

**ANALISA PERILAKU BANGUNAN TIDAK BERATURAN
SECARA HORIZONTAL DENGAN DILATASI TERHADAP
GEMPA**



MASNAWARI RAHMADANI

5415136269

**Skripsi Ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Ririt Aprillin S, M. Sc. Eng (Dosen Pembimbing Materi)		16 Agustus 2017
R. Eka Murtinugraha, M. Pd (Dosen Pembimbing Metodologi)		23/8 - 2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Sittati Musalamah, MT (Ketua Penguji)	 	23/08 2017
Dr. Gina Bachtiar, MT (Penguji I)		22-08-2017
Drs. Prihantono, M. Eng (Penguji II)		23/8-17

Tanggal Lulus: 14 Agustus 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan doesem pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Agustus 2017

Yang Membuat Pernyataan



Masnawari Rahmadani

5415136269

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas nikmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan serta kemudahan dalam menyusun dan menyelesaikan karya tulis skripsi ini.

Penulis menyadari benar bahwa penyusunan karya tulis skripsi ini tidak lepas dari adanya bantuan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan dan mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Mama, Ayah, Adik, dan Kakak yang telah memberikan segala bentuk dukungan dari “kampuang nan jauh dimato”.
2. Ririt Aprillin S, M. Sc. Eng selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, membimbing dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran sehingga dapat menyelesaikan penyusunan karya tulis skripsi ini.
3. R. Eka Murtinugraha, M. Pd selaku Dosen Pembimbing II dan sekaligus Kaprodi S1 PTB yang juga telah meluangkan waktu, membimbing dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran dalam penyelesaian penyusunan karya tulis skripsi ini.
4. Sittati Musalamah, MT selaku Ketua Penguji, Dr. Gina Bachtiar, MT selaku Dosen Penguji I, dan Drs. Prihantono, M. Eng selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan banyak saran dalam penyusunan karya tulis skripsi ini,
5. Pak Hefrish dan Pak Anam selaku pembimbing Lapangan saat penulis Praktek Kerja Lapangan, serta seluruh staf dan karyawan PT. Totalindo Eka Persada

yang telah menerima penulis dengan baik dan memberikan izin penulis untuk menggunakan data PT. Totalindo Eka Persda dalam skripsi ini.

6. Alganiy Andika yang telah memberikan dukungan yang sangat luar biasa dalam penyelesaian karya tulis skripsi ini.
7. Teman-teman satu jurusan, teman satu kelas S1 Pendidikan Teknik Bangunan B khususnya; Shinta Desiyani, Nadia Rahma Pramesti, dan Karina Anggia Mustokoweni yang telah memberikan dukungan untuk dapat menyelesaikan karya tulis skripsi ini.
8. Teman – teman seperjuangan skripsi struktur yang saya banggakan; Doni Setiawan, Nadia Rahma Pramesti, Shinta Desiyani, Bella Junita, Dian Yuristia, Evi Puspitasari, Adriansyah, dan Tri Handayani yang telah memberikan banyak masukan dan bantuan selama menyusun skripsi ini.

Penulis juga menyadari benar bahwa penyusunan skripsi ini memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi perbaikan dan penyempurnaan karya tulis skripsi ini. Akhir kata penulis juga ingin menyampaikan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk penulis dan yang membaca.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

ABSTRAK

Masnawari Rahmadani, *Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Secara Horizontal Dengan Dilatasi Terhadap Gempa*. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing: Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng dan R. Eka Murtinugraha, M.Pd.

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui perilaku struktur bangunan yang lebih baik pada bangunan yang tidak beraturan secara horizontal dengan mengaplikasikan dilatasi dua kolom terhadap beban gempa.

Objek penelitian ini menggunakan bangunan Tower Heliconia Bassura City yang berbentuk U dengan ketinggian 67,72m dan memiliki ketidakberaturan horizontal sebesar 40,35%. Bangunan dimodelisasikan dengan bantuan *software* ETABS versi 9.7.1 dengan metode yang digunakan untuk analisis gempa yaitu analisis respons spektrum.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian dilatasi dua kolom menghasilkan perilaku bangunan yang berbeda jika diaplikasikan pada arah memanjang (X) dan lebar (Y) bangunan eksisting. Variasi dilatasi yang diberikan pada arah memanjang (X) bangunan menghasilkan perilaku yang lebih baik. Bangunan yang lebih beraturan karena adanya dilatasi pada arah memanjang (X) menghasilkan periode yang lebih pendek dengan *base shear* yang lebih besar. *Displacement* yang dihasilkan dengan pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) dipengaruhi oleh ketidakberaturan sudut. Konfigurasi bangunan yang lebih beraturan dan memiliki ketidakberaturan sudut yang mendekati kondisi bangunan eksisting, menghasilkan *displacement* yang relatif mendekati eksisting. Hal itu juga sejalan dengan *story drift* yang dihasilkan. *Displacement* yang dihasilkan semua variasi dilatasi masih dalam kategori aman sesuai SNI 03-1726-2012. *Displacement* terbesar yang terjadi pada arah X dan Y dihasilkan oleh variasi 1 sebesar 0.824 m dan sebesar 0.817m secara berturut-turut.

Kata Kunci: Ketidakberaturan sudut, dilatasi dua kolom, perilaku bangunan

ABSTRACT

Masnawari Rahmadani, *Building Behavior Analysis of Horizontal Irregularity with Dilatation due to the Earthquake. Bachelor Thesis. Jakarta, Study Program Building Engineering Education, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2017. Supervisor: Ririt Aprilin S, M. Sc Eng and R. Eka Murtinugraha, M. Pd.*

Purpose this research was to know the better building structure behavior on irregular building horizontally by applying two columns dilatation to earthquake load.

The building case in this research used Tower Heliconia Bassura City's that has U-shaped with height 67,72 m and horizontal re-entrant as big as 40,35%. The building model was made by using ETABS's software version 9.7.1. Method that was used for earthquake analysis was response spectrum analysis.

Result of this research showed that application of two columns dilatation produced different structure behavior when it applied on lengthways direction (X) and breadthways direction (Y) of existing building. Dilatation variation that was given on lengthways direction (X) of building produced better behaviors. More regular building form because of dilatation on lengthways direction (X) produced shorter period with bigger base shear. Along with the base shear that accepted by building, the column momen also became bigger. Based on displacement that was produced, application of dilatation on lengthways direction was influenced by re-entrant corner. Configuration of more regular building that has close re-entrant corner to existing building condition produced displacement that close to the existing, that thing was also in line with story drift that was produced. The displacement that was produced by all dilatation variation was still in safe category according to SNI 03-1726-2012. The biggest displacement that happened on X and Y direction was produced by variation 1 as big as 0.824m and 0.817m in a row.

Keywords: *re-entrant corner, two columns dilatation, building behavior*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Perumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Kegunaan Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Landasan Teori	8
2.1.1 Pengertian Gempa	8
2.1.2 Perilaku Bangunan Terhadap Gempa.....	9

2.1.2.1 Simpangan	11
2.1.2.2 Gaya Geser dasar (<i>Base Shear</i>)	14
2.1.2.3 Periode getar struktur	15
2.1.3 Ketidakberaturan Struktur Bangunan Gedung	16
2.1.4 Pemisahan Bangunan (Dilatasi)	18
2.1.5 Jenis-Jenis Dilatasi	21
2.1.6 Jarak Sela pemisah	26
2.1.7 Metode Analisis Respons Spektrum.....	27
2.1.8 <i>Software</i> ETABS sebagai Piranti Lunak Analisis Struktur	33
2.2 Penelitian yang Relevan.....	34
2.3 Kerangka Berfikir	37
2.4 Hipotesis Penelitian	38
BAB III METODELOGI PENELITIAN	39
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	39
3.2 Deskripsi Bangunan	39
3.2.1 Spesifikasi Teknis.....	39
3.2.2 Dimensi Struktur	41
3.2.3 Gambar Struktur	44
3.3 Variasi Pemodelan Struktur	46
3.4 Pembebanan	48
3.4.1 Beban Mati	48
3.4.2 Beban Hidup	49
3.4.3 Beban Tekanan Tanah dan Air	50
3.4.4 Beban Gempa	51
3.5 Kombinasi Pembebanan	53

3.6	Teknik Analisis Data	55
3.7	Diagram Alir Penelitian	56
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		58
4.1	Hasil Penelitian	58
4.1.1	Periode Getar struktur	59
4.1.2	Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)	60
4.1.3	<i>Displacement</i>	63
4.1.3.1	<i>Displacement</i> Arah X	65
4.1.3.2	<i>Displacement</i> Arah Y	67
4.1.3.3	Perbandingan <i>Displacement</i> Arah X dan Y	68
4.1.4	<i>Story Drift</i>	70
4.1.4.1	<i>Story Drift</i> Arah X.....	72
4.1.4.2	<i>Story Drift</i> Arah Y.....	73
4.1.4.3	Perbandingan <i>Story Drift</i> Arah X dan Y	75
4.1.5	Gaya Dalam Momen Kolom	76
4.1.6	Gaya Dalam Momen Balok.....	78
4.2	Pembahasan	80
4.3	Keterbatasan Masalah.....	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN		90
RIWAYAT HIDUP		143

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Simpangan Antar Lantai Ijin $\Delta_a^{a,b}$	11
Tabel 2.2. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	12
Tabel 2.3. Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	16
Tabel 2.4. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	16
Tabel 2.5. Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur	17
Tabel 2.6. Faktor Keutamaan Gempa	27
Tabel 2.7. Klasifikasi Situs	29
Tabel 2.8. Koefisien Situs, F_a	30
Tabel 2.9. Koefisien Situs, F_v	31
Tabel 3.1. Tipe dan Dimensi Balok	41
Tabel 3.2. Tipe dan Dimensi Kolom.....	42
Tabel 3.3. Tipe Pelat Lantai	43
Tabel 3.4. Tipe <i>Shear Wall</i>	43
Tabel 3.5. Tipe <i>Basement Wall</i>	44
Tabel 3.6. Tekanan Tanah dan Air.....	50
Tabel 3.7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons	53
Tabel 4.1. Periode Getar Struktur	59
Tabel 4.2. Urutan Perbandingan Periode Getar Struktur	60
Tabel 4.3. Perbandingan Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>) Sebelum Koreksi	61
Tabel 4.4. Nilai Faktor Skala Gempa.....	61
Tabel 4.5. Perbandingan Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>) Terkoreksi	62
Tabel 4.6. Urutan Perbandingan Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)	63
Tabel 4.7. Persentase Ketidakberaturan Horizontal Variasi	80
Tabel 4.8. <i>Displacemnet</i> / Simpangan Ijin Bangunan.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Denah <i>Basement</i> dan Lantai Tipikal Bangunan yang Ditinjau	3
Gambar 2.1. Peta Tektonik Indonesia	9
Gambar 2.2. Perilaku Struktur Akibat Beban Gempa.....	10
Gambar 2.3. Pemisahan Struktur pada Bangunan Asimetris	20
Gambar 2.4. Pemisahan Bangunan.....	21
Gambar 2.5. Dilatasi dengan Dua Kolom	22
Gambar 2.6. Dilatasi dengan Balok Kantilever.....	23
Gambar 2.7. Dilatasi dengan Balok Gerber	24
Gambar 2.8. Dilatasi dengan Konsol	25
Gambar 2.9. Parameter Respon Spektrum Periode Pendek, S_s	28
Gambar 2.10. Parameter Respon Spektrum Periode 1 Detik, S_1	28
Gambar 2.11. Spektrum Respons Desain.....	32
Gambar 3.1. Denah Tipikal Bangunan Eksisting.....	44
Gambar 3.2. Potongan 1	45
Gambar 3.3. Potongan 2.....	45
Gambar 3.4. Variasi 1 Dilatasi Arah Lebar (Y).....	46
Gambar 3.5. Variasi 2 Dilatasi Arah Memanjang (X)	46
Gambar 3.6. Variasi 3 Dilatasi Arah Memanjang (X)	47
Gambar 3.7. Variasi 4 Dilatasi Arah Lebar (Y).....	47
Gambar 3.8. Grafik Tekanan Tanah dan Air.....	50
Gambar 3.9. Grafik Desain Respon Spektrum.....	53
Gambar 3.10. Diagram Alir Penelitian	56
Gambar 3.11. Diagram Alir Tahapan Analisis ETABS	57
Gambar 4.1. Nilai <i>Displacement</i> Arah X pada Bangunan Eksisting	58
Gambar 4.2. Nilai <i>Displacement</i> Arah Y pada Bangunan Eksisting	59
Gambar 4.3. Grafik <i>Displacement</i> pada Arah X.....	64
Gambar 4.4. Grafik <i>Displacement</i> pada Arah Y	64
Gambar 4.5. Perbandingan <i>Displacement</i> Arah X Dilatasi Arah X.....	65
Gambar 4.6. Perbandingan <i>Displacement</i> Arah X Dilatasi Arah Y.....	66
Gambar 4.7. Perbandingan <i>Displacement</i> Arah Y Dilatasi Arah X.....	67
Gambar 4.8. Perbandingan <i>Displacement</i> Arah Y Dilatasi Arah Y.....	68

Gambar 4.9. Perbandingan <i>Displacement</i> Maksimum.....	68
Gambar 4.10. <i>Story drift</i> Pada Arah X.....	71
Gambar 4.11. <i>Story drift</i> Pada Arah Y.....	71
Gambar 4.12. Perbandingan <i>Story drift</i> pada Arah X Dilatasi Arah X.....	72
Gambar 4.13. Perbandingan <i>Story drift</i> pada Arah X Dilatasi Arah Y.....	73
Gambar 4.14. Perbandingan <i>Story drift</i> pada Arah Y Dilatasi Arah X.....	74
Gambar 4.15. Perbandingan <i>Story drift</i> pada Arah Y Dilatasi Arah Y.....	75
Gambar 4.16. Denah <i>Basement</i> Bangunan Eksisting.....	76
Gambar 4.17. Grafik Momen Kolom pada Setiap Kondisi Bangunan	76
Gambar 4.18. Perbandingan Nilai Momen Kolom	77
Gambar 4.19. Garafik Momen Balok pada Setiap Kondisi Bangunan	78
Gambar 4.20. Perbandingan Nilai Momen Balok.....	79
Gambar 4.21. Hubungan Periode Terhadap <i>Base Shear</i>	81
Gambar 4.22. Hubungan <i>Base Shear</i> Terhadap <i>Displacement</i> Arah X.....	83
Gambar 4.23. Hubungan Ketidakberaturan Bangunan dengan Momen	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Turnitin.....	91
Lampiran 2 Surat -Surat	92
Lampiran 3 Perhitungan Persentase Ketidakberaturan	105
Lampiran 4 Perhitungan Faktor Skala Gempa	107
Lampiran 5 Modul Modelisasi dengan <i>Software</i> ETABS	114

DAFTAR NOTASI

δ_M	= Perpindahan respon inelastik maksimum
δ_{max}	= Perpindahan elastic maksimum pada lokasi kritis
δ_{xe}	= Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan
a	= Percepatan gempa
C_d	= Faktor amplifikasi defleksi
C_s	= Koefisien respon seismik
C_t	= Koefisien perioda pendekatan
F	= Gaya inersia
F_a	= Percepatan pada getaran perioda pendek
FS	= Faktor skala
F_v	= Percepatan pada getaran perioda 1,0 detik
h_i	= Tinggi total bangunan
I_e	= Faktor keutamaan gempa
m	= Massa bangunan
N	= Tahanan penetrasi standar
R	= Koefisien modifikasi respons
S_{DS}	= Parameter percepatan respon spektral periode pendek
S_{D1}	= Parameter percepatan respons spektral periode panjang
S_s	= Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek
S_1	= Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik
S_u	= Kuat geser nilaril suatu lapisan tanah kohesif
T	= Periode getar struktur
T_a	= Periode fundamental pendekatan
V_s	= Nilai gaya geser dasar
W	= Beban efektif seismik (kN)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan gedung bertingkat akhir-akhir ini di kota Jakarta dibangun dengan bentuk denah bangunan yang tidak beraturan. Hal itu tidak dapat dihindari dikarenakan adanya keterbatasan lahan dan permintaan dari segi arsitekturnya. Berdasarkan peta gempa dalam SNI 03-1726-2012 menunjukkan bahwa setiap wilayah di Indonesia memiliki potensi terjadinya gempa bumi termasuk wilayah Jakarta. Oleh karena itu, pembangunan di kota Jakarta harus mempertimbangkan gaya gempa yang akan terjadi pada bangunan untuk meminimalisir kerugian yang diakibatkan karena bentuk denah bangunan yang tidak beraturan.

Bangunan yang tidak beraturan menurut SNI 03-1726-2012 dibedakan menjadi dua yaitu ketidakberaturan horizontal dan vertikal. Di dalam SNI tersebut dijelaskan bahwa yang dikatakan ketidakberaturan horizontal adalah ketidakberaturan arah sumbu x-y seperti bangunan yang memiliki denah berbentuk U, L, H dan T. Bangunan dengan ketidakberaturan vertikal adalah ketidakberaturan arah sumbu y-z (Purba, 2014). Sedangkan bangunan yang beraturan umumnya berbentuk sederhana dan simetris (Schodek, 1998).

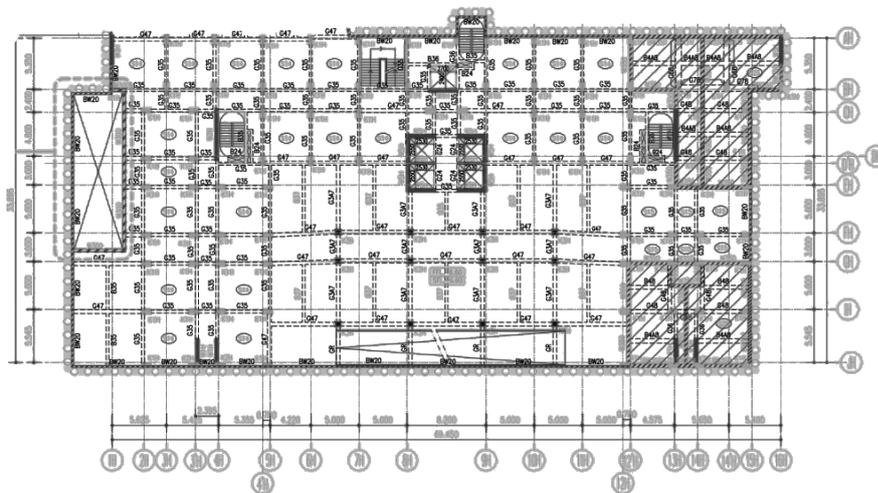
Pengaruh gaya gempa akan berbeda jika diaplikasikan terhadap bangunan beraturan dan tidak beraturan (Purba, 2014). Apabila bangunan dengan bentuk denah beraturan menerima gaya gempa pada umumnya akan menghasilkan perilaku bangunan yang lebih baik jika dibandingkan dengan bangunan dengan bentuk denah yang tidak beraturan (Paulay & Priestley, 1992).

Salah satu cara yang dapat mengatasi permasalahan bangunan tidak beraturan seperti denah bangunan yang berbentuk U, L, H dan T yaitu memisahkan bangunan menjadi blok-blok sederhana dengan suatu celah yang biasa disebut dengan dilatasi (Anom, Wibowo, & Sunarmasto, 2013). Penerapan dilatasi bangunan untuk meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi dapat dilakukan dengan berbagai jenis dilatasi diantaranya 1) dilatasi dengan dua kolom, 2) dilatasi dengan balok kantilever, 3) dilatasi dengan balok gerber, dan 4) dilatasi dengan konsol. Pemberian dilatasi dua kolom lebih sering digunakan dibandingkan dengan sistem dilatasi yang lainnya. Hal itu dikarenakan sistem ini lebih mudah dalam pelaksanaan dilapangan. Selain itu juga sistem ini mampu menahan gaya horizontal yang diterima (Juwana, 2005).

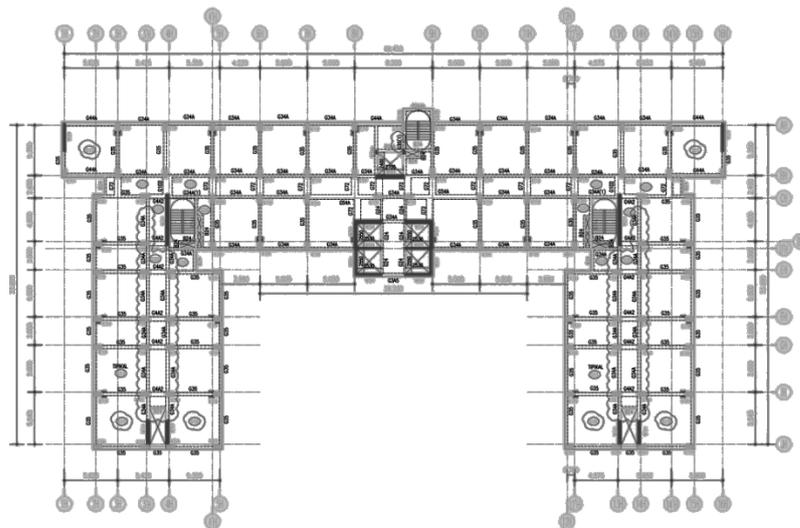
Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan dilatasi ini banyak dipilih dengan alasan supaya struktur memiliki perilaku yang lebih baik, yaitu terhindar dari resiko torsi (Juandinata & Pranata, 2014). Selain itu perilaku bangunan juga diharapkan lebih baik dengan adanya dilatasi dilihat dari simpangan yang terjadi pada bangunan tersebut. Semakin kecil simpangan struktur yang dihasilkan maka bangunan tersebut akan semakin kaku dan mampu menahan gaya lateral yang diterima (Smith & Coull, 1991). Selain dari perilaku bangunan yang dihasilkan bangunan ketika menerima gaya gempa, elemen struktur bangunan juga mengalami aksi reaksi karena adanya gaya gempa. Kedua hal tersebut menjadi satu kesatuan pada suatu bangunan ketika menerima gaya gempa.

Beberapa gedung yang ada di kota Jakarta dibangun dengan denah bangunan yang tidak beraturan diantaranya 1) Tower Akasia – Kalibata City, 2) Tower Geranium – Bassura City Tahap I, 3) Tower Orchid – Green Pamuka City, 4) Tower

Heliconia – Bassura City Tahap II. Bangunan yang akan diteliti yaitu Tower Heliconia Bassura City (THBC) dengan 21 lantai, 2 *basement*, 1 *lower ground*, 1 *ground floor* yang terletak di Jalan Basuki Rahmat No. 1A, Jakarta Timur. Bangunan tersebut memiliki denah bangunan yang beraturan pada lantai *basement* – lantai dasar, dan memiliki denah bangunan berbentuk huruf U pada lantai 1 – lantai atap. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan seperti Gambar 1.1 berikut ini.



(a)



(b)

Gambar 1.1 (a) Denah *Basement* (b) Denah Lantai Tipikal yang Ditinjau
(Sumber: PT. Totalindo Eka Persada)

Menurut SNI 03-1726-2012 beban gempa dapat dianalisis dengan dua metode yaitu statis dan dinamis. Analisis dengan metode statis seperti statik ekuivalen tidak disarankan untuk diterapkan pada bangunan yang memiliki ketidakberaturan sudut. Hal itu disebabkan karena simpangan yang dihasilkan akan semakin kecil seiring bertambahnya ketidakberaturan sudut dari bangunan tersebut (Fakhrurrazy, 2015). Sedangkan berdasarkan SNI 03-1726-2012 analisis dengan metode dinamis seperti ragam respon spektrum dapat diterapkan untuk menganalisis bangunan yang tidak beraturan.

Berdasarkan keadaan bangunan eksisting yang mempunyai denah bangunan tidak beraturan dikhawatirkan akan mengalami resiko kegagalan ketika menerima gaya gempa. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian lebih lanjut dan pemberian dilatasi menjadi salah satu solusi dalam mengurangi ketidakberaturan pada bangunan tersebut. Dilatasi yang akan diberikan pada bangunan eksisting berupa dilatasi dua kolom dan analisis bangunan terhadap gempa akan menggunakan metode dinamis ragam respon spektrum dengan bantuan *software* ETABS.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka identifikasi masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana perilaku struktur bangunan eksisting dalam menerima gaya gempa?
- b. Apakah pemberian dilatasi mampu mengurangi ketidakberaturan struktur secara horizontal?
- c. Apakah terdapat perbedaan perilaku struktur antara bangunan eksisting tanpa dilatasi dan dengan dilatasi ketika menerima gaya gempa?

- d. Variasi dilatasi manakah yang menunjukkan perilaku terbaik dibanding bangunan eksisting?

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditinjau dalam penelitian ini adalah

- a. Bangunan apartemen Tower Heliconia Bassura City (THBC) dengan jumlah keseluruhan 25 lantai dengan 2 basement dan terletak di Jalan Basuki Rahmat No. 1A, Jatinegara Jakarta Timur.
- b. Struktur gedung menggunakan struktur beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan adanya shearwall.
- c. Mempertimbangkan beban tanah dan air pada basement dengan menginput beban tanah dan air sebagai beban merata karena keterbatasan *software* ETABS.
- d. Dilatasi yang digunakan hanya dilatasi berupa dilatasi dua kolom saja dengan variasi terhadap bangunan terdiri dari 4 variasi.
- e. Untuk dimensi kolom dimana dilatasi akan digunakan disesuaikan dengan dimensi kolom yang ada.
- f. Kolam renang dilantai dasar di anggap sebagai beban mati.
- g. Analisis dinamik linier menggunakan respon spektrum.
- h. Struktur GWT dan STP pada bangunan eksisting diabaikan.
- i. Pemodelan bangunan menggunakan *software* ETABS v.9.7.1.
- j. Parameter yang ditinjau; 1) perilaku bangunan meliputi periode, *base shear*, *displacement*, dan *story drift*, 2) gaya dalam elemen struktur bangunan berupa momen pada kolom dan balok.

k. Ketentuan SNI yang digunakan yaitu berpedoman pada peraturan-peraturan sebagai berikut:

- (1) SNI 03-1727-2013 mengenai “Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain”
- (2) SNI 03-1726-2012 mengenai “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung non gedung”
- (3) Peraturan menteri pekerjaan umum nomor: 29/PRT/M/2006 mengenai “Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung”

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang dan identifikasi masalah yang ada, maka rumusan masalah yang dapat diambil “Bagaimana perilaku bangunan Proyek Tower Heliconia Bassura City dengan variasi dilatasi pada bangunan terhadap gempa?”

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah

- a. Mengetahui perilaku bangunan tidak beraturan secara horizontal ketika menerima gaya gempa.
- b. Mengetahui perilaku bangunan yang menggunakan dilatasi dalam menerima gaya gempa seperti periode getar struktur, *base shear*, *displacement*, dan *story drift*.

- c. Mengetahui kapasitas momen pada elemen struktur kolom dan balok ketika menerima gaya gempa.

1.6 Kegunaan Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan akan bermanfaat bagi:

- a. Peneliti

Dapat mengetahui perilaku bangunan dengan ketidakberaturan sudut horizontal, ketidakberaturan sudut vertikal dalam menerima gaya gempa, mengetahui jenis-jenis dilatasi pada bangunan, mengetahui perilaku struktur bangunan yang menggunakan dilatasi dalam menerima gaya gempa.

- b. Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta

Dapat menambah wawasan pembaca dibidang teknik sipil khususnya, serta dapat menjadi bahan bacaan untuk penelitian yang relevan berikutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Sistem struktur adalah suatu sistem untuk memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja (beban vertikal, horizontal, getaran dan sebagainya) pada bangunan, serta menyalurkan ke tanah melalui fondasi (Juwana, 2005). Struktur merupakan sarana menyalurkan beban akibat penggunaan atau berat sendiri bangunan ke dalam tanah (Schodek, 1998). Oleh karena itu struktur yang dibangun harus mempertimbangkan segala faktor dengan tujuan beban yang diterima oleh struktur dapat disalurkan ke dalam tanah dalam hal ini fondasi yang mendukung struktur bangunan tersebut. Salah satu faktor yang harus dipertimbangkan ketika membangun sebuah gedung yaitu adanya gaya lateral seperti gempa bumi.

2.1.1 Pengertian Gempa

Gempa bumi didefinisikan sebagai fenomena yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi yang mana beban kejut ini dikaitkan benturan pergesekan kerak bumi. Kejutan yang berkaitan dengan benturan tersebut menjalar dalam bentuk gelombang yang berperilaku tiga dimensi. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar (Schodek, 1998). Gempa bumi merupakan suatu gerakan tiba-tiba dari tanah yang berasal dari gelombang pada suatu tempat dan menyebar dari daerah tersebut ke segala arah. Gempa bumi dalam hubungannya dengan suatu wilayah berkaitan dengan gerakan muka bumi dan pengaruhnya terhadap daerah yang bersangkutan (Iskandarsyah, 2009).

Gempa bumi yang paling banyak terjadi di Indonesia adalah gempa bumi tektonik, yang merupakan jenis gempa yang menimbulkan kerusakan paling luas. Hal itu dikarenakan wilayah Indonesia mencakup daerah yang mempunyai tingkat resiko gempa yang termasuk kategori tinggi, karena dihubungkan oleh 4 sistem tektonik yang aktif yaitu lempeng *Eurasia*, lempeng *Indo-Australia*, lempeng *Filipina*, dan lempeng *Pasifik* pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta Tektonik Indonesia
(Sumber: J.A. Katili, Harta Bumi Indonesia, 2007)

2.1.2 Perilaku Bangunan Terhadap Gempa

Perilaku bangunan ketika menerima gaya gempa disebabkan adanya getaran dari dalam tanah. Titik penghubung antara bangunan dan tanah adalah pondasi, maka gelombang gempa bumi akan menggetarkan pondasi secara bolak-balik yang mengakibatkan massa bangunan menahan gerakan ini sehingga menimbulkan gaya inersia pada bangunan tersebut. Besarnya gaya inersia bergantung pada massa bangunan, percepatan tanah dasar, pondasi bangunan, dan karakteristik dari struktur. Hal ini sesuai dengan Hukum Newton II yaitu:

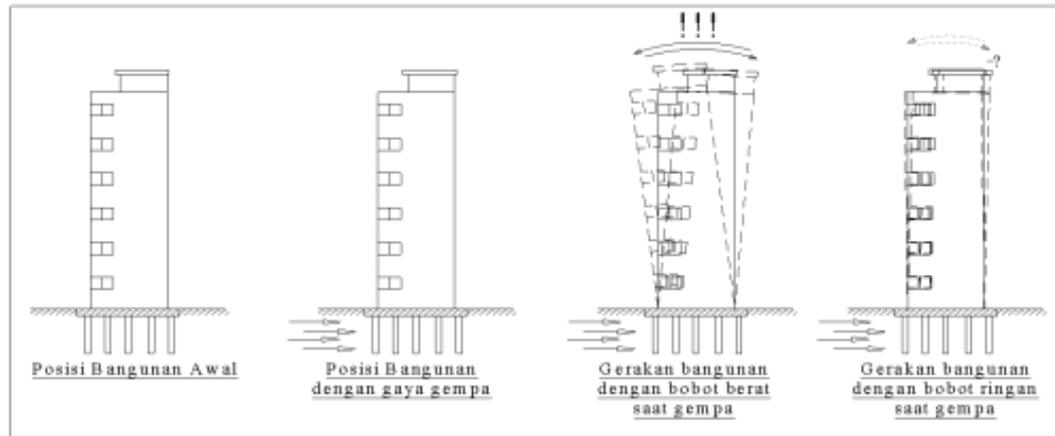
$$F = m \times a \quad (2.1)$$

Dimana:

F = gaya inersia

m = massa bangunan

a = percepatan gempa



Gambar 2.2 Perilaku Struktur Akibat Beban Gempa
(Sumber: Himawan Indarto, dkk., Aplikasi SNI Gempa 1726-2012)

Untuk struktur yang hanya mengalami sedikit deformasi akibat dari struktur yang menyerap sebagian energi gempa, maka gaya inersia (F) cenderung akan lebih kecil dari persamaan 2.1. Pada bangunan tinggi terjadi perioda alamiah yang besar pada struktur, sehingga jika diberikan gelombang gempa yang berkepanjangan, akan terjadi kemungkinan terkena gempa dengan perioda gelombang yang hampir sama dengan perioda alami dari struktur. Dalam hal ini maka beban gempa yang terjadi $F > m \times a$ (Maulana, 2016).

Menurut SNI 1726:2012 mengenai perilaku bangunan yang dapat dilihat ketika menerima gaya gempa akan dijelaskan berikut ini:

2.1.2.1 Simpangan

Struktur bangunan tinggi pada dasarnya harus memiliki kekakuan yang dapat membatasi pergerakan lateral ketika menerima gaya gempa. Kekakuan yang dimiliki struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai bangunan, semakin kecil simpangan struktur yang dihasilkan maka bangunan tersebut akan semakin kaku dan mampu menahan gaya lateral yang diterima (Smith & Coull, 1991).

Perilaku bangunan yang dihasilkan ketika menerima gaya gempa dapat dilihat dengan adanya simpangan antar tingkat bangunan. Simpangan terdiri dari dua jenis yaitu *displacement* dan *drift*. *Displacement* adalah simpangan suatu lantai yang diukur dari dasar lantai sedangkan *drift* adalah simpangan suatu lantai yang diukur dari dasar lantai dibawahnya (Maulana, 2016).

Menurut SNI 1726-2012 simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_a)^{a,b}

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasikan simpangan antar lantai tingkat	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Sumber: SNI 1726-2012

Menurut SNI 1726-2012, simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja, yaitu pada kinerja batas ultimit. Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) berdasarkan SNI 03-1726-2012 harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dan pusat massa ditingkat atasnya.

Defleksi pusat massa ditingkat x di pusat massa (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.2)$$

Keterangan:

C_d = faktor pembesaran defleksi

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang diisyaratkan

I_e = faktor keutamaan gempa

Kategori risiko yang dijelaskan pada tabel 2.1 dibagi menjadi empat kategori dan dibedakan berdasarkan pemanfaatan dari bangunannya. Semakin kompleks suatu bangunan, maka semakin berisiko ketika menerima gaya gempa. Penjelasan mengenai kategori risiko suatu bangunan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untu, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> – Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan – Fasilitas sementara – Gudang penyimpanan – Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung tidak termasuk ke dalam kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak ditasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bangunan-bangunan monumental – Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan – Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat – Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat – Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya – Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat – Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat – Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air mineral atau peralatan pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV</p>	IV

Sumber: SNI 1726-2012

2.1.2.2 Gaya Geser dasar (*Base Shear*)

Gaya geser dasar merupakan gaya lateral yang terjadi pada dasar bangunan akibat pergerakan tanah. Besarnya gaya geser dasar (*base shear*) V yang bekerja pada dasar suatu bangunan dinyatakan dalam persamaan berikut ini

$$V = C_s \times W = \frac{S_{DS} I_e}{R} \times W \quad (2.3)$$

Keterangan,

S_{DS} = spektrum respons percepatan desain (g)

I_e = faktor keutamaan gempa

R = koefisien modifikasi respons

W = beban efektif seismik (kN)

Menurut SNI 1726-2012 gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis dinamik respon spektrum minimum adalah sebesar 85% gaya geser dasar yang dihitung berdasarkan cara statik ekuivalen. Apabila gaya geser dasar hasil analisis dinamik respon spektrum lebih kecil dari 85% gaya geser dasar statik ekuivalen, maka ordinat respon spektrum harus dikalikan dengan faktor skalanya. Untuk mendapatkan hasil faktor skalanya menggunakan persamaan-persamaan dibawah ini.

$$V_s = C_s \times W_t \quad (2.4)$$

$$C_s \text{ minimum} = 0,444 S_{DS} I_e \geq 0,001 \quad (2.5)$$

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.6)$$

$$C_s \text{ hitung} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.7)$$

$$FS = \frac{0,85 V_{statik}}{V_{dinamik}} \quad (2.8)$$

Dimana:

- V_s = nilai gaya geser dasar
- C_s = koefisien respon seismik
- S_{DS} = parameter percepatan respon spektral periode pendek
- S_{D1} = parameter percepatan respons spektral periode panjang
- T = periode
- W_t = total beban
- R = koefisien modifikasi respons
- I_e = faktor keutamaan gempa
- FS = faktor skala

2.1.2.3 Periode getar struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012 periode getar suatu bangunan dibatasi nilai maksimum dan nilai minimum dimana nilai-nilai tersebut sama antara arah X dan Y bangunannya. SNI 1726-2012 menyatakan bahwa periode fundamental atau periode getar alami (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 Detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 1726-2012

Periode fundamental pendekatan (T_a) diijinkan secara langsung untuk menentukan perioda fundamental struktur (T) dengan persamaan sebagai berikut:

$$T_a = C_t h_x^n \quad (2.9)$$

Dengan h_n adalah ketinggian struktur (m) diatas dasar bangunan sampai tingkat tertinggi bangunan, dan koefisien C_t dan x ditentukan berdasarkan Tabel 2.4

Tabel 2.4 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

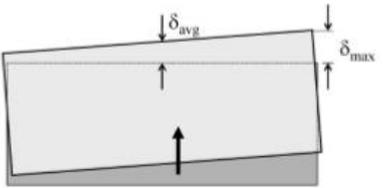
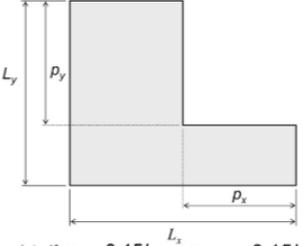
Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang yterhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

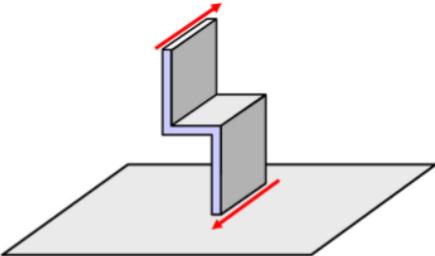
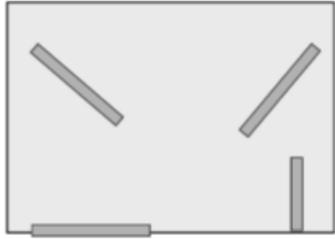
Sumber: SNI 1726-2012

2.1.3 Ketidakberaturan Struktur Bangunan Gedung

Struktur gedung yang ditetapkan dalam SNI 03-1726-2012 diklasifikasikan sebagai gedung beraturan dan gedung tidak beraturan berdasarkan konfigurasi ketidakberaturan. Dalam pasal 7.3.2.1 menjelaskan bahwa struktur bangunan gedung yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang terdaftar dalam Tabel 2.5 dibawah ini harus dianggap mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal.

Tabel 2.5 Ketidakberaturan Horizontal Pada Struktur

Tipe	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Ilustrasi
1a.	<p>Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur dimana diafragmanya kaku atau setengah kaku</p>	 <p> $\delta_{max} < 1.2\delta_{avg}$ No irregularity $1.2\delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1.4\delta_{avg}$ Irregularity $\delta_{max} > 1.4\delta_{avg}$ Extreme irregularity </p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Irregularity 1b is NOT PERMITTED in SDC E or F.</p>
1b.	<p>Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur dimana diafragmanya kaku atau setengah kaku</p>	
2.	<p>Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.</p>	 <p>Irregularity exists if $p_y > 0.15L_y$ and $p_x > 0.15L_x$</p>

Tipe	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Ilustrasi
3.	<p>Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan kontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 persen daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 persen dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.</p>	 <p>Irregularity exists if open area > 0.5 times floor area OR if effective diaphragm stiffness varies by more than 50% from one story to the next.</p>
4.	<p>Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.</p>	
5.	<p>Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu orthogonal utama sistem penahan gaya gempa.</p>	

Sumber: Aplikasi SNI Gempa 1726-2012 for Dummies

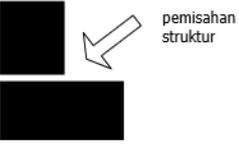
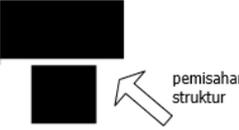
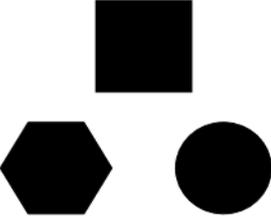
2.1.4 Pemisahan Bangunan (Dilatasi)

Schodek (1998:530) mengatakan prinsip desain yang paling utama dalam desain gedung tahan gempa adalah memastikan bahwa setiap massa umum pada gedung (lantai, atap, dan sebagainya) mempunyai lokasi simetris satu sama lain. Gaya lateral akibat gempa tentu saja mempunyai sifat inersial, jadi berkaitan langsung dengan setiap massa gedung tersebut. Lokasi massa yang tidak simetris dapat menyebabkan gaya-gaya pada massa tersebut menimbulkan momen torsi pada gedung yang pada akhirnya dapat meruntuhkan gedung. Struktur simetris tidak

mengalami gaya torsi besar sehingga jenis struktur ini lebih dikehendaki dibandingkan struktur tidak simetris.

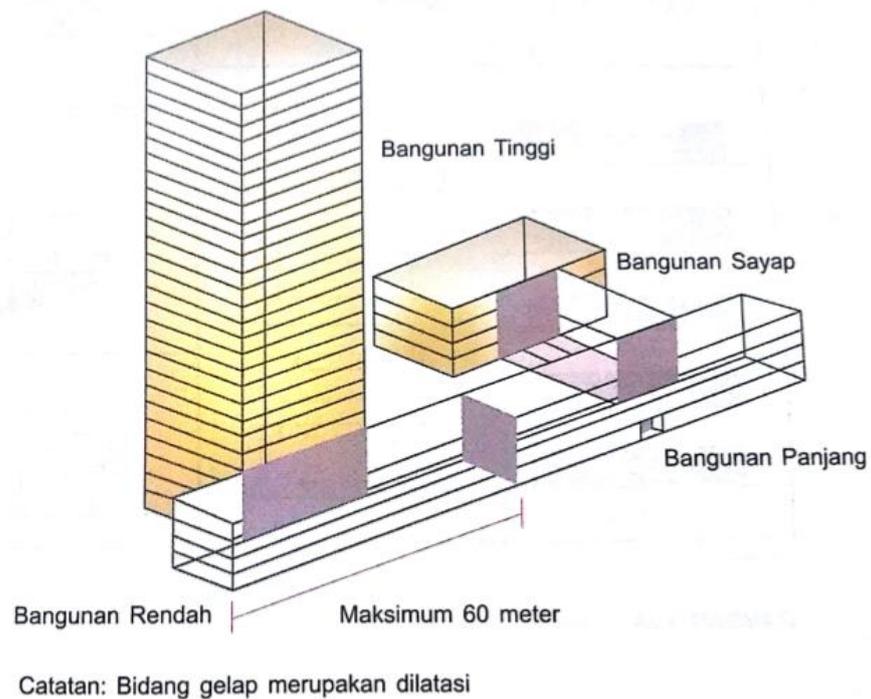
Prinsip yang telah dijelaskan sebelumnya mempunyai implikasi yang sangat berarti pada keseluruhan bentuk gedung, karena baik distribusi massa maupun pemberian mekanisme penahan beban lateral sangat dipengaruhi oleh bentuk gedung. Misalnya gedung berbentuk L jelas mempunyai distribusi massa tak simetris, yang pada umumnya juga mempunyai elemen pengaku tidak simetris. Pada bentuk ini gaya-gaya torsional dapat timbul sebagai akibat efek torsi dari beban lateral (Schodek, 1998). Jika beban gempa terjadi secara berkelanjutan dengan periode yang cukup lama, maka efek torsipun akan semakin besar. Hal itu akan berdampak pada bangunan dimana bangunan akan mengalami deformasi yang besar sehingga bangunan menjadi inelastik (Juventrian & Mughnie, 2014).

Salah satu yang dapat dilakukan untuk mereduksi efek torsi ini adalah dengan membuat pemisahan elemen struktur antar unit bangunan yang memiliki bentuk ataupun orientasi berbeda, yaitu dikenal dengan istilah dilatasi. Hal ini dilakukan agar beban yang bekerja dapat terbagi pada titik berat bangunan masing-masing. Dengan demikian efek kerusakan yang parah pada bangunan yang tidak beraturan atau asimetris akibat beban horizontal (beban gempa) dapat diminimalisirkan. Terkait dengan hal itu, Menteri Pekerjaan Umum telah mengatur pedoman persyaratan teknis untuk bangunan yang tidak beraturan atau asimetris yang termuat pada “Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 29/PRT/M/2006”.

KURANG BAIK	SEBAIKNYA
	
	
	
	

Gambar 2.4 Pemisahan Struktur pada Bangunan Asimetris
(Sumber: PERMEN PU Nomor: 29/PRT/M/2006)

Dilatasi baik digunakan pada pertemuan antara bangunan yang rendah dengan yang tinggi, antara bangunan induk dengan bangunan sayap, dan bagian bangunan lain yang mempunyai kelemahan geometris. Disamping itu, bangunan yang sangat panjang tidak dapat menahan deformasi akibat penurunan fondasi, gempa, muai susut, karena akumulasi gaya yang sangat besar pada dimensi bangunan yang panjang, dan menyebabkan timbulnya retakan atau keruntuhan struktural. Oleh karenanya, suatu bangunan yang besar perlu dibagi menjadi beberapa bangunan yang lebih kecil, dimana tiap bangunan dapat bereaksi secara kompak dan kaku dalam menghadapi pergerakan bangunan yang terjadi (Juwana, 2005).



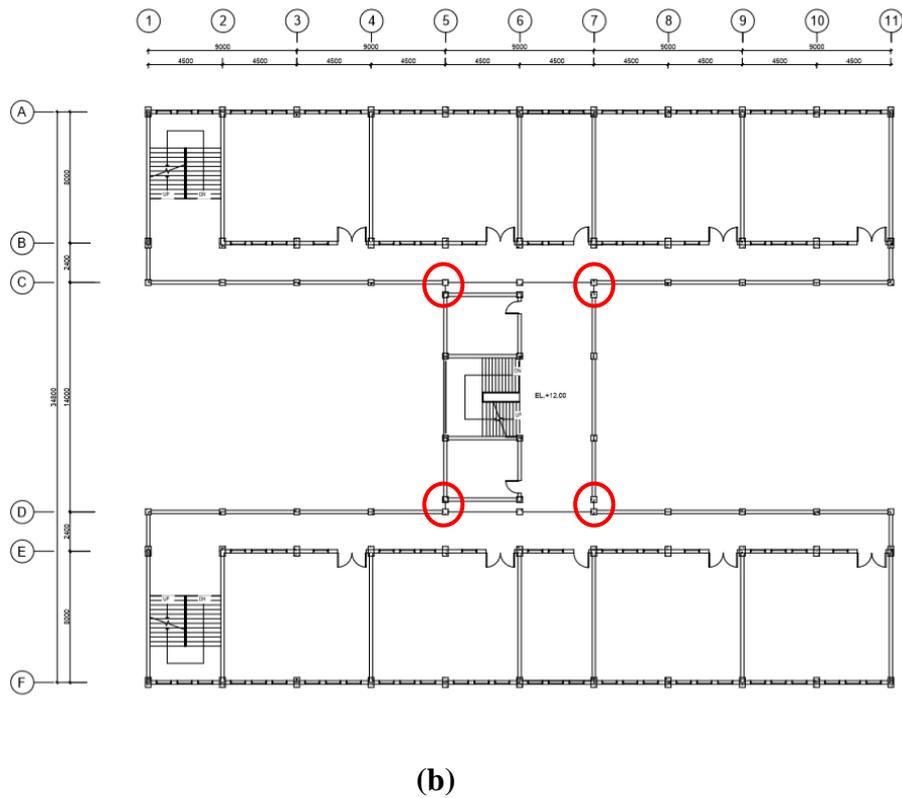
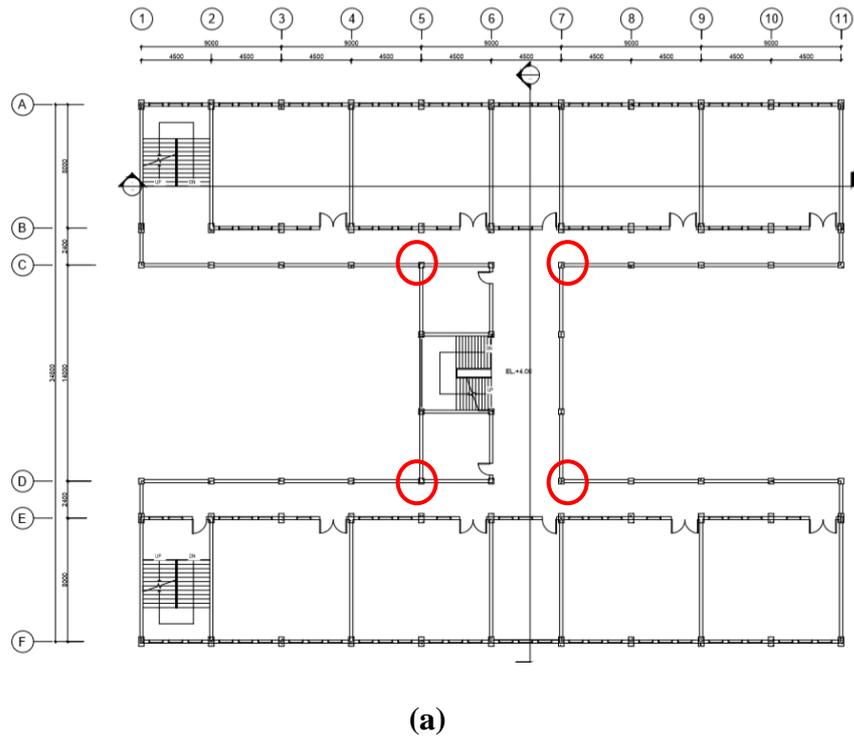
Gambar 2.3 Pemisahan Bangunan

(Sumber: Juwana, 2005)

2.1.5 Jenis-Jenis Dilatasi

Menurut Juwana (2005:53) dalam praktek terdapat beberapa bentuk pemisahan bangunan yang umum digunakan diantaranya:

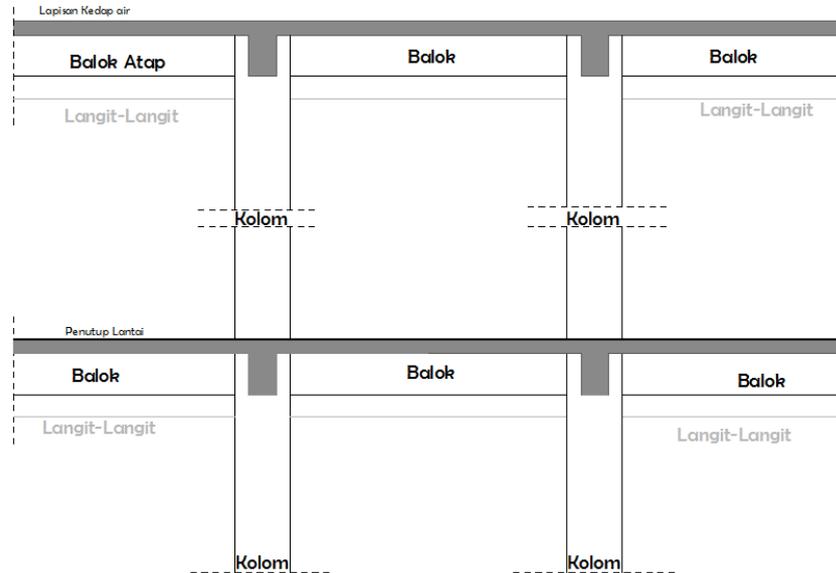
1. Dilatasi dengan dua kolom. Pemisahan struktur dengan dua kolom terpisah merupakan hal yang paling umum digunakan, terutama pada bangunan yang bentuknya memanjang. Perlu diingat bahwa bentang antar kolom pada lokasi dimana dilatasi berada ikut berubah.



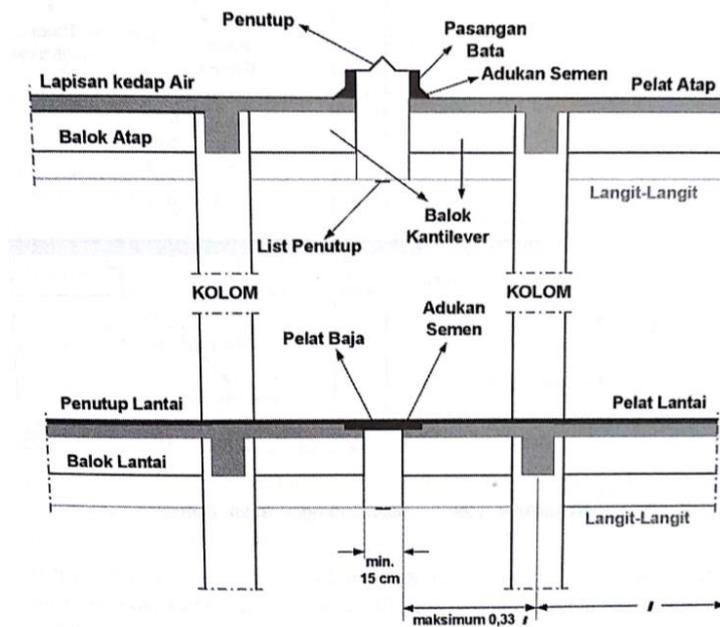
Gambar 2.5 Dilatasi dengan Dua Kolom, (a) Denah Bangunan Tanpa Dilatasi (b) Denah Bangunan Dengan Dilatasi Dua Kolom

(Sumber: Reza,2012)

2. Dilatasi dengan balok kantilever. Mengingat balok kantilever terbatas panjangnya (maksimal $\frac{1}{3}$ bentang balok induk), maka pada lokasi dilatasi terjadi perubahan bentang antar kolom, yaitu sekitar $\frac{2}{3}$ bentang antar kolom.



(a)

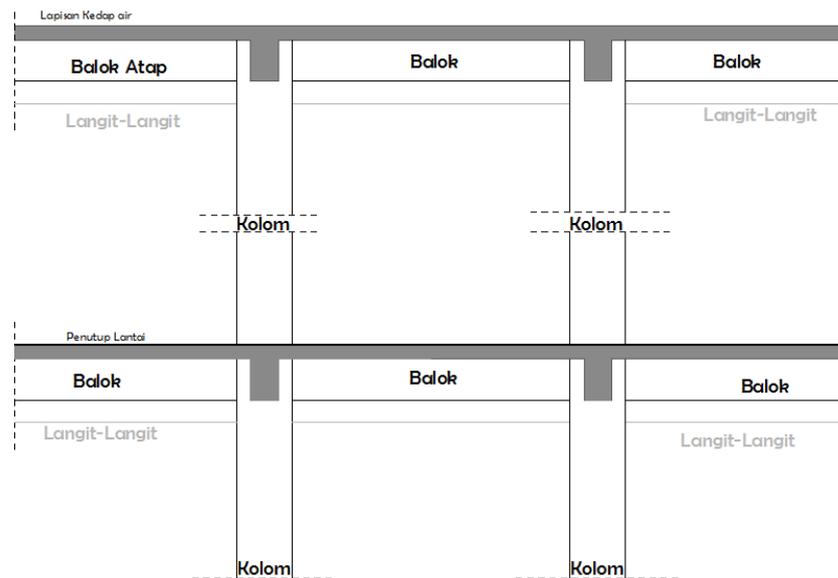


(b)

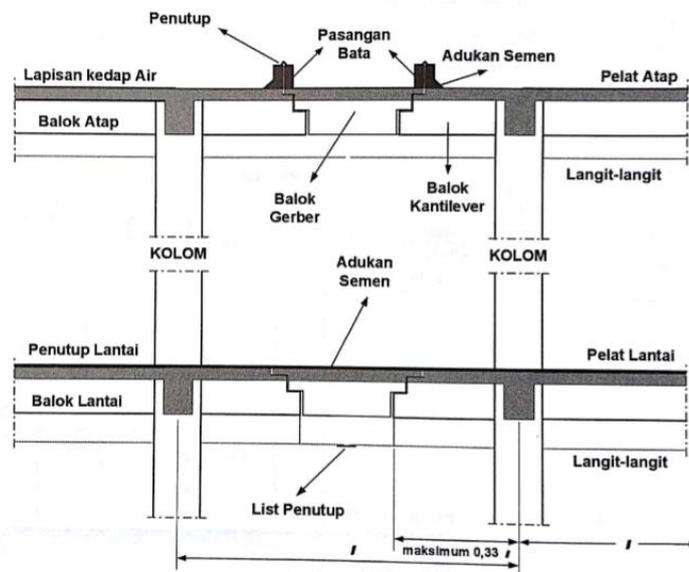
Gambar 2.6 (a) Struktur Tanpa Dilatasi (b) Dilatasi dengan Balok Kantilever

(Sumber: Juwana, 2005)

3. Dilatasi dengan balok gerber. Untuk mempertahankan jarak antar kolom yang sama, maka pada balok kantilever diberi balok Gerber, namun dilatasi dengan balok gerber ini jarang digunakan, karena dikhawatirkan akan lepas dan jatuh, jika mengalami deformasi arah horizontal yang cukup besar.



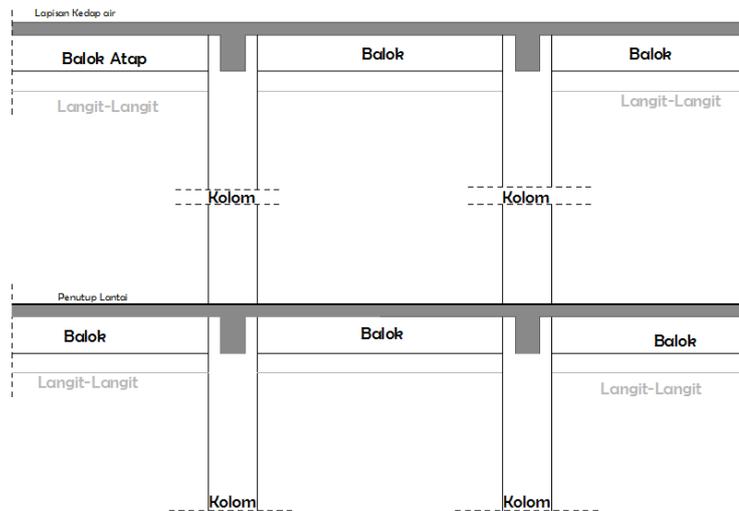
(a)



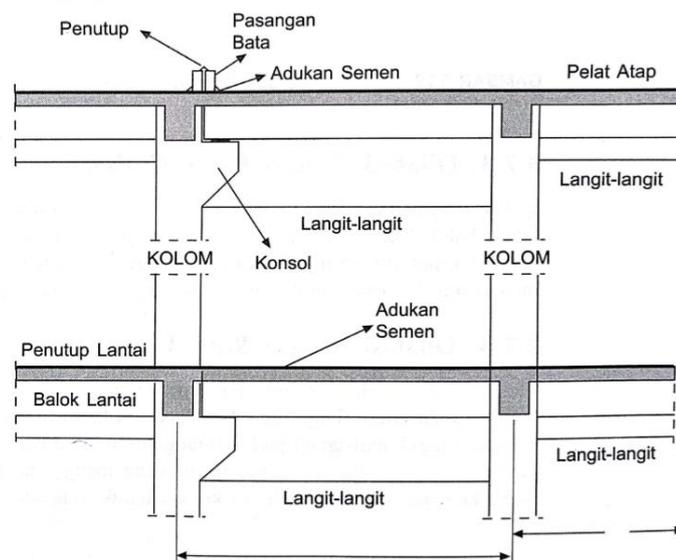
Gambar 2.7 (a) Struktur Tanpa Dilatasi (b) Dilatasi dengan Balok Gerber

(Sumber: Juwana, 2005)

4. Dilatasi dengan konsol. Meskipun jarak antar kolom dapat dipertahankan tetap sama, namun akibat adanya konsol, maka tinggi langit-langit di daerah dilatasi menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tinggi langit-langit pada bentang kolom berikutnya. Dilatasi jenis ini banyak digunakan pada bangunan yang menggunakan konstruksi prapabrikasi, dimana keemat sisi kolom diberi konsol untuk tumpuan balok prapabrikasi.



(a)



Gambar 2.8 (a) Struktur Tanpa Dilatasi (b) Dilatasi dengan Konsol
(Sumber: Juwana, 2005)

2.1.6 Jarak Sela pemisah

Menurut Schodek (1998:534) gedung yang dibuat saling berdekatan harus mempunyai jarak pemisah yang cukup, sedemikian rupa sehingga masing-masing bangunan dapat dengan bebas bergetar pada ragam alaminya tanpa saling bertumbukan. Apabila jarak ini tidak diperhatikan dapat terjadi kerusakan yang serius. Jarak pemisah antar gedung harus ditentukan paling sedikit sama dengan jumlah simpangan maksimum masing-masing struktur gedung dan tidak boleh kurang dari 0.020 kali ketinggian taraf itu diukur dari taraf penjepitan lateral, sela pemisah tidak boleh ditetapkan kurang dari 75 mm (Reza, 2012).

Indarto, dkk (2013:57) Semua bagian struktur harus didesain dan dibangun untuk bekerja sebagai satu kesatuan yang terintegrasi dalam menahan gaya-gaya gempa kecuali jika dipisahkan secara struktural dengan jarak yang cukup memadai untuk menghindari benturan yang merusak. Pemisahan harus dapat mengakomodasi terjadinya perpindahan respon inelastik maksimum (δ_M), dan harus dihitung pada lokasi kritis dengan mempertimbangkan perpindahan translasi maupun rotasi pada struktur, termasuk pembesaran torsi (bila ada), dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\delta_M = \frac{C_d \delta_{max}}{I_e} \quad (2.10)$$

Dimana:

- δ_M = perpindahan respon inelastik maksimum
- C_d = faktor amplifikasi defleksi
- δ_{max} = perpindahan elastic maksimum pada lokasi kritis
- I_e = faktor keutamaan

Untuk struktur-struktur bangunan yang bersebelahan harus dipisahkan minimal sebesar δ_{MT} , yang dihitung dari persamaan dibawah ini:

$$\delta_{MT} = \sqrt{(\delta_{M1})^2 + (\delta_{M2})^2} \quad (2.11)$$

Keterangan:

δ_{M1} dan δ_{M2} adalah perpindahan respons inelastic maksimum pada struktur-struktur bangunan yang bersebelahan di tepi-tepi yang berdekatan. Struktur bangunan harus diposisikan berjarak paling tidak sejauh δ_M dari garis batas kepemilikan tanah.

2.1.7 Metode Analisis Respons Spektrum

Analisis struktur terhadap beban gempa di Indonesia menggunakan standar yaitu SNI 03-1726-2012 “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung”. Salah satu analisis yang dapat digunakan dalam menganalisis suatu gedung dengan metode analisis dinamik respons spektrum. Menurut SNI 1726-2012, respons spektrum adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respons maksimum suatu sistem satu derajat kebebasan akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami.

Berikut ini penjelasan mengenai langkah-langkah dalam menganalisis suatu gedung menggunakan analisis respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2012.

- a. Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan (I–IV) dan Faktor Keutamaan gempa (I_e)

Untuk kategori resiko struktur bangunan dibedakan menjadi empat kategori seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.1.2.1. Pengaruh gempa terhadap kategori struktur bangunan tersebut mempunyai nilai faktor keutamaan menurut tabel berikut ini.

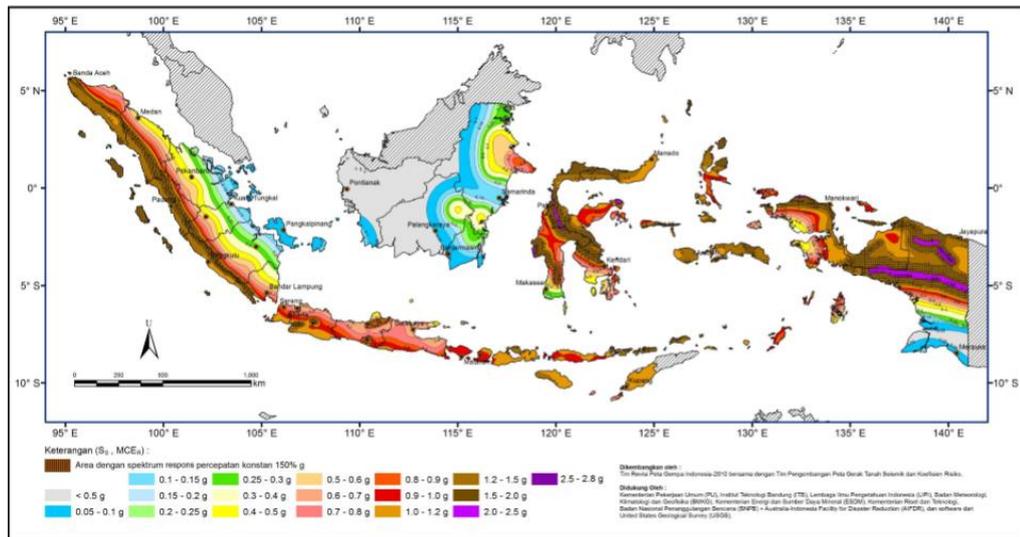
Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Sumber: SNI 1726-2012

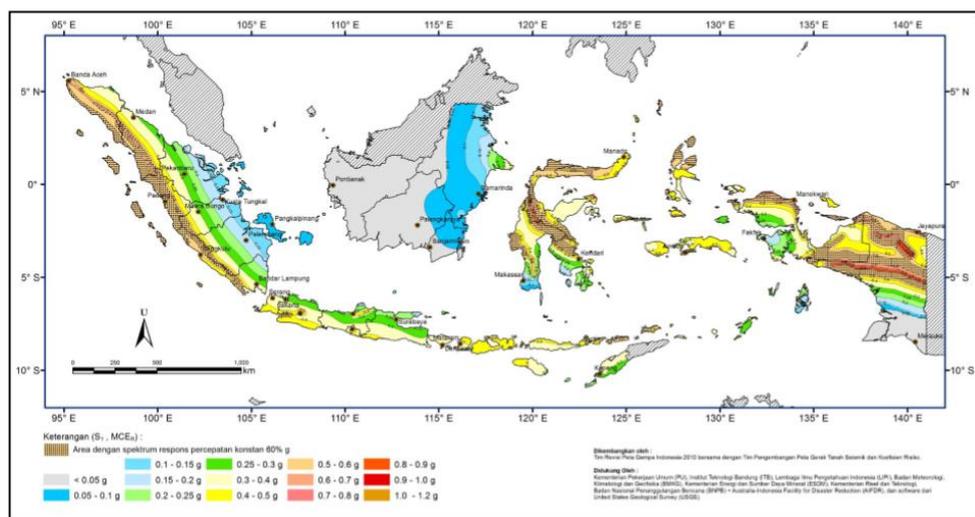
b. Menentukan Parameter percepatan (S_s , S_1)

Dalam menentukan nilai percepatan batuan dasar untuk parameter periode pendek (S_s) dilihat dari peta zonasi gempa Indonesia seperti gambar berikut ini.



Gambar 2.9 Parameter Respon Spektrum Periode Pendek (S_s)
(Sumber: SNI 03-1726-2012)

Sedangkan menentukan nilai percepatan batuan dasar untuk parameter periode 1 detik (S_1) dapat dilihat dari peta zonasi gempa Indonesia seperti gambar berikut ini.



Gambar 2.10 Parameter Respon Spektrum Periode 1 Detik (S_1)
(Sumber: SNI 03-1726-2012)

c. Menentukan Kelas Situs (SA-SF)

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs diklasifikasikan sesuai dengan tabel berikut ini berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.

Tabel 2.7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras)	350 sampai 750	>50	>100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks Plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: – Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifasi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah – Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$) – Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35m$ dengan $S_u < 50$ kPa		

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber: SNI 1726-2012

Keterangan:

V_s = total gaya geser lateral seismik rencana

N = tahanan penetrasi standar

S_u = kuat geser niralir

- d. Menentukan Koefisien-koefisien Situs dan Parameter-parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Mempertimbangkan Resiko-tertarget (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh kalsifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2.12)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2.13)$$

Dengan,

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik

F_a = percepatan pada getaran perioda pendek

F_v = percepatan pada getaran perioda 1,0 detik

Dan koefisien situs F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.8 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Perioda Pendek $T=0.2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s=0,5$	$S_s=0,75$	$S_s=1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Sumber: SNI 1726-2012

Tabel 2.9 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan pada Periode 1 detik S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1=0,2$	$S_1=0,3$	$S_1=0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

Sumber: SNI 1726-2012

Catatan:

- 1) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- 2) SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

setelah mendapatkan nilai parameter respon spektrum, dapat dilakukan perhitungan parameter percepatan spektral desain dengan persamaan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (2.14)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (2.15)$$

Dimana,

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek
 S_{D1} = percepatan respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

e. Menentukan Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tat acara dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mangacu gambar 2.10. dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

- 1) Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain,

S_a harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right), T < T_0 \quad (2.16)$$

- 2) Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S , spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} :

$$S_a = S_{DS}, T_0 \leq 0 \leq T_S \quad (2.17)$$

- 3) Untuk perioda lebih besar dari T_S , spektrum respons percepatan desain S_a diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}, T > T_S \quad (2.18)$$

Keterangan:

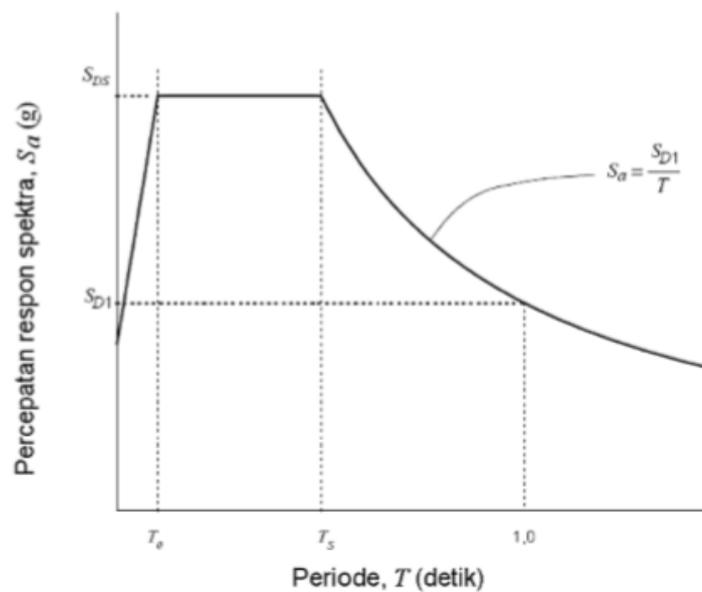
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = percepatan respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 2.11 Spektrum Respons Desain

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

2.1.8 *Software* ETABS sebagai Piranti Lunak Analisis Struktur

Dalam dunia konstruksi saat ini, perencanaan suatu gedung dibantu dengan berbagai jenis *software* seperti SAP2000 dan ETABS v9.7.1. Kedua jenis *software* ini memiliki fungsi yang berbeda yang mana SAP2000 memiliki fungsi general, sedangkan ETABS v9.7.1 digunakan secara spesialis untuk analisis struktur *high rise building* seperti perkantoran, apartemen, rumah sakit, dll. Secara khusus program ETABS v9.7.1 difungsikan untuk menganalisis lima perencanaan struktur yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis baja komposit, analisis baja rangka batang, dan analisis dinding geser.

Pemodelan struktur dengan menggunakan *software* ETABS v9.7.1 secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Untuk memulai pemodelan jangan lupa mengganti satuan menjadi kN-m
- b. Menginput semua elemen struktur dan material yang terdapat pada *as built drawing*
- c. Semua elemen struktur digambar dengan *as built drawing*
- d. Menginput pembebanan baik beban mati, beban hidup maupun beban gempa
- e. Menginput beban gempa dengan menggunakan analisis respon spektra berdasarkan desain respon spektra yang mempunyai parameter-parameter spektra.
- f. Menginput kombinasi pembebanan
- g. *Running* program

2.2 Penelitian yang Relevan

Berikut ini adalah hasil pengkajian penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan pembahasan penelitian ini:

- a. Muhammad Luthfi Rifa'i, Agus Setiya Budi dan Wibowo (2014) dari Universitas Sebelas Maret dalam jurnal *e-jurnal* Matriks Teknik Sipil dengan judul: "Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum menggunakan *Software* ETABS (Studi Kasus: Hotel di Wilayah Karanganyar)". Penelitian ini membahas mengenai analisis struktur 11 lantai dengan membandingkan metode analisis statis dan dinamis yaitu statik ekuivalen dan respons spektrum. Hasil dari penelitian memperlihatkan bahwa analisis dinamik respons spektrum pada arah X dan Y menghasilkan gaya geser dasar (V) lebih besar dari $0,85 V$ analisis statik ekuivalen. Perpindahan maksimum dari analisis statik ekuivalen pada arah X dan Y adalah $0,0878$ m dan $0,1169$ m, sedangkan hasil analisis respons spektrum $0,0465$ m dan $0,0634$ m. Hal itu dikarenakan dengan menggunakan respon spektrum nilai perpindahan didapatkan lebih kecil $2\times$ statik ekuivalen, maka penggunaan respon spektrum lebih baik karena hasil perpindahan dari analisis tersebut didapatkan dimensi struktur yang lebih efektif dan efisien serta jika ditinjau dari beban dinamis respon spektrum lebih *real*.
- b. Restu Faizah dan Widodo (2013) dalam Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Peminatan Struktur dengan judul "Analisis Gaya Gempa Rencana Pada Struktur Bertingkat Banyak Dengan Metode Respon Spektra". Penelitian ini membahas mengenai analisis gaya gempa rencana bangunan 12 lantai yang ditinjau di 23 kota besar Indonesia. Analisis menggunakan metode

dinamik respon spektra dengan membandingkan ketentuan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012. Perubahan ketentuan desain respon dari tahun 2002 ke 2012 dari 23 kota besar tersebut akan menghasilkan nilai koefisien gempa dasar yang berbeda-beda, begitu juga dengan gaya geser dasar bangunan akibat adanya gempa rencana. Hasil dari analisis menunjukkan bahwa gaya gempa rencana berdasarkan SNI 2012 mengalami penurunan dari ketentuan SNI 2002 pada 7 kota, sedangkan yang lain relatif meningkat. Parameter yang menjadi pembandingnya yaitu gaya geser dimana kota Samarinda menurun 57%, sedangkan kota Semarang mengalami peningkatan sebesar 126%. Hal itu dikarenakan terjadinya perbedaan status wilayah kegempaan dari ketentuan SNI 2002 ke SNI 2012

- c. Fajar Nugroho (2015) dari Institut Teknologi Padang dalam jurnal Momentum dengan judul "*Building Performance Evaluation of A.N.S Hotel Building Plan with and Without Dilatation in Earthquake Prone Areas*". Penelitian ini hendak mengevaluasi suatu bangunan hotel A.N.S yang memiliki denah berbentuk L yang mana akan diterapkan dilatasi pada bangunan tersebut. Analisis *push over* menjadi beban seismik yang diterapkan terhadap bangunan eksisting dan 4 blok bangunan (B1, B2, B3, B4) yang menjadi variasi dari penerapan dilatasi. Pembebanan diberikan pada ketinggian 8 m, 14.40 m, 20.80 m dan 24 m, dan membandingkan 2 kriteria yaitu berdasarkan SNI 1726-2002 dan FEMA 356. Nilai perpindahan maksimum bangunan tanpa dilatasi sebesar 9 cm Y di ketinggian 8 m, nilai tersebut masih dalam batasan yang diberikan SNI = 10.98 cm dan FEMA = 47.38 cm. Untuk nilai perpindahan maksimum dengan adanya dilatasi di semua titik pembebanan menurut SNI-2002 sudah melewati batasan

yang diberikan, sedangkan berdasarkan FEMA 356 tidak ada yang melewati batasan yang diberikan. Dapat disimpulkan bahwa batasan nilai perpindahan berdasarkan FEMA 356 lebih memenuhi kriteria dibandingkan SNI-2002. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan analisis *push over* yang mengacu pada FEMA 356, dimana adanya faktor modifikasi dari persamaan perhitungan untuk mendapatkan batasan nilai perpindahan.

- d. Ferdi Reza (2012) dari Universitas Syiah Kuala Darussalam dalam Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Dilatasi Terhadap Gaya Dalam Kolom dan Balok pada Gedung Berlantai Empat dengan Denah Bentuk H” oleh Ferdi Reza. Penelitian ini hendak membandingkan gaya dalam yang timbul pada gedung tidak beraturan terhadap gedung beraturan tanpa dilatasi dan dengan dilatasi. Dengan menggunakan dilatasi dua kolom bangunan denah bentuk H menjadi 3 blok bangunan. As yang terdapat dilatasi yaitu C5 dan D5, perbandingan As yang dekat dengan dilatasi yaitu As 8 dan yang jauh dari adanya dilatasi yaitu As 1. Hasil analisa struktur yang didapatkan dari momen yang timbul pada balok As 1 (A-B) 101%, As 8 (A-B) 102%, sedangkan pada kolom A1 104%, A8 105%. Untuk perbandingan gaya geser yang timbul pada balok As 1 (A-B) 101%, As 8 (A-B) 100%, sedangkan pada kolom A1 104%, A8 105%. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dilatasi memberikan pengaruh yang kurang signifikan pada bangunan tidak beraturan yang eksentrisitas pusat massa dan pusat kekakuan bangunan memiliki nilai kecil seperti gedung H.

2.3 Kerangka Berfikir

Struktur bangunan ketika menerima gaya gempa akan menghasilkan suatu perilaku bangunan. Perilaku struktur bangunan yang dihasilkan akan berbeda-beda, salah satunya diakibatkan oleh beraturan atau tidak beraturannya denah suatu bangunan. Tower Heliconia Bassura City adalah salah satu bangunan dengan denah berbentuk huruf U dan memiliki ketidakberaturan bangunan baik secara horizontal maupun vertikal. Persentase ketidakberaturan horizontal pada bangunan tersebut adalah sebesar 40,35%, dan ketidakberaturan vertikal yaitu sebesar 8,64%. Berdasarkan ketentuan SNI 1726-2012 bangunan tersebut termasuk bangunan dengan ketidakberaturan horizontal.

Secara teoritis salah satu cara untuk meminimalisir kegagalan yang terjadi pada bangunan yang memiliki ketidakberaturan horizontal ketika menerima gaya gempa adalah dilatasi. Dilatasi yaitu memisahkan bangunan menjadi blok-blok bangunan yang sederhana dengan suatu celah. Dilatasi diterapkan dengan harapan perilaku struktur bangunan yang dihasilkan masuk kedalam kriteria yang diberikan sesuai dengan ketentuan SNI 1726-2012. Selain itu, juga dapat mengurangi ketidakberaturan struktur yang ada pada bangunan Tower Heliconia Bassura City.

Dengan demikian, dalam kajian ini akan dilakukan penelitian perbandingan antara bangunan tanpa dilatasi dan dengan dilatasi yang akan ditinjau berupa *periode, base shear, drift, displacement*. Serta akan meninjau kapasitas momen dari elemen struktur yang terjadi ketika bangunan tersebut menerima gaya gempa. Perbandingan bangunan dengan dilatasi dan tanpa dilatasi akan dianalisis menggunakan *software* ETABS versi 9.7.1.

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan teori dan kerangka berfikir diatas dapat di rumuskan bahwa dugaan sementara mengenai perilaku bangunan yang tidak beraturan secara horizontal dengan dilatasi terhadap gempa dapat memberikan hasil yang lebih baik dilihat berdasarkan parameternya.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat Penelitian

Laboratorium komputer program studi Pendidikan Teknik Bangunan Gedung L5 Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka Jakarta Timur.

b. Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan ± 3 bulan terhitung dari bulan Juni 2017

3.2 Deskripsi Bangunan

Dalam penelitian ini, peneliti akan menganalisis Bangunan Tower Heliconia Bassura City. Untuk konstruksi kolam renang yang terdapat dilantai dasar tidak dimodelisasikan ke *software* ETABS, tapi dianggap sebagai beban mati dilantai tersebut. Adapun data proyek lainnya dari bangunan tersebut sebagai berikut:

3.2.1 Spesifikasi Teknis

- | | |
|------------------------|---|
| a. Lokasi bangunan | : Bassura City Jakarta Timur |
| b. Fungsi Bangunan | : Apartemen |
| c. Konstruksi bangunan | : Struktur beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SPRMK) dengan adanya <i>shearwall</i> |
| d. Jumlah lantai | : 25 Lantai |
| e. Jenis Tanah | : Tanah sedang |

- f. Tinggi antar lantai :
- 1) B2 – GF = 3220 mm
 - 2) GF – Lantai 1 = 3550 mm
 - 3) Lantai 1 – Lantai 2 = 3220 mm
 - 4) Lantai 2 – Lantai 5 = 2700 mm
 - 5) Lantai 5 – Lantai 6 = 3220 mm
 - 6) Lantai 6 – Lantai 25 = 2700 mm
 - 7) Lantai 25 – Lantai Atap = 2750 mm
- g. Mutu Beton :
- 1) f'_c Kolom :
 - a) B2 – Lantai 7 = 37,35 MP_a
 - b) Lantai 8 – Lantai 19 = 33,20 MP_a
 - c) Lantai 20 – Lantai Atap = 29,05 MP_a
 - 2) f'_c Balok :
 - a) B2 – Lantai 7 = 29,05 MP_a
 - b) Lantai 8 – Lantai 19 = 29,05 MP_a
 - c) Lantai 20 – Lantai Atap = 24,90 MP_a
 - 3) f'_c Pelat :
 - a) B2 – Lantai 7 = 29,05 MP_a
 - b) Lantai 8 – Lantai 19 = 29,05 MP_a
 - c) Lantai 20 – Lantai Atap = 24,90 MP_a
 - 4) f'_c Shear Wall :
 - a) B2 – Lantai 7 = 37,35 MP_a

- b) Lantai 8 – Lantai 19 = 33,20 MP_a
- c) Lantai 20 – Lantai Atap = 29,05 MP_a
- 5) f'_c Tangga = 29,05 MP_a
- 6) Modulus elastisitas (E_c) = $4700\sqrt{f'_c}$
- 7) Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- 8) Selimut beton :
- a) Balok & Kolom = 40 mm
- b) Slab = 20 mm
- c) Slab Basement = 75 mm

3.2.2 Dimensi Struktur

- a. Tebal Ramp : 150 mm
- b. Balok

Tipe balok serta dimensi di area lantai, atap, tangga, dan ramp pada proyek Tower Heliconia Bassura City seperti tabel berikut ini.

Tabel 3.1 Tipe dan Dimensi Balok

Lantai	Tipe	Dimensi (mm)	Tipe	Dimensi (mm)
B2	G59	500 × 900	B58	500 × 800
	G58	500 × 800	B48	400 × 800
	G57	500 × 700	B47	400 × 700
	G55	500 × 500	B37	300 × 700
	G3A7	350 × 700	B36	300 × 600
	G36	300 × 600	B35	300 × 500
	G35	300 × 500	B24	200 × 400
B1	G59	500 × 900	B4A8	450 × 800
	G47	400 × 700	B48	400 × 800
	G3A7	350 × 700	B47	400 × 700
	G37	300 × 700	B46	400 × 600
	G36	300 × 600	B37	300 × 700
	G35	300 × 500	B36	300 × 600
	G24	200 × 400	B35	300 × 500
	B59	500 × 900	B24	200 × 400

Lantai	Tipe	Dimensi (mm)	Tipe	Dimensi (mm)
LG	G47	400 × 700	G24	200 × 400
	G3A7	350 × 700	B37	300 × 700
	G37	300 × 700	B36	300 × 600
	G36	300 × 600	B35	300 × 500
	G35	300 × 500	B24	200 × 400
GF	G68	600 × 800	CG35	300 × 500
	G66	600 × 600	B48	400 × 800
	G58	500 × 800	B46	400 × 600
	G48	400 × 800	B37	300 × 700
	G47	400 × 700	B36	300 × 600
	G46	400 × 600	B35	300 × 500
	G37	300 × 700	B25	200 × 500
	G36	300 × 600	B24A	200 × 450
	G35	300 × 500	B24	200 × 400
	G3A7	350 × 700		
Lantai 1 – Lantai Atap	G102	1000 × 200	CG35	300 × 500
	G72	700 × 200	G24	200 × 400
	G54A	500 × 450	B36	300 × 600
	G44A	400 × 450	B35	300 × 500
	G4A2	450 × 200	B34A	300 × 450
	G36	300 × 600	B34	300 × 400
	G35	300 × 500	B24	200 × 400
	G34A	300 × 450	B2A4A	250 × 450

Sumber: PT. Totalindo Eka Persada

c. Kolom

Tipe kolom dan dimensi yang digunakan di setiap lantai pada proyek Tower Heliconia Bassura City terdiri dari 4 macam tipe seperti tabel berikut ini.

Tabel 3.2 Tipe dan Dimensi Kolom

Lantai	Dimensi dan Tulangan Utama(mm)			
	K1H	K2H	K3H	KL
B2 – Lantai Gf	450 × 1000 20 D22	450 × 1000 20 D19	600 × 600 16 D22	200 × 400 6 D16
Lantai 1 – Lantai 7	450 × 900 18 D22	450 × 900 18 D19		200 × 400 6 D16
Lantai 8 – Lantai 12	450 × 800 10 D22 + 6 D19	450 × 800 16 D19		200 × 400 6 D16
Lantai 15 – Lantai 20	450 × 700 16 D19	450 × 700 14 D19		200 × 400 6 D16

Lantai	Dimensi dan Tulangan Utama(mm)			
	K1H	K2H	K3H	KL
Lantai 21 – Lantai Atap	450 ×600 12 D19	450 ×600 12 D19		200 ×400 6 D16

Sumber: PT. Totalindo Eka Persada

d. Pelat

Tebal pelat lantai yang digunakan pada proyek Tower Heliconia Bassura City terdiri dari 8 macam tipe seperti tabel berikut ini.

Tabel 3.3 Tipe Pelat Lantai

Lantai	Tipe	Tebal (mm)
<i>Basement 2</i>	FS45	450
B2, B1, LG	S25	250
B2, B1, LG, GF	S20	200
B2 – Lantai Atap	S15	150
B2 – Lantai Atap	S14	140
B2 – Lantai Atap	S13	130
Lantai Atap	S12	120
Bordes Tangga	RS12	120

Sumber: PT. Totalindo Eka Persada

e. *Shear Wall*

Tipe *Shear wall* yang digunakan pada proyek Tower Heliconia Bassura City terdiri dari 6 macam tipe seperti tabel berikut ini.

Tabel 3.4 Tipe *Shear Wall*

Lantai	Tipe	Tebal (mm)
<i>Basement 2- Lantai Atap</i>	W1H	350
	W2H	350
	W3H	350
	W4H	350
	W5H	350
	W6H	200

Sumber: PT. Totalindo Eka Persada

f. Tangga

Tangga yang digunakan pada proyek Tower Heliconia Bassura City mempunyai tebal pelat sebesar 150 mm, tebal pelat *bordes* 150 mm, tinggi *optrede* 18 cm, lebar *antrede* 30 cm dan memakai tulangan D13 – 100, D13

– 200 untuk tulangan utama dan D10 – 200 untuk tulangan pembagi. Mutu beton yang digunakan $f'_c = 29.05 MP_a$.

g. *Basement Wall*

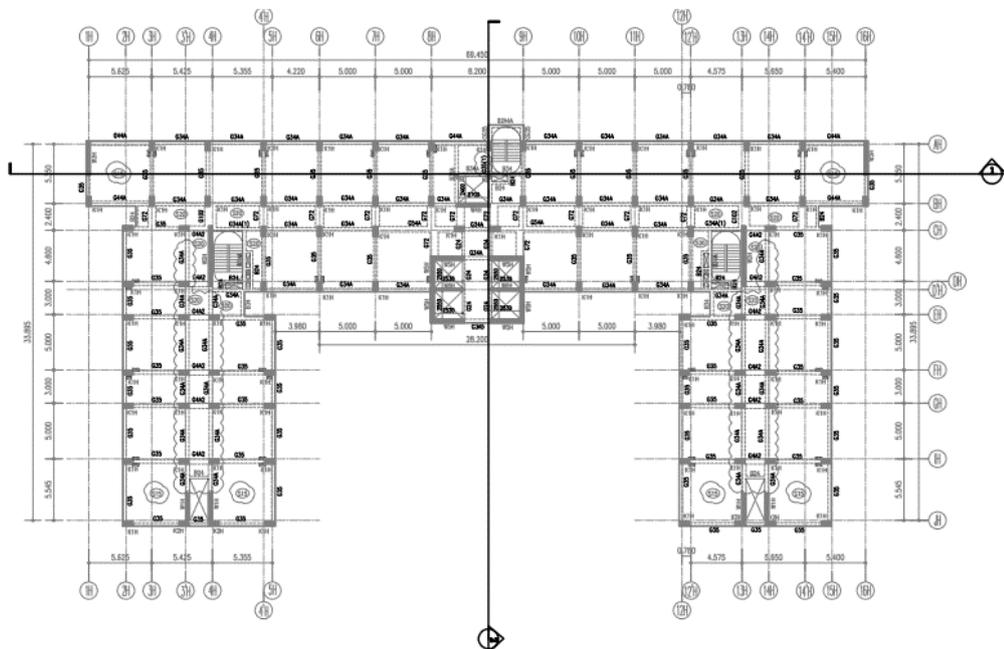
Pada proyek Tower Heliconia Bassura City menggunakan basement *wall* sebagai penahan tanah konstruksi bangunan di bawah permukaan tanah (*basement*) dengan tipe dan tebal nya seperti tabel berikut.

Tabel 3.5 Tipe Basement Wall

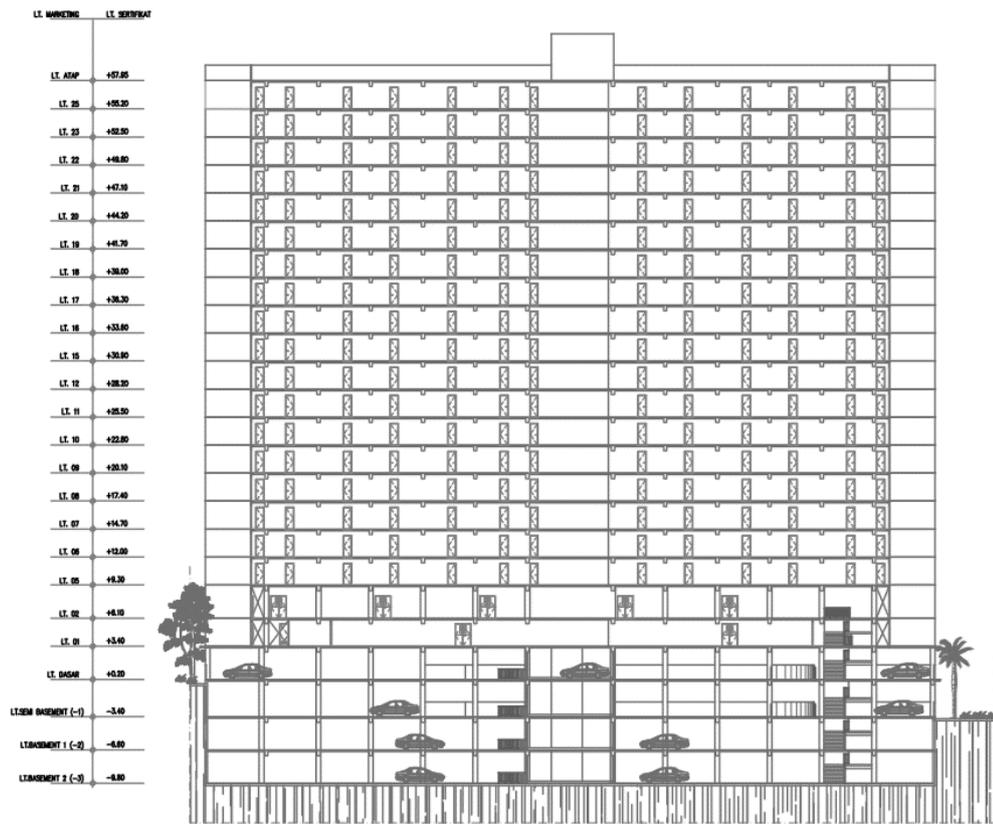
Lantai	Tipe	Tebal (mm)
Basement 2	BW300	300
Basement 2	BW200	200
Basement 1	W200	200
LG	W150	150

Sumber: PT. Totalindo Eka Persada

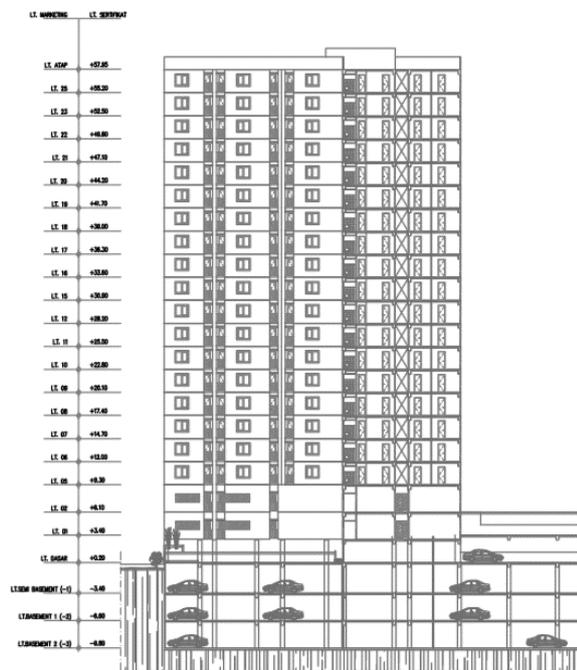
3.2.3 Gambar Struktur



Gambar 3.1 Denah Tipikal Bangunan Eksisting



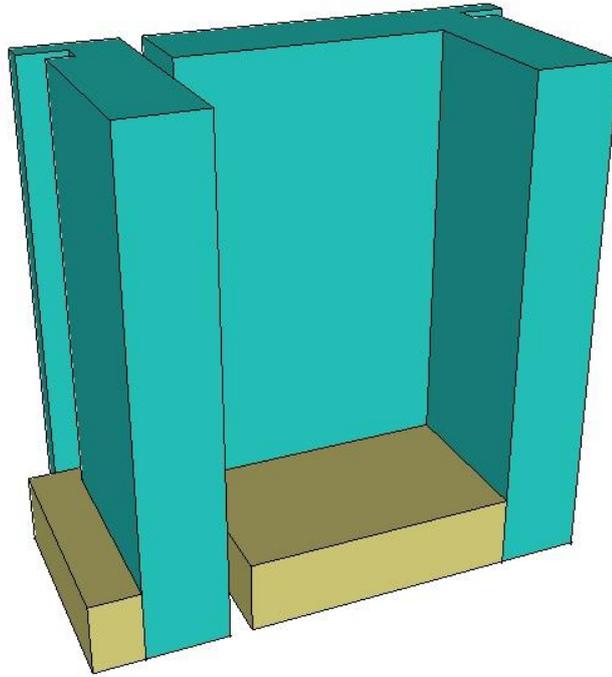
Gambar 3.2 Potongan 1



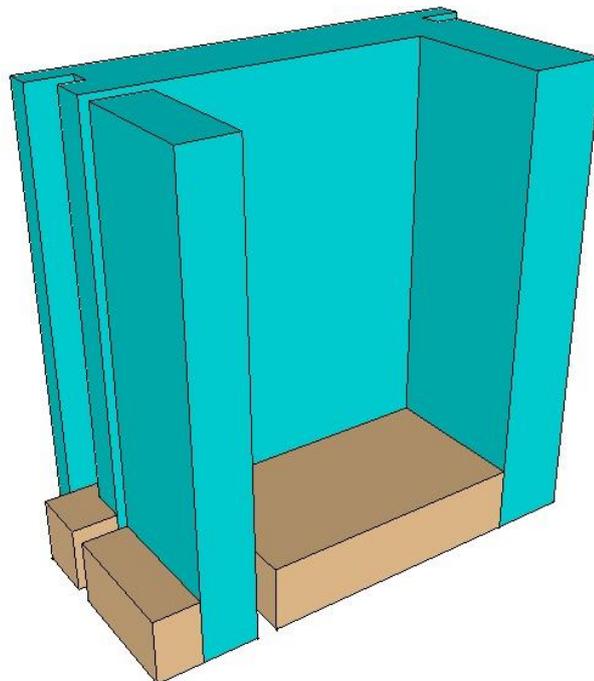
Gambar 3.3 Potongan 2

3.3 Variasi Pemodelan Struktur

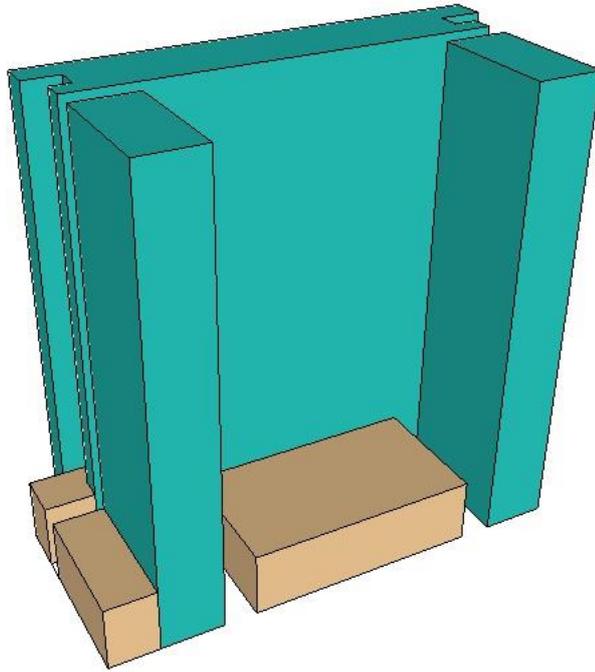
Variasi pemodelan pada penelitian yang akan diterapkan dengan dilatasi dapat dilihat pada gambar berikut ini.



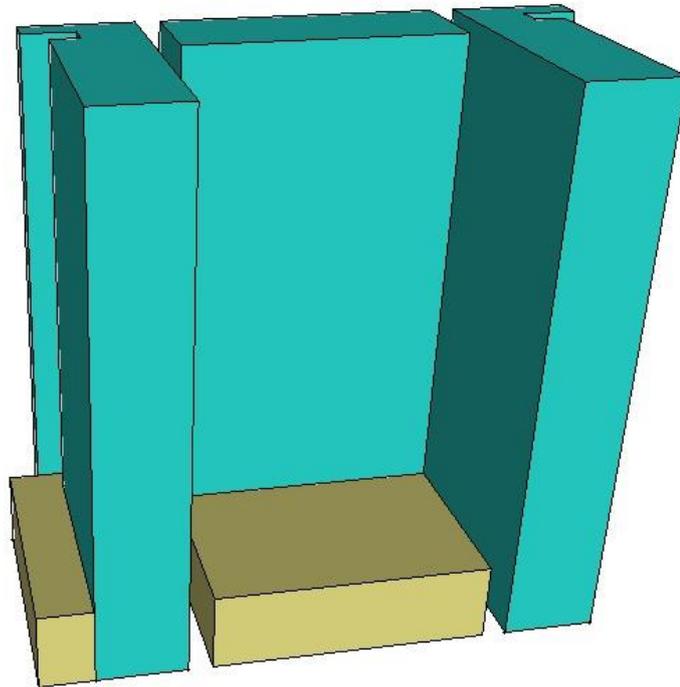
Gambar 3.4 Variasi 1 Dilatasi Arah Lebar (Y)



Gambar 3.5 Variasi 2 Dilatasi Arah Memanjang (X)



Gambar 3.6 Variasi 3 Dilatasi Arah Memanjang (X)



Gambar 3.7 Variasi 4 Dilatasi Arah Lebar (Y)

3.4 Pembebanan

Pembebanan struktur untuk beban mati berdasarkan ketentuan PPPRG 1987 mengenai Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987 dan untuk beban hidup berdasarkan ketentuan SNI 03-1727-2013 tentang beban minimum perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Sedangkan untuk beban lateral yaitu beban gempa yang diatur sesuai dengan ketentuan SNI 03-1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

3.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang bersifat tetap. Beban – beban mati yang bekerja pada struktur ini adalah berat sendiri pada elemen – elemen seperti kolom, pelat, balok, adukan semen, mekanikal dan elektrik.

1) Pada lantai *basement*

Adukan, per cm tebal (3 cm)	$= 0,21 \text{ kN/m}^2 \times 3$	$= 0,63 \text{ kN/m}^2$
Mekanikal dan elektrik		$= 0,25 \text{ kN/m}^2 +$
Total beban mati		$= 0,88 \text{ kN/m}^2$

2) Pada *ground floor*

Kolam renang	$= \gamma_w \times A_{kr} = 9,8 \text{ kN/m}^3 \times 2,150 \text{ m}$	$= 21,07 \text{ kN/m}^2 *$
--------------	--	----------------------------

*Pada area yang terdapat kolam renang saja

Adukan, per cm tebal (3 cm)	$= 0,21 \text{ kN/m}^2 \times 3$	$= 0,63 \text{ kN/m}^2$
Keramik		$= 0,24 \text{ kN/m}^2$
Mekanikal dan elektrik		$= 0,25 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{array}{r} \text{Plafon + penggantung} \\ \hline \text{Total beban mati} \end{array} \begin{array}{r} = 0,18 \text{ kN/m}^2 + \\ \\ = 1,30 \text{ kN/m}^2 \end{array}$$

3) Pada lantai 1 – lantai 25

$$\begin{array}{r} \text{Adukan, per cm tebal (3 cm)} = 0,21 \text{ kN/m}^2 \times 3 \\ \text{Keramik} \\ \text{Mekanika dan elektrikal} \\ \text{Plafond + penggantung} \\ \hline \text{Total beban mati} \end{array} \begin{array}{r} = 0,63 \text{ kN/m}^2 \\ \\ = 0,24 \text{ kN/m}^2 \\ = 0,25 \text{ kN/m}^2 \\ = 0,18 \text{ kN/m}^2 + \\ \\ = 1,30 \text{ kN/m}^2 \end{array}$$

4) Pada lantai atap

$$\begin{array}{r} \text{Adukan, per cm tebal (3 cm)} = 0,21 \text{ kN/m}^2 \times 3 \\ \text{Mekanika dan elektrikal} \\ \text{Water proofing} \\ \text{Plafond + penggantung} \\ \hline \text{Total beban mati} \end{array} \begin{array}{r} = 0,63 \text{ kN/m}^2 \\ = 0,25 \text{ kN/m}^2 \\ = 0,14 \text{ kN/m}^2 \\ = 0,18 \text{ kN/m}^2 + \\ \\ = 1,20 \text{ kN/m}^2 \end{array}$$

3.4.2 Beban Hidup

Sedangkan beban hidup merupakan semua beban yang terjadi akibat penghuni atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah. Berdasarkan SNI 1727-2013 dapat dibedakan sesuai fungsi masing-masing lantai sbagai berikut:

a. Pada lantai *basement*

Lantai ini berfungsi sebagai tempat parkir, beban hidup = $3,92 \text{ kN/m}^2$

- b. Pada lantai *ground* sampai lantai 25

Berfungsi sebagai tempat tinggal (*Apartment*), beban hidup = $1,92 \text{ kN/m}^2$

- c. Pada lantai atap

Beban hidup pada lantai atap = $0,96 \text{ kN/m}^2$

- d. Pada lantai tangga

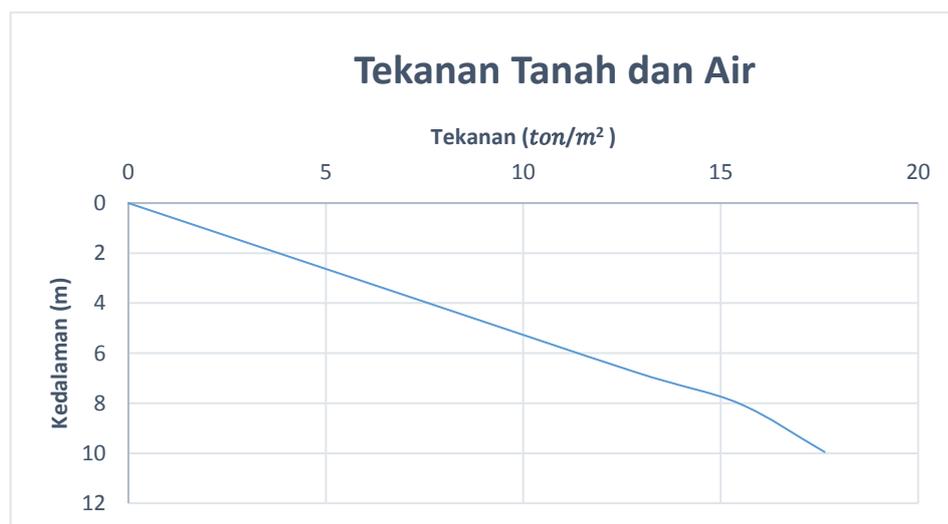
Beban hidup pada tangga = $2,94 \text{ kN/m}^2$

3.4.3 Beban Tekanan Tanah dan Air

Beban tekanan tanah dan air pada proyek Tower Heliconia Bassura City dapat dilihat dalam tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 3.6 Tekanan Tanah dan Air

Kedalaman (m)	Berat Volume Tanah (ton/m^3)	Tekanan (ton/m^2)
0	1.7	0
3.55	1.9	6.75
6.75	1.9	12.83
9.95	2.1	17.63



Gambar 3.8 Grafik Tekanan Tanah dan Air

3.4.4 Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 untuk gaya gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik, sehingga analisisnya dapat berdasarkan analisis dinamik. Analisis dinamik yang digunakan adalah analisis respon spektrum. Adapun tahapan desain respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut:

a. Kategori risiko struktur bangunan dan faktor keutamaan gempa (I_e)

Bangunan Tower Heliconia Bassura City merupakan bangunan yang memiliki fungsi sebagai apartemen, menurut Tabel 2.2 dikategorikan ke dalam risiko II. Sedangkan untuk faktor keutamaan berdasarkan Tabel 2.6 bangunan dengan kategori risiko II bernilai $I_e = 1,0$.

b. Parameter percepatan terpetakan S_s dan S_1

Wilayah gempa berada di kota Jakarta Timur dan kelas situs SD . Berdasarkan peta gerak batuan dasar yang terdapat dalam lampiran SNI 1726-2012 di dapatkan nilai S_s dan S_1 sebagai berikut:

- 1) Percepatan batuan dasar pada perioda pendek $S_s = 0,679 g^*$
- 2) Percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik $S_1 = 0,297 g^*$

*Nilai yang didapatkan disesuaikan dengan aplikasi desain respon spektra dari PU

c. Koefisien situs untuk desain seismik F_a dan F_v

- 1) Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek F_a menurut Tabel 2.8 untuk kelas situs SD , diperoleh $F_a = 1,257$
- 2) Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda 1 detik F_v menurut Tabel 2.9 untuk kelas situs SD , diperoleh $F_v = 1,806$

d. Parameter respon spektrum percepatan S_{MS} dan S_{M1}

1) Parameter respon spektrum percepatan pada perioda pendek

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,257 \times 0,679 = 0,853$$

2) Parameter respon spectrum percepatan pada perioda 1 detik

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,806 \times 0,297 = 0,536$$

e. Parameter percepatan spektral desain S_{DS} dan S_{D1}

1) Parameter percepatan spektral desain pada perioda pendek

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,853 = 0,569$$

2) Parameter percepatan spektral desain pada perioda 1 detik

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,536 = 0,357$$

f. Desain Respon Spektrum

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,357}{0,569} = 0,126 \text{ detik}$$

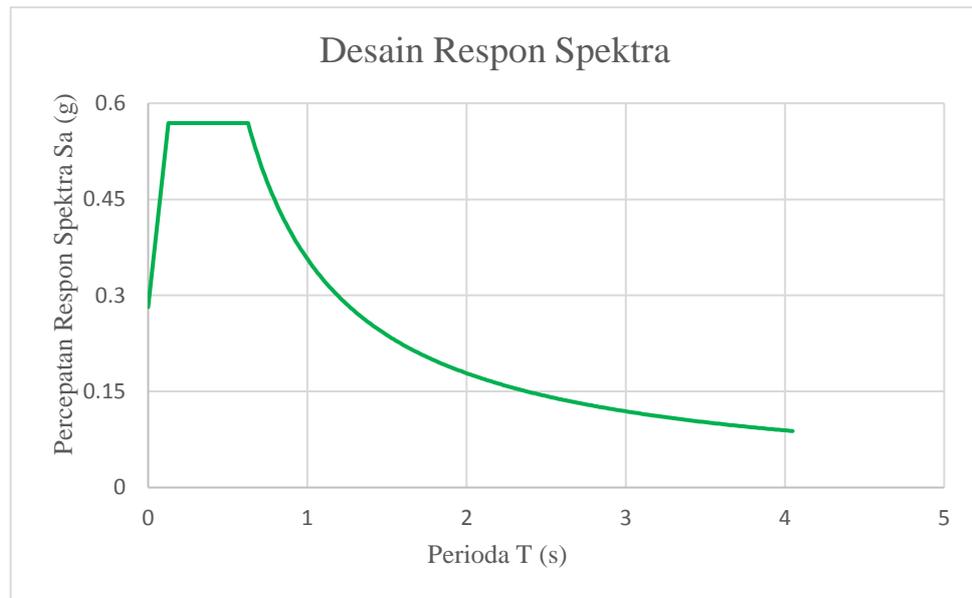
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,357}{0,569} = 0,628 \text{ detik}$$

1) Untuk $T \leq T_0$: $S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$

$$S_a = 0,569 (0,4 + 0,6 \frac{0,02}{0,126}) = 0,282$$

2) Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$: $S_a = S_{DS} = 0,569$

3) Untuk $T > T_s$: $S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,357}{0,728} = 0,510$



Gambar 3.9 Grafik Desain Respon Spektrum

3.5 Kombinasi Pembebanan

Nilai parameter percepatan spektral desain pada periode pendek (S_{DS}) adalah 0,569. berdasarkan Tabel 3.6, karena nilai $S_{DS} > 0,50$ maka bangunan ini termasuk kategori desain seismik D dan memiliki faktor redundansi (ρ) sebesar 1,3.

Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Repons Percepatan pada periode pendek

Nilain S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: (SNI 1726-2012)

Substitusikan nilai S_{DS} dan redundansi (ρ) kedalam persamaan pada kombinasi pembebanan berikut ini:

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L$
3. $1,2 D + 1,0 L \pm 0,3(\rho Q_{Ex} + 0,2S_{DS}D) \pm 1,0(\rho Q_{Ey} + 0,2S_{DS}D)$

$$4. 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0(\rho Q_{Ex} + 0,2S_{DS}D) \pm 0,3(\rho Q_{Ey} + 0,2S_{DS}D)$$

$$5. 0,9 D \pm 0,3(\rho Q_{Ex} - 0,2S_{DS}D) \pm 1,0(\rho Q_{Ey} - 0,2S_{DS}D)$$

$$6. 0,9 D \pm 1,0(\rho Q_{Ex} - 0,2S_{DS}D) \pm 0,3(\rho Q_{Ey} - 0,2S_{DS}D)$$

Sehingga persamaan diatas akan diperoleh kombinasi persamaan sebagai berikut:

$$1. 1,4 D$$

$$2. 1,2 D + 1,6 L$$

$$3. 1,35 D + 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey} + 1,0 L$$

$$4. 1,12 D + 0,39Q_{Ex} - 1,3Q_{Ey} + 1,0 L$$

$$5. 1,28 D - 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey} + 1,0 L$$

$$6. 1,05 D - 0,39Q_{Ex} - 1,3Q_{Ey} + 1,0 L$$

$$7. 1,35 D + 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey} + 1,0 L$$

$$8. 1,12 D + 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey} + 1,0 L$$

$$9. 1,28 D - 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey} + 1,0 L$$

$$10. 1,05 D - 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey} + 1,0 L$$

$$11. 0,75 D + 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey}$$

$$12. 0,98 D + 0,39Q_{Ex} - 1,3Q_{Ey}$$

$$13. 0,82 D - 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey}$$

$$14. 1,05 D - 0,39Q_{Ex} - 1,3Q_{Ey}$$

$$15. 0,75 D + 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey}$$

$$16. 0,98 D + 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey}$$

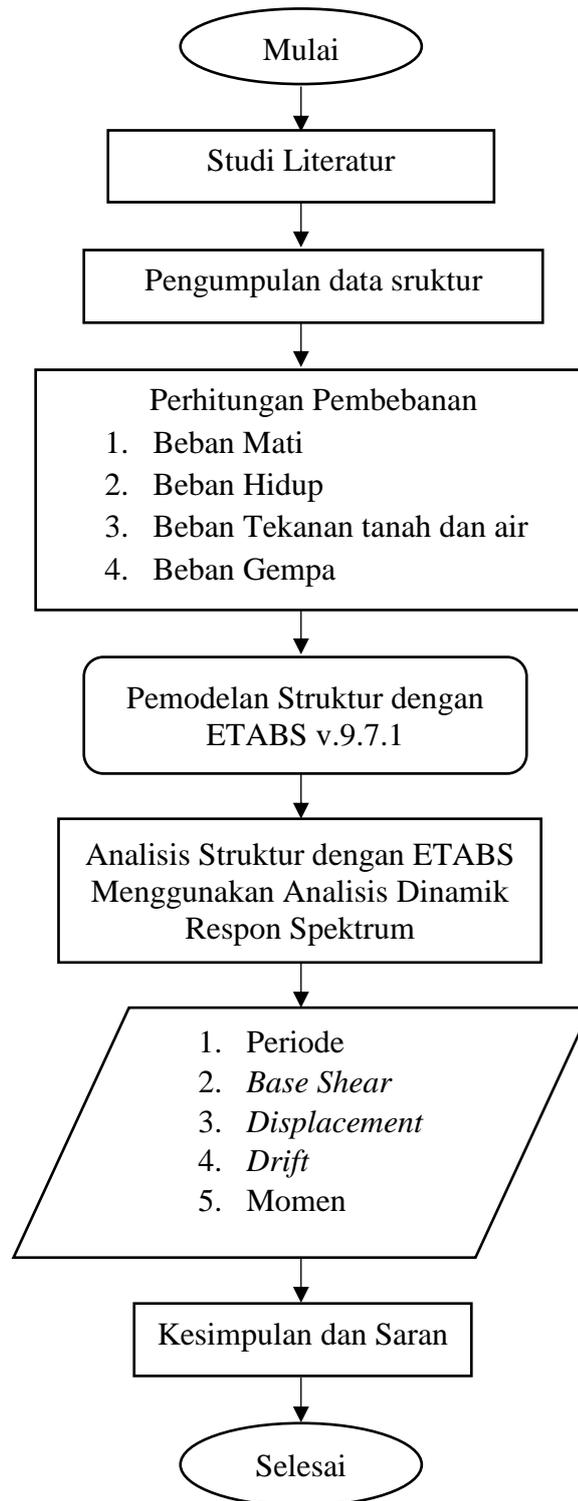
$$17. 0,82 D - 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey}$$

$$18. 1,05 D - 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey}$$

3.6 Teknik Analisis Data

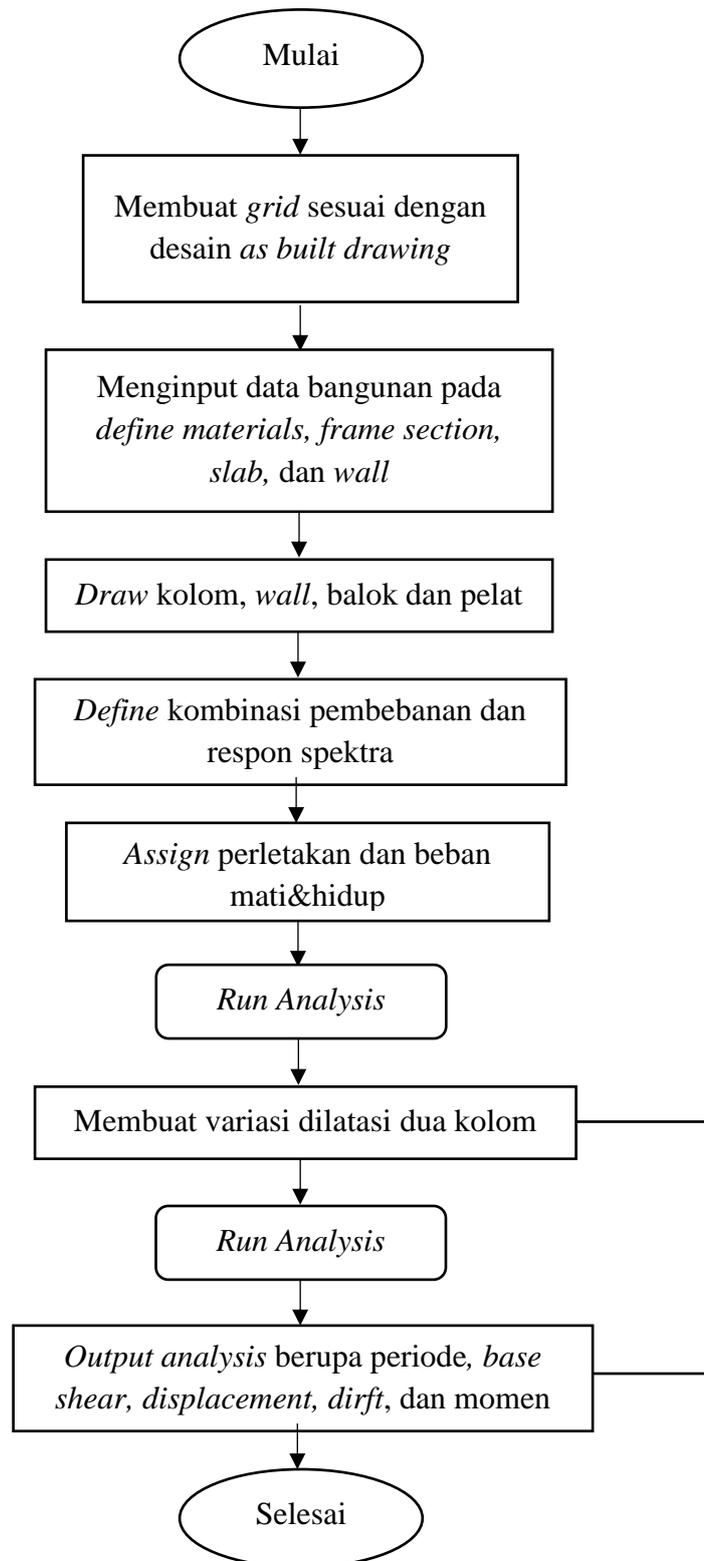
Dalam penelitian ini teknik analisis data yang digunakan yaitu analisis deskriptif yang berarti mendeskripsikan atau menggambarkan data hasil penelitian yang telah didapatkan dalam bentuk tabel, diagram, dan grafik.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini tahapan dalam melakukan pemodelan menggunakan software ETABS:



Gambar 3.11 Diagram Alir Tahapan Analisis ETABS

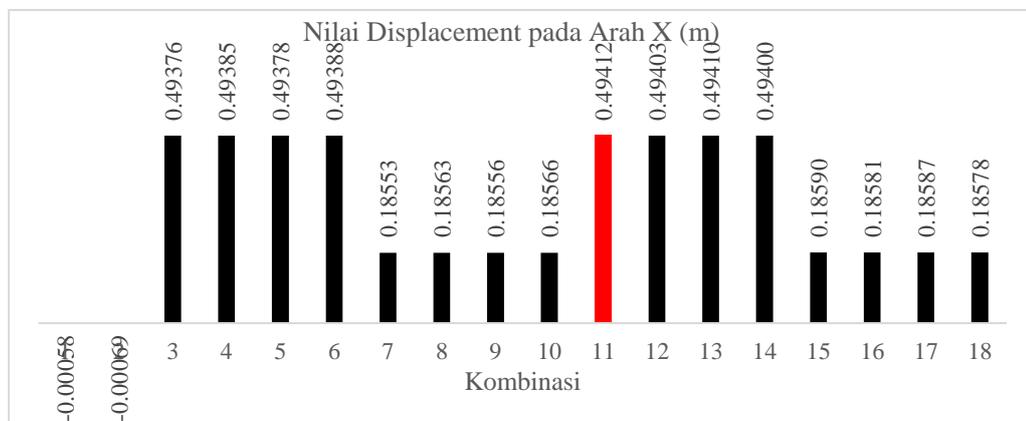
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

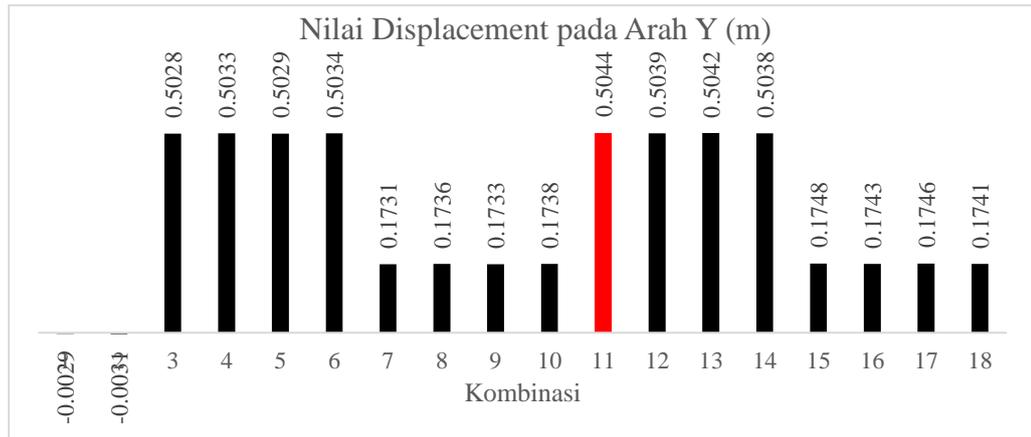
4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan *run analysis* yang telah dilakukan pada *software* ETABS dengan 18 kombinasi pembebanan, mode pertama menunjukkan bahwa perilaku struktur bangunan yang ditinjau menghasilkan nilai yang lebih besar pada arah X dan Y oleh kombinasi 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, dan 14. Akan tetapi besarnya nilai yang dihasilkan tidak jauh berbeda diantara kombinasi tersebut, oleh karena itu analisis selanjutnya hanya fokus pada kombinasi 11 yang mempunyai nilai terbesar. Kombinasi 11 yaitu $0,75 D + 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey}$ merupakan kombinasi pembebanan yang terdiri dari beban mati, beban gempa arah X dan Y. Kondisi ini tidak hanya berlaku pada bangunan eksisting saja, secara signifikan pola yang sama dihasilkan pada variasi dilatasi dua kolom yang diberikan terhadap bangunan eksisting.

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan perbedaan nilai yang dihasilkan oleh 18 kombinasi pembebanan untuk perilaku bangunan *displacement*.



Gambar 4.1 Nilai *Displacement* Arah X pada Bangunan Eksisting



Gambar 4.2 Nilai *Displacement* Arah Y pada Bangunan Eksisting

Analisis yang telah dilakukan terhadap perilaku bangunan yang dihasilkan karena adanya beban gempa ditinjau berdasarkan pemberian dilatasi dua kolom. Dengan kata lain yaitu analisis berdasarkan pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) bangunan eksisting dan arah lebar (Y) bangunan eksisting.

4.1.1 Periode Getar struktur

Periode getar struktur merupakan waktu yang diperlukan suatu bangunan kembali ke posisi semula ketika menerima gaya lateral dalam hal ini gaya gempa. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan bantuan *software* ETABS menghasilkan periode getar struktur yang sama pada arah X dan Y untuk setiap kondisi bangunan. Periode terbesar dihasilkan oleh variasi 4, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Periode Getar Struktur

Kondisi Bangunan	Periode (s)
Eksisting	0,781348
Variasi 1	0,788361
Variasi 2	0,781001
Variasi 3	0,780501
Variasi 4	0,792415

Variasi bangunan yang diberikan dilatasi pada arah Y menghasilkan periode getar struktur lebih besar dibandingkan dengan bangunan eksisting. Berbeda halnya dengan variasi yang diberikan dilatasi pada arah X menghasilkan periode getar struktur yang lebih kecil dibandingkan bangunan eksisting. Nilai terbesar didapatkan pada variasi 4 untuk dilatasi arah Y dan yang terkecil pada variasi 3 untuk dilatasi pada arah X. Sehingga dapat disimpulkan pemberian dilatasi yang telah dilakukan berdasarkan arah memanjang dan lebar bangunan eksisting mempengaruhi periode yang dihasilkan.

Tabel berikut ini menunjukkan urutan periode getar struktur dari mulai yang terbesar hingga yang terkecil berdasarkan setiap variasi terhadap eksisting.

Tabel 4.2 Urutan Perbandingan Periode Getar Struktur Terhadap Eksisting

Pemberian Dilatasi	Kondisi Bangunan	Periode (s)	Periode Bangunan Eksisting (s)
Arah Lebar (Y)	Variasi 4	0,792415	0,781348
	Variasi 1	0,788361	
Arah Memanjang (X)	Variasi 2	0,781001	
	Variasi 3	0,780501	

4.1.2 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Gaya geser dasar (*base shear*) merupakan penyederhanaan dari adanya getaran tanah yang diakibatkan gaya gempa pada suatu bangunan. Nilai gaya geser dasar (*base shear*) yang dihasilkan pada suatu bangunan dipengaruhi oleh faktor seperti kondisi tanah, dan tingkat daktilitas pada element struktur bangunan. Berdasarkan hasil *run analysis* menggunakan *software* ETABS, perbandingan gaya geser dasar

(*base shear*) yang terjadi ketika menerima gaya gempa pada arah X dan Y untuk setiap kondisi bangunan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Perbandingan Gaya Geser Dasar (*Base Shear*) Sebelum Koreksi

Kondisi Bangunan	Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>) (kN)	
	RSPX	RSPY
Eksisting	5186,53	367,16
Variasi 1	5073,50	221,61
Variasi 2	5521,95	557,72
Variasi 3	5944,67	381,85
Variasi 4	5057,20	295,69

Berdasarkan tabel diatas, gaya geser dasar yang dihasilkan dengan analisis dinamik respon spektrum $\leq 85\%$ dari hasil perhitungan gaya geser dasar berdasarkan statik ekuivalen. Sehingga harus dikalikan dengan faktor skala gempa berdasarkan ordinat ragam spektrumnya. Oleh karena itu, gaya geser dasar yang didapatkan perlu dievaluasi pada setiap kondisi bangunan. Untuk perhitungan faktor skala pada setiap kondisi bangunan dapat dilihat pada lampiran X. Tabel 4.4 berikut ini merupakan perbandingan faktor skala sebelum dan setelah terkoreksi.

Tabel 4.4 Nilai Faktor Skala Gempa

Kondisi Bangunan	Kasus	Arah	Faktor Skala Sebelum Terkoreksi	Faktor Skala Terkoreksi
Eksisting	RSPX	U1	1,2263	3,1578
		U2	0,3679	0,9471
	RSPY	U1	0,3679	13,3825
		U2	1,2263	44,6084
Variasi 1	RSPX	U1	1,2263	3,2185
		U2	0,3679	0,9655
	RSPY	U1	0,3679	22,1057
		U2	1,2263	73,6859
Variasi 2	RSPX	U1	1,2263	2,99108
		U2	0,3679	0,89732
	RSPY	U1	0,3679	8,8843
		U2	1,2263	29,6145

Model	Kasus	Arah	Faktor Skala Sebelum Terkoreksi	Faktor Skala Terkoreksi
Variasi 3	RSPX	U1	1,2263	2,8037
		U2	0,3679	0,8411
	RSPY	U1	0,3679	13,0949
		U2	1,2263	43,6497
Variasi 4	RSPX	U1	1,2263	3,2359
		U2	0,3679	0,9707
	RSPY	U1	0,3679	18,9052
		U2	1,2263	63,0176

Faktor skala yang didapatkan dari hasil skala terkoreksi, di input pada *software* ETABS dan menghasilkan gaya geser dasar yang lebih besar atau sama dengan 85% gaya geser dasar statik. Dengan kata lain, gaya geser dasar yang dihasilkan sudah memenuhi syarat SNI 1726-2012. Berikut nilai perbandingan *base shear* yang didapatkan pada setiap kondisi bangunan dengan faktor skala gempa yang telah terkoreksi adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5 Perbandingan Gaya Geser Dasar (*Base Shear*) Terkoreksi

Kondisi Bangunan	Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>) (kN)	
	RSPX	RSPY
Eksisting	13356,20	13353,93
Variasi 1	13315,72	13316,29
Variasi 2	13468,72	13468,60
Variasi 3	13591,35	13591,71
Variasi 4	13344,69	13345,19

Berdasarkan hasil koreksi gaya geser dasar yang dihasilkan maka urutan perbandingan gaya geser dasar berdasarkan pemberian dilatasi dimulai dari yang terkecil hingga terbesar terhadap bangunan eksisting selengkapnya pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Urutan Perbandingan Gaya Geser Dasar (*Base Shear*) Terhadap Eksisting

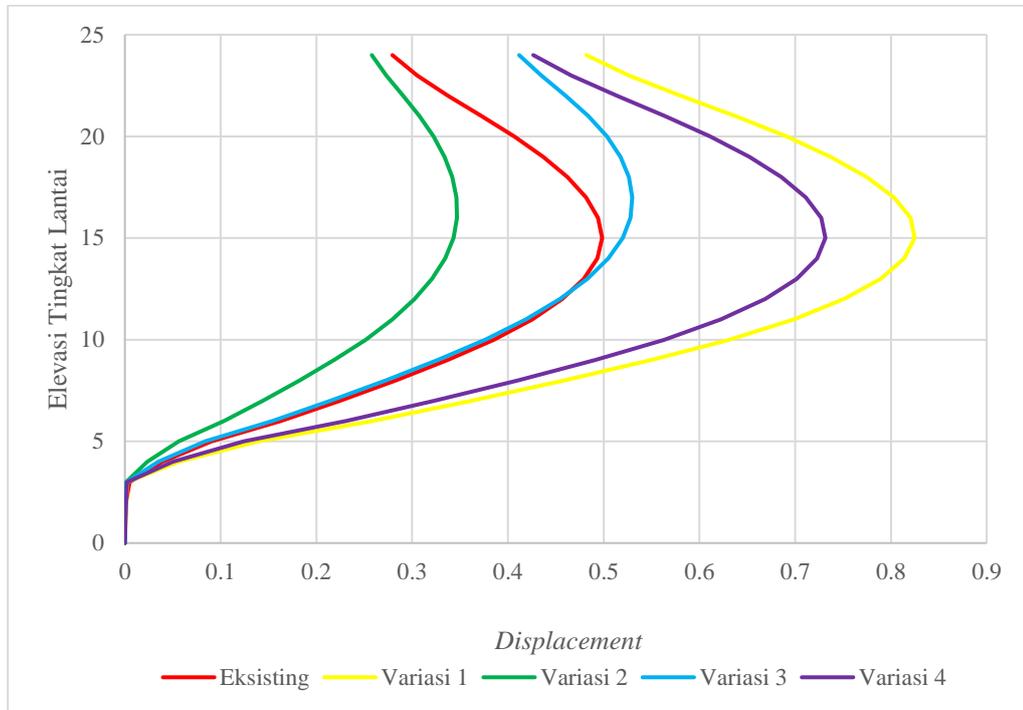
Pemberian Dilatasi	Kondisi Bangunan	Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>) kN		Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>) Eksisting kN	
		RSPX	RSPY	RSPX	RSPY
Arah Lebar (Y)	Variasi 4	13344,69	13345,19	13356,20	13353,93
	Variasi 1	13315,72	13316,29		
Arah Memanjang (X)	Variasi 3	13591,35	13591,71		
	Variasi 2	13468,72	13468,60		

Berdasarkan hasil *run analysis*, gaya geser dasar (*base shear*) terkoreksi yang didapatkan mengalami kenaikan dengan pemberian dilatasi pada arah memanjang (X). Sedangkan mengalami penurunan dengan pemberian dilatasi pada arah lebar (Y) jika dibandingkan dengan bangunan eksisting. Kenaikan gaya geser dasar dengan pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) untuk variasi 2 dan 3 yaitu sebesar 0,84% dan 1,73% secara berturut-turut. Sedangkan pada arah lebar (Y) mengalami penurunan sebesar 0,3% dan 0,086% pada variasi 1 dan 4. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konfigurasi bangunan variasi 2 dan 3 yang diberikan dilatasi lebih mampu menahan gaya gempa jika dibandingkan variasi 1, variasi 4 dan eksisting.

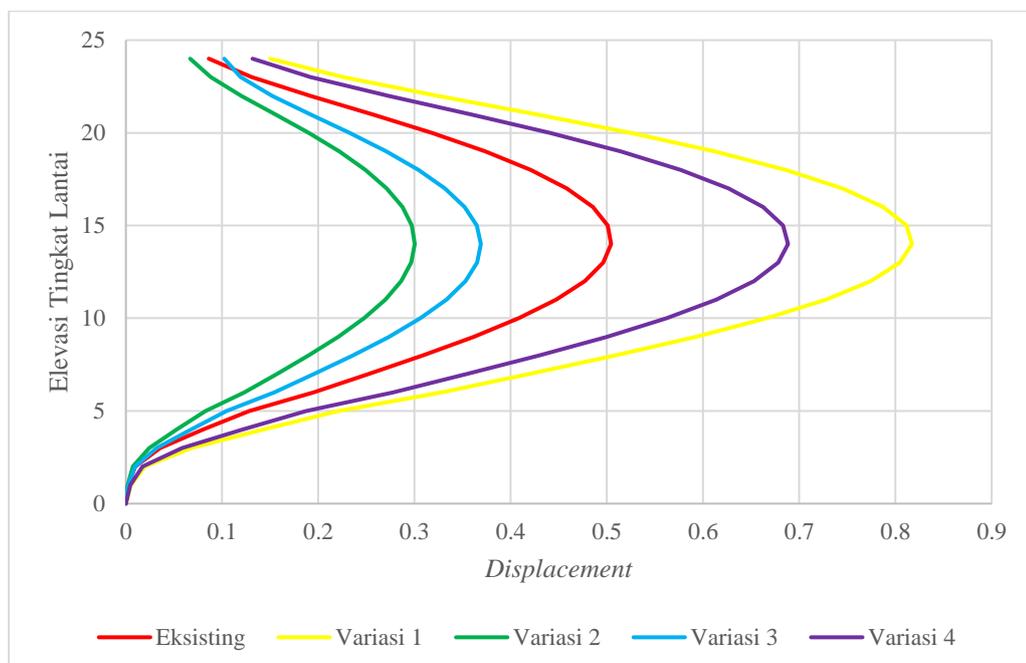
4.1.3 Displacement

Displacement merupakan simpangan yang diukur dari dasar lantai pada suatu bangunan. Berdasarkan hasil *displacement* yang didapatkan dari *run analysis* untuk setiap kondisi bangunan pada arah X dan Y memiliki pola yang sama. Pemberian dilatasi dua kolom pada variasi 2 menghasilkan *displacement* yang lebih kecil pada arah X dan Y terhadap bangunan eksisting. Sedangkan pemberian dilatasi dua kolom pada variasi 1 mengakibatkan *displacement* menjadi lebih besar terhadap

bangunan eksisting baik pada arah X maupun Y. Grafik perbandingan nilai *displacement* pada arah X dan Y untuk semua kondisi bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Grafik *Displacement* pada Arah X (m)



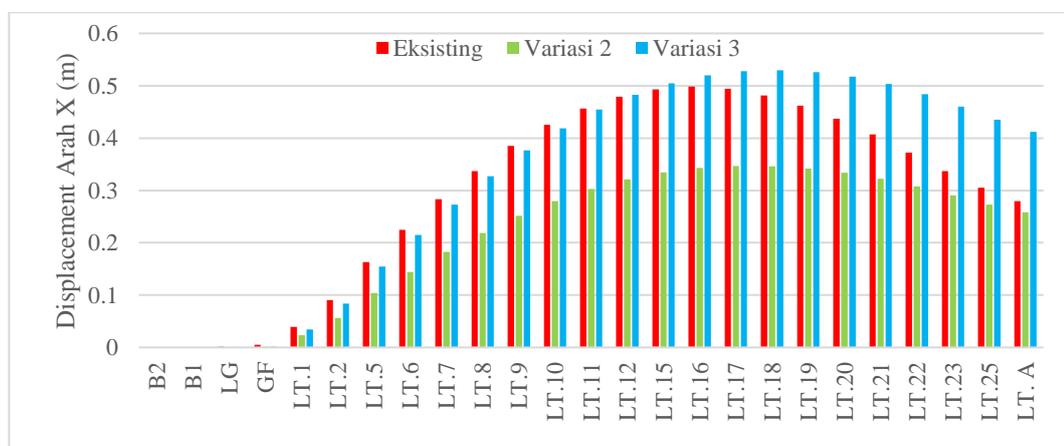
Gambar 4.4 Grafik *Displacement* pada Arah Y (m)

Analisis *displacement* pada arah X dan Y yang telah dilakukan terhadap bangunan eksisting dan variasi yaitu berdasarkan pemberian arah dilatasi. Selegkapnya dijabarkan pada sub bab berikut ini.

4.1.3.1 *Displacement* Arah X

a. Pemberian dilatasi pada arah memanjang (X)

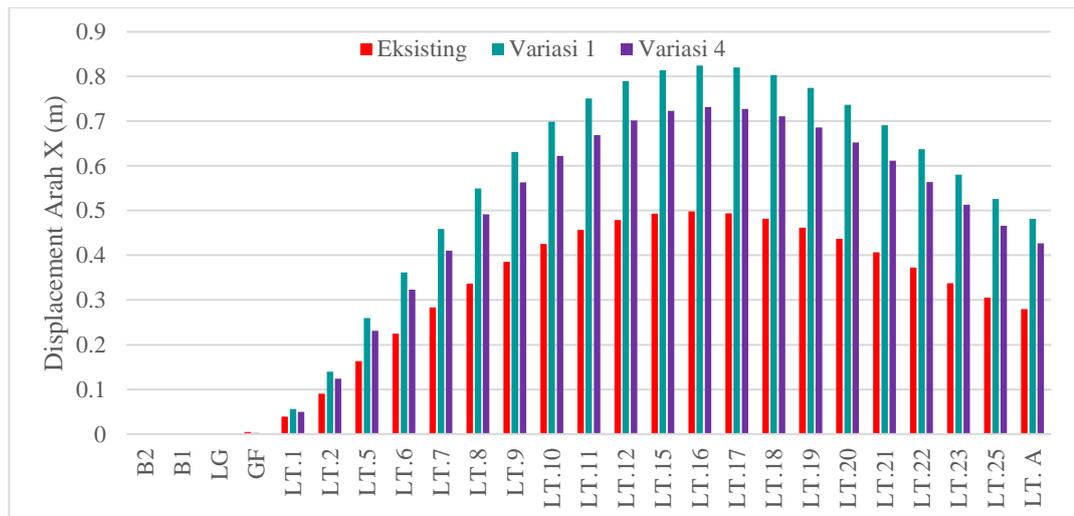
Perbandingan *displacement* yang dihasilkan bangunan dengan pemberian dilatasi dua kolom terhadap bangunan eksisting ditunjukkan pada Gambar 4.5. Terlihat bahwa pemberian dilatasi dua kolom pada variasi 2 dan 3 cenderung menghasilkan *displacement* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan bangunan eksisting. *Displacement* yang dihasilkan pada arah X menunjukkan bahwa variasi 3 memiliki nilai *displacement* terbesar dan variasi 2 memiliki nilai *displacement* terkecil. Pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) mengakibatkan *displacement* variasi 3 meningkat sebesar 15,12% terhadap bangunan eksisting pada lantai 12 hingga lantai atap. Sedangkan variasi 2 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai *displacement* jika ditinjau dari keseluruhan lantai. Persentase penurunan *displacement* pada variasi 2 dari keseluruhan lantai sebesar 62,12% terhadap bangunan eksisting.



Gambar 4.5 Perbandingan *Displacement* Arah X Dilatasi Arah X

b. Pemberian dilatasi pada arah lebar (Y)

Displacement pada arah X menunjukkan bahwa nilai *displacement* eksisting mengalami kenaikan jika ditinjau dari lantai *basement* hingga lantai 16, kemudian mengalami penurunan pada lantai berikutnya. Perbandingan *displacement* eksisting dengan pemberian dilatasi pada arah Y ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut ini.

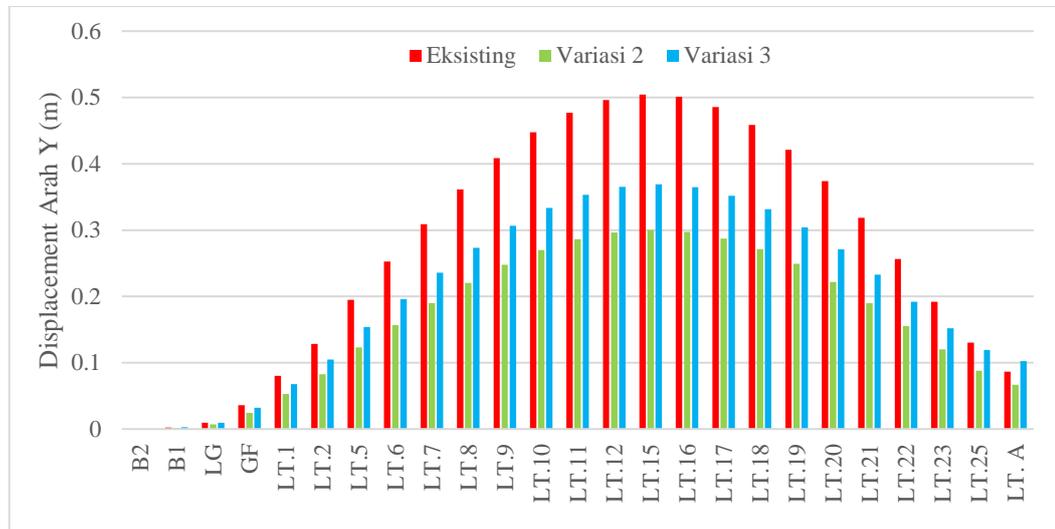


Gambar 4.6 Perbandingan *Displacement* Arah X Dilatasi Arah Y

Berdasarkan Gambar 4.6, *displacement* yang dihasilkan pada variasi 1 mengalami kenaikan sebesar 39,40%, sedangkan variasi 4 menghasilkan *displacement* dengan kenaikan sebesar 31,77% dari *displacement* maksimum eksisting arah X pada lantai 16. Penurunan *displacement* eksisting pada lantai berikutnya juga terjadi pada variasi 1 dan 4, namun penurunan yang terjadi pada variasi 1 dan 4 mengalami kenaikan *displacement* jika dibandingkan terhadap eksisting. Besarnya persentase yang dihasilkan yaitu sebesar 42,02% pada variasi 4 dan sebesar 34,51% pada variasi 1 terhadap bangunan eksisting. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian dilatasi dua kolom pada arah lebar (Y) menghasilkan *displacement* yang lebih besar dibandingkan eksisting jika dilihat dari *displacement* pada arah X.

4.1.3.2 Displacement Arah Y

a. Pemberian dilatasi pada arah memanjang (X)

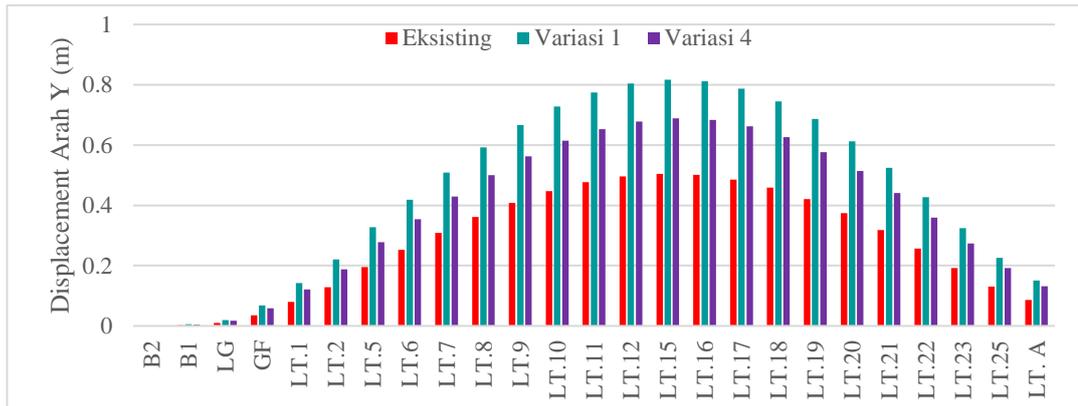


Gambar 4.7 Perbandingan *Displacement* Arah Y Dilatasi Arah X

Berdasarkan Gambar 4.7 penerapan dilatasi pada arah memanjang (X) mengakibatkan *displacement* pada arah Y mengalami penurunan terhadap bangunan eksisting. *Displacement* eksisting menurun sebesar 40.45% terhadap variasi 2, sedangkan *displacement* eksisting menurun sebesar 26.83% terhadap variasi 3 jika dibandingkan dengan *displacement* eksisting. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) menghasilkan *displacement* yang lebih kecil dibandingkan eksisting jika ditinjau dari *displacement* yang terjadi pada arah Y.

b. Pemberian dilatasi pada arah lebar (Y)

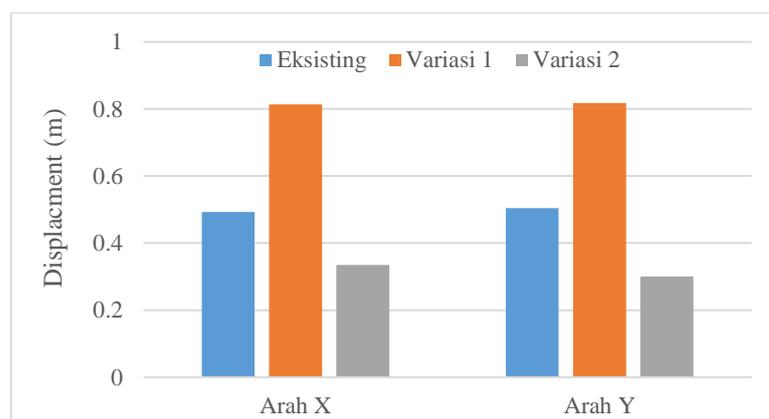
Displacement yang dihasilkan pada arah Y untuk variasi 1 dan 4 mengalami kenaikan *displacement* terhadap eksisting seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.8 Perbandingan *Displacement* Arah Y Dilatasi Arah Y

Kenaikan *displacement* pada bangunan eksisting dengan adanya dilatasi bangunan pada arah lebar (Y) menunjukkan bahwa variasi 1 memiliki nilai terbesar. *Displacement* eksisting meningkat sebesar 38.37% terhadap variasi 1, sedangkan terhadap variasi 4 meningkat sebesar 26.71% jika ditinjau dari *displacement* eksisting. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian dilatasi pada arah lebar (Y) menghasilkan *displacement* yang lebih besar dibandingkan *displacement* eksisting jika ditinjau pada arah Y.

4.1.3.3 Perbandingan *Displacement* Arah X dan Y



Gambar 4.9 Perbandingan *Displacement* Maksimum Bangunan Tanpa Dilatasi dan Dengan Dilatasi

Berdasarkan Gambar 4.9 *displacement* yang terjadi pada bangunan eksisting menghasilkan *displacement* yang lebih besar pada arah Y dibandingkan *displacement* pada arah X sebesar 1.18% berdasarkan *displacement* maksimum. Sama halnya dengan *displacement* yang terjadi pada variasi 1 dengan dilatasi pada arah lebar (Y), menghasilkan *displacement* yang lebih besar pada arah Y dibandingkan *displacement* pada arah X sebesar 0,39%. Sedangkan *displacement* yang terjadi pada variasi 2 dengan dilatasi pada arah memanjang (X), menghasilkan *displacement* yang lebih besar pada arah X dibandingkan *displacement* pada arah Y sebesar 10,18%.

Namun jika ditinjau dari pemberian dilatasi dua kolom pada variasi 1 dan 4 menunjukkan bahwa semakin beraturan bangunan yang dihasilkan karena adanya dilatasi maka *displacement* yang dihasilkan akan lebih kecil. Artinya, jika variasi 1 dan 4 dibandingkan maka variasi 4 memiliki *displacement* yang lebih kecil dari pada variasi 1. Akan tetapi pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) berbanding terbalik jika diaplikasikan pada variasi 2 dan 3. Maksudnya, semakin beraturan bangunan yang dihasilkan karena adanya dilatasi maka *displacement* yang dihasilkan semakin besar dan mendekati *displacement* pada bangunan eksisting.

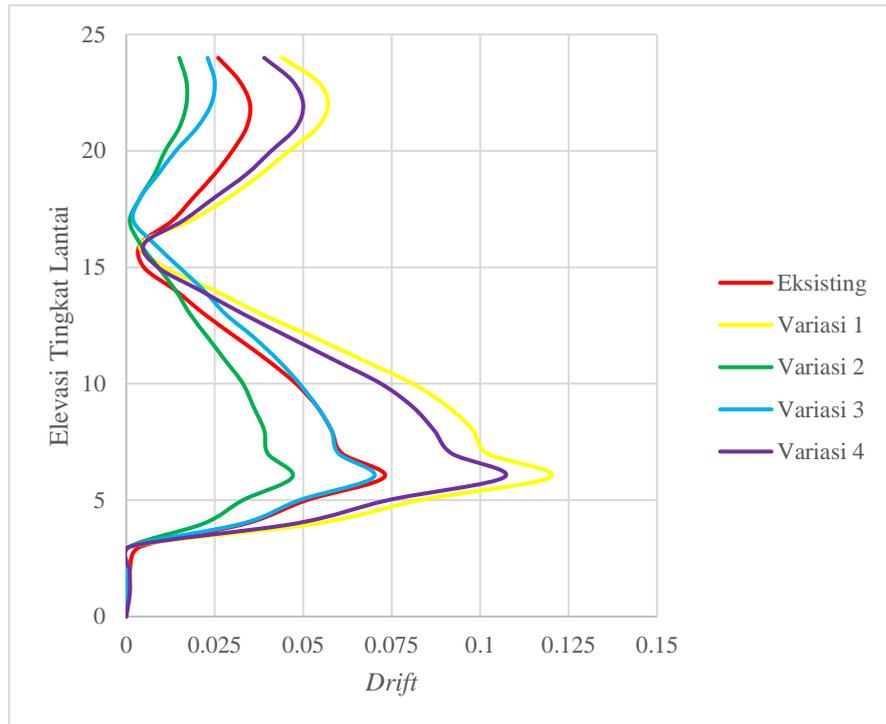
Pemberian dilatasi bangunan pada variasi 1 dan 4 yang telah dilakukan menghasilkan bentuk yang lebih beraturan. Namun pemberian dilatasi tidak mempengaruhi perilaku bangunan *displacement* yang dihasilkan jika dibandingkan bangunan eksisting. Hal itu dikarenakan besarnya ketidakberaturan horizontal berupa sudut dalam yang terdapat pada variasi 1 dan 4 melebihi bangunan eksisting. Sehingga apabila bangunan tersebut menerima gaya gempa maka bangunan tersebut tidak cukup kaku menahan gempa tersebut. Hal itu terlihat jelas dengan

perilaku bangunan berupa *displacement* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan eksisting.

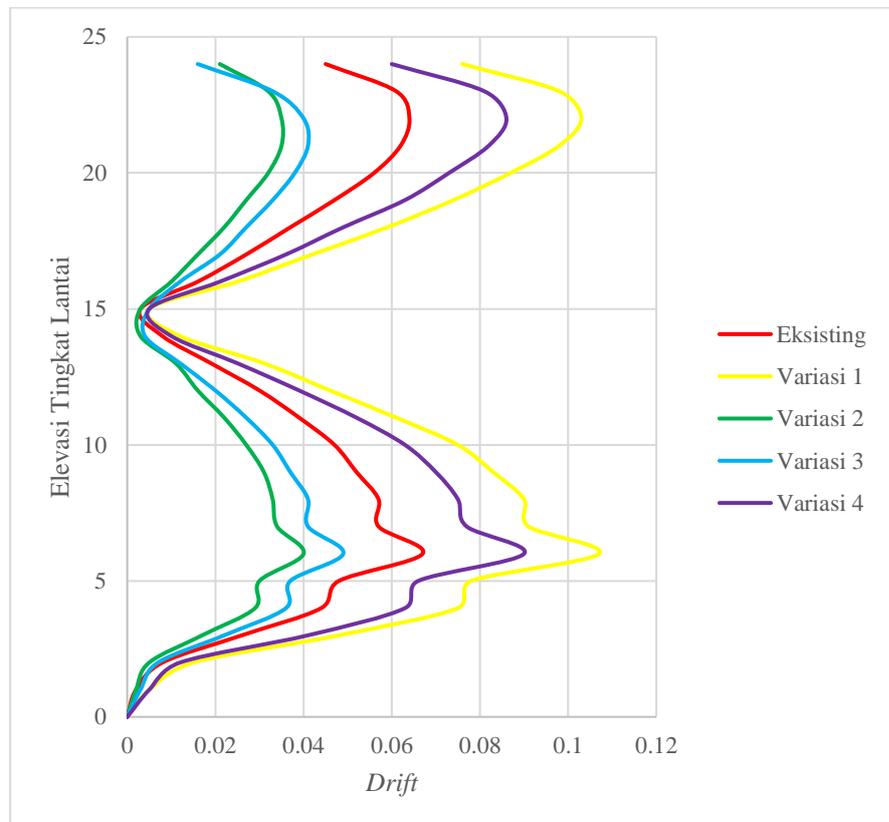
Jika dilihat secara umum *displacement* mengalami peningkatan dengan pemberian dilatasi pada arah lebar (Y) dan memiliki ketidakberaturan melebihi eksisting. Sedangkan mengalami penurunan dengan pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) dan memiliki ketidakberaturan lebih kecil terhadap eksisting. Dapat disimpulkan bahwa pemberian dilatasi pada arah lebar (Y) bangunan Tower Heliconia Bassura City ketika menerima gempa akan menghasilkan *displacement* yang lebih besar terhadap bangunan eksisting.

4.1.4 Story Drift

Story drift yaitu simpangan yang diukur dari dasar lantai dibawahnya. Hasil analisis untuk parameter simpangan antar tingkat (*story drift*) didapatkan dari selisih antar tingkat berdasarkan nilai *displacement* yang dihasilkan. Lonjakan *story drift* yang dihasilkan menunjukkan bahwa adanya peningkatan dan penurunan *displacement* yang besar pada satu lantai kelantai berikutnya. *Story drift* yang dihasilkan dengan pemberian dilatasi dua kolom pada setiap kondisi bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10 Story Drift pada Arah X (m)



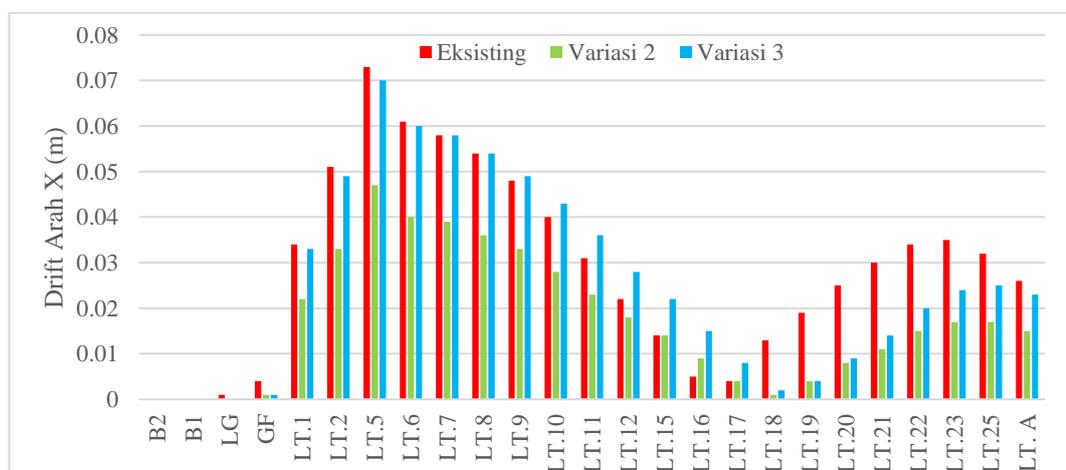
Gambar 4.11 Story Drift pada Arah Y (m)

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan analisis yang dilakukan terhadap nilai *story drift* dibedakan berdasarkan pemberian dilatasi. Penjelasan lebih lanjut akan dijelaskan pada sub bab berikut ini.

4.1.4.1 *Story Drift* Arah X

a. Pemberian dilatasi pada arah memanjang (X)

Story drift eksisting yang dihasilkan pada arah X mengalami drift tertinggi pada lantai 5 dengan peningkatan terhadap *drift* lantai dibawahnya sebesar 0,073 m. Lalu terjadi penurunan *drift* pada ketinggian lantai 6 hingga ketinggian lantai 17 dengan rata-rata penurunan terhadap *drift* lantai 5 yaitu 0,0063 m. *Drift* eksisting mengalami kenaikan lagi pada ketinggian lantai 18 hingga 23 dengan rata-rata kenaikan terhadap *drift* lantai 5 sebesar 0,0044 m, kemudian mengalami penurunan hingga puncak ketinggian lantai dengan rata-rata sebesar 0,0045 m terhadap *drift* lantai 5. Hasil yang didapatkan sejalan dengan variasi yang diterapkan dimana *drift* tertinggi terjadi pada lantai 5, hal ini disebabkan oleh kenaikan dan penurunan *displacement* masing-masing bangunan pada arah X. Perbandingan nilai *drift* berdasarkan pemberian dilatasi terlihat pada Gambar 4.12 berikut ini.

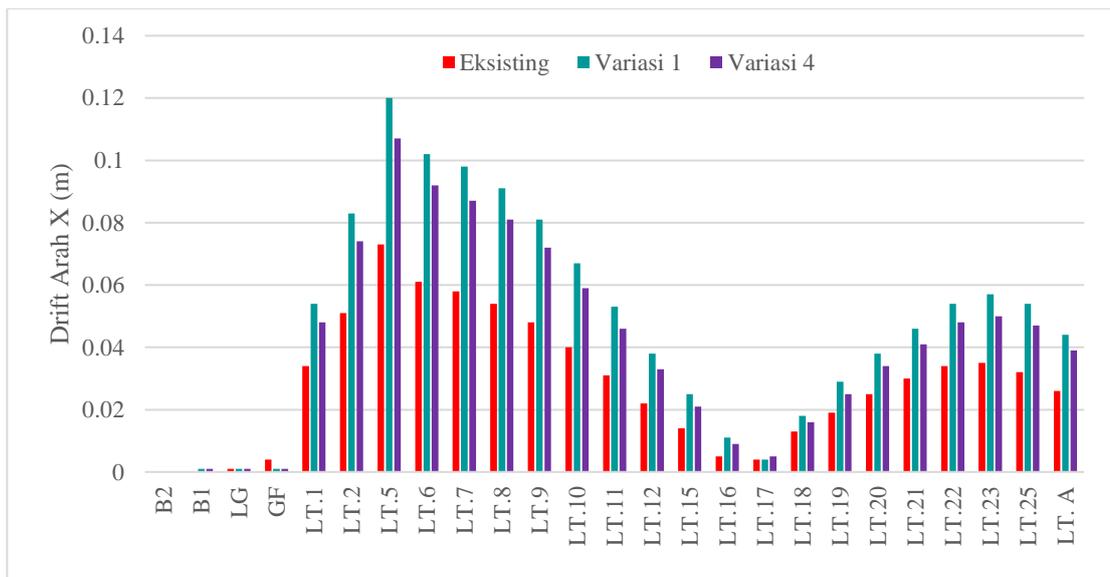


Gambar 4.12 Perbandingan *Story Drift* pada Arah X Dilatasi Arah X

b. Pemberian dilatasi pada arah lebar (Y)

Drift yang terjadi pada variasi 2 dan 3, secara signifikan membentuk pola yang sama pada variasi 1 dan 4. Namun *drift* yang dihasilkan pada variasi bangunan yang diberikan dilatasi pada arah lebar (Y) secara umum menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan *drift* eksisting. Hal ini juga disebabkan oleh *displacement* yang dihasilkan variasi 1 dan 4 melebihi bangunan eksisting.

Drift tertinggi juga sejalan dengan bangunan eksisting yaitu terjadi pada lantai 5 dengan peningkatan terhadap *drift* lantai dibawahnya sebesar 0,12 m dan mengalami penurunan *drift* pada ketinggian lantai 6 hingga ketinggian 17. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.13.



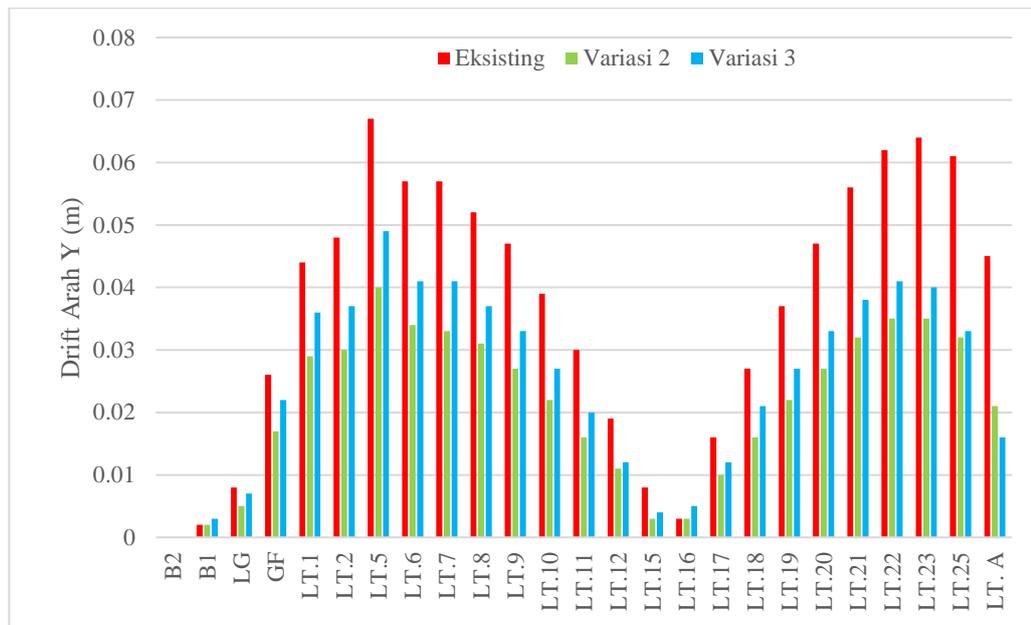
Gambar 4.13 Perbandingan Story Drift pada Arah X Dilatasi Arah Y

4.1.4.2 Story Drift Arah Y

a. Pemberian dilatasi pada arah memanjang (X)

Drift yang dihasilkan variasi 2 dan 3 pada arah Y secara umum memiliki nilai yang signifikan terhadap *displacement* arah Y. Sehingga terjadinya kenaikan dan penurunan *drift* pada beberapa lantai mengakibatkan besar atau kecilnya *drift* yang

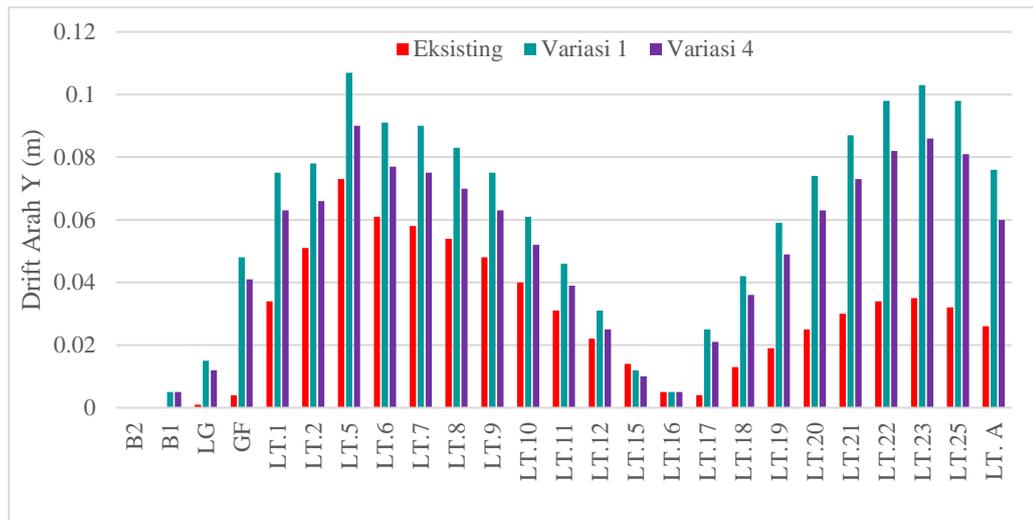
terjadi pada lantai tersebut. *Drift* tertinggi yang dihasilkan bangunan eksisting pada arah Y juga terjadi pada lantai 5 dengan peningkatan *drift* terhadap lantai dibawahnya sebesar 0,069 m. Selengkapnya dapat dilihat perbandingan *drift* yang terjadi pada arah Y dengan dilatasi arah X pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Perbandingan *Story Drift* pada Arah Y Dilatasi Arah X

b. Pemberian dilatasi pada arah lebar (Y)

Pada dasarnya secara signifikan *drift* yang yang dihasilkan didapatkan dari *displacement* yang terjadi pada bangunan tersebut. Nilai *drift* yang tidak stabil dikarenakan adanya kenaikan dan penurunan *displacement* pada setiap kondisi bangunan tersebut. *Drift* tertinggi terjadi pada lantai 5 yang mengalami kenaikan *drift* sebesar 0,107 m terhadap lantai dibawahnya. Berdasarkan pemberian dilatasi pada arah lebar (Y) *drift* yang dihasilkan sejalan dengan *displacement* dilatasi arah lebar (Y) bahwa *drift* yang dihasilkan melebihi eksisting. Gambar 4.15 berikut ini akan menunjukkan perbandingan *drift* pada arah Y dengan dilatasi arah lebar (Y).



Gambar 4.15 Perbandingan *Story Drift* Arah Y Dilatasi Arah Y

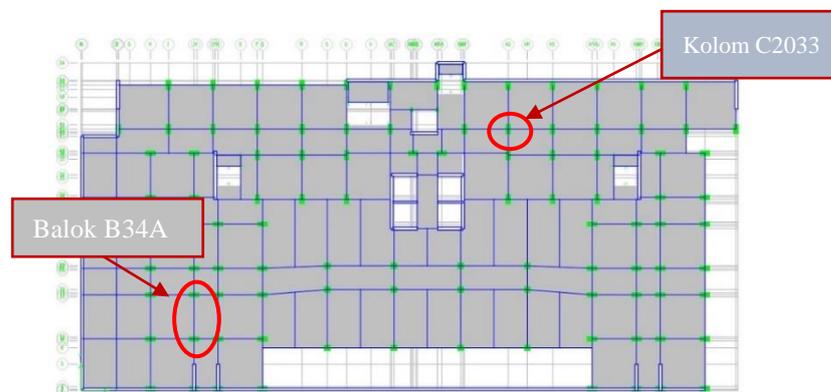
4.1.4.3 Perbandingan *Story Drift* Arah X dan Y

Berdasarkan keadaan eksisting *story drift* terbesar yang dihasilkan pada arah X dan Y untuk pemberian dilatasi arah memanjang (X) dan lebar (Y) terjadi pada lantai 5. Hal ini disebabkan perbedaan ketinggian lantai 5 dengan lantai dibawahnya yang merupakan paling tinggi dibandingkan ketinggian antar lantai lainnya. Secara umum pemberian dilatasi arah memanjang (X) cenderung menghasilkan *story drift* yang lebih kecil pada arah X dan Y jika dibandingkan terhadap eksisting. Sedangkan pemberian dilatasi pada arah lebar (Y) menghasilkan *story drift* yang melebihi eksisting baik pada arah X maupun arah Y.

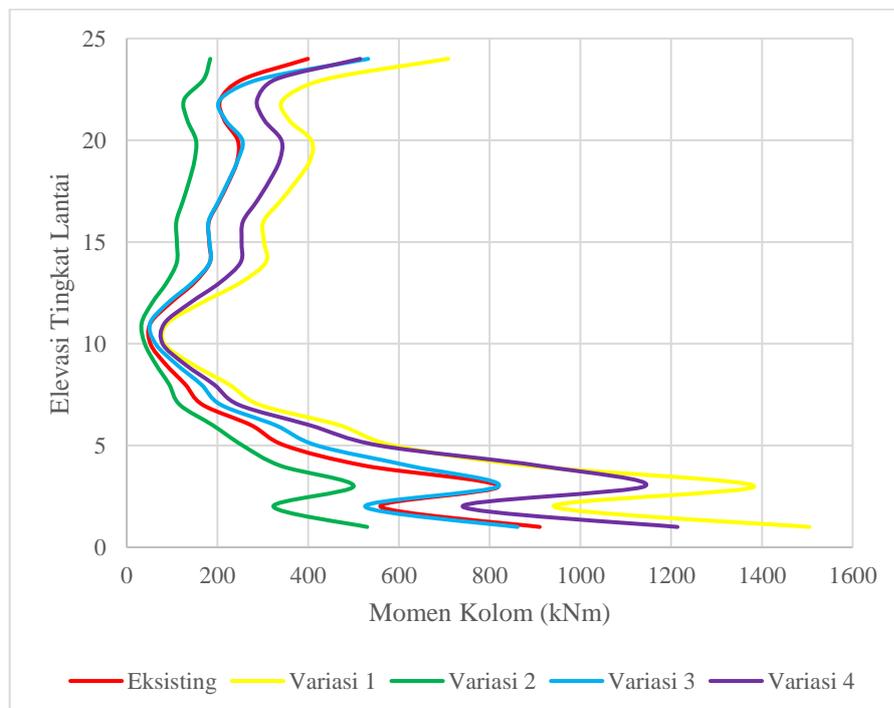
Analisis yang telah dilakukan didapatkan persentase perbandingan besarnya *story drift* pada arah X sebesar 31.77% dan arah Y sebesar 42.05% terhadap eksisting untuk variasi 1 dengan pemberian dilatasi pada arah lebar (Y). Sehingga dapat disimpulkan apabila pemberian dilatasi mempengaruhi *displacement* yang dihasilkan, maka hal itu juga akan mempengaruhi besar atau kecilnya *story drift* yang terjadi. Selain itu selisih ketinggian antar lantai juga mempengaruhi besarnya *story drift* yang dihasilkan.

4.1.5 Gaya Dalam Momen Kolom

Analisis gaya dalam momen pada kolom C2033 merupakan kolom utama yang ada pada setiap variasi bangunan dari lantai *basement* sampai lantai 25. Kolom C2033 terletak pada bagian yang tidak diberi dilatasi bangunan. Gambar 4.16 pada denah bangunan eksisting menunjukkan letak kolom yang telah dianalisis. Dari hasil analisis didapatkan perbandingan grafik gaya dalam momen, yang mana momen terbesar dihasilkan pada variasi 1 seperti pada Gambar 4.17.

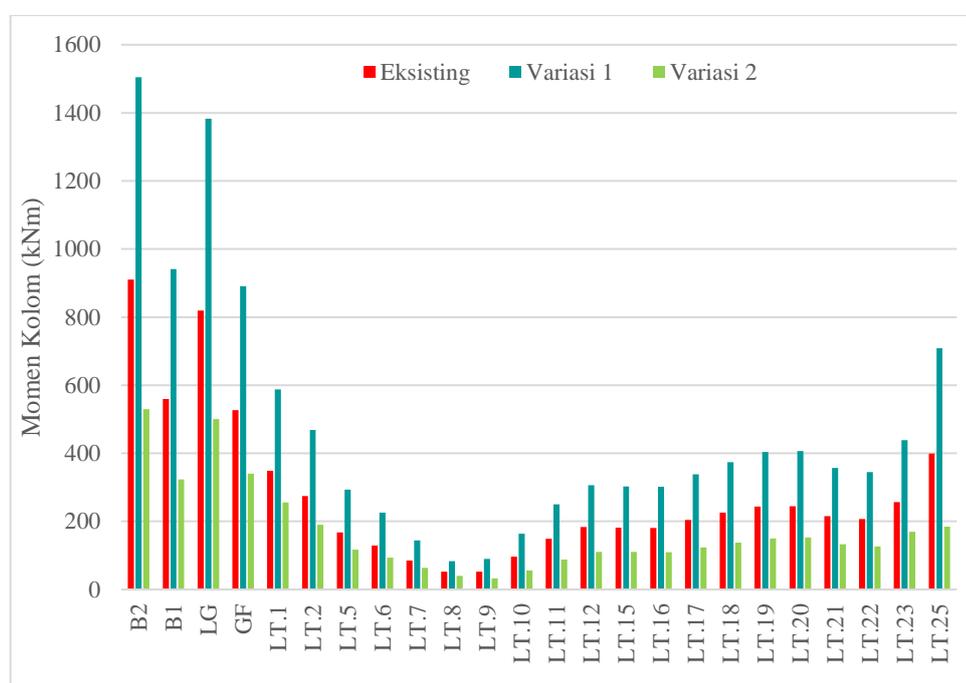


Gambar 4.16 Denah *Basement* Bangunan Eksisting



Gambar 4.17 Grafik Momen Kolom pada Setiap Kondisi Bangunan

Aksi reaksi yang diakibatkan adanya beban gempa menimbulkan momen yang berbeda pada bangunan eksisting dan bangunan variasi. Jika ditinjau dari keseluruhan lantai pada setiap kondisi bangunan terdapat peningkatan dan penurunan nilai momen. Berdasarkan Gambar 4.17 terlihat bahwa momen terbesar terjadi pada lantai *basement 2* dan terjadi penurunan drastis mulai dari lantai berikutnya. Namun kenaikan nilai momen terjadi kembali dimulai dari lantai 9 hingga lantai atap untuk semua kondisi bangunan.



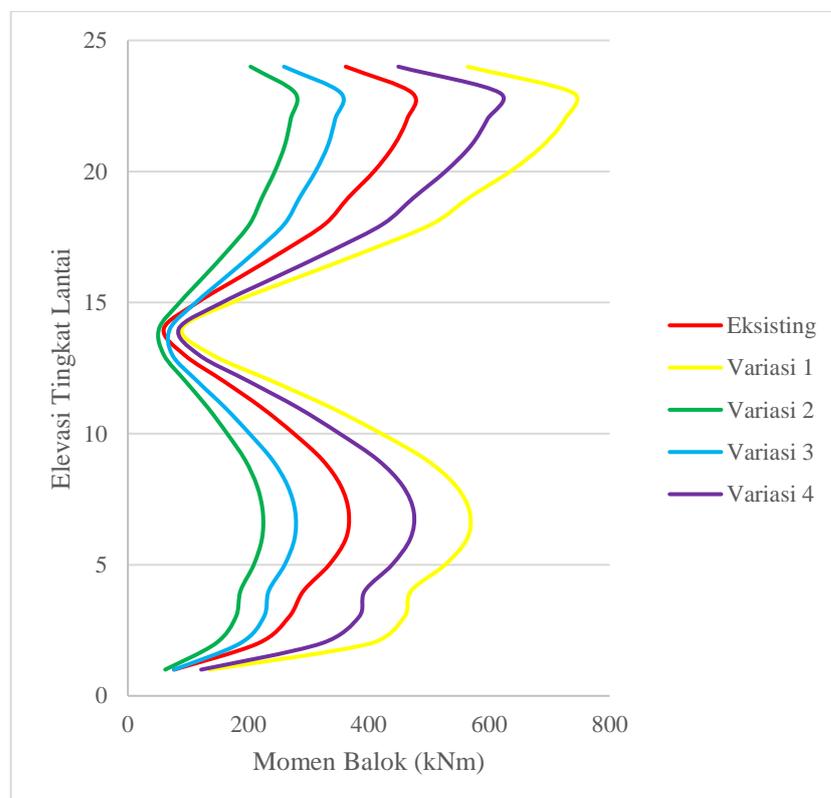
Gambar 4.18 Perbandingan Nilai Momen Kolom

Perbandingan nilai momen kolom pada variasi 1 terhadap momen kolom variasi 2 dilakukan untuk mengetahui besar perbedaan momen kolom secara jelas. Berdasarkan Gambar 4.18 menunjukkan bahwa momen kolom dari keseluruhan lantai yang terjadi pada variasi 1 yaitu 1,7: 1 terhadap bangunan eksisting atau rata-rata sebesar 40.65%. Sedangkan pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) menghasilkan momen terkecil pada variasi 2, dengan perbandingan nilai momen kolom mengalami penurunan terhadap eksisting yaitu 1: 1,6 atau rata-rata sebesar

36,65%. Berdasarkan analisis yang ada, dapat disimpulkan semakin beraturan bangunan yang dihasilkan karena adanya dilatasi maka besarnya nilai momen akan mendekati keadaan eksisting baik pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) maupun arah lebar (Y).

4.1.6 Gaya Dalam Momen Balok

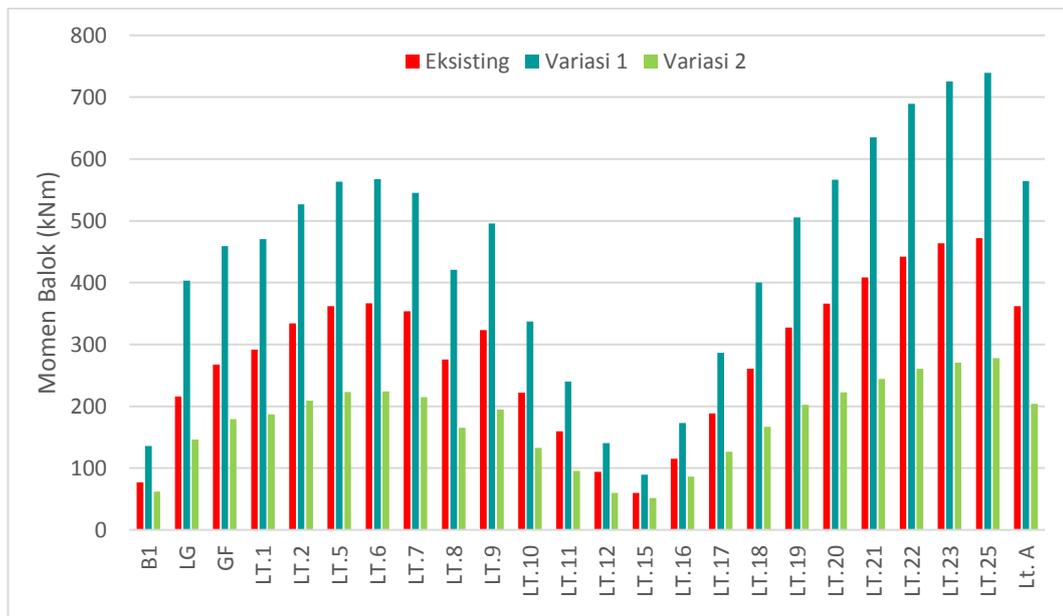
Balok B34A merupakan balok yang telah dianalisis untuk parameter gaya dalam momen. Pemilihan balok berdasarkan eksistensi pada bangunan eksisting, sehingga analisis dapat dilakukan pada semua variasi. Letak balok B34A dapat dilihat pada gambar 4.16, sedangkan hasil analisis untuk gaya momen balok pada setiap kondisi bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.19. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa variasi 1 menghasilkan nilai momen terbesar jika dibandingkan dengan variasi yang lain.



Gambar 4.19 Grafik Momen Balok pada Setiap Kondisi Bangunan

Gaya dalam momen balok yang terjadi akibat adanya pembebanan yang diterima balok menghasilkan nilai momen yang berbeda-beda pada setiap lantai. Selain itu juga perubahan dimensi kolom mempengaruhi nilai momen balok yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena balok menerima pembebanan baik dari arah vertikal maupun horizontal.

Berdasarkan gambar 4.19 momen balok terbesar juga dihasilkan oleh bangunan dengan pemberian dilatasi pada arah lebar (Y). Oleh karena itu perbandingan nilai momen balok pada variasi 1 dan momen balok pada variasi 2 dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai momen terhadap eksisting seperti pada Gambar 4.20. Perbandingan nilai momen balok dari keseluruhan lantai berdasarkan arah pemberian dilatasi pada variasi 1 yaitu 1,6 :1 atau sebesar 36,22% terhadap bangunan eksisting. Sedangkan untuk variasi 2 sebesar 1,6:1 atau sebesar 35,98% terhadap eksisting.



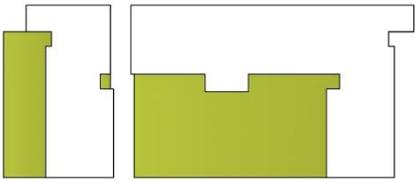
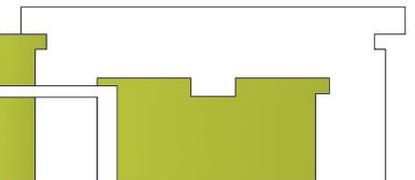
Gambar 4.20 Perbandingan Nilai Momen Balok

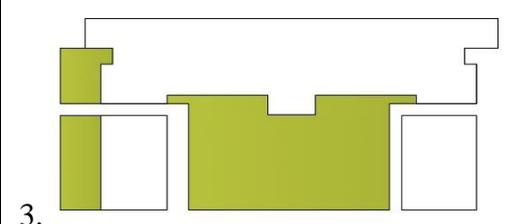
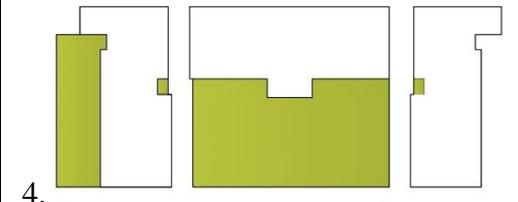
4.2 Pembahasan

Variasi dilatasi dua kolom yang diberikan pada bangunan yang memiliki ketidakberaturan horizontal menghasilkan perilaku bangunan yang berbeda-beda mulai dari periode, *base shear*, *displacement*, *story drift*. Secara umum pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) dan lebar (Y) pada bangunan eksisting mempengaruhi nilai perilaku bangunan yang dihasilkan.

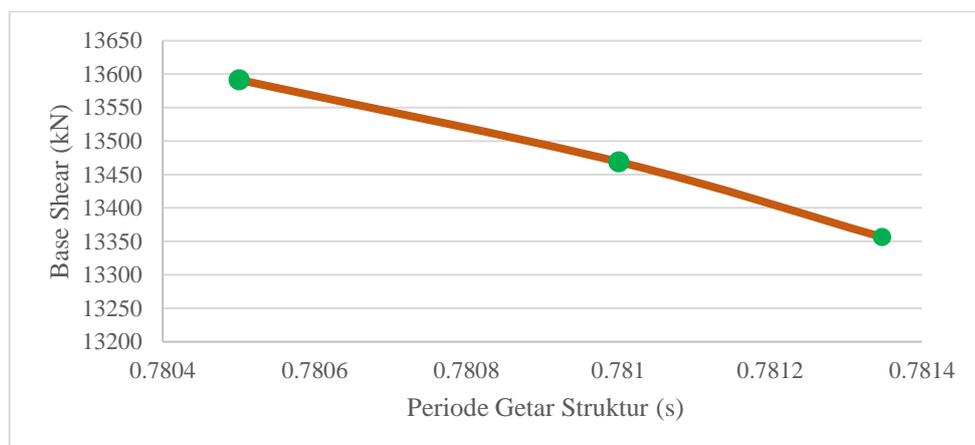
Denah bangunan eksisting yang memiliki ketidakberaturan horizontal sebesar 40.35%, dengan pemberian dilatasi dua kolom mengakibatkan adanya peningkatan dan penurunan ketidakberaturan bangunan pada masing-masing variasi. Pemberian dilatasi dua kolom pada arah X menjadi variasi 2 dan 3, sedangkan pada arah Y menjadi variasi 1 dan 4. Tabel berikut akan memperlihatkan persentase ketidakberaturan berdasarkan variasi dilatasi yang diberikan.

Tabel 4.7 Persentase Ketidakberaturan Horizontal Variasi Terhadap Eksisting

Variasi	Persentase Ketidakberaturan Sudut Dalam (%)
1. 	40.54
2. 	39.25

Variasi	Persentase Ketidakteraturan Sudut Dalam (%)
3. 	39.85
4. 	40.49

Perilaku bangunan dengan adanya dilatasi pada arah memanjang (X) dapat disimpulkan bahwa semakin beraturan bangunan yang dihasilkan karena adanya dilatasi dua kolom, maka periode yang dihasilkan semakin kecil jika dibandingkan dengan eksisting. Periode getar struktur yang dihasilkan mempengaruhi besar kecilnya nilai base shear, dimana semakin kecil periode getar struktur maka semakin besar *base shear* yang dihasilkan. Grafik berikut menunjukkan hubungan periode getar struktur terhadap *base shear* yang dihasilkan pada kondisi bangunan eksisting, variasi 2 dan variasi 3.



Gambar 4.21 Hubungan Periode Terhadap *Base Shear*

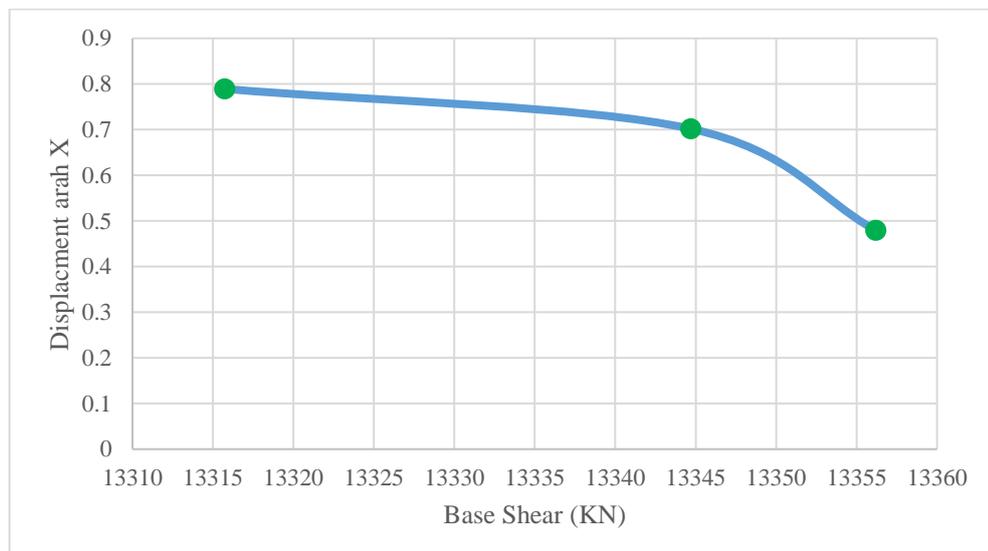
Pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) menghasilkan *base shear* yang besar pada variasi 3 jika dibandingkan dengan variasi 2 dan eksisting. Hal ini membuktikan bahwa bangunan dengan konfigurasi bangunan yang lebih beraturan pada variasi 3 lebih mampu menahan gaya gempa jika dibandingkan dengan variasi 2 dan eksisting.

Jika ditinjau dari *base shear* yang dihasilkan, *base shear* tidak mempunyai pengaruh yang besar terhadap *displacement* yang terjadi pada variasi 2 dan 3. Dengan kata lain, meskipun variasi 3 menghasilkan *base shear* yang lebih besar dan mampu menahan gempa lebih kuat namun tidak dapat meminimalisir *displacement* yang terjadi. Hal itu dikarenakan besarnya *displacement* yang terjadi juga dipengaruhi oleh besarnya ketidakberaturan sudut dalam yang ada pada bangunan. Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa setiap penurunan rata-rata 0.8% ketidakberaturan bangunan dari 40.35% ketidakberaturan eksisting maka semakin kecil *displacement* yang dihasilkan.

Displacement dan *story drift* pada arah X yang dihasilkan variasi bangunan dengan pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) cenderung lebih besar dari pada arah Y. Hal ini berbanding terbalik dengan bangunan eksisting, dimana kondisi bangunan eksisting yang mempunyai sumbu lemah pada arah Y menghasilkan *displacement* dan *story drift* yang lebih besar pada arah Y. Jika *displacement* yang dihasilkan bangunan dengan variasi dilatasi pada arah memanjang (X) dibandingkan, maka *displacement* terbesar yang terjadi pada arah X dihasilkan oleh variasi 3 sebesar 0,526 m dan *displacement* terbesar yang terjadi pada arah Y dihasilkan oleh bangunan eksisting sebesar 0,5043 m.

Jika ditinjau berdasarkan pemberian dilatasi pada arah lebar (Y) menghasilkan perilaku bangunan yang berbeda dengan pemberian dilatasi pada arah memanjang (X). Dimana hasil yang didapatkan dengan adanya dilatasi pada arah lebar (Y) mengakibatkan periode getar pada bangunan menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan eksisting. Hal ini dikarenakan gaya geser dasar (*base shear*) yang dapat ditahan bangunan lebih kecil dibandingkan eksisting. Yang mana ini juga berkaitan dengan konfigurasi bangunan yang dihasilkan karena adanya pemberian dilatasi. Dengan kata lain, pemberian dilatasi pada arah lebar (Y) menjadikan bangunan lebih beraturan namun memiliki ketidakberaturan sudut dalam yang lebih besar dibandingkan eksisting.

Dikarenakan gaya geser dasar yang dapat ditahan bangunan lebih kecil dibandingkan eksisting, mengakibatkan *displacement* yang terjadi pada variasi 1 dan 4 menjadi lebih besar. Gambar berikut menunjukkan semakin kecil *base shear* maka *displacement* yang dihasilkan semakin besar.



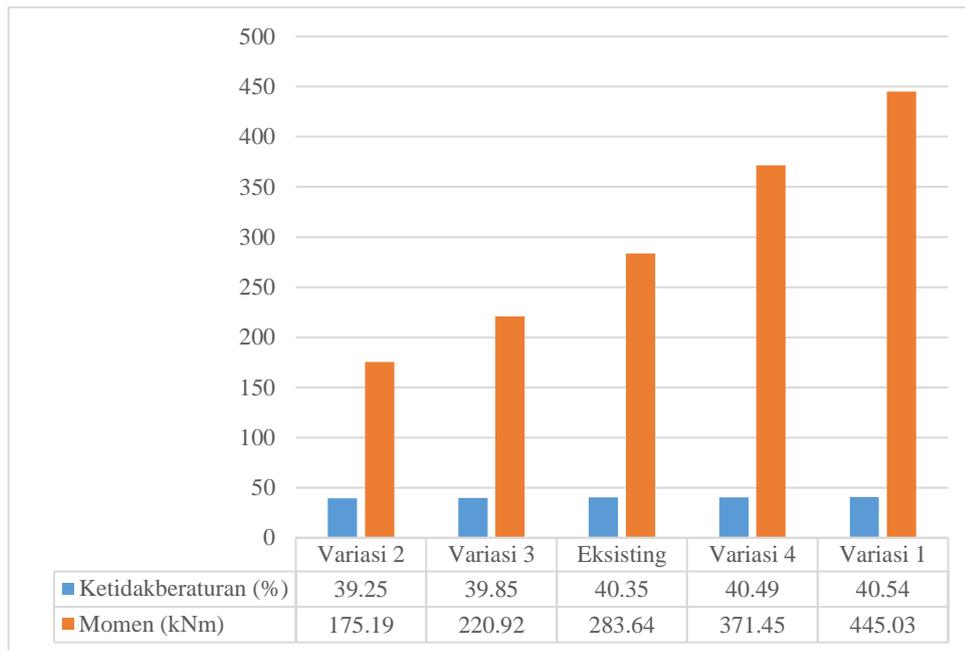
Gambar 4.22 Hubungan *Base Shear* Terhadap *Displacement* Arah X

Dalam penelitian ini *displacement* yang dihasilkan bangunan eksisting dan semua variasi masih dalam kategori aman sesuai SNI 1726-2012. Berikut penjabaran *displacement* eksisting dan semua variasi terhadap *displacement* /simpangan ijin.

Tabel 4.8 Displacement / Simpangan Ijin Bangunan

Pemberian Dilatasi	Kondisi Bangunan	Simpangan Ijin (m)	Simpangan Arah X (m)	Simpangan Arah Y (m)	Keterangan	
					X	Y
-	Eksisting	1.35	0.498	0.504	Aman	Aman
Arah Memanjang (X)	Variasi 2	1.35	0.346	0.301	Aman	Aman
	Variasi 3	1.35	0.529	0.369	Aman	Aman
Arah Lebar (Y)	Variasi 1	1.35	0.824	0.813	Aman	Aman
	Variasi 4	1.35	0.732	0.688	Aman	Aman

Dalam penelitian ini juga meninjau gaya dalam yang terjadi akibat aksi reaksi karena adanya beban gempa. Berdasarkan hasil yang didapatkan momen yang terjadi pada bangunan eksisting dan variasi mengalami kenaikan dan penurunan nilai momen. Hal ini dikarenakan kondisi bangunan variasi memiliki ketidakberaturan sudut yang lebih besar dan kecil dibandingkan bangunan eksisting seperti Tabel 4.7. Sehingga pola momen yang dihasilkan pada semua kondisi bangunan sejalan dengan ketidakberaturan yang ada pada semua kondisi bangunan tersebut. Dengan kata lain, momen yang terjadi baik pada elemen struktur kolom ataupun balok akan membesar seiring bertambahnya ketidakberaturan sudut pada bangunan tersebut seperti pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Hubungan Ketidakberaturan Bangunan dengan Momen

Secara teoritis apabila dilatasi diberikan terhadap bangunan yang tidak beraturan akan menghasilkan perilaku bangunan yang lebih baik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan pemberian dilatasi pada arah memanjang membuktikan bahwa, perilaku bangunan yang dihasilkan lebih baik daripada eksisting. Hal itu dikarenakan konfigurasi bangunan yang dihasilkan karena adanya dilatasi lebih beraturan. Selain itu juga, pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) yang telah dilakukan dapat mengurangi ketidakberaturan sudut dalam jika dibandingkan dengan eksisting. Sehingga pemberian dilatasi pada arah memanjang (X) menjadi variasi dilatasi terbaik jika dibandingkan dengan dilatasi pada arah lebar (Y).

4.3 Keterbatasan Masalah

Keterbatasan masalah yang dimiliki dalam penelitian ini yaitu elemen struktur balok pada bangunan eksisting mengalami *overstressed* di beberapa lantai. Dalam penelitian ini tidak dilakukan *re-design* pada struktur bangunan eksisting tersebut. Oleh karena itu, perilaku bangunan yang telah dianalisis merupakan perilaku struktur bangunan dengan kondisi bangunan eksisting yang mengalami *overstressed* pada balok.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perilaku bangunan dengan variasi dilatasi pada bangunan Tower Heliconia Bassura City, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Secara umum variasi dilatasi yang diberikan pada arah memanjang (X) menghasilkan perilaku bangunan yang lebih baik dibandingkan eksisting.
2. Variasi dilatasi dua kolom yang diberikan pada arah memanjang (X) dapat mengurangi ketidakberaturan horizontal pada bangunan. Ketidakberaturan sudut yang dihasilkan bangunan dengan variasi dilatasi pada arah memanjang (X) mempengaruhi besarnya *displacement* yang terjadi. Variasi 3 yang memiliki bentuk yang lebih beraturan dengan adanya dilatasi memiliki ketidakberaturan sudut yang mendekati eksisting sehingga *displacement* variasi 3 cenderung mendekati kondisi bangunan eksisting.
3. *Displacement* maksimum yang dihasilkan semua variasi dilatasi masih dalam kategori aman sesuai SNI 1726-2012, yang memiliki *displacement/* simpangan ijin sebesar 1.35m.
4. Ditinjau dari ketidakberaturan sudut pada semua kondisi bangunan dapat disimpulkan bahwa ketidakberaturan sudut bangunan sejalan dengan momen yang terjadi akibat aksi reaksi karena adanya gaya gempa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih optimal sebaiknya melakukan *re-design* terhadap elemen struktur balok yang mengalami *overstreesed*.
2. Pemberian dilatasi dua kolom yang diberikan pada bangunan eksisting sebaiknya terlebih dahulu meninjau ketidakberaturan sudut yang dihasilkan pada variasi yang diberikan dilatasi.
3. Dapat dilakukan analisis ketidakberaturan dengan tetap mempertahankan kondisi bangunan eksisting dengan jenis dilatasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anom, L. H., Wibowo, & Sunarmasto. 2013. *Analisis Kinerja Struktur Dengan Metode Performance Based Deign Terhadap Gedung Ketidakberaturan Vertikal*. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL, Vol. 1 No 3. Hal 227-234.
- Anonim. 2006. *Pedoman Persyaratan Teknis Pembangunan Gedung*. PERMEN PU Nomor: 29/PRT/M/2006. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- [BSN] Badan Standar Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung Dan Non Gedung SNI 03-1726-2012*: Jakarta
- [BSN] Badan Standar Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 03-1727-2013*: Jakarta
- Faizah R., & Widodo. 2013. *Analisis Gaya Gempa Rencana pada Struktur Bertingkat Banyak dengan Metode Dinamik Respon Spektra*. Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 Volume I, Hal S201 - S208.
- Fakhrurrazy. 2015. *Analisis Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Persentase Coakan Pada Denah Struktur Bangunan*. TEKNO Vol.13 No 63, Hal 10-17.
- Indarto, H., Hanggoro Tri C. A. & Kukuh C. A. 2013. *Aplikasi SNI 1726:2012 for Dummies*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil UNNES.
- Iskandarsyah, H. 2009. *Analisis Respon Spektrum pada Bangunan yang Menggunakan Yielding Damper Akibat Gaya Gempa*. Medan: Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Juandinata, R., & Pranata, Y. 2014. *Pengaruh Dilatasi Pada Bangunan Dengan Ketidakberaturan Geometri Vertikal Yang Didesain Secara Direct Displacement Based*. Universitas Kristen Petra Surabaya, Hal 1-8.
- Juventrian, S. V., & Mughnie, H. 2014. *Analisis Bangunan Asimetris Terhadap Tinjauan Delatasi Akibat Gaya Horizontal*. Jurnal Konstruksia Vol. 6, No. 1. Hal 69-81
- Juwana, J. S. 2005. *Panduan Sistem Bangunan Tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- Maulana, I. 2016. *Studi Respon Struktur Bangunan Tinggi Akibat Perubahan Lokasi Dinding Geser Terhadap Beban Gempa*. [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

- Nugroho, F. 2015. *Evaluasi Kinerja Bangunan Rencana Gedung Hotel ANS dengan Dilatasi (Model B2) Di Daerah Rawan Gempa*. Jurnal Momentum Vol. 17 No. 2, Hal 48-57.
- Purba, H. L. 2014. *Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidakberaturan Horizontal sesuai SNI 03-1726-2012*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 2, No. 4 Hal 710-711.
- Pusat Penelitian Mitigasi Bencana ITB. 2011. *Desain Spektra Indonesia*. http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. Diakses (1 Mei 2017)
- Paulay, T., & Priestley 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Mansory Building*, New York, John Wiley and Son
- Rifa'i, M. L., Setiya A., & Wibowo. 2014. *Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS*. e-jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL, Hal 32-39.
- Reza, F. 2012. *Pengaruh Dilatasi Terhadap Gaya Dalam Kolom Dan Balok Pada gedung Berlantai Empat Dengan Denah Berbentuk H*. [tugas akhir]. Banda Aceh: Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darussalam.
- Riza, I. W. 2016. *Analisis Perilaku Bangunan Persegi Panjang Dengan Variasi Ketidakberaturan Sudut Akibat Gempa*. [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- Schodek, D. L. 1998. *Struktur*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Smith, B., & Coull, A. 1991. *Tall Building Structure: Analysis and Design*. New York: John Wiley and Son

LAMPIRAN

Lampiran 1

Masnawari Rahmadani
5415136269 Skripsi SMT 106
by Masnawari Rahmadani 5415136269

Submission date: 04-Aug-2017 10:55AM (UTC+0700)
Submission ID: 835056806
File name: Masnawari_Rahmdani_S1_PTb_B_13.pdf (2.35M)
Word count: 14626
Character count: 78676

Masnawari Rahmadani 5415136269 Skripsi SMT 106 9 787

ORIGINALITY REPORT

6%	7%	0%	11%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 3%

Submitted to Sultan Agung Islamic University
Student Paper

2 3%

Exclude quotes On www.slideshare.net Exclude matches < 2%

Lampiran 2



Building
Future
Leaders

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate ID11/01792

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/SS-23/VI/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF

Yth.
Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan Teknik Sipil
FT Universitas Negeri Jakarta
di Jakarta

Dengan hormat,

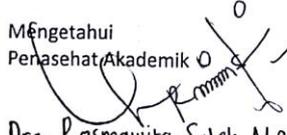
Dengan ini, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

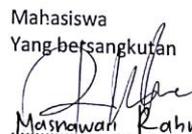
Nama : Masnawari Rahmadani
No. Registrasi : 5415136269
Tahun Angkatan : 2013
Program Studi : Pendidikan Teknik Bangunan

Mengajukan Judul Skripsi*:

1. "Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan dengan Didiasi Terhadap Gempa"
2.
3.

Jakarta, 27 Januari 2017

Mengetahui
Penasehat Akademik

Dra. Rosmawita Saleh, M.Pd
N.I.P. 196001031985032001

Mahasiswa
Yang bersangkutan

Masnawari Rahmadani
No. Reg. 5415136269



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate ID11/01792

Building
Future
Leaders

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

Ynthia No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-23/I/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

**SURAT PERMOHONAN PENILAIAN KELAYAKAN JUDUL/TEMA
SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF**

Yth. Bapak/Ibu Dosen

Dosen Prodi/Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan/Teknik Sipil

di Tempat

Dengan Hormat,

Setelah menerima permohonan pengajuan judul skripsi/komprehensif/karya inovatif mahasiswa di bawah ini :

Nama : Masnawari Rahmadani
No. Registrasi : 5415136269
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Bangunan
Judul/Tema : " Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Dengan Dilatasi Terhadap Gempa".

Dengan ini kami mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap kelayakan judul/tema tersebut untuk diangkat menjadi judul/tema skripsi/ komprehensif /karya inovatif.

Hasil penilaian dan masukan dari Bapak/Ibu akan dijadikan dasar untuk memperbaiki proposal skripsi/ komprehensif/karya inovatif agar layak disajikan pada seminar proposal yang akan kami jadwalkan kemudian.

Demikian kami sampaikan, atas kerja sama serta perhatian dari Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 2 Februari 2017

Mengetahui KBI
Struktur

Re-Ready

Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng
NIP. 19841207 201012 2 003

Koordinator Penyelesaian Studi/Prodi
Pendidikan Teknik Bangunan

[Signature]

R. Eka Murtinugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001



Building
Future
Leaders

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate ID 11/01792

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/SS-23/III/2011	01	00	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR PERNYATAAN KELAYAKAN JUDUL/TEMA
SKRIPSI/KOMPRESIF/KARYA INOVATIF

Dengan ini kami menyatakan bahwa judul/tema skripsi/komprehensif/karya inovatif

Analisa Penlaru Bangunan Tidak Beraturan Dengan Dilatasi
Terhadap Gempa

yang diajukan oleh mahasiswa:

Nama : Masnawari Rahmadani
No.Registrasi : 5915136269
Program Studi : sa Pendidikan Teknik Bangunan
Jurusan : Teknik Sipil

dinyatakan layak dan disetujui untuk *

a. dilanjutkan ke seminar proposal

b. dilanjutkan ke seminar proposal, dengan catatan lihat rencana dan
kelengkapan

c. Tidak layak, harus ganti judul/tema baru

Jakarta, 7 Februari 2017

Mengetahui KBI

STraktur

R. Aprilin

Riril Aprilin S., M. Sc. Eng
NIP. 19091207 201012 2003

Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan

Pendidikan Teknik Bangunan

R. Eka Nugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001

* Lingkari salah satu



Building
Future
Leaders

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate ID11/01792

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

PENGAJUAN CALON DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

Kepada Yth,
Bapak/Ibu Ketua Program Studi S1 PTB/Koordinator Penyelesaian Studi Prodi
FT Universitas Negeri Jakarta
di Jakarta

Dengan hormat,

Dengan ini, saya mahasiswa S1 Pend. Teknik Bangunan Jurusan Teknik Sipil Universitas
Negeri Jakarta

Nama : Masnawari Rahmadani
No. Registrasi : 5915136269
Tahun Angkatan : 2013

Mengajukan proposal penelitian dengan judul:

"Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan dengan
Dilarasi Terhadap Gempa"

Dengan usul calon pembimbing:

1. (Pembimbing) Riri Apilin S. S.T M.Sc.Eng
2. (Pembimbing) R. Eka Murti Nugraha. S. Pd. M. Pd

Jakarta, 27 Januari 2017

Mengetahui
Penasihat Akademik

Dra. Rosnawira Saleh, M.Pd
NIP. 196001031985032001

Mahasiswa
Yang bersangkutan

Masnawari Rahmadani
No. Reg. 5915136269



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate 1011/01792

*Building
Future
Leaders*

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-23/III/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

SURAT TUGAS
No. 010/ST.P/JTS1/2017

Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan Jurusan Teknik Sipil menugaskan kepada Bapak/Ibu dosen berikut:

No	Nama Dosen	NIP	Pembimbing
1	Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng	19841207 201012 2 003	Pembimbing I
2	R. Eka Murtinugraha, M. Pd	19670316 200112 1 001	Pembimbing II

Untuk membimbing skripsi/komprehensif/karya inovatif mahasiswa :

Nama : Masnawari Rahmadani
No. Registrasi : 5415136269
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Bangunan
Judul/Tema : "Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Dengan Dilatasi Terhadap Gempa".

Lama bimbingan : 9 Februari 2017 s/d 9 Desember 2017

Apabila pada tanggal yang telah ditentukan mahasiswa yang dibimbing belum selesai, maka Bapak/Ibu harus melaporkan kepada Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan.

Demikian surat tugas ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerja sama dari Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 9 Februari 2017

Koprodi S1
Pendidikan Teknik Bangunan


R. Eka Murtinugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001

Tembusan:
1. Kaprodi



Building
Future
Leaders

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate #011/01792

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-23/IV/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA-INOVATIF

Nama Mahasiswa : Masnawari Rahmadani
Nomor Registrasi : 5415136269
Prodi/Jurusan : Pendidikan Teknik Bangunan
Judul : "Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Dengan Dilatasi Terhadap Gempa".

Dosen Pembimbing : 1. Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng
2. R. Eka Murtinugraha, M. Pd

Tanggal Pertemuan Pertama * : 20 Feb 2017

Paraf KPSD * :

PERTEMUAN/ TANGGAL	MATERI BAHASAN	PARAF DOSEN	KET.
20 Feb 2017	Kesepakatan Skripsi	Re-	
24 Feb 2017	Lab meeting 1	Re-	
3 Mar 2017	Lab meeting 2	Re-	
13 Mar 2017	Lab meeting 3 Bab I → latar belakang perkotaan, identifikasi & pembatasan diperbaiki, tujuan ditamprase	Re-	
21 Mar 2017	Bab II → lengkapi lg Perbaikan minor Bab I. Lanjutkan Bab II.	Re-	
31 Mar 2017	Revisi minor teori, ganti bbrp sumber referensi yg lebih jelas. Susun kerangka berpikir dan penelitian relevan	Re-	
4 April 2017	Perbaiki penelitian relevan Bab II diperbaiki dan dilengkapi	Re-	
7 April 2017	Bab II OK ; lanjutkan Bab III dan analisis eksisting building	Re-	

Koordinator Penyelesaian Studi Prodi
/Kaprosdi S1 PTB

R. Eka Murtinugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001

Mengetahui,
Penasehat Akademik

Dra. Rosmawita Saleh, M. Pd
NIP. 19600103 198503 2 001

* Diisi dan diparaf paling lambat 2 minggu setelah mendapatkan dosen pembimbing



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate ID 11/01792

Building
Fakultas
Teknik

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-23/IV/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF

Nama Mahasiswa : Masnawari Rahmadani
Nomor Registrasi : 5415136269
Prodi/Jurusan : Pendidikan Teknik Bangunan
Judul : "Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Dengan Dilatasi Terhadap Gempa".

Dosen Pembimbing : 1. Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng
2. R. Eka Murtinugraha, M. Pd

Tanggal Pertemuan Pertama * :

Paraf KPSD * :

PERTEMUAN/ TANGGAL	MATERI BAHASAN	PARAF DOSEN	KET.
18 April 2017	Bab II dilengkapi lg. Diagram air diperbaiki. Beton tumpat dan air atek lg	-Re-	
27 April 2017	Bab II Diagram air lengkapi Model ETABS di-run	-Re-	
30 Mei 2017	Bab III OK. Segera buat analisis ETAB /ekstring	-Re-	
6 Juni 2017	Acc Sempro	-Re-	
24 Juli 2017	Saran dan analisis semua variasi, hubungkan antar masing ² parameter	-Re-	
28 Juli 2017	Perbaiki hasil penelitian & tambahkan informasi indi dr masing ² Parameter Lanjutkan pembahasan parameter ² lainnya	-Re-	
1 Agustus 2017	Lengkap pembatasan. Buat kesimpulan & Abstrak.	-Re-	
2 Agustus 2017	Perbaiki kesimpulan dan abstrak (minor) Lengkapi daftar mabsi, lampiran	-Re-	
3 Agustus 2017	Acc Saling Skripsi	-Re-	

Koordinator Penyelesaian Studi Prodi
/Kapodi S1 PTB

R. Eka Murtinugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001

Mengetahui,
Penasehat Akademik

Dra. Rosmawita Saleh, M. Pd
NIP. 19600103 198503 2 001

* Diisi dan diparaf paling lambat 2 minggu setelah mendapatkan dosen pembimbing



Building
Future
Leaders

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate ID11/01792

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-23/IV/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA-INOVATIF

Nama Mahasiswa : Masnawari Rahmadani
Nomor Registrasi : 5415136269
Prodi/Jurusan : Pendidikan Teknik Bangunan
Judul : "Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Dengan Dilatasi Terhadap Gempa".

Dosen Pembimbing : 1. Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng

2. R. Eka Murtinugraha, M. Pd

Tanggal Pertemuan Pertama * :

Paraf KPSD * :

PERTEMUAN/ TANGGAL	MATERI BAHASAN	PARAF DOSEN	KET.
14/3 - 2017	- Perbaiki latar belakang + pembahasan → menggunakan piraliter - Tambahkan identifikasi masalah & sejarah penelitian masalah	RL	
24/3 - 2017	- Ok vltu Bab I lanjut Bab II.	RL	
5/4 - 2017	- Teori Gempa ditambahkan - Kerangka berpikir ditambahkan	RL	
10/4 - 2017	- Ok bab II lanjut bab III	RL	
2/6 - 2017	- Simpulan & kesimpulan vltu Review proposal	RL	
9/6 - 2017	- Ok vltu seminar proposal	RL	

Koordinator Penyelesaian Studi Prodi
/Kaprodi S1 PTB

R. Eka Murtinugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001

* Diisi dan diparaf paling lambat 2 minggu setelah mendapatkan dosen pembimbing

Mengetahui,
Penasehat Akademik

Dra. Rosmawita Saleh, M. Pd
NIP. 19600103 198503 2 001



Building
Future
Leading

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate #011/01792

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/SS-23/IV/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF

Nama Mahasiswa : Masnawari Rahmadani
Nomor Registrasi : 5415136269
Prodi/Jurusan : Pendidikan Teknik Bangunan
Judul : "Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Dengan Dilatasi Terhadap Gempa".

Dosen Pembimbing : 1. Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng
2. **R. Eka Murtinugraha, M. Pd**

Tanggal Pertemuan Pertama * :

Paraf KPSD * :

PERTEMUAN/ TANGGAL	MATERI BAHASAN	PARAF DOSEN	KET.
1/2 - 2017.	sk Bab IV hingga bab V	<i>[Signature]</i>	
3/2 - 2017.	sk utk sidang skripsi	<i>[Signature]</i>	

Koordinator Penyelesaian Studi Prodi
/Kaprosdi S1 PTB

Mengetahui,
Penasehat Akademik

R. Eka Murtinugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001

Dra. Rosmawita Saleh, M. Pd
NIP. 19600103 198503 2 001

* Diisi dan diparaf paling lambat 2 minggu setelah mendapatkan dosen pembimbing



Building
Future
Leading

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Certificate ID 11/01792

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-25/V/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

SURAT PERMOHONAN SEMINAR PROPOSAL

Kepada Yth.
Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan / Prodi: Teknik Sipil/Pend. Teknik Bangunan
di
Jakarta

Dengan hormat,
Dengan ini saya mahasiswa:

Nama : Masnawari Rahmadani

No.Registrasi : 5415136269

Program Studi : Pendidikan Teknik Bangunan

mengajukan permohonan untuk seminar proposal skripsi/karya-inovatif dengan judul:

"Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Secara Horizontal dengan Dilatasi Terhadap Gempa".

Demikian surat permohonan ini saya sampaikan, atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu saya mengucapkan terima kasih.

Jakarta, 9 Juni 2017
Pemohon,


(Masnawari Rahmadani)

No. Reg. 5415136269



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Building
Future
Leaders

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-26/1/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

**SURAT PERMOHONAN UJIAN SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA
INOVATIF/TUGAS AKHIR ***

Kepada Yth.
Bapak/Ibu Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan Teknik Sipil
di Tempat

Dengan hormat,
Bersama ini saya sampaikan bahwa:

Nama Mahasiswa : Masnawari Rahmadani
No. Registrasi : 5415136269
Prodi/Jurusan : Pendidikan Teknik Bangunan/T. Sipil

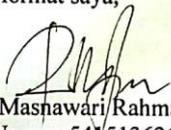
Telah menyelesaikan seluruh mata kuliah program S1/D3* sebanyak 140 SKS dan telah selesai menyusun skripsi/komprehensif/karya inovatif/tugas akhir* dengan judul:

Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Secara Horizontal Dengan Dilatasi Terhadap Gempa.

Berdasarkan hal tersebut, maka saya mengajukan permohonan untuk menempuh ujian skripsi/komprehensif/karya inovatif/tugas akhir*.

Demikianlah surat permohonan ini saya sampaikan, atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu saya ucapkan terima kasih.

Jakarta, 3 Agustus 2017
Hormat saya,


(Masnawari Rahmadani)
No.reg. 5415136269



*Building
Future
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-26/III/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING
SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF

Dengan ini kami menyatakan bahwa draft skripsi/komprehensif/karya-inovatif mahasiswa berikut ini:

Nama : Masnawari Rahmadani
No.Registrasi : 5415136269
Progam Studi : Pendidikan Teknik Bangunan
Jurusan : Teknik Sipil

dengan judul:

Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Secara Horizontal Dengan Dilatasi Terhadap Gempa.

dinyatakan layak dan disetujui untuk diuji pada sidang ujian skripsi/komprehensif/karya-inovatif.

dan telah memenuhi syarat TURNITIN.

Pembimbing I

Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng
NIP. 19841207 201012 2 003

Pembimbing II

R. Eka Murtinugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: <http://ft.unj.ac.id> email: dekanft@unj.ac.id

Building
Future
Leaders

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Masnawari Rahmadani
No.Registrasi : 5415136269
Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil – Pendidikan Teknik Bangunan
Judul Skripsi : “Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Secara Horizontal Dengan Dilatasi Terhadap Gempa”.

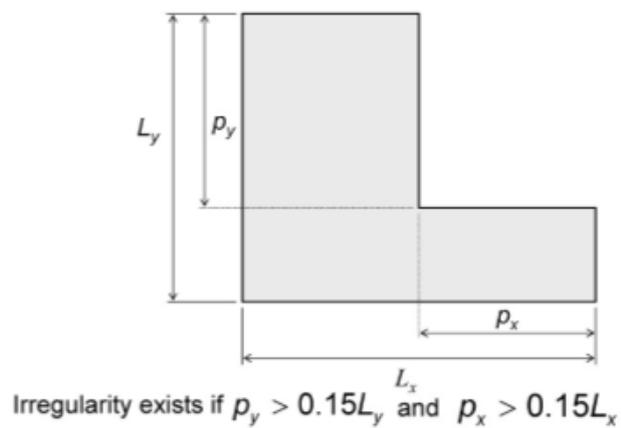
Tanggal Ujian : 14 Agustus 2017
Batas Akhir Perbaikan : 28 Agustus 2017

PERSETUJUAN

No.	N A M A	TANDA TANGAN	TANGGAL
1.	Sittati Musalamah, MT		23/08 2017
2.	Dr. Gina Bachtiar, MT		21/08-2017
3.	Drs. Prihantono, M. Eng		21/08-17
4.	Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng	Re-Read 	16 Agustus 2017
5.	R. Eka Murtinugraha, M. Pd		23/8 - 2017

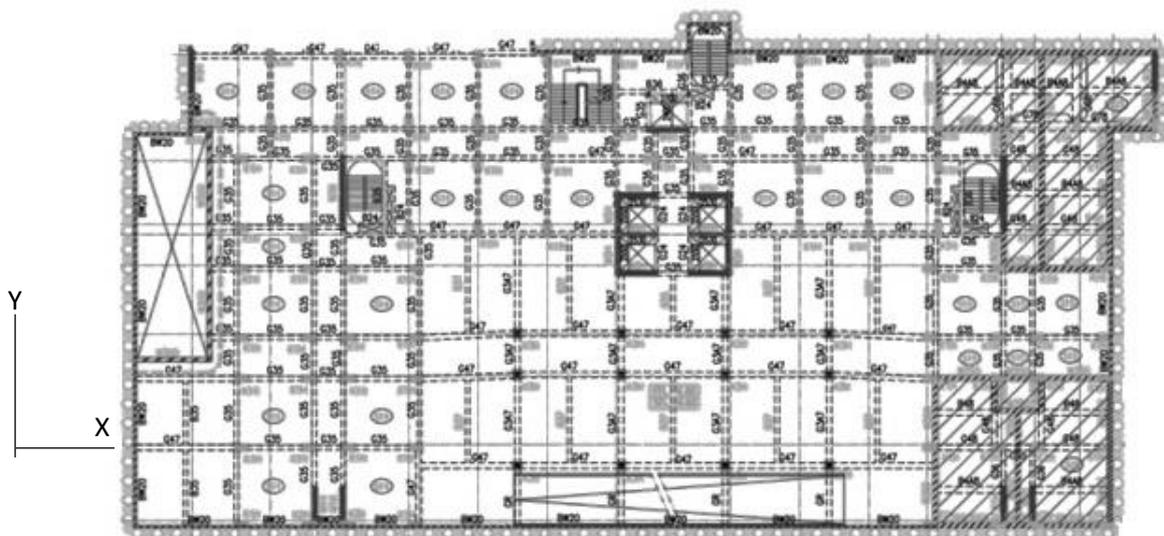
Lampiran 3

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tower Heliconia Bassura City merupakan bangunan yang memiliki ketidakberaturan horizontal tipe ketidakberaturan sudut dalam. Perhitungan berikut akan menjabarkan besarnya persentase ketidakberaturan sudut dalam yang terdapat pada bangunan Tower Heliconia Bassura City.

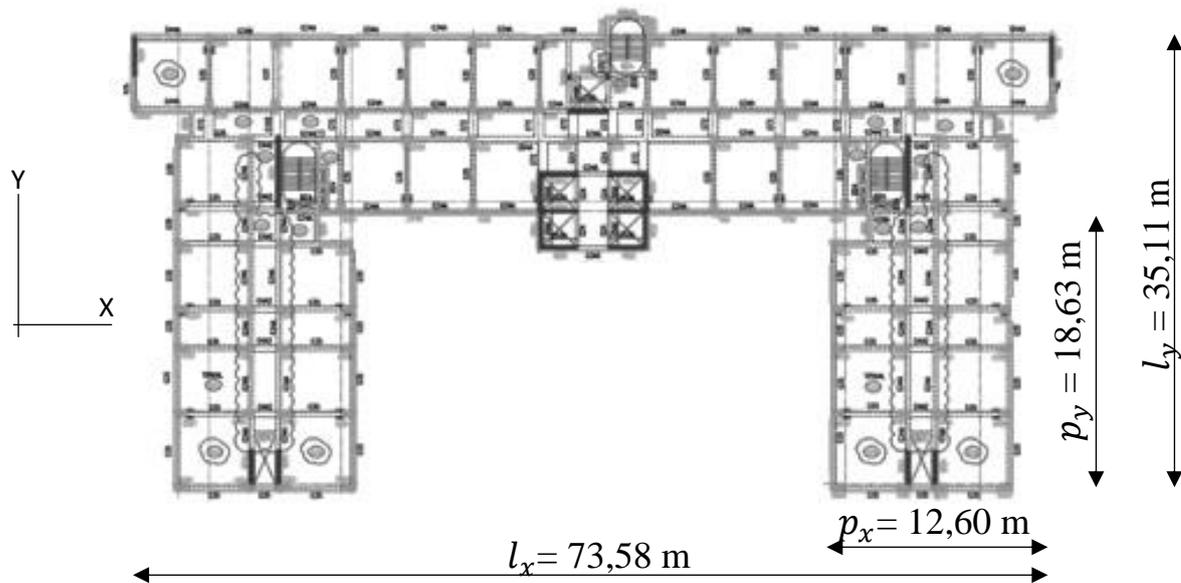


Gambar 1 Ilustrasi Ketidakberaturan Sudut Dalam Bangunan

(Sumber: Aplikasi SNI 03-1726-2012)



Gambar 2 Denah Basement THBC



Gambar 3 Denah Tipikal THBC

Dalam SNI 03-1726-2012 pasal 7.3.2.1 apabila bangunan dengan ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan. Untuk bangunan THBC didapatkan:

$$l_x = 73,58 \text{ m}$$

$$l_y = 35,11 \text{ m}$$

$$p_x = 12,60 \text{ m}$$

$$p_y = 18,63 \text{ m}$$

$$p_x > 0,15 l_x = 12,60 \text{ m} > 11,04 \text{ m}$$

$$p_y > 0,15 l_y = 18,63 \text{ m} > 5,27 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan bahwa bangunan THBC memiliki ketidakberaturan melebihi 15%.

Lampiran 4

Kondisi bangunan eksisting memiliki nilai parameter percepatan respons spektral perioda panjang (S_1) sebesar 0.357, koefisien modifikasi respons (R) yaitu 8, faktor keutamaan gempa (I) yaitu 1 dan faktor skala (FS) yaitu 1.2263. Nilai tersebut dapat digunakan untuk perhitungan gaya geser dasar pada variasi yang diberikan. Berikut ini perhitungan faktor skala gempa pada setiap kondisi bangunan.

a. Eksisting

$$\begin{aligned} &\text{Dengan,} \\ T &= 0.7813 \\ W_t &= 274645.691 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka:

$$V_s = \frac{SD_1}{T \left(\frac{R}{I}\right)} \times W_t = \frac{0.357}{0.7813 \left(\frac{8}{1}\right)} \times 274645.691 = 15686.2567 \text{ kN}$$

$$V \geq 0,85 V_s$$

$$V_x : 5186.53 \leq 13333.7432 \text{ kN}$$

$$V_y : 367.16 \leq 13333.7432 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan diatas gaya geser dasar (*base shear*) tidak memenuhi syarat, maka perlu diskalakan kembali menjadi.

$$FS = g \frac{I}{R} = 9,81 \frac{1}{8} = 1,2263$$

$$RSPX \text{ Arah } U1 = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16378.4225}{5186.53} = 3.1527$$

$$RSPX \text{ Arah } U2 = 30\% \times RSPX \text{ Arah } U1 = 0.9471$$

$$RSPY \text{ Arah } U2 = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16378.4225}{367.16} = 44.6084$$

$$RSPY \text{ Arah } U1 = 30\% \times RSPY \text{ Arah } U2 = 13.3825$$

Hasil dari perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan nilai faktor skala yang akan digunakan seperti didalam tabel berikut ini.

Tabel 4.4 Faktor Skala Eksisting

Kasus	Arah	Skala Sebelum Koreksi	Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1.2263	3.1578
	U2	0.3679	0.9471
RSPY	U1	0.3679	13.3825
	U2	1.2263	44.6084

Berdasarkan perhitungan faktor skala yang sudah dikoreksi maka dari run analysis didapatkan gaya geser dasar arah X sebesar 13356.20 kN dan arah Y sebesar 13353.93 kN.

b. Variasi 1

Dengan,
 $T = 0.7883$
 $W_t = 276775.103 \text{ kN}$

Maka:

$$V_s = \frac{SD_1}{T \left(\frac{R}{I}\right)} \times W_t = \frac{0.357}{0.7883 \left(\frac{8}{1}\right)} \times 276775.103 = 15666.0185 \text{ kN}$$

$$V \geq 0,85 V_s$$

$$V_x : 5073.50 \leq 13316.1157 \text{ kN}$$

$$V_y : 221.61 \leq 13316.1157 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan diatas gaya geser dasar (*base shear*) tidak memenuhi syarat, maka perlu diskalakan kembali menjadi.

$$FS = g \frac{I}{R} = 9,81 \frac{1}{8} = 1,2263$$

$$RSPX \text{ Arah } U1 = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16329.5527}{5073.50} = 3.2185$$

$$RSPX \text{ Arah } U2 = 30\% \times RSPX \text{ Arah } U1 = 0.9655$$

$$RSPY \text{ Arah } U2 = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16329.5527}{221.61} = 73.6859$$

$$RSPY \text{ Arah } U1 = 30\% \times RSPY \text{ Arah } U2 = 22.1057$$

Hasil dari perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan nilai faktor skala yang akan digunakan seperti didalam tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Faktor Skala Variasi 1

Kasus	Arah	Skala Sebelum Koreksi	Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1.2263	3.2185
	U2	0.3679	0.9655
RSPY	U1	0.3679	22.1057
	U2	1.2263	73.6859

Berdasarkan perhitungan faktor skala yang sudah dikoreksi maka dari run analysis didapatkan gaya geser dasar arah X sebesar 13315.72 kN dan arah Y sebesar 13316.29 kN.

c. Variasi 2

Dengan,
 $T = 0.781001$
 $W_t = 277317.953 \text{ kN}$

Maka:

$$V_s = \frac{SD_1}{T \left(\frac{R}{T}\right)} \times W_t = \frac{0.357}{0.781001 \left(\frac{8}{1}\right)} \times 277317.953 = 15845.472 \text{ kN}$$

$$V \geq 0,85 V_s$$

$$V_x : 5521.95 \leq 13468.6512 \text{ kN}$$

$$V_y : 557.72 \leq 13468.6512 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan diatas gaya geser dasar (*base shear*) tidak memenuhi syarat, maka perlu diskalakan kembali menjadi.

$$FS = g \frac{I}{R} = 9,81 \frac{1}{8} = 1,2263$$

$$RSPX \text{ Arah U1} = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16516.607}{5521.95} = 2.99108$$

$$RSPX \text{ Arah U2} = 30\% \times RSPX \text{ Arah U1} = 0.89732$$

$$RSPY \text{ Arah U2} = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16516.607}{557.72} = 29.6145$$

$$RSPY \text{ Arah U1} = 30\% \times RSPY \text{ Arah U2} = 8.8843$$

Hasil dari perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan nilai faktor skala yang akan digunakan seperti didalam tabel berikut ini.

Tabel 4.6 Faktor Skala Variasi 2

Kasus	Arah	Skala Sebelum Koreksi	Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1.2263	2.99108
	U2	0.3679	0.89732
RSPY	U1	0.3679	8.8843
	U2	1.2263	29.6145

Berdasarkan perhitungan faktor skala yang sudah dikoreksi maka dari run analysis didapatkan gaya geser dasar arah X sebesar 13468.72 kN dan arah Y sebesar 13468.60 kN.

d. Variasi 3

Dengan,
 $T = 0.7805$
 $W_t = 279674.998 \text{ kN}$

Maka:

$$V_s = \frac{SD_1}{T \left(\frac{R}{I} \right)} \times W_t = \frac{0.357}{\left(\frac{8}{1} \right)} \times 279674.998 = 15990.3867 \text{ kN}$$

$$V \geq 0,85 V_s$$

$$V_x : 5944.67 \leq 13591.8287 \text{ kN}$$

$$V_y : 381.85 \leq 13591.8287 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan diatas gaya geser dasar (*base shear*) tidak memenuhi syarat, maka perlu diskalakan kembali menjadi.

$$FS = g \frac{I}{R} = 9,81 \frac{1}{8} = 1,2263$$

$$RSPX \text{ Arah } U1 = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16667.6595}{5944.67} = 2.8037$$

$$RSPX \text{ Arah } U2 = 30\% \times RSPX \text{ Arah } U1 = 0.8411$$

$$RSPY \text{ Arah } U2 = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16667.6595}{381.85} = 43.6497$$

$$RSPY \text{ Arah } U1 = 30\% \times RSPY \text{ Arah } U2 = 13.0949$$

Hasil dari perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan nilai faktor skala yang akan digunakan seperti didalam tabel berikut ini.

Tabel 4.7 Faktor Skala Variasi 3

Kasus	Arah	Skala Sebelum Koreksi	Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1.2263	2.8037
	U2	0.3679	0.8411
RSPY	U1	0.3679	13.0949
	U2	1.2263	43.6497

Berdasarkan perhitungan faktor skala yang sudah dikoreksi maka dari run analysis didapatkan gaya geser dasar arah X sebesar 13591.35 kN dan arah Y sebesar 13591.71 kN.

e. Varisasi 4

Dengan,

$$T = 0.7924$$

$$W_t = 278784.136 \text{ kN}$$

Maka:

$$V_s = \frac{SD_1}{T \left(\frac{R}{I}\right)} \times W_t = \frac{0.357}{\left(\frac{8}{1}\right)} \times 278784.136 = 15700.0771 \text{ kN}$$

$$V \geq 0,85 V_s$$

$$V_x : 5057.2 \leq 13345.0655 \text{ kN}$$

$$V_y : 259.69 \leq 13345.0655 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan diatas gaya geser dasar (*base shear*) tidak memenuhi syarat, maka perlu diskalakan kembali menjadi.

$$FS = g \frac{I}{R} = 9,81 \frac{1}{8} = 1,2263$$

$$RSPX \text{ Arah U1} = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16365.0538}{5057.2} = 3.2359$$

$$RSPX \text{ Arah U2} = 30\% \times RSPX \text{ Arah U1} = 0.9707$$

$$RSPY \text{ Arah U2} = \frac{0,85 V_s}{V} \times FS = \frac{16365.0538}{259.69} = 63.0176$$

$$RSPY \text{ Arah U1} = 30\% \times RSPY \text{ Arah U2} = 18.9052$$

Hasil dari perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan nilai faktor skala yang akan digunakan seperti didalam tabel berikut ini.

Tabel 4.8 Faktor Skala Variasi 4

Kasus	Arah	Skala Sebelum Koreksi	Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1.2263	3.2359
	U2	0.3679	0.9707
RSPY	U1	0.3679	18.9052
	U2	1.2263	63.0176

Berdasarkan perhitungan faktor skala yang sudah dikoreksi maka dari run analysis didapatkan gaya geser dasar arah X sebesar 13344.69 kN dan arah Y sebesar 13345.19 kN.

Lampiran 5

MODUL PEMBUATAN MODEL BANGUNAN DENGAN SOFTWARE ETABS VERSI 9.7.1

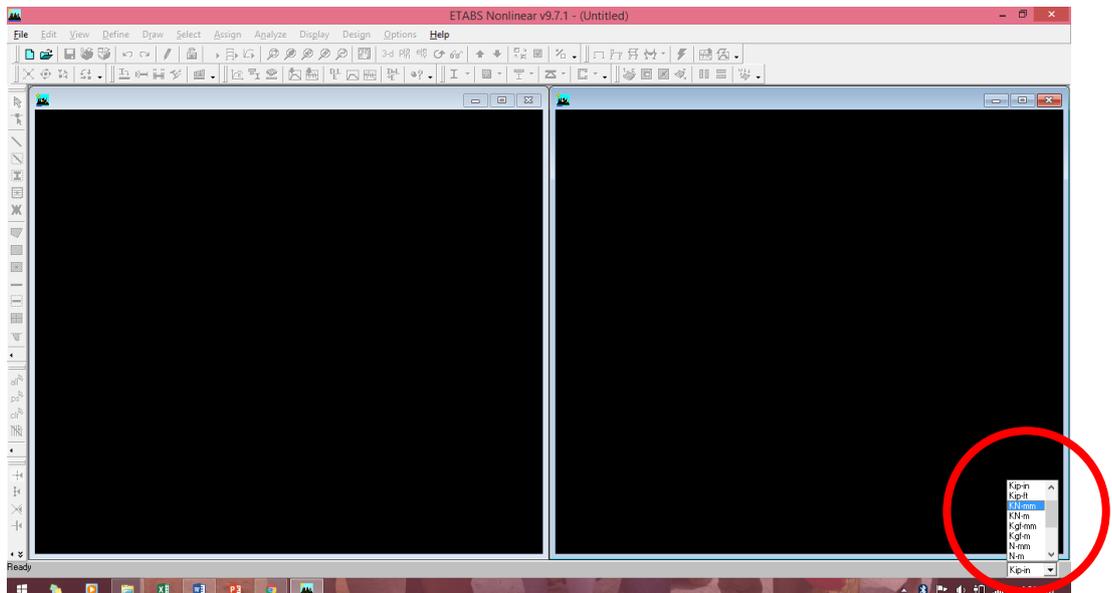
Model bangunan yang digunakan adalah bangunan Apartemen Tower Heliconia Bassura City yang terletak di Jalan Basuki Rahmat No. 1A Jakarta Timur.

Adapun keterbatasan penulis dalam membuat model adalah sebagai berikut:

- a. Mempertimbangkan beban tanah dan air pada basement dengan menginput beban tanah dan air sebagai beban merata karena keterbatasan *software* ETABS.
- b. Kolam renang dilantai dasar di anggap sebagai beban mati.
- c. Struktur GWT dan STP pada bangunan eksisting diabaikan.

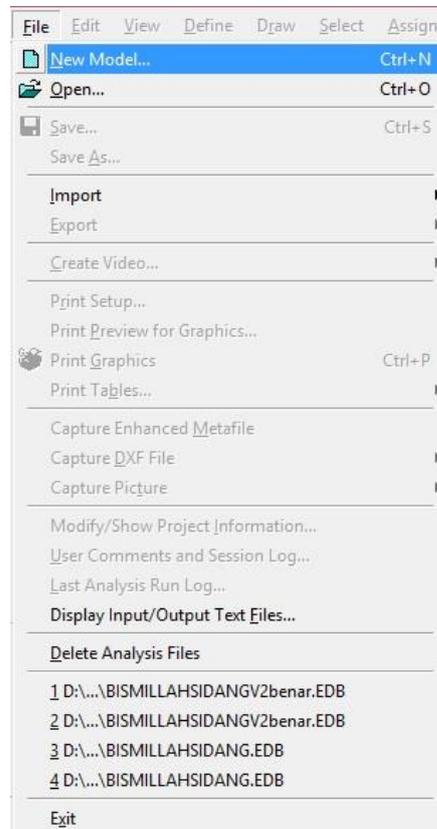
Sedangkan untuk tahapan dalam membuat model untuk lebih detailnya akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Menentukan satuan yang digunakan dalam menginput data sesuai kebutuhan, dengan memilih pada bagian kanan bawah *windows* ETABS.



Gambar 1 Kotak Dialog Satuan

2. Membuat model sesuai dengan denah/bentuk bangunan. Klik file pada menu *Toolbar* dan klik *New Model*, kemudian akan muncul kotak dialog dari *New Model* tersebut lalu klik NO.

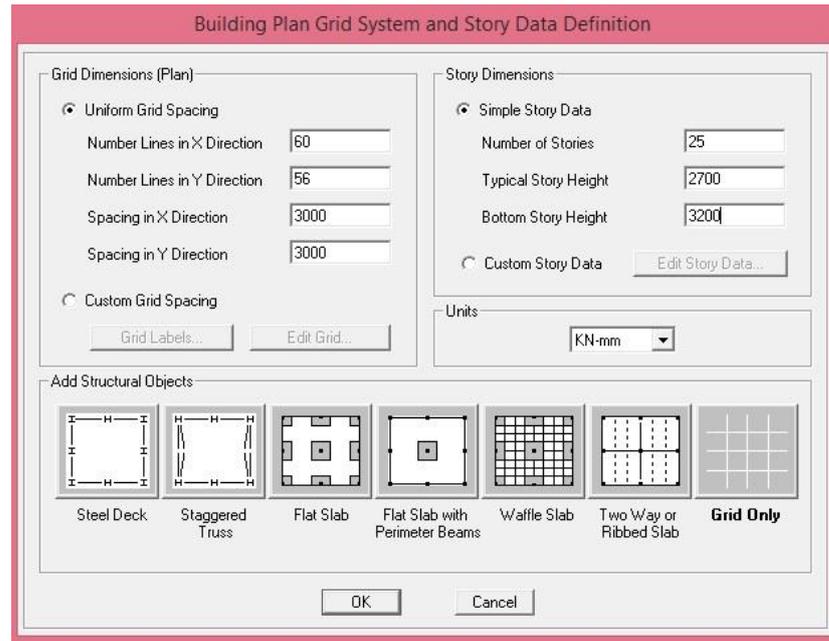


Gambar 2 Menu File



Gambar 3 Kotak Dialog New Model

3. Memasukan data geometri struktur. Setelah klik *no* pada langkah no 1 maka akan muncul kotak dialog *Building Plan Grid System* dan *Story Data Definition*.



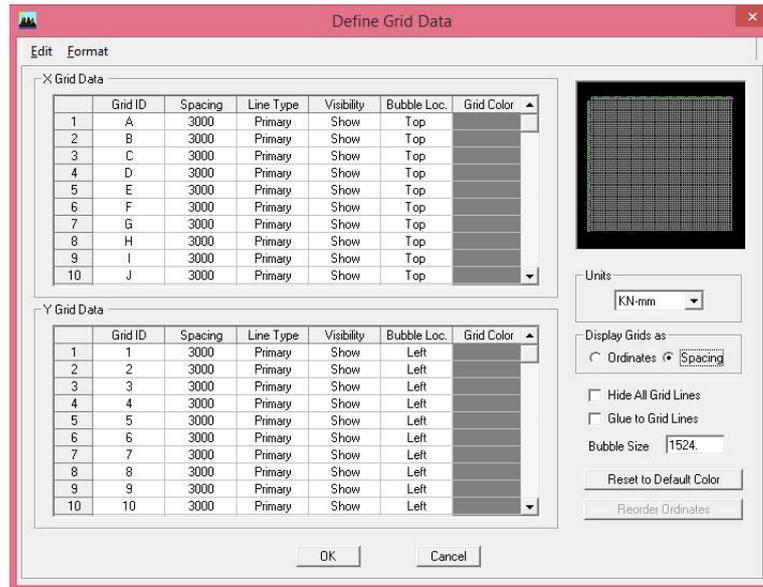
Gambar 4 Kotak Dialog *Building Plan Grid System and Story Data Definition*

Setelah itu barulah masukan data geometri strukturnya.

Untuk *Grid Dimentions (Plan)*

- a. *Number lines in X direction* (jumlah garis arah x) : 60
- b. *Number line in Y direction* (jumlah garis arah y) : 56
- c. *Spacing in X direction* (jarak antar garis arah x) : 3000 mm*
- d. *Spacing in Y direction* (jarak antar garis arah y) : 3000 mm*

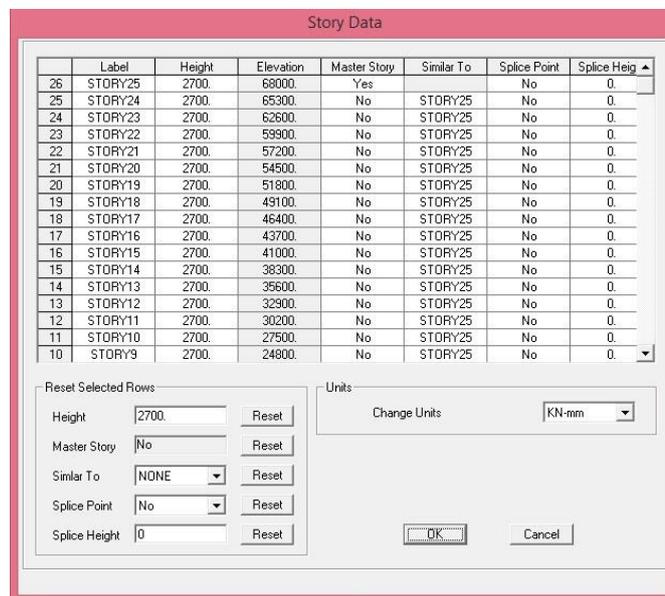
*hanya untuk sementara untuk jarak antar garis bisa diedit sesuai kebutuhan dengan cara memilih *Custom Grid Spacing* kemudian pilih *Edit Grid*. Kemudian akan muncul kotal dialog *Define Grid Data* ada dua bagian *Edit Grid* arah X dan Y, untuk mempermudah mengedit jarak ada baiknya memilih *Spacing* pada kotak *Display Grid as* yang berarti menentukan jarak dengan menggunakan metode jarak antar sumbu. Setelah selesai *Grid* untuk arah X dan Y klik OK



Gambar 5 Kotak dialog *Define Grid* Sebelum di Edit

selanjutnya masukan data geometri struktur untuk *Story Dimensions*

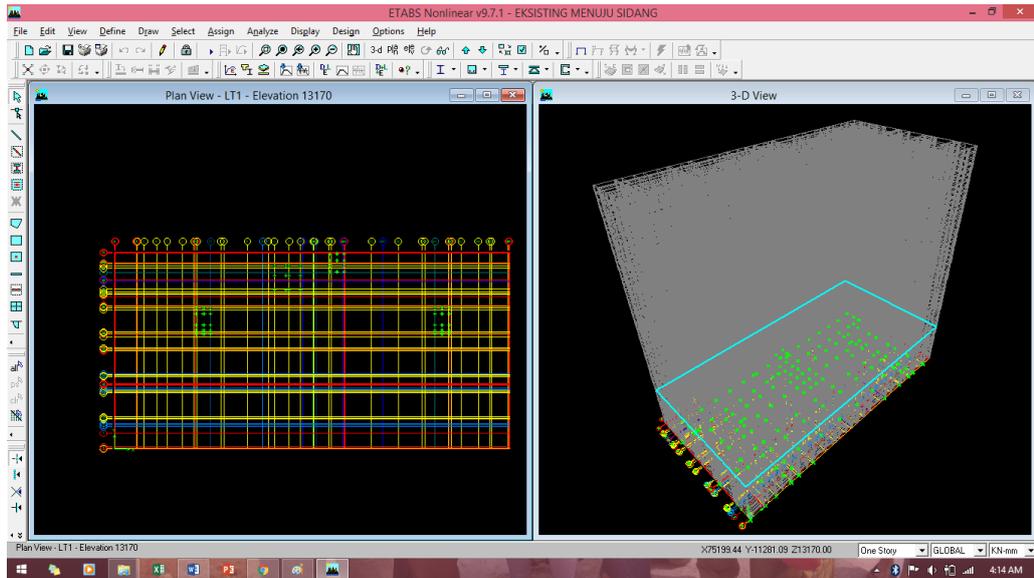
- a. *Number of stories* (Jumlah lantai) : 25
- b. *Typical Story Height* (Tinggi Lantai yang sama) : 2700 mm
- c. *Bottom Story Height* (Tinggi Lantai Paling Bawah) : 3200 mm



Gambar 6 Kotak Dialog *Story Data* sebelum di edit

Untuk mengedit tinggi antar lantai pilihlah *Custom Story Data* setelah selesai klik OK. Setelah semua data geometri dimasukkan, kemudian pilihlah *Grid Only* lalu Klik OK.

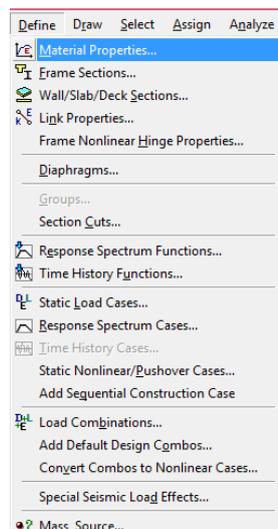
4. Setelah diedit sesuai dengan kebutuhan, hasilnya adalah sebagai berikut.



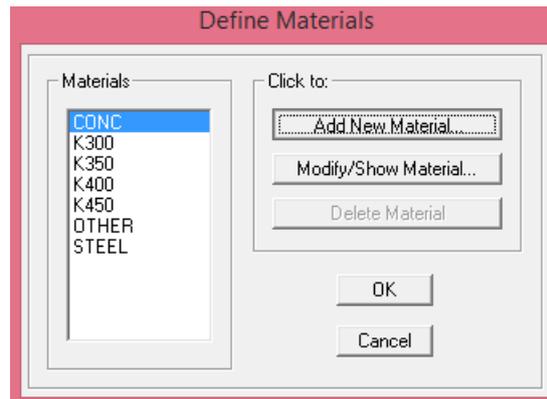
Gambar 7 Keluaran dari *Building Plan Grid System* dan *Story Data Definition*.

5. Kemudian mulai untuk menginput data berupa *define (material properties, frame section, wall & slab)*.
- a. *Define Frame Material*

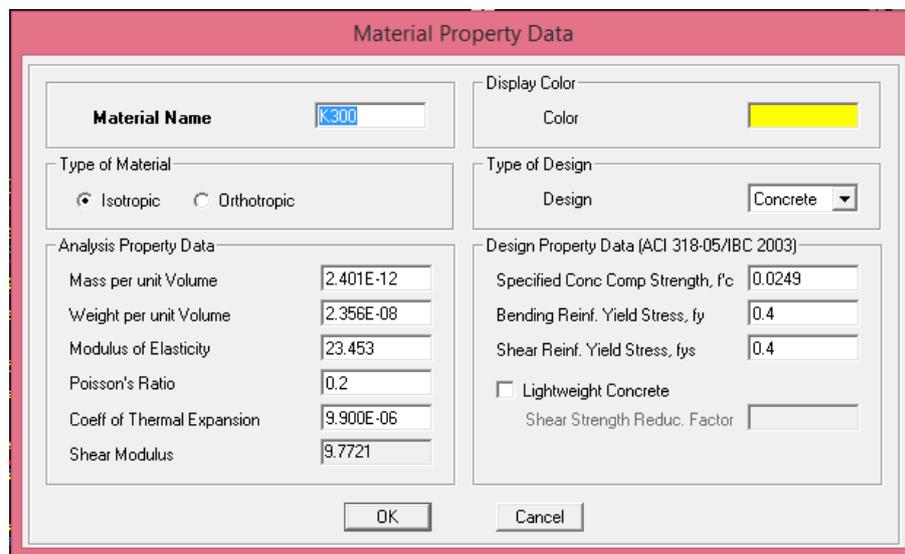
Menentukan material dengan cara klik menu *Define – Material Properties* (lihat gambar 8), maka akan muncul kotak dialog *Define Materials*, kemudian klik *Add New Material* (lihat gambar 9). Lalu masukkan data material berupa *Wight perunit volume, f_c , f_y* sesuai dengan dengan data yang dibutuhkan.



Gambar 8 Menu *Define Material Properties*



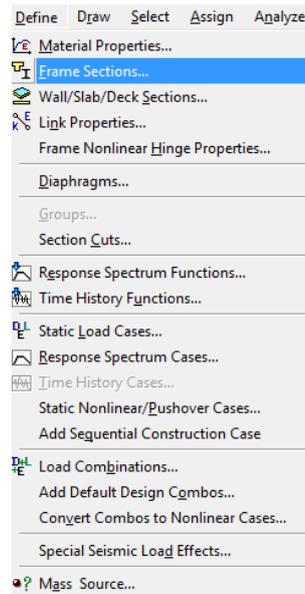
Gambar 9 Define Materials



Gambar 10 Material Property Data

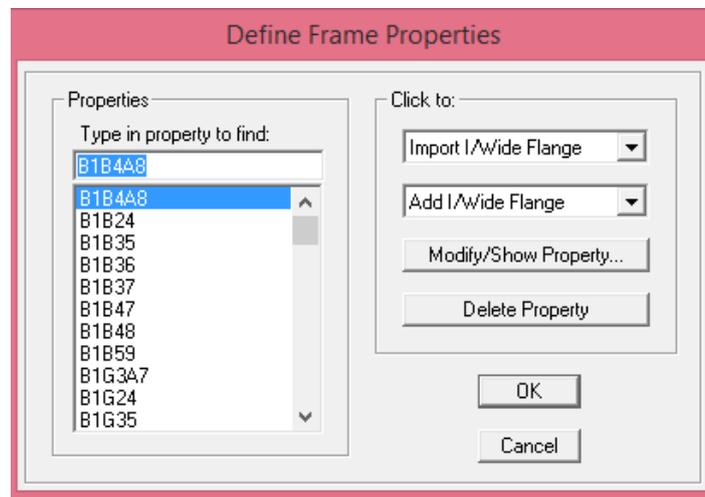
b. *Define Frame Section*

Frame section berarti menentukan dimensi balok dan kolom yang akan digunakan dalam membuat model. Pada tools Klik menu *Define – Frame Sections*.



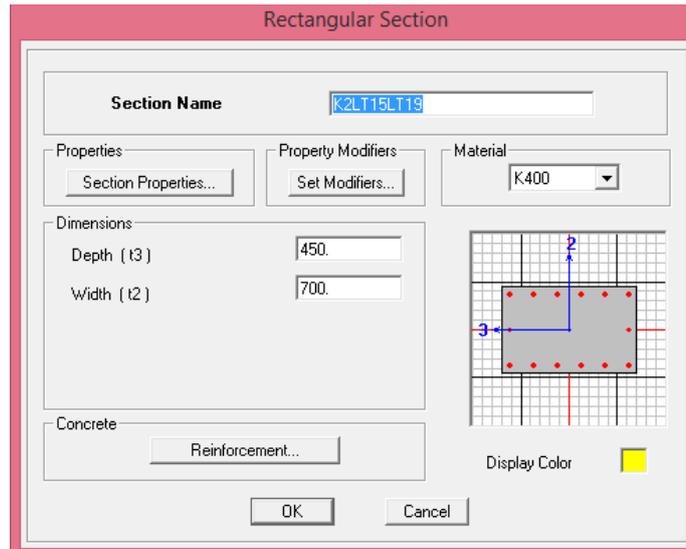
Gambar 11 Menu *Define Frame Section*

Pada kotak dialog *Define Frame Section Properties* hapus semua properties yang sudah ada, agar tidak terlalu banyak data yang membingungkan dalam mencari *properties* yang akan dibuat. Kemudian Klik *Add Rectangular* karena bentuk balok dan kolom berupa persegi



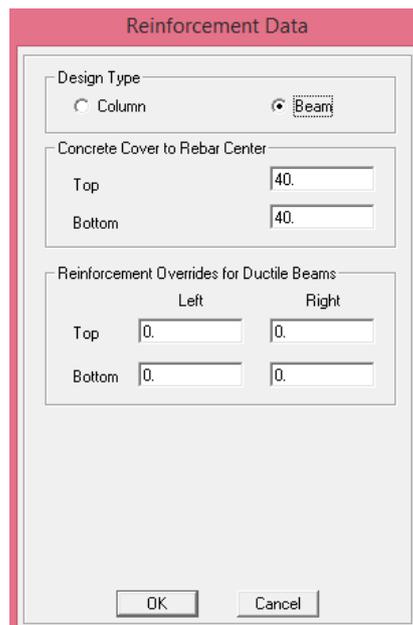
Gambar 12 *Define Frame Section*

Memasukkan data dimensi dan pemilik material yang sebelumnya sudah dibuat.



Gambar 13 Rectangular Section

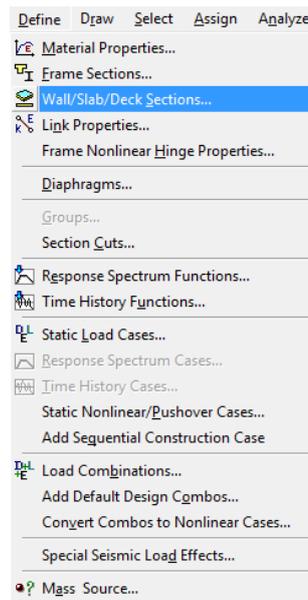
Khusus untuk profil balok klik *Beam* pada *Design Type* pada dialog *Reinforcement Data*.



Gambar 14 Reinforcement Data

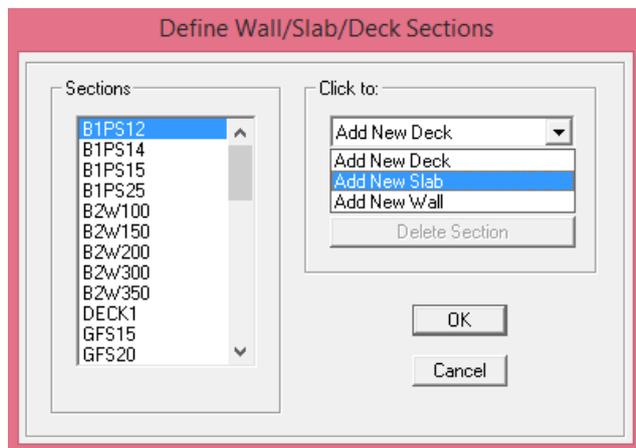
c. *Define wall/slab*

Menentukan dimensi dinding geser dan plat. Klik menu *Define-Wall/Slab/Deck Section*



Gambar 15 Menu *Wall/Slab/Deck Sections*

Setelah memilih menu tersebut maka akan muncul kotak dialog (lihat gambar 16). Kemudian pilih *Add New Wall* untuk dinding dan *Add New Slab* untuk plat.



Gambar 16 *Define Wall/Slab/Deck Sections*

Memasukkan data dimensi dan memilih material yang sebelum sudah dibuat. Untuk tipe profil berupa *Membrane* untuk *Slab* dan *Shell* untuk *Wall*.

Gambar 17 Wall/Slab Section untuk Slab

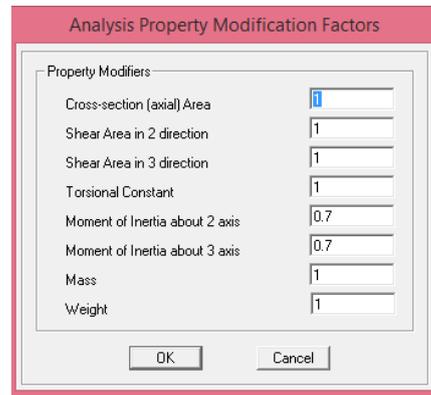
Gambar 18 Wall/Slab Section untuk Wall

Semua properties kolom, balok pelat dan dinding geser harus diubah kekakuannya sesuai syarat SNI. Dengan cara Klik *Set Modifier* pada setiap kotak dialog *define (frame section, wall/slab/deck sections)* kemudian ubah nilai *Property Modifier* sesuai dengan fungsinya sebagai berikut:

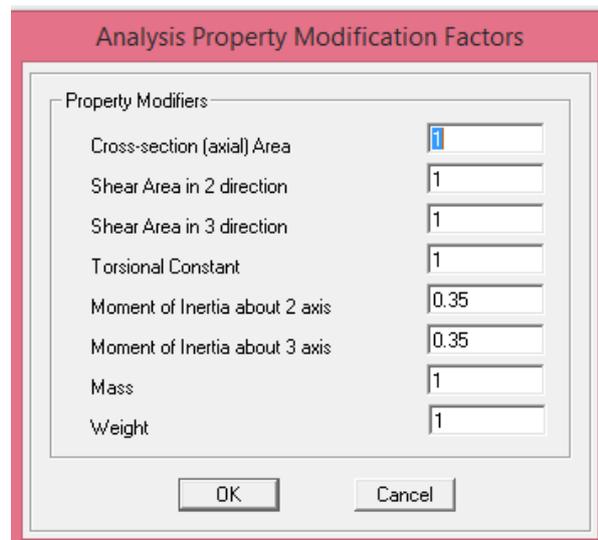
- a. Kolom : moment of inertia about 2 & 3 axis: 0,7

- b. Balok : moment of inertia about 2 & 3 axis: 0,35
- c. Pelat : membrane f11 f22 & f12, Bending m11 m22 & m12: 0,25
- d. Dinding Geser: membrane f11 & f22, Bending m11 & m22: 0,7

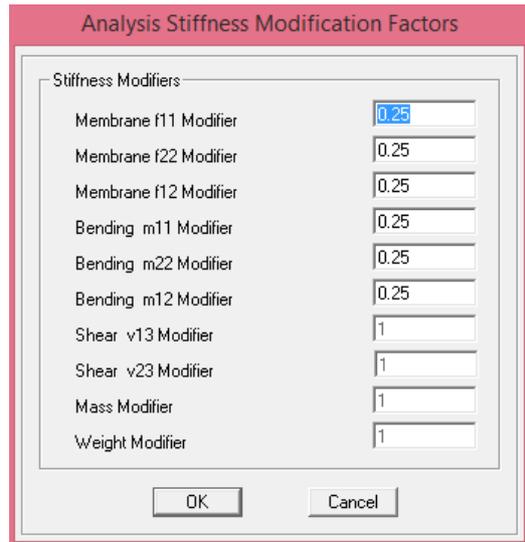
Dapat dilihat pada gambar berikut ini:



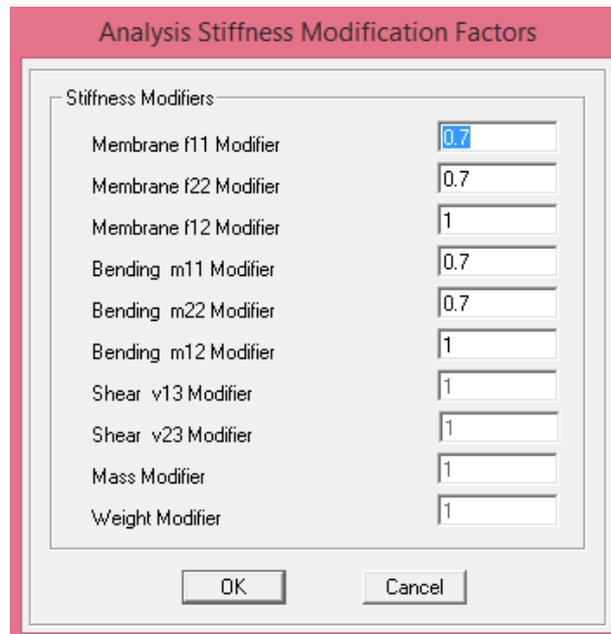
Gambar 19 Analysis Property Modification Factor Kolom



Gambar 20 Analysis Property Modification Factor Balok

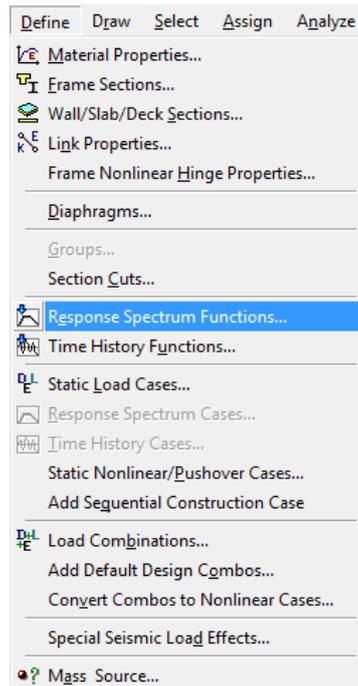


Gambar 21 Analysis Property Modification Factor Pelat



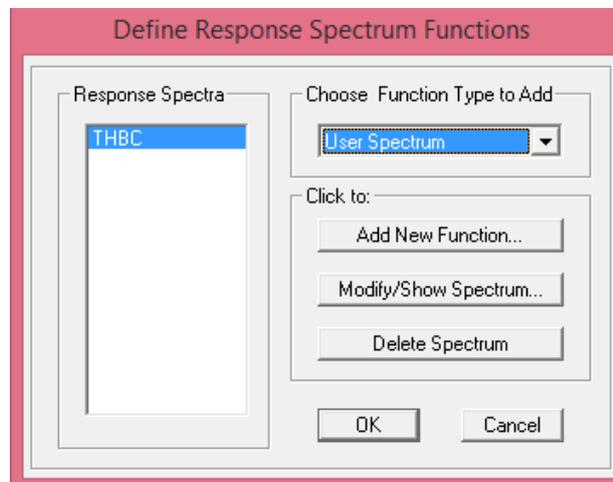
Gambar 22 Analysis Property Modification Factor Dinding geser

- Menentukan respons spektrum. Karena bangunan didesain agar bisa tahan dari gempa yang sesuai dengan standar SNI maka perlu direncanakan beban gempa. Pertama klik *Define – Response Spectrum Function*.



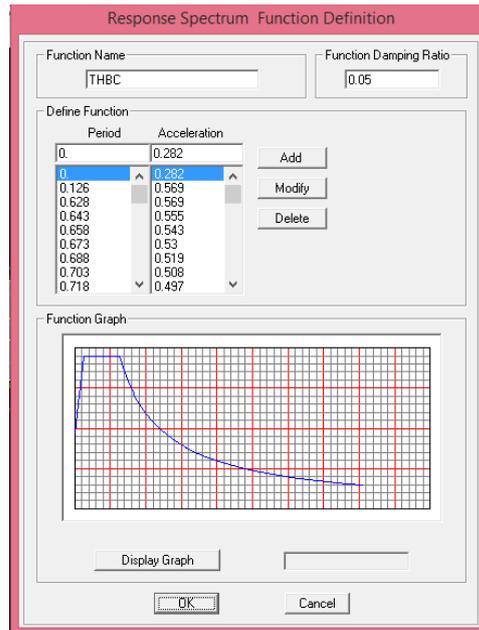
Gambar 23 Menu *Define Response Spectrum Function*

Pada kotak dialog *Define Response Spectrum Function*, pilih *Choose Function Type to Add: User Spectrum* kemudian klik *Add New Function*



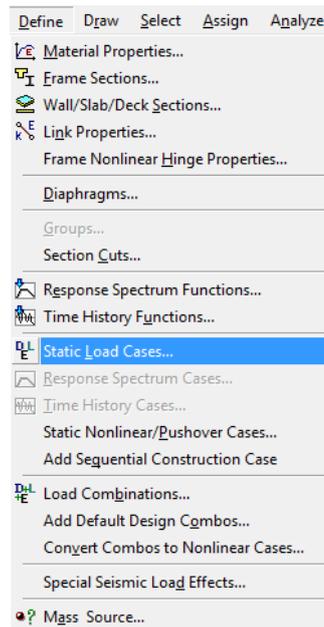
Gambar 24 *Define Response Spectrum Function*

Kemudian isikan *Perioded an Accekeration* (percepatan gempa) pada kotak dialog *Response Spectrum Function definition*



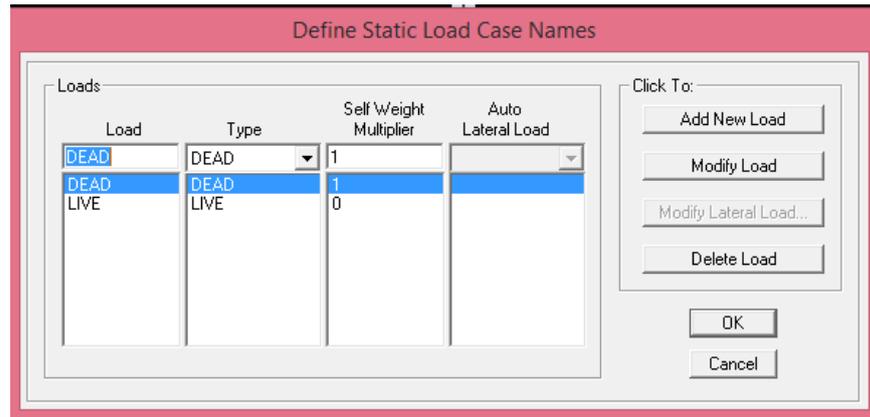
Gambar 25 Response Spectrum Function Definition

- Menentukan beban yang bekerja. Klik menu *Define – Static Load Case* seperti gambar 26.



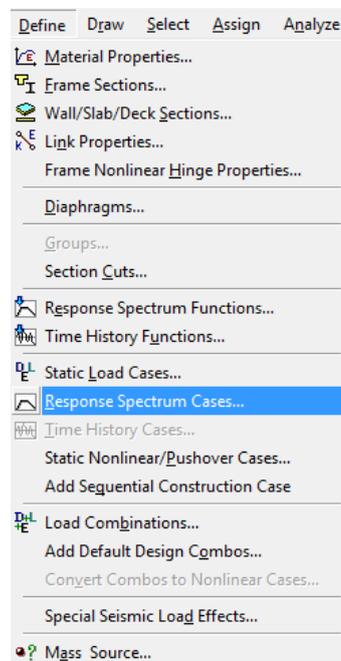
Gambar 25 Define Static Load Case

Masukkan jenis-jenis beban yang bekerja dan juga tipenya oada kotak dialog *Define Static Load Case Names*. Kemudian beban mati pada kolom *Self Weight* diisikan nilai 1 karena memiliki berat sendiri.



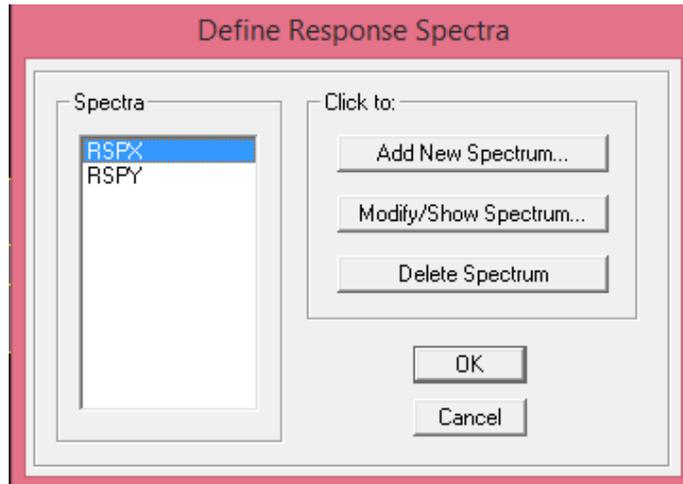
Gambar 26 Define Static Load Case Names

8. Menentukan spektrum gempa. Klik *Define – Response Spectrum Case* seperti gambar 27.



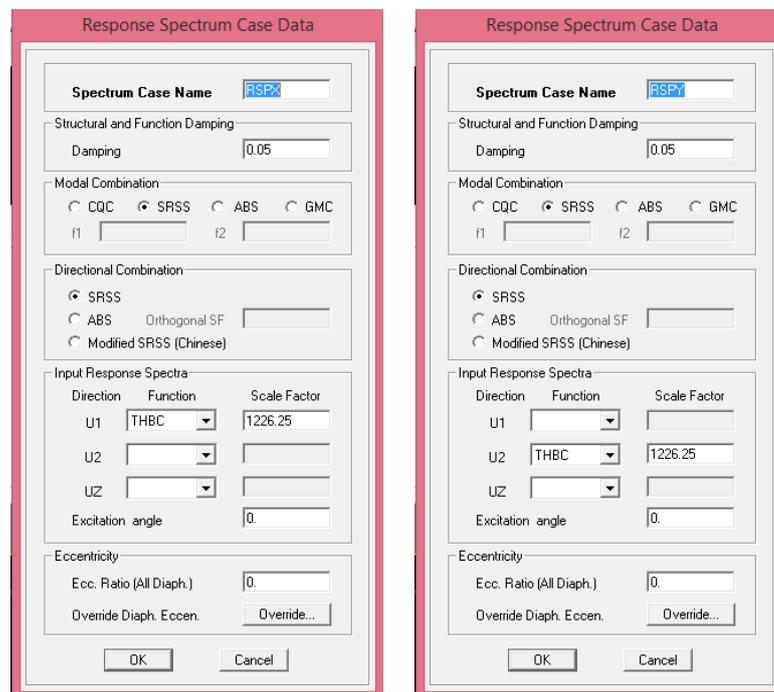
Gambar 27 Menu Response Spectrum Case

Pada kotak dialog *Define Respons Spektra*, Klik *Add New Spectrum* untuk membuat pengaturan baru untuk data-data gempa pada wilayah yang akan di analisis.



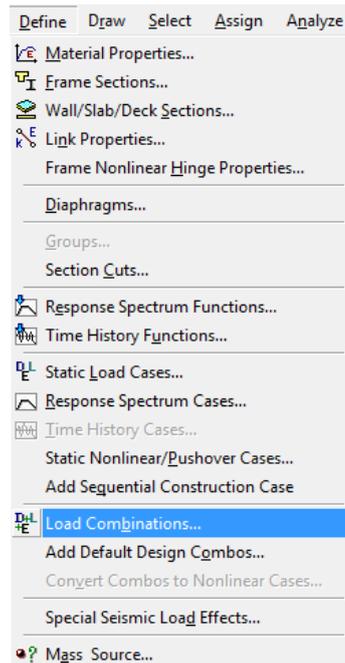
Gambar 28 Define Response Spectra

Masukkan data pada kotak dialog *Response Spectrum Data*, data yang dimasukkan seperti *Spectrum Case Name* berupa *RSPx* dan *RSPy*. Input Response Spectrum untuk arah X isikan Function dan Scale Factor pada kotak U1 dan untuk arah Y pada kotak U2 sesuai dengan hitungan analisis pembebanan pada bab 4. Lihat Gambar 29.



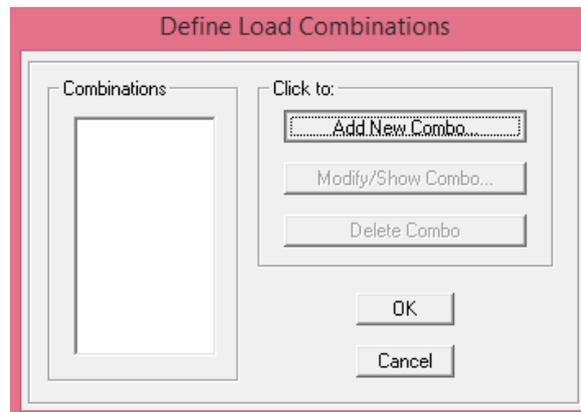
Gambar 29 Response Spectrum Case Data

- Menentukan kombinasi pembebanan. Klik menu *Define – Load Combination*. Lihat Gambar 30.



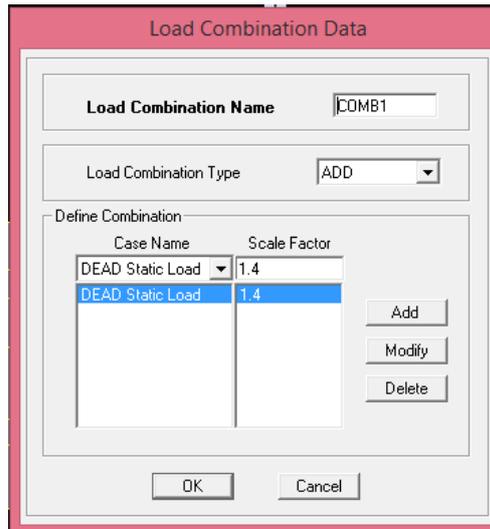
Gambar 30 Menu *Define Load Combination*

Setelah itu akan muncul kotak dialog *Define Load Combination*, kemudian isikan semua kombinasi dengan mengklik *Add New Combo*.



Gambar 31 *Define Load Combination*

Setelah selesai mengisi *Case Name* dan *Scale Factor*, klik *Add* agar beban tercantum pada list pembebanan pada *Case Name*, jika ingin mengganti *Scale Factor* ataupun *Case Name* dari list maka klik *Modify*. Setelah selesai klik *OK* untuk melanjutkan ke kombinasi selanjutnya. Masukkan data 18 kombinasi pembebanan seperti yang sudah di jelaskan pada bab 3.

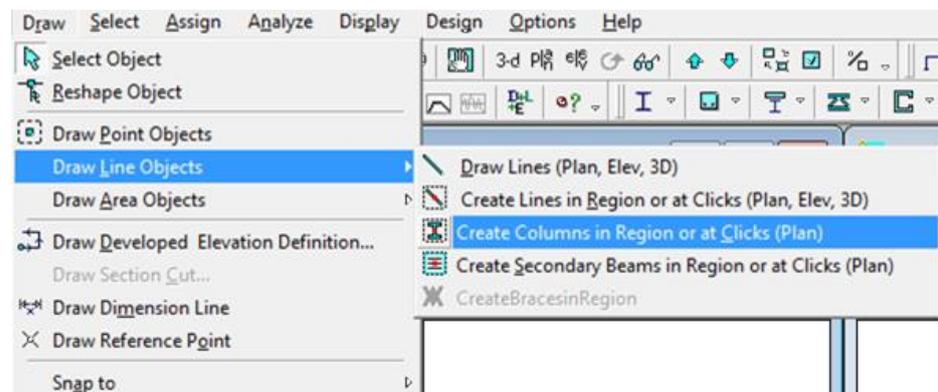


Gambar 32 Load Combination Data

10. Setelah menginput semua data pada menu *Define*. Kemudian mulai untuk menggambar mulai dari kolom, dinidng geser, balok, pelat, tangga dan ramp.

a. Kolom

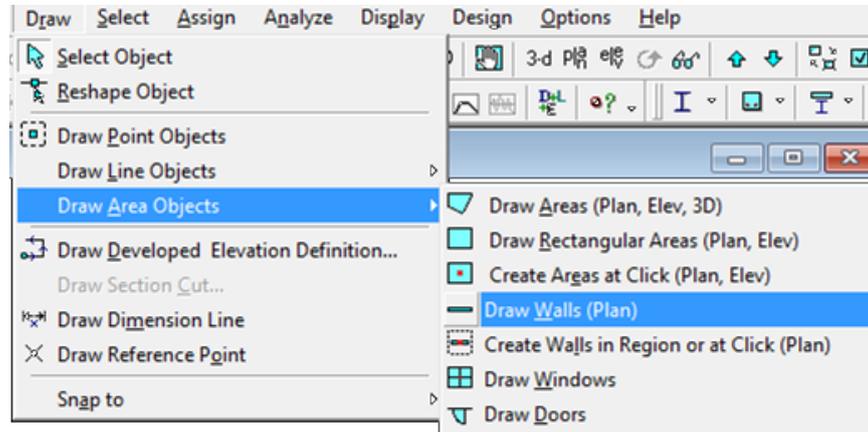
Klik menu *Draw – Draw Line Object – Create in Region at Click*. Kemudian arahkan kursor ke titik kolom yang akan digambar sesuai rencana.



Gambar 33 Menu Create Columns

b. Dinding Geser

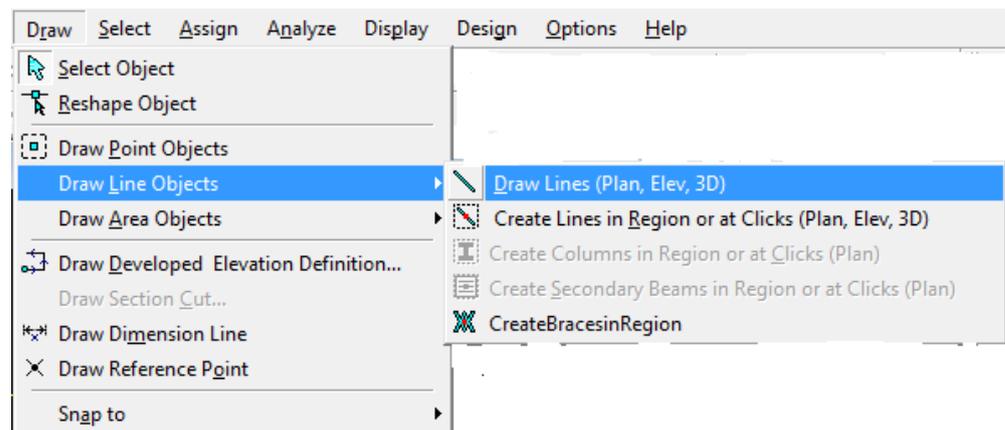
Menggambar dinding geser. Klik menu *Draw – Draw Area Object – Draw Walls*. Gambarkan pada garis grid yang telah ada sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 34 Menu *Draw Walls (Plan)*

c. Balok

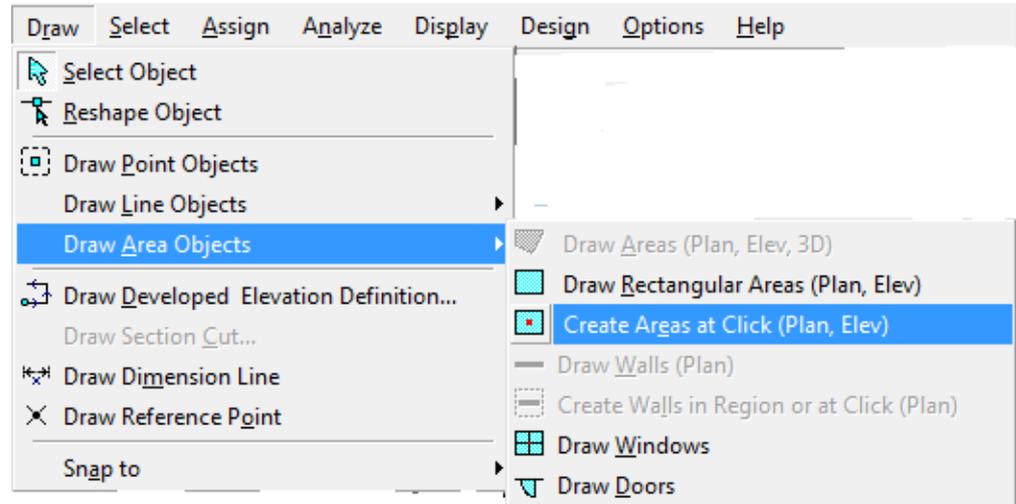
Menggambar balok. Klik menu *Draw – Draw Line Object – Draw Lines*. Kemudian gambarkan pada garis grid yang telah ada sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 35 Menu *Draw Lines*

d. Pelat

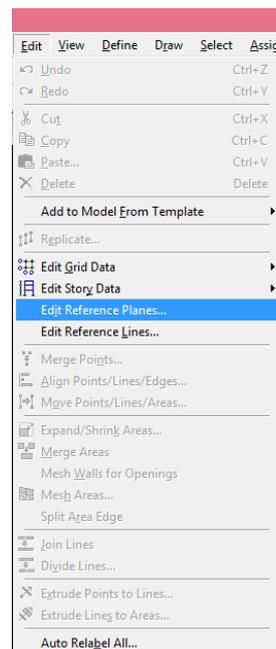
Menggambar plat. Klik menu *Draw – Draw Area Object – Create Area at Click*. Kemudian pilih property untuk *Slab*. Gambarkan pada garis grid yang telah ada sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 36 Menu *Create Areas*

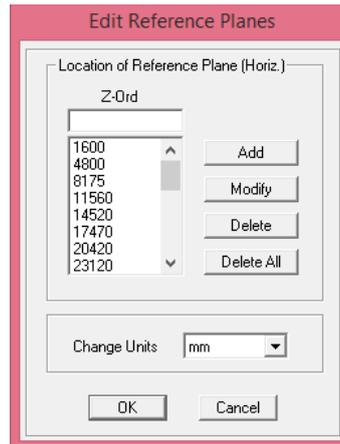
e. Tangga dan Ramp

Menggambar tangga dan ramp membutuhkan *Reference Planes* yang mana memudahkan untuk membuat bordesnya. Klik menu *Edit – Edit Reference Planes* seperti gambar 37.



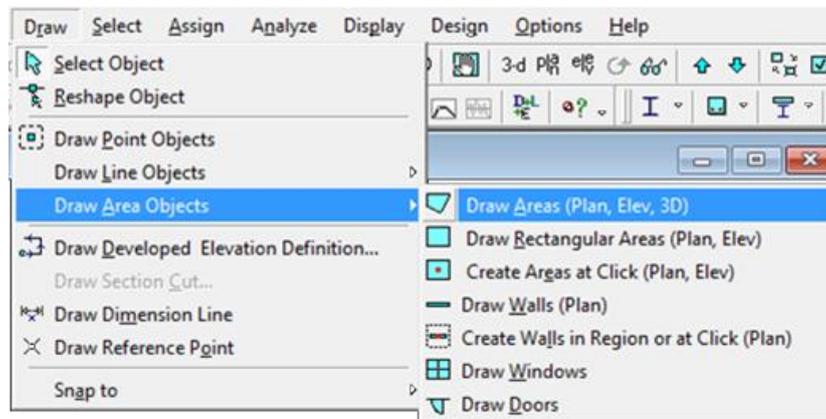
Gambar 37. Menu *Edit Reference Planes*

Kemudian isikan pada kotak dialog isikan ketinggian bordes yang akan digambar seperti gambar 38.



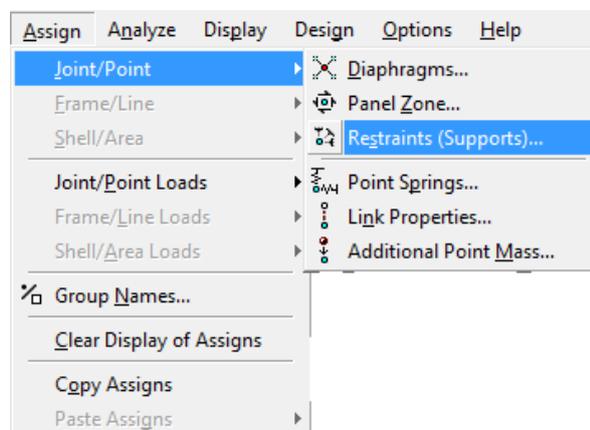
Gambar 38 Kotak Dialog *Edit Reference Planes*

Setelah itu menggambar tangga dengan cara Klik menu *Draw – Draw Area Objects – Draw Areas (plan, Elev, 3D)* seperti gambar 39.



Gambar 39 Menu *Draw Areas*

11. Menggambar tumpuan pondasi. Klik semua *Joint* pada lantai dasar, kemudian klik *Assign Joint/Point – Restraints*.



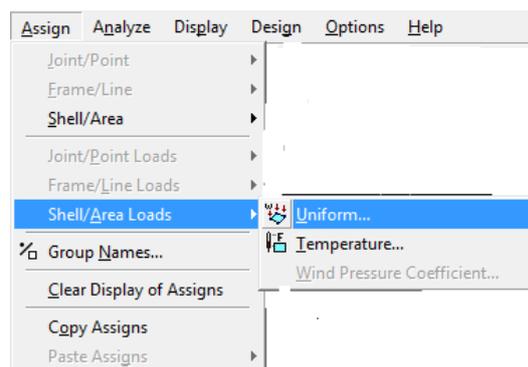
Gambar 40 Menu *Restraints*

Setelah itu memberi semua tanda *Check* pada *Restraints* (karena pondasi jepit). Lihat Gambar 41



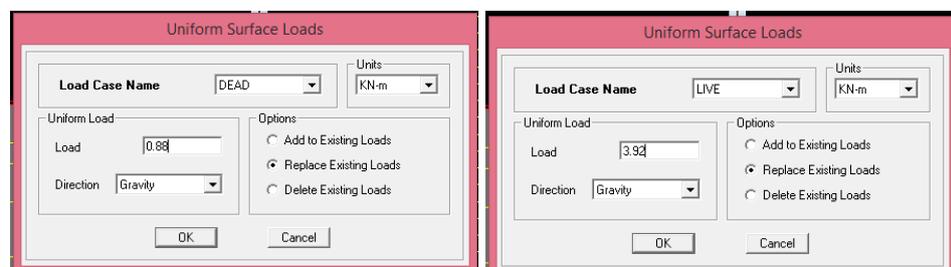
Gambar 41 assign Restraints

12. Memasukkan beban mati dan hidup. Klik pada plat yang akan dimasukkan beban mati dan juga beban hidup kemudian klik *Assign - Shell/Area Loads* kemudian pilih yang *Uniform* dikarenakan bebannya seragam).



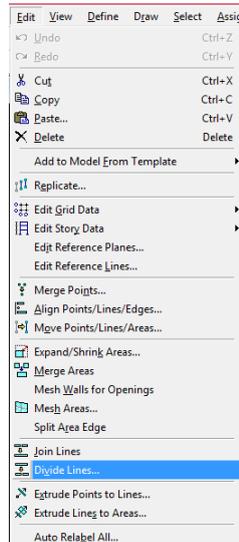
Gambar 42 Menu shell/Area Loads

Setelah itu akan muncul kotak dialog *Uniform Surface Loads*, kemudian pilih *Load Case Name*. Masukkan data beban pada kotak *UniformLoads* karena beban merata.



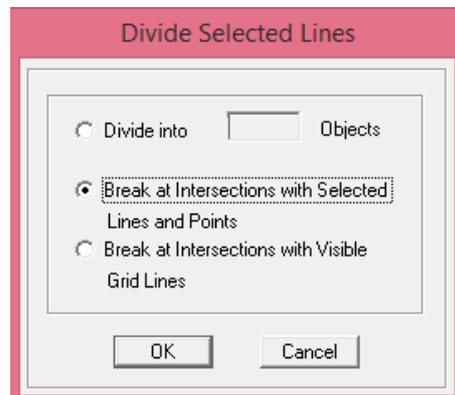
Gambar 43 Input Beban Mati dan Hidup

13. Kemudian *Select All* semua elemen yang sudah digambar dan pilih menu *Edit – Divide Line*. Seperti gambar 44



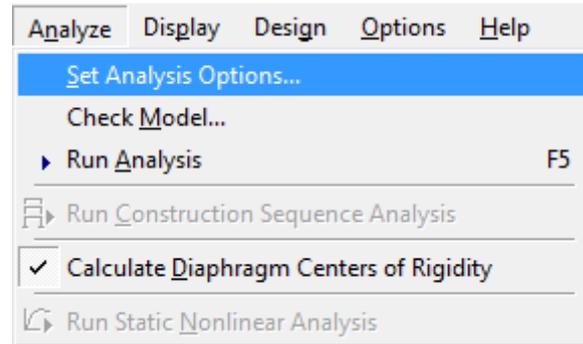
Gambar 44 Menu *Edit Divide Line*

Kemudian akan muncul kotak dialog dan pilih *Break at Intersections Selected Lines and Point*.



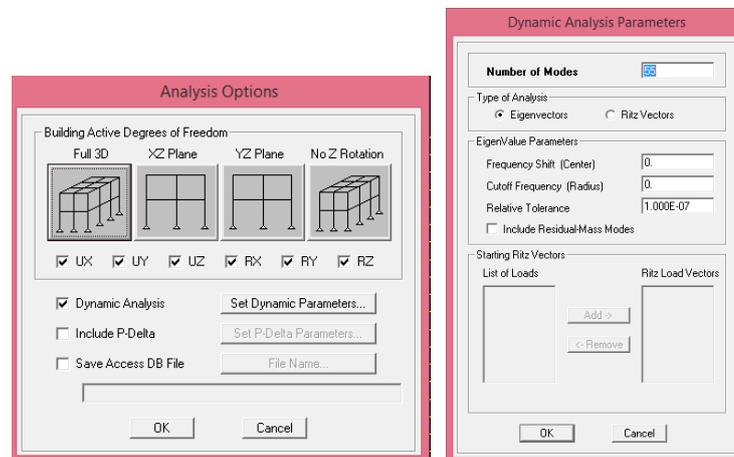
Gambar 45 *Divide Selected Lines*

14. Analisis struktur. Setelah semua pengaturan pada setiap elemen selesai langkah selanjutnya adalah analisis. Klik menu *Analyze – Set Analysis Option*.



Gambar 46 Menu *Set Analysis Options*

Pada kotak dialog *Analysis Option*, berikan *Check* pada semua *Building Active Degrees of Freedom* dan juga *Check* pada *Dynamic Analysis* kemudian klik dan tentukan mode yang akan dianalisis seperti gambar 47.

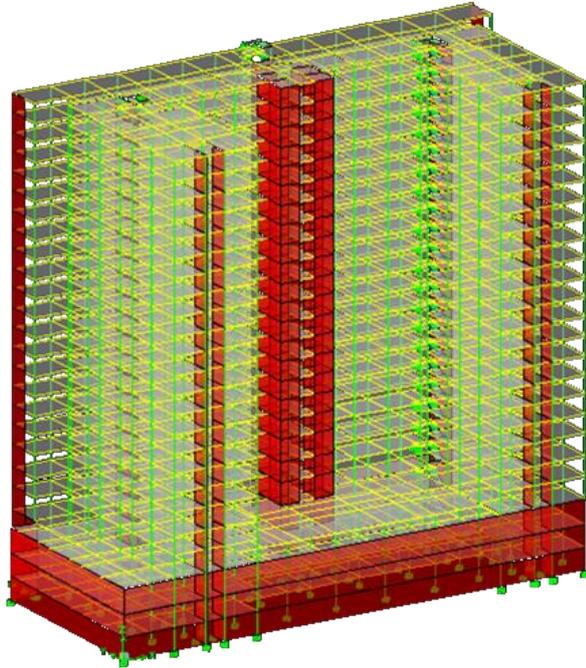


Gambar 47 *Analysis Options*

Setelah selesai klik OK dan kembali ke menu *Analyze* lalu klik *Run Analysis*.

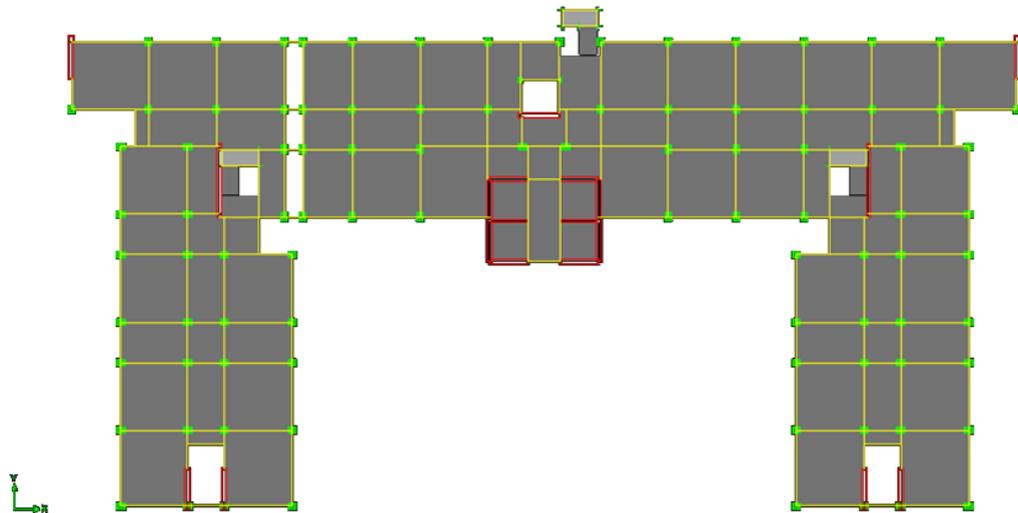
Berikut Hasil Akhir Modeling untuk setiap kondisi bangunan yang dianalisis

a. Eksisting

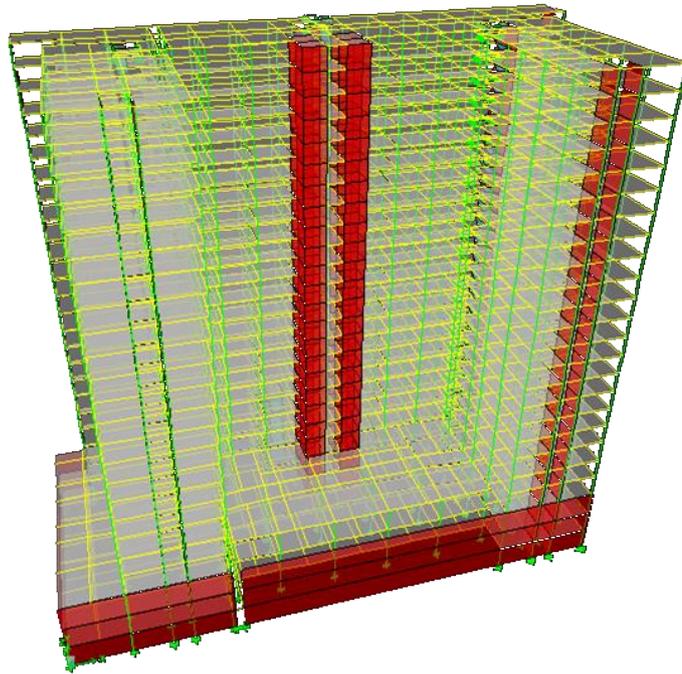


Gambar 48 3D Eksisting

b. Variasi 1

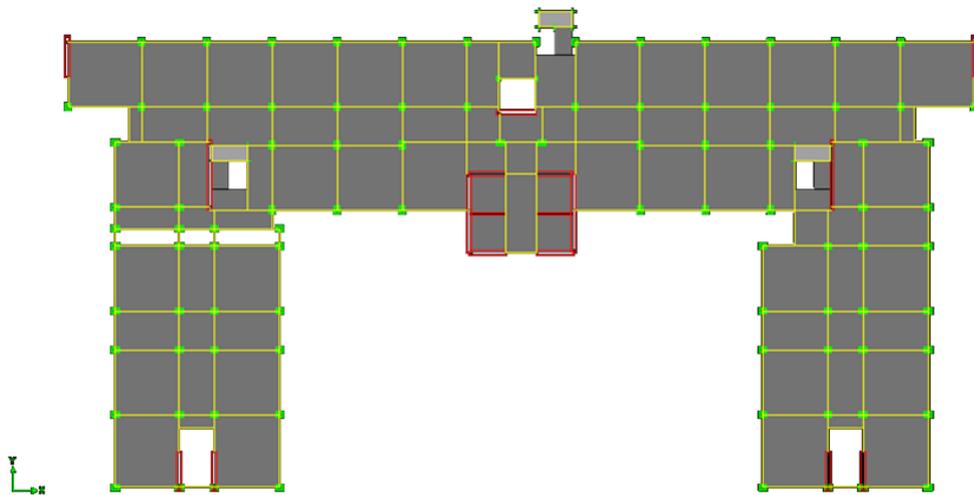


Gambar 49 Tampak Atas Variasi 1 Dilatasi Arah Lebar (Y)

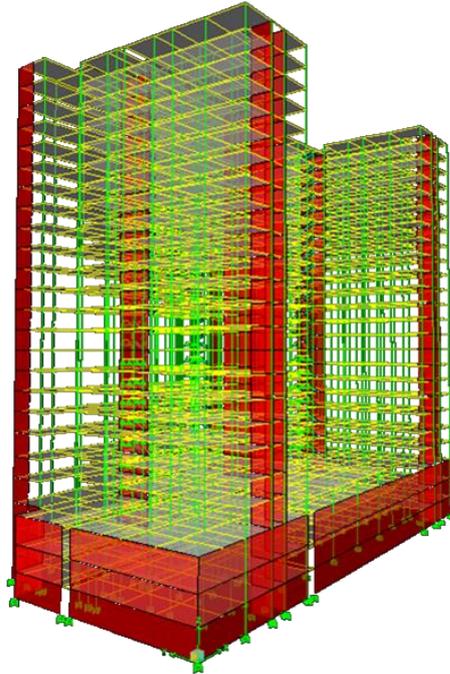


Gambar 50 3D Variasi 1 Dilatasi Arah Lebar (Y)

c. Variasi 2

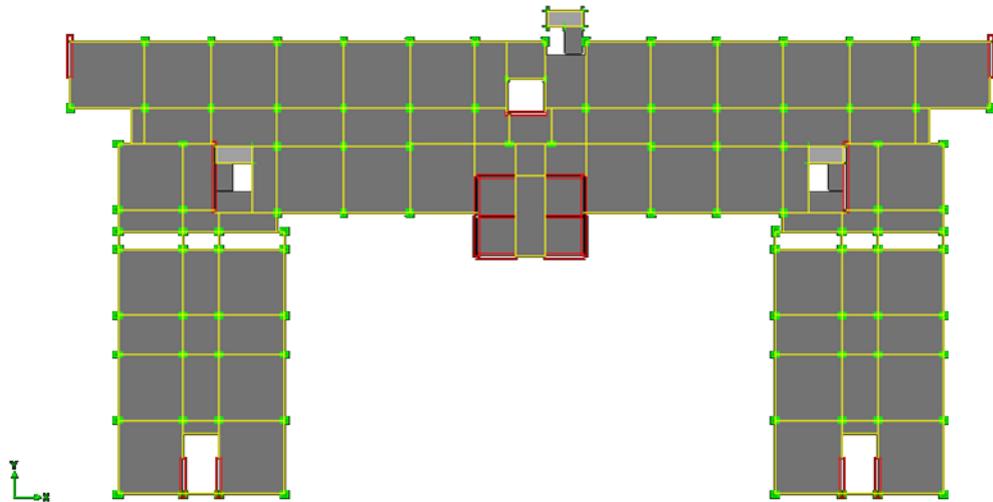


Gambar 51 Tampak Atas Variasi 2 Dilatasi Arah Memanjang (X)

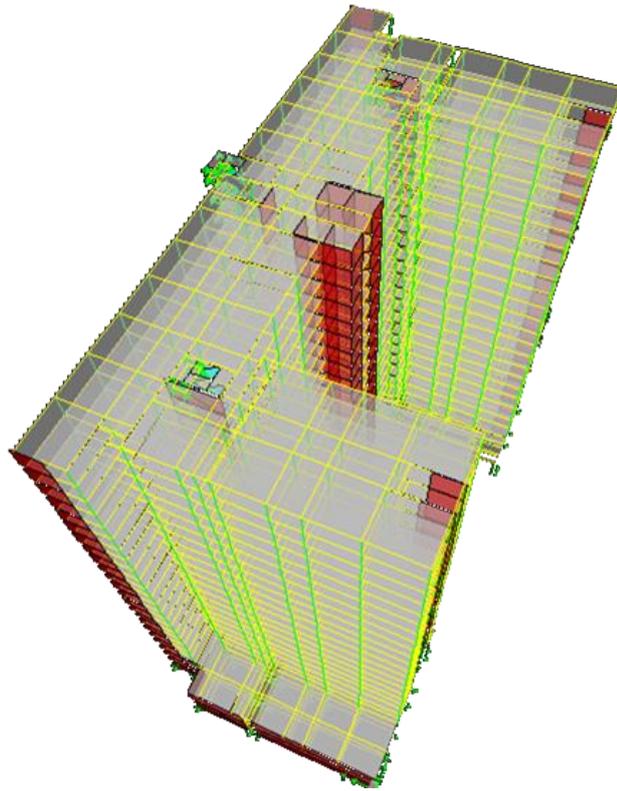


Gambar 52 3D Variasi 2 Dilatasi Arah Memanjang (X)

d. Variasi 3

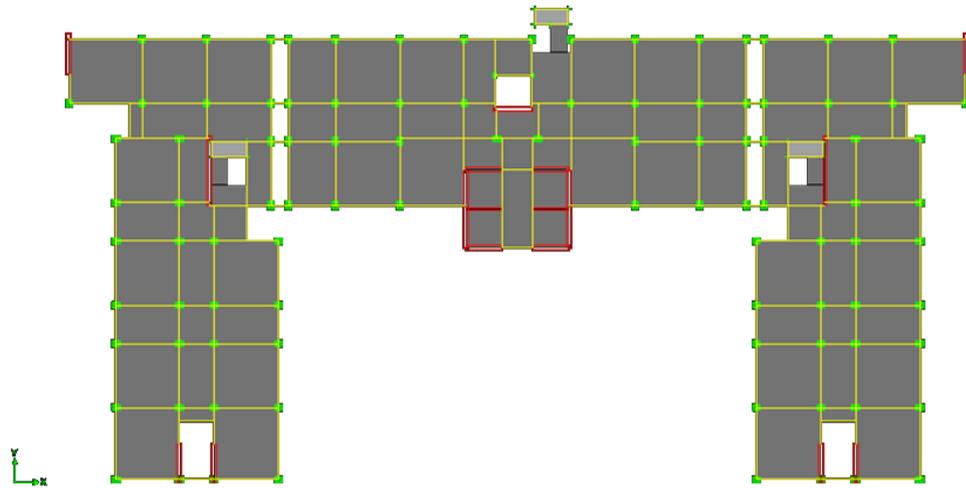


Gambar 53 Tampak Atas Variasi 3 Dilatasi Arah Memanjang (X)

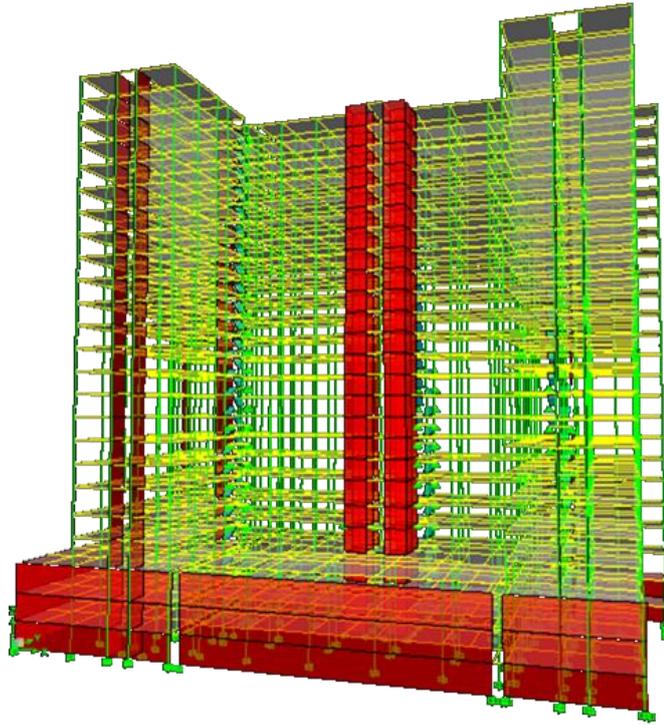


Gambar 54 3D Variasi 3 Dilatasi Arah Memanjang (X)

e. Variasi 4



Gambar 55 Tampak Atas Dilatasi Arah Lebar (Y)



Gambar 56 3D Variasi 4 Dilatasi arah Lebar (Y)

RIWAYAT HIDUP



Masnawari Rahmadani lahir di Lolo pada tanggal 13 Februari 1995, anak kedua dari 3 bersaudara yang terlahir dari pasangan Dedi Zulhendri dan Nismawati. Pendidikan yang telah diselesaikan mulai dari SD Negeri 03 Pasa Lolo selama 6 tahun (2001-2007), SMP Negeri 2 Pantai Cermin selama 3 tahun (2007-2010), dan SMA N 1 Gunung Talang selama 3 tahun (2010-2013). Pada tahun 2013, melanjutkan jenjang

Pendidikan Strata 1 pada program studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik di Universitas Negeri Jakarta. Selama melaksanakan Pendidikan di Universitas Negeri Jakarta, penulis mengikuti kegiatan Praktek Keterampilan Mengajar (PKM) pada tahun ajaran 2016/2017 yang bertempat di SMK Negeri 1 Jakarta. Kemudian penulis juga mengikuti kegiatan Praktek Kerja Lapangan pada tahun ajaran 2016/2017 yang bertempat di Proyek Apartemen Tower Heliconia Bassura City Tahap II dibawah kontraktor PT. Totalindo Eka Persada. Selama mengikuti perkuliahan, penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus yaitu HIMA Teknik Sipil, BPM Fakultas Teknik, dan KMM UNJ. Penulis menyelesaikan masa perkuliahan dengan mengambil skripsi struktur yang berjudul “Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Secara Horizontal Dengan Dilatasi Terhadap Gempa”.

Email: mrahmadani13@gmail.com

Fb: Masnawari Rahmadani