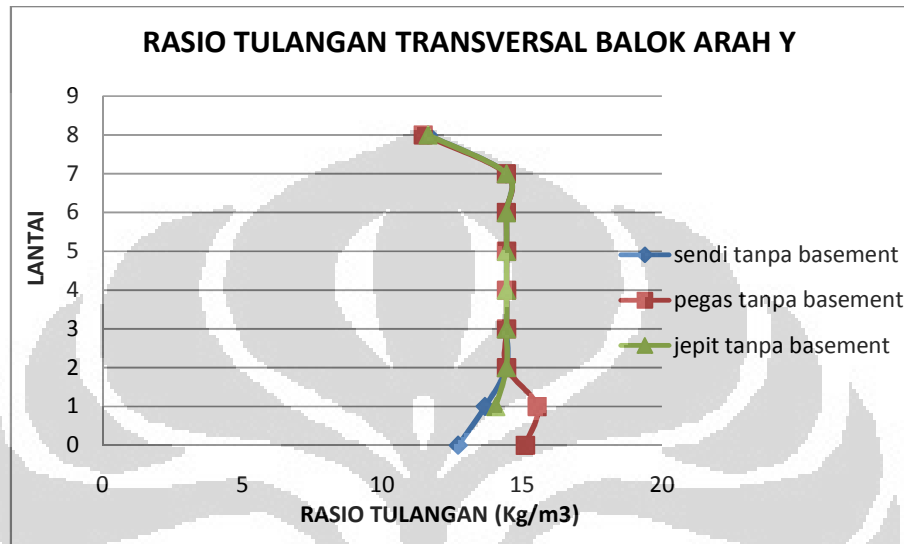
Gambar 4.11 Rasio tulangan transversal balok arah x

Rasio total tulangan transversal balok arah x yang paling kecil dihasilkan dari model bangunan dengan jepit yaitu sebesar  $18,44 \text{ kg/m}^3$ . Untuk model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar  $18,62 \text{ kg/m}^3$  dan yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar  $21,39 \text{ kg/m}^3$

Tabel 4.12 Rasio tulangan transversal balok arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL BALOK ARAH Y(Kg/m3)		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
8	11.64	11.47	11.64
7	14.43	14.43	14.43
6	14.43	14.43	14.43
5	14.43	14.44	14.43
4	14.43	14.44	14.43

3	14.43	14.44	14.43
2	14.43	14.44	14.43
1	13.67	15.53	14.05

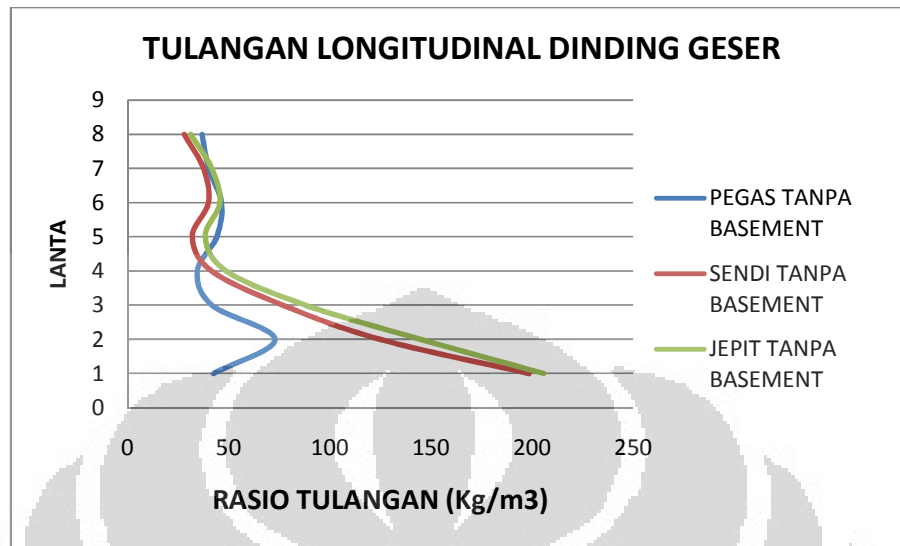


Gambar 4.12 Rasio tulangan transversal balok arah y

Untuk rasio tulangan transversal balok arah y, model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan yang paling kecil yaitu sebesar  $13,96 \text{ kg/m}^3$ , sedangkan rasio tulangan terbesar dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar  $14,027 \text{ kg/m}^3$  dan model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan sebesar  $14,003 \text{ kg/m}^3$

Tabel 4.13 Rasio tulangan longitudinal dinding geser

Lantai	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL DINDING GESER (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
1	198.5	42.4	205.66168
2	124.8	72.8	144.84344
3	76.8	41.6	88.0264
4	41.6	34.4	48.81464
5	32.0	44.0	38.41152
6	40.0	46.4	45.61368
7	37.6	40.0	41.61248
8	28.0	36.8	31.20936

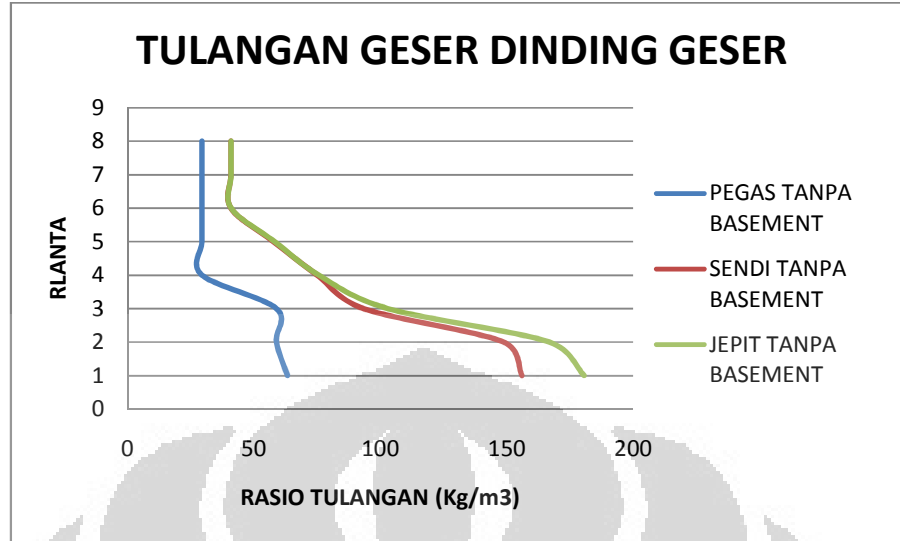


Gambar 4.13 Rasio tulangan longitudinal dinding geser

Rasio tulangan longitudinal dinding geser yang terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan jepit yaitu  $82,24 \text{ kg/m}^3$ , model bangunan dengan peletakan sendi yaitu  $74,15 \text{ kg/m}^3$ , dan model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar  $44,78 \text{ kg/m}^3$

Tabel 4.14 Rasio tulangan horizontal dinding geser

Lantai	RASIO TULANGAN HORIZONTAL DINDING GESER (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
1	155.9	63.3	180.5
2	148.7	58.9	166.7
3	93.3	58.9	102.8
4	75.0	29.4	75.5
5	57.6	29.4	58.1
6	40.9	29.4	40.9
7	40.9	29.4	40.9
8	40.9	29.4	40.9

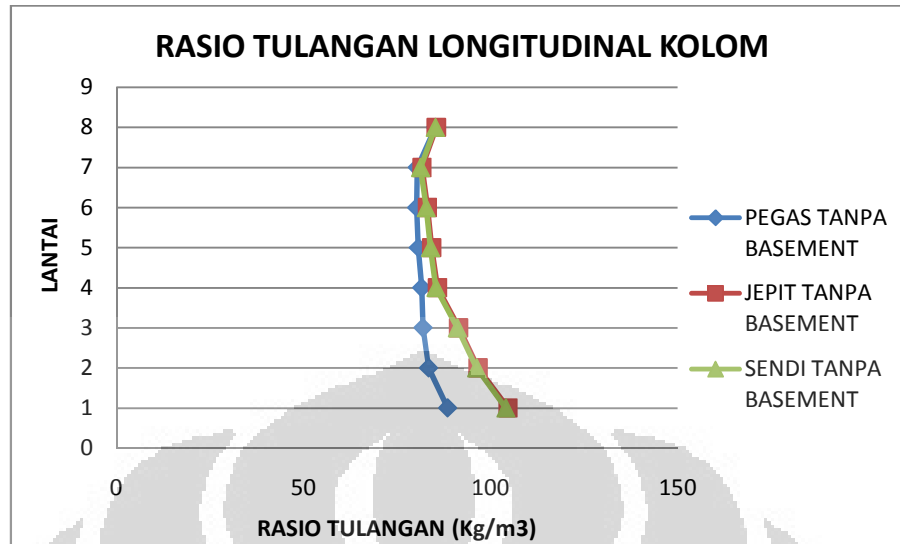


Gambar 4.14 Rasio tulangan horizontal dinding geser

Untuk rasio tulangan horizontal dinding geser yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar  $128,62\text{kg/m}^3$ . Model bangunan dengan peletakan pegas menghasilkan rasio tulangan terkecil yaitu sebesar  $59,76\text{ kg/m}^3$ , sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar  $118,95\text{ kg/m}^3$

Tabel 4.15 Rasio tulangan longitudinal kolom

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL KOLOM (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
8	85.23	85.25	85.50
7	81.26	80.37	81.69
6	82.77	80.24	83.11
5	83.94	80.68	84.25
4	85.41	81.60	85.81
3	91.11	81.95	91.45
2	96.28	83.44	96.68
1	104.07	88.53	104.68

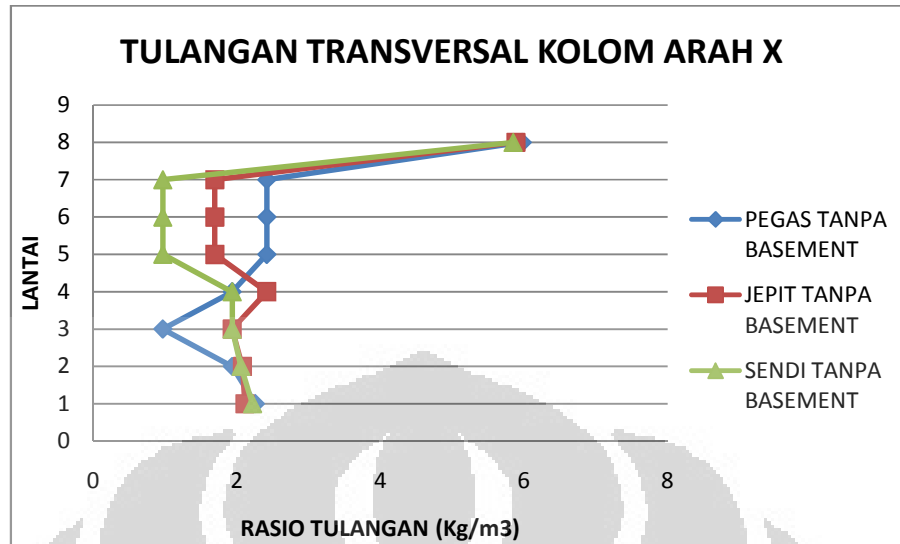


Gambar 4.15 Rasio tulangan longitudinal kolom

Rasio tulangan longitudinal kolom pada model bangunan dengan peletakan pegas lebih kecil daripada model-model lainnya yaitu sebesar 82,838 kg/m<sup>3</sup>. Model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 88,97 kg/m<sup>3</sup> dan yang terbesar dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 89,36 kg/m<sup>3</sup>

Tabel 4.16 Rasio tulangan transversal kolom arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
8	5.85	5.97	5.88
7	0.97	2.42	1.69
6	0.97	2.42	1.69
5	0.97	2.42	1.69
4	1.93	1.93	2.42
3	1.93	0.97	1.93
2	2.06	1.93	2.08
1	2.22	2.26	2.11



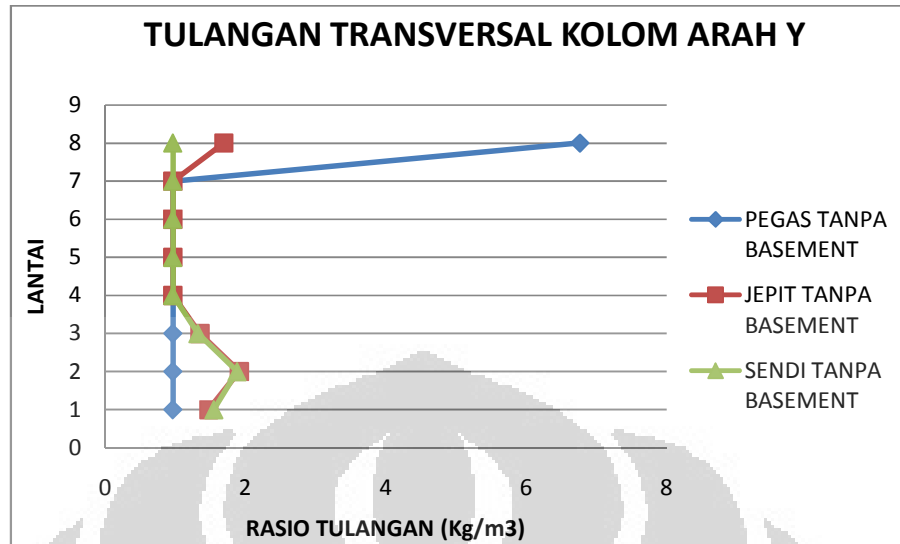
Gambar 4.16 Rasio tulangan transversal kolom arah x

Model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan transversal kolom arah x yang terkecil yaitu  $2,11 \text{ kg/m}^3$ , kemudian diikuti oleh model bangunan dengan peletakan jepit sebesar  $2.432 \text{ kg/m}^3$  dan model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar  $2,53 \text{ kg/m}^3$ .

Tabel 4.17 Rasio tulangan transversal kolom arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH Y (Kg/m³)		
	sendi tanpa basement	pegas tanpa basement	jepit tanpa basement
8	0.97	6.77	1.69
7	0.97	0.97	0.97
6	0.97	0.97	0.97
5	0.97	0.97	0.97
4	0.97	0.97	0.97
3	1.32	0.97	1.35
2	1.88	0.97	1.91
1	1.55	0.97	1.48





Gambar 4.17 Rasio tulangan transversal kolom arah y

Sama halnya dengan rasio tulangan transversal kolom arah y, model bangunan dengan peletakan pegas juga menghasilkan rasio tulangan transversal arah y terbesar yaitu sebesar  $1,68 \text{ kg/m}^3$  dan yang terkecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar  $1,203 \text{ kg/m}^3$  serta model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan sebesar  $1,29 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4.1.2 Pemodelan Bangunan Dengan 1 Bentang Basement

##### 4.1.2.1 Periode Getar

Model	Periode getar (detik)	
	Tx ( detik)	Ty (detik)
sendi dgn 1 bentang basement	1.081	0.761
pegas dgn 1 bentang basement	1.219	0.943
jepit dgn 1 bentang basement	1.079	0.760

Model bangunan dengan peletakan pegas dan sendi memiliki massa yang sama, akan tetapi memiliki kekakuan yang berbeda dimana model bangunan dengan peletakan pegas lebih fleksibel daripada model bangunan dengan peletakan sendi, sehingga periode getar model bangunan dengan peletakan pegas lebih besar daripada model bangunan dengan peletakan sendi. Bangunan dengan peletakan sendi memiliki massa yang lebih besar dan kekakuan yang lebih kecil

daripada model bangunan dengan peletakan jepit sehingga periode bangunan dengan peletakan sendi lebih besar daripada model bangunan dengan peletakan jepit.

#### 4.1.2.2 Partisipasi Massa

Model	partisipasi massa	partisipasi massa
	mode 1	mode 2
sendi dgn 1 bentang basement	76.4181	74.3685
pegas dgn 1 bentang basement	70.2232	68.9262
jepit dgn 1 bentang basement	76.3005	74.281

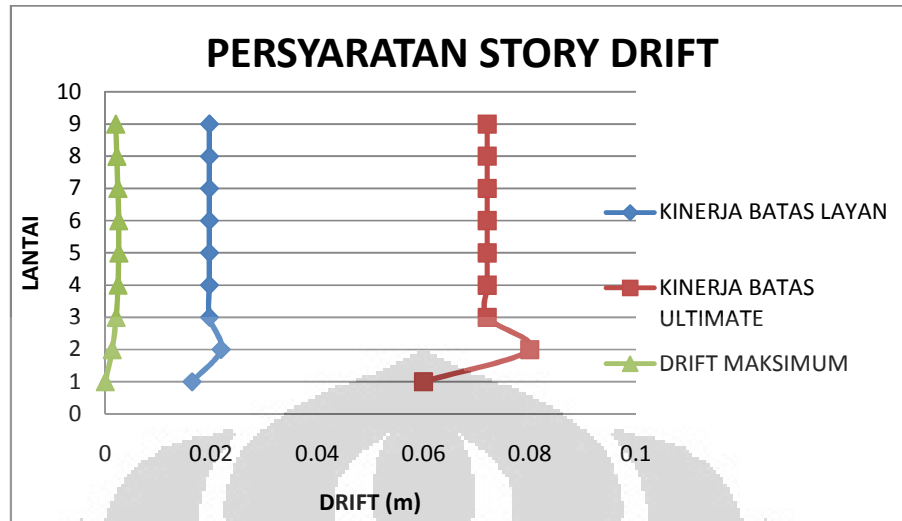
Berdasarkan lampiran 6, diketahui bahwa untuk mode 1 ketiga model bangunan dominan terhadap translasi arah x dan mode 2 dominan terhadap translasi arah y.

Meskipun memiliki periode getar yang terbesar, partisipasi massa untuk model bangunan dengan peletakan pegas memiliki nilai yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena model ini memiliki diskontinuitas kekakuan yang terbesar.

#### 4.1.2.3 *Displacement* dan *Story drift*

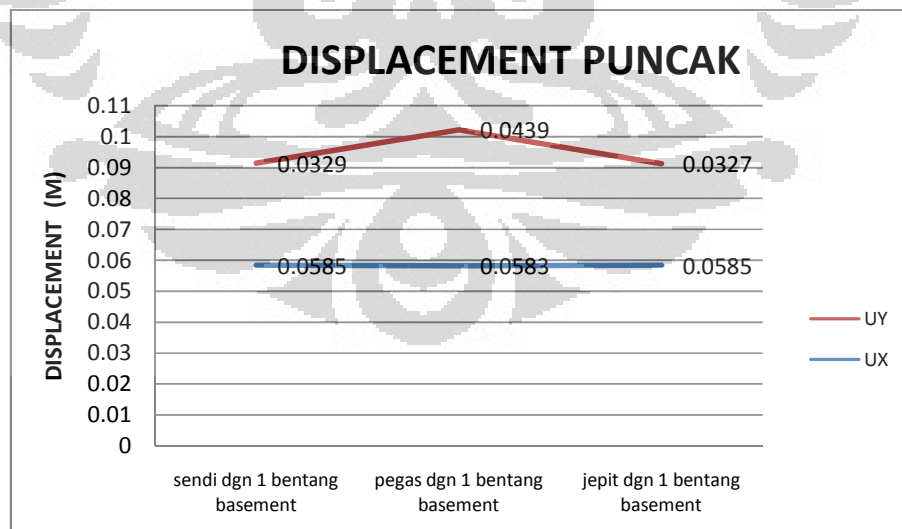
Tabel 4.18 Persyaratan *Story drift*

Lantai	Tinggi (m)	Drift Batas Layan (m)	Drift Batas ultimate (m)	Drift akibat beban (m)
9	3.6	0.0196	0.072	0.0020
8	3.6	0.0196	0.072	0.0022
7	3.6	0.0196	0.072	0.0024
6	3.6	0.0196	0.072	0.0025
5	3.6	0.0196	0.072	0.0026
4	3.6	0.0196	0.072	0.0024
3	3.6	0.0196	0.072	0.0021
2	4	0.0218	0.08	0.0013
1	3	0.0164	0.06	0.0000



Gambar 4.18 Persyaratan *Story drift*

*Story drift* yang harus memenuhi kinerja batas layan dan batas ultimate seperti yang disyaratkan pada Standar perencanaan Ketahanan gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002 telah dipenuhi dimana *Story drift* maksimum yang dihasilkan pada model bangunan 1 bentang basement dengan tiga jenis peletakan lebih kecil dari *Story drift* yang diperbolehkan untuk mencapai kinerja batas layan dan batas ultimate.

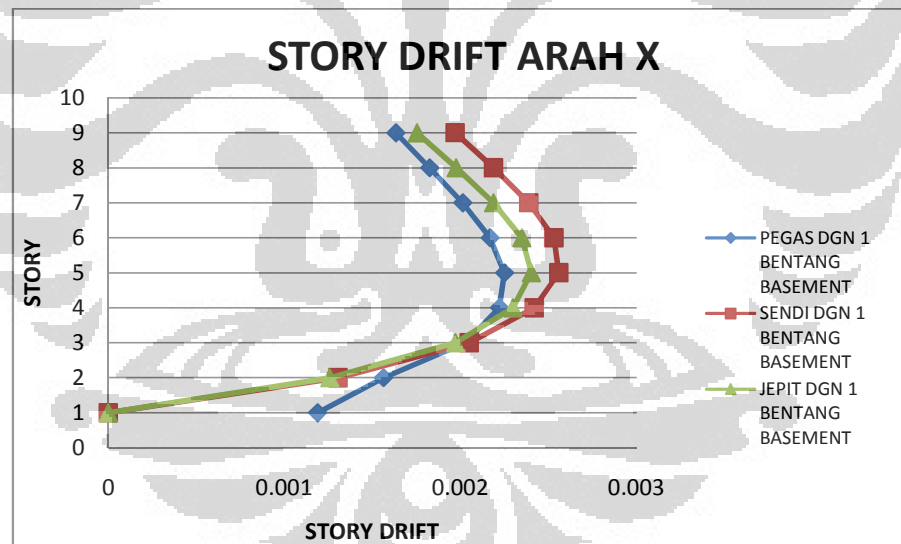


Gambar 4.19 *Displacement* puncak

*Displacement* puncak arah x yang terbesar dihasilkan berturut-turut oleh bangunan dengan peletakan pegas, sendi dan jepit, sedangkan *displacement* puncak arah y yang terkecil dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas.

Tabel 4.19 *Story drift* arah x

lantai	Story drift Arah X (m)		
	Sendi	Pegas	Jepit
9	0.00197	0.001634	0.001754
8	0.002187	0.001825	0.001976
7	0.002387	0.002013	0.002188
6	0.00253	0.002168	0.002349
5	0.002558	0.00225	0.002403
4	0.002419	0.002221	0.002298
3	0.00205	0.00203	0.001972
2	0.001305	0.001563	0.001258
1	0	0.001189	0



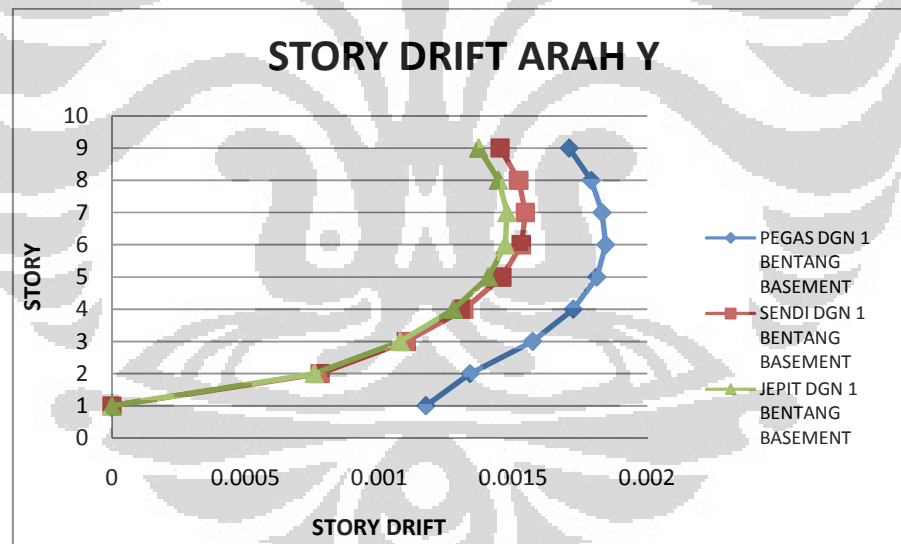
Gambar 4.20 Story drift arah x

Oleh karena, partisipasi massa model mode arah x dengan peletakan pegas lebih kecil daripada kedua model lainnya yang berarti bahwa model bangunan dengan peletakan pegas akan semakin sulit untuk digerakkan akibat pengaruh gempa sehingga story drift yang dihasilkan akan semakin kecil.

Demikian juga dengan model dengan peletakan sendi yang memiliki partisipasi massa arah x yang paling besar, sehingga *story drift* yang dihasilkan akan semakin besar pula..

Tabel 4.20 *Story drift* pada arah y

lantai	Story drift Arah Y (m)		
	Sendi	Pegas	Jepit
9	0.001451	0.001709	0.00137
8	0.00152	0.001791	0.001444
7	0.001545	0.001831	0.001476
6	0.00153	0.001845	0.001469
5	0.001457	0.001812	0.001406
4	0.001316	0.001724	0.001276
3	0.0011	0.001572	0.001077
2	0.000778	0.001338	0.000756
1	0	0.001173	0



Gambar 4.21 *Story drift* pada arah y

Kecenderungan *story drift* pada arah y sama dengan pada arah x dimana *story drift* yang paling besar dihasilkan dari model dengan peletakan pegas dan paling kecil dihasilkan oleh model dengan peletakan jepit.

## 4.1.2.4 Gaya Geser Dasar dan Gaya Geser Tingkat

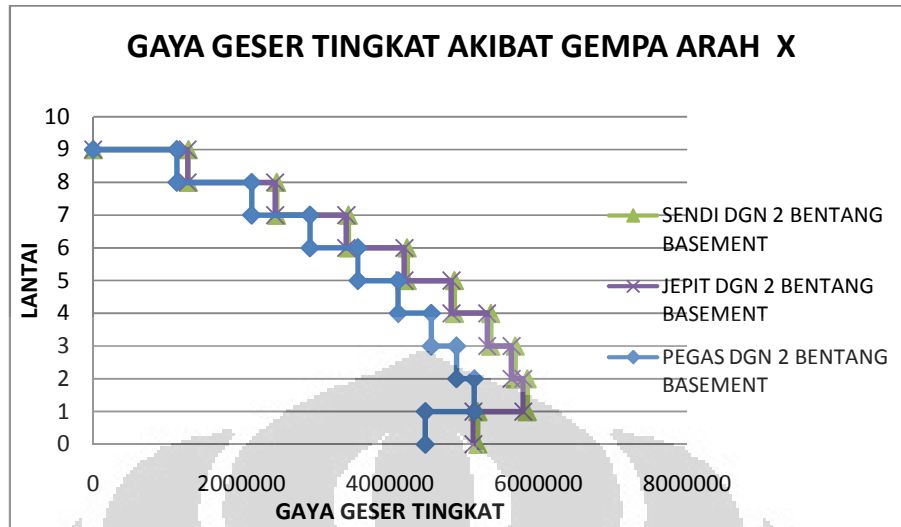
Tabel 4.21 Gaya Geser Dasar

Model	V base X (N)	V base Y (N)
sendi dgn 1 bay basement	5172898.57	5471833.99
pegas dgn 1 bay basement	5232965.89	6210743.34
jepit dgn 1 bay basement	5175726.33	5465187.45

Untuk model bangunan dengan peletakan pegas, partisipasi massa arah x dan arah y pada mode-mode yang lebih tinggi lebih besar daripada kedua model lainnya. Oleh karena massa berbanding lurus dan periode getar berbanding terbalik dengan besarnya gaya geser dasar, sehingga model bangunan dengan peletakan pegas memiliki gaya geser dinamik yang terbesar.

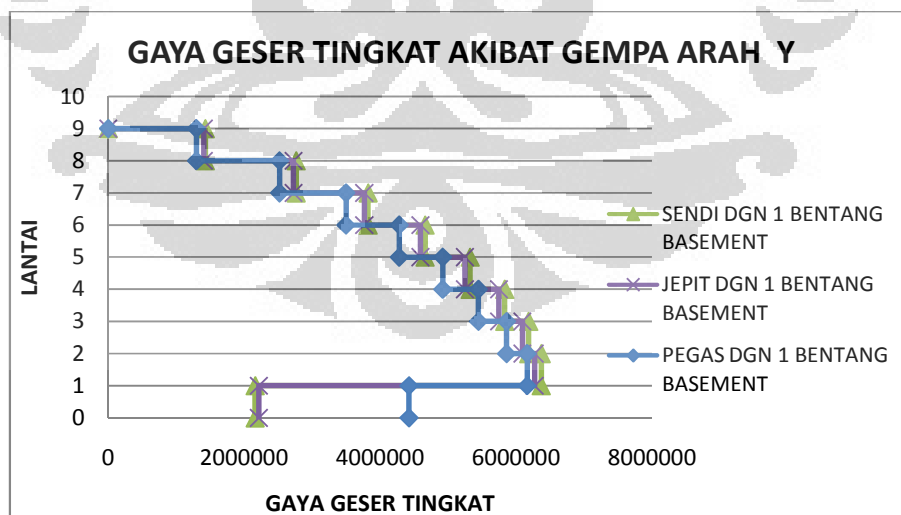
Tabel 4.22 Gaya geser tingkat arah x dan arah y

Lantai	Jepit dengan 1 bentang basement		Pegas dengan 1 bentang basement		Sendi dengan 1 bentang basement	
	VX (N)	VY (N)	VX (N)	VY (N)	VX (N)	VY (N)
9	1274696.39	1407591.74	1081377.25	1295611.34	1289207.04	1427454.92
8	2458146.06	2725217.7	2056711.06	2519867.95	2486535.98	2764003.63
7	3420237.69	3768058.22	2827119.11	3495973.53	3460124.12	3821986.76
6	4207572.54	4593785.6	3463848.93	4279283.68	4257172.89	4659858.62
5	4841996	5246661.88	3999430.78	4919638.15	4899860.09	5322574.77
4	5327167.75	5747699.43	4439187.2	5443163.67	5391994.19	5831615.89
3	5653766.88	6094143.19	4780588.8	5856778.51	5724125.8	6184142.26
2	5812340.14	6274034.86	5021861.34	6160179.61	5886758.05	6369214.45
1	4835829.96	2217624.6	4016791.79	4422427.85	4812680.64	2160537.13



Gambar 4.22 Gaya geser tingkat arah x

Gaya geser tingkat arah x yang paling kecil dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas yang disebabkan karena memiliki kekakuan yang paling kecil sehingga kemampuan menerima gaya gempanya juga kecil, sedangkan gaya geser tingkat untuk model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi menunjukkan nilai yang hampir sama yang disebabkan karena kedua model ini memiliki nilai periode getar yang berdekatan. Pada lantai 1, terjadi penurunan gaya geser tingkat yang diakibatkan karena adanya diskontinuitas kekakuan.



Gambar 4.23 Gaya geser tingkat arah y

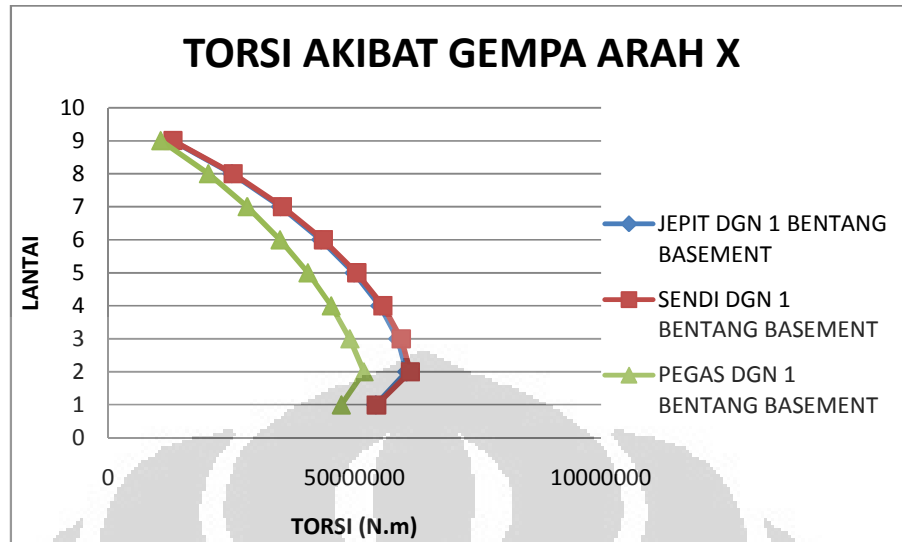
Gaya geser tingkat arah  $y$  yang paling kecil dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas yang disebabkan karena memiliki kekakuan yang paling kecil, sedangkan gaya geser tingkat untuk model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi menunjukkan nilai yang hampir sama yang disebabkan karena kedua model ini memiliki nilai periode getar yang berdekatan. Pada lantai 1, terjadi penurunan gaya geser tingkat arah  $y$  yang lebih signifikan daripada yang terjadi di arah  $x$ . Hal ini diakibatkan karena adanya perbedaan taraf penjepitan lateral dari bangunan, selain juga disebabkan oleh adanya diskontinuitas kekakuan akibat adanya dinding basement

#### 4.1.2.5 Torsi

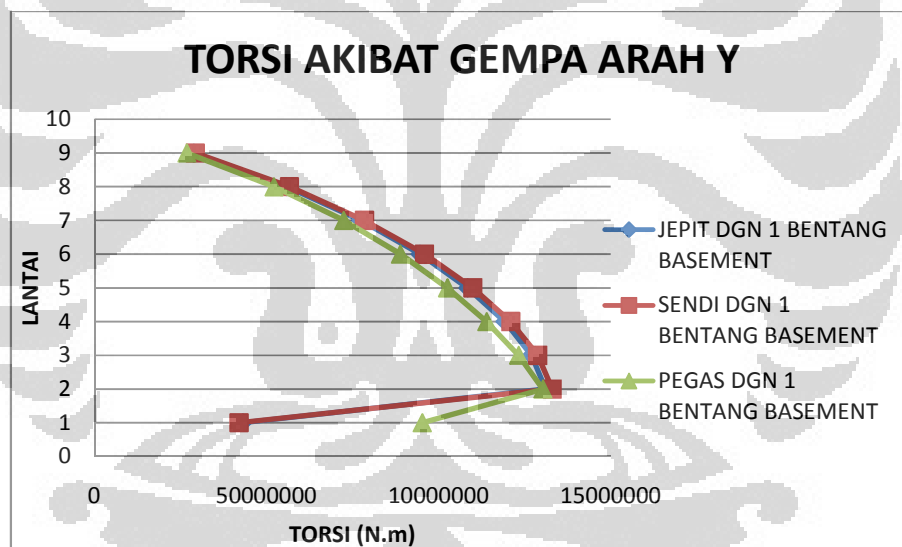
Tabel 4.23 Torsi

LANTAI	Jepit dgn 1 bentang basement		Sendi dgn 1 bentang basement		Pegas dgn 1 bentang basement	
	TX (N.m)	TY (N.m)	TX (N.m)	TY (N.m)	TX (N.m)	TY (N.m)
9	13011712.6	28885312.9	13152338	29292776.46	10628598	26890247.5
8	25078099.5	55863822.18	25350997	56658463.48	20318383	52205995.4
7	34970528.46	77349328.54	35353930	78455206.8	28184198	72465616.61
6	43167305.46	94570000.11	43646851	95928340.04	34846601	88909940.89
5	49881598.35	108429499.8	50445078	109995725.1	40516074	102589178.5
4	55115411.33	119273921.7	55750274	121012451.2	45236384	114005196.8
3	58736470.52	126952712.5	59427657	128823783.8	49028673	123259937.7
2	60553946.3	131055007.6	61283216	133043354	51881618	130294146.4
1	54274311.64	43090550.01	54437188	41999956.47	47302296	95268640.37





Gambar 4.24 Torsi akibat gempa arah x



Gambar 4.25 Torsi akibat gempa arah y

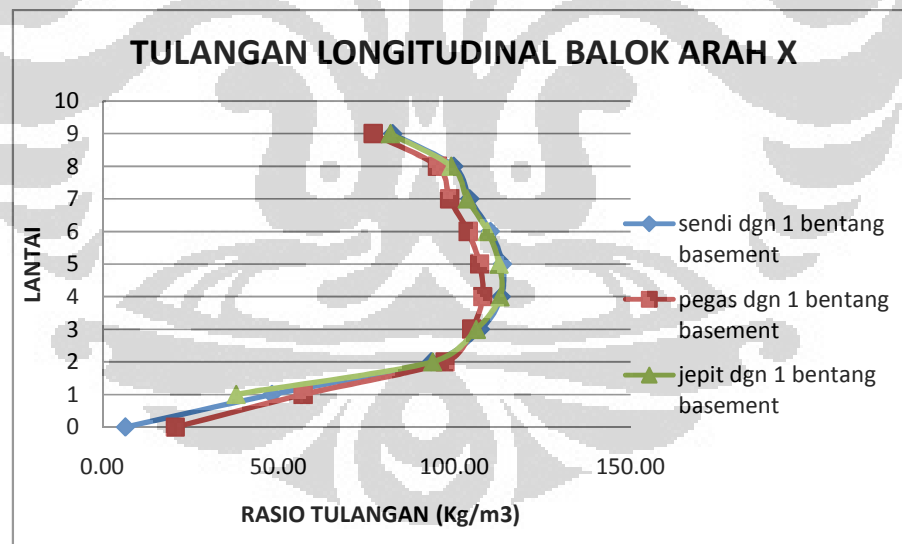
Berdasarkan lampiran 6 diketahui bahwa partisipasi massa rotasi z ( $R_z$ ) untuk mode-mode yang tinggi yang terbesar terdapat pada model bangunan dengan peletakan jepit, sedangkan yang terkecil adalah model bangunan dengan peletakan pegas sehingga torsi baik akibat gempa x maupun gempa y yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan jepit dan yang terkecil dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan pegas.

## 4.1.2.6 Rasio Tulangan

Tabel 4.24 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 1 bentang basement	pegas dgn 1 bentang basement	jepit dgn 1 bentang basement
9	82.42	76.87	81.80
8	99.77	95.06	99.07
7	104.32	98.62	103.61
6	110.17	103.82	109.33
5	113.60	107.12	112.66
4	113.20	107.95	112.97
3	107.37	104.83	106.22
2	93.41	97.28	93.82
1	48.13	56.97	37.99

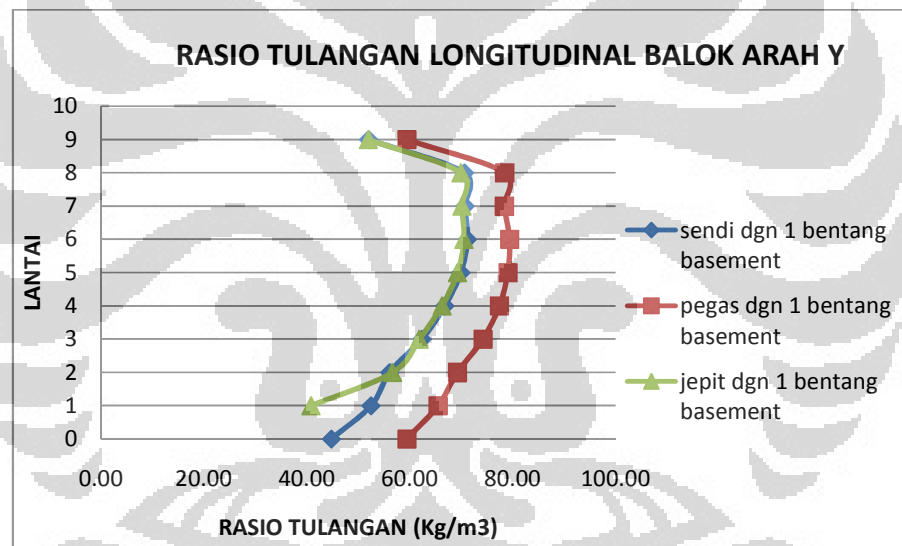
Rasio tulangan longitudinal balok arah x yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 102,802 kg/m<sup>3</sup>, diikuti oleh model bangunan dengan peletakan jepit dan pegas masing-masing sebesar 102,201 kg/m<sup>3</sup> dan 98,696 kg/m<sup>3</sup>



Gambar 4.26 Rasio tulangan longitudinal balok arah x

Tabel 4.25 Rasio tulangan longitudinal balok arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 1 bentang basement	pegas dgn 1 bentang basement	jepit dgn 1 bentang basement
9	52.01	59.42	51.97
8	70.63	78.46	69.96
7	70.76	78.40	70.14
6	71.19	79.42	70.54
5	69.93	79.06	69.27
4	66.83	77.42	66.28
3	62.35	74.21	61.84
2	56.11	69.26	56.66
1	52.47	65.51	40.82

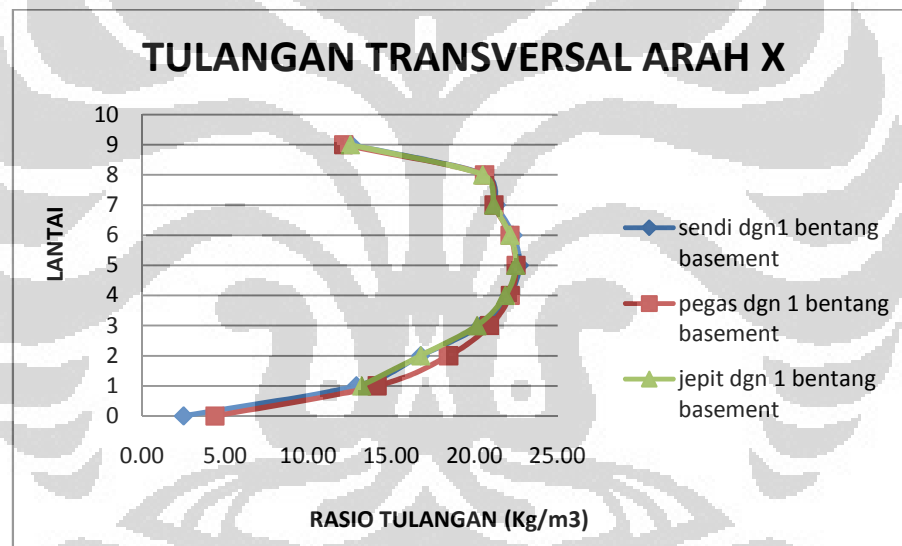


Gambar 4.27 Rasio tulangan longitudinal balok arah y

Rasio tulangan longitudinal balok arah y yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 74,26 kg/m<sup>3</sup>, diikuti oleh model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit masing-masing sebesar 64,81 kg/m<sup>3</sup> dan 64,42 kg/m<sup>3</sup>

Tabel 4.26 Rasio tulangan transversal balok arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 1 bentang basement	Pegas dgn 1 bentang basement	Jepit dgn 1 bentang basement
9	12.58	12.12	12.52
8	20.63	20.60	20.50
7	21.31	21.17	21.16
6	22.32	22.13	22.14
5	22.70	22.49	22.49
4	22.08	22.15	21.87
3	20.37	20.91	20.16
2	16.76	18.43	16.77
1	12.88	14.13	13.20

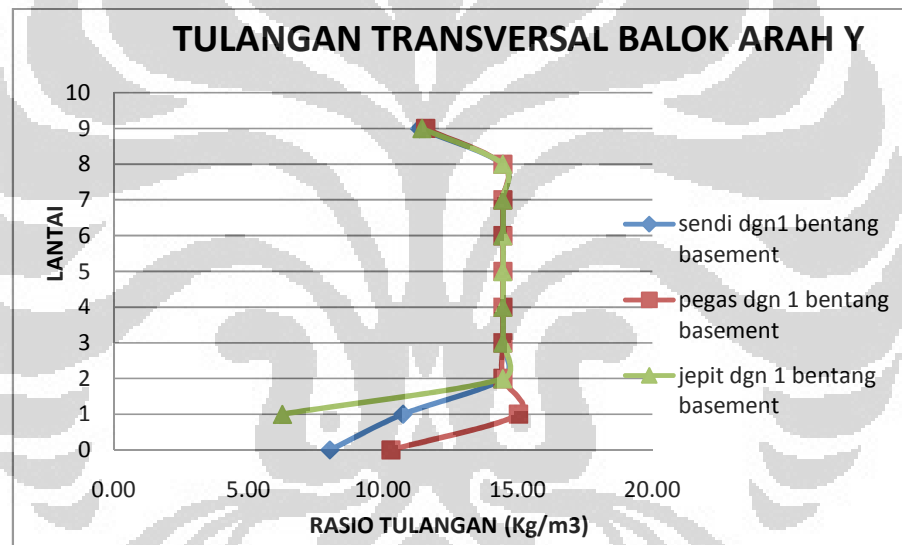


Gambar 4.28 Rasio tulangan transversal balok arah x

Rasio tulangan transversal balok arah x yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 19,91 kg/m<sup>3</sup>, diikuti oleh model bangunan dengan peletakan sendi dan yang terkecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan jepit masing-masing sebesar 19,76 kg/m<sup>3</sup> dan 19,62 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.27 Rasio tulangan transversal balok arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL BALOK ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn1 bay basement	pegas dgn1 bay basement	jepit dgn 1 bay basement
9	11.35	11.58	11.44
8	14.44	14.44	14.44
7	14.44	14.44	14.44
6	14.44	14.44	14.44
5	14.44	14.44	14.44
4	14.44	14.44	14.44
3	14.44	14.44	14.44
2	14.44	14.44	14.44
1	10.74	15.02	6.26

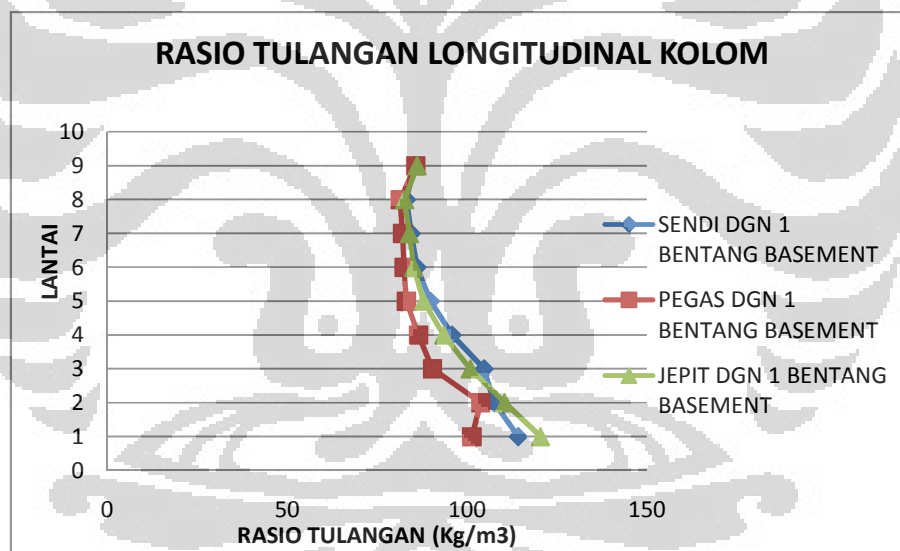


Gambar 4.29 Rasio tulangan transversal balok arah y

Untuk balok arah y, rasio tulangan transversal balok yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 14,05 kg/m<sup>3</sup>, diikuti oleh model bangunan dengan peletakan jepit dan yang terkecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan sendi masing-masing sebesar 14,03 kg/m<sup>3</sup> dan 14,02 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.28 Rasio tulangan longitudinal kolom

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL KOLOM (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 1 bentang basement	pegas dgn 1 bentang basement	jepit dgn 1 bentang basement
9	85.27	85.62	86.04
8	83.08	81.32	82.57
7	84.40	82.02	83.90
6	86.02	82.43	85.08
5	89.73	83.08	87.79
4	95.78	86.44	93.46
3	104.67	90.36	100.84
2	107.51	103.72	110.44
1	114.19	101.27	120.37

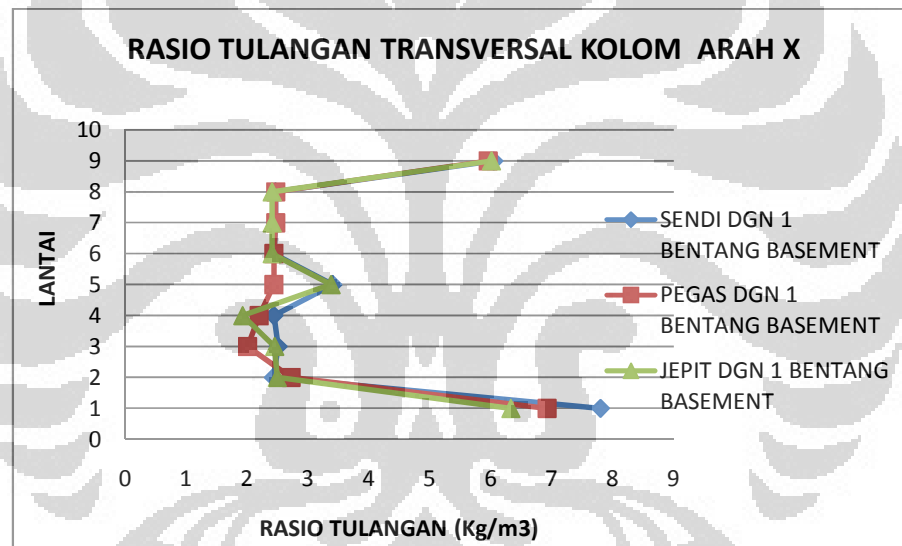


Gambar 4.30 Rasio tulangan longitudinal kolom

Rasio tulangan longitudinal kolom terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 92,27 kg/m<sup>3</sup> dan yang terkecil dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 87,11 kg/m<sup>3</sup>. Untuk model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan longitudinal sebesar 91,53 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.29 Rasio tulangan transversal kolom arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 1 bentang basement	pegas dgn 1 bentang basement	jepit dgn 1 bentang basement
9	6.05	5.96	6.01
8	2.47	2.47	2.42
7	2.47	2.47	2.42
6	2.44	2.44	2.42
5	3.41	2.44	3.38
4	2.44	2.20	1.93
3	2.51	2.01	2.46
2	2.43	2.72	2.50
1	7.80	6.93	6.33

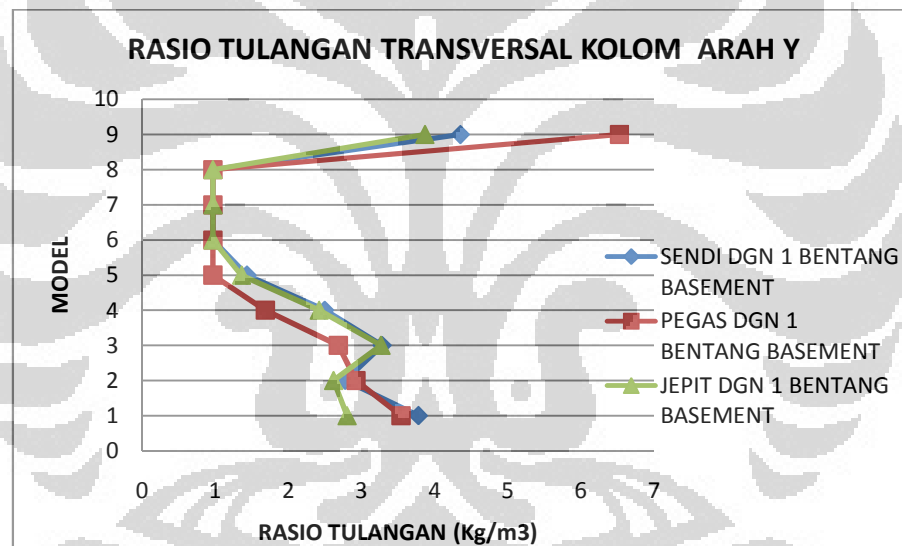


Gambar 4.31 Rasio tulangan transversal kolom arah x

Rasio tulangan transversal kolom arah x terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 3,02 kg/m<sup>3</sup> dan yang terkecil dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 2,84 kg/m<sup>3</sup>. Untuk model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan longitudinal sebesar 2,94 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.30 Rasio tulangan transversal kolom arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 1 bentang basement	pegas dgn 1 bentang basement	jepit dgn 1 bentang basement
9	4.35	6.52	3.87
8	0.97	0.97	0.97
7	0.97	0.97	0.97
6	0.97	0.97	0.97
5	1.43	0.97	1.36
4	2.49	1.68	2.42
3	3.28	2.68	3.27
2	2.77	2.92	2.62
1	3.77	3.54	2.80



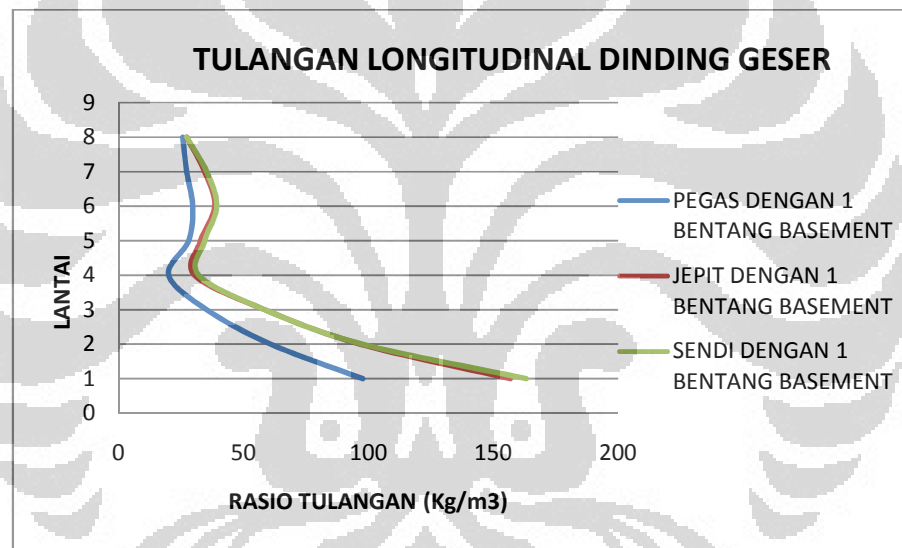
Gambar 4.32 Rasio tulangan transversal kolom arah x

Untuk arah y, rasio tulangan transversal kolom terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 3,02 kg/m<sup>3</sup> dan yang terkecil dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 2,84 kg/m<sup>3</sup>. Untuk model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan longitudinal sebesar 2,94 kg/m<sup>3</sup>.



Tabel 4.31 Rasio tulangan longitudinal dinding geser

Lantai	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL DINDING GESER (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan 1 bentang basement	pegas dengan 1 bentang basement	jepit dengan 1 bentang basement
1	163.2	97.6	156.84704
2	97.6	60.8	96.82904
3	58.4	35.2	58.41752
4	32.0	20.0	30.40912
5	34.4	28.0	32.80984
6	39.2	29.6	38.41152
7	35.2	27.2	34.41032
8	27.2	25.6	27.20816

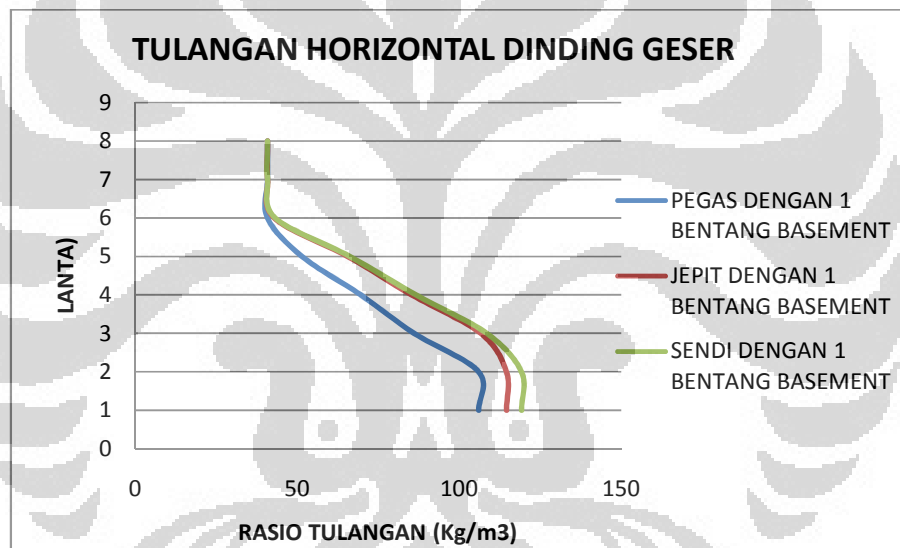


Gambar 4.33 Rasio tulangan longitudinal dinding geser

Model bangunan dengan peletakan sendi menerima total gaya geser yang lebih besar pada dinding gesernya, sehingga membutuhkan tulangan yang lebih banyak yaitu sebesar 62,32 kg/m<sup>3</sup>. Model bangunan dengan peletakan pegas menghasilkan rasio tulangan yang terkecil yaitu sebesar 41,29 kg/m<sup>3</sup> dan model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan sebesar 60,75 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.32 Rasio tulangan horizontal dinding geser

Lantai	RASIO TULANGAN HORIZONTAL DINDING GESER (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan 1 bentang basement	pegas dengan 1 bentang basement	jepit dengan 1 bentang basement
1	119.3	106.0	114.6
2	119.3	106.0	114.6
3	108.6	86.1	106.7
4	86.7	69.7	85.4
5	66.3	51.5	65.6
6	43.2	40.9	42.9
7	40.9	40.9	40.9
8	40.9	40.9	40.9



Gambar 4.34 Rasio tulangan horizontal dinding geser

Model bangunan dengan peletakan pegas menghasilkan rasio tulangan yang terkecil yaitu sebesar 98,71 kg/m<sup>3</sup> dan model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan terbesar sebesar 113,87 kg/m<sup>3</sup> serta model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan terbesar sebesar 111,36 kg/m<sup>3</sup>.

### 4.1.3 Pemodelan Bangunan Dengan 2 Bentang Basement

#### 4.1.3.1 Periode Getar

Tabel 4.33 Periode getar

Model	periode getar (detik)	
	Tx ( detik)	Ty (detik)
sendi dgn 2 bentang basement	1.084	0.764
pegas dgn 2 bentang basement	1.179	0.930
jepit dgn 2 bentang basement	1.082	0.764

Periode getar bangunan yang paling besar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas, yang disebabkan karena kekakuan pegas yang lebih kecil daripada kekakuan sendi atau jepit. Oleh karena massa model bangunan dengan peletakan sendi lebih besar dan kekakuan sendi yang lebih kecil daripada kekakuan jepit, sehingga periode getar sendi lebih besar daripada kekakuan model bangunan dengan peletakan jepit.

#### 4.1.3.2 Partisipasi Massa

Tabel 4.34 Partisipasi Massa

Model	partisipasi massa	partisipasi massa
	mode 1	mode 2
sendi dgn 2 bentang basement	76.0806	74.5044
pegas dgn 2 bentang basement	67.6861	67.5442
jepit dgn 2 bentang basement	76.006	74.4704

Berdasarkan lampiran 10, diketahui bahwa untuk mode 1 ketiga model bangunan dominan terhadap translasi arah x dan mode 2 dominan terhadap translasi arah y. Meskipun memiliki periode getar yang terbesar, partisipasi massa untuk model bangunan dengan peletakan pegas memiliki nilai yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena model ini memiliki diskontinuitas kekakuan yang terbesar.

#### 4.1.3.3 Gaya Geser Dasar dan Gaya Geser tingkat

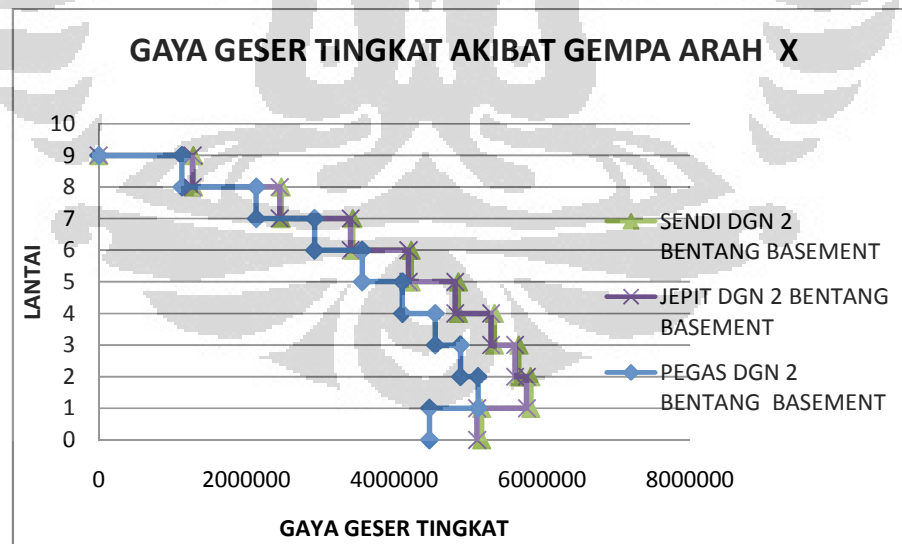
Tabel 4.35 Gaya Geser Dasar

Model	V dinamik arah x (N)	V dinamik arah y (N)
sendi dgn 2 bentang basement	5159025.44	5506086.79
pegas dgn 2 bentang basement	5403105.49	6276791.33
jepit dgn 2 bentang basement	5160792.36	5503415.54

Untuk model bangunan dengan peletakan pegas, partisipasi massa arah x dan arah y pada mode-mode yang lebih tinggi lebih besar daripada kedua model lainnya. Oleh karena massa berbanding lurus dan periode getar berbanding terbalik dengan besarnya gaya geser dasar, sehingga model bangunan dengan peletakan pegas memiliki gaya geser dinamik yang terbesar.

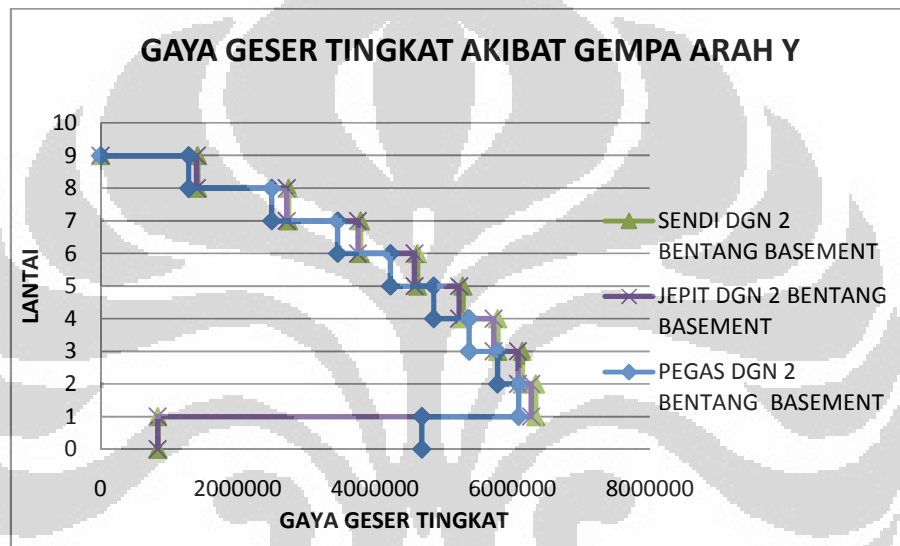
Tabel 4.36 Gaya Geser Tingkat

LANTAI	Sendi dgn 2 bentang basement		Jepit dgn 2 bentang basement		Pegas dgn 2 bentang basement	
	VX (N)	VY (N)	VX (N)	VY (N)	VX (N)	VY (N)
9	1281861.4	1413093.23	1270961.5	1399469.88	1125424.15	1283843.63
8	2471131	2737725.08	2449872.6	2711215.86	2133291.67	2492761.61
7	3437445.8	3786563.39	3407623.63	3749805.07	2920498	3452759.39
6	4228221.1	4617274.03	4191187.24	4572349.63	3566339.01	4221946.66
5	4865868.2	5275440.99	4822756.98	5223966.71	4109337.53	4852206.95
4	5354260.4	5783831.53	5306111.82	5727132.99	4553400.32	5369827.24
3	5683828.2	6141179.15	5631768.15	6080701.99	4893953.3	5781589.29
2	5844943.6	6336835	5790159.32	6273218.44	5133096.06	6087914.56
1	5180765.2	833055.19	5118213.32	830718.94	4474394.68	4679644.41



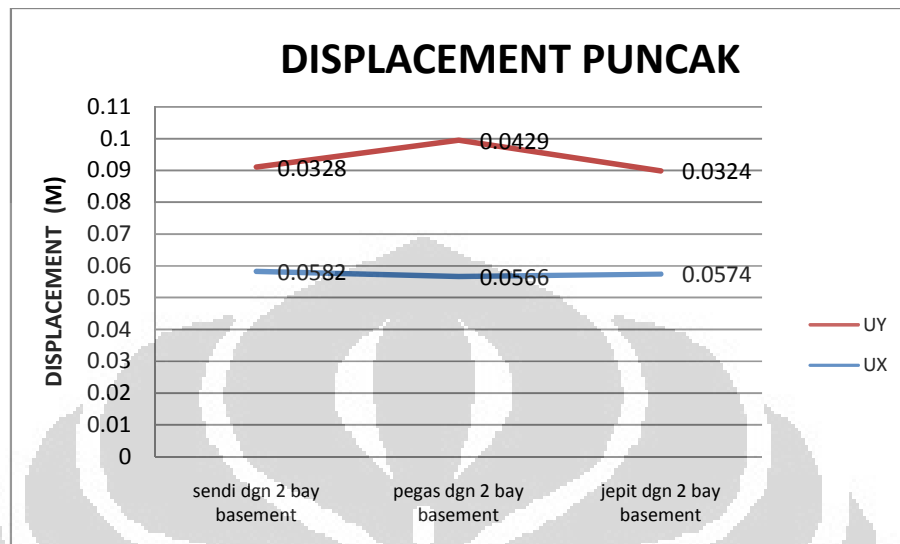
Gambar 4.35 Gaya geser tingkat arah x

Gaya geser tingkat arah x yang paling kecil dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas yang disebabkan karena memiliki kekakuan yang paling kecil sehingga kemampuan menerima gaya gempanya juga kecil, sedangkan gaya geser tingkat untuk model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi menunjukkan nilai yang hampir sama yang disebabkan karena kedua model ini memiliki nilai periode getar yang berdekatan. Pada lantai 1, terjadi penurunan gaya geser tingkat yang diakibatkan karena adanya diskontinuitas kekakuan akibat keberadaan dinding basement.



Gambar 4.36 Gaya geser tingkat arah y

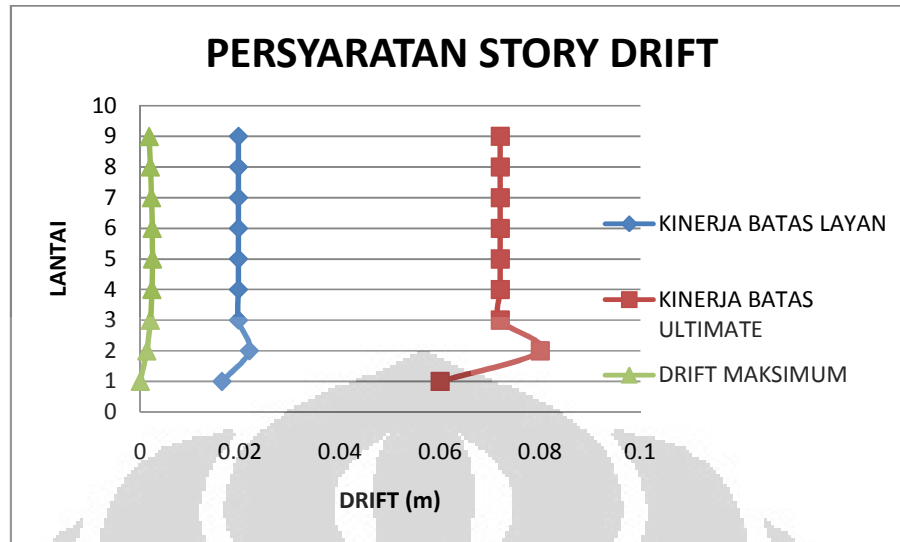
Gaya geser tingkat arah y yang paling kecil dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas yang disebabkan karena memiliki kekakuan yang paling kecil, sedangkan gaya geser tingkat untuk model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi menunjukkan nilai yang hampir sama yang disebabkan karena kedua model ini memiliki nilai periode getar yang berdekatan. Pada lantai 1, terjadi penurunan gaya geser tingkat arah y yang diakibatkan karena adanya diskontinuitas kekakuan akibat adanya dinding basement dan perbedaan taraf penjepitan lateral.

4.1.3.4 *Displacement dan story drift*Gambar 4.37 *Displacement Puncak*

Dari gambar 4.37 diketahui bahwa untuk *displacement* arah x, model bangunan dengan peletakan pegas menghasilkan *displacement* yang paling kecil, sedangkan *displacement* paling kecil pada arah y dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit.

Tabel 4.37 Persyaratan *Story drift*

Lantai	Tinggi (m)	Drift Batas Layan (m)	Drift Batas ultimate (m)	Drift akibat beban (m)
9	3.6	0.0196	0.072	0.00179
8	3.6	0.0196	0.072	0.00201
7	3.6	0.0196	0.072	0.00223
6	3.6	0.0196	0.072	0.00239
5	3.6	0.0196	0.072	0.00245
4	3.6	0.0196	0.072	0.00234
3	3.6	0.0196	0.072	0.00201
2	4	0.0218	0.08	0.00130
1	3	0.0164	0.06	0.00000

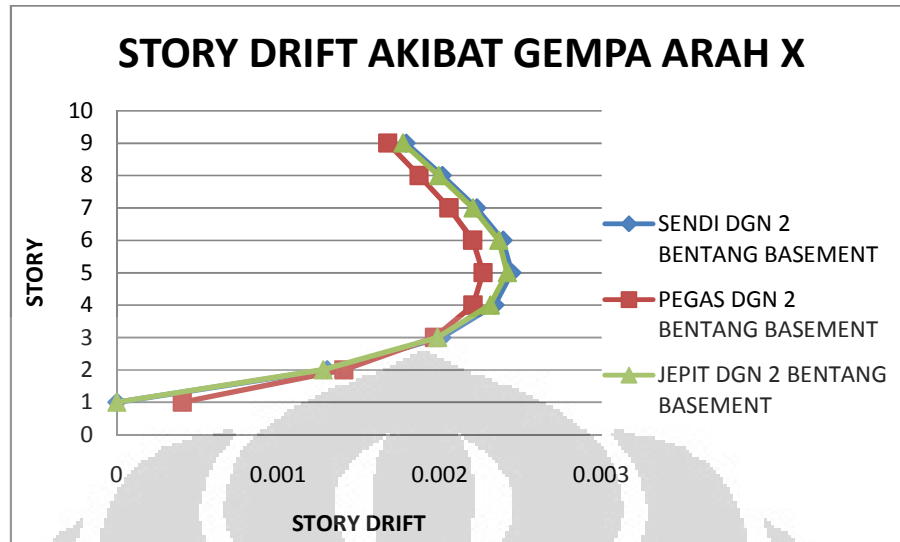


Gambar 4.38 Persyaratan *Story drift*

*Story drift* yang harus memenuhi kinerja batas layan dan batas ultimate seperti yang disyaratkan pada Standar Perencanaan Ketahanan gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002 telah dipenuhi dimana *story drift* maksimum yang dihasilkan pada model bangunan 2 bentang basement dengan tiga jenis peletakan lebih kecil dari *Story drift* yang diperbolehkan untuk mencapai kinerja batas layan dan batas ultimate.

Tabel 4.38 *Story drift* Arah x

lantai	Story drift Arah X (m)		
	Sendi	Pegas	Jepit
9	0.00179	0.00168	0.00177
8	0.00201	0.00187	0.00199
7	0.00223	0.00206	0.00220
6	0.00239	0.00220	0.00236
5	0.00245	0.00227	0.00242
4	0.00234	0.00221	0.00231
3	0.00201	0.00197	0.00199
2	0.00130	0.00141	0.00128
1	0	0.00041	0



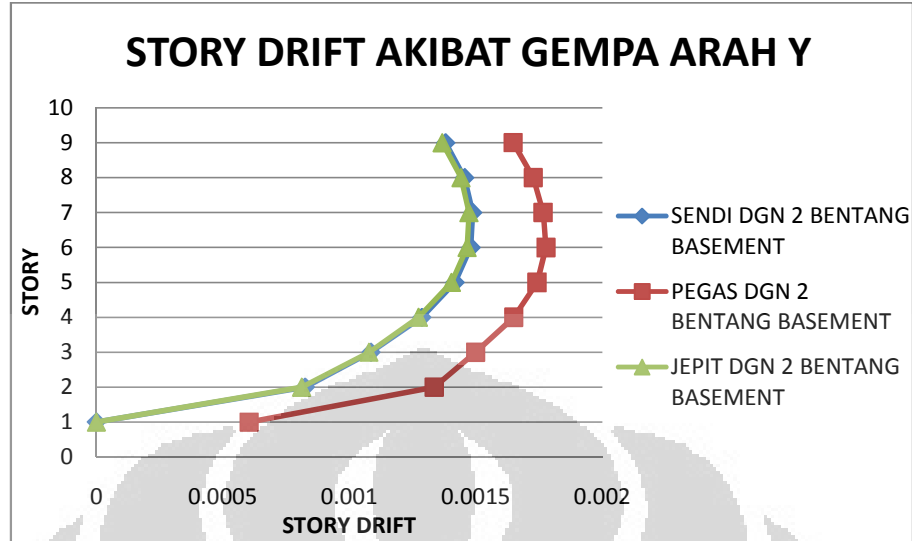
Gambar 4.39 *Story drift* Arah x

Tabel 4.38 menunjukkan bahwa *story drift* Arah x paling kecil dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas, kemudian diikuti oleh model bangunan dengan jepit dan yang paling besar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi.

Tabel 4.39 *Story drift* Arah y

lantai	Story drift Arah Y (m)		
	Sendi	Pegas	Jepit
9	0.00138	0.00165	0.00137
8	0.00146	0.00173	0.00144
7	0.00149	0.00177	0.00147
6	0.00148	0.00178	0.00147
5	0.00142	0.00174	0.00140
4	0.00129	0.00165	0.00127
3	0.00109	0.00150	0.00108
2	0.00083	0.00134	0.00081
1	0	0.00060	0





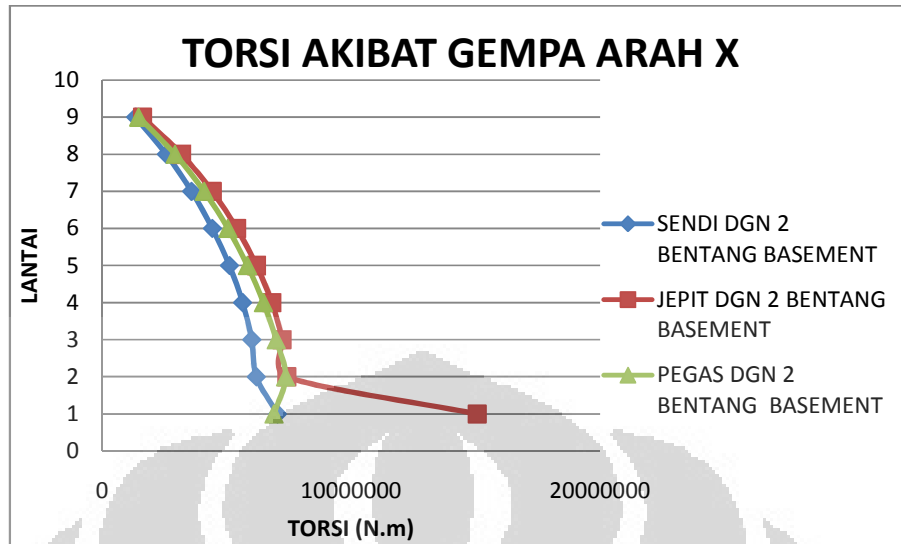
Gambar 4.40 Story drift Arah y

Tabel 4.39 menunjukkan bahwa *story drift* arah y yang paling besar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas, kemudian diikuti oleh model bangunan dengan jepit dan yang paling besar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi.

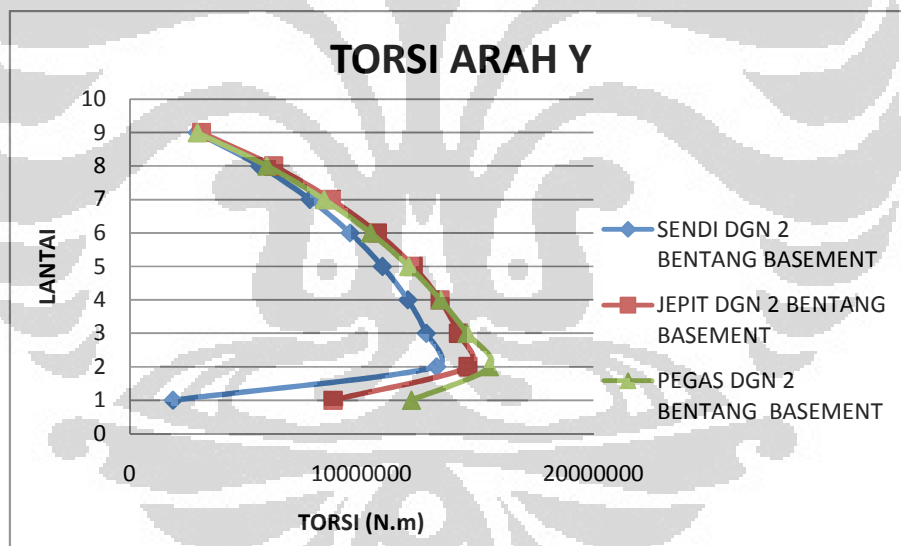
#### 4.1.3.5 Torsi

Tabel 4.40 Torsi Arah x dan Arah y

LANTAI	Sendi dgn 2 bentang basement		Jepit dgn 2 bentang basement		Pegas dgn 2 bentang basement	
	TX (N.m)	TY (N.m)	TX (N.m)	TY (N.m)	TX (N.m)	TY (N.m)
9	13344196	28999845.48	16214976	31046147.28	14644306	29245871.85
8	25735167	56121923.71	31830399	62186955.96	29238034	59286038.09
7	35876876	77726756.09	44159405	87090048.29	40961793	83893361.11
6	44248065	95048618.37	54036848	106877800.5	50480989	103926952.8
5	51077457	109019552.9	61976187	122348315	58339830	120380377.5
4	56388270	120024825.7	68088894	133944102.8	64792362	134079732.5
3	60063765	127940987.1	72224067	141830546.8	69877986	145530439.4
2	61921534	132399308.7	74247424	145964442.7	73689816	155125008.8
1	70445252	18667439.86	1.51E+08	87793266.81	68988895	121584046



Gambar 4.41 Torsi Akibat Gempa Arah x

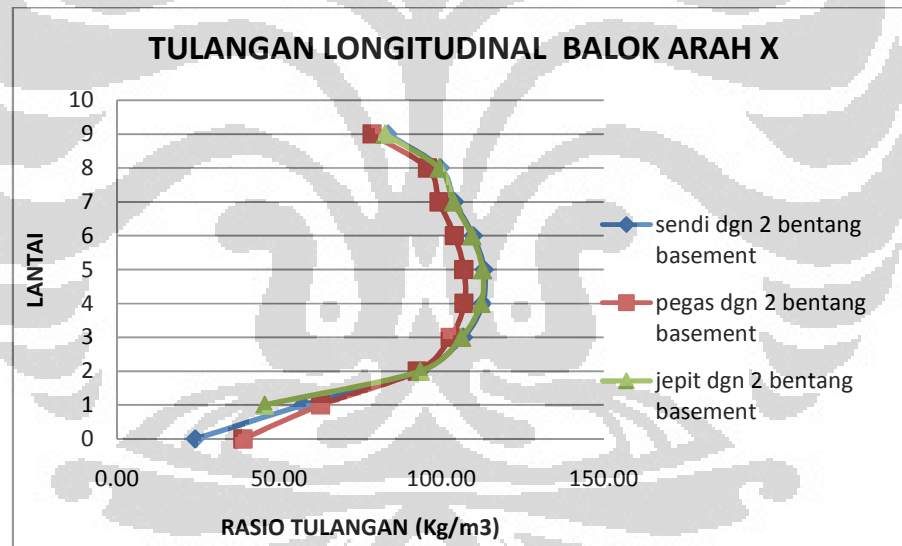


Gambar 4.42 Torsi Akibat Gempa Arah y

## 4.1.3.6 Rasio Tulangan

Tabel 4.41 Rasio tulangan longitudinal balok arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 2 bentang basement	pegas dgn 2 bentang basement	jepit dgn 2 bentang basement
9	83.48	78.56	82.53
8	99.61	95.61	99.28
7	103.96	99.25	103.67
6	109.73	103.97	109.35
5	113.09	106.85	112.64
4	112.58	106.91	112.14
3	106.67	102.68	106.15
2	93.19	92.46	93.42
1	57.25	62.69	45.42

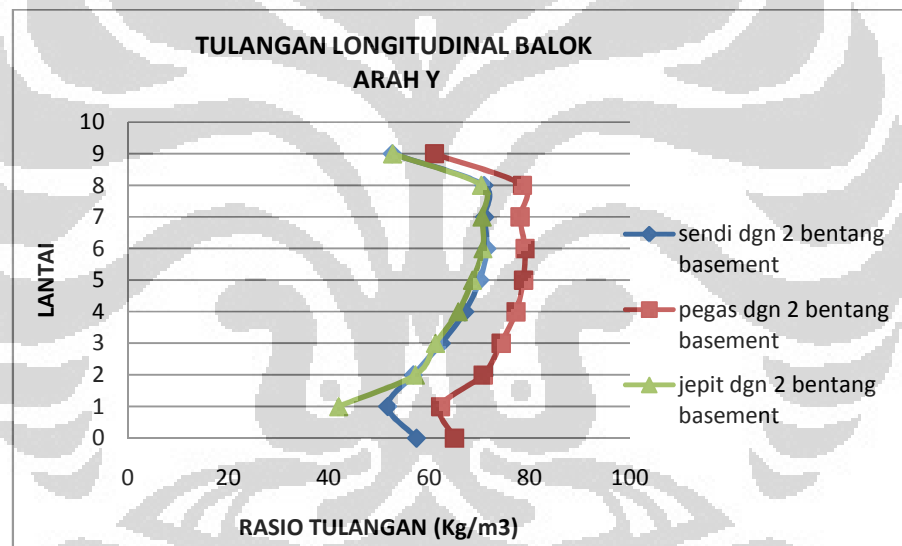


Gambar 4.43 Rasio tulangan longitudinal balok arah x

Rasio tulangan longitudinal balok arah x yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan sendi, jepit dan pegas, masing-masing yaitu 102,57 kg/m<sup>3</sup>, 102,07 kg/m<sup>3</sup> dan 98,07 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.42 Rasio tulangan longitudinal balok arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	Sendi dgn 2 bentang basement	Pegas dgn 2 bentang basement	Jepit dgn 2 bentang basement
9	52.66726984	61.06988492	52.73704762
8	70.89582895	78.56432639	70.44617544
7	71.02872807	78.09923684	70.55910526
6	71.47631579	79.07360088	70.73469737
5	70.1005	78.76717544	68.63998684
4	67.08926754	77.30184211	65.80916667
3	62.43779825	74.31471053	61.28646491
2	56.85603509	70.72230263	57.25886404
1	51.7507807	62.24843421	41.977875

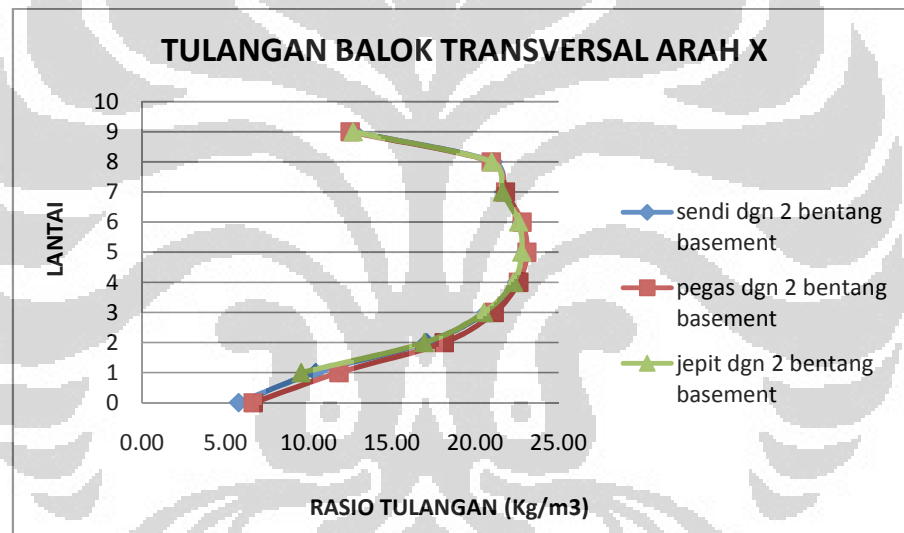


Gambar 4.44 Rasio tulangan longitudinal balok arah y

Rasio tulangan longitudinal balok arah y yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas, sendi, dan jepit masing-masing yaitu 74,51 kg/m<sup>3</sup>, 65,16 kg/m<sup>3</sup> dan 64,53 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.43 Rasio tulangan transversal balok arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 2 bentang basement	pegas dgn 2 bentang basement	jepit dgn 2 bentang basement
9	12.72	12.49	12.68
8	21.09	20.97	21.00
7	21.75	21.83	21.64
6	22.74	22.82	22.62
5	22.99	23.10	22.80
4	22.46	22.61	22.31
3	20.66	21.15	20.53
2	17.07	18.14	16.95
1	10.42	11.82	9.55



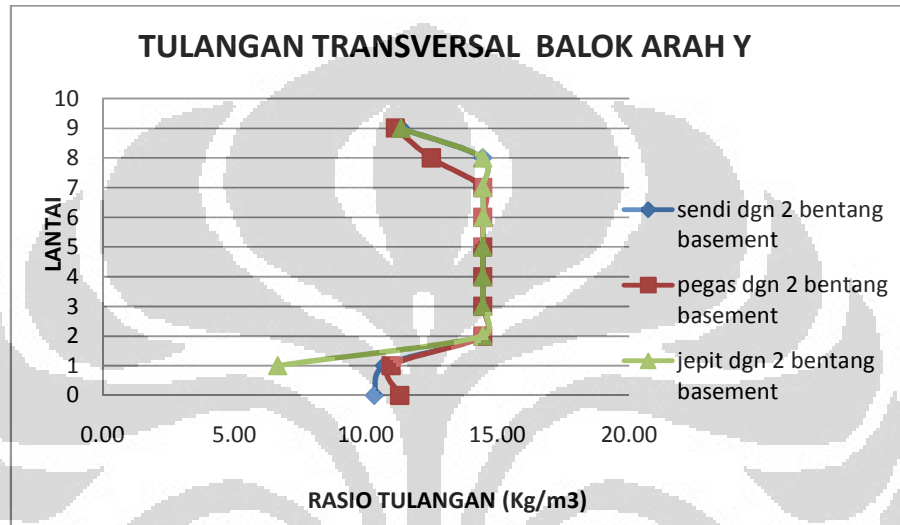
Gambar 4.45 Rasio tulangan transversal balok arah x

Rasio tulangan transversal balok arah x yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas, sendi, dan jepit masing-masing yaitu 20,3 kg/m<sup>3</sup>, 20,1 kg/m<sup>3</sup> dan 19,96 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.44 Rasio tulangan transversal balok arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL BALOK ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 2 bay basement	pegas dgn 2 bay basement	jepit dgn 2 bay basement
9	11.33	11.11	11.32
8	14.44	12.49	14.44
7	14.44	14.44	14.44

6	14.44	14.44	14.46
5	14.44	14.44	14.44
4	14.44	14.44	14.44
3	14.44	14.44	14.44
2	14.44	14.44	14.44
1	10.70	10.95	6.65

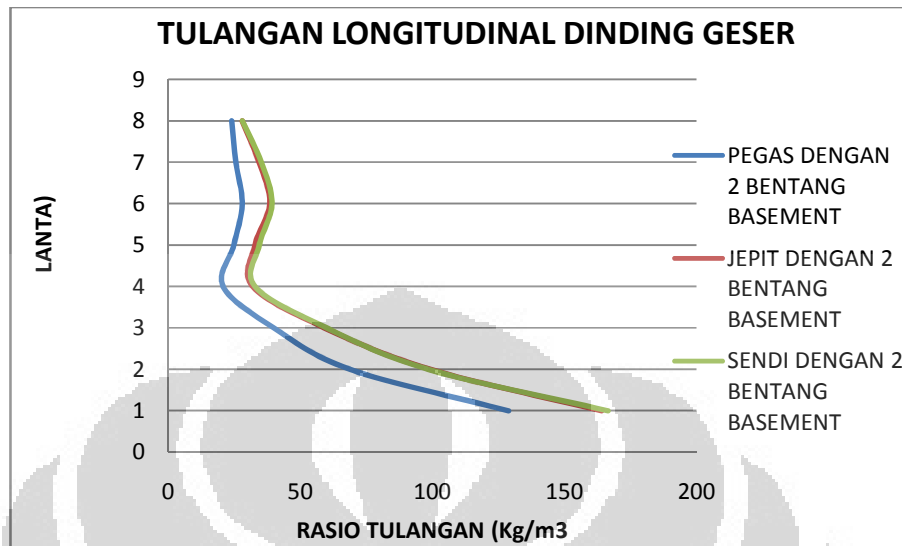


Gambar 4.46 Rasio tulangan transversal balok arah y

Rasio tulangan transversal balok arah y yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan jepit, sendi dan pegas, masing-masing yaitu  $14,023 \text{ kg/m}^3$ ,  $14,02 \text{ kg/m}^3$  dan  $13,99 \text{ kg/m}^3$ .

Tabel 4.45 Rasio tulangan longitudinal dinding geser

Lantai	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL DINDING GESER (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan 2 bentang basement	pegas dengan 2 bentang basement	jepit dengan 2 bentang basement
1	166.4	128.8	164.0
2	98.4	68.8	99.2
3	60.0	40.0	59.2
4	32.8	20.8	32.0
5	34.4	24.8	32.8
6	39.2	28.0	38.4
7	35.2	25.6	34.4
8	28.0	24.0	28.0

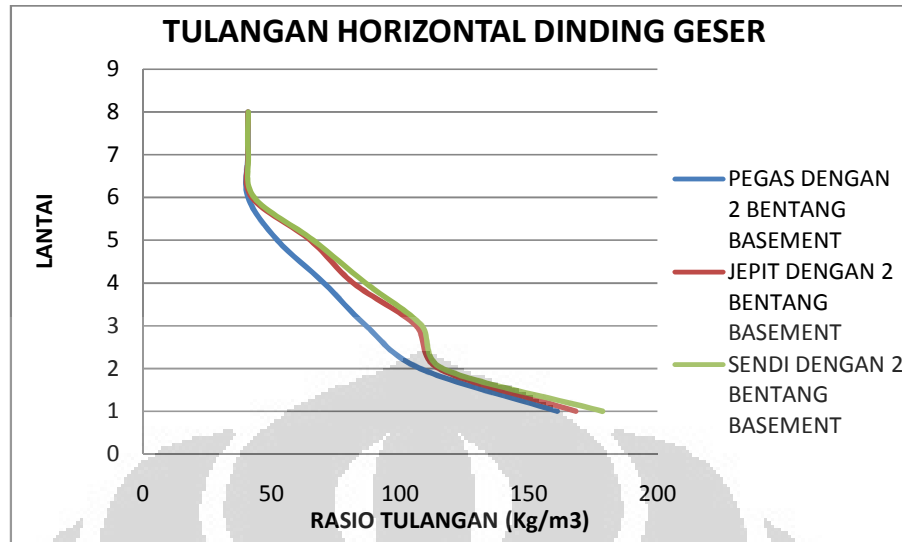


Gambar 4.47 Rasio tulangan longitudinal dinding geser

Rasio tulangan longitudinal dinding geser yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan sendi, jepit, dan pegas, masing-masing yaitu  $63,25 \text{ kg/m}^3$ ,  $61,31 \text{ kg/m}^3$  dan  $46,26 \text{ kg/m}^3$ .

Tabel 4.46 Rasio tulangan horizontal dinding geser

Lantai	RASIO TULANGAN HORIZONTAL DINDING GESER (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan 2 bentang basement	pegas dengan 2 bentang basement	jepit dengan 2 bentang basement
1	178.6	160.9	168.2
2	116.4	107.7	115.0
3	108.4	86.7	106.2
4	86.5	70.4	81.7
5	66.2	52.3	65.1
6	43.2	40.9	42.4
7	40.9	40.9	40.9
8	40.9	40.9	40.9



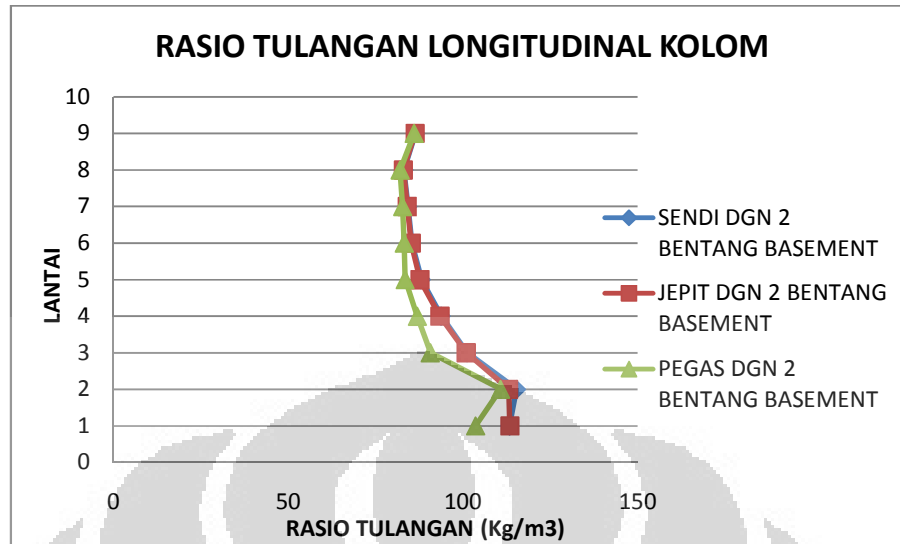
Gambar 4.48 Rasio tulangan horizontal dinding geser

Rasio tulangan horizontal dinding geser yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan sendi, jepit, dan pegas, masing-masing yaitu  $124,03 \text{ kg/m}^3$ ,  $120,52 \text{ kg/m}^3$  dan  $109,39 \text{ kg/m}^3$ .

Tabel 4.47 Rasio tulangan longitudinal kolom

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL KOLOM (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 2 bentang basement	pegas dgn 2 bentang basement	jepit dgn 2 bentang basement
9	86.39	86.05	86.30
8	83.08	82.04	82.94
7	84.18	82.74	84.02
6	85.34	83.21	85.18
5	88.04	83.46	87.67
4	93.77	86.95	93.38
3	101.18	90.67	100.91
2	115.31	110.71	113.08
1	113.36	103.60	113.38



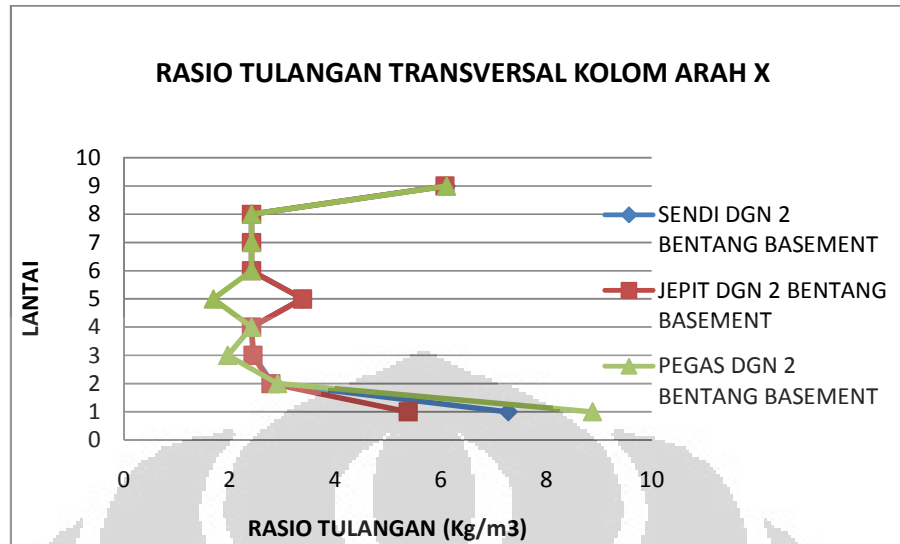


Gambar 4.49 Rasio tulangan longitudinal kolom

Rasio tulangan longitudinal kolom yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan sendi, jepit dan pegas, masing-masing yaitu  $92,48 \text{ kg/m}^3$ ,  $91,95 \text{ kg/m}^3$  dan  $88,54 \text{ kg/m}^3$ .

Tabel 4.48 Rasio tulangan transversal kolom, arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 2 bentang basement	pegas dgn 2 bentang basement	jepit dgn 2 bentang basement
9	6.11	6.11	6.08
8	2.42	2.42	2.42
7	2.42	2.42	2.42
6	2.42	2.42	2.42
5	3.38	1.69	3.38
4	2.42	2.42	2.42
3	2.45	1.96	2.44
2	2.82	2.91	2.78
1	7.28	8.88	5.39



Gambar 4.50 Rasio tulangan transversal kolom arah x

Rasio tulangan transversal kolom arah x yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan sendi, jepit dan pegas, masing-masing yaitu 3,05 kg/m<sup>3</sup>, 2,98 kg/m<sup>3</sup> dan 2,79 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.49 Rasio tulangan transversal kolom arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dgn 2 bentang basement	pegas dgn 2 bentang basement	jepit dgn 2 bentang basement
9	4.35	5.07	3.62
8	0.97	1.21	0.97
7	0.97	0.97	0.97
6	0.97	0.97	0.97
5	1.43	0.97	1.35
4	2.49	2.74	2.39
3	3.28	2.79	3.29
2	2.77	4.46	3.20
1	3.77	6.80	4.97

Rasio tulangan transversal kolom arah y yang paling besar berturut-turut dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas, sendi dan jepit, masing-masing yaitu 2,42 kg/m<sup>3</sup>, 2,26 kg/m<sup>3</sup> dan 2,11 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.4 Pemodelan Bangunan dengan Basement Penuh dan Pegas pada Dinding Basement

##### 4.1.4.1 Periode Getar

Tabel 4.50 Periode Getar

Model	periode getar (detik)	
	Tx ( detik)	Ty (detik)
sendi dengan basement penuh dan pegas	1.100463	0.766531
pegas dengan basement penuh dan pegas	1.170392	0.879197
jepit dengan basement penuh dan pegas	1.100282	0.766439

Periode getar model bangunan dengan peletakan pegas lebih besar dari periode getar untuk kedua model lainnya. Hal ini disebabkan karena kekakuan pegas yang paling kecil dibandingkan dengan kekakuan model dengan peletakan sendi atau jepit.

##### 4.1.4.2 Partisipasi Massa

Tabel 4.51 Partisipasi Massa

Model	partisipasi massa	partisipasi massa
	mode 1	mode 2
sendi dengan basement penuh dan pegas	67.5669	65.9685
pegas dengan basement penuh dan pegas	64.3123	64.4381
jepit dengan basement penuh dan pegas	67.5598	65.9578

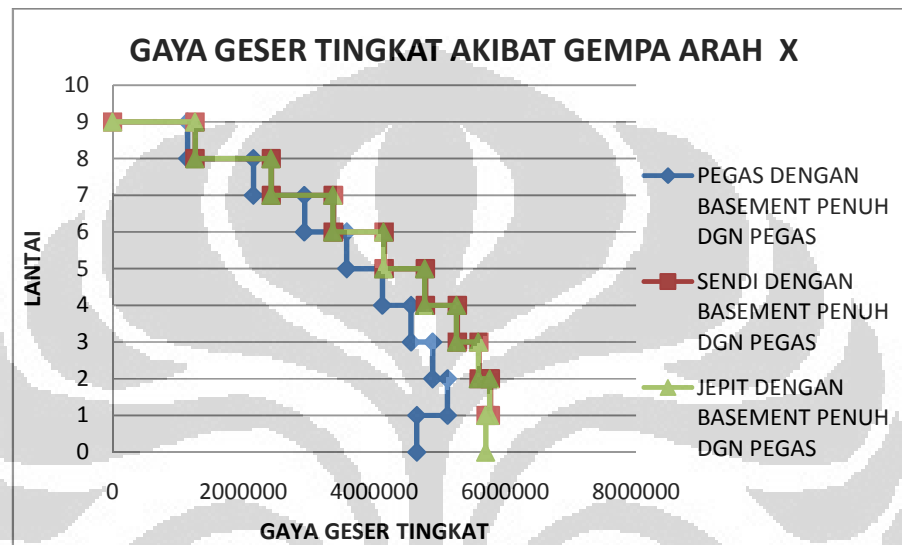
Partisipasi massa pada mode 1 dan mode 2 yang terkecil adalah pada bangunan dengan peletakan pegas sehingga dari partisipasi massa ini dapat disimpulkan bahwa model bangunan yang paling fleksibel adalah model bangunan dengan peletakan pegas.

##### 4.1.4.3 Gaya Geser Dasar dan Gaya Geser Tingkat

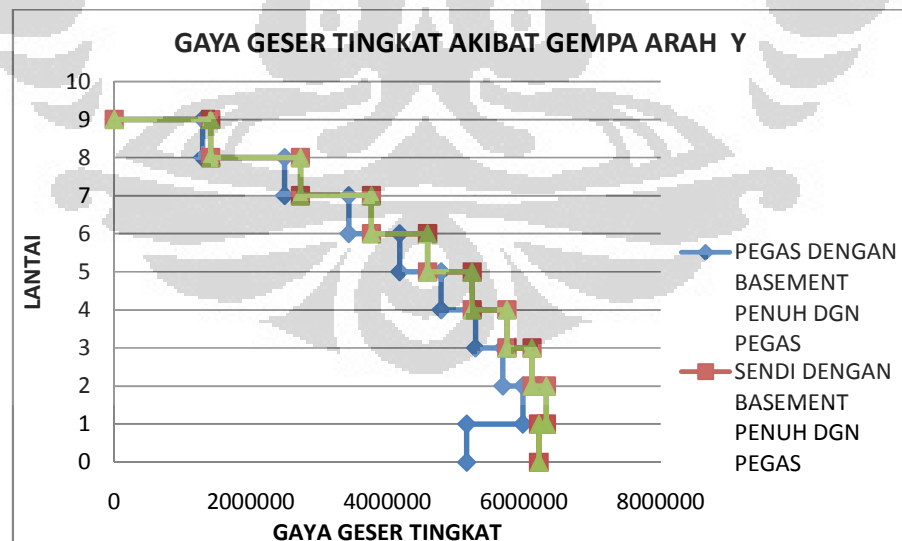
Tabel 4.52 Gaya Geser Dasar

Model	V base X (N)	V base Y (N)
sendi dengan basement penuh dan pegas	5147395.85	5590595.33
pegas dengan basement penuh dan pegas	5406231.61	6310913.19
jepit dengan basement penuh dan pegas	5161468.47	5589242.93

Untuk model bangunan dengan peletakan pegas, partisipasi massa arah x dan arah y pada mode-mode yang lebih tinggi lebih besar daripada kedua model lainnya. Oleh karena massa berbanding lurus dan periode getar berbanding terbalik dengan besarnya gaya geser dasar, sehingga model bangunan dengan peletakan pegas memiliki gaya geser dinamik yang terbesar.



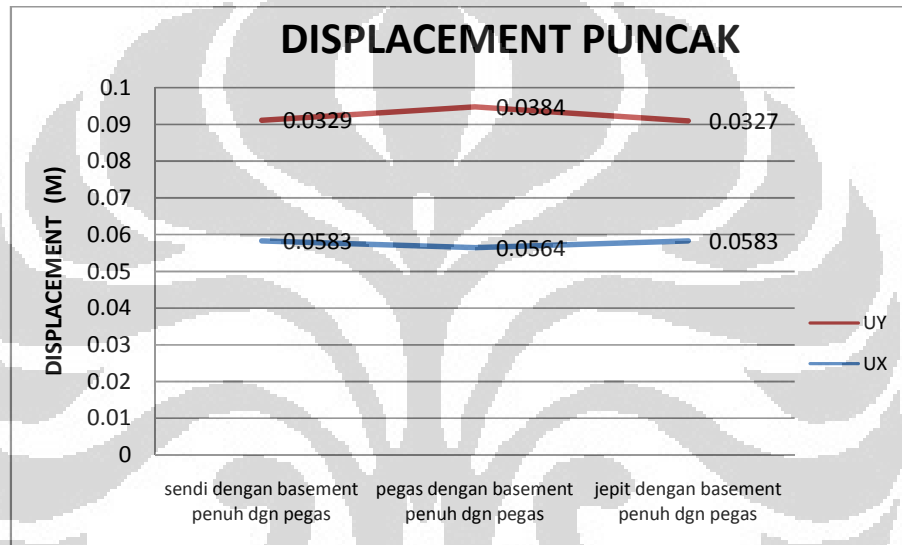
Gambar 4.51 Gaya Geser Tingkat Arah x



Gambar 4.52 Gaya Geser Tingkat Arah y

Gaya geser tingkat untuk arah x dan arah y pada model bangunan dengan peletakan pegas lebih kecil daripada model bangunan lainnya. Hal ini merupakan pengaruh dari periode getar dimana periode getarnya merupakan periode yang paling besar. Pada lantai 1, terjadi penurunan gaya geser tingkat pada pemodelan bangunan dengan peletakan pegas yang disebabkan karena adanya diskontinuitas kekakuan dan perbedaan taraf penjepitan lateral.

#### 4.1.4.4 *Displacement* dan *story drift*



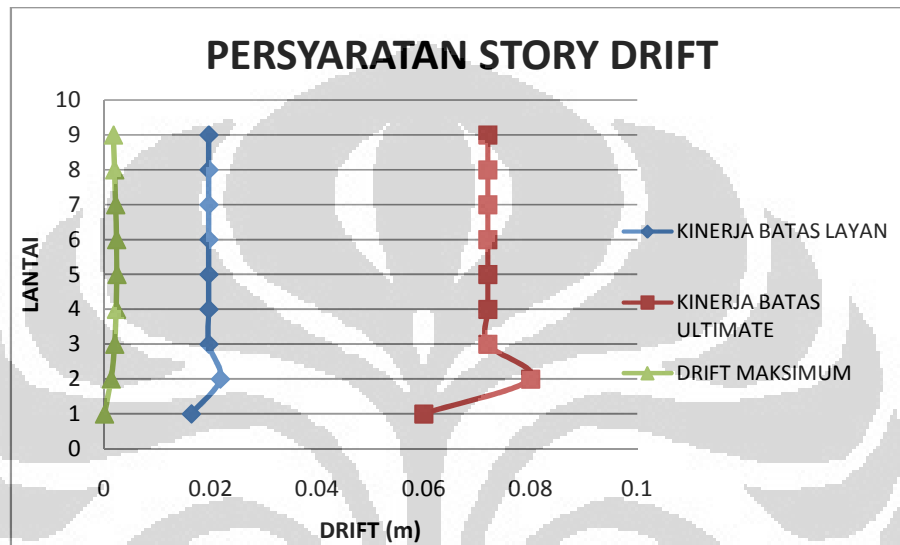
Gambar 4.53 *Displacement* puncak

Berdasarkan gambar 4.53, *displacement* puncak arah x dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi atau jepit dan yang paling terkecil dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas. Sedangkan pada arah y, *displacement* puncak terbesar terdapat pada model bangunan dengan peletakan pegas dan yang terkecil adalah pada model bangunan dengan peletakan jepit.

Tabel 4.53 Persyaratan *story drift*

Lantai	Tinggi (m)	<i>Drift</i> Batas Layan (m)	<i>Drift</i> Batas ultimate (m)	<i>Drift</i> akibat beban (m)
9	3.6	0.0196	0.072	0.00176
8	3.6	0.0196	0.072	0.001979
7	3.6	0.0196	0.072	0.002191
6	3.6	0.0196	0.072	0.002354

5	3.6	0.0196	0.072	0.002414
4	3.6	0.0196	0.072	0.00232
3	3.6	0.0196	0.072	0.002014
2	4	0.0218	0.08	0.00134
1	3	0.0164	0.06	0.000084



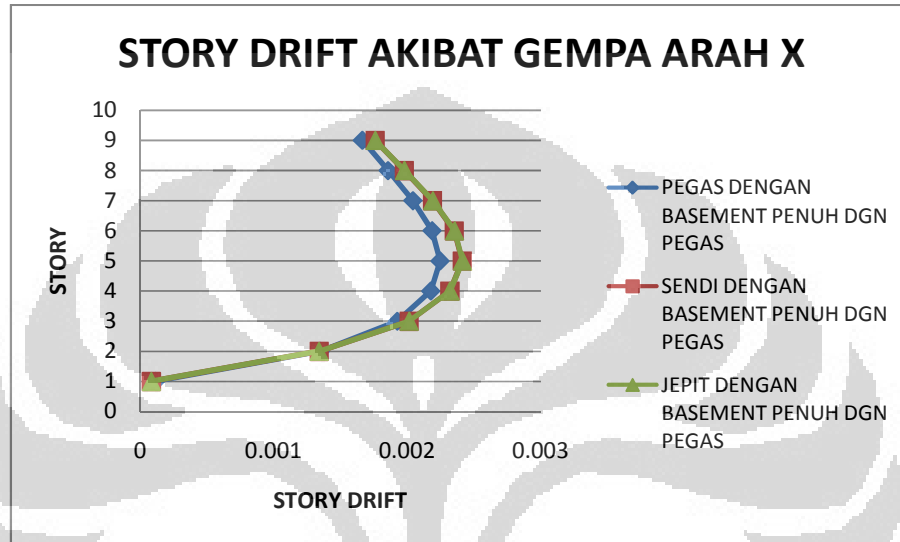
Gambar 4.54 Persyaratan *story drift*

*Story drift* yang harus memenuhi kinerja batas layan dan batas ultimate seperti yang disyaratkan pada Standar perencanaan Ketahanan gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002 telah dipenuhi dimana *Story drift* maksimum yang dihasilkan pada model bangunan dengan basement penuh dengan tiga jenis peletakan lebih kecil dari *Story drift* yang diperbolehkan untuk mencapai kinerja batas layan dan batas ultimate.

Tabel 4.54 *Story drift* arah x

lantai	Story drift Arah X (m)		
	Sendi	Pegas	Jepit
9	0.001759	0.001663	0.001760
8	0.001978	0.001856	0.001979
7	0.002189	0.002041	0.002191
6	0.002352	0.002185	0.002354
5	0.002412	0.002245	0.002414

4	0.002319	0.002176	0.002320
3	0.002013	0.001925	0.002014
2	0.001340	0.001348	0.001340
1	0.000083	0.000114	0.000084



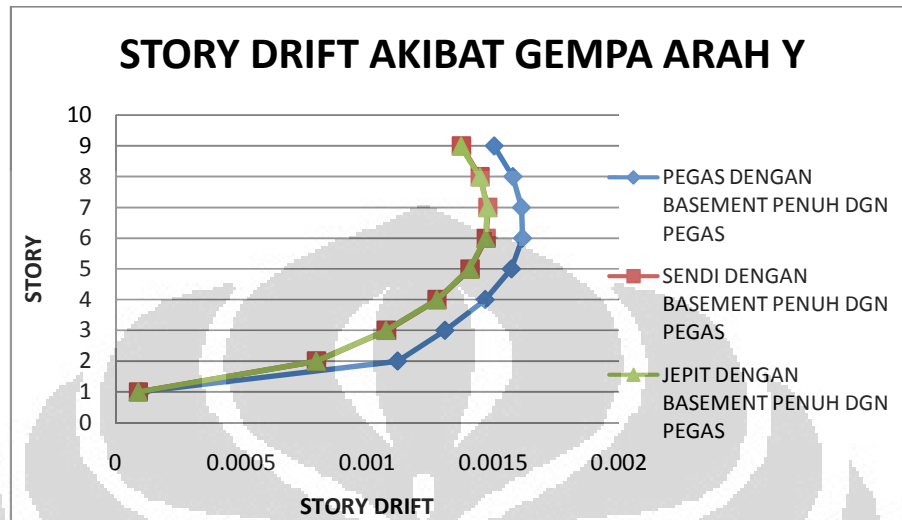
Gambar 4.55 *Story drift* arah x

Berdasarkan tabel 4.54, *Story drift* arah x untuk model bangunan dengan peletakan pegas memiliki nilai yang paling kecil karena model ini memiliki kekakuan yang paling kecil dan yang paling besar adalah model bangunan dengan peletakan jepit yang nilainya hampir sama dengan yang dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan sendi.

Tabel 4.55 *Story drift* arah y

lantai	<i>Story drift</i> Arah Y (m)		
	Sendi	Pegas	Jepit
9	0.001374	0.001504	0.001372
8	0.001448	0.001578	0.001447
7	0.001479	0.001612	0.001477
6	0.001472	0.001616	0.00147
5	0.001408	0.001572	0.001407
4	0.001277	0.001468	0.001276
3	0.001076	0.001308	0.001074
2	0.000798	0.00112	0.000797

1	0.000091	0.000102	0.00009
---	----------	----------	---------



Gambar 4.56 *Story drift arah y*

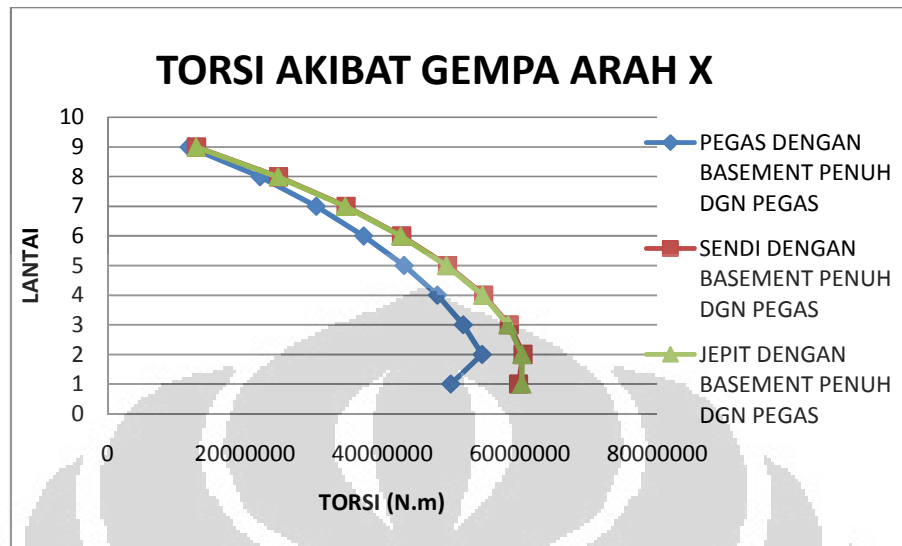
Dari tabel 4.54 diketahui bahwa *Story drift* arah y untuk model bangunan dengan peletakan pegas memiliki nilai yang paling kecil karena model ini memiliki kekakuan yang paling kecil. Model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan *Story drift* arah y yang nilainya hampir sama dengan yang dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan jepit.

#### 4.1.4.5 Torsi

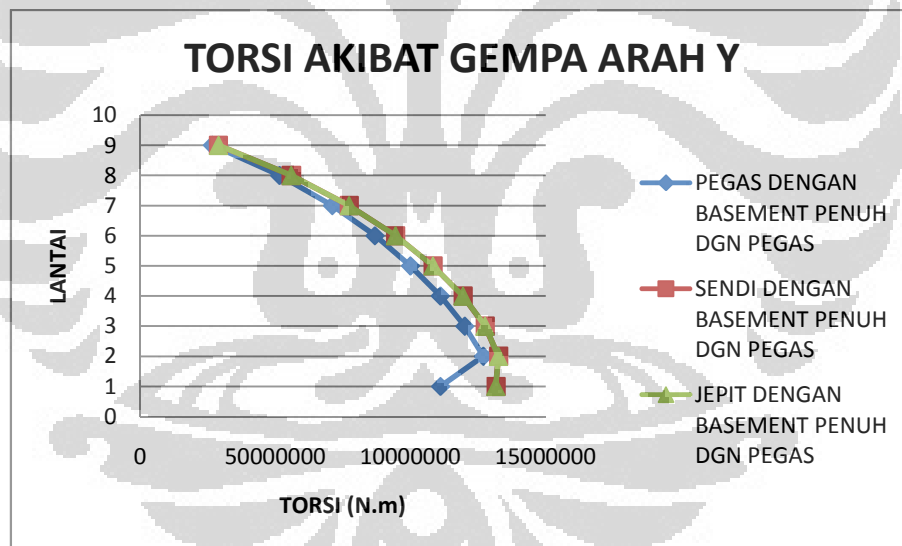
Tabel 4.56 Torsi

LANTAI	Pegas dengan basement penuh dan pegas		Sendi dengan basement penuh dan pegas		Jepit dengan basement penuh dan pegas	
	TX (N.m)	TY (N.m)	TX (N.m)	TY (N.m)	TX (N.m)	TY (N.m)
9	11827267.05	26764517.28	12934952	28969460.67	12902162	28964147.81
8	22189793.71	51572730.88	24884657	55916877.56	24821656	55909816.95
7	30356932.6	71111313.8	34675411	77328174.64	34587347	77320256.92
6	37264718.14	86862946.76	42796823	94500694.66	42687748	94491955.84
5	43162406.21	100000263.2	49475493	108413848	49348787	108402904.9
4	48003068.87	111064174.5	54735943	119495339	54594902	119480019.3
3	51783006.61	120106029.1	58456038	127658527.9	58304896	127635681.2
2	54523226.47	126972981	60469351	132617974.1	60317210	132583869
1	49965569.38	111150691.1	59830630	131626674.7	60308754	131631638.8





Gambar 4.57 Torsi akibat gempa arah x



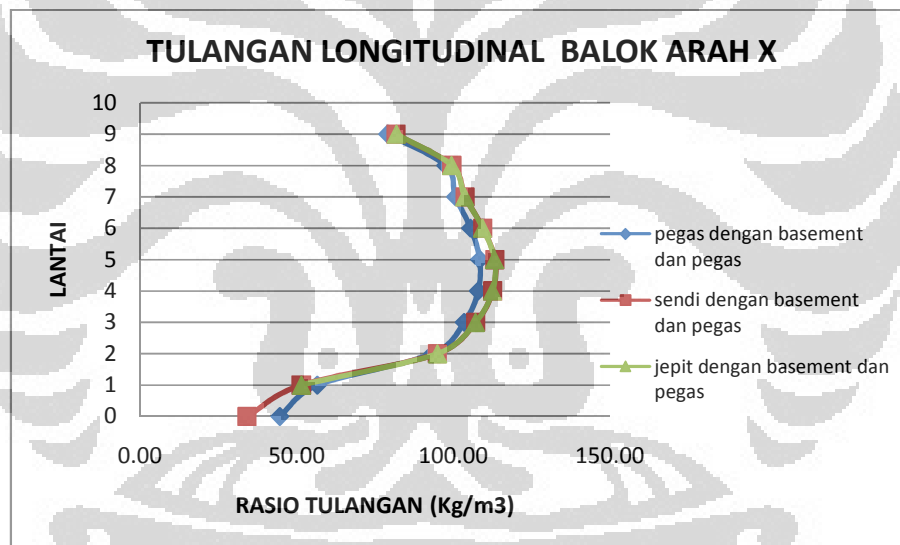
Gambar 4.58 Torsi akibat gempa arah y

Partisipasi massa rotasi z ( $R_z$ ) untuk mode-mode yang tinggi yang terbesar terdapat pada model bangunan dengan peletakan jepit, sedangkan yang terkecil adalah model bangunan dengan peletakan pegas sehingga torsi baik akibat gempa x maupun gempa y yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan jepit dan yang terkeci dihasilkan oleh bangunan dengan peltakan pegas.

## 4.1.4.6 Rasio Tulangan

Tabel 4.57 Rasio tulangan longitudinal balok arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	pegas dengan basement	sendi dengan basement	jepit dengan basement
9	78.83	81.61	81.39
8	97.46	99.47	99.33
7	100.63	103.73	103.59
6	105.50	109.40	109.23
5	108.43	113.21	112.62
4	107.90	112.54	112.35
3	103.35	107.08	106.90
2	93.08	94.89	94.76
1	56.10	51.43	51.33

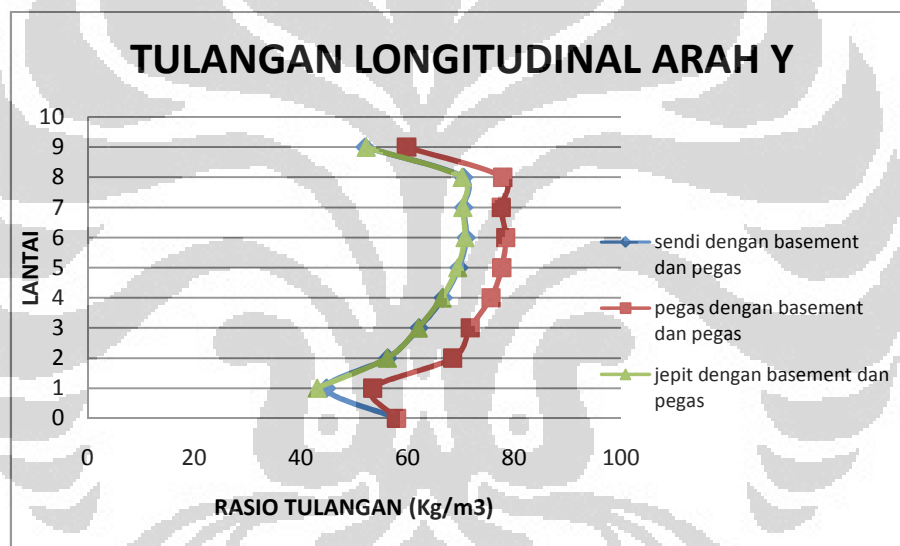


Gambar 4.59 Rasio tulangan longitudinal balok arah x

Rasio tulangan longitudinal balok arah x yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 102,5 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 99,17 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan sebesar 102,3 kg/m<sup>3</sup>

Tabel 4.58 Rasio tulangan longitudinal balok arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement	pegas dengan basement	jepit dengan basement
9	51.99	58.17	51.98
8	70.485	76.411	70.474
7	70.485	76.047	70.541
6	70.972	76.794	70.963
5	69.599	76.047	69.590
4	66.634	74.076	66.633
3	62.133	70.417	62.114
2	56.248	67.117	56.284
1	44.771	52.618	42.847

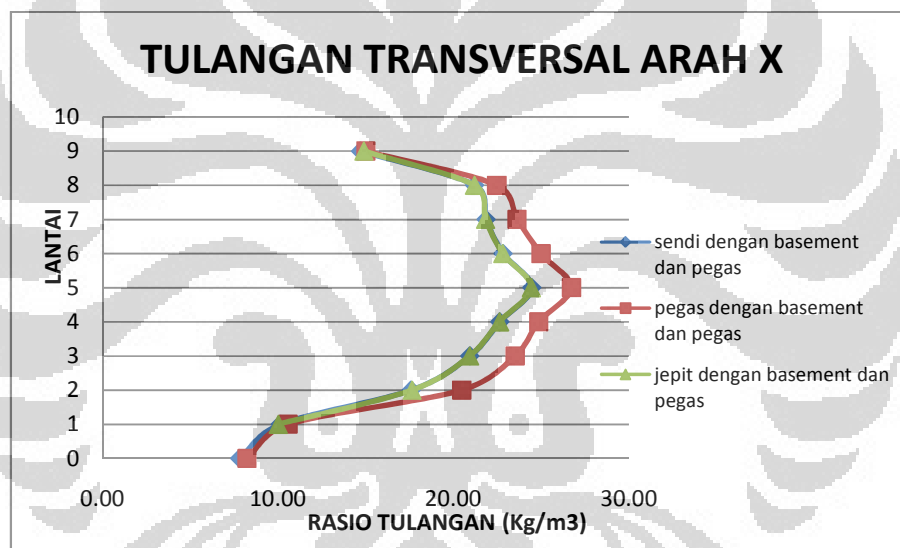


Gambar 4.60 Rasio tulangan longitudinal balok arah y

Rasio tulangan longitudinal balok arah y yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 71,71 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 64,54 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 64,66 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.59 Rasio tulangan transversal balok arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	pegas dengan basement	sendi dengan basement	jepit dengan basement
9	14.84	14.70	12.64
8	22.40	21.20	21.18
7	23.57	21.85	21.82
6	24.95	22.82	22.79
5	26.69	24.46	22.86
4	24.83	22.64	22.60
3	23.46	20.93	20.90
2	20.38	17.58	17.60
1	10.50	10.14	10.04

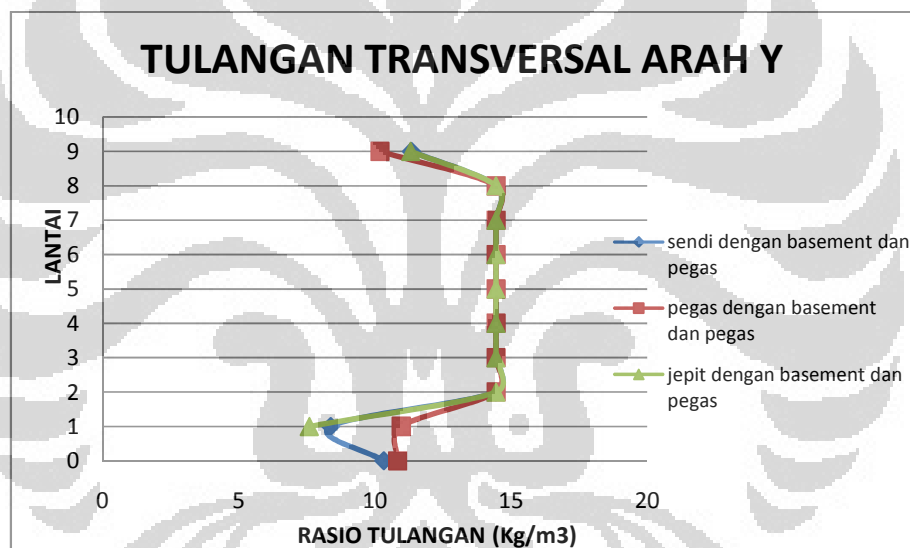


Gambar 4.61 Rasio tulangan transversal balok arah x

Rasio tulangan transversal balok arah x yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 22,55 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 20,23 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 20,71 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.60 Rasio tulangan transversal balok arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL BALOK ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement	pegas dengan basement	jepit dengan basement
9	11.33490159	10.20350476	11.33589841
8	14.444	14.444	14.444
7	14.444	14.444	14.444
6	14.444	14.444	14.444
5	14.444	14.444	14.444
4	14.444	14.444	14.444
3	14.444	14.444	14.444
2	14.44	14.44	14.44
1	8.37	10.57	7.51

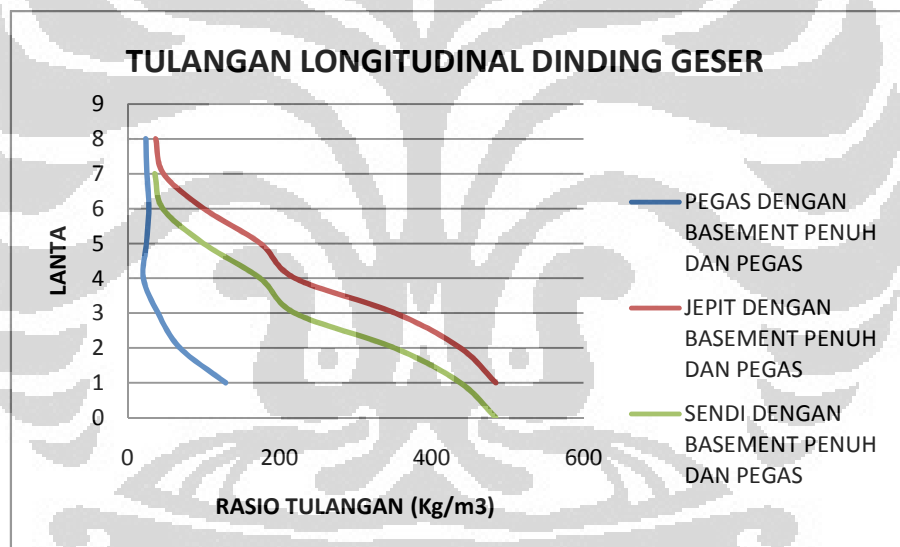


Gambar 4.62 Rasio tulangan transversal balok arah y

Rasio tulangan transversal balok arah y yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 14,02 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 13,87 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan sebesar 14,017 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.61 Rasio tulangan longitudinal dinding geser

Lantai	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL DINDING GESER (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement dan pegas dinding	Pegas dengan basement dan pegas dinding	jepit dengan basement dan pegas dinding
1	484.1	121.6	484.1
2	437.7	71.2	437.7
3	351.3	40.8	352.1
4	220.1	21.6	220.1
5	174.5	24.0	174.5
6	100.0	28.0	100.0
7	46.4	27.2	47.2
8	36.0	26.4	36.8

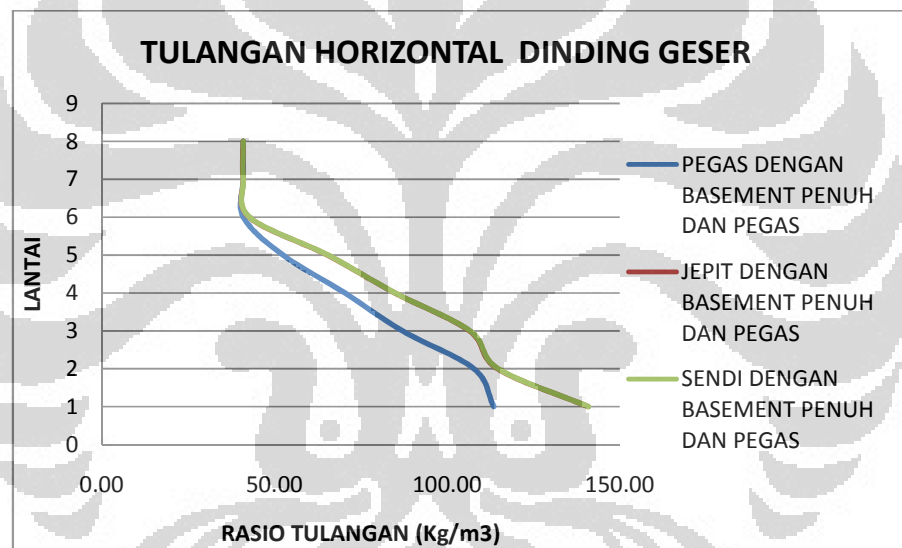


Gambar 4.63 Rasio tulangan longitudinal dinding geser

Rasio tulangan longitudinal dinding geser yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 235,03 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 46,16 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 234,73 kg/m<sup>3</sup>

Tabel 4.62 Rasio tulangan horizontal dinding geser

Lantai	RASIO TULANGAN HORIZONTAL DINDING GESER (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement dan pegas dinding	pegas dengan basement dan pegas dinding	jepit dengan basement dan pegas dinding
1	141.0	113.5	140.8
2	114.8	107.7	114.6
3	106.6	87.0	106.4
4	84.9	70.3	84.8
5	65.4	52.4	65.3
6	42.7	40.9	42.6
7	40.9	40.9	40.9
8	40.9	40.9	40.9

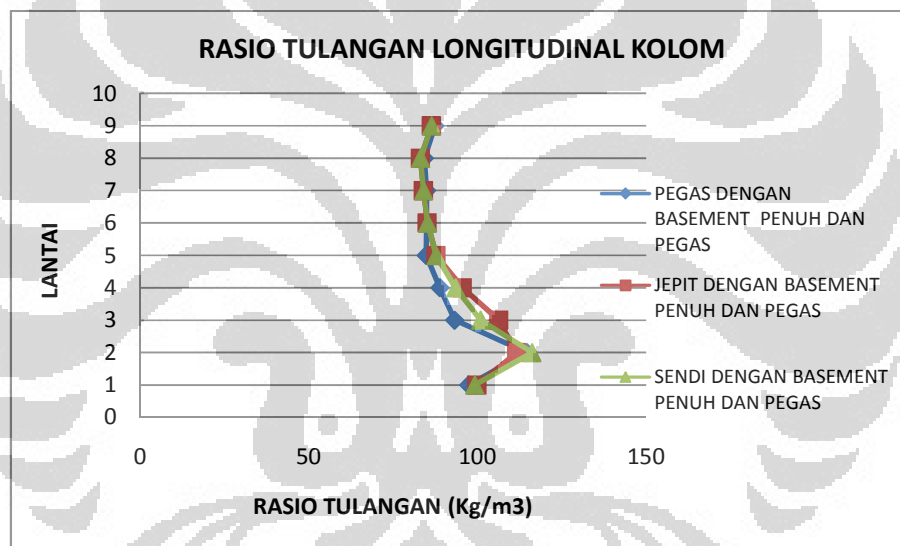


Gambar 4.64 Rasio tulangan horizontal dinding geser

Rasio tulangan horizontal dinding geser yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 130,36 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 100,81 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 116,03 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.63 Rasio tulangan longitudinal kolom

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL KOLOM (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement	pegas dengan basement	jepit dengan basement
9	86.39	87.41	86.37
8	83.12	84.32	83.09
7	84.04	84.94	84.00
6	85.19	84.94	85.15
5	87.77	84.82	87.72
4	93.57	88.89	95.56
3	100.97	93.28	106.32
2	116.19	114.72	111.68
1	99.20	97.46	99.85



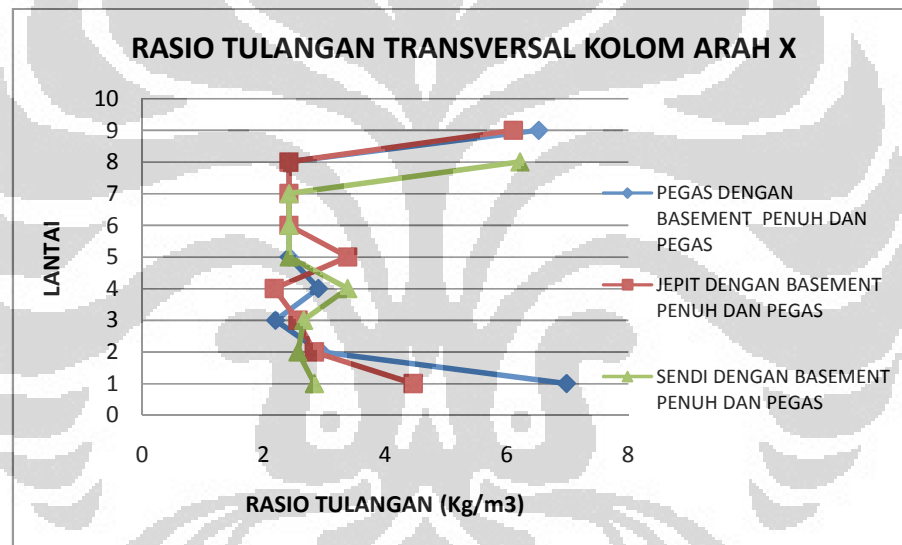
Gambar 4.65 Rasio tulangan longitudinal kolom

Rasio tulangan longitudinal kolom yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 92,64 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 90,75 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 92,48 kg/m<sup>3</sup>.



Tabel 4.64 Rasio tulangan transversal kolom arah x

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement	pegas dengan basement	jepit dengan basement
9	6.22	6.53	6.11
8	2.42	2.42	2.42
7	2.42	2.42	2.42
6	2.42	2.42	2.42
5	3.38	2.42	3.38
4	2.66	2.90	2.17
3	2.56	2.19	2.56
2	2.83	2.94	2.83
1	4.46	6.98	4.46

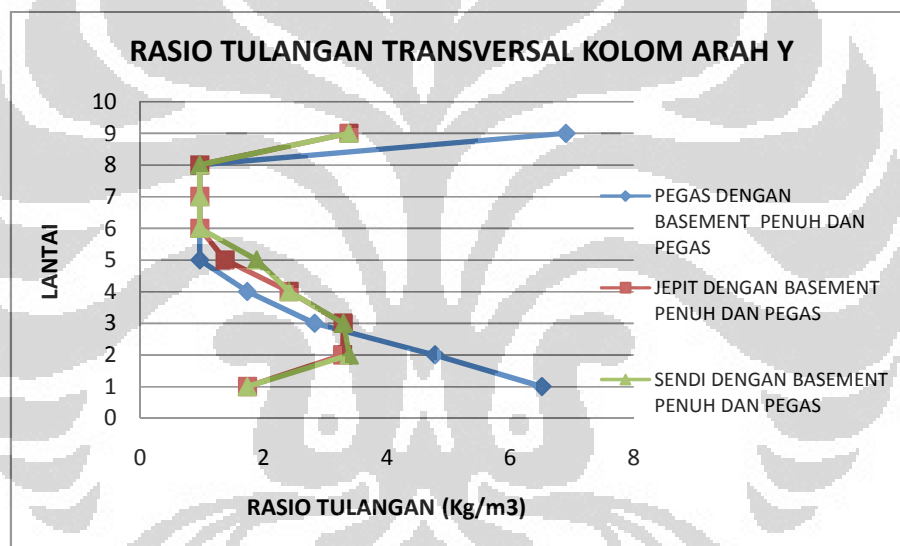


Gambar 4.66 Rasio tulangan transversal kolom arah x

Rasio tulangan transversal kolom arah x yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 3,11 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 3,02 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan sebesar 3,03 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.65 Rasio tulangan transversal kolom arah y

LANTAI	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement	pegas dengan basement	jepit dengan basement
9	3.38	6.90	3.38
8	0.97	0.97	0.97
7	0.97	0.97	0.97
6	0.97	0.97	0.97
5	1.89	0.97	1.37
4	2.41	1.73	2.41
3	3.29	2.83	3.29
2	3.39	4.78	3.28
1	1.74	6.51	1.74



Gambar 4.67 Rasio tulangan transversal kolom arah y

Rasio tulangan transversal kolom arah y yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 2,54 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 1,88 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 2,17 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.5 Model Bangunan dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

##### 4.1.5.1 Periode Getar

Tabel 4.66 Periode Getar

Model	periode getar (detik)	
	Tx ( detik)	Ty (detik)
sendi dengan basement penuh tanpa pegas	1.101	0.768
pegas dengan basement penuh tanpa pegas	1.203	0.935
jepit dengan basement penuh tanpa pegas	1.101	0.767

Periode Getar yang paling besar dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas. Hal ini berarti bahwa model bangunan ini merupakan model bangunan yang paling fleksibel, sedangkan model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi memiliki periode getar yang sama sehingga dapat disimpulkan bahwa model bangunan ini memiliki kekakuan yang relative sama.

##### 4.1.5.2 Partisipasi Massa

Tabel 4.67 Partisipasi Massa

Model	partisipasi massa	partisipasi massa
	mode 1	mode 2
sendi dengan basement penuh tanpa pegas	67.586	66.006
pegas dengan basement penuh tanpa pegas	68.114	72.673
jepit dengan basement penuh tanpa pegas	65.992	65.992

Partisipasi massa terbesar baik pada mode 1 ataupun mode 2 dihasilkan oleh model dengan peletakan pegas, kemudian diikuti oleh model dengan peletakan sendi dan jepit

##### 4.1.5.3 Gaya Geser Dasar dan Gaya geser tingkat

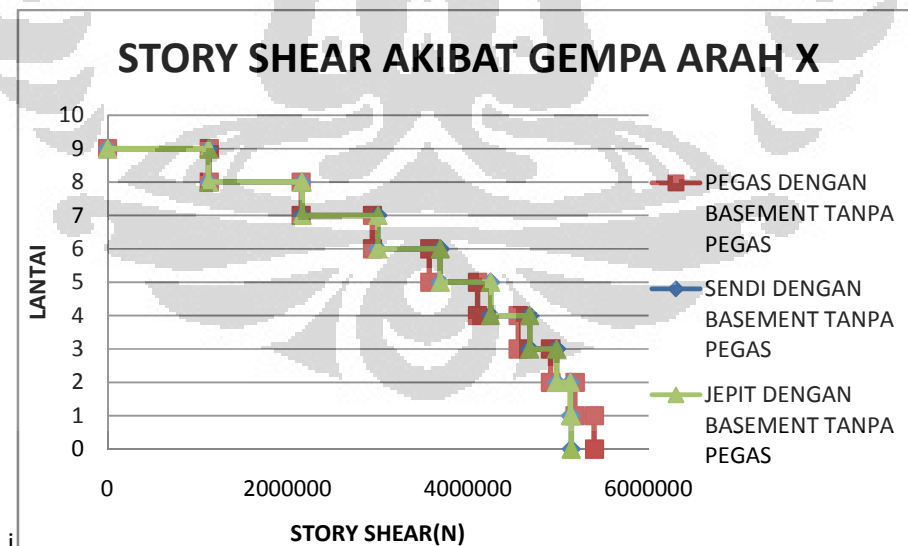
Tabel 4.68 Gaya Geser Dasar

Model	Vx dinamik (N)	Vy dinamik (N)
sendi dengan basement penuh tanpa pegas	5145019.83	5595120
pegas dengan basement penuh tanpa pegas	5635000.91	7028088
jepit dengan basement penuh tanpa pegas	5145272.6	5593343

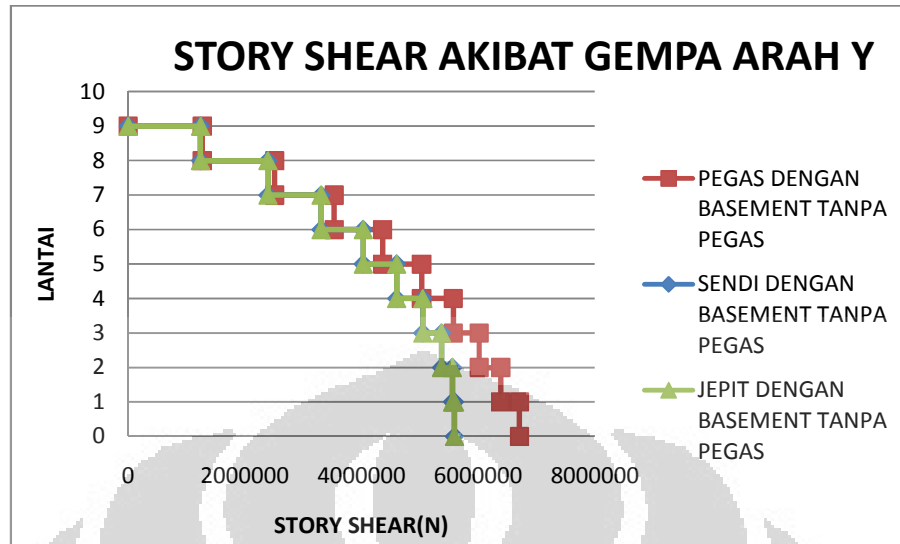
Model dengan peletakan pegas memiliki gaya geser dasar baik arah x maupun arah y yang terbesar. Hal ini diakibatkan karena mode-mode yang tinggi pada model ini memiliki partisipasi massa yang cukup signifikan dibandingkan kedua model lainnya, sedangkan model dengan peletakan sendi dan jepit memiliki nilai gaya geser dasar yang hampir sama yang diakibatkan karena memiliki kekakuan yang relatif sama.

Tabel 4.69 Gaya geser tingkat

LANTAI	sendi dengan basement penuh tanpa pegas		jepit dengan basement penuh tanpa pegas		pegas dengan basement penuh tanpa pegas	
	VX (N)	VY (N)	VX (N)	VY (N)	VX (N)	VY (N)
9	1121090.3	1239502.94	1121231.57	1239186.62	1127548.71	1270929.42
8	2157442.47	2395379.9	2157733.16	2394976.52	2148073.86	2511419.4
7	2999936.19	3307421.46	3000318.97	3307004.16	2937785.23	3533600.5
6	3690823.54	4029165.84	3691262.74	4028746.71	3570880.09	4362638.61
5	4250667.45	4603116.24	4251124.4	4602635.97	4104131.66	5031744.71
4	4683422.47	5050906.45	4683859.98	5050259.91	4554310.03	5574469.3
3	4981442.43	5373019.77	4981815.43	5372064.58	4914124.47	6018774.87
2	5135419.32	5560418.18	5135699.96	5559027.41	5183973.67	6387944.74
1	5145019.01	5595129.51	5145272.66	5593340.42	5399099.64	6709563.02

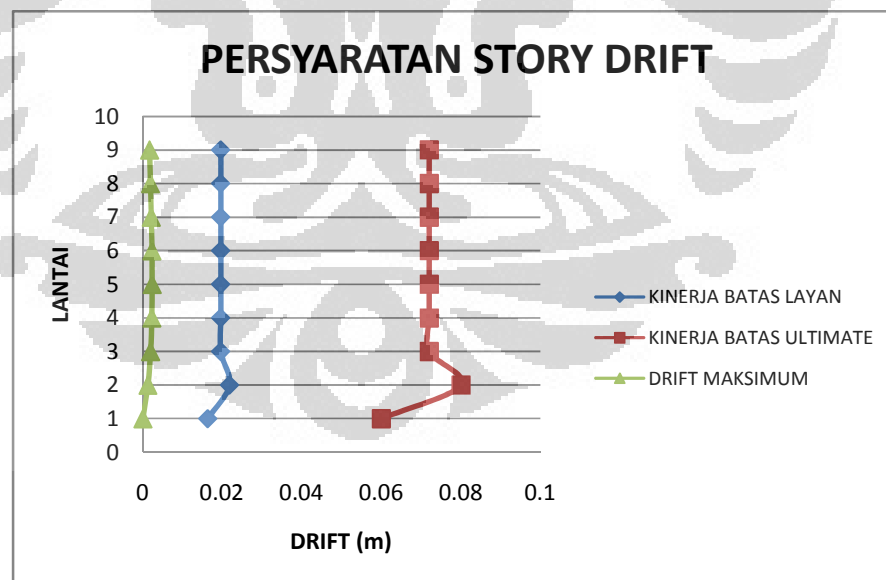


Tabel 4.70 Story Shear Akibat Gempa Arah X

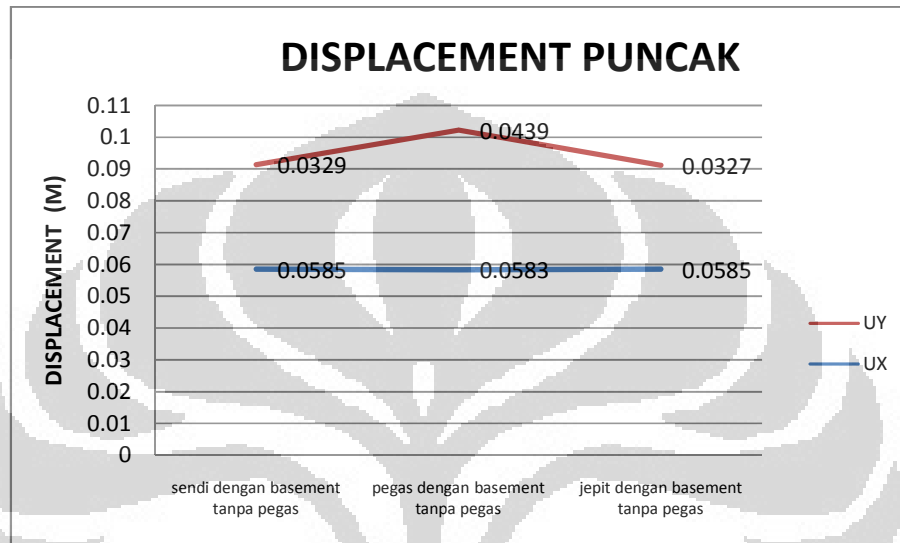
Tabel 4.71 *Story Shear* Akibat Gempa Arah Y

Dari tabel 4.72 diketahui bahwa gaya geser tingkat terkecil dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi yang diakibatkan karena model ini memiliki gaya geser dasar yang paling kecil, sedangkan gaya geser tingkat yang terbesar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas.

#### 4.1.5.4 Displacement dan Story Drift

Gambar 4.68 Persyaratan *Story Drift*

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa *Story drift* maksimum yang dihasilkan pada model bangunan dengan basement tanpa pegas dinding untuk ketiga jenis peletakan lebih kecil daripada *Story drift* pada batas layan dan batas ultimatenya, sehingga telah memenuhi kinerja batas layan dan kinerja batas ultimate seperti yang telah ditetapkan pada SNI gempa 2002.

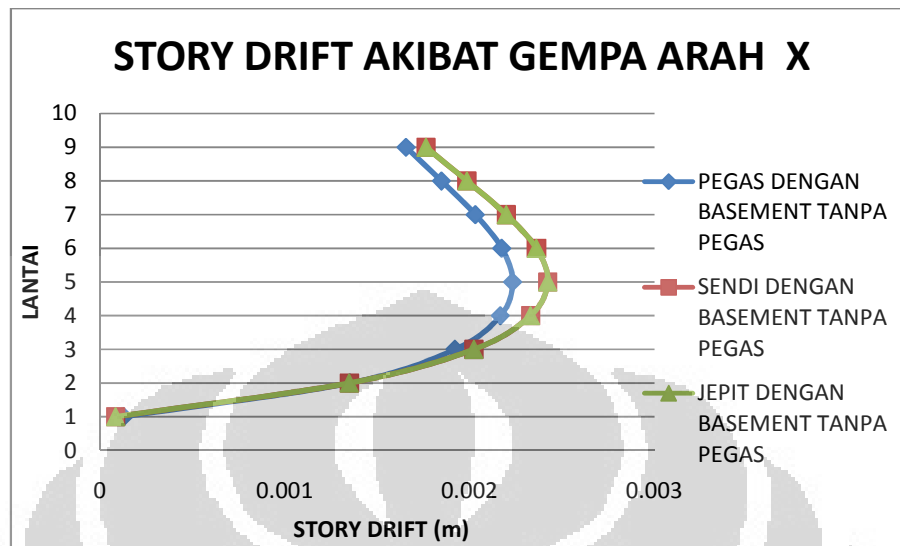


Gambar 4.69 Displacement Puncak

Dari gambar 4.69 diketahui bahwa *displacement* puncak arah x yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan sendi atau jepit, sedangkan *displacement* puncak arah y yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan pegas.

Tabel 4.72 Story Drift Arah X

STORY	PEGAS	SENDI	JEPIT
9	0.001655	0.001763	0.001763
8	0.001847	0.001985	0.001985
7	0.00203	0.002198	0.002198
6	0.002173	0.002361	0.002361
5	0.002232	0.002422	0.002422
4	0.002166	0.002329	0.002329
3	0.00192	0.002023	0.002022
2	0.001351	0.001349	0.001348
1	0.000127	0.000084	0.000084

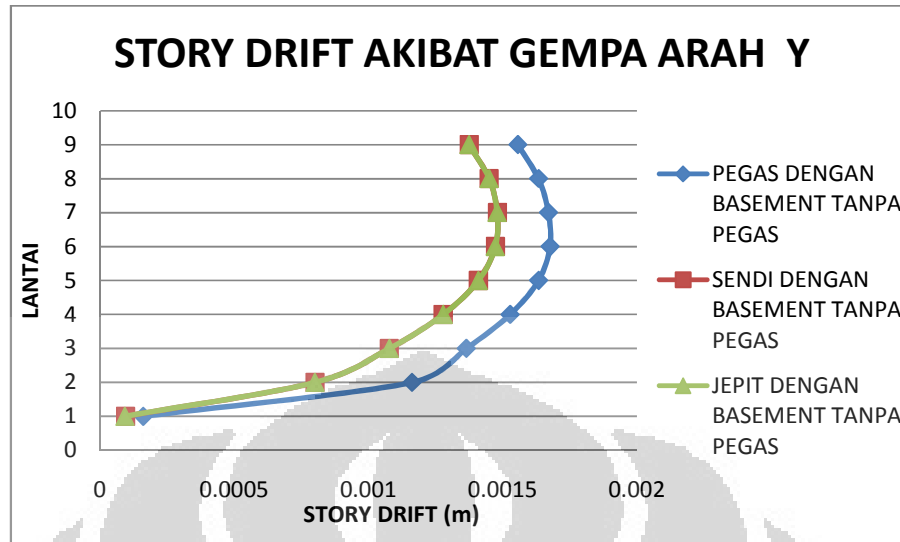


Gambar 4.70 Story Drift Aras X

Dari tabel 4.76 dapat diketahui bahwa model bangunan dengan peletakan pegas menghasilkan *story drift* yang terkecil, sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit menghasilkan *story drift* yang hampir sama sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua model bangunan ini memiliki kekakuan yang hampir sama pula.

Tabel 4.73 Story Drift Aras Y

STORY	PEGAS	SENDI	JEPIT
9	0.001556	0.001375	0.001374
8	0.001633	0.001449	0.001449
7	0.00167	0.00148	0.001479
6	0.001676	0.001472	0.001472
5	0.001633	0.001409	0.001409
4	0.001527	0.001278	0.001278
3	0.001364	0.001077	0.001077
2	0.001162	0.0008	0.0008
1	0.000161	0.000094	0.000092



Gambar 4.71 Story Drift Arah Y

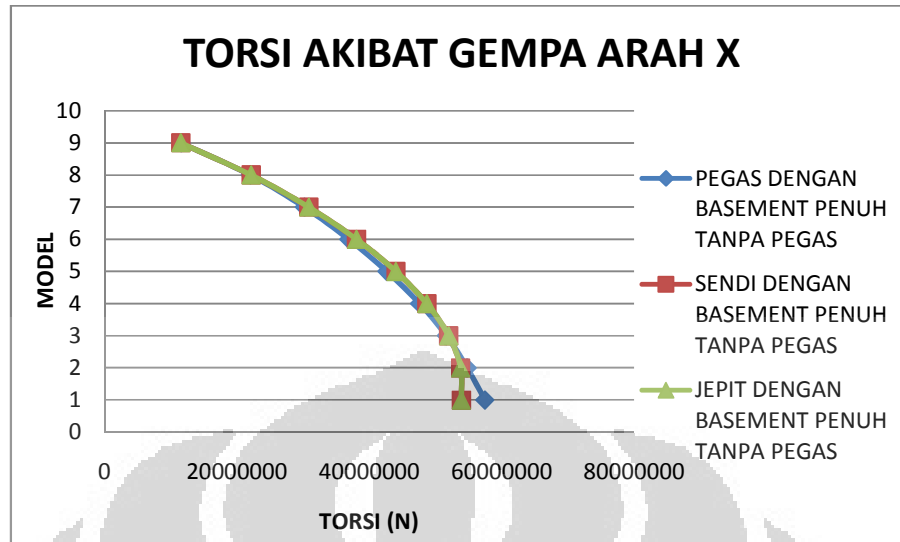
Dari tabel 4.77 dapat diketahui bahwa model bangunan dengan peletakan pegas menghasilkan *story drift* yang terbesar, sedangkan model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit menghasilkan *story drift* yang hamper sama sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua model bangunan ini memiliki kekakuan yang hampir sama pula.

#### 4.1.5.5 Torsi

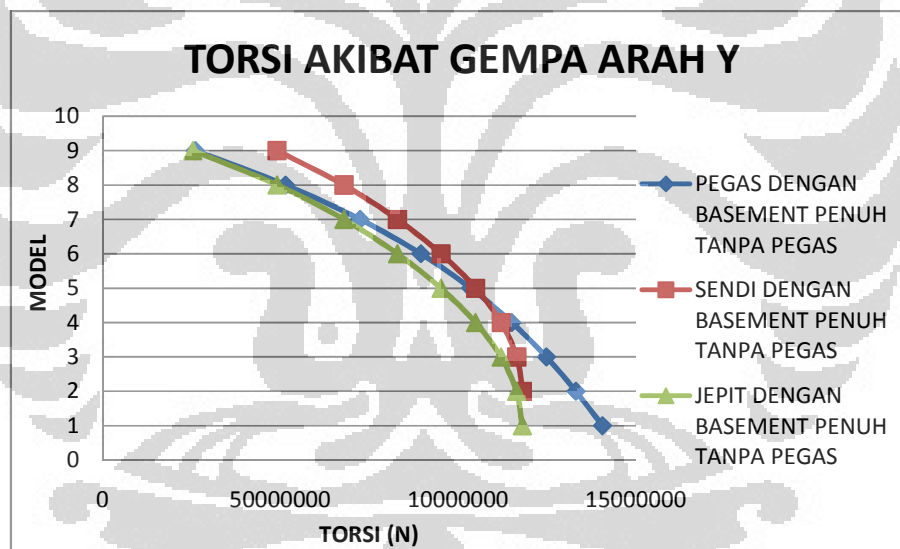
Tabel 4.74 Torsi

Lantai	Pegas dengan basement penuh tanpa pegas dinding		Sendi dengan basement penuh tanpa pegas dinding		Jepit dengan basement penuh tanpa pegas dinding	
	TX (N.m)	TY (N.m)	TX (N.m)	TY (N.m)	TX (N.m)	TY (N.m)
9	11568665.72	26079493.4	11502405.37	25434585	11503829.27	25428099.71
8	22024239.28	51455622.27	22129826.64	49103952.91	22132766.9	49095444.2
7	30198673.14	72416274.65	30837218.14	67903207.26	30841067.94	67893864.62
6	36890231.63	89531340.51	38060443.57	82979516.46	38064857.78	82969323.15
5	42648961.69	103532689.7	44001717.33	95198488.37	44006281.59	95185828.73
4	47594518.02	115125593	48682686.9	104939207.1	48687005.47	104921497.5
3	51635404.64	124856737.6	51994926.48	112127552.8	51998525.52	112101027.2
2	54790893.32	133152675.6	53789918.36	116510593.1	53792301.95	116471164.4
1	57466627.97	140610972.8	53914271.55	118118497.8	53915857.04	118079381.9





Gambar 4.72 Torsi Akibat Gempa Arah X



Gambar 4.73 Torsi Akibat Gempa Arah Y

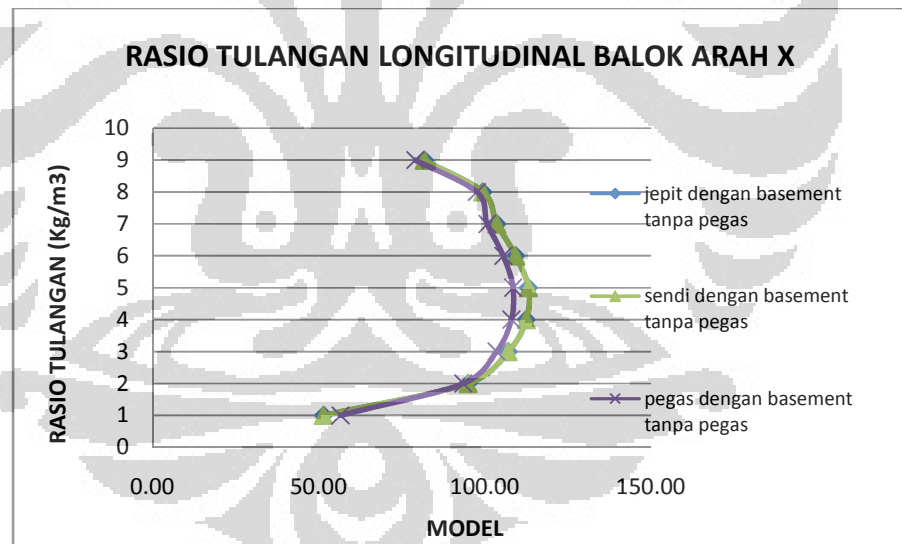
Sesuai dengan lampiran 18, partisipasi massa rotasi sumbu z ( $R_z$ ) untuk model bangunan dengan peletakan pegas memiliki nilai yang paling besar, sedangkan partisipasi massa  $R_z$  yang paling kecil untuk kedua arah tersebut dihasilkan dari model dengan peletakan sendi, sehingga torsi akibat gempa x dan torsi akibat gempa y yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan

peletakan sendi dan yang paling besar dihasilkan oleh bangunan dengan peletakan pegas.

#### 4.1.5.6 Rasio Tulangan

Tabel 4.75 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X

LANTAI	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	pegas dengan basement tanpa pegas	sendi dengan basement tanpa pegas	jepit dengan basement tanpa pegas
9	79.03	81.76	81.76
8	97.55	99.39	99.39
7	100.68	103.60	103.60
6	105.52	109.28	109.28
5	108.42	113.11	113.10
4	107.94	112.46	112.46
3	103.48	107.02	107.00
2	93.44	94.93	94.92
1	56.55	51.38	51.44

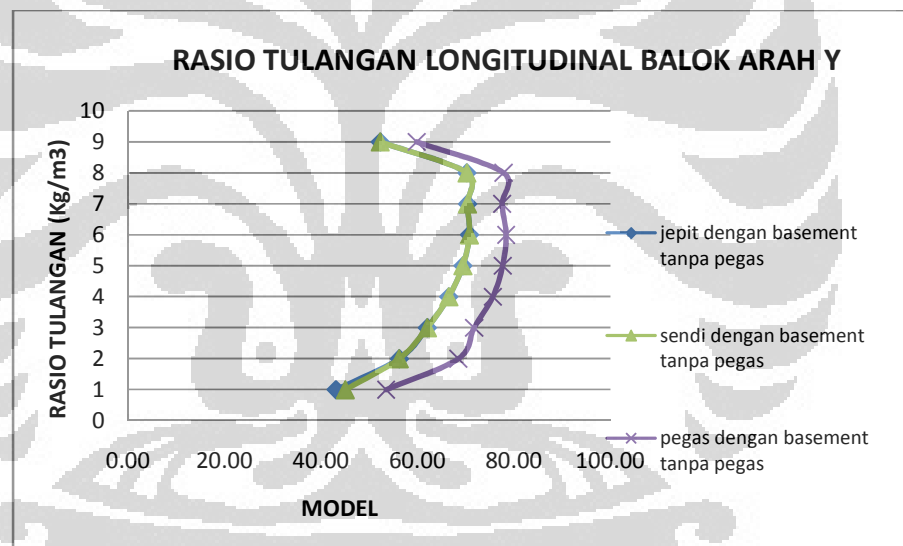


Gambar 4.74 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah X

Rasio tulangan longitudinal total balok arah x paling besar berturut-turut dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi, jepit dan pegas yaitu masing-masing sebesar 102,457 kg/m<sup>3</sup>, 102,454 kg/m<sup>3</sup> dan 99,28 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.76 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y

Lantai	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL BALOK ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	pegas dengan basement tanpa pegas dinding	sendi dengan basement tanpa pegas dinding	jepit dengan basement tanpa pegas
9	59.81	52.22	52.22
8	77.84	70.21	70.20
7	77.54	70.34	70.33
6	78.36	70.73	70.73
5	77.65	69.38	69.38
4	75.60	66.45	66.44
3	71.72	61.99	61.98
2	68.45	56.15	56.19
1	53.48	44.98	43.05

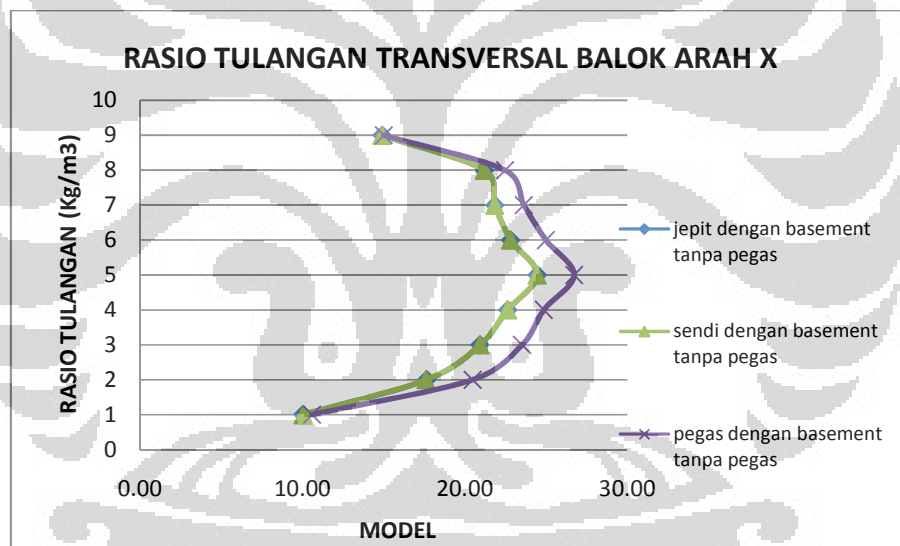


Gambar 4.75 Rasio Tulangan Longitudinal Balok Arah Y

Rasio tulangan longitudinal total balok arah y paling besar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 73,19 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan sendi yaitu sebesar 64,522 kg/m<sup>3</sup> serta model bangunan dengan peletakan jepit menghasilkan rasio tulangan sebesar 64,523 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.77 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X

Lantai	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	pegas dengan basement tanpa pegas	sendi dengan basement tanpa pegas	jepit dengan basement tanpa pegas
9	14.99	14.88	14.88
8	22.46	21.19	21.19
7	23.62	21.83	21.83
6	24.98	22.80	22.80
5	26.72	24.44	24.44
4	24.85	22.62	22.62
3	23.51	20.92	20.92
2	20.46	17.59	17.64
1	10.57	10.04	10.01

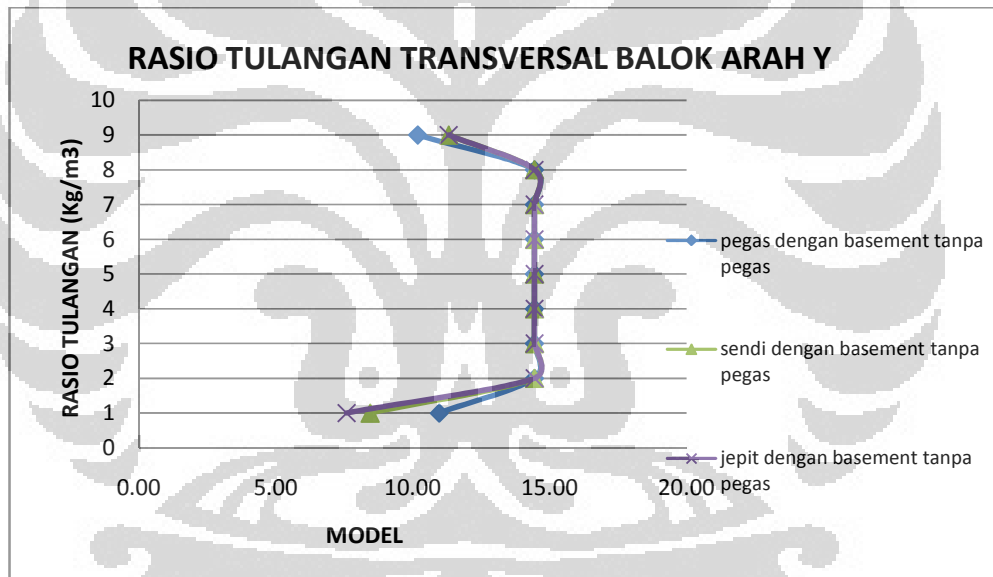


Gambar 4.76 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah X

Rasio tulangan transversal total balok arah x paling besar berturut-turut dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas, jepit, dan sendi yaitu masing-masing sebesar 22,61 kg/m<sup>3</sup>, 20,72 kg/m<sup>3</sup> dan 20,719 kg/m<sup>3</sup>.

## Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y

Lantai	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	pegas dengan basement tanpa pegas	sendi dengan basement tanpa pegas	jepit dengan basement tanpa pegas
9	10.18	11.31	11.31
8	14.44	14.44	14.44
7	14.44	14.44	14.44
6	14.44	14.44	14.44
5	14.44	14.44	14.44
4	14.44	14.44	14.44
3	14.44	14.44	14.44
2	14.44	14.44	14.44
1	10.97	8.45	7.59

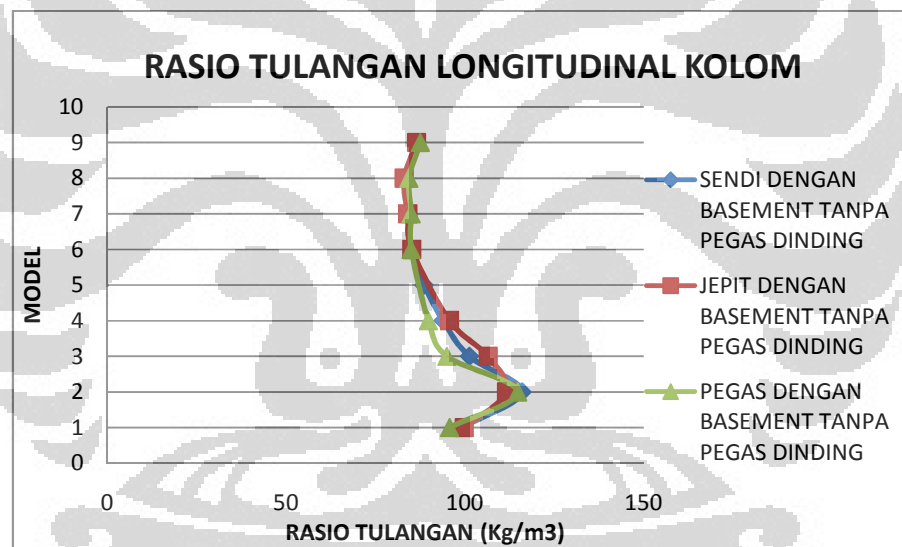


Gambar 4.77 Rasio Tulangan Transversal Balok Arah Y

Rasio tulangan transversal total balok arah y paling besar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 14,017 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 13,86 kg/m<sup>3</sup> serta model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 14,01 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.78 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Lantai	RASIO TULANGAN LONGITUDINAL KOLOM (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement penuh tanpa pegas dinding	pegas dengan basement penuh tanpa pegas dinding	jepit dengan basement penuh tanpa pegas dinding
9	86.56	87.59	86.55
8	83.12	84.38	83.11
7	84.06	85.03	84.05
6	85.21	85.03	85.19
5	88.65	89.83	95.78
4	93.94	95.03	106.53
3	101.30	114.81	111.66
2	116.00	95.76	99.90
1	99.29		

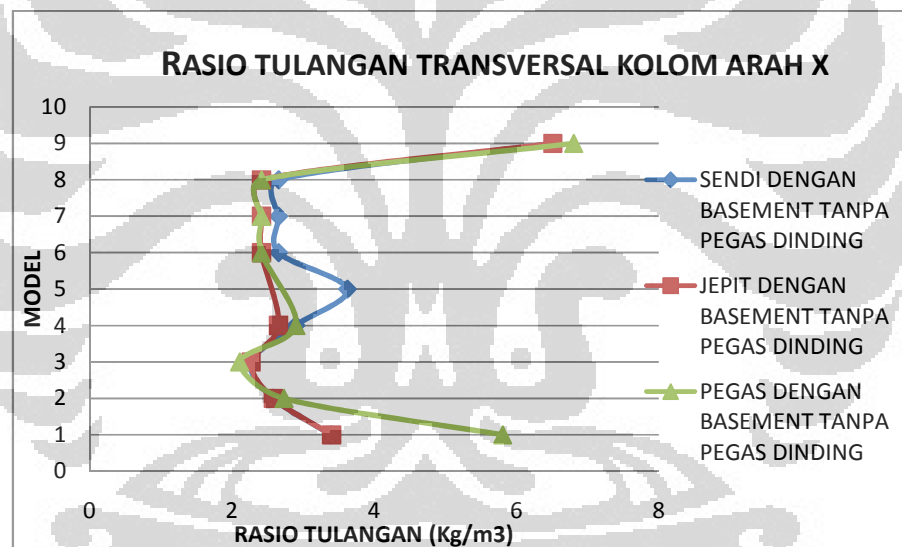


Gambar 4.78 Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Rasio tulangan longitudinal total kolom paling besar dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit yaitu sebesar 92,89 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan rasio tulangan yang paling kecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas yaitu sebesar 91,27 kg/m<sup>3</sup> serta model bangunan dengan peletakan sendi menghasilkan rasio tulangan sebesar 92,68 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.79 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X

Lantai	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH X (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement penuh tanpa pegas dinding	pegas dengan basement penuh tanpa pegas dinding	jepit dengan basement penuh tanpa pegas dinding
9	6.51	6.81	6.51
8	2.66	2.42	2.42
7	2.66	2.42	2.42
6	2.66	2.42	2.42
5	3.62	2.90	2.66
4	2.90	2.11	2.27
3	2.27	2.73	2.58
2	2.58	5.81	3.40
1	3.39		

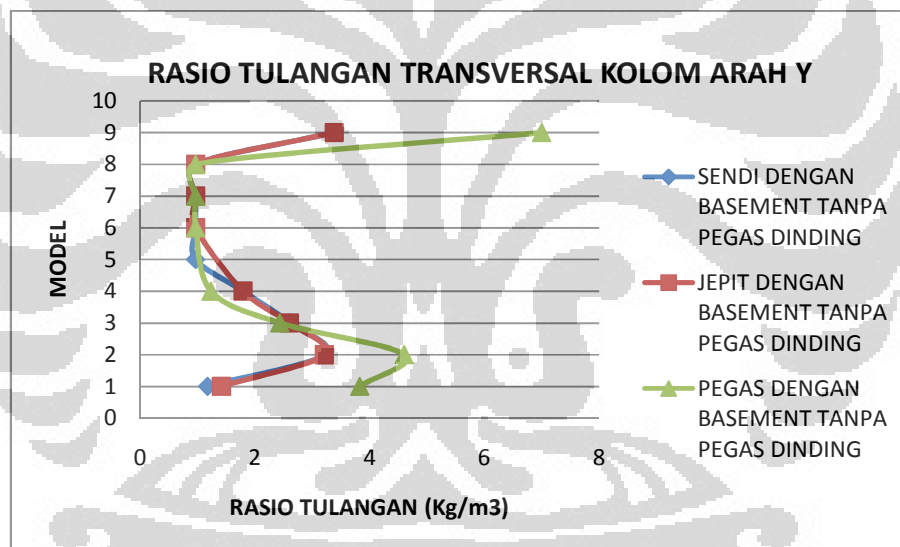


Gambar 4.79 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah X

Rasio tulangan transversal total kolom arah x paling besar berturut-turut dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan sendi, jepit dan pegas, yaitu masing-masing sebesar 3,22 kg/m<sup>3</sup>, 3,04 kg/m<sup>3</sup> dan 3,02 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.80 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y

Lantai	RASIO TULANGAN TRANSVERSAL KOLOM ARAH Y (Kg/m <sup>3</sup> )		
	sendi dengan basement penuh tanpa pegas dinding	pegas dengan basement penuh tanpa pegas dinding	jepit dengan basement penuh tanpa pegas dinding
9	3.38	7.00	3.38
8	0.97	0.97	0.97
7	0.97	0.97	0.97
6	0.97	0.97	0.97
5	0.97	1.23	1.79
4	1.79	2.43	2.60
3	2.62	4.60	3.21
2	3.21	3.83	1.42
1	1.17		



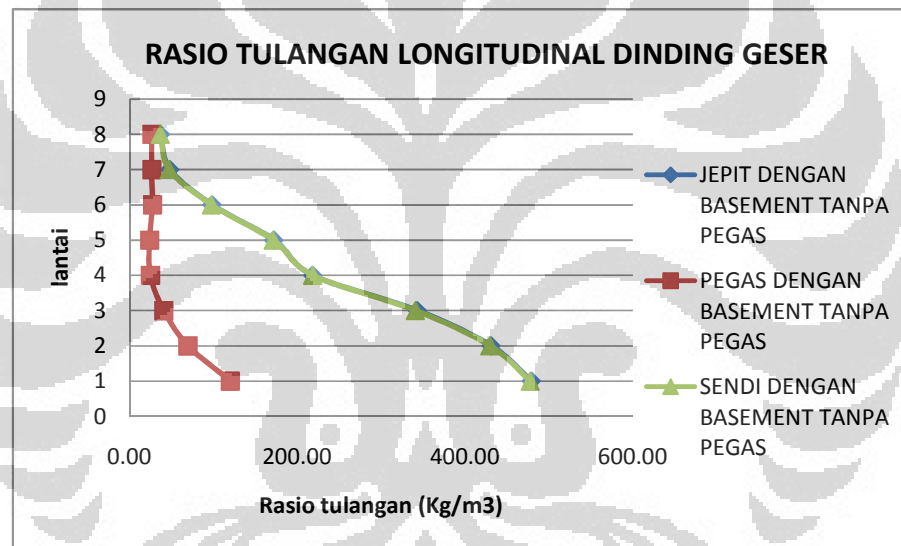
Gambar 4.80 Rasio Tulangan Transversal Kolom Arah Y

Rasio tulangan transversal total kolom arah y paling besar berturut-turut dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan pegas, sendi dan jepit yaitu masing-masing sebesar 2,42 kg/m<sup>3</sup>, 1,877 kg/m<sup>3</sup> dan 1,876 kg/m<sup>3</sup>.



Tabel 4.81 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser

Lantai	Sendi dengan basement tanpa pegas dinding	Pegas dengan basement tanpa pegas dinding	Jepit dengan basement tanpa pegas dinding
1	477.7	120.0	479.3
2	429.7	69.6	431.3
3	340.9	40.8	343.3
4	218.5	24.8	218.5
5	171.3	24.0	172.1
6	97.6	27.2	98.4
7	47.2	26.4	48.0
8	36.8	26.4	36.8



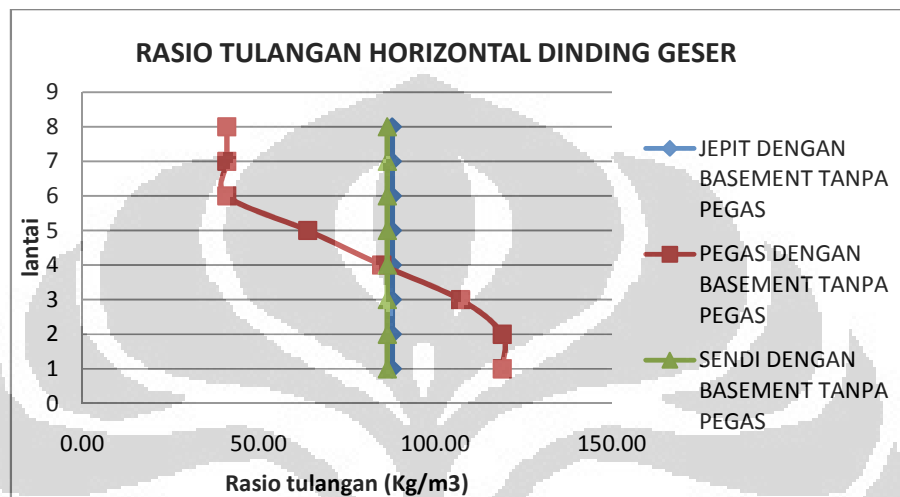
Gambar 4.81 Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser

Rasio tulangan longitudinal total dinding geser paling besar berturut-turut dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit, sendi dan pegas, yaitu masing-masing sebesar 231,91 kg/m<sup>3</sup>, 230,89 kg/m<sup>3</sup> dan 45,94 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4.82 Rasio Tulangan Transversal Dinding Geser

Lantai	Sendi dengan basement tanpa pegas dinding	Pegas dengan basement tanpa pegas dinding	Jepit dengan basement tanpa pegas dinding
1	86.3	118.9	87.7
2	86.3	118.9	87.7
3	86.3	107.1	87.7

4	86.3	84.8	87.7
5	86.3	63.8	87.7
6	86.3	40.9	87.7
7	86.3	40.9	87.7
8	86.3	40.9	87.7



Gambar 4.82 Rasio Tulangan Transversal Dinding Geser

Rasio tulangan transversal total dinding geser paling besar berturut-turut dihasilkan dari model bangunan dengan peletakan jepit, sendi dan pegas, yaitu masing-masing sebesar  $127,79 \text{ kg/m}^3$ ,  $125,789 \text{ kg/m}^3$  dan  $112,19 \text{ kg/m}^3$ .

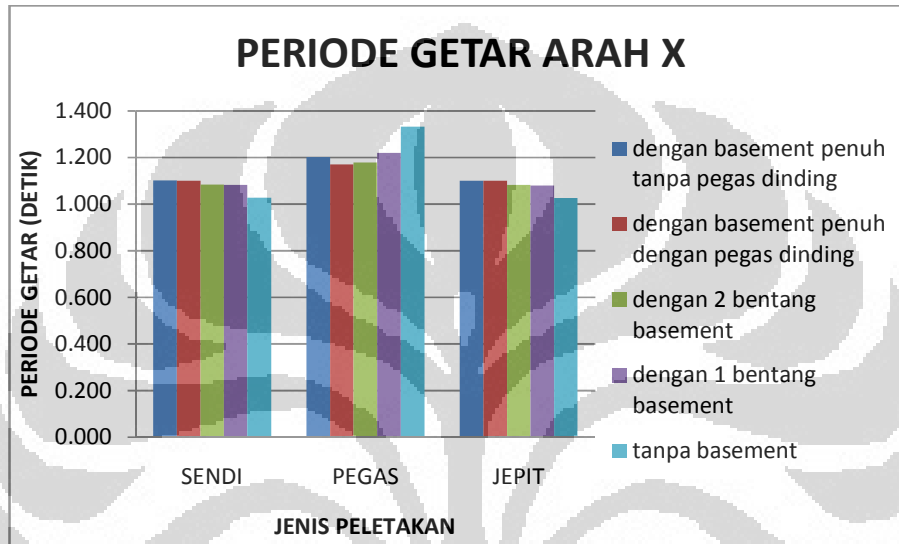
## 4.2 Perbandingan Model dengan Perbedaan Taraf Penjepitan Lateral

### 4.2.1 Periode Getar

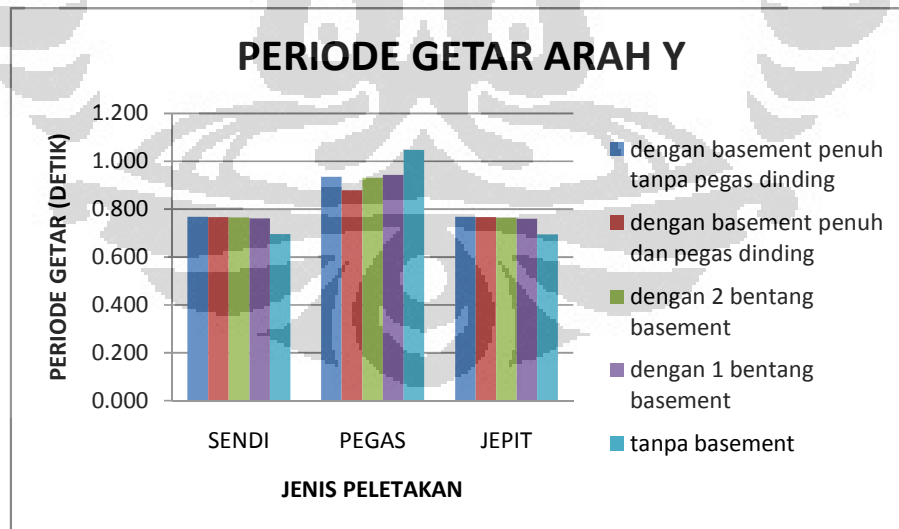
Tabel 4.83 Periode Getar

Model	periode getar ( detik)	
	Tx	Ty
sendi dengan basement penuh tanpa pegas dinding	1.101	0.768
sendi dengan basement penuh dan pegas dinding	1.100	0.767
sendi dgn 2 bentang basement	1.084	0.765
sendi dgn 1 bentang basement	1.082	0.762
sendi tanpa basement	1.028	0.697
pegas dengan basement penuh tanpa pegas dinding	1.203	0.935
pegas dengan basement penuh dan pegas dinding	1.170	0.879
pegas dgn 2 bentang basement	1.179	0.931
pegas dgn 1 bentang basement	1.219	0.943

pegas tanpa basement	1.333	1.049
jepit dengan basement penuh tanpa pegas dinding	1.101	0.767
jepit dengan basement penuh dan pegas dinding	1.100	0.766
jepit dgn 2 bentang basement	1.083	0.764
jepit dgn 1 bentang basement	1.080	0.761
jepit tanpa basement	1.025	0.695



Gambar 4.83 Periode Getar Arah x



Gambar 4.84 Periode Getar Arah Y

Pada model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit, periode getar baik arah x maupun arah y yang terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, model bangunan dengan 1 bentang basement, dan model bangunan tanpa basement.

Akan tetapi untuk model bangunan dengan peletakan pegas, periode getar baik arah x maupun arah y yang terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan tanpa basement, model bangunan dengan 1 bentang basement, model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, dan model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding.

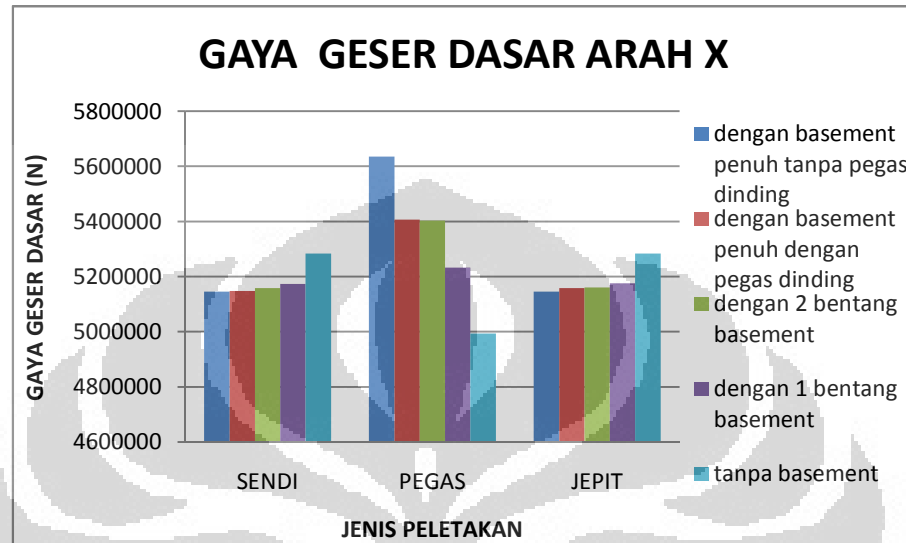
Keberadaan pegas dinding model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi tidak memberikan pengaruh kekakuan yang signifikan, akan tetapi memberikan pengaruh kekakuan yang signifikan untuk model bangunan dengan peletakan pegas dimana akibat keberadaan pegas dinding dapat mengurangi kefleksibelan dari struktur bangunan sehingga periode getarnya semakin mengecil.

#### 4.2.2 Gaya Geser Dasar

Tabel 4.84 Gaya Geser Dasar

Model	Vx dinamik (N)	Vy dinamik (N)
sendi dengan basement penuh tanpa pegas dinding	5145019.83	5595119.65
sendi dengan basement penuh dan pegas dinding	5147395.85	5590595.33
sendi dgn 2 bentang basement	5159025.44	5506086.79
sendi dgn 1 bentang basement	5172898.57	5471833.99
sendi tanpa basement	5284277.6	5349595.04
pegas dengan basement penuh tanpa pegas dinding	5635000.91	7028088.1
pegas dengan basement penuh dan pegas dinding	5406231.61	6310913.19
pegas dgn 2 bentang basement	5403105.49	6276791.33
pegas dgn 1 bentang basement	5232965.89	6210743.34
pegas tanpa basement	4993806.78	6475593.26
jepit dengan basement penuh tanpa pegas dinding	5145272.6	5593342.79
jepit dengan basement penuh dan pegas dinding	5161468.47	5589242.93
jepit dgn 2 bentang basement	5160792.38	5503415.54

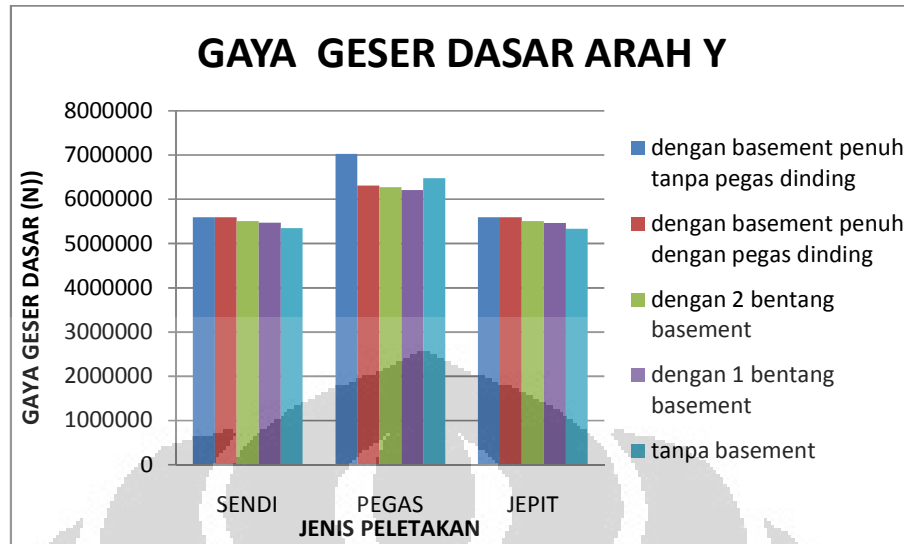
jepit dgn 1 bentang basement	5175726.33	5465187.45
jepit tanpa basement	5284126.8	5333540.76



Gambar 4.85 Gaya Geser Dasar Arah x

Untuk gaya geser arah x pada model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit, gaya geser terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan tanpa basement, model bangunan dengan 1 bentang basement, model bangunan dengan 2 bentang basement, model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding, dan model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding. Hal ini diakibatkan karena model bangunan tanpa basement memiliki kekakuan yang paling besar dan model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding memiliki kekakuan yang paling kecil dibandingkan dengan model bangunan lainnya.

Untuk model bangunan dengan peletakan pegas, gaya geser dasar arah x berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, model bangunan dengan 1 bentang basement, dan model bangunan tanpa basement.



Gambar 4.86 Gaya Geser Dasar Arah y

Untuk gaya geser arah y pada model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit, gaya geser terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, model bangunan dengan 1 bentang basement dan model bangunan tanpa basement.

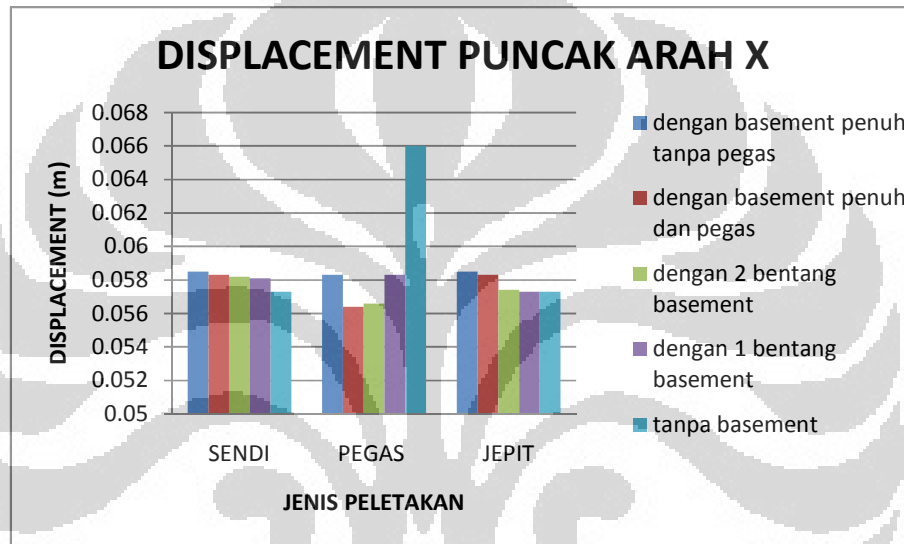
Sedangkan untuk model bangunan dengan peletakan pegas, gaya geser dasar arah y terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan tanpa basement, model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, dan model bangunan dengan 1 bentang basement.

#### 4.2.3 Displacement

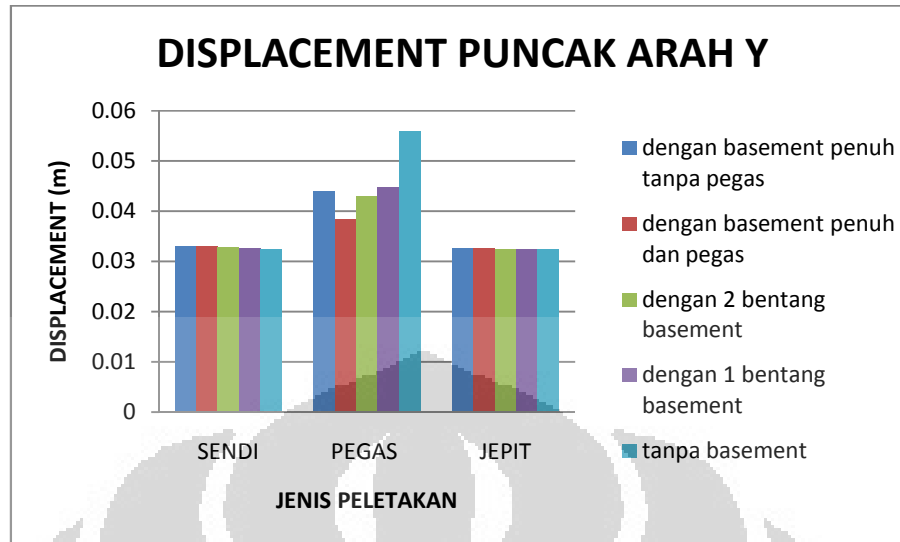
Tabel 4.85 Displacement

Model	Ux (m)	Uy (m)
sendi dengan basement tanpa pegas	0.0585	0.0329
sendi dengan basement penuh dgn pegas	0.0583	0.0329
sendi dgn 2 bay basement	0.0582	0.0328
sendi dgn 1 bentang basement	0.0581	0.0327
sendi tanpa basement	0.0573	0.0323
jepit dengan basement tanpa pegas	0.0585	0.0327
jepit dengan basement penuh dgn pegas	0.0583	0.0327

jepit dgn 2 bay basement	0.0574	0.0324
jepit dgn 1 bentang basement	0.0573	0.0323
jepit tanpa basement	0.0573	0.0323
pegas dengan basement tanpa pegas	0.0583	0.0439
pegas dengan basement penuh dgn pegas	0.0564	0.0384
pegas dgn 2 bay basement	0.0566	0.0429
pegas dgn 1 bentang basement	0.0583	0.0447
pegas tanpa basement	0.066	0.0558



Gambar 4.87 *Displacement* puncak arah x



Gambar 4.88 *Displacement* puncak arah y

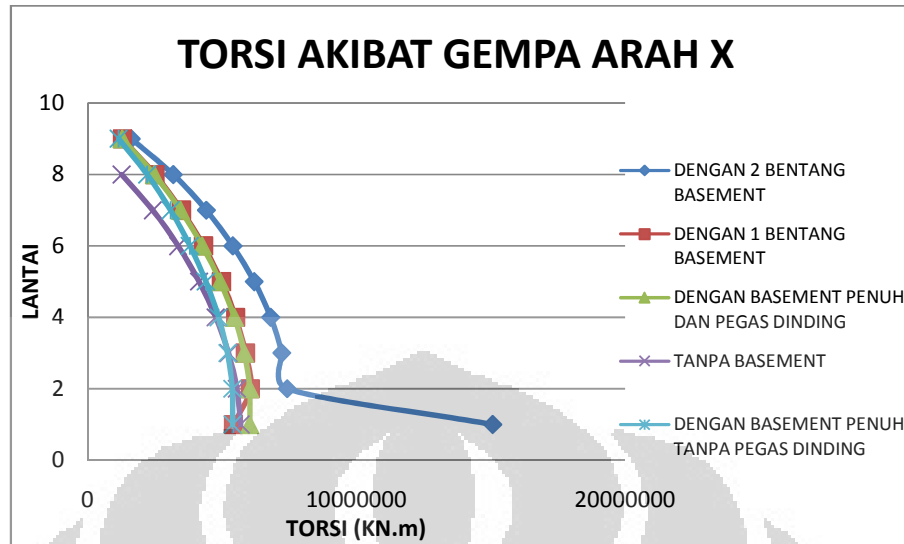
Pada model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit, *displacement* arah x dan arah y terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, model bangunan dengan 1 bentang basement, dan model bangunan tanpa basement, sehingga dapat disimpulkan bahwa kekakuan terkecil dimiliki oleh model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding.

Berbeda dengan model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit, pada model bangunan dengan peletakan pegas, *displacement* arah x dan arah y terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan tanpa basement, model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan dengan 1 bentang basement, model bangunan dengan 2 bentang basement dan model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding.

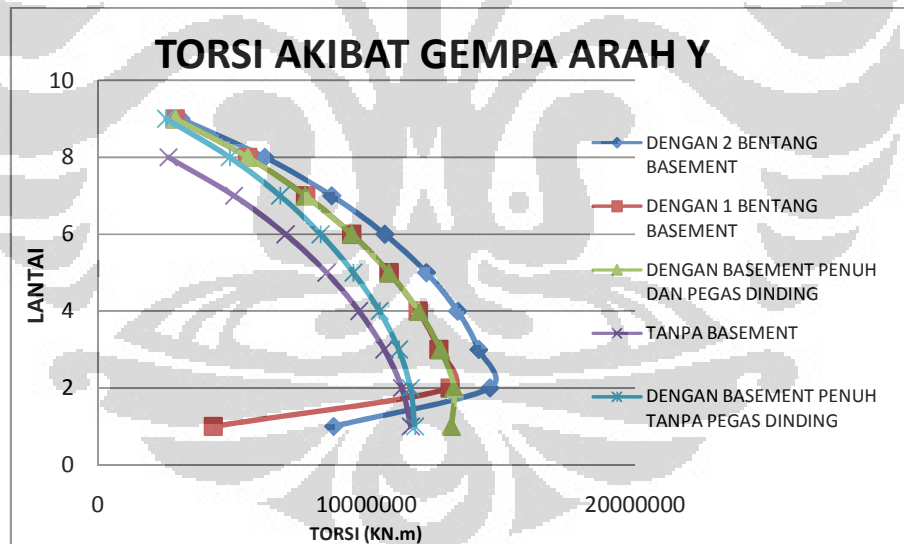
#### 4.2.4 Torsi

Berikut ini adalah grafik torsi untuk model bangunan dengan peletakan jepit:



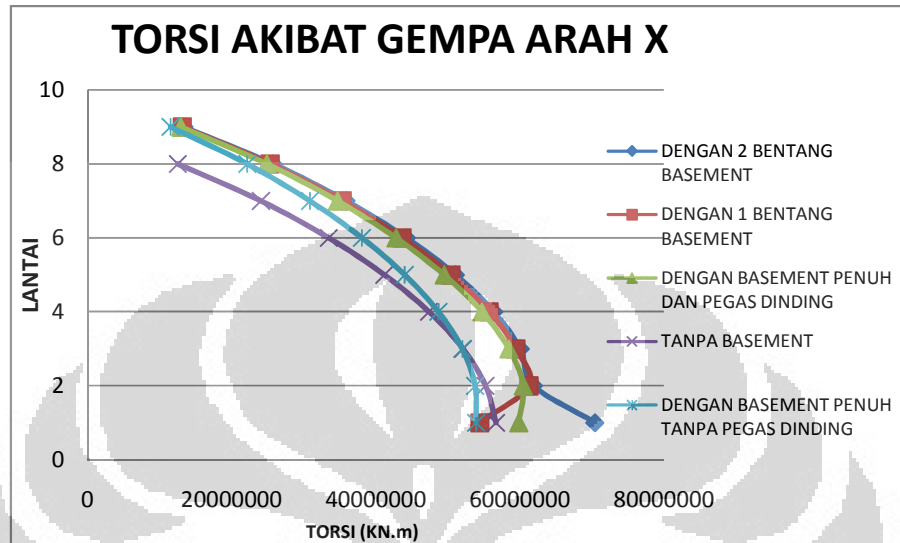


Gambar 4.89 Torsi Akibat Gempa Arah X Pada Model Bangunan dengan Peletakan Jepit

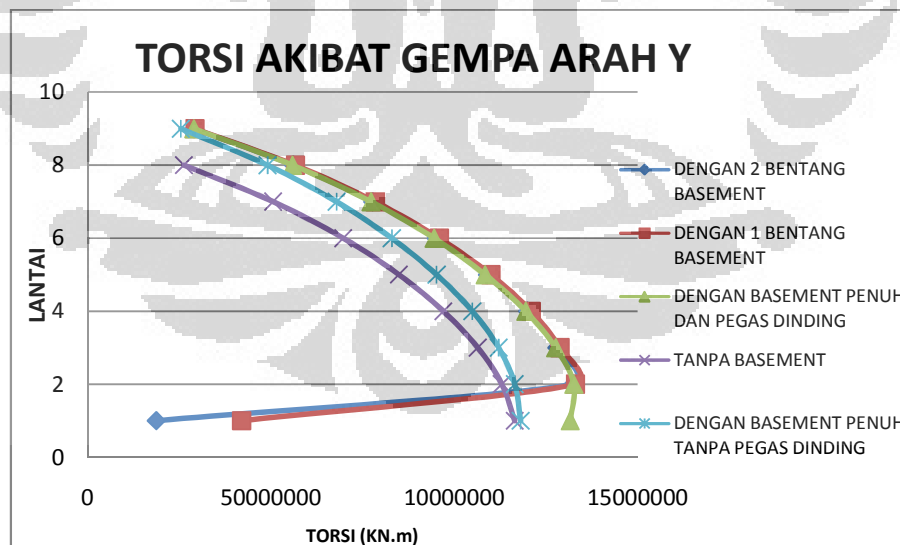


Gambar 4.90 Torsi Akibat Gempa Arah Y Pada Model Bangunan dengan Peletakan Jepit

Berikut ini adalah grafik torsi untuk model bangunan dengan peletakan sendi:

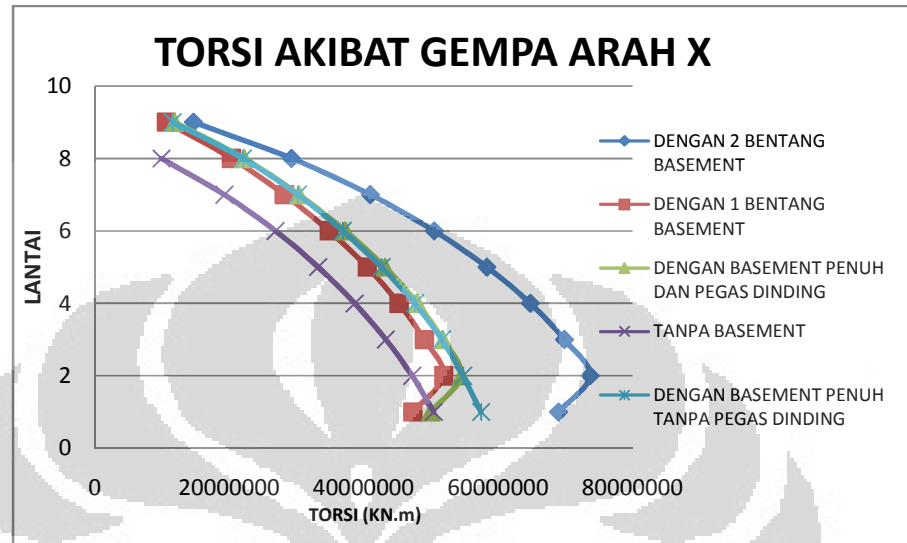


Gambar 4.91 Torsi Akibat Gempa Arah X Pada Model Bangunan dengan Peletakan Sendi

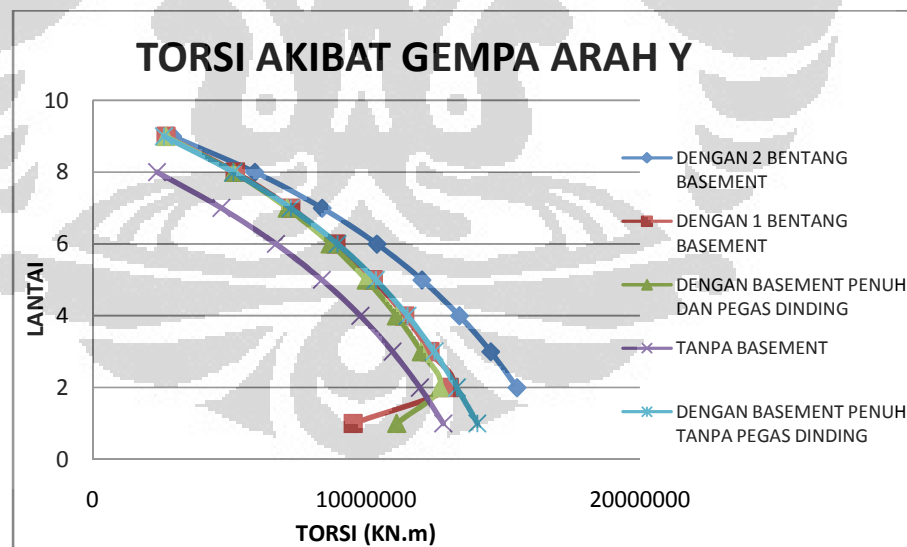


Gambar 4.92 Torsi Akibat Gempa Arah Y Pada Model Bangunan dengan Peletakan Sendi

Berikut ini adalah grafik torsi untuk model bangunan dengan peletakan pegas:



Gambar 4.93 Torsi Akibat Gempa Arah X Pada Model Bangunan dengan Peletakan Pegas



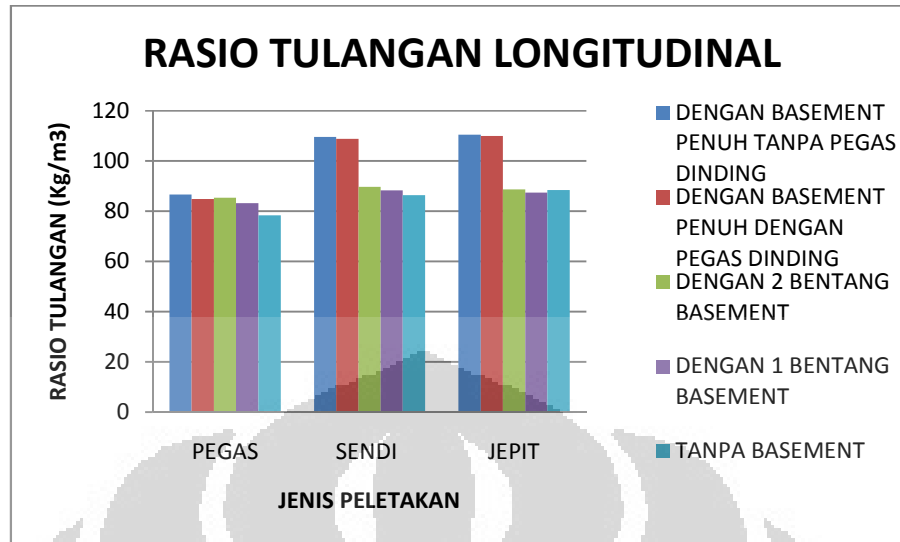
Gambar 4.94 Torsi Akibat Gempa Arah Y Pada Model Bangunan dengan Peletakan Pegas

Pada model bangunan dengan peletakan sendi, jepit dan pegas, torsi baik arah x maupun arah y yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan 2 bentang basement dan yang terkecil dihasilkan oleh bangunan tanpa basement. Hal ini disebabkan karena bangunan dengan 2 bentang basement menghasilkan eksentrisitas bangunan yang terbesar yang diakibatkan karena perbedaan kekakuan yang cukup signifikan dilantai basement

#### 4.2.5 Rasio Tulangan

Tabel 4.86 Rasio tulangan

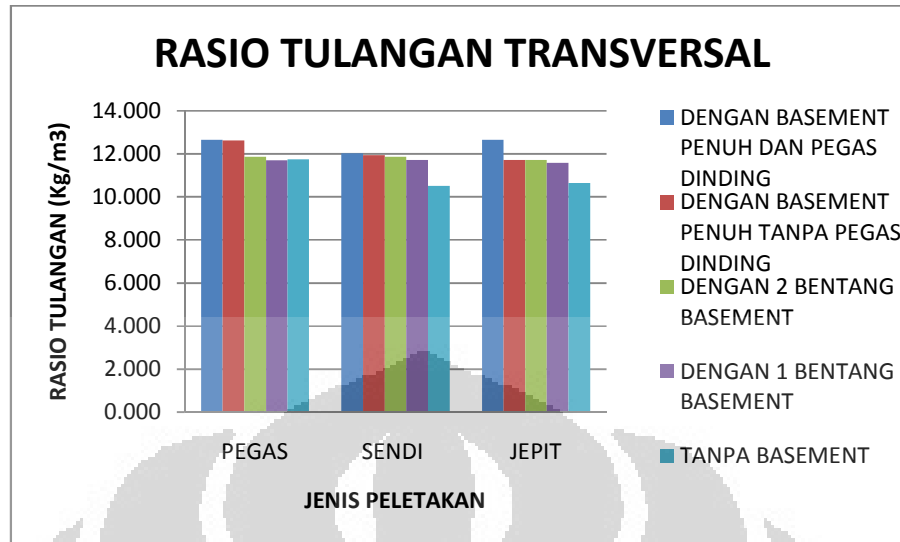
Model	Rasio tulangan longitudinal (kg/m <sup>3</sup> )	Rasio tulangan transversal (kg/m <sup>3</sup> )
sendi dengan basement penuh tanpa pegas dinding	109.551	11.945
sendi dengan basement penuh dan pegas dinding	108.824	12.025
sendi dgn 2 bentang basement	89.712	11.858
sendi dgn 1 bentang basement	88.320	11.702
sendi tanpa basement	86.481	10.508
pegas dengan basement penuh tanpa pegas dinding	86.689	12.617
pegas dengan basement penuh dan pegas dinding	84.881	12.657
pegas dgn 2 bentang basement	85.434	11.868
pegas dgn 1 bentang basement	83.191	11.698
pegas tanpa basement	78.284	11.747
jepit dengan basement penuh tanpa pegas dinding	110.528	11.719
jepit dengan basement penuh dan pegas dinding	109.977	11.865
jepit dgn 2 bentang basement	88.725	11.714
jepit dgn 1 bentang basement	87.374	11.580
jepit tanpa basement	88.420	10.650



Gambar 4.95 Rasio tulangan Longitudinal

Untuk rasio tulangan longitudinal pada model bangunan dengan peletakan sendi dan jepit, yang terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan dengan basement penuh dengan pegas dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, model bangunan dengan 1 bentang basement, dan model bangunan tanpa basement.

Sedangkan untuk model bangunan dengan peletakan pegasi, rasio tulangan longitudinal terbesar dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding, model bangunan dengan 1 bentang basement, dan model bangunan tanpa basement.



Tabel 4.87 Rasio Tulangan Transversal

Rasio tulangan transversal untuk model bangunan dengan peletakan sendi, jepit dan pegasi yang terbesar berturut-turut dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh dan pegasi dinding, model bangunan dengan basement penuh tanpa pegasi dinding, model bangunan dengan 2 bentang basement, model bangunan dengan 1 bentang basement, dan model bangunan tanpa basement.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini, didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk setiap variasi basement, periode getar arah x dan arah y yang terbesar dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan pegas dan periode getar arah x dan arah y yang terkecil dihasilkan oleh model bangunan dengan peletakan jepit
- Untuk bangunan dengan peletakan sendi dan jepit, bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding menghasilkan periode getar terbesar dan yang terkecil dihasilkan oleh model bangunan tanpa basement. Sedangkan untuk bangunan dengan peletakan pegas, bangunan tanpa basement menghasilkan periode getar terbesar dan yang terkecil dihasilkan oleh model bangunan basement penuh dengan pegas dinding.
- Gaya geser dasar arah x untuk model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi terbesar dihasilkan oleh bangunan tanpa basement dan yang paling kecil dihasilkan oleh bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding. Sebaliknya, untuk model bangunan dengan peletakan pegas, gaya geser dasar terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding dan gaya geser dasar terkecil dihasilkan oleh bangunan tanpa basement
- Gaya geser dasar arah y untuk model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi yang terkecil dihasilkan oleh bangunan tanpa basement dan yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding. Sebaliknya, untuk model bangunan dengan peletakan pegas, gaya geser terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding dan gaya geser terkecil dihasilkan oleh bangunan dengan 1 bentang basement
- Perbedaan taraf penjepitan lateral menyebabkan penurunan gaya geser tingkat pada lantai basement terbawah.

- *Displacement* arah  $x$  dan arah  $y$  untuk model bangunan dengan peletakan jepit dan sendi terkecil dihasilkan oleh bangunan tanpa basement dan yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding. Sedangkan, untuk model bangunan dengan peletakan pegas, gaya geser terbesar dihasilkan oleh bangunan tanpa basement dan gaya geser terkecil dihasilkan oleh bangunan dengan basement penuh dengan pegas dinding.
- Pada model bangunan dengan peletakan sendi, jepit dan pegas, torsi baik arah  $x$  maupun arah  $y$  yang terbesar dihasilkan oleh bangunan dengan 2 bentang basement dan yang terkecil dihasilkan oleh bangunan tanpa basement.
- Rasio tulangan longitudinal untuk model bangunan dengan peletakan jepit, sendi dan pegas terbesar dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh tanpa pegas dinding dan yang paling kecil dihasilkan oleh bangunan dengan tanpa basement
- Rasio tulangan transversal untuk model bangunan dengan peletakan jepit, sendi dan pegas yang terbesar dihasilkan oleh model bangunan dengan basement penuh dan pegas dinding dan yang paling kecil dihasilkan oleh bangunan dengan tanpa basement

## 5.2 Saran

Bangunan dengan perbedaan taraf penjepitan lateral sebaiknya dihindari karena akan menimbulkan penambahan torsi pada bangunan yang akan meningkatkan resiko kegagalan struktur bangunan. Jika taraf penjepitan lateral pada bangunan tidak dapat dihindari, maka sebaiknya digunakan peletakan sendi karena menghasilkan rasio tulangan yang terbesar sehingga menghasilkan desain bangunan yang lebih konservatif.



## DAFTAR PUSTAKA

Kramer, “*Geotechnical Earthquake Engineering*”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1985

Prakash, Shamsar, “*Seismic Analysis and Design for Soil-Pile-Structure Interaction*”, American Society of Civil Engineering, Reston, 1997

Chopra, Anil, “*Dynamics of Structure*”, Prentice-Hall, Canada, 1997

Newmark, “*Fundamental of Earthquake Engineering*”, Prentice-Hall, London, 1971

Irsyam, Mansyur, “*Dinamika Tanah dan Pondasi Mesin*”, ITB, 2008

Computer and Structures, Inc. (2007). *CSI Analysis Reference Manual for SAP2000®, ETABS®, and SAFE™*. Berkeley: Author

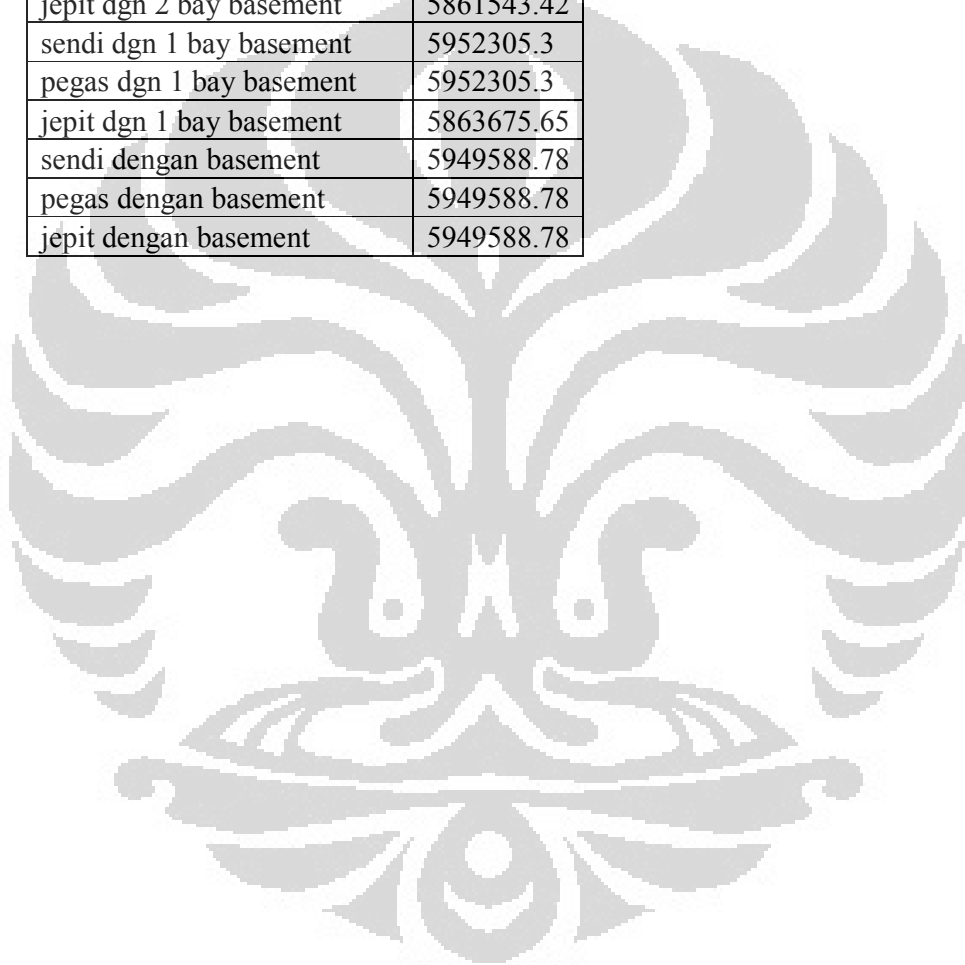
Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI-1726-2002)*.

Jakarta: Author

Reese, Lymon; Isenhowe, William; Shin-Tower wang, “*Analysis and Design of Shallow and Deep foundation*”, John Wiley&Sons, United States of America, 2006

## Massa Model Bangunan

Model	Massa (kg)
sendi tanpa basement	5205934.23
jepit tanpa basement	5205934.23
pegas tanpa basement	5205934.23
sendi dgn 2 bay basement	5920805.25
pegas dgn 2 bay basement	5920805.25
jepit dgn 2 bay basement	5861543.42
sendi dgn 1 bay basement	5952305.3
pegas dgn 1 bay basement	5952305.3
jepit dgn 1 bay basement	5863675.65
sendi dengan basement	5949588.78
pegas dengan basement	5949588.78
jepit dengan basement	5949588.78



## Lampiran 2. Periode dan Partisipasi Massa

## Model Pegas Tanpa Basement

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.333	79.312	0.000	79.312	0.000	0.000	0
2	1.049	0.000	82.798	79.312	82.798	0.000	0
3	0.772	0.000	0.000	79.312	82.798	86.353	86.353
4	0.383	16.715	0.000	96.026	82.798	0.000	86.353
5	0.319	0.000	16.498	96.026	99.297	0.000	86.353
6	0.248	0.000	0.000	96.026	99.297	13.322	99.6754
7	0.195	3.552	0.000	99.579	99.297	0.000	99.6754
8	0.130	0.000	0.627	99.579	99.924	0.000	99.6754
9	0.115	0.374	0.000	99.953	99.924	0.000	99.6754
10	0.092	0.000	0.000	99.953	99.924	0.292	99.9669
11	0.078	0.000	0.058	99.953	99.981	0.000	99.9669
12	0.075	0.040	0.000	99.993	99.981	0.000	99.9669

## Model Sendi Tanpa Basement

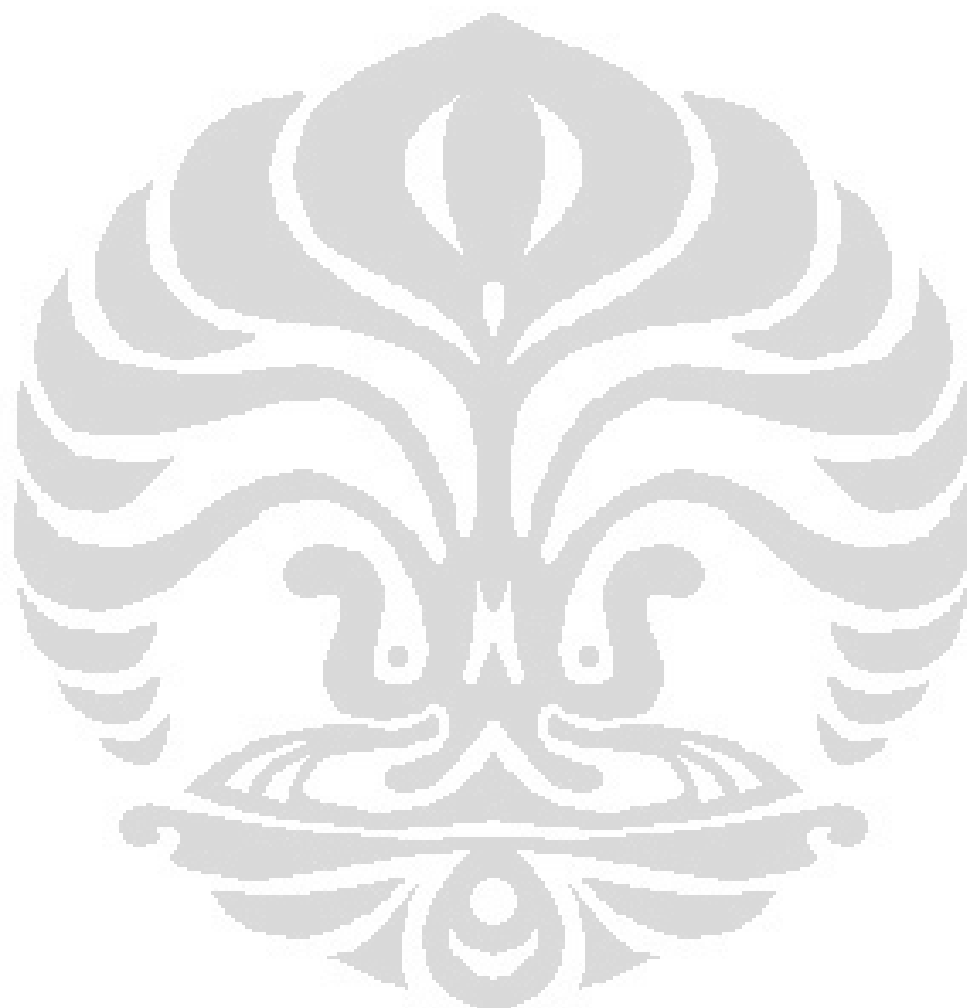
Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.028	74.050	0.000	74.050	0.000	0.000	0.000
2	0.697	0.000	72.287	74.050	72.287	0.000	0.000
3	0.487	0.000	0.000	74.050	72.287	71.982	71.982
4	0.276	15.360	0.000	89.409	72.287	0.000	71.982
5	0.177	0.000	19.984	89.409	92.270	0.000	71.982
6	0.128	5.920	0.000	95.329	92.270	0.000	71.982
7	0.122	0.000	0.000	95.329	92.270	20.331	92.314
8	0.088	0.000	4.955	95.329	97.225	0.000	92.314
9	0.078	2.676	0.000	98.005	97.225	0.000	92.314
10	0.062	0.000	1.737	98.005	98.962	0.000	92.314
11	0.061	0.000	0.000	98.005	98.962	4.967	97.281
12	0.056	0.978	0.000	98.983	98.962	0.000	97.281

## Model Jepit Tanpa Basement

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.025	73.840	0.000	73.840	0.000	0.000	0.000
2	0.695	0.000	72.091	73.840	72.091	0.000	0.000
3	0.486	0.000	0.000	73.840	72.091	71.857	71.857
4	0.275	15.322	0.000	89.162	72.091	0.000	71.857
5	0.176	0.000	19.889	89.162	91.980	0.000	71.857
6	0.127	5.938	0.000	95.100	91.980	0.000	71.857

## Lampiran 2. (lanjutan)

7	0.122	0.000	0.000	95.100	91.980	20.268	92.125
8	0.088	0.000	4.994	95.100	96.974	0.000	92.125
9	0.078	2.737	0.000	97.838	96.974	0.000	92.125
10	0.062	0.000	1.813	97.838	98.787	0.000	92.125
11	0.061	0.000	0.000	97.838	98.787	4.999	97.124
12	0.056	1.061	0.000	98.898	98.787	0.000	97.124



## Lampiran 3. Gaya Geser Tingkat

## Model Pegas Tanpa Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
8	964307.32	1149502.21
7	1876697.54	2296997.53
6	2617189.39	3271009.21
5	3226018.13	4086254.07
4	3737167.94	4762873.53
3	4167820.11	5323245.81
2	4522215.51	5788462.75
1	4804273.35	6180192.55

## Model Sendi Tanpa Basement

Lantai	V X (N)	V Y (N)
8	1220584.83	1279490.47
7	2346352.47	2467542.95
6	3256095.85	3396258.69
5	3993641.84	4122799.73
4	4578644.96	4690803.56
3	5013974.38	5121372.74
2	5292906.27	5413828.54
1	5416384.29	5563579.16

## Model Jepit Tanpa Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
8	1193698	1229561
7	2294109	2370642
6	3183212	3262467
5	3903541	3959974
4	4474166	4504798
3	4897699	4916757
2	5167437	5195109
1	5284127	5333541

Lampiran 4. *Displacement*

## Model Pegas Tanpa Basement

Lantai	Ux (m)	Uy (m)
8	0.066	0.0508
7	0.0578	0.0457
6	0.0516	0.0404
5	0.0448	0.0349
4	0.0373	0.0294
3	0.0295	0.024
2	0.0216	0.0188
1	0.0142	0.014

## Model Sendi Tanpa Basement

Lantai	Ux (m)	Uy (m)
8	0.05	0.0323
7	0.0512	0.0281
6	0.0443	0.0236
5	0.0367	0.019
4	0.0284	0.0144
3	0.02	0.01
2	0.0119	0.006
1	0.0049	0.0026

## Model Jepit Tanpa Basement

Lantai	Ux (m)	Uy (m)
8	0.0501	0.0246
7	0.0444	0.0213
6	0.0381	0.0177
5	0.031	0.014
4	0.0235	0.0104
3	0.0159	0.007
2	0.0088	0.004
1	0.0032	0.0016

## Lampiran 5. Gaya Geser

## Model Pegas Tanpa Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X	Gaya Arah Y	Gaya Arah X	Gaya Arah Y
8	749531.64	423894.41	964307.32	1149502.21
7	550802.62	1508431.74	1876697.54	2296997.53
6	929376.92	2460858.21	2617189.39	3271009.21
5	1325908.72	2893719.92	3226018.13	4086254.07
4	1690852.65	4077118.63	3737167.94	4762873.53
3	2075870.71	4750604.57	4167820.11	5323245.81
2	2483778.26	5376565.88	4522215.51	5788462.75
1	3278858.43	5802487.52	4804273.35	6180192.55

## Model Sendi Tanpa Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X	Gaya Arah Y	Gaya Arah X	Gaya Arah Y
8	612217.91	618989.73	1190814.47	1230279.29
7	827355.68	1928230.27	2289124.36	2372637.45
6	1374273.13	2836039.27	3176678.88	3265633.35
5	1922206.5	3612653.25	3896235.94	3964230.51
4	2421410.03	4270962.96	4466970.69	4510388.04
3	2943750.3	4835130.13	4891682.33	4924396.86
2	3410629.51	5294740.92	5163811	5205604.36
1	4576931.94	5668906	5284277.36	5349595.34

## Model Jepit Tanpa Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X	Gaya Arah Y	Gaya Arah X	Gaya Arah Y
8	611556.84	619639.81	1193698.12	1229560.93
7	830423.35	1927417.79	2294109.35	2370641.84
6	1379184.67	2834257.26	3183212.39	3262467.34
5	1928245.28	3609752.38	3903541.46	3959973.56
4	2430798.45	4266999.87	4474166.27	4504798.21
3	2941951.32	4826660.94	4897699.25	4916757.38
2	3480297.32	5302396.42	5167436.8	5195109.18
1	4150450.38	5403468.74	5284126.52	5333541.13

## Lampiran 6. Gaya Geser tingkat

## Model Pegas Tanpa Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
8	964307.3	1149502.21
7	1876698	2296997.53
6	2617189	3271009.21
5	3226018	4086254.07
4	3737168	4762873.53
3	4167820	5323245.81
2	4522216	5788462.75
1	4804273	6180192.55

## Model Sendi Tanpa Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
8	1229509.06	1283661.61
7	2362932.63	2474950.08
6	3278708.76	3406015.9
5	4020647.7	4134212.4
4	4608391.26	4703009.33
3	5044630.23	5133094.71
2	5322459.91	5423693.98
1	5442650.31	5568216.94

## Model Jepit Tanpa Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
8	1193698	1229561
7	2294109	2370642
6	3183212	3262467
5	3903541	3959974
4	4474166	4504798
3	4897699	4916757
2	5167437	5195109
1	5284127	5333541



## Lampiran 7. Periode Getar dan Partisipasi Massa

## Model Pegas Dengan 1 Bentang Basement

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	SumUZ	RZ	SumRZ
1	1.219	70.223	0.004	70.223	0.004	0.000	0.114	0.114
2	0.943	0.003	68.926	70.226	68.930	0.000	0.011	0.125
3	0.684	0.001	0.007	70.228	68.937	0.000	71.397	71.522
4	0.331	17.310	0.000	87.538	68.938	0.000	0.002	71.523
5	0.223	0.000	21.383	87.538	90.320	0.000	0.030	71.553
6	0.181	0.854	0.030	88.392	90.350	0.000	20.140	91.693
7	0.169	8.794	0.001	97.185	90.351	0.000	4.379	96.072
8	0.112	0.030	6.395	97.215	96.746	0.000	0.001	96.073
9	0.111	2.409	0.079	99.624	96.825	0.000	0.133	96.206
10	0.089	0.029	0.003	99.653	96.828	0.000	3.266	99.472

## Model Sendi Dengan 1 Bentang Basement

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.082	76.418	0.000	76.418	0.000	0.076	0.076
2	0.762	0.000	74.369	76.418	74.369	0.000	0.076
3	0.534	0.000	0.000	76.418	74.369	74.032	74.108
4	0.288	14.627	0.000	91.045	74.369	0.003	74.111
5	0.181	0.000	18.485	91.045	92.853	0.000	74.111
6	0.132	5.166	0.000	96.211	92.853	0.040	74.151
7	0.125	0.007	0.000	96.219	92.853	18.741	92.892
8	0.089	0.000	4.480	96.219	97.333	0.000	92.892
9	0.079	2.196	0.000	98.414	97.333	0.001	92.893
10	0.062	0.000	1.635	98.414	98.969	0.000	92.893

## Model Jepit Dengan 1 Bentang Basement

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.08	76.30	0.00	76.30	0.00	0.09	0.09
2	0.76	0.00	74.28	76.30	74.28	0.00	0.09
3	0.53	0.00	0.00	76.30	74.28	73.98	74.07
4	0.29	14.64	0.00	90.94	74.28	0.00	74.07
5	0.18	0.00	18.47	90.94	92.75	0.00	74.07
6	0.13	5.20	0.00	96.14	92.75	0.02	74.10
7	0.13	0.00	0.00	96.14	92.75	18.74	92.84
8	0.09	0.00	4.49	96.14	97.24	0.00	92.84
9	0.08	2.22	0.00	98.36	97.24	0.00	92.84
10	0.06	0.00	1.66	98.36	98.90	0.00	92.84

## Lampiran 8. Gaya Geser

## Model Pegas Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1081377.25	1295611.34
8	2056711.06	2519867.95
7	2827119.11	3495973.53
6	3463848.93	4279283.68
5	3999430.78	4919638.15
4	4439187.2	5443163.67
3	4780588.8	5856778.51
2	5021861.34	6160179.61
1	4016791.79	4422427.85

## Model Sendi Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1289207.04	1427454.92
8	2486535.98	2764003.63
7	3460124.12	3821986.76
6	4257172.89	4659858.62
5	4899860.09	5322574.77
4	5391994.19	5831615.89
3	5724125.8	6184142.26
2	5886758.05	6369214.45
1	4812680.64	2160537.13

## Model Jepit Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1274696.39	1407591.74
8	2458146.06	2725217.7
7	3420237.69	3768058.22
6	4207572.54	4593785.6
5	4841996	5246661.88
4	5327167.75	5747699.43
3	5653766.88	6094143.19
2	5812340.14	6274034.86
1	4835829.96	2217624.6

## Lampiran 9. Displacement

## Model Pegas Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0583	0.0447
8	0.0527	0.0395
7	0.0464	0.034
6	0.0395	0.0283
5	0.032	0.0226
4	0.0242	0.017
3	0.0164	0.0117
2	0.0093	0.0069
1	0.0032	0.0023

## Model Sendi Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0581	0.0329
8	0.052	0.0286
7	0.0451	0.024
6	0.0373	0.0193
5	0.029	0.0147
4	0.0204	0.0102
3	0.0122	0.0061
2	0.0051	0.0027
1	0	0

## Model Jepit Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0573	0.0323
8	0.0512	0.0281
7	0.0443	0.0236
6	0.0367	0.019
5	0.0284	0.0144
4	0.02	0.01
3	0.0119	0.006
2	0.0049	0.0026
1	0	0

## Lampiran 10. Gaya Geser

## Model Pegas Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)
9	741445.95	569976.1	1081377.25	1262779.08
8	687054.41	1720266.01	2056711.06	2456011.65
7	1085718.61	2635493.62	2827119.11	3407381.6
6	1517592.58	3452631.32	3463848.93	4170841.79
5	1926627.76	4164032.53	3999430.78	4794968.96
4	2345450.57	4802089.36	4439187.2	5305227.75
3	2837013.66	5377971.59	4780588.8	5708361.12
2	3219674.08	5547894.38	5021861.34	6004073.7
1	3983495.12	5325392.44	4016791.79	4310358.53

## Model Sendi Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)
9	646856.04	528134.79	1132437.04	1226099.41
8	750834.59	1837647.01	2184340.56	2374809.15
7	1259609.94	2749356.41	3039604.48	3283809.37
6	1773391.61	3539848.63	3739741.45	4003585.13
5	2241211.28	4212256.83	4304263.03	4572940.16
4	2715013.33	4788491.75	4736534.87	5010420.33
3	3201098.19	5270610.25	5028254.93	5313582.3
2	3830319.13	5452602.07	5171065.34	5472906.65
1	4374182.78	2749820.73	4261139.55	1873390.04

## Model Jepit Dengan 1 Bentang Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)
9	640123.15	546223.37	1135081.38	1226125.21
8	758914.49	1864576.31	2188910.12	2373883.01
7	1270075	2774482.24	3045625.72	3282280.68
6	1784392.78	3564220.13	3746725.33	4001555.4
5	2253048.25	4234489.13	4311661.62	4570262.96
4	2716344.13	4804852.44	4743693.46	5006706.82
3	3250492.17	5296660.11	5034520.82	5308487.1
2	3606421.15	5225348.1	5175725.86	5465187.16
1	4559662.57	2816075.35	4306170.94	1931728.75

## Lampiran 11. Periode Getar dan Partisipasi Massa

## Model Pegas Dengan 2 Bentang Basement

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.179	67.686	0.001	67.686	0.001	0.000	0.000
2	0.931	0.001	67.544	67.687	67.545	0.019	0.019
3	0.670	0.050	0.022	67.737	67.567	71.267	71.286
4	0.326	18.871	0.000	86.608	67.567	0.050	71.336
5	0.224	0.000	21.902	86.608	89.469	0.032	71.368
6	0.186	0.518	0.017	87.126	89.486	22.547	93.915
7	0.172	10.472	0.001	97.598	89.487	2.718	96.633
8	0.114	0.021	7.706	97.619	97.193	0.001	96.634
9	0.113	2.101	0.068	99.720	97.261	0.116	96.750
10	0.092	0.024	0.004	99.744	97.265	2.953	99.703

## Model Sendi Dengan 2 Bentang Basement

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.084	76.081	0.000	76.081	0.000	0.007	0.007
2	0.765	0.000	74.504	76.081	74.504	0.000	0.007
3	0.536	0.003	0.000	76.083	74.505	73.950	73.957
4	0.288	14.608	0.000	90.691	74.505	0.028	73.985
5	0.184	0.000	18.659	90.691	93.164	0.000	73.985
6	0.132	5.145	0.000	95.836	93.164	0.064	74.049
7	0.127	0.035	0.000	95.871	93.164	18.887	92.936
8	0.090	0.000	4.313	95.871	97.477	0.000	92.936
9	0.079	2.224	0.000	98.094	97.477	0.003	92.939
10	0.062	0.000	1.442	98.094	98.919	0.000	92.939

## Model Jepit Dengan 2 Bentang Basement

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.083	76.006	0.000	76.006	0.000	0.010	0.010
2	0.764	0.000	74.470	76.006	74.470	0.000	0.010
3	0.536	0.003	0.000	76.009	74.470	73.935	73.945
4	0.287	14.618	0.000	90.627	74.470	0.033	73.978
5	0.183	0.000	18.648	90.627	93.119	0.000	73.978
6	0.132	5.140	0.000	95.767	93.119	0.122	74.099
7	0.127	0.058	0.000	95.825	93.119	18.821	92.920
8	0.090	0.000	4.316	95.825	97.435	0.000	92.920
9	0.079	2.242	0.000	98.067	97.435	0.004	92.924
10	0.062	0.000	1.452	98.067	98.887	0.002	92.925

## Lampiran 12. Gaya Geser Tingkat

## Model Pegas Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1125424.15	1283843.63
8	2133291.67	2492761.61
7	2920498	3452759.39
6	3566339.01	4221946.66
5	4109337.53	4852206.95
4	4553400.32	5369827.24
3	4893953.3	5781589.29
2	5133096.06	6087914.56
1	4474394.68	4679644.41

## Model Sendi Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1281861.38	1413093.23
8	2471131.03	2737725.08
7	3437445.79	3786563.39
6	4228221.12	4617274.03
5	4865868.18	5275440.99
4	5354260.39	5783831.53
3	5683828.17	6141179.15
2	5844943.57	6336835
1	5180765.19	833055.19

## Model Jepit Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1270961.5	1399469.88
8	2449872.6	2711215.86
7	3407623.63	3749805.07
6	4191187.24	4572349.63
5	4822756.98	5223966.71
4	5306111.82	5727132.99
3	5631768.15	6080701.99
2	5790159.32	6273218.44
1	5118213.32	830718.94

Lampiran 13. *Displacement*

## Model Pegas Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0566	0.0429
8	0.051	0.0379
7	0.0447	0.0326
6	0.0377	0.0272
5	0.0302	0.0217
4	0.0225	0.0164
3	0.0149	0.0113
2	0.0082	0.0068
1	0.003	0.0023

## Model Sendi Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0582	0.0328
8	0.0519	0.0285
7	0.045	0.024
6	0.0372	0.0193
5	0.0289	0.0147
4	0.0203	0.0103
3	0.0121	0.0063
2	0.005	0.0029
1	0	0

*Displacement Jepit* Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0574	0.0324
8	0.0513	0.0282
7	0.0444	0.0237
6	0.0367	0.0191
5	0.0285	0.0146
4	0.02	0.0102
3	0.0119	0.0062
2	0.0049	0.0028
1	0	0

## Lampiran 14. Gaya Geser

## Model Pegas Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah X (N)
9	727495.38	541974.5	1125424.15	1271761.9
8	740876.21	1761009.56	2133291.67	2469303.23
7	1160797.19	2679562.15	2920498	3420266.85
6	1612481.13	3498398.85	3566339.01	4182215.61
5	2048273.4	4214861.96	4109337.53	4806544.77
4	2505106.99	4858715.98	4553400.32	5319293.95
3	3017394.35	5475608.04	4893953.3	5727181.07
2	3564938.7	5558071.7	5133096.06	6030623.64
1	7184450.71	5276399.08	4474394.68	4635606.15

## Model Sendi Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah X (N)
9	650463.59	544748.6	1131386.92	1227709.15
8	750101.62	1866478.13	2181051.22	2378562.19
7	1256655.26	2778745.93	3033932.73	3289803.12
6	1768346.1	3570956.8	3731880.96	4011532.6
5	2233802.94	4244637.52	4294676.24	4583354.47
4	2703366.19	4822242.13	4725737.33	5025049.12
3	3194466.05	5327159.23	5016617.98	5335516.2
2	3779893.03	5346960.28	5158820.45	5505503.91
1	4282632.93	1535995.13	4572608.29	723766.46

## Model Jepit Dengan 2 Bentang Basement

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)
9	650035.84	544994.5	1132764.26	1227605.16
8	751715.62	1866578.99	2183487.16	2378259.53
7	1259190.29	2778732.31	3037097.71	3289302.69
6	1771509.92	3570686.82	3735461	4010833.01
5	2238857.05	4244579.12	4298357.38	4582426.94
4	2703559.05	4819745.46	4729154.92	5023800.87
3	3229131.28	5340017.15	5019401.21	5333949.11
2	3638394.43	5232687.93	5160569.8	5502823.19
1	4501014.92	1449903.14	4561687.46	728700.82



## Lampiran 15. Periode Getar dan Partisipasi Massa

## Model Pegas Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.170	64.312	0.000	64.312	0.000	0.000	0.000
2	0.879	0.000	64.438	64.312	64.438	0.000	0.000
3	0.636	0.000	0.000	64.312	64.438	67.683	67.683
4	0.317	17.777	0.000	82.089	64.438	0.000	67.683
5	0.218	0.000	23.944	82.089	88.382	0.000	67.683
6	0.179	0.000	0.000	82.089	88.382	28.177	95.860
7	0.165	13.853	0.000	95.942	88.382	0.000	95.860
8	0.115635	0.0000	9.5437	95.9415	97.9257	0.0000	95.8598

## Model Sendi Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.10	67.57	0.00	67.57	0.00	0.00	0.00
2	0.77	0.00	65.97	67.57	65.97	0.00	0.00
3	0.54	0.00	0.00	67.57	65.97	65.18	65.18
4	0.29	13.07	0.00	80.64	65.97	0.00	65.18
5	0.19	0.00	17.72	80.64	83.69	0.00	65.18
6	0.13	4.81	0.00	85.45	83.69	0.00	65.18
7	0.13	0.00	0.00	85.45	83.69	17.56	82.74
8	0.09	0.00	4.73	85.45	88.42	0.00	82.74
9	0.08	2.24	0.00	87.69	88.42	0.00	82.74
10	0.06	0.00	1.94	87.69	90.35	0.00	82.74
11	0.06	0.00	0.00	87.69	90.35	4.46	87.19
12	0.06	1.00	0.00	88.69	90.35	0.00	87.19
13	0.06	0.00	0.00	88.69	90.35	0.00	87.19
14	0.05	0.01	0.00	88.70	90.35	0.00	87.19
15	0.05	0.00	0.00	88.70	90.35	0.00	87.19
16	0.05	0.02	0.00	88.71	90.35	0.00	87.19
17	0.05	0.00	0.00	88.71	90.35	0.00	87.19
18	0.05	0.01	0.00	88.73	90.35	0.00	87.19
19	0.05	0.00	0.94	88.73	91.29	0.00	87.19
20	0.05	0.00	0.00	88.73	91.29	0.00	87.19
21	0.05	0.01	0.00	88.73	91.29	0.00	87.19
22	0.05	0.33	0.00	89.06	91.29	0.00	87.19
23	0.05	0.00	0.00	89.06	91.29	0.00	87.19
24	0.04	0.00	0.52	89.06	91.81	0.00	87.19

## Lampiran 15. (lanjutan)

25	0.04	0.06	0.00	89.13	91.81	0.00	87.19
26	0.04	0.00	0.00	89.13	91.81	1.70	88.89
27	0.04	0.00	0.00	89.13	91.81	0.00	88.89
28	0.04	0.00	0.00	89.13	91.81	0.00	88.89
29	0.04	0.00	0.00	89.13	91.81	0.00	88.89
30	0.04	0.41	0.00	89.54	91.81	0.00	88.89
31	0.04	0.00	0.28	89.54	92.09	0.00	88.89
32	0.04	0.31	0.00	89.84	92.09	0.00	88.89
33	0.04	0.00	0.00	89.84	92.09	0.00	88.89
34	0.04	0.00	0.10	89.84	92.19	0.00	88.89
35	0.04	0.26	0.00	90.10	92.19	0.00	88.89
36	0.04	0.00	0.00	90.10	92.19	0.72	89.61
37	0.03	0.00	7.79	90.10	99.98	0.00	89.61
38	0.03	0.08	0.00	90.18	99.98	0.00	89.61
39	0.03	0.00	0.00	90.18	99.98	0.33	89.94
40	0.03	0.00	0.00	90.18	99.98	0.13	90.07

## Model Jepit Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.1003	67.5598	0.0000	67.5598	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.7664	0.0000	65.9578	67.5598	65.9578	0.0000	0.0000
3	0.5376	0.0000	0.0000	67.5598	65.9578	65.1751	65.1751
4	0.2926	13.0753	0.0000	80.6351	65.9578	0.0000	65.1751
5	0.1865	0.0000	17.6910	80.6351	83.6488	0.0000	65.1751
6	0.1338	4.8060	0.0000	85.4411	83.6488	0.0001	65.1752
7	0.1286	0.0000	0.0000	85.4412	83.6488	17.5419	82.7171
8	0.0915	0.0000	4.7091	85.4412	88.3579	0.0000	82.7171
9	0.0802	2.2355	0.0000	87.6766	88.3579	0.0000	82.7171
10	0.0633	0.0000	1.9163	87.6766	90.2742	0.0000	82.7171
11	0.0630	0.0000	0.0000	87.6766	90.2742	4.4467	87.1638
12	0.0570	0.9973	0.0000	88.6739	90.2742	0.0000	87.1638
13	0.0557	0.0000	0.0000	88.6739	90.2742	0.0000	87.1638
14	0.0549	0.0086	0.0000	88.6825	90.2742	0.0000	87.1638
15	0.0546	0.0000	0.0000	88.6825	90.2742	0.0000	87.1638
16	0.0537	0.0174	0.0000	88.6999	90.2742	0.0000	87.1638
17	0.0526	0.0000	0.0000	88.6999	90.2742	0.0000	87.1638
18	0.0515	0.0150	0.0000	88.7149	90.2742	0.0000	87.1638
19	0.0507	0.0000	0.9218	88.7149	91.1960	0.0000	87.1638
20	0.0497	0.0000	0.0000	88.7149	91.1960	0.0000	87.1638

## Lmapiran 15. (lanjutan)

21	0.0479	0.0050	0.0000	88.7199	91.1960	0.0000	87.1638
22	0.0478	0.3283	0.0000	89.0482	91.1960	0.0000	87.1638
23	0.0465	0.0000	0.0000	89.0482	91.1960	0.0000	87.1638
24	0.0441	0.0000	0.5063	89.0482	91.7023	0.0000	87.1638
25	0.0440	0.0612	0.0000	89.1094	91.7023	0.0000	87.1638
26	0.0438	0.0000	0.0000	89.1094	91.7023	1.6887	88.8525
27	0.0436	0.0000	0.0000	89.1094	91.7023	0.0000	88.8525
28	0.0417	0.0027	0.0000	89.1122	91.7023	0.0000	88.8525
29	0.0414	0.0000	0.0000	89.1122	91.7023	0.0000	88.8525
30	0.0413	0.4057	0.0000	89.5178	91.7023	0.0000	88.8525
31	0.0403	0.0000	0.2635	89.5178	91.9657	0.0000	88.8525
32	0.0381	0.0000	0.0883	89.5178	92.0540	0.0000	88.8525
33	0.0380	0.3010	0.0000	89.8188	92.0540	0.0000	88.8525
34	0.0379	0.0000	0.0000	89.8188	92.0540	0.0000	88.8525
35	0.0354	0.2591	0.0000	90.0779	92.0540	0.0002	88.8527
36	0.0353	0.0001	0.0000	90.0780	92.0540	0.7144	89.5671
37	0.0320	0.0757	0.0000	90.1537	92.0540	0.0000	89.5671
38	0.0320	0.0000	7.9271	90.1537	99.9812	0.0000	89.5671
39	0.0310	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.3242	89.8913
40	0.0287	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.1280	90.0193
41	0.0274	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0325	90.0518
42	0.0245	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0518
43	0.0245	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0018	90.0536
44	0.0240	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0536
45	0.0240	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0536
46	0.0240	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0536
47	0.0240	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0536
48	0.0239	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0536
49	0.0239	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0001	90.0537
50	0.0238	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0537
51	0.0237	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0001	90.0538
52	0.0237	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0538
53	0.0236	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0538
54	0.0236	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0538
55	0.0236	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0538
56	0.0224	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0348	90.0886
57	0.0224	0.0000	0.0000	90.1537	99.9812	0.0000	90.0886
58	0.0218	9.8254	0.0000	99.9791	99.9812	0.0000	90.0886

## Lampiran 16. Gaya Geser Tingkat

## Model Pegas Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1147031.54	1293343.22
8	2151659.88	2494094.66
7	2931881.59	3433124.45
6	3579740.76	4178077.5
5	4125010.71	4786579.6
4	4563370.12	5288469.17
3	4893180.87	5689524.37
2	5118400.62	5984593.78
1	4650432.02	5161623.16

## Model Sendi Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1261073.87	1411645.84
8	2426667.51	2727380.14
7	3374236.06	3765967.71
6	4151280.18	4587975.52
5	4780856.79	5241497.19
4	5267396.49	5750965.11
3	5602256.22	6116835.27
2	5775026.08	6328973.12
1	5709382.44	6217715.12

## Model Jepit Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1257879.48	1411386.57
8	2420524.65	2727044.95
7	3365671.36	3765612.09
6	4140704.9	4587610.76
5	4768619.94	5241072.52
4	5253835.73	5750391.25
3	5587750.48	6115991.2
2	5760042.7	6327741.8
1	5700112.91	6218251.47

Lampiran 17. *Displacement*

## Model Pegas Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0564	0.0384
8	0.0507	0.0338
7	0.0443	0.029
6	0.0372	0.024
5	0.0296	0.0189
4	0.0217	0.0141
3	0.0141	0.0095
2	0.0073	0.0054
1	0.0021	0.0016

## Model Sendi Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0583	0.0327
8	0.0522	0.0285
7	0.0453	0.024
6	0.0376	0.0193
5	0.0293	0.0147
4	0.0208	0.0103
3	0.0126	0.0064
2	0.0055	0.003
1	0.0002	0.0002

## Model Jepit Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0583	0.0327
8	0.0522	0.0284
7	0.0453	0.0239
6	0.0376	0.0193
5	0.0294	0.0147
4	0.0208	0.0103
3	0.0126	0.0063
2	0.01	0.003
1	0.00	0.0002

## Lampiran 18. Gaya Geser

## Model Pegas Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)
9	752389.44	531431.91	1145877.47	1292678.7
8	744104.3	1817789.34	2149604.55	2493640.36
7	1146125.34	2733971.16	2929053.79	3432804.53
6	1599166.29	3542459.61	3576333.81	4177946.38
5	2038266.67	4255155.06	4121147.27	4786625.47
4	2485767.72	4901181.5	4559181.59	5288599.39
3	3008732.98	5548925.08	4888889.8	5689721.77
2	3455140	5622181.78	5114157.1	5984822.57
1	7965103.59	6754951	4646234.76	5163897.32

## Model Sendi Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah X (N)
9	659300.45	543874.73	1121041.24	1238971.46
8	731727.73	1854513.51	2157468.19	2394651.65
7	1224095.51	2768313.75	3000003.51	3306640.39
6	1723964.01	3561686.53	3690916.27	4028349.21
5	2180112.47	4241857.96	4250758.25	4602177.22
4	2634850.76	4831967.84	4683497.35	5049670.93
3	3138986.33	5363219.58	4981456.6	5371251.64
2	3587110.18	5488567.12	5135320.52	5557876.95
1	4031466.13	888856.45	5076406.39	5461409.99

## Model Jepit Dengan Basement Penuh dan Pegas Dinding

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah X (N)
9	659221.39	543605.2	1121188.16	1238747.46
8	731911.97	1854290.74	2157755.97	2394360.78
7	1224399.05	2768085.53	3000384.32	3306331.57
6	1724376.47	3561428.19	3691352.11	4028032.53
5	2180648.58	4241500.39	4251210.51	4601808.37
4	2635457.11	4831390.23	4683927.82	5049172.63
3	3140191.16	5362394.19	4981842.63	5370518.31
2	3586147.41	5486021.61	5135693.1	5556805.16
1	3987016.24	887243.1	5082269.55	5461867.67

## Lampiran 19. Periode Getar dan Partisipasi Massa

## Model Pegas dengan Basement Tanpa Pegas Dinding

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.20	68.11	0.00	68.11	0.00	0	0
2	0.94	0.00	72.67	68.11	72.67	0	0
3	0.68	0.00	0.00	68.11	72.67	75.9435	75.9435
4	0.35	22.79	0.00	90.90	72.67	0	75.9435
5	0.29	0.00	25.41	90.90	98.08	0	75.9435
6	0.23	0.00	0.00	90.90	98.08	23.1861	99.1296
7	0.20	8.43	0.00	99.34	98.08	0	99.1296
8	0.14	0.00	1.78	99.34	99.86	0	99.1296
9	0.12	0.61	0.00	99.94	99.86	0	99.1296
10	0.10	0.00	0.00	99.94	99.86	0.8199	99.9496
11	0.08	0.00	0.11	99.94	99.97	0	99.9496
12	0.08	0.05	0.00	99.99	99.97	0	99.9496
13	0.06	0.00	0.02	99.99	99.99	0	99.9496
14	0.06	0.00	0.00	99.99	99.99	0.0423	99.9918
15	0.06	0.01	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
16	0.06	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
17	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
18	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
19	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
20	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
21	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
22	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
23	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
24	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
25	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
26	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
27	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
28	0.05	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
29	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
30	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
31	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9918
32	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0.0056	99.9974
33	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9974
34	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9974
35	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9974
36	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9974
37	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9974
38	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9974

## Lampiran 19. (lanjutan)

39	0.04	0.00	0.00	100.00	99.99	0.0011	99.9985
40	0.03	0.00	0.00	100.00	99.99	0	99.9985

## Model Sendi dengan Basement Tanpa Pegas Dinding

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.10	67.59	0.00	67.59	0.00	0	0
2	0.77	0.00	66.01	67.59	66.01	0	0
3	0.54	0.00	0.00	67.59	66.01	65.2028	65.2028
4	0.29	13.08	0.00	80.66	66.01	0	65.2028
5	0.19	0.00	17.77	80.66	83.78	0	65.2028
6	0.13	4.81	0.00	85.47	83.78	0	65.2028
7	0.13	0.00	0.00	85.47	83.78	17.5589	82.7617
8	0.09	0.00	4.75	85.47	88.53	0	82.7617
9	0.08	2.25	0.00	87.72	88.53	0	82.7617
10	0.06	0.00	1.95	87.72	90.47	0	82.7617
11	0.06	0.00	0.00	87.72	90.47	4.4379	87.1996
12	0.06	1.05	0.00	88.77	90.47	0	87.1996
13	0.06	0.00	0.00	88.77	90.47	0	87.1996
14	0.05	0.01	0.00	88.78	90.47	0	87.1996
15	0.05	0.00	0.00	88.78	90.47	0	87.1996
16	0.05	0.01	0.00	88.80	90.47	0	87.1996
17	0.05	0.00	0.00	88.80	90.47	0	87.1996
18	0.05	0.00	0.00	88.80	90.47	0	87.1996
19	0.05	0.00	0.95	88.80	91.43	0	87.1996
20	0.05	0.00	0.00	88.80	91.43	0	87.1996
21	0.05	0.11	0.00	88.91	91.43	0	87.1996
22	0.05	0.32	0.00	89.23	91.43	0	87.1996
23	0.05	0.00	0.00	89.23	91.43	0	87.1996
24	0.05	0.12	0.00	89.35	91.43	0	87.1996
25	0.05	0.00	0.00	89.35	91.43	0	87.1996
26	0.04	0.00	0.54	89.35	91.96	0	87.1996
27	0.04	0.00	0.00	89.35	91.96	1.6756	88.8752
28	0.04	0.00	0.00	89.35	91.96	0	88.8752
29	0.04	0.00	0.00	89.35	91.96	0	88.8752
30	0.04	0.07	0.00	89.43	91.96	0	88.8752
31	0.04	0.39	0.00	89.82	91.96	0	88.8752
32	0.04	0.00	0.00	89.82	91.96	0	88.8752
33	0.04	0.00	0.29	89.82	92.26	0	88.8752
34	0.04	0.00	0.10	89.82	92.36	0	88.8752



## Lampiran 19. (lanjutan)

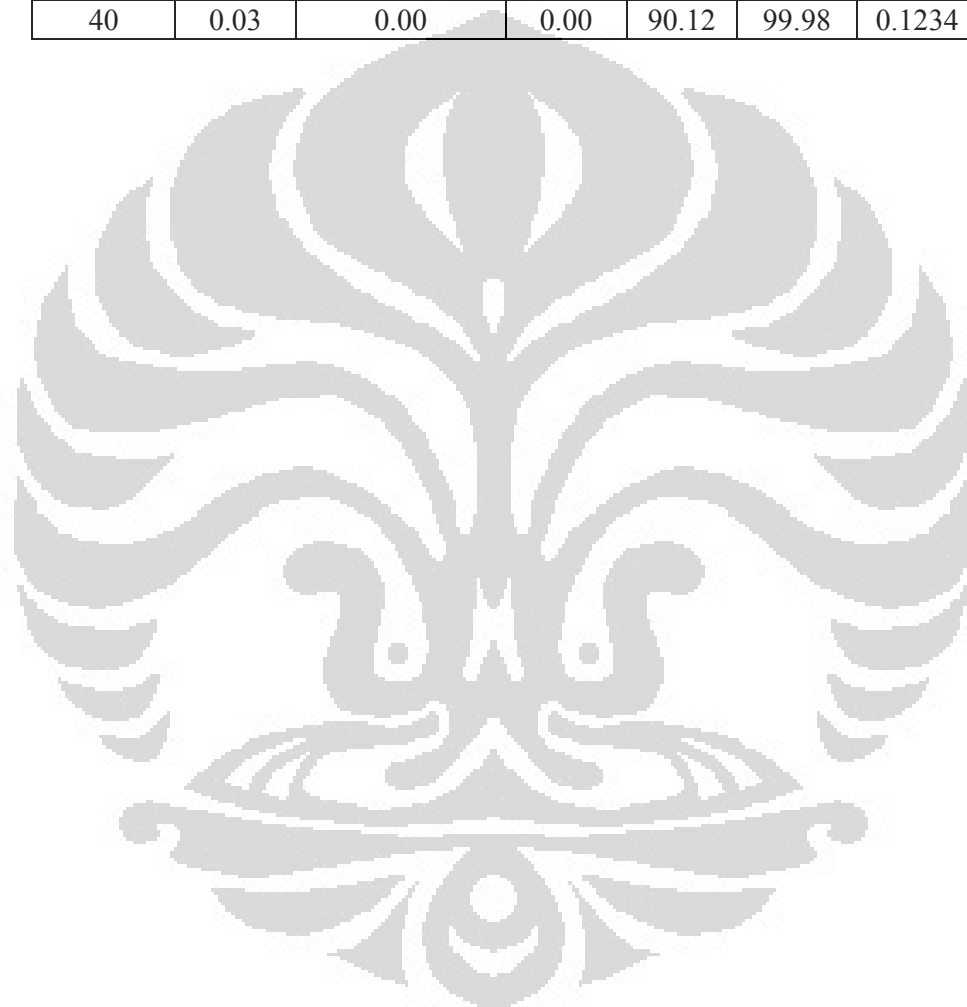
35	0.04	0.00	0.00	89.82	92.36	0.7046	89.5798
36	0.04	0.26	0.00	90.08	92.36	0	89.5798
37	0.03	0.00	7.62	90.08	99.98	0	89.5798
38	0.03	0.08	0.00	90.15	99.98	0	89.5798
39	0.03	0.00	0.00	90.15	99.98	0.3185	89.8984
40	0.03	0.00	0.00	90.15	99.98	0.1251	90.0235

## Model Jepit dengan Basement Tanpa Pegas Dinding

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	1.10	67.58	0.00	67.58	0.00	0	0
2	0.77	0.00	65.99	67.58	65.99	0	0
3	0.54	0.00	0.00	67.58	65.99	65.1953	65.1953
4	0.29	13.08	0.00	80.66	65.99	0	65.1953
5	0.19	0.00	17.73	80.66	83.73	0	65.1953
6	0.13	4.81	0.00	85.46	83.73	0	65.1953
7	0.13	0.00	0.00	85.46	83.73	17.5446	82.7399
8	0.09	0.00	4.72	85.46	88.45	0	82.7399
9	0.08	2.24	0.00	87.71	88.45	0	82.7399
10	0.06	0.00	1.92	87.71	90.37	0	82.7399
11	0.06	0.00	0.00	87.71	90.37	4.4278	87.1677
12	0.06	1.03	0.00	88.74	90.37	0	87.1677
13	0.06	0.00	0.00	88.74	90.37	0	87.1677
14	0.05	0.01	0.00	88.75	90.37	0	87.1677
15	0.05	0.00	0.00	88.75	90.37	0	87.1677
16	0.05	0.02	0.00	88.77	90.37	0	87.1677
17	0.05	0.00	0.00	88.77	90.37	0	87.1677
18	0.05	0.01	0.00	88.77	90.37	0	87.1677
19	0.05	0.00	0.93	88.77	91.29	0	87.1677
20	0.05	0.00	0.00	88.77	91.29	0	87.1677
21	0.05	0.06	0.00	88.83	91.29	0	87.1677
22	0.05	0.32	0.00	89.15	91.29	0	87.1677
23	0.05	0.00	0.00	89.15	91.29	0	87.1677
24	0.04	0.15	0.00	89.31	91.29	0	87.1677
25	0.04	0.00	0.51	89.31	91.81	0	87.1677
26	0.04	0.00	0.00	89.31	91.81	0	87.1677
27	0.04	0.00	0.00	89.31	91.81	1.6682	88.8359
28	0.04	0.00	0.00	89.31	91.81	0	88.8359
29	0.04	0.00	0.00	89.31	91.81	0	88.8359
30	0.04	0.01	0.00	89.32	91.81	0	88.8359
31	0.04	0.47	0.00	89.79	91.81	0	88.8359
32	0.04	0.00	0.00	89.79	91.81	0	88.8359

## Lampiran 19. (lanjutan)

33	0.04	0.00	0.27	89.79	92.08	0	88.8359
34	0.04	0.00	0.09	89.79	92.17	0	88.8359
35	0.04	0.00	0.00	89.79	92.17	0.6996	89.5355
36	0.04	0.26	0.00	90.05	92.17	0	89.5355
37	0.03	0.00	7.81	90.05	99.98	0	89.5355
38	0.03	0.08	0.00	90.12	99.98	0	89.5355
39	0.03	0.00	0.00	90.12	99.98	0.3152	89.8507
40	0.03	0.00	0.00	90.12	99.98	0.1234	90.02



## Lampiran 20. Gaya Geser Tingkat

## Model Pegas Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1127549	1270929
8	2148074	2511419
7	2937785	3533601
6	3570880	4362639
5	4104132	5031745
4	4554310	5574469
3	4914124	6018775
2	5183974	6387945
1	5399100	6709563

## Model Sendi Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1121090	1239503
8	2157442	2395380
7	2999936	3307421
6	3690824	4029166
5	4250667	4603116
4	4683422	5050906
3	4981442	5373020
2	5135419	5560418
1	5145019	5595130

## Model Jepit Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	VX (N)	VY (N)
9	1121232	1239187
8	2157733	2394977
7	3000319	3307004
6	3691263	4028747
5	4251124	4602636
4	4683860	5050260
3	4981815	5372065
2	5135700	5559027
1	5145273	5593340

Lampiran 21. *Displacement*

## Model Pegas Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0563	0.0439
8	0.0526	0.0391
7	0.0463	0.034
6	0.0393	0.0288
5	0.0317	0.0236
4	0.024	0.0185
3	0.0164	0.0138
2	0.0097	0.0096
1	0.0045	0.0057

## Model Sendi Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0585	0.0327
8	0.0524	0.0285
7	0.0455	0.024
6	0.0378	0.0194
5	0.0295	0.0148
4	0.0209	0.0104
3	0.0127	0.0064
2	0.0055	0.003
1	0.0002	0.0003

## Model Jepit Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	UX (m)	UY (m)
9	0.0585	0.0327
8	0.0524	0.0285
7	0.0455	0.024
6	0.0378	0.0194
5	0.0295	0.0148
4	0.0209	0.0104
3	0.0127	0.0064
2	0.0055	0.003
1	0.0002	0.0002

## Lampiran 22. Gaya Geser

## Model Pegas Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)
9	735950.1	395914.4	1127549	1270929
8	736004.2	1782316	2148074	2511419
7	1156209	2790970	2937785	3533601
6	1591219	3680784	3570880	4362639
5	2018005	4443717	4104132	5031745
4	2478629	5122681	4554310	5574469
3	3029987	5826384	4914124	6018775
2	3508780	5912623	5183974	6387945
1	7496541	6117822	5399100	6709563

## Model Sendi Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah X (N)
9	659389.8	544591.3	1121090	1239503
8	731751.5	1855212	2157442	2395380
7	1224057	2769061	2999936	3307421
6	1723876	3562530	3690824	4029166
5	2179999	4242955	4250667	4603116
4	2634687	4833535	4683422	5050906
3	3138968	5365630	4981442	5373020
2	3586612	5491495	5135419	5560418
1	4037938	935640.6	5145019	5595130

## Model Jepit Dengan Basement Penuh Tanpa Pegas Dinding

Lantai	DINDING GESER		STRUKTUR	
	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah Y (N)	Gaya Arah X (N)	Gaya Arah X (N)
9	659305.1	544181.8	1121232	1239187
8	731936.9	1854871	2157733	2394977
7	1224359	2768717	3000319	3307004
6	1724289	3562150	3691263	4028747
5	2180537	4242437	4251124	4602636
4	2635299	4832748	4683860	5050260
3	3140165	5364308	4981815	5372065
2	3585605	5489632	5135700	5559027
1	3983674	928225.6	5145273	5593340

