

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR GEDUNG
DENGAN DAN TANPA BASEMENT TERHADAP VARIASI
KETINGGIAN LANTAI
*COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESPONSE OF
BUILDING STRUCTURES WITH AND WITHOUT BASEMENT
TO VARIATIONS IN FLOOR HEIGHT***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Disusun Oleh :

**Muhammad Tri Rizki
20511094**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR GEDUNG
DENGAN DAN TANPA BASEMENT TERHADAP VARIASI
KETINGGIAN LANTAI
*COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESPONSE OF
BUILDING STRUCTURES WITH AND WITHOUT BASEMENT
TO VARIATIONS IN FLOOR HEIGHT***

Disusun Oleh :

Muhammad Tri Rizki

20511094

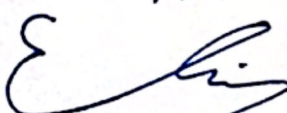
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

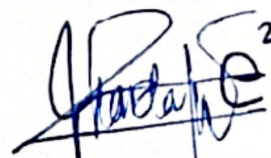


Diuji Pada Tanggal
Oleh Dewan Penguji
Penguji 1

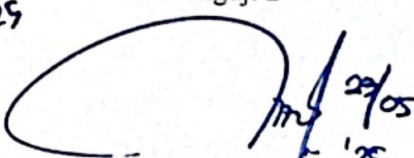
Pembimbing

23/5/2025


Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK : 205111302

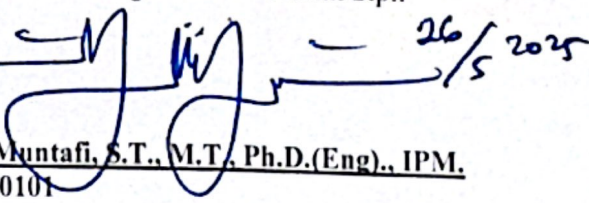

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK : 165111301

Penguji 2


Jafar, S.T., MURP., M.T.
NIK : 185111305



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng)., IPM.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya Muhammad Tri Rizki dengan NIM 20511094 dari Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan menyatakan bahwa sesungguhnya laporan Tugas Akhir yang saya susun adalah hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Dalam penyusunan karya ini, saya telah berusaha untuk mengikuti kaidah akademik yang berlaku dengan mencantumkan sumber referensi secara benar dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Apabila di kemudian hari ditemukan bukti bahwa karya ilmiah ini terbukti merupakan hasil plagiat, baik sebagian maupun seluruhnya, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 23 Mei 2025

Penulis,



Muhammad Tri Rizki

(20511094)

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Allah S.W.T atas segala rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tuga Akhir yang Berjudul “**Analisis Perbandingan Respon Struktur Gedung Dengan Dan Tanpa Basement Terhadap Variasi Ketinggian Lantai**” yang mana penyusunan Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat lulus dalam menempuh gelar Sarjana Strata 1 Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapat banya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang baik agar Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Elvis Saputra, ST., M.T. dan Bapak Malik Musthofa, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Dan Proposal TA yang membimbing, mengarahkan, dan memberikan masukan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. Dan Bapak Jafar, S.T., MURP., M.T. Selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran tentang penelitian Tugas Akhir yang saya buat agar lebih baik.
4. Kedua orang tua saya, Radim Laode dan Ibu Diana Ningsih, yang telah memberikan saya dukungan dan pendidikan yang layak sampai saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Muhammad Eka Prasetya selaku abang kandung saya yang selalu memberikan motivasi terhadap saya.
6. Saudari Michella Augustine Pratiwi, S.Tr.Log. selaku wanita yang menemani perjalanan hidup saya dari SMA.
7. Ocen motor yang saya gunakan saat *speeding*.

8. Teman Teman dari Keluarga Cemara yang membantu saya dari awal hingga akhir perkuliahan
9. KSR selaku teman seperjuangan yang menemani selama berada di perantauan ini.
10. Sarmen Squad teman perumahan dari kecil.

Yogyakarta, Mei 2025

Penulis,

Muhammad Tri Rizki

(20511094)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Sebelumnya	5
2.2.1 Studi Variasi Perletakan Pada Respon Seismik Bangunan 17 Lantai	5
2.2.2 Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Akibat Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro)	6
2.2.3 Redesain Struktur Atas Gedung Jogja Apartel Dengan Sistem	

Rangka Bresing Konsentris Khusus	7
2.2.4 Studi Perbandingan Respon Struktur Gedung Menggunakan Fluid Viscous Damper dengan Variasi Jumlah Lantai	7
2.3 Perbandingan Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Gempa Bumi	12
3.1.1 Pengertian dan Jenis Gempa Bumi	12
3.1.2 Gelombang Seismik	13
3.2 Struktur Penahan Beban Gempa	14
3.2.1 Perilaku Bangunan Tahan Gempa	14
3.2.2 Konsep Bangunan Tahan Gempa	15
3.3 <i>Basement</i>	17
3.4 Ketentuan Pembebanan	18
3.5 Interaksi Tanah Struktur	24
3.6 Kombinasi Pembebanan	25
3.7 Respon Struktur	25
3.7.1 <i>Base Shear</i>	26
3.7.2 Simpangan Lantai	26
3.7.3 Output Gaya Dalam	27
BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 Jenis Penelitian	29
4.2 Denah Struktur Gedung	29
4.3 Metode Analisis	30
4.4 Proses Penelitian	31
4.5 Bagan Alir Penelitian	31
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	33
5.1 Data Struktur	33
5.1.1 Balok	33
5.1.2 Kolom	33
5.1.3 Pelat	34
5.1.4 Dinding Beton Dan <i>Shear Wall</i>	34

5.2 Pembebanan	34
5.2.1 Beban Mati	34
5.2.2 Beban Hidup	35
5.2.3 Tekanan Tanah <i>Basement</i>	35
5.3 Pemodelan Struktur	37
5.4 Massa Bangunan	46
5.5 Data Gempa	48
5.6 Perbandingan Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)	53
5.6.1 Gaya Geser Statik Ekuivalen	53
5.6.2 Gaya Geser Dasar Respon Spektrum	56
5.7 Perbandingan Simpangan	60
5.7.1 Variasi 5 Lantai	62
5.7.2 Variasi 7 Lantai	64
5.7.3 Variasi 10 Lantai	66
5.7.4 Variasi 15 Lantai	69
5.8 Perbandingan Gaya Dalam Balok	71
5.9 Perbandingan Gaya Dalam Kolom	79
5.10 Pembahasan Umum	84
5.10.1 Gaya Geser Dasar	84
5.10.2 Simpangan	85
5.10.3 Gaya Dalam Balok	85
5.10.4 Gaya Dalam Kolom	86
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	87
6.1 Kesimpulan	87
6.2 Saran	88
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian	10
Tabel 3. 1 Acuan Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2020	19
Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	19
Tabel 3. 3 Tabel Faktor R , C_d , Ω	20
Tabel 3. 4 Koefisien C_u	20
Tabel 3. 5 Parameter C_t	20
Tabel 3. 6 Koefisien Situs. F_a	21
Tabel 3. 7 Koefisien Situs, F_v	22
Tabel 3. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SDS	23
Tabel 3. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SD1	24
Tabel 5. 1 Kodefikasi Balok	33
Tabel 5. 2 Kodefikasi Kolom	33
Tabel 5. 3 Acuan Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2020	35
Tabel 5. 4 Rangka Pemikul Momen Khusus Yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25%	37
Tabel 5. 5 Massa bangunan gedung dengan dan tanpa basement variasi ketinggian 5 lantai	47
Tabel 5. 6 Massa bangunan gedung dengan dan tanpa basement variasi ketinggian 7 lantai	47
Tabel 5. 7 Massa bangunan gedung dengan dan tanpa basement variasi ketinggian 10 lantai	47
Tabel 5. 8 Massa bangunan gedung dengan dan tanpa basement variasi ketinggian 15 lantai	48
Tabel 5. 9 Rekapitulasi T Computer Dan Penentuan T Pakai	51
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Nilai C_s	53
Tabel 5. 11 Hasil Perhitungan ETABS antara Gedung Basement Dan Tanpa Basement V Statik	54
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Hasil Massa Ragam Terkombinasi Di Setiap Variasi	

Ketinggian Lantai	56
Tabel 5. 13 Selisih Perhitungan ETABS antara Gedung Basement dan Tanpa Basement V Dinamik	57
Tabel 5. 14 Perhitungan Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Y Model Basement Variasi Ketinggian 5 Lantai	62
Tabel 5. 15 Perhitungan Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Y Model Tanpa Basement Variasi Ketinggian 5 Lantai	62
Tabel 5. 16 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Model Basement 7 Lantai	64
Tabel 5. 17 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Model Tanpa Basement 7 Lantai	64
Tabel 5. 18 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Model Basement 10 Lantai	66
Tabel 5. 19 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Model Tanpa Basement 10 Lantai	67
Tabel 5. 20 Perhitungan Simpangan Antar Lantai X dan Y Model Basement 15 Lantai	69
Tabel 5. 21 Perhitungan Simpangan Antar Lantai X dan Y Model Tanpa Basement 15 Lantai	69
Tabel 5. 22 Output Gaya Dalam Balok B2 Bangunan Basement Dan Tanpa Basement 5 Lantai	71
Tabel 5. 23 Output Gaya Dalam Balok B2 Bangunan Basement Dan Tanpa Basement 7 Lantai	73
Tabel 5. 24 Output Gaya Dalam Balok B2 Bangunan Basement dan Tanpa Basement 10 Lantai	75
Tabel 5. 25 Output Gaya Dalam Balok B2 Bangunan Basement dan Tanpa Basement 15 Lantai	77
Tabel 5. 26 Output Gaya Dalam K1 Bangunan Basement dan Tanpa Basement 5 Lantai	80
Tabel 5. 27 Output Gaya Dalam K1 Bangunan Tanpa Basement 7 Lantai	81
Tabel 5. 28 Output Gaya Dalam K1 Bangunan Tanpa Basement 10 Lantai	82

Tabel 5. 29 Output Gaya Dalam K1 Bangunan Tanpa Basement 15 Lantai	83
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Spektrum Respons Desain	23
Gambar 3. 2 Drift Ratio	27
Gambar 4. 1 Denah Struktur	30
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian	32
Gambar 5. 1 Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Basement	36
Gambar 5. 2 Potongan view 5 Gedung Dengan Basement 5 Lantai	37
Gambar 5. 3 Potongan View H Gedung Dengan Basement 5 Lantai	38
Gambar 5. 4 Potongan view 5 Gedung Dengan Basement 7 Lantai	38
Gambar 5. 5 Potongan View H Gedung Dengan Basement 7 Lantai	39
Gambar 5. 6 Potongan View 5 Gedung Dengan Basement 10 Lantai	39
Gambar 5. 7 Potongan View H Gedung Dengan Basement 10 Lantai	40
Gambar 5. 8 Potongan View 5 Gedung Dengan Basement 15 Lantai	41
Gambar 5. 9 Potongan View H Gedung Dengan Basement 15 Lantai	42
Gambar 5. 10 Potongan view 5 Gedung Tanpa Basement 5 Lantai	43
Gambar 5. 11 Potongan View H Gedung Tanpa Basement 5 Lantai	43
Gambar 5. 12 Potongan view 5 Gedung Tanpa Basement 7 Lantai	43
Gambar 5. 13 Potongan View H Gedung Tanpa Basement 7 Lantai	44
Gambar 5. 14 Potongan view 5 Gedung Tanpa Basement 10 Lantai	44
Gambar 5. 15 Potongan View H Gedung Tanpa Basement 10 Lantai	45
Gambar 5. 16 Potongan view 5 Gedung Tanpa <i>Basement</i> 15 Lantai	45
Gambar 5. 17 Potongan View H Gedung Tanpa Basement 15 Lantai	46
Gambar 5. 18 Respon Spektrum	49
Gambar 5. 19 Diagram Perbandingan V Statik Basement Dan Tanpa Basement 5 Lantai	54
Gambar 5. 20 Diagram Perbandingan V Statik Basement Dan Tanpa Basement 7 Lantai	54
Gambar 5. 21 Diagram Perbandingan V Statik Basement Dan Tanpa Basement 10	

Lantai	55
Gambar 5. 22 Diagram Perbandingan V Statik Basement Dan Tanpa Basement	15
Lantai	55
Gambar 5. 23 Diagram Perbandingan V Dinamik Basement Dan Tanpa Basement	
5 Lantai	58
Gambar 5. 24 Diagram Perbandingan V Dinamik Basement Dan Tanpa Basement	
7 Lantai	58
Gambar 5. 25 Diagram Perbandingan V Dinamik Basement Dan Tanpa Basement	
10 Lantai	59
Gambar 5. 26 Diagram Perbandingan V Dinamik Basement Dan Tanpa Basement	
15 Lantai	59
Gambar 5. 27 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y 5 Lantai	62
Gambar 5. 28 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X 5 Lantai	63
Gambar 5. 29 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y 7 Lantai	65
Gambar 5. 30 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X 7 Lantai	65
Gambar 5. 31 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y 10 Lantai	
	67
Gambar 5. 32 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X 10 Lantai	
	68
Gambar 5. 33 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y 15 Lantai	
	70
Gambar 5. 34 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X 15 Lantai	
	70
Gambar 5. 35 Balok B2 Yang Digunakan Untuk Analisa	71
Gambar 5. 36 Grafik Perbandingan M- Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 5 Lantai	72
Gambar 5. 37 Grafik Perbandingan Vu Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 5 Lantai	72
Gambar 5. 38 Grafik Perbandingan M- Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 7 Lantai	74
Gambar 5. 39 Grafik Perbandingan Vu Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan	

Basement dan Tanpa Basement 7 Lantai	74
Gambar 5. 40 Grafik Perbandingan M- Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 10 Lantai	76
Gambar 5. 41 Grafik Perbandingan Vu Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 10 Lantai	76
Gambar 5. 42 Grafik Perbandingan M- Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 15 Lantai	78
Gambar 5. 43 Grafik Perbandingan Vu Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 15 Lantai	78
Gambar 5. 44 Kolom K1 Yang Digunakan Untuk Pengambilan Output Pu	79
Gambar 5. 45 Grafik Perbandingan Pu Maks Kolom K1 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 5 Lantai	80
Gambar 5. 46 Grafik Perbandingan Pu Maks Kolom K1 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 7 Lantai	81
Gambar 5. 47 Grafik Perbandingan Pu Maks Kolom K1 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 10 Lantai	82
Gambar 5. 48 Grafik Perbandingan Pu Maks Kolom K1 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 15 Lantai	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Cek Plagiasi	93
Lampiran 2. Denah Eksisting	94
Lampiran 3. Ukuran Kolom	94
Lampiran 4. Ukuran Balok	94
Lampiran 5. Mutu Yang Digunakan	94

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Cs	= Koefisien respon seismik yang ditentukan
c	= Nilai kohesi tanah pada lapisan dasar pondasi yang ditinjau
Cd	= Faktor pembesaran defleksi
DL	= Pengaruh dari beban mati
E	= Pengaruh beban seismik horisontal dan vertikal
Fa	= Koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
fu	= Tegangan tarik batas material
Fv	= Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
fy	= Tegangan tarik leleh material
g	= Percepatan gravitasi (m/detik ²)
h	= Tinggi rata-rata struktur diukur dari dasar hingga level atap
hn	= Batasan tinggi struktur
Ie	= Faktor keutamaan gempa
Ks	= Modulus reaksi tanah dasar
LL	= Pengaruh dari beban hidup
PGA	= Percepatan muka tanah puncak MCEG terpeta
qa	= Tegangan izin tanah
SA	= Batuan keras
SB	= Batuan
SC	= Tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak
SD	= Tanah sedang
SE	= Tanah lunak
SF	= Tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisa respon spesifik situs
SS	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek dengan redaman 5 persen
S1	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1detik dengan redaman 5 persen

SDS = Parameter percepatan respons spektral dari peta gempa pada periode pendek dengan redaman 5 persen
 SD1 = Parameter percepatan respons spektral dari peta gempa pada periode 1 detik dengan redaman 5 persen
 SMS = Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
 SM1 = Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
 T = Periode fundamental bangunan
 Ta max= Nilai batas atas periode fundamental pendekatan
 Ta min= Nilai batas bawah periode fundamental pendekatan
 V = Nilai desain dari gaya geser dasar
 Wt = Berat total gedung
 $\delta_e X$ = Defleksi pusat massa Arah X
 $\delta_e Y$ = Defleksi pusat massa Arah Y
 δ_{xe} = Simpangan Elastik
 ρ = Faktor redudansi struktur
 ϕ = Sudut geser tanah
 γ = Berat jenis tanah
 SNI = Standar Nasional Indonesia

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah dengan aktivitas seismik yang tinggi karena berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Oleh karena itu, perancangan bangunan tahan gempa menjadi aspek penting untuk meminimalkan potensi kerusakan akibat gempa bumi. Salah satu faktor yang memengaruhi respons struktur terhadap gempa adalah keberadaan *Basement* dan jumlah lantai. *Basement* berperan dalam meningkatkan kekakuan bangunan, yang berdampak pada distribusi gaya gempa dan deformasi struktur. Selain itu, jumlah lantai turut memengaruhi karakteristik dinamik bangunan, termasuk periode fundamental serta besarnya gaya geser dasar saat terjadi gempa.

Penelitian ini berfokus pada analisis respons struktur gedung terhadap variasi ketinggian lantai dengan dua kondisi utama, yaitu dengan *Basement* dan tanpa *Basement*, serta meninjau pengaruh variasi ketinggian lantai yaitu 5 lantai, 7 lantai, 10 lantai dan 15 lantai terhadap gaya geser dasar, simpangan antar lantai, dan elemen struktur. Penelitian ini menggunakan analisis Statik Ekuivalen Dan Respon Spektrum yang mengikuti pedoman SNI 1726-2019 dan SNI 1727-2020.

Penelitian ini menganalisis pengaruh keberadaan *basement* terhadap perilaku seismik terhadap struktur gedung dengan variasi ketinggian 5, 7, 10, dan 15 lantai menggunakan metode respons spektrum. Hasil menunjukkan bahwa bangunan dengan *basement* memiliki gaya geser dasar dan gaya geser dinamik yang besar dibandingkan tanpa *basement* akibat massa yang berat dan kekakuan yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa *basement* berpengaruh untuk meningkatkan kekakuan struktur. Analisis juga mengungkap bahwa *basement* meningkatkan kekakuan pada lantai rendah (lantai 1 dan 2), serta mengurangi simpangan secara menyeluruh, terutama pada bangunan bertingkat tinggi. Pada elemen struktur, keberadaan *basement* memengaruhi nilai momen lentur (M_u) dan gaya geser (V_u) balok yang berbeda tergantung jumlah lantai. Hal ini menunjukkan bahwa *basement* tidak hanya memperkuat struktur, tetapi juga membantu mengurangi beban gempa secara menyeluruh ke seluruh kolom.

Kata kunci: respon struktur, *Basement*, variasi ketinggian lantai, ketahanan gempa, struktur bangunan

ABSTRACT

Indonesia is a region with high seismic activity because it is at the meeting point of three main tectonic plates, namely the Eurasian Plate, the Indo-Australian Plate and the Pacific Plate. Therefore, designing earthquake-resistant buildings is an important aspect to minimize potential damage due to earthquakes. One of the factors that influences a structure's response to an earthquake is the presence of a Basement and the number of floors. The Basement plays a role in increasing the stiffness of the building, which has an impact on the distribution of earthquake forces and structural deformation. In addition, the number of floors also influences the dynamic characteristics of the building, including the fundamental period and the magnitude of the base shear force during an earthquake.

This study focuses on the analysis of the building structure response to variations in floor height with two main conditions, namely with and without a Basement, and reviews the effect of variations in floor height, namely 5 floors, 7 floors, 10 floors and 15 floors on structural performance. This study uses Equivalent Static and Spectrum Response analysis that follows the guidelines of SNI 1726-2019 and SNI 1727-2020.

*This study analyzes the impact of basement presence on the seismic behavior of building structures with varying heights of 5, 7, 10, and 15 stories using the response spectrum method.** The results show that buildings with basements have higher base shear and dynamic shear forces compared to those without basements, due to their greater mass and higher stiffness, indicating that the basement contributes to increasing the structural stiffness. The analysis also reveals that basements enhance stiffness at the lower floors (1st and 2nd floors) and reduce overall displacement, especially in high-rise buildings. In terms of structural elements, the presence of a basement affects the bending moment (M_u) and shear force (V_u) values of beams, which vary depending on the number of stories. This indicates that basements not only strengthen the structure but also help distribute seismic loads more effectively throughout the columns.*

Key words: structural response, Basement, floor height variation, earthquake resistance, Building structure

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara yang sering mengalami gempa bumi karena letaknya yang strategis antara pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik (Golung, N,2020). Interaksi ketiga lempeng ini menciptakan aktivitas seismik yang tinggi sehingga menjadikan Indonesia sebagai wilayah rawan gempa. Oleh karena itu perencanaan bangunan tahan gempa menjadi aspek krusial dalam konstruksi infrastruktur di Indonesia. Tujuannya adalah untuk meminimalkan potensi kerusakan dan korban jiwa akibat gempa bumi serta memastikan keamanan dan kenyamanan penghuni bangunan.

Salah satu faktor penting dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa adalah variasi jumlah lantai. Jumlah lantai pada suatu gedung memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi beban dan respons dinamik struktur ketika terjadi gempa. Setiap tambahan lantai akan mengubah karakteristik dinamik gedung termasuk frekuensi alami, gaya geser, dan gaya dalam yang bekerja pada elemen-elemen struktural seperti kolom, balok, dan dinding geser (Siajaya, k dkk, 2018). Misalnya, gedung dengan jumlah lantai yang lebih tinggi cenderung memiliki periode getar yang lebih panjang sehingga responsnya terhadap gempa akan berbeda dibandingkan gedung berlantai rendah (Wahyuni,S,D,dkk,2021). Hal ini perlu diperhitungkan dalam desain struktural untuk memastikan bahwa gedung dapat menahan beban gempa tanpa mengalami keruntuhan.

Selain variasi jumlah lantai, keberadaan *basement* juga menjadi faktor utama yang memengaruhi respons bangunan terhadap gempa. *Basement*, yang biasanya digunakan sebagai area parkir atau ruang utilitas, dapat memberikan kontribusi positif terhadap kekakuan dan stabilitas struktur jika dirancang dengan baik. *Basement* yang dirancang secara optimal dapat meningkatkan kekakuan bangunan secara keseluruhan, mengurangi deformasi akibat beban lateral, dan

memengaruhi distribusi gaya geser serta gaya dalam pada elemen-elemen struktur di atasnya (Annisa, N, 2021). Namun, sebaliknya, gedung tanpa *basement* cenderung memiliki distribusi beban yang berbeda, yang dapat meningkatkan risiko deformasi dan kerusakan pada elemen struktural jika tidak dirancang dengan cermat (Madian, M, 2022). Oleh karena itu, desain *basement* harus mempertimbangkan aspek-aspek seperti kedalaman, ketebalan dinding, dan interaksi antara *basement* dengan struktur di atasnya.

Mengingat kompleksitas faktor-faktor tersebut, penelitian mengenai pengaruh variasi jumlah lantai terhadap gaya geser dan gaya dalam pada elemen struktur kolom dan balok dalam gedung dengan dan tanpa *basement* menjadi sangat penting. Penelitian ini akan membantu para praktisi dan perencana struktur untuk memahami bagaimana perubahan jumlah lantai dan keberadaan *basement* memengaruhi kinerja elemen struktur bangunan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana efek keberadaan *basement* terhadap variasi tinggi lantai dilihat dari gaya geser dasar yang terjadi pada gedung dengan dan tanpa *Basement*.
2. Bagaimana efek keberadaan *basement* terhadap variasi tinggi lantai dilihat dari simpangan antar lantai yang terjadi pada gedung dengan dan tanpa *Basement*.
3. Bagaimana efek keberadaan *basement* terhadap variasi tinggi lantai dilihat dari gaya dalam elemen struktur yang terjadi pada gedung dengan dan tanpa *Basement*.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi pengaruh *basement* yang dilihat dari gaya geser dasar yang terjadi pada gedung dengan dan tanpa *Basement* terhadap variasi tinggi lantai.
2. Mengidentifikasi pengaruh *basement* yang dilihat dari simpangan antar lantai yang terjadi pada gedung dengan dan tanpa *Basement* terhadap variasi tinggi lantai.
3. Mengidentifikasi pengaruh *basement* yang dilihat dari gaya dalam struktur

yang terjadi pada gedung dengan dan tanpa *Basement* terhadap variasi tinggi lantai.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini mencakup pemahaman yang mendalam tentang bagaimana struktur bangunan merespon gempa bumi, khususnya dalam konteks gedung, seperti yang akan ditunjukkan dalam hasil kajian ini. Penelitian ini akan mempelajari perbandingan respon seismik dari struktur dengan dan tanpa *Basement* kemudian mengetahui pengaruh dari *Basement* dan variasi tinggi lantai terhadap bangunan. Mengaplikasikan penelitian ini dapat mendukung kemajuan teori dan pengetahuan di bidang rekayasa struktural, terutama yang berkaitan dengan bangunan dengan dan tanpa *Basement*.

1.5 Batasan Penelitian

Kajian perbandingan respon seismik struktur dengan dan tanpa *Basement* pada gedung Laboratorium dibatasi pada :

1. Penelitian ini menggunakan denah Gedung Laboratorium UPN Veteran Yogyakarta yang mana bangunan ini hanya digunakan sebagai objek penelitian.
2. Penelitian ini dibuat 8 model gedung yang terdiri 2 sistem pemodelan yaitu gedung dengan dan tanpa *basement* yang kemudian di variasikan menjadi 4 variasi ketinggian lantai yang berbeda dimulai dari 5 lantai, 7 lantai, 10 lantai, dan 15 lantai.
3. Tinggi setiap lantai adalah 4,2 meter dan basement 4,5 meter.
4. Penelitian ini menambahkan *Shear Wall* dengan tebal 300 mm dan posisinya di arah Y yang berjumlah 2.
5. Penelitian ini akan menggunakan metode analisis struktur melalui aplikasi *ETABS* dan dibantu oleh *Microsoft Excel*.
6. Pada penelitian ini menggunakan mutu beton 25 MPa, Mutu baja ulir 420 MPa, dan Mutu baja polos 280 MPa.
7. Bangunan memiliki geometri yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran 60 x 20 meter.

8. Analisis percepatan gempa menggunakan respon spektrum.
9. Analisis ini tidak menghitung ketidakberaturan vertikal dan ketidakberaturan horizontal karena penelitian difokuskan untuk membandingkan efek keberadaan *Basement* dan pengaruh variasi ketinggian lantai.
10. Respon seismik yang dianalisa adalah mencari nilai simpangan lantai dan gaya dalam kemudian membandingkan antara struktur tanpa *Basement* dan dengan *Basement*.
11. Tumpuan memakai jepit.
12. Lift tidak dimodelkan dan diinput sebagai beban.
13. Asumsi situasi tanah sedang berpasir mengacu pada letak geologi Yogyakarta dengan penetapan γ tanah sebesar $1,5 \text{ t/m}^3$ mengacu pada buku Mekanika Tanah 1 (Hardiyatmo 2002).
14. SNI 1726 – 2019 digunakan sebagai acuan beban gempa rencana dan SNI 1727 – 2020 digunakan sebagai acuan pembebanan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Dalam rekayasa struktural hal yang sangat penting adalah respons seismik. Respon seismik struktur adalah reaksi terhadap gaya yang dihasilkan oleh aktivitas seismik. Perubahan deformasi, percepatan, kecepatan, dan percepatan sudut adalah bagian dari respons seismik struktur. Beberapa penelitian telah membahas pengaruh keberadaan *basement* terhadap respons seismik bangunan. Misalnya, studi yang menunjukkan bahwa pemodelan bangunan dengan *basement* menghasilkan peningkatan respons seismik dibandingkan dengan bangunan tanpa *basement* (Artek Aryanto, 2023).

Respon seismik bangunan sangat bergantung pada material, geometri, dan sifat tanah di lokasi. Beberapa faktor ini termasuk kekuatan material, fleksibilitas struktur, tinggi bangunan, dan karakteristik getaran gempa bumi. Respons seismik salah satunya bergantung pada sifat tanah di bawah bangunan. Tanah yang lebih lembut dan reaktif dapat meningkatkan respons seismik.

Hubungan antara struktur *Basement* dan respon seismik sangat penting dalam rekayasa struktural. Hubungan ini didukung oleh bagian ilmu pengetahuan yang memahami bagaimana getaran gempa bumi mempengaruhi struktur bawah tanah seperti *Basement*. *Basement* memiliki respons seismik yang berbeda karena sifatnya yang berbeda dari struktur di atas tanah. Sangat penting untuk memahami hubungan ini dengan memahami dinamika tanah, efek rerambatan gelombang, dan perubahan percepatan yang terjadi saat gelombang melewati lapisan tanah hingga *Basement*.

2.2 Penelitian Sebelumnya

2.2.1 Studi Variasi Perletakan Pada Respon Seismik Bangunan 17 Lantai

Penelitian ini merupakan studi tentang perilaku respons struktur terhadap beban lateral akibat gempa bumi. Dalam konteks ini, jenis penelitian yang relevan

adalah penelitian eksperimental dan analitis.

Metode penelitian yang digunakan mencakup pemodelan struktur dengan analisis MDOF (*Multiple Degrees of Freedom*) untuk memahami respons terhadap beban lateral gempa. Penelitian ini mempertimbangkan kondisi tanah yang dapat bervariasi, termasuk tanah lunak atau kaku, tetapi tidak kaku tak terhingga. Selain itu, penelitian ini mencoba untuk mengubah asumsi yang umumnya digunakan dalam desain struktur tahan gempa, di mana tanah seringkali diasumsikan sebagai material yang kaku tak terhingga. Penelitian ini mencoba memodelkan tanah sebagai material yang lebih fleksibel, yang dapat memberikan analisis respons yang lebih akurat terhadap gempa bumi.

Hasil penelitian dari penelitian ini adalah pemahaman lebih dalam tentang pentingnya memodelkan tanah dengan lebih baik dalam analisis respons struktur terhadap gempa bumi. Ini dapat menghasilkan desain struktur yang lebih akurat dan tahan gempa. Penelitian ini mendorong penggunaan metode yang lebih realistis dalam menganalisis interaksi antara struktur bangunan dan tanah, yang dapat memengaruhi keselamatan dan performa bangunan tinggi saat gempa bumi terjadi.

2.2.2 Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Akibat Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro)

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang bertujuan untuk membandingkan hasil evaluasi kekuatan struktur gedung bertingkat dalam dua kondisi: dengan pengaruh beban gempa dan tanpa beban gempa. Ini adalah penelitian kuantitatif yang menganalisis dampak dari penerapan standar perencanaan berbeda (peraturan lama dan peraturan terbaru) terhadap kekuatan struktur bangunan.

Metode penelitian melibatkan analisis dinamik respon spektrum, yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan struktur gedung bertingkat akibat beban gempa. Penelitian ini menggunakan data kasus pada Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro. Perencanaan struktur gedung dibandingkan antara penggunaan peraturan lama (SNI 1726-2012, SNI 1727-2013, dan SNI 2847-2013)

dan peraturan terbaru (SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, dan SNI 2847-2019).

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa struktur gedung tidak cukup kuat untuk menahan beban gempa, dan terdapat perbedaan signifikan antara kondisi tanpa beban gempa dan dengan pengaruh beban gempa. Ini mengindikasikan bahwa penerapan peraturan terbaru dalam perencanaan struktur gedung mungkin diperlukan untuk memastikan kekuatan struktur saat terjadi gempa bumi.

2.2.3 Redesain Struktur Atas Gedung Jogja Apartel Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus

Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyani pada tahun 2022 fokus pada perancangan ulang struktur atas Gedung Jogja Apartel dengan mengadopsi Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBK). Tujuan utama dari studi ini adalah untuk meningkatkan ketahanan seismik bangunan serta membandingkan estimasi biaya antara sistem rangka bresing konsentris khusus dan sistem flat slab.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pemodelan struktur gedung, analisis beban yang bekerja, serta evaluasi kinerja seismik menggunakan perangkat lunak khusus. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain ulang yang diterapkan mampu meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa secara optimal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBK) pada struktur atas Gedung Jogja Apartel berhasil meningkatkan kinerja seismik bangunan. Selain itu, ditemukan adanya perbedaan biaya antara sistem struktur ini dengan sistem flat slab, meskipun rincian spesifik mengenai selisih biaya tidak diuraikan dalam sumber yang tersedia.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam aspek desain ulang struktur bangunan, khususnya dalam meningkatkan ketahanan terhadap gempa melalui penerapan SRBK.

2.2.4 Studi Perbandingan Respon Struktur Gedung Menggunakan Fluid Viscous Damper dengan Variasi Jumlah Lantai

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah lantai yang paling efektif dalam meningkatkan kinerja struktur menggunakan Fluid Viscous Damper (FVD).

Fokus utama adalah mengoptimalkan pola penempatan FVD untuk meredam getaran akibat beban dinamik seperti gempa pada gedung bertingkat.

Analisis dilakukan dengan metode dinamik riwayat waktu menggunakan perangkat lunak *ETABS* v.15.2.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gedung dengan 12 lantai memiliki respons struktur yang paling optimal, menunjukkan bahwa efektivitas FVD bergantung pada jumlah lantai dan konfigurasi struktur.

2.3 Perbandingan Penelitian

Pada jurnal Amatulhay Pribadi, Erma Desmaliana, Diandra Tira Fadlisha (2020) mendapatkan hasil respon struktur gedung 12 lantai dengan pola FVD ini merupakan yang paling baik dibandingkan pada struktur gedung 16 lantai dan 20 lantai dan penelitian ini bertujuan untuk mengurangi resiko akibat gempa dengan peredam.

Pada jurnal Fadzilah, M., Riakara Husni, H., Bayzoni, B., & Isneini, M. (2021) mendapatkan hasil Struktur gedung tersebut tidak memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan beban gempa karena pada jurnal ini bertujuan untuk membahas tentang mengevaluasi kekuatan struktur.

Pada jurnal Prasetyani (2022) mendapatkan hasil Penerapan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBK) pada struktur atas Gedung Jogja Apartel dapat meningkatkan kinerja seismik bangunan karena penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan gaya geser dasar dan simpangan antar lantai pada Gedung Jogja Apartel.

Pada jurnal Rahayu, P., & Pawirodikromo, W. (2023) mendapatkan hasil Interaksi antara tanah dan struktur memiliki pengaruh signifikan terhadap respons seismik bangunan yang didukung oleh pondasi tiang karena jurnal ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik dinamik dan respon struktur antara lain periode getar bangunan, simpangan bangunan, gaya geser dasar serta berat tulangan dari desain struktur bangunan dengan jenis perletakan jepit dan fleksibel (pegas).

Sedangkan pada penelitian ini mendapatkan hasil yang dilihat dari simpangan dan gaya dalam balok adalah adanya *basement* mempengaruhi pada kekakuan struktur yang berada di lantai bawah tapi tidak di lantai atas, sedangkan

pada kolom *basement* berperan dalam mendistribusikan beban aksial seluruh kolom dari lantai paling bawah hingga atas dan jika ditinjau dari base shear, *basement* berpengaruh pada lantai 10 dan 15 menghasilkan V dinamik yang lebih kecil karena bertujuan untuk mengetahui pengaruh adanya *basement* dan variasi ketinggian lantai terhadap struktur. Selanjutnya perbandingan penelitian yang lebih detail dapat dilihat pada tabel 2.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian

Penelitian Sebelumnya					Penelitian Yang Dilakukan
Aspek	Amatulhay Pribadi, Erma Desmaliana, Diandra Tira Fadlisha (2020)	Fadzilah, M., Riakara Husni, H., Bayzoni, B., & Isneini, M. (2021)	Prasetyani (2022)	Rahayu, P., & Pawirodikromo, W. (2023)	Penulis (2025)
Judul	Studi Perbandingan Respon Struktur Gedung Menggunakan Fluid Viscous Damper dengan Variasi Jumlah Lantai	Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Akibat Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro)	Redesain Struktur Atas Gedung Jogja Apartel Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus	Studi Variasi Perletakan Pada Respon Seismik Bangunan 17 Lantai	Analisis Perbandingan Respon Struktur Gedung Dengan Dan Tanpa <i>Basement</i> Pada Variasi Ketinggian Lantai
Tujuan Penelitian	Mengurangi resiko kerusakan bangunan akibat gempa menggunakan alat peredam	Mengevaluasi kekuatan struktur gedung bertingkat dengan membandingkan hasil antara pengaruh beban seismik dan tanpa pengaruh beban seismik.	Mengetahui hasil perbandingan gaya geser dasar dan simpangan antar lantai pada Gedung Jogja Apartel	Membandingkan karakteristik dinamik dan respon struktur antara lain periode getar bangunan, simpangan bangunan, gaya geser dasar serta berat tulangan dari desain struktur bangunan dengan jenis perletakan jepit dan fleksibel (pegas).	Membandingkan respon seismik yang terjadi pada bangunan <i>Basement</i> dan Tanpa <i>Basement</i> serta mengetahui perbandingan gaya dalam antara kolom dan balok
Metode	Analisis time history untuk menentukan nilai periode struktur, gaya geser dasar, simpangan antar lantai, modal partisipasi massa, gaya dalam elemen struktur	Analisis dinamik respon spektrum untuk mengevaluasi kekuatan struktur Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro terhadap beban gempa.	Analisis dinamik dan statik ekuivalen	Analisis numerik untuk mengevaluasi pengaruh variasi perletakan antara sendi dan jepit.	Analisis respon spektrum untuk mengetahui perbedaan respon struktur antara gedung dengan dan tanpa <i>Basement</i> yang ditinjau dari variasi jumlah lantai

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

Penelitian Sebelumnya					Penelitian Yang Dilakukan
Aspek	Amatulhay Pribadi, Erma Desmaliana, Diandra Tira Fadlisha (2020)	Fadzilah, M., Riakara Husni, H., Bayzoni, B., & Isneini, M. (2021)	Prasetyani (2022)	Rahayu, P., & Pawirodikromo, W. (2023)	Penulis (2025)
Hasil	Hasil analisis adalah respon struktur gedung 12 lantai dengan pola FVD ini merupakan yang paling baik dibandingkan pada struktur gedung 16 lantai dan 20 lantai.	Struktur gedung tersebut tidak memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan beban gempa.	Penerapan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBK) pada struktur atas Gedung Jogja Apartel dapat meningkatkan kinerja seismik bangunan.	Interaksi antara tanah dan struktur memiliki pengaruh signifikan terhadap respons seismik bangunan yang didukung oleh pondasi tiang.	Hasil analisa efek keberadaan <i>basement</i> berpengaruh pada gaya geser dasar, simpangan antar lantai, dan gaya dalam elemen struktural karena meningkatkan kekakuan pada bangunan

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Gempa Bumi

3.1.1 Pengertian dan Jenis Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pergerakan lapisan batuan terluarnya. Peristiwa ini terjadi secara mendadak karena aktivitas pergerakan lempeng tektonik. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik, sedangkan gempa bumi vulkanik terjadi akibat aktivitas gunung berapi. Gelombang seismik yang dihasilkan dari gempa bumi menyebar ke segala arah akibat pergerakan tiba-tiba lapisan batuan di dalam bumi. Seismolog Amerika menjelaskan melalui teori Rebound Elastis bahwa pelepasan energi regangan elastis pada batuan menyebabkan deformasi pada litosfer. Deformasi ini terjadi akibat tekanan dan regangan yang terus menerus pada lapisan bumi, hingga daya dukung batuan mencapai batas maksimalnya, yang kemudian mengakibatkan patahan secara tiba-tiba.

Berikut ini adalah macam – macam gempa menurut Widodo Pawirodikromo pada bukunya yang berjudul Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan tahun 2012 :

1. Gempa Reruntuhan (*Collapse Earthquake*)

Gempa bumi umumnya diartikan sebagai getaran mendadak pada permukaan tanah, baik yang dapat dirasakan manusia maupun tidak. Getaran ini dapat terjadi akibat runtuhnya lapisan tanah, seperti ambruknya gua atau tambang bawah tanah. Runtuhnya gua atau tambang tersebut disebabkan oleh tegangan berlebih akibat gaya gravitasi atau perubahan karakteristik batuan dan tanah.

2. Gempa Vulkanik (*Volcanic Earthquake*)

Gempa vulkanik terjadi akibat aktivitas gunung berapi, yaitu ketika magma panas terdorong keluar ke permukaan tanah secara paksa. Proses keluarnya magma yang tidak lancar dapat memicu ledakan, sehingga gempa vulkanik sering dikaitkan dengan letusan gunung berapi, baik dalam skala kecil maupun besar. Selain itu,

panas dari dalam bumi berperan sebagai driving force dalam proses ini. Getaran tanah yang dihasilkan saat magma panas meletus menyerupai gempa bumi, tetapi umumnya memiliki intensitas yang lebih rendah dibandingkan gempa tektonik.

3. Gempa Ledakan (*Explosion Earthquake*)

Ledakan nuklir bawah tanah dapat menghasilkan energi nuklir, panas, dan tekanan yang sangat tinggi, yang berpotensi memicu gempa akibat ledakan. Akibat panas dan tekanan ekstrem, batuan atau tanah di sekitar titik ledakan dapat mengalami penguapan atau berubah menjadi uap. Energi panas dan tekanan yang besar kemudian merambat ke segala arah, termasuk menuju permukaan bumi. Kerusakan pada massa batuan akibat ledakan ini menyebar dengan cara yang mirip dengan pergerakan tanah atau batuan saat terjadi gempa bumi. Jika dampaknya mencapai permukaan, material tanah atau batuan dapat terlempar ke atmosfer. Getaran yang dihasilkan oleh ledakan ini begitu kuat sehingga dapat menyebar ke seluruh permukaan bumi dan dirasakan layaknya gempa bumi.

4. Gempa Tektonik (*Tectonic Earthquake*)

Gempa tektonik merupakan jenis gempa yang paling sering terjadi dan berkaitan erat dengan aktivitas lempeng tektonik, baik pada skala regional maupun global. Lempeng tektonik atau massa batuan dapat bergerak dengan cara bertumbukan (*convergent*), bergeser satu sama lain (*shear*), atau saling menjauh (*tension*). Ketika dua lempeng bertabrakan atau bergeser, terjadi tegangan, deformasi, dan akumulasi energi regangan pada batuan. Jika tegangan ini melebihi batas ketahanan batuan, maka batuan akan mengalami kerusakan dan patahan secara tiba-tiba. Akibatnya, getaran yang dihasilkan menyebar ke segala arah hingga mencapai permukaan bumi. Gempa tektonik sendiri merujuk pada getaran tanah yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng tektonik.

3.1.2 Gelombang Seismik

Gelombang elastis berfrekuensi rendah, yang dikenal sebagai gelombang seismik, merambat melalui bagian dalam dan permukaan bumi. Gelombang ini dapat menyebabkan runtuhnya lapisan batuan secara tiba-tiba atau dipicu oleh ledakan. Sebagai media perambatan gelombang, bumi terdiri dari berbagai jenis

batuan dengan karakteristik fisik yang berbeda pada setiap lapisannya. Karena ketidakhomogenan sifat bumi sebagai medium perambatan, sebagian energi gelombang seismik akan dipantulkan, sementara sisanya akan diteruskan ke lapisan di bawahnya.

Gelombang badan adalah jenis gelombang seismik yang merambat ke segala arah di dalam bumi. Gelombang ini terdiri dari dua jenis, yaitu gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S).

1. Gelombang Primer P

Gelombang primer (P) adalah gelombang longitudinal yang memiliki pergerakan partikel sejajar dengan arah rambatannya. Gelombang ini merupakan yang tercepat dibandingkan jenis gelombang seismik lainnya dan menjadi yang pertama terdeteksi oleh seismograf. Kecepatan gelombang P bervariasi tergantung pada mediumnya, yaitu antara 4 hingga 7 km/s di kerak bumi, lebih dari 8 km/s di mantel dan inti bumi, sekitar 1,5 km/s di air, serta sekitar 0,3 km/s di udara.

2. Gelombang Sekunder (S)

Gelombang sekunder (S) adalah gelombang transversal di mana gerakan partikelnya tegak lurus terhadap arah rambatannya. Karena cairan dan gas tidak memiliki elastisitas yang cukup untuk kembali ke bentuk semula, gelombang S hanya dapat merambat melalui medium padat. Gelombang ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu gelombang dengan gerakan partikel horizontal (SH) dan gelombang dengan gerakan partikel vertikal (SV). Dibandingkan dengan gelombang primer (P), gelombang S memiliki kecepatan yang lebih rendah, sehingga seismograf mendeteksinya setelah gelombang P. Kecepatannya berkisar antara 3-4 km/s di kerak bumi, lebih dari 4,5 km/s di mantel bumi, dan sekitar 2,5-3 km/s di inti bumi.

3.2 Struktur Penahan Beban Gempa

3.2.1 Perilaku Bangunan Tahan Gempa

Menurut Pawirodikromo (2012), penelitian mengenai respons bangunan, elemen struktur, dan keseluruhan struktur berperan penting dalam merancang konsep bangunan tahan gempa. Struktur yang menerima beban dapat menunjukkan perilaku linear maupun Tanpa-linear, tergantung pada intensitas beban yang

bekerja. Selain itu, beban yang diberikan juga dapat menghasilkan respons elastik atau inelastik pada struktur.

1. Sifat elastik linear mengacu pada karakteristik suatu bahan atau elemen struktur di mana hubungan antara beban dan simpangan membentuk garis lurus, bersifat proporsional atau linear. Dalam kondisi ini, ketika beban dihilangkan, material akan kembali ke bentuk semula tanpa mengalami deformasi permanen. Logam, khususnya baja, menunjukkan sifat ini saat menerima beban dengan intensitas rendah.
2. Elastis Tanpa-linear adalah kondisi di mana hubungan antara beban dan simpangan sejak awal tidak membentuk garis lurus atau linear, melainkan bersifat Tanpa-linear, meskipun beban yang diberikan masih kecil. Ketika beban dihilangkan, material tidak mengalami deformasi permanen dan kembali ke bentuk semula. Karena sifat ini umumnya terjadi pada intensitas beban yang rendah, material seperti tanah dan beton cenderung menunjukkan karakteristik elastis Tanpa-linear.
3. Saat intensitas beban mencapai tingkat yang sangat tinggi, material mengalami tegangan inelastik, sehingga tidak lagi bersifat elastis. Jika beban dihilangkan, material tidak dapat kembali ke bentuk semula, melainkan mengalami perpindahan permanen secara linear. Meskipun beban yang diterima besar, perilaku material tetap menunjukkan hubungan linear. Pada kenyataannya, struktur beton yang menerima beban siklik dalam jumlah besar cenderung berperilaku Tanpa-linear inelastik, namun dalam pemodelan biasanya disederhanakan sebagai linear-inelastik.
4. Struktur tanah dan beton mengalami perilaku Tanpa-linear inelastik saat menerima beban siklik yang besar. Ketika beban siklik dihilangkan, tetap terjadi deformasi permanen, dan hubungan antara beban dan deformasi tidak lagi mengikuti pola linear.

3.2.2 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Menurut Pawirodikromo (2012), melihat kekuatan gempa yang terjadi, desain filosofi bangunan tahan gempa sebagai berikut :

1. Saat terjadi gempa kecil (light atau minor earthquake) yang sering terjadi, elemen utama struktur bangunan harus tetap utuh dan dapat berfungsi dengan baik. Sementara itu, kerusakan ringan pada elemen Tanpa-struktural masih dapat diterima selama tidak mengganggu keseluruhan kestabilan bangunan.
2. Saat terjadi gempa menengah (moderate earthquake) yang relatif jarang, elemen utama struktur bangunan dapat mengalami kerusakan atau retak ringan, tetapi tetap memungkinkan untuk diperbaiki secara ekonomis. Sementara itu, elemen Tanpa-struktural mungkin mengalami kerusakan, namun masih dapat diganti dengan yang baru.
3. Saat terjadi gempa kuat (strong earthquake) yang jarang terjadi, struktur bangunan diperbolehkan mengalami kerusakan, namun tidak sampai mengalami kehancuran total. Hal yang sama juga diharapkan dalam peristiwa gempa besar (great earthquake), dengan tujuan utama memastikan keselamatan penghuni bangunan secara maksimal.
4. Dalam merancang struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan regulasi perencanaan yang bertujuan untuk memastikan keselamatan penghuni dari potensi gempa besar serta mengurangi risiko kerusakan bangunan dan korban jiwa akibat gempa yang sering terjadi. Oleh karena itu, bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang memadai guna mencegah kemungkinan runtuhnya struktur.

3.2.3 Jenis-jenis Struktur Penahan Beban Gempa

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.2 mengenai Struktur Penahan Beban Gempa, terdapat enam jenis sistem struktur yang diklasifikasikan ke dalam beberapa sub-sistem, yaitu :

1. Sistem Dinding Penumpu (Bearing Wall System) adalah sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang yang sepenuhnya menopang beban gravitasi. Dalam sistem ini, hampir seluruh beban gravitasi didukung oleh dinding penumpu atau sistem bresing, sementara beban lateral ditahan oleh dinding geser atau rangka bresing.

2. Sistem Rangka Bangunan (Building Frame System) adalah sistem struktur yang dirancang dengan rangka ruang yang sepenuhnya menopang beban gravitasi. Sementara itu, beban lateral ditahan oleh dinding struktural atau rangka bresing.
3. Sistem Rangka Pemikul Momen adalah sistem struktur yang memiliki rangka yang sepenuhnya menopang beban gravitasi. Beban lateral pada sistem ini ditahan oleh rangka pemikul momen, terutama melalui mekanisme lentur.
4. Sistem Ganda (Dual System) Sistem ganda pada dasarnya terdiri dari:
 - a. Rangka ruang memikul seluruh beban gravitasi.
 - b. Beban lateral ditahan oleh kombinasi dinding geser atau rangka bresing bersama dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus dirancang secara independen agar mampu menahan minimal 25% dari total beban lateral, sementara sisanya ditahan oleh dinding geser.
 - c. Kedua sistem harus dirancang agar dapat menopang beban lateral secara bersamaan, dengan mempertimbangkan interaksi antara rangka pemikul momen dan dinding geser.
5. Sistem Kombinasi Rangka dan Dinding Geser adalah sistem yang menggabungkan rangka pemikul momen dari beton bertulang dengan dinding geser beton bertulang, sehingga keduanya bekerja secara bersamaan dalam menahan beban.
6. Sistem Struktur Kolom Kantilever adalah sistem yang mengandalkan kolom kantilever sebagai elemen utama dalam menahan beban lateral.

3.3 **Basement**

Secara umum *Basement* adalah lantai atau ruang bawah tanah pada bangunan yang sebagian atau seluruhnya berada di bawah permukaan tanah. *Basement* umumnya digunakan untuk parkir, utilitas mekanikal, atau kebutuhan struktural untuk meningkatkan stabilitas bangunan. Dalam SNI 1726:2019, *basement* tidak didefinisikan secara jelas tetapi dianggap sebagai bagian dari struktur yang dapat meningkatkan kekakuan bangunan. *Basement* berpengaruh

terhadap periode fundamental bangunan, gaya geser dasar (*base shear*), dan respons dinamik struktur terhadap gempa, pada SNI 2847:2019, *basement* adalah bagian dari bangunan yang memerlukan perancangan khusus untuk menahan tekanan tanah lateral dan air tanah, dan pada SNI 1727:2020, *basement* diperhitungkan sebagai elemen struktural yang harus menahan beban vertikal dan lateral, termasuk beban tanah dan beban hidrostatik jika berada di bawah muka air tanah.

3.4 Ketentuan Pembebanan

Pembebanan adalah faktor penting dalam melakukan perancangan struktur bangunan. Maka perlu adanya identifikasi beban yang bekerja pada struktur bangunan sebagai berikut.

1. Beban Mati (*Dead Load*)

(Badan Standarisasi Nasional, 2020) menyatakan bahwa beban mati merupakan beban yang meliputi seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, cladding gedung dan komponen gedung arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan yang terpasang termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Beban mati yang diperhitungkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Berat kolom sendiri.
- b. Berat sendiri balok.
- c. Berat plat lantai.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Badan Standarisasi Nasional (2020) menyatakan bahwa beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Pemilihan beban hidup pada perencanaan struktur dipilih berdasarkan fungsi bangunannya. Beban hidup yang digunakan dalam penelitian ini adalah beban hidup bangunan gedung Laboratorium. Penentuan beban hidup dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Acuan Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2020

Penggunaan Ruang	Merata (kN/m²)
Kantor	2,40
Koridor	4,79
Koridor Diatas Lantai 1	3,83
Ruang Arsip	3,6
Atap	0,96

(Sumber : SNI 1727-2020)

3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa dapat didefinisikan sebagai beban yang bekerja pada suatu struktur bangunan akibat terjadinya pergerakan tanah yang diakibatkan adanya getaran gempa. Beban gempa merupakan suatu aspek beban yang harus dipertimbangkan untuk merancangan suatu struktur bangunan. Akibat yang ditimbulkan apabila suatu struktur bangunan tidak direncanakan untuk menahan gempa, maka kegagalan struktur akan terjadi bahkan bangunan dapat mengalami keruntuhan. Berikut ini adalah penjelasan analisis beban gempa atau beban seismik berdasarkan panduan yang dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional, (2019)

a. Faktor Keutamaan (*I_e*)

Faktor Keutamaan (*I_e*) dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa (*I_e*)

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, <i>I_e</i>
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726-2019)

b. Tabel Faktor R, Cd, Ω

Berikut adalah tabel faktor R, Cd, Ω yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. 3 Tabel Faktor R, Cd, Ω

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{8h}	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ⁹	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

(Sumber : SNI 1726-2019)

c. Koefisien Cu dan Ct

Berikut adalah tabel koefisien Cu dan Parameter Ct.

Tabel 3. 4 Koefisien Cu

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI}	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 1726-2019)

Tabel 3. 5 Parameter Ct

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• 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 terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber : SNI 1726-2019)

d. Parameter Percepatan Gempa (S_s dan S_1)

Badan Standarisasi Nasional (2019) menyatakan bahwa nilai S_s adalah parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek dengan redaman 5 persen. Sedangkan nilai S_1 menurut Badan Standarisasi Nasional (2019) adalah nilai parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik dengan redaman 5 persen. Nilai S_s dan S_1 dapat ditentukan website <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>.

e. Koefisien-Koefisien Situs dan Parameter-Parameter Respons Spektral

Badan Standarisasi Nasional (2019) menyatakan bahwa untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Lebih lanjut, Badan Standarisasi Nasional (2019) menyatakan bahwa faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek F_a dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik F_v . Tabel nilai F_a dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 di halaman selanjutnya.

f. Respon Spektrum

Setelah mendapatkan nilai SDS dan SD1, selanjutnya perlu diketahui nilai T_0 dan T_s . Persamaan untuk mencari nilai T_0 dan T_s dapat dilihat pada Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7 di halaman selanjutnya.

Tabel 3. 6 Koefisien Situs. F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 3. 7 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_T					
	$S_T \leq 0,1$	$S_T = 0,2$	$S_T = 0,3$	$S_T = 0,4$	$S_T = 0,5$	$S_T \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

(Sumber : SNI 1726-2019)

g. Spektrum Respon Desain

Setelah mendapatkan nilai SDS dan SD1, selanjutnya perlu diketahui nilai T_0 dan T_s . Persamaan untuk mencari nilai T_0 dan T_s dapat dilihat pada Persamaan 3.1 dan Persamaan 3.2 di halaman selanjutnya.

$$T_0 = 0,2 \times \frac{SD1}{SDS} \quad (3.1)$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} \quad (3.2)$$

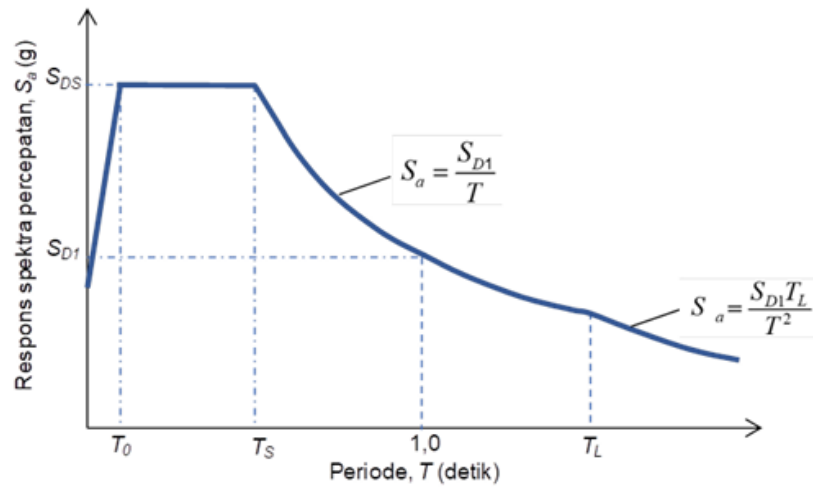
Badan Standarisasi Nasional (2019) menyatakan bahwa dalam menghitung nilai S_a harus mengikuti persyaratan yang tertulis pada Persamaan 3.3, Persamaan 3.4, dan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$T < T_0 ; S_a = SDS \left(0,4 + \frac{T}{T_0}\right) \quad (3.3)$$

$$T_0 \leq T \leq T_s ; S_a = SDS \quad (3.4)$$

$$T > T_s ; S_a = \frac{SD1}{T} \quad (3.5)$$

Nilai T dan S_a dipresentasikan dalam bentuk grafik. Kurva spektrum respons desain mengacu pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3. 1 Spektrum Respons Desain

(Sumber : SNI 1726-2019)

h. Kategori Desain Seismik

Badan Standarisasi Nasional (2019) menyatakan bahwa semua struktur bangunan harus ditetapkan kategori desain seismiknya. Kategori desain seismik didasarkan pada beberapa faktor yang meliputi kategori risiko dan parameter respons spektral percepatan desain, S_{DS} , dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah dari kondisi asli bangunan tersebut dengan mengacu pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 sebagai berikut.

Tabel 3. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}

Nilai 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 1726-2019)

Tabel 3. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SD1

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.5 Interaksi Tanah Struktur

Menurut NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program) 2012, Interaksi Tanah-Struktur (Soil-Structure Interaction, SSI) adalah efek yang terjadi akibat hubungan antara respons struktur dan respons tanah di bawahnya selama gempa bumi. SSI memperhitungkan bagaimana deformasi tanah dapat memengaruhi gerakan struktur dan sebaliknya.

Untuk melakukan input beban dinding *basement* di *ETABS V.22* mengikuti channel youtube *InquisitiveEngineer* pada video yang berjudul “*How to Apply Soil Pressure Load to Basement Walls in CSI ETABS ? - Clip of our Training*”. Adapun persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai C dan D pada *ETABS V.22* dapat dilihat pada persamaan 3.6 sampai dengan 3.8 berikut.

$$K_A = \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset} \quad (3.6)$$

$$D = K_A \times \gamma \times z \quad (3.7)$$

$$C = -K_A \times \gamma \quad (3.8)$$

Keterangan :

K_A = Tekanan Aktif

$\emptyset$ = Sudut Geser Dalam Tanah

γ = Berat Jenis Tanah (kN/m^3)

h = Kedalaman dari permukaan tanah (m)

C = Besar Perubahan Tekanan Per Satuan Kedalaman (kN/m^3)

D = Nilai Beban Tetap (*uniform*) (kN/m^2)

3.6 Kombinasi Pembebanan

Badan Standarisasi Nasional (2019) menyatakan bahwa setiap bagian dari struktur yang direncanakan harus memiliki kekuatan minimal sebesar kekuatan yang dihitung berdasarkan kombinasi pembebanan. Perhitungan kombinasi pembebanan dasar dapat dihitung menggunakan rumus yang dituliskan dalam Persamaan 3.9 hingga persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$1,4 D \quad (3.9)$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L \text{ atau } R) \quad (3.10)$$

$$1,2 D + 1,6 L + (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W) \quad (3.11)$$

$$1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \quad (3.12)$$

$$0,9 D + 1,0 W \quad (3.13)$$

Kombinasi Beban Seismik dapat dilihat pada persamaan 3.14 dan 3.15

$$1,2 D + E_v + E_h + L \quad (3.14)$$

$$0,9 D - E_v + E_h \quad (3.15)$$

Keterangan :

D = beban mati diakibatkan berat konstruksi permanen,

L = beban hidup diakibatkan fungsi gedung,

L_r = beban hidup pekerja, peralatan, dan material,

R = beban hujan (tidak termasuk genangan air),

W = beban angin,

E = beban gempa

E_v = beban gempa vertikal

E_h = beban gempa horizontal

3.7 Respon Struktur

Respons struktur adalah tanggapan atau reaksi yang terjadi pada suatu bangunan terhadap gaya-gaya, salah satunya yaitu gaya gempa. Beban bangunan mempengaruhi respon struktur akibat gempa. Pada tugas akhir ini respon struktur yang digunakan meliputi.

3.7.1 Base Shear

Base shear (V) adalah gaya geser yang bekerja pada struktur akibat beban lateral dan terjadi pada tingkat dasar. Dalam SNI 1726:2019 (Standar Nasional Indonesia untuk Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Tanpa-Gedung), *base shear* dihitung berdasarkan metode statik ekuivalen atau dinamik (analisis respons spektrum/modal respons). Menurut SNI 1726:2019 memberikan batasan bahwa nilai base shear dari analisis dinamik tidak boleh kurang dari 100% dari *base shear* statik, jika kurang maka gaya tersebut harus dikalikan dengan $V_{\text{statik}} / V_{\text{dinamik}}$. *Base shear* juga harus dihitung dalam dua arah horisontal dan orthogonal menggunakan periode fundamental struktur T yang dihitung T dalam masing-masing arah. Adapun rumus yang digunakan pada perhitungan *Base Shear* dapat dilihat pada persamaan 3.16 sampai dengan 3.23 berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \quad (3.16)$$

$$C_s \text{ Max} = \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} \quad (3.17)$$

$$C_s \text{ Min 1} = 0,444 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \quad (3.18)$$

$$C_s \text{ Min 2} = \frac{0,5 \times S_1}{\frac{R}{I_e}} \quad (3.19)$$

$$V_{\text{Statik}} = C_s \times W \quad (3.20)$$

$$\text{Faktor Skala Awal (SF)} = \frac{g}{\frac{R}{I_e}} \quad (3.21)$$

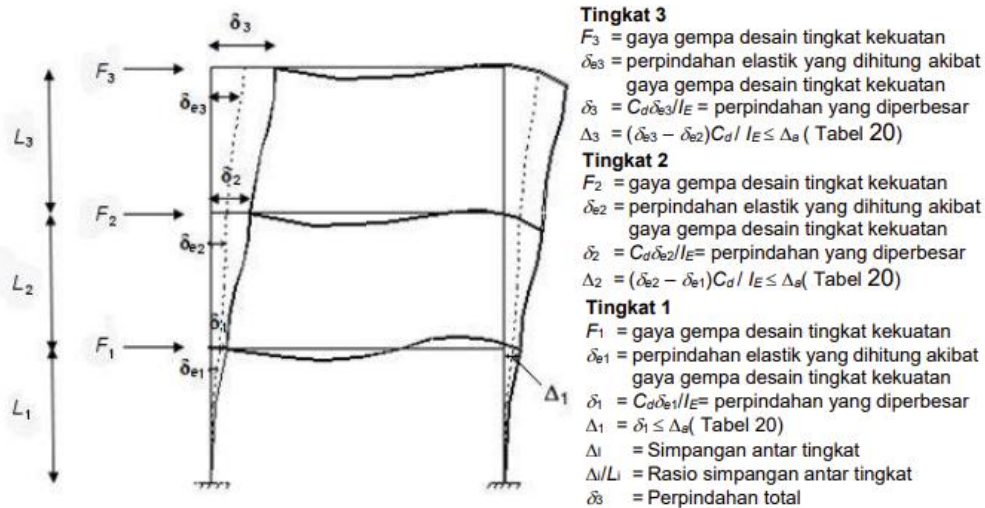
$$\text{Penskalaan Gaya Gempa (f)} = \frac{V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik}}} \quad (3.22)$$

$$\text{Faktor Skala Untuk Gaya} = \text{SF} \times f \quad (3.23)$$

3.7.2 Simpangan Lantai

Simpangan lantai atau bisa disebut Simpangan Antar Lantai merupakan perpindahan lateral (horizontal) suatu lantai bangunan dari posisi awal akibat gempa bumi, angin, atau beban lateral lainnya. Dalam SNI 1726:2019, simpangan lateral dibatasi untuk memastikan keamanan struktural, kenyamanan penghuni, dan mencegah kerusakan Tanpa-struktural seperti retak pada dinding atau elemen fasad. Berikut adalah contoh *drift ratio* yang dapat dilihat pada gambar 3.2 dan penjelasan

singkat serta rumus yang akan digunakan pada persamaan 3.24 sampai dengan 3.26 berikut.



Gambar 3. 2 Drift Ratio

(Sumber : SNI 1726-2019)

1. Simpangan Elastik adalah simpangan yang dihitung dari analisis tanpa memperhitungkan Faktor Reduksi respon gempa, adapun rumus yang digunakan untuk menghitung bisa dilihat pada persamaan 3.24 dan 3.25.

$$\text{Elastic Drift lantai 1} = \delta_1 \quad (3.24)$$

$$\text{Elastic Drift lantai 2} = \delta_2 - \delta_1 \quad (3.25)$$

2. Simpangan Inelastik adalah simpangan yang diperoleh dari hasil mengalikan simpangan Elastik dengan faktor reduksi gempa yang memiliki rumus pada persamaan 3.26 berikut.

$$\text{Simpangan Inelastik} = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.26)$$

3.7.3 Output Gaya Dalam

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, output gaya dalam mengacu pada hasil perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada elemen struktural. Standar yang mengatur perhitungan ini adalah :

1. SNI 1726:2019 Mengatur beban gempa dan respons struktur terhadap gempa.
2. SNI 2847:2019 Mengatur ketentuan perencanaan elemen beton bertulang

berdasarkan hasil analisis gaya dalam.

Adapun gaya-gaya dalam yang bekerja pada elemen struktur adalah sebagai berikut.

1. M_u adalah momen lentur maksimum yang dapat ditahan oleh elemen struktur sebelum mencapai kondisi batas ultimit atau keruntuhan. Dalam desain beton bertulang, M_u digunakan untuk memastikan bahwa elemen tersebut memiliki kapasitas momen yang memadai untuk menahan beban yang bekerja. Untuk merencanakan beton bertulang menggunakan SNI 2847:2019.
2. V_u adalah gaya geser maksimum yang dapat ditahan oleh elemen struktur sebelum mencapai kondisi batas ultimit. Gaya ini penting dalam perancangan untuk mencegah kegagalan geser yang dapat menyebabkan retak atau keruntuhan elemen. Adapun persyaratan dari SNI 2847:2019 tentang V_u adalah jika gaya geser (V_u) melebihi 50% dari kapasitas nominalnya (V_n), maka sengkang atau begel harus diperhitungkan sesuai SNI 2847:2019.
3. P_u adalah gaya aksial maksimum (baik tekan maupun tarik) yang dapat ditahan oleh elemen struktur sebelum mencapai kondisi batas ultimit. Nilai P_u digunakan dalam perancangan kolom dan elemen tekan lainnya untuk memastikan stabilitas dan keamanan struktur. Dihitung dengan mempertimbangkan interaksi dengan momen lentur dalam diagram interaksi kolom.

BAB IV

METODE PENELITIAN

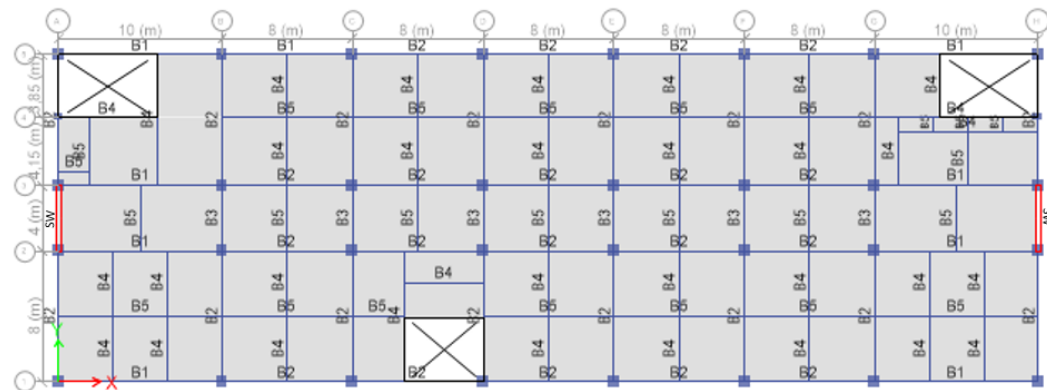
4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini fokus pada analisis perbandingan respon seismik dua model struktural gedung laboratorium dengan dan tanpa *Basement*. Objek penelitiannya meliputi dua jenis struktural yang berbeda dari gedung tersebut yang kemudian divariasikan menjadi 4 model. Jenis pertama adalah representasi gedung asli dengan *Basement*, sedangkan jenis kedua merupakan versi yang dimodifikasi tanpa *Basement*. Adapun variasi yang akan dilakukan meliputi 4 model yang berbeda yaitu, 5 lantai, 7 lantai, 10 lantai dan 15 lantai.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *ETABS* yang mampu mensimulasikan pengaruh beban seismik pada struktur gedung. Data yang digunakan meliputi rencana desain struktural, material konstruksi, serta rekaman seismik regional yang relevan untuk mensimulasikan gempa yang mungkin terjadi di lokasi tersebut. Respon seismik yang dihasilkan dari kedua model akan dianalisis dan dibandingkan untuk menentukan pengaruh dari adanya *Basement* terhadap perilaku seismik struktur.

4.2 Denah Struktur Gedung

Penelitian dilakukan dengan analisis menggunakan denah gedung laboratorium sebagai objek. Gambar denah struktur dan denah *Shear Wall* dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Denah Struktur

Dilihat dari denah diatas penempatan *shear wall* hanya di arah Y saja karena sudah pada sesi *trial and error* jika tidak menggunakan *shear wall* simpangan pada arah Y memiliki perbandingan yang besar dibandingkan arah X. Oleh karena itu pada arah Y ditambahkan *shear wall* sebanyak 2 buah yang bertujuan untuk mengurangi simpangan pada arah Y. Dengan menggunakan gambar denah tersebut maka dibuat 8 model gedung yang terdiri 2 sistem pemodelan yaitu gedung dengan dan tanpa *basement* yang kemudian di variasikan menjadi 4 variasi ketinggian lantai yang berbeda dimulai dari 5 lantai, 7 lantai, 10 lantai, dan 15 lantai.

4.3 Metode Analisis

Metode penelitian yang dilakukan adalah pemodelan gedung *Basement* dan Tanpa *Basement* yang menggunakan data dari Gedung Laboratorium yang kemudian dimodifikasi dan penelitian ini menggunakan pedoman SNI 1726 – 2019 dan SNI 1727 - 2020. Analisis struktur menggunakan software *ETABS 22.0.0* Penggunaan software ini dilakukan untuk mempermudah analisis struktur. Hasil yang didapatkan dari analisis dan perhitungan dengan menggunakan software *ETABS 22.0.0* adalah gaya geser, simpangan antar lantai, dan gaya dalam yang terdapat pada kolom dan balok. Ketiga hasil tersebut kemudian dibandingkan antara struktur dengan dan tanpa *basement* untuk melihat efek *basement* terhadap struktur dan selanjutnya dibandingkan di setiap variasi ketinggian lantai untuk melihat pengaruh dari variasi ketinggian lantai terhadap struktur gedung.

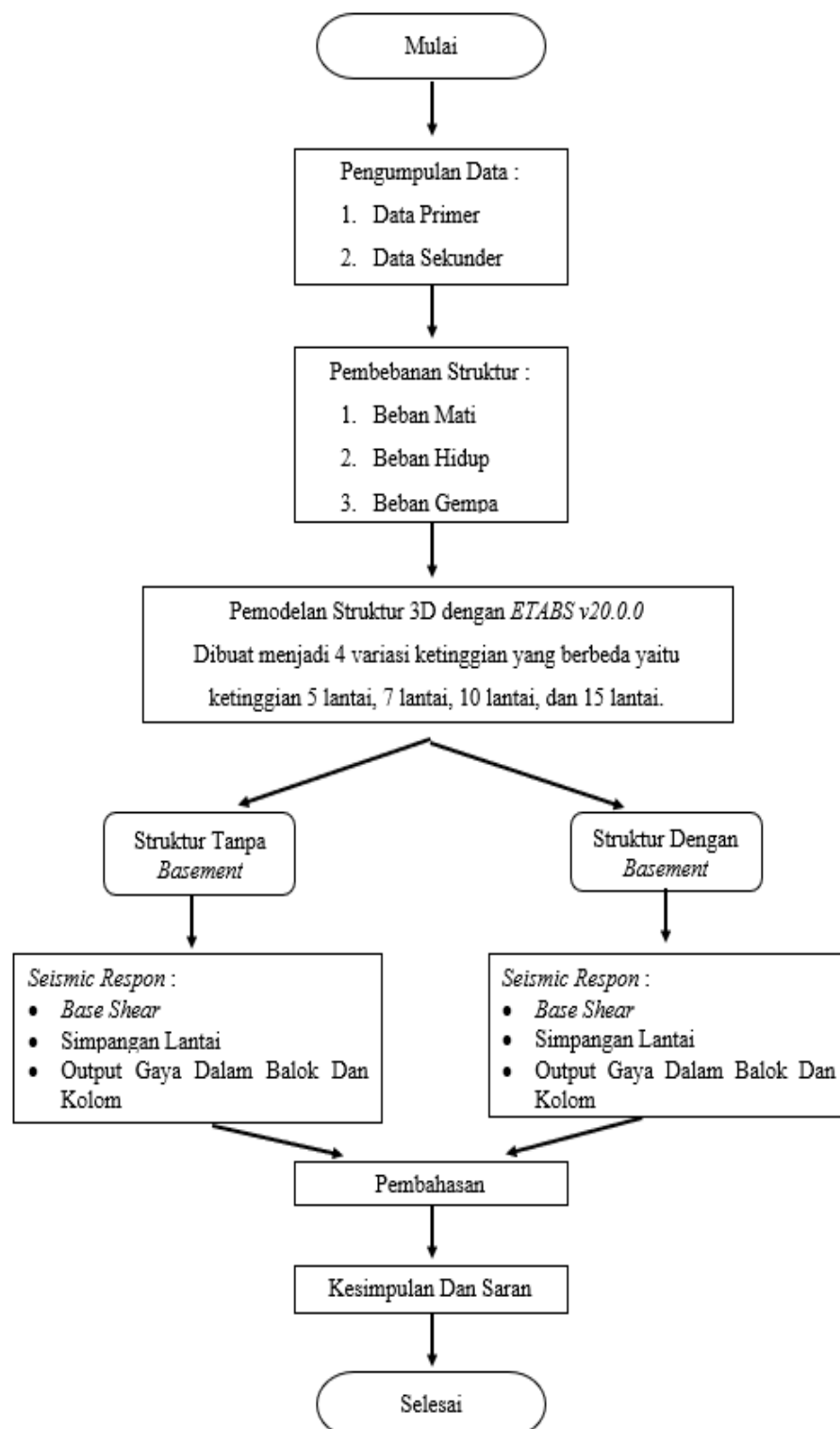
4.4 Proses Penelitian

Berikut adalah penjelasan mengenai proses penelitian yang akan dilakukan.

1. Yang pertama adalah penelitian ini memiliki 2 data yaitu primer dan sekunder.
 - a. Data primer didapatkan dengan cara langsung melakukan kerja praktik ke lokasi laboratorium tersebut agar memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan.
 - b. Data sekunder yang digunakan adalah data struktur yang diperoleh langsung dari proyek dan data respon spektrum sesuai lokasi penelitian yang diperoleh dari <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>.
2. Pembebanan Struktur meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang memenuhi syarat desain sesuai SNI 1727:2020 dan 1726:2019.
3. Membuat pemodelan struktur sesuai jumlah yang direncanakan yang berjumlah 8 buah model terdiri dari 2 sistem pemodelan yaitu gedung dengan dan tanpa *basement* yang kemudian di variasikan menjadi 4 variasi ketinggian lantai yang berbeda dimulai dari 5 lantai, 7 lantai, 10 lantai, dan 15 lantai.
4. Menginput hasil respon struktur di setiap model yang telah dibuat yaitu *base shear*, simpangan antar lantai, dan output gaya dalam struktur dari *ETABS V.22* kedalam *Microsoft Excel*.
5. Melakukan perbandingan terhadap hasil yang diperoleh setiap model dan kemudian dilakukan pembahasan.
6. Setelah mendapatkan pembahasan dari hasil yang diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian ini dan saran untuk penelitian selanjutnya.

4.5 Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah proses alur penelitian yang dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Struktur

Gedung laboratorium yang dijadikan sebagai objek memiliki data balok, kolom dan pelat menggunakan mutu beton ($f'c$) sebesar 25 MPa, mutu baja ulir (f_y) sebesar 420 MPa, dan mutu baja polos (f_y) sebesar 280 MPa. Berikut adalah data balok, kolom, dan pelat.

5.1.1 Balok

Balok dan tiebeam yang digunakan pada gedung kantor ini dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Kodefikasi Balok

REKAP DIMENSI BALOK			
Kode Balok	Keterangan	B pakai (mm)	H pakai (mm)
B1	Balok induk arah X	450	800
B2	Balok induk arah Y	350	700
B3	Balok induk arah Y	250	400
B4	Balok Anak Arah Y	300	600
B5	Balok Anak Arah X	250	350

5.1.2 Kolom

Pada bangunan gedung kantor ini hanya terdapat 5 jenis tipe kolom yang akan ditunjukkan pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5. 2 Kodefikasi Kolom

REKAP DIMENSI KOLOM			
Kode Kolom	Keterangan	B pakai (mm)	H pakai (mm)
K1	Kolom	850	850
K8	Kolom	850	850

Lanjutan Tabel 5.2 Kodefikasi Kolom

REKAP DIMENSI KOLOM			
Kode Kolom	Keterangan	B pakai (mm)	H pakai (mm)
K1A	Kolom	700	700
K8A	Kolom	700	700
K2	Kolom	400	600

5.1.3 Pelat

Pelat yang digunakan untuk lantai 1 sampai atap memiliki tebal pelat yaitu 120 mm dan 130 mm.

5.1.4 Dinding Beton Dan *Shear Wall*

Pada gedung laboratorium ini menggunakan *shear wall* dan dinding beton pada bagian *Basement* dengan tebal 300 mm.

5.2 Pembebanan

5.2.1 Beban Mati

Berikut adalah perhitungan beban mati pelat lantai bisa dilihat pada perhitungan dibawah ini yang mana satuan sudah di konversi menjadi kN/m².

1. Beban Mati Pelat Lantai

- | | | | |
|----|---|------------------------------------|---------------------------|
| a. | Partisi | | = 0,72 kN/m ² |
| b. | Keramik | | = 0,167 kN/m ² |
| c. | Spesi 3 cm | = 2.100 kg/m ³ x 0.03 m | = 0,618 kN/m ² |
| d. | Pasir 5 cm | = 1.600 kg/m ³ x 0.05 m | = 0,785 kN/m ² |
| e. | MEP | | = 0,3 kN/m ² |
| f. | Plafon | | = 0,088 kN/m ² |
| g. | Rangka Plafon | | = 0,049 kN/m ² |
| h. | Total Input Beban <i>ETABS</i> dengan beban partisi | | = 2,726 kN/m ² |
| i. | Total input beban <i>ETABS</i> tanpa beban partisi | | = 2,006 kN/m ² |

2. Beban Mati Pelat Atap

- | | | | |
|----|-----------------|------------------------------------|---------------------------|
| a. | Spesi 3 cm | = 2.100 kg/m ³ x 0.03 m | = 0,618 kN/m ² |
| b. | Waterproof 2 cm | = 2.100 kg/m ³ x 0.02 m | = 0,785 kN/m ² |
| c. | MEP | | = 0,3 kN/m ² |

- d. Plafon = 0,088 kN/m²
- e. Rangka Plafon = 0,049 kN/m²
- f. Total input beban *ETABS* tanpa beban partisi = 1,467 kN/m²

Perhitungan ini mengacu pada SNI 1727:2020 dimana beban partisi yang digunakan dalam desain adalah 3,83 kN/m² dan untuk nilai yang lain didapatkan dari data di lapangan. Untuk fungsi ruang dengan beban hidup > 3,82 kN/m² beban partisi tidak perlu disertakan.

5.2.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan mengacu pada SNI 1727-2020 yang berisi tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Pada pembebanan beban hidup menggunakan acuan SNI 1727-2020 yang ditunjukkan pada tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Acuan Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2020

Penggunaan Ruang	Beban Merata (kN/m ²)
Kantor	2,40
Koridor	4,79
Koridor Diatas Lantai 1	3,83
Ruang Arsip	3,6
Atap	0,96

(Sumber : SNI 1727-2020)

5.2.3 Tekanan Tanah *Basement*

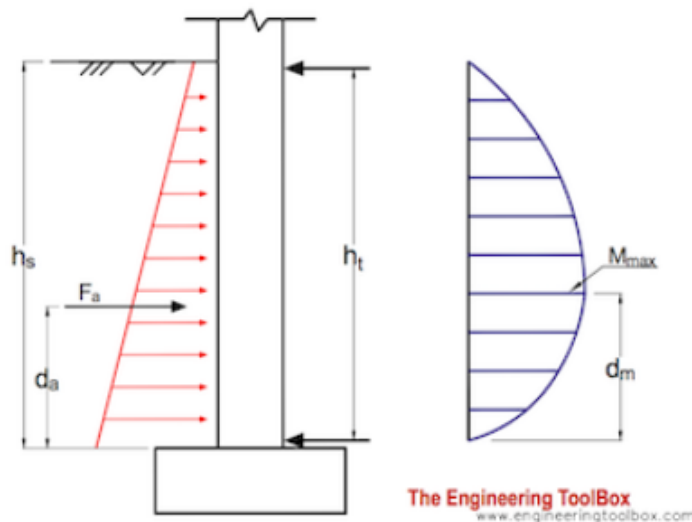
Gaya yang bekerja pada dinding ruang bawah pada gedung laboratorium dihitung menggunakan Teori Rankine atau Teori Coulumb yang dikembangkan oleh William John Macquorn Rankine pada tahun 1857. Berikut data yang sudah ditetapkan dan cara perhitungan adalah sebagai berikut.

$$\gamma = 1,5 \text{ t/m}^3 = 14,71 \text{ kN/m}^3$$

$\phi = 30^\circ$ (karena mewakili sudut geser tanah umum dan merupakan nilai realistis yang aman untuk berbagai kondisi tanah dalam rekayasa geoteknik)

Tinggi Lantai *Basement* = 4,5 m

Pendistribusian tekanan dinding tanah *basement* dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut.



Gambar 5. 1 Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Basement

(sumber : https://www.engineeringtoolbox.com/basement-wall-earth-pressure-d_558.html)

Perhitungan yang digunakan untuk menghitung tekanan pada dinding *Basement* dan data yang diperlukan adalah sebagai berikut.

1. Tekanan Tanah Aktif (KA)

$$\begin{aligned} KA &= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \\ &= \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

2. Mencari Nilai D (Beban Tetap) untuk ETABS

$$\begin{aligned} D &= K_a \times \gamma \times h \\ D &= 0,333 \times 14,71 \text{ kN/m}^3 \times 4,5 \text{ m} \\ &= 22,043 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3. Mencari Nilai C (Besar Perubahan Tekanan Per Satuan Kedalaman)

$$\begin{aligned} C &= - K_a \times \gamma \\ C &= - 0,333 \times 14,71 \text{ kN/m}^3 \\ &= -4,898 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

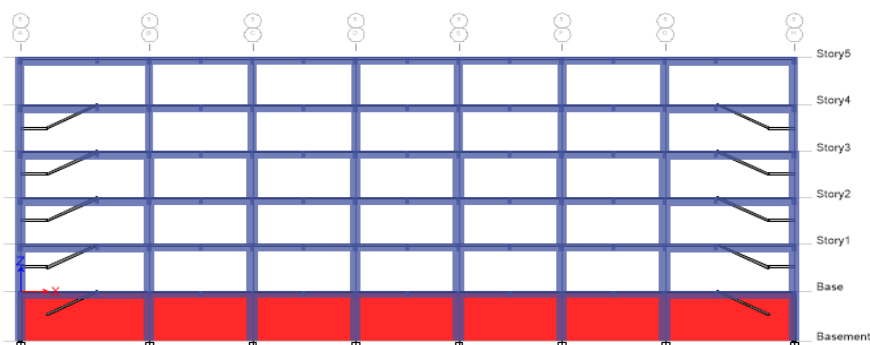
Kesimpulan Nilai D adalah 22,043 kN/m² dan nilai C adalah -4,898 kN/m³

5.3 Pemodelan Struktur

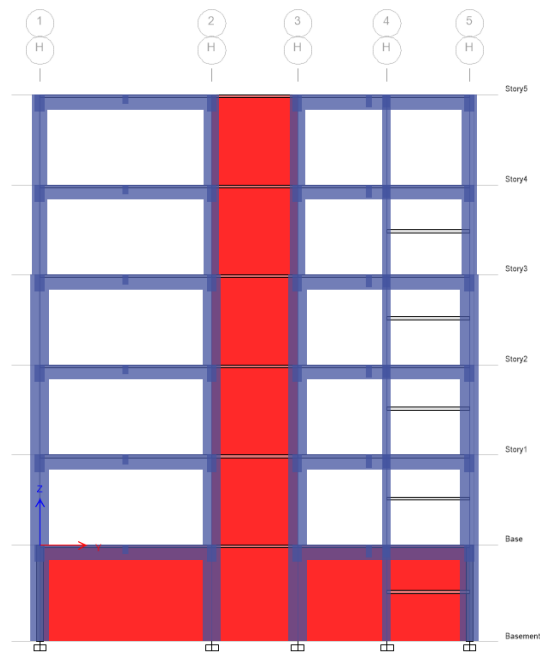
Pemodelan struktur dimodelkan menjadi 2 sistem pemodelan struktur dan memiliki 4 variasi lantai yang bertujuan untuk memahami bagaimana tinggi bangunan dan efek *basement* mempengaruhi respon seismik yang terjadi. Sistem gaya seismik yang digunakan adalah sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan yang masuk dalam kategori dinding geser beton bertulang khusus. Berikut adalah rekapitulasi yang menunjukkan bahwa pada penelitian semua variasi lantai untuk rangka pemikul momen khusus sudah mampu menahan paling sedikit 25% baik arah X dan arah Y yang dapat dilihat pada tabel 5.4 dan model struktur yang ditampilkan adalah potongan 5 dan potongan H di setiap variasi lantai yang dapat dilihat pada gambar 5.2 sampai dengan 5.17 dibawah ini.

Tabel 5. 4 Rangka Pemikul Momen Khusus Yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25%

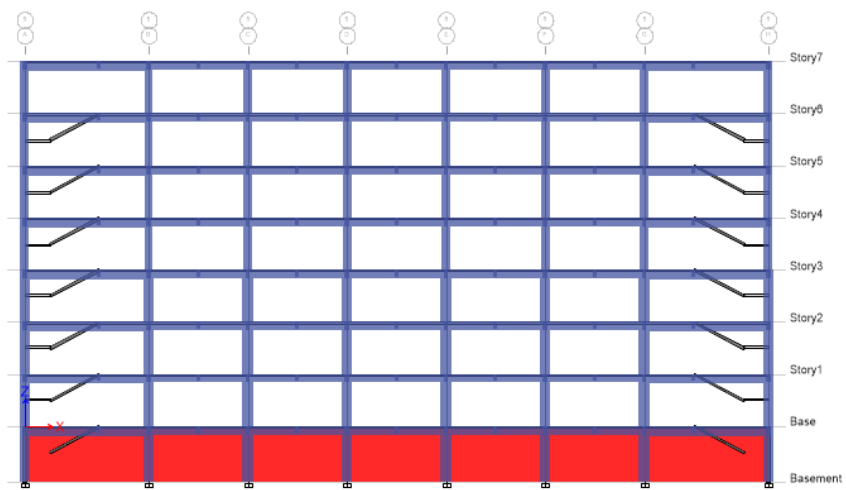
Variasi Ketinggian Lantai	% Rangka		% Shear Wall	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
5 Lantai	89,39%	26,11%	10,61%	73,89%
7 Lantai	88,42%	25,89%	11,58%	74,11%
10 Lantai	89,51%	25,38%	10,49%	74,62%
15 Lantai	89,57%	25,23%	10,43%	74,77%



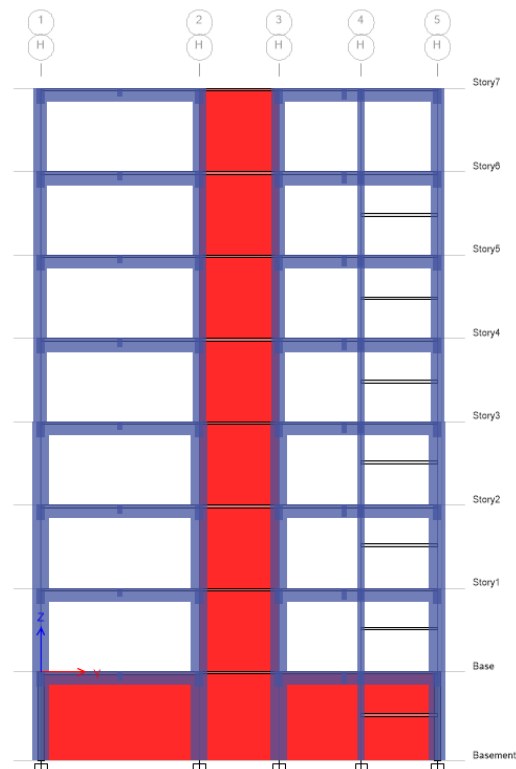
Gambar 5. 2 Potongan view 5 Gedung Dengan Basement 5 Lantai



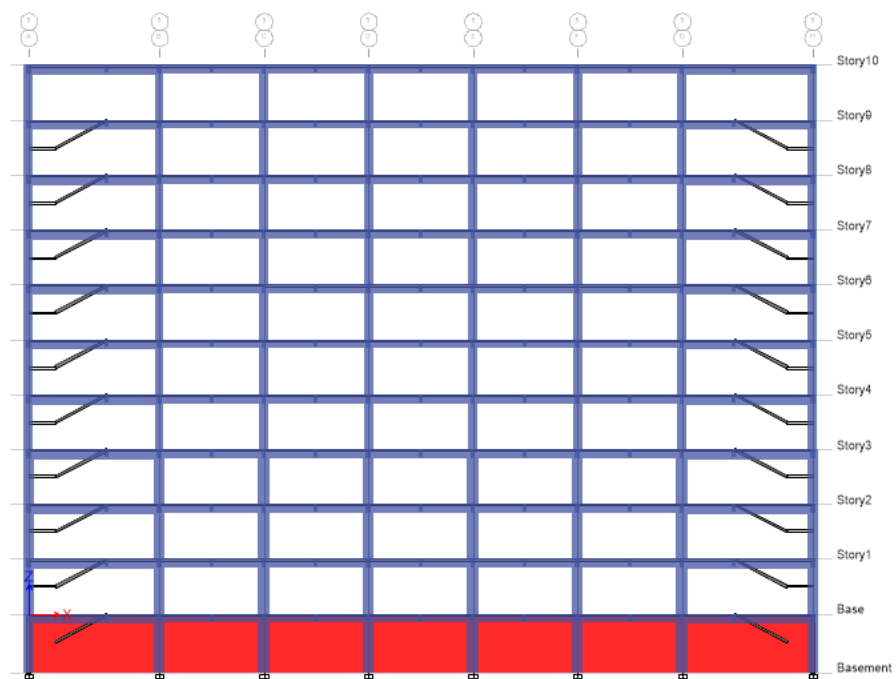
Gambar 5. 3 Potongan View H Gedung Dengan *Basement* 5 Lantai



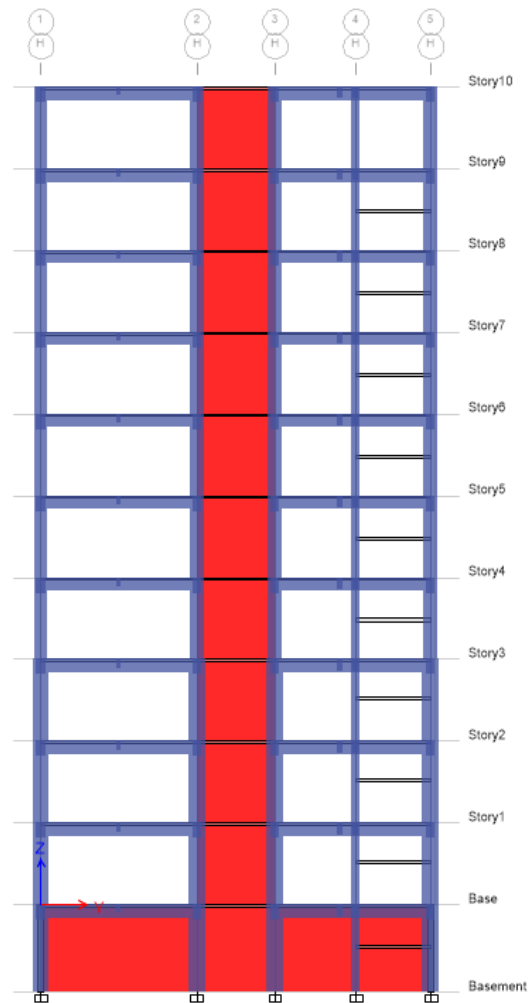
Gambar 5. 4 Potongan view 5 Gedung Dengan *Basement* 7 Lantai



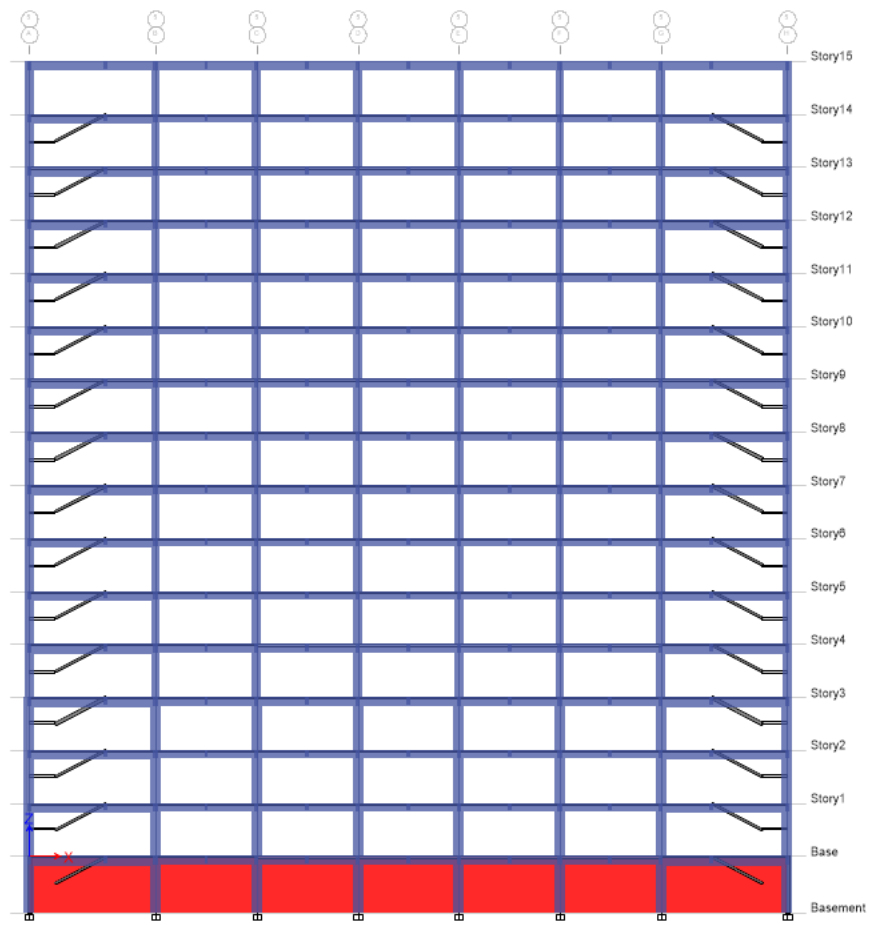
Gambar 5. 5 Potongan View H Gedung Dengan *Basement* 7 Lantai



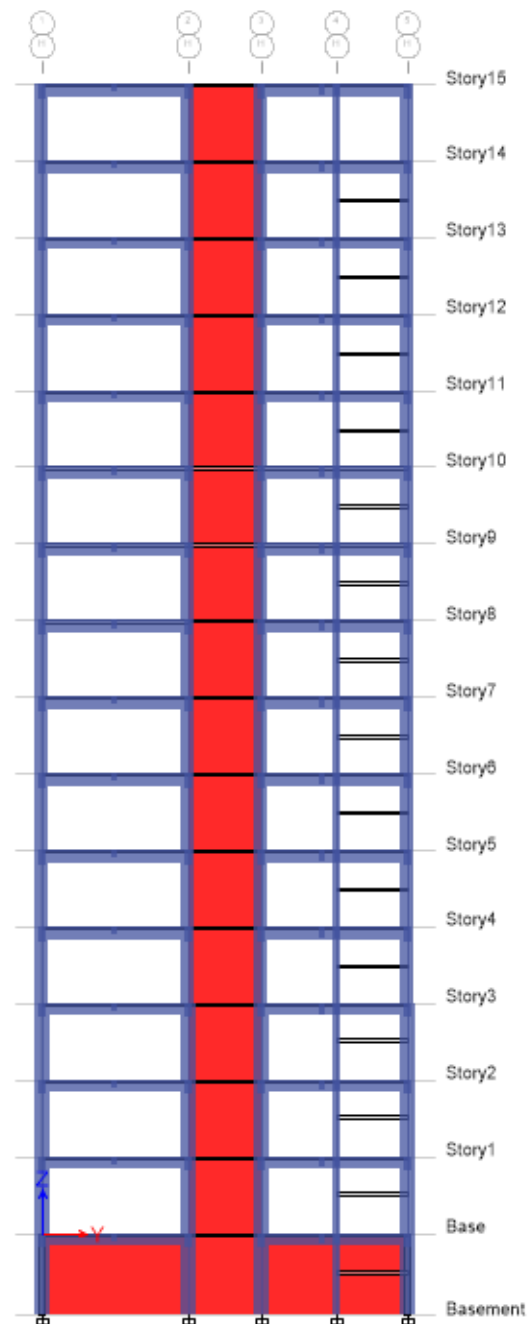
Gambar 5. 6 Potongan View 5 Gedung Dengan *Basement* 10 Lantai



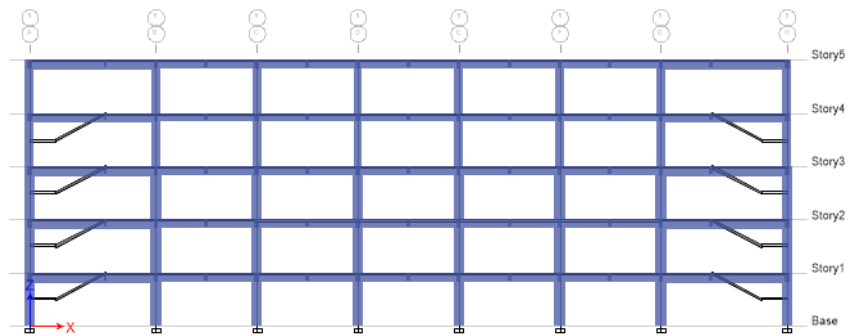
Gambar 5. 7 Potongan View H Gedung Dengan *Basement* 10 Lantai



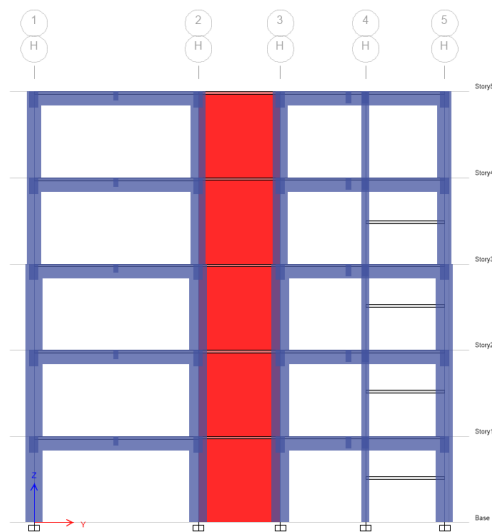
Gambar 5. 8 Potongan View 5 Gedung Dengan *Basement* 15 Lantai



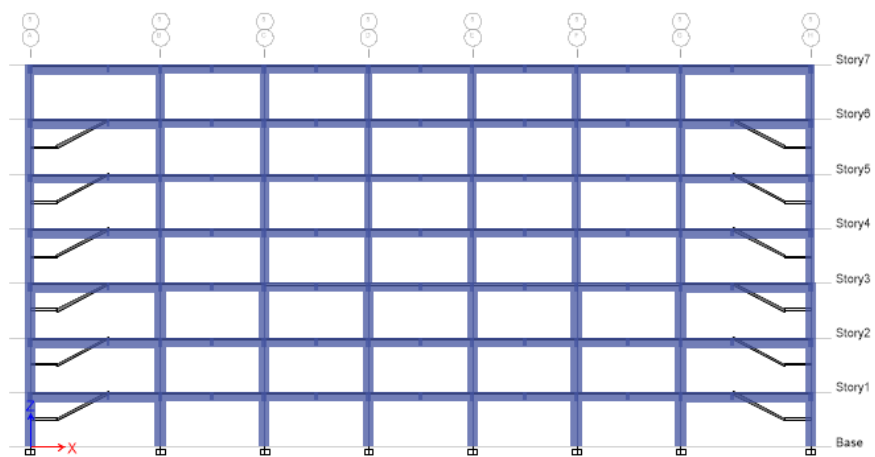
Gambar 5. 9 Potongan View H Gedung Dengan *Basement* 15 Lantai



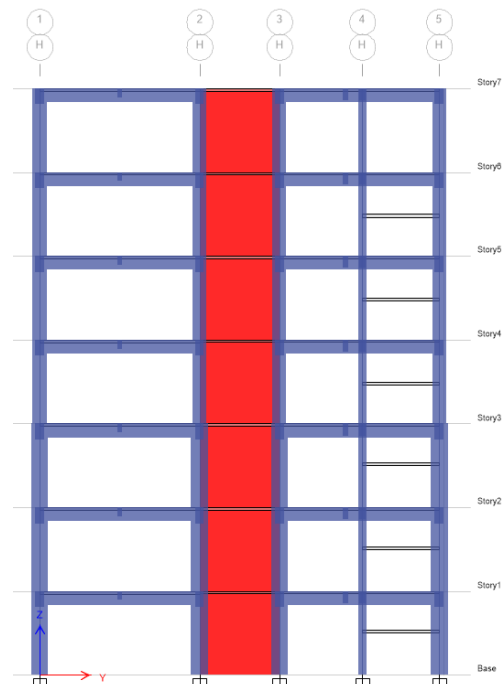
Gambar 5. 10 Potongan view 5 Gedung Tanpa Basement 5 Lantai



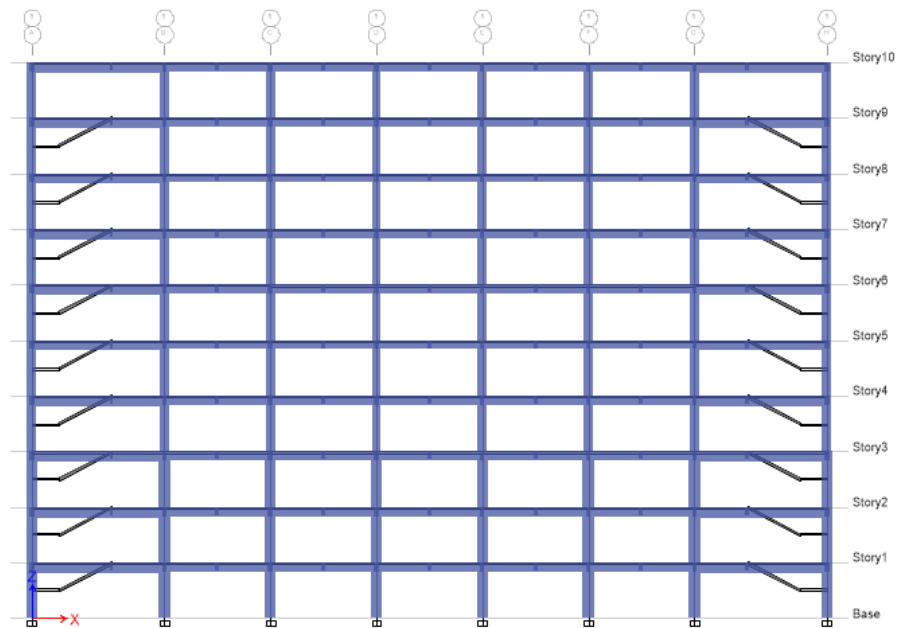
Gambar 5. 11 Potongan View H Gedung Tanpa Basement 5 Lantai



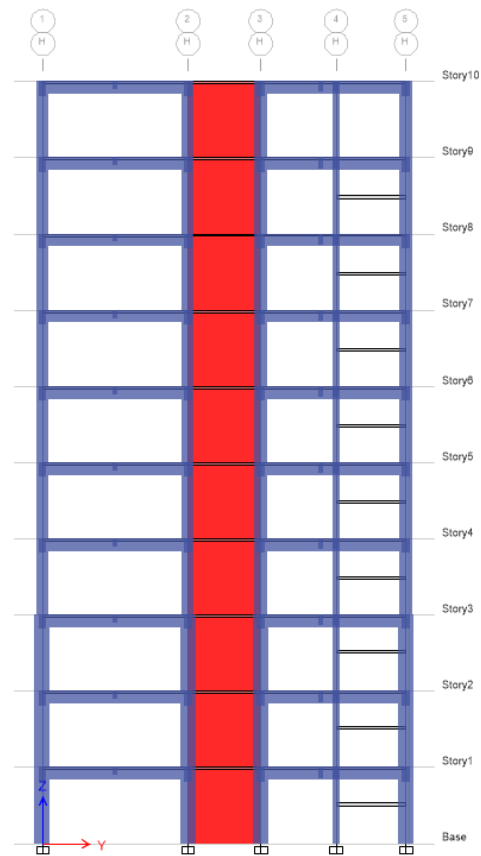
Gambar 5. 12 Potongan view 5 Gedung Tanpa Basement 7 Lantai



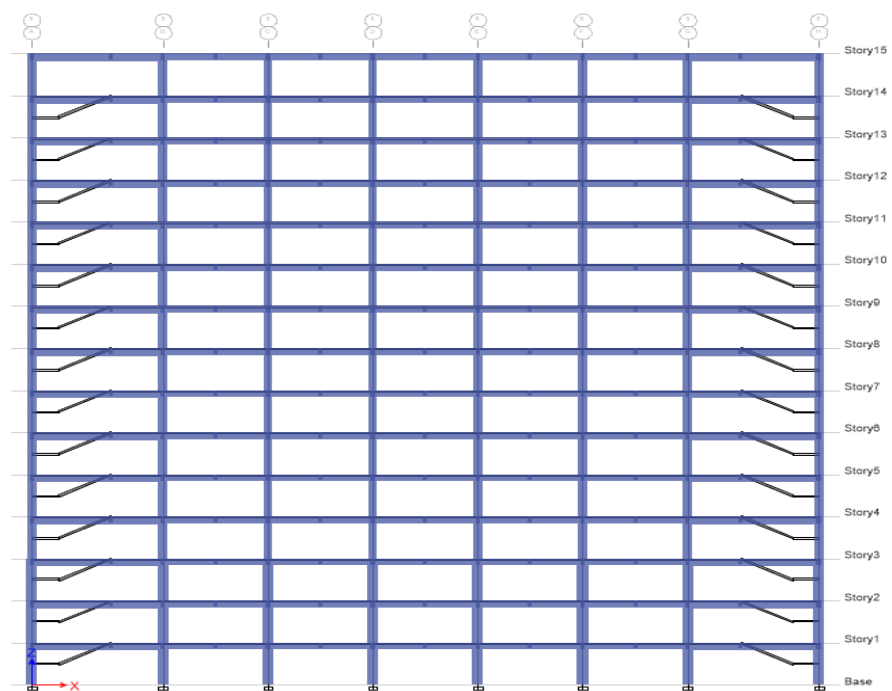
Gambar 5. 13 Potongan View H Gedung Tanpa Basement 7 Lantai



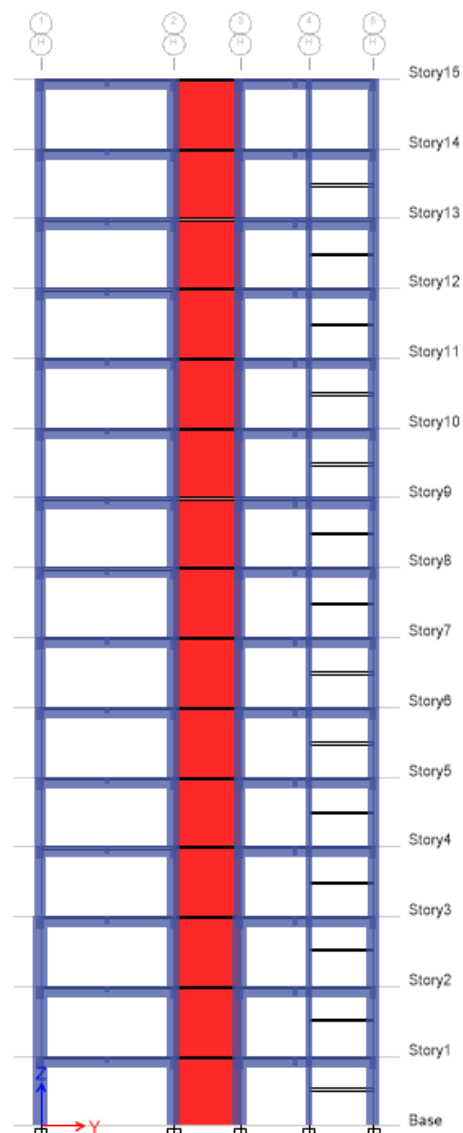
Gambar 5. 14 Potongan view 5 Gedung Tanpa Basement 10 Lantai



Gambar 5. 15 Potongan View H Gedung Tanpa Basement 10 Lantai



Gambar 5. 16 Potongan view 5 Gedung Tanpa Basement 15 Lantai



Gambar 5. 17 Potongan View H Gedung Tanpa Basement 15 Lantai

5.4 Massa Bangunan

Massa bangunan adalah jumlah massa total dari elemen-elemen struktur, Tanpa-struktur, serta beban hidup yang diperhitungkan dalam analisis seismik. Massa ini digunakan untuk menghitung gaya inersia akibat gempa yang bekerja pada bangunan. Berikut adalah rekapitulasi massa bangunan dari variasi ketinggian 5 lantai, 7 lantai, 10 lantai, dan 15 lantai.

1. Variasi ketinggian 5 lantai bangunan *basement*.

Tabel 5. 5 Massa bangunan gedung dengan dan tanpa *basement* variasi ketinggian 5 lantai

Story	<i>Basement (kN)</i>	Tanpa <i>Basement (kN)</i>
5	9805,07	9805,07
4	12088,81	12088,81
3	12088,81	12088,81
2	12088,81	12088,81
1	12229,94	12229,94
Basement	14469,77	-
Total	60541,27	46071,50

2. Variasi ketinggian 7 lantai bangunan tanpa *basement*.

Tabel 5. 6 Massa bangunan gedung dengan dan tanpa *basement* variasi ketinggian 7 lantai

Story	<i>Basement (kN)</i>	Tanpa <i>Basement (kN)</i>
7	9805,07	9805,07
6	12088,81	12088,81
5	12088,81	12088,81
4	12088,81	12088,81
3	12088,81	12088,81
2	12088,81	12088,81
1	12229,94	12229,94
Basement	14469,77	-
Total	84718,89	70249,12

3. Variasi ketinggian 10 lantai bangunan *basement*.

Tabel 5. 7 Massa bangunan gedung dengan dan tanpa *basement* variasi ketinggian 10 lantai

Story	<i>Basement (kN)</i>	Tanpa <i>Basement (kN)</i>
10	9805,07	9805,07
9	12088,81	12088,81
8	12088,81	12088,81
7	12088,81	12088,81
6	12088,81	12088,81
5	12088,81	12088,81
4	12088,81	12088,81
3	12088,81	12088,81
2	12088,81	12088,81
1	12229,94	12229,94
Basement	14469,77	-
Total	120985,32	106515,55

4. Variasi ketinggian 15 lantai bangunan tanpa *basement*.

Tabel 5. 8 Massa bangunan gedung dengan dan tanpa *basement* variasi ketinggian 15 lantai

Story	Basement (kN)	Tanpa Basement (kN)
15	9805,07	9805,07
14	12088,81	12088,81
13	12088,81	12088,81
12	12088,81	12088,81
11	12088,81	12088,81
10	12088,81	12088,81
9	12088,81	12088,81
8	12088,81	12088,81
7	12088,81	12088,81
6	12088,81	12088,81
5	12088,81	12088,81
4	12088,81	12088,81
3	12088,81	12088,81
2	12088,81	12088,81
1	12229,94	12229,94
Basement	14469,77	-
Total	181429,37	166959,60

5.5 Data Gempa

Data gempa yang digunakan pada penelitian struktur gedung dengan dan tanpa *basement* tercantum dalam SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Tanpa Gedung. Nilai S_s dan S_1 di dapat website <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id>. Berikut adalah cara data gempa yang akan digunakan dalam penelitian ini.

1. Lokasi Gedung : Yogyakarta
2. Fungsi Gedung : Laboratorium
3. Kategori Risiko Bangunan : IV (Tabel 3 SNI 1726:2019)
4. Faktor Keutaamaan Gempa : 1,5 (Tabel 4 SNI 1726:2019)
5. Klasifikasi Situs : Tanah Sedang (SD)
6. Percepatan Periode Pendek (S_s) : 1,1174
7. Percepatan Periode 1 Detik (S_1) : 0,520
8. Koef situs periode pendek (F_a) : 1,030 (SNI 1725:2019 Tabel 6)
9. Koef situs periode 1 detik (F_v) : 1,880 (SNI 1725:2019 Tabel 7)
10. Penentuan S_D s dan S_{D1}

Pasal 6.2 dan 6.3 SNI 1726 – 2019 berisi tentang bagaimana menentukan

nilai SDs dan SD1. Berikut adalah hasil perhitungannya.

$$\begin{aligned}SDs &= 2/3 \times Ss \times Fa \\&= 2/3 \times 1,176 \times 1,030 \\&= 0,807 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SD1 &= 2/3 \times S1 \times Fv \\&= 2/3 \times 0,520 \times 1,880 \\&= 0,652 \text{ g}\end{aligned}$$

11. Penentuan Ts dan T0 (SNI 1726:2019 pasal 6.4)

$$\begin{aligned}Ts &= \frac{SD1}{SDs} \\&= \frac{0,652}{0,807} \\&= 0,808 \text{ detik}\end{aligned}$$

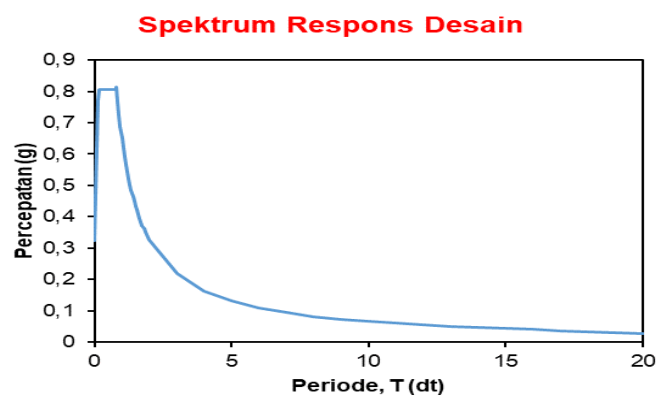
$$\begin{aligned}T0 &= 0,2 \times \frac{SD1}{SDs} \\&= 0,2 \times \frac{0,652}{0,807} \\&= 0,162 \text{ detik}\end{aligned}$$

Penentuan nilai Sa nilai lebih besar dari T0 dan kurang dari sama dengan Ts, maka diambil SDs.

$$Sa = SDS$$

$$Sa = 0,807 \text{ g}$$

Setelah mendapatkan nilai – nilai tersebut yang dibutuhkan untuk membuat respon spektrum maka grafik respon spektrum untuk gedung laboratorium di Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 5.18 dibawah ini.



Gambar 5. 18 Respon Spektrum

12. Kategori Desain Seismik (KDS) : D (SNI 1726:2019 pasal 6.5)
13. Koefisien modifikasi respon (R) : 7 (SNI 1726:2019 tabel 12)
14. Faktor Keutamaan Gempa (Ie) : 1,50 (SNI 1726:2019 tabel 3 dan 4)
15. Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω) : 2,5 (SNI 1726:2019 tabel 12)
16. Faktor Pembesaran Defleksi (Cd) : 5,5 (SNI 1726:2019 tabel 12)
17. Koefisien untuk batas atas (Cu) : 1,4 (SNI 1726:2019 tabel 17)
18. Parameter pendekatan periode (Ct) : 0,0488 (SNI 1726:2019 tabel 18)
19. Parameter periode pendekatan (x) : 0,75 (SNI 1726:2019 tabel 18)
20. Tinggi bangunan (h) bervariasi mulai dari 21 meter (5 lantai), 29,4 meter (7 lantai), 42 meter (10 lantai), 63 Meter (15 lantai).
21. Periode Fundamental T_a sesuai SNI 1726:2019 persamaan 36 memiliki perhitungan sebagai berikut.
 - a. Variasi 5 Lantai

$$T_a = C_t \times h^x$$

$$= 0,0488 \times 21^{0,75}$$

$$= 0,479 \text{ detik}$$
 - b. Variasi 7 Lantai

$$T_a = C_t \times h^x$$

$$= 0,0488 \times 29,4^{0,75}$$

$$= 0,616 \text{ detik}$$
 - c. Variasi 10 Lantai

$$T_a = C_t \times h^x$$

$$= 0,0488 \times 42^{0,75}$$

$$= 0,805 \text{ detik}$$
 - d. Variasi 15 Lantai

$$T_a = C_t \times h^x$$

$$= 0,0488 \times 63^{0,75}$$

$$= 1,091 \text{ detik}$$
22. Mencari T_{max} sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2 memiliki perhitungan sebagai berikut.

a. Variasi 5 Lantai

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= C_u \times T_a \\
 &= 1,4 \times 0,479 \\
 &= 0,670 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

b. Variasi 7 Lantai

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= C_u \times T_a \\
 &= 1,4 \times 0,616 \\
 &= 0,863 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

c. Variasi 10 Lantai

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= C_u \times T_a \\
 &= 1,4 \times 0,805 \\
 &= 1,127 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

d. Variasi 15 Lantai

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= C_u \times T_a \\
 &= 1,4 \times 1,091 \\
 &= 1,528 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

23. Rekapitulasi T Computer dan penentuan T pakai di setiap variasi lantai

Berikut adalah syarat-syarat untuk menentukan nilai T.

- Jika $T_c > T_{\max}$, maka digunakan $T_{\max}$
- Jika $T_a < T_c < T_{\max}$, maka digunakan T_c
- Jika $T_c < T_a$, maka digunakan T_a

Tabel 5. 9 Rekapitulasi T Computer Dan Penentuan T Pakai

Variasi Tingkat	T_a (detik)	T Computer (detik)	T Max (detik)	T Pakai (detik)
5 Lantai	0,479	1,179	0,670	0,670
7 Lantai	0,616	1,791	0,863	0,863
10 Lantai	0,805	2,677	1,127	1,127
15 Lantai	1,091	4,170	1,528	1,528

24. Koefisien Respon Seismik (C_s)

Nilai koefisien respons seismik digunakan pada tahap perhitungan Base Shear Statik Ekuivalen. Nilai Koefisien respon seismik atau C_s ditentukan

dengan menggunakan persamaan sebagai berikut sesuai persamaan 31 di dalam SNI 1726-2019.

$$\begin{aligned} Cs &= \frac{SDs}{\frac{R}{I_e}} \\ &= \frac{0,807}{\frac{7}{1,5}} \\ &= 0,173 \end{aligned}$$

Perhitungan Cs min dibawah ini menggunakan SNI 1726:2019 persamaan 34.

$$\begin{aligned} Cs \text{ min} &= 0,044 \times SDs \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,807 \times 1,5 \\ &= 0,053 \end{aligned}$$

Selanjut nya adalah perhitungan Cs Max berdasarkan masing masing variasi ketinggian lantai yang berbeda dimulai dari 5 lantai, 7 lantai, 10 lantai, dan 15 lantai sesuai dengan syarat SNI 1726:2019 persamaan 32.

a. Variasi Lantai 5

$$\begin{aligned} Cs \text{ max} &= \frac{SD1}{T(\frac{R}{I_e})} \\ &= \frac{0,652}{0,670(\frac{7}{1,5})} \\ &= 0,208 \end{aligned}$$

b. Variasi Lantai 7

$$\begin{aligned} Cs \text{ max} &= \frac{SD1}{T(\frac{R}{I_e})} \\ &= \frac{0,652}{0,863(\frac{7}{1,5})} \\ &= 0,162 \end{aligned}$$

c. Variasi Lantai 10

$$\begin{aligned} Cs \text{ max} &= \frac{SD1}{T(\frac{R}{I_e})} \\ &= \frac{0,652}{1,127(\frac{7}{1,5})} \\ &= 0,124 \end{aligned}$$

d. Variasi Lantai 15

$$\begin{aligned}
 C_s \max &= \frac{SD1}{T(\frac{R}{I_e})} \\
 &= \frac{0,652}{1,528(\frac{7}{1,5})} \\
 &= 0,091
 \end{aligned}$$

Dengan C_s tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 SDSI_e \geq 0,01$$

Berikut adalah rekapitulasi nilai C_s yang dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Nilai C_s

Variasi Ketinggian	C_s	$C_s \text{ Max}$	$C_s \text{ Min}$	$C_s \text{ Pakai}$
5 Lantai	0,173	0,208	0,053	0,173
7 Lantai	0,173	0,162	0,053	0,162
10 Lantai	0,173	0,124	0,053	0,124
15 Lantai	0,173	0,091	0,053	0,091

5.6 Perbandingan Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

5.6.1 Gaya Geser Statik Ekuivalen

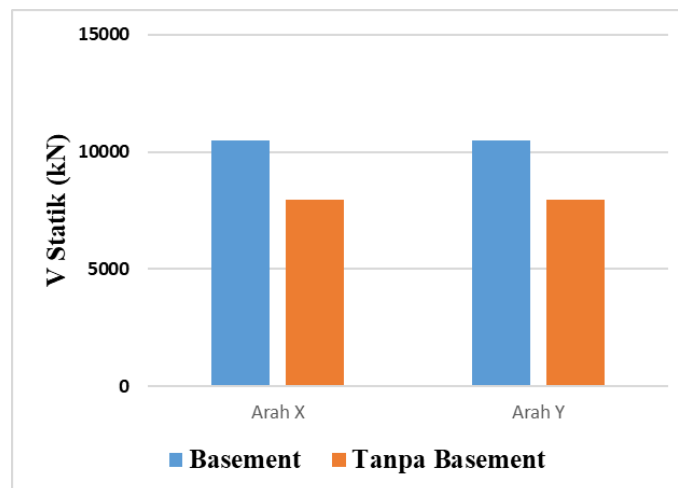
Gaya geser dasar analisis ragam atau respon spektrum (V) yang dihasilkan melalui perhitungan. Berikut adalah contoh perhitungan yang digunakan diambil contoh dari cara perhitungan V statik pada gedung dengan *basement* 5 lantai.

$$\begin{aligned}
 V &= C_s \times W \\
 &= 0,173 \times 60541,27 \text{ kN} \\
 &= 10471,99 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

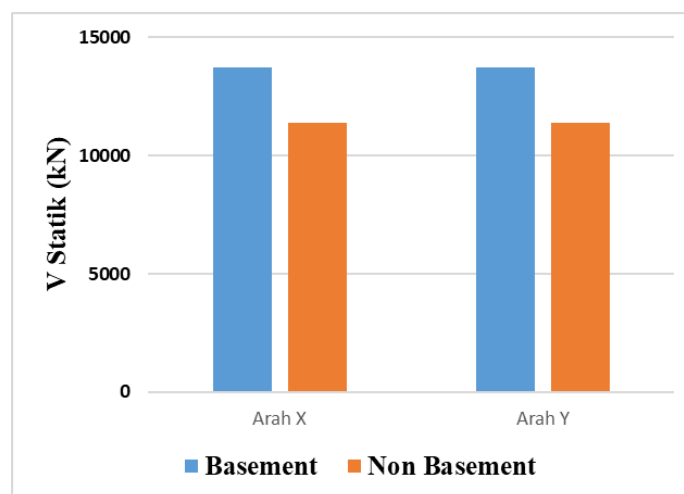
Untuk rekapitulasi hasil perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel yang dapat dilihat pada tabel 5.11 dan untuk diagram perbandingan dapat dilihat pada gambar 5.19 sampai dengan 5.22 berikut.

Tabel 5. 11 Hasil Perhitungan ETABS antara Gedung Basement Dan Tanpa Basement V Statik

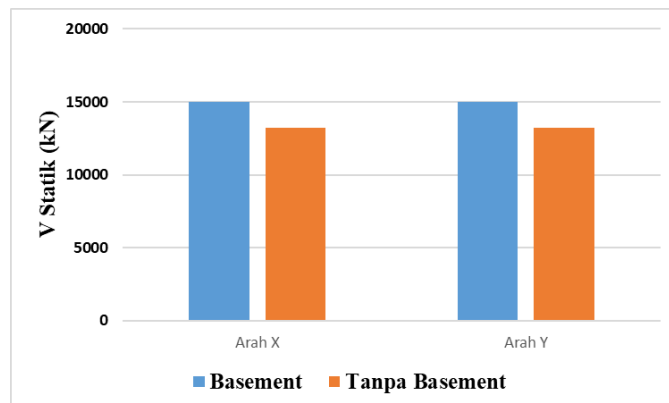
Variasi Ketinggian	Keterangan Arah	Tanpa Basement (kN)	Basement (kN)
5 Lantai	Arah X	7969,12	10471,99
	Arah Y	7969,12	10471,99
7 Lantai	Arah X	11378,29	13721,96
	Arah Y	11378,29	13721,96
10 Lantai	Arah X	13203,00	14996,58
	Arah Y	13203,00	14996,58
15 Lantai	Arah X	15268,71	16592,00
	Arah Y	15268,71	16592,00



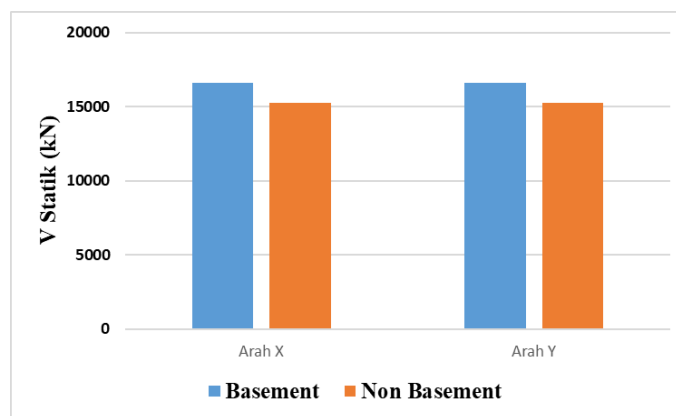
Gambar 5. 19 Diagram Perbandingan V Statik Basement Dan Tanpa Basement 5 Lantai



Gambar 5. 20 Diagram Perbandingan V Statik Basement Dan Tanpa Basement 7 Lantai



Gambar 5. 21 Diagram Perbandingan V Statik *Basement* Dan Tanpa *Basement* 10 Lantai



Gambar 5. 22 Diagram Perbandingan V Statik *Basement* Dan Tanpa *Basement* 15 Lantai

Pada perhitungan V Statik setiap variasi ketinggian lantai menunjukkan hasil berturut-turut dari variasi ketinggian 5 lantai sampai dengan 15 lantai untuk model tanpa *Basement* arah X dan Y adalah memiliki hasil 7969,12 kN, 11378,29 kN, 13203 kN, dan 15268,71 kN. V statik model *Basement* untuk arah X dan Y memiliki hasil berturut-turut dari variasi ketinggian 5 lantai sampai dengan 15 lantai adalah 10471,99 kN, 13721,96 kN, 14996,58 kN, dan 16592,00 kN.

Jika dilihat dari hasil yang diperoleh dari penelitian ini dan penelitian sebelumnya model tanpa *Basement* memiliki hasil yang lebih kecil dibandingkan *Basement* karena V statik menghitung berat bangunan dan faktor gempa, pada bangunan *Basement* bangunan lebih berat sehingga menimbulkan V statik yang lebih besar.

5.6.2 Gaya Geser Dasar Respon Spektrum

Pada perhitungan gaya geser dasar memerlukan perhitungan penskalaan gaya yang dapat dilihat dibawah ini. (contoh perhitungan diambil dari V statik pada gedung *basement* 5 lantai.

1. Menentukan massa ragam terkombinasi

Dalam SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1, Massa ragam terkombinasi sebesar 100% tetapi ada pengecualian analisis massa ragam diizinkan terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual. Berikut adalah tabel 5.12 berikut.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Hasil Massa Ragam Terkombinasi Di Setiap Variasi Ketinggian Lantai

Mode	5 Lantai		7 Lantai		10 Lantai		15 Lantai	
	Sum Ux	Sum Uy	Sum Ux	Sum Uy	Sum Ux	Sum Uy	Sum Ux	Sum Uy
1	0,7662	0,7196	0,7642	0,6928	0,7676	0,6827	0,7745	0,6901
2	0,7662	0,7196	0,7642	0,6928	0,7677	0,6827	0,7747	0,6901
3	0,7662	0,7198	0,7643	0,6931	0,7678	0,6832	0,7753	0,6908
4	0,8917	0,7198	0,8774	0,6931	0,8726	0,6832	0,8732	0,6908
5	0,8917	0,8542	0,8774	0,8598	0,8726	0,8532	0,8732	0,8392
6	0,9512	0,8542	0,9283	0,8598	0,9167	0,8532	0,9129	0,8392
7	0,9512	0,9058	0,9283	0,8987	0,9167	0,8532	0,913	0,8392
8	0,9512	0,9058	0,9283	0,8987	0,9167	0,9039	0,9355	0,8392
9	0,9512	0,9058	0,9591	0,8987	0,9428	0,9039	0,9355	0,9006
10	0,9512	0,9059	0,9591	0,9147	0,9428	0,9249	0,9503	0,9006
11	0,9814	0,9059	0,9591	0,9271	0,961	0,925	0,9503	0,9277
12	0,9814	0,9344	0,9591	0,9272	0,961	0,9391	0,9503	0,9277

2. Menentukan V dinamik

Contoh perhitungan dibawah ini menggunakan V statik gedung *basement* variasi ketinggian 5 lantai.

$$V \text{ statik arah X} = 10471,99 \text{ kN}$$

$$V \text{ statik arah Y} = 10471,99 \text{ kN}$$

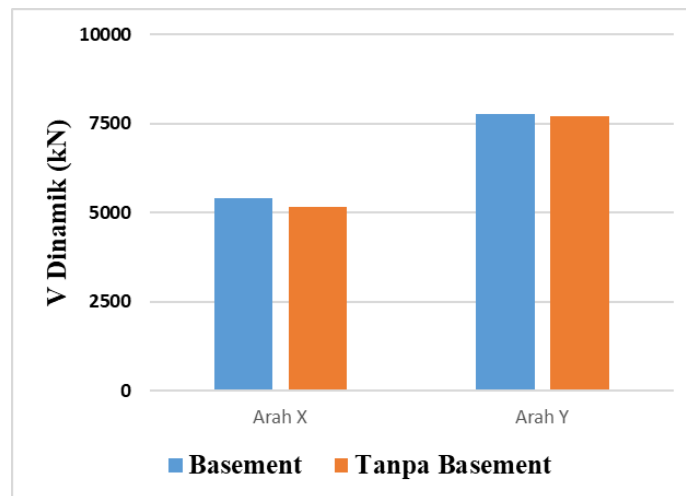
$$\begin{aligned} \text{Skala Awal Faktor Gempa} &= g/(R/I_e) \\ &= 9.80665/(7/1.5) \\ &= 2101,43 \text{ mm/s}^2 \end{aligned}$$

- V dinamik arah X = 5402,88 kN
- V dinamik arah Y = 7759,48 kN
3. Faktor Koreksi Dinamik
- f Arah X = $V \text{ statik} / (V \text{ dinamik})$
 = 10471,99 kN / 5402,88 kN
 = 1,938
- f Arah Y = $V_Y / (V_i, Y)$
 = 10471,99 kN / 7759,48 kN
 = 1,350
4. Menentukan Skala Akhir Dinamik
- SF Arah X = $f_X \times SF$
 = 1,938 x 2101,43 mm/s²
 = 4073,03 mm/s²
- SF Arah Y = $f_Y \times SF$
 = 1,350 x 2101,43 mm/s²
 = 2836,03 mm/s²

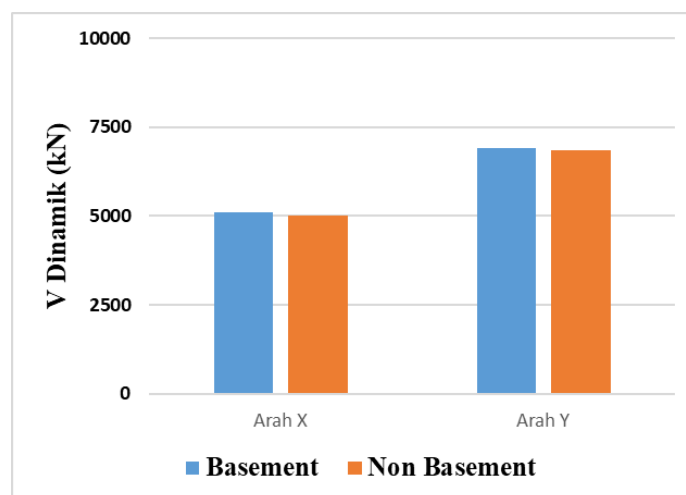
Untuk hasil V dinamik diambil yang menggunakan penskalaan awal. Rekapitulasi hasil perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel yang dapat dilihat pada tabel 5.13 dan untuk diagram perbandingan dapat dilihat pada gambar 5.23 sampai dengan 5.26.

Tabel 5. 13 Selisih Perhitungan ETABS antara Gedung *Basement* dan Tanpa *Basement* V Dinamik

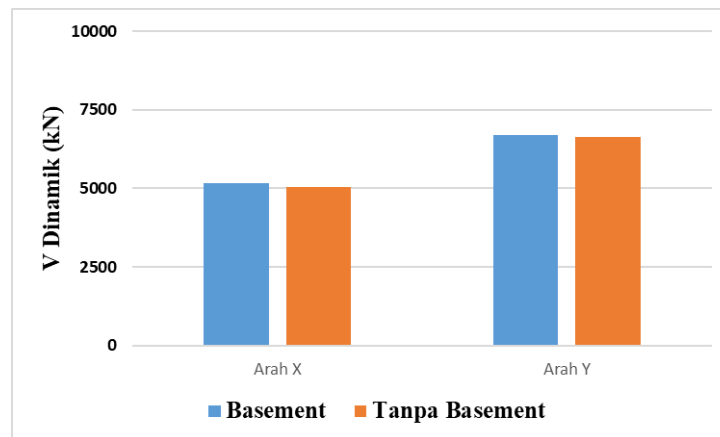
Variasi Ketinggian	Keterangan Arah	Tanpa <i>Basement</i> (kN)	<i>Basement</i> (kN)
5 Lantai	Arah X	5149,74	5402,88
	Arah Y	7710,55	7759,48
7 Lantai	Arah X	5011,95	5116,74
	Arah Y	6853,30	6924,63
10 Lantai	Arah X	5039,96	5161,42
	Arah Y	6625,16	6695,99
15 Lantai	Arah X	4919,17	5049,58
	Arah Y	6379,08	6458,15



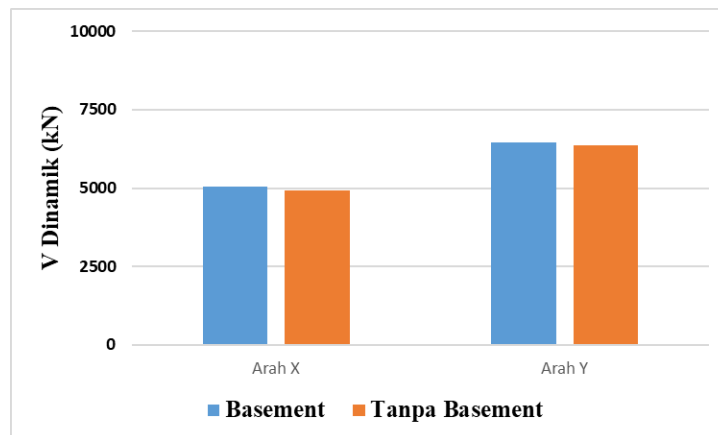
Gambar 5. 23 Diagram Perbandingan V Dinamik *Basement* Dan Tanpa *Basement* 5 Lantai



Gambar 5. 24 Diagram Perbandingan V Dinamik *Basement* Dan Tanpa *Basement* 7 Lantai



Gambar 5. 25 Diagram Perbandingan V Dinamik *Basement* Dan Tanpa *Basement* 10 Lantai



Gambar 5. 26 Diagram Perbandingan V Dinamik *Basement* Dan Tanpa *Basement* 15 Lantai

Pada perhitungan V Dinamik setiap variasi ketinggian lantai menunjukkan hasil berturut-turut dari variasi ketinggian 5 lantai sampai dengan 15 lantai untuk model tanpa *Basement* arah X adalah 5149,74, 5011,95, 5039,96, dan 4919,17 dan arah Y 7710,55, 6853,30, 6625,16, dan 6379,08. V dinamik model *Basement* untuk arah X adalah 5402,88, 5116,74, 5161,42, dan 5049,58 dan arah Y adalah 7759, 48, 6924,63, 6695,99, dan 6458,15.

Dilihat dari penelitian sebelumnya yang ditulis oleh Sartika, Lasria Joynetta (2016) yang berjudul Studi Perbandingan Respons Dinamik pada Struktur Gedung RS UKI dengan dan Tanpa *Basement* memperoleh hasil V dinamik model tanpa *basement* lebih kecil dibandingkan *basement*.

Hasil dari penelitian ini memiliki kesamaan bahwa V dinamik pada variasi ketinggian 5 lantai sampai dengan 15 lantai model tanpa *Basement* memiliki hasil yang lebih kecil dibandingkan model *Basement*. Hasil ini dikarenakan adanya perbedaan kekakuan struktur yang mana bangunan tanpa *Basement* umumnya lebih fleksibel. Jika dilihat dari hasil yang diperoleh ditemukan adanya penurunan gaya gempa dari variasi ketinggian lantai 5 sampai dengan variasi ketinggian 15 lantai hal ini disebabkan karena periode yang lebih panjang menyebabkan gaya gempa yang lebih kecil argumen ini diambil dari konsep respon spektrum gempa pada SNI 1726:2019 bahwa struktur dengan periode lebih panjang umumnya mengalami gaya gempa yang lebih kecil dibandingkan struktur yang lebih kaku.

5.7 Perbandingan Simpangan

Simpangan dalam analisis struktur adalah salah satu parameter penting yang digunakan untuk memahami respons suatu struktur terhadap beban yang bekerja padanya. Simpangan Antar Lantai menggambarkan perubahan posisi suatu titik pada struktur dari posisi awalnya akibat pengaruh beban eksternal. Dalam konteks rekayasa, Simpangan Antar Lantai mencakup perpindahan translasi dalam arah sumbu X dan Y .

Simpangan Antar Lantai memiliki fungsi untuk memberikan gambaran apakah struktur sudah memenuhi kriteria yang telah ditentukan, maka dari itu Simpangan Antar Lantai menjadi parameter utama dalam mendesain perancangan struktur. Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi Simpangan Antar Lantai seperti jenis material, geometri struktur, dan kondisi tumpuan. Berikut adalah hasil rangkuman dari *ETABS V.22*.

Sesuai SNI 1726:2019 pada bab 7.9.1.4.1 penskalaan simpangan dilakukan apabila kombinasi respon untuk gaya geser dasar hasil analisa ragam kurang dari gaya geser dasar statik ($C_s \times W$) dan dimana C_s ditentukan berdasarkan persamaan 35. Pada perhitungan ini tidak diperlukan penskalaan karena C_s pakai yang digunakan adalah persamaan 31.

Berikut adalah contoh perhitungan simpangan antar lantai arah X dan arah Y untuk bangunan dengan *Basement* dan bangunan tanpa *Basement* yang dapat

dilihat dibawah ini.

1. Contoh perhitungan simpangan antar tingkat arah X dari Story 3 Variasi Basement 5 Lantai

a. Diketahui :

- Cd (Faktor Pembesaran Defleksi) = 5,5
- Ie (Faktor keutamaan gempa) = 1,5
- h_x (Tinggi tingkat) = 4200 mm
- δ_{x3} (Defleksi lantai 3) = 30,55 mm
- δ_{x2} (Defleksi lantai 2) = 15,14 mm

b. Perhitungan Simpangan

$$\begin{aligned}\Delta x_3 &= \frac{(\delta x_3 - \delta x_2) \times C_d}{I_e} \\ &= \frac{(30,55 - 15,14) \times 5,5}{1,5} \\ &= 56,50 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Contoh perhitungan simpangan antar tingkat arah Y dari Story 3 Variasi Basement 5 Lantai

a. Diketahui :

- Cd (Faktor Pembesaran Defleksi) = 5,5
- Ie (Faktor keutamaan gempa) = 1,5
- h (Tinggi tingkat) = 4200 mm
- δ_{y3} (Defleksi lantai 3) = 18,97 mm
- δ_{y2} (Defleksi lantai 2) = 9,22 mm

b. Perhitungan Simpangan

$$\begin{aligned}\Delta x_3 &= \frac{(\delta x_3 - \delta x_2) \times C_d}{I_e} \\ &= \frac{(18,97 - 9,22) \times 5,5}{1,5} \\ &= 35,77 \text{ mm}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dan perbandingan simpangan antar lantai variasi ketinggian lantai 5 sampai dengan lantai 15 bisa dapat dilihat pada sub bab 5.7.1 sampai dengan 5.7.4.

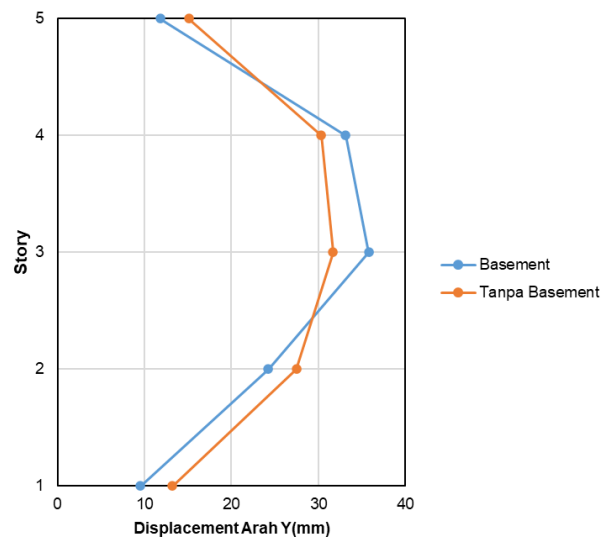
5.7.1 Variasi 5 Lantai

Tabel 5. 14 Perhitungan Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Y Model Basement Variasi Ketinggian 5 Lantai

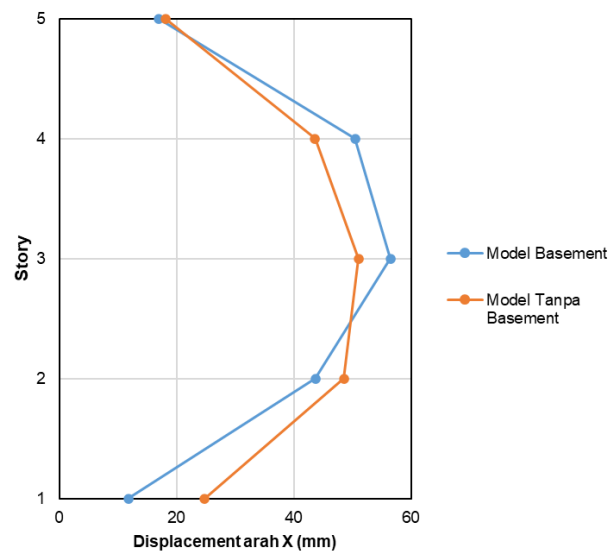
MODEL BASEMENT							
Story	Displacement		Elastic Drift		h (mm)	Inelastic Drift	
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
5	48,94	31,23	4,62	3,22	4200	16,95	11,79
4	44,32	28,01	13,77	9,04	4200	50,50	33,14
3	30,55	18,97	15,41	9,76	4200	56,50	35,77
2	15,14	9,22	11,93	6,61	4200	43,74	24,24
1	3,21	2,61	3,21	2,61	4200	11,77	9,56

Tabel 5. 15 Perhitungan Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Y Model Tanpa Basement Variasi Ketinggian 5 Lantai

MODEL TANPA BASEMENT							
Story	Displacement		Elastic Drift		h (mm)	Inelastic Drift	
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
5	50,79	32,13	4,94	4,12	4200	18,11	15,12
4	45,85	28,01	11,90	8,27	4200	43,64	30,34
3	33,95	19,73	13,93	8,64	4200	51,08	31,68
2	20,02	11,09	13,25	7,49	4200	48,57	27,48
1	6,77	3,60	6,77	3,60	4200	24,83	13,19



Gambar 5. 27 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y 5 Lantai



Gambar 5. 28 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X 5 Lantai

Pada perhitungan simpangan yang didapatkan hasil melalui output *ETABS* V.22 pada simpangan arah X lantai 1 sampai dengan lantai 5 bangunan tanpa *basement* memiliki hasil berturut-turut 24,83 mm, 48,57 mm, 51,08 mm, 43,64 mm, dan 18,11 mm. Arah Y bangunan tanpa *basement* memiliki hasil 13,19 mm, 27,48 mm, 31,68 mm, 30,34 mm, dan 15,12 mm. Pada bangunan *basement* memiliki simpangan arah X berturut-turut 11,77 mm, 43,74 mm, 56,50 mm, 50,50 mm, dan 16,95 mm. Arah Y bangunan *basement* 9,56 mm, 24,24 mm, 35,77 mm, 33,14 mm, dan 11,79 mm.

Jika dilihat dari hasil yang diperoleh untuk lantai 1, lantai 2, dan lantai 5 (puncak struktur) bangunan *basement* memiliki simpangan yang rendah dibandingkan bangunan tanpa *basement* hal ini terjadi karena kekakuan yang terjadi pada bangunan *basement* lebih tinggi pada lantai 1 dan lantai 2. Puncak struktur yaitu lantai 5 arah X dan arah Y menunjukkan *basement* berpengaruh untuk mengurangi pergeseran pada puncak struktur seperti penelitian yang pernah dibahas oleh Artek Aryanto (2023).

5.7.2 Variasi 7 Lantai

Tabel 5. 16 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Model

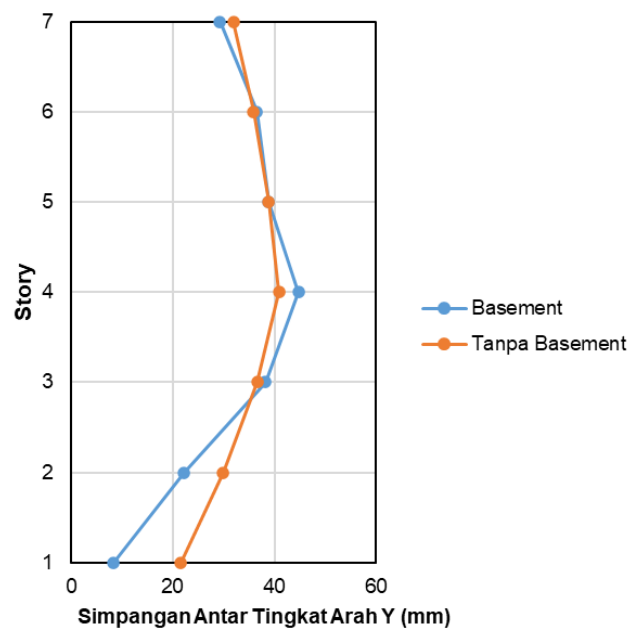
Basement 7 Lantai

MODEL BASEMENT							
Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift	
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
7	77,89	61,53	5,64	8,00	4200	20,67	29,32
6	72,25	53,53	8,87	9,97	4200	32,52	36,57
5	63,38	43,56	12,06	10,62	4200	44,21	38,93
4	51,33	32,94	16,72	12,20	4200	61,32	44,72
3	34,60	20,75	16,43	10,42	4200	60,25	38,22
2	18,17	10,32	11,49	6,06	4200	42,14	22,23
1	6,68	4,26	5,94	2,30	4200	21,78	8,42

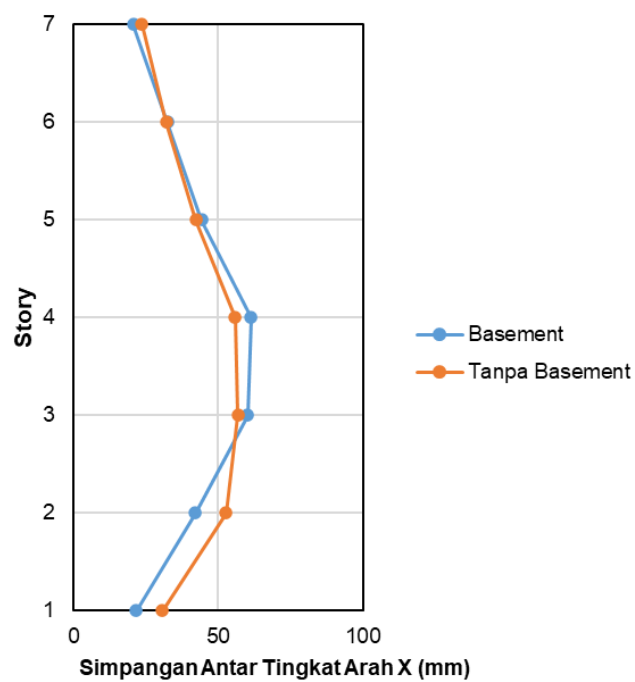
Tabel 5. 17 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Model

Tanpa Basement 7 Lantai

MODEL TANPA BASEMENT							
Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift	
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
7	80,30	64,33	6,45	8,73	4200	23,65	32,00
6	73,85	55,60	8,77	9,80	4200	32,15	35,93
5	65,08	45,80	11,56	10,59	4200	42,37	38,84
4	53,53	35,21	15,23	11,16	4200	55,85	40,92
3	38,30	24,05	15,49	9,99	4200	56,80	36,62
2	22,80	14,06	14,41	8,17	4200	52,84	29,96
1	8,39	5,89	8,39	5,89	4200	30,77	21,60



Gambar 5. 29 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y 7 Lantai



Gambar 5. 30 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X 7 Lantai

Pada perhitungan simpangan yang didapatkan hasil melalui output *ETABS* V.22 pada simpangan arah X lantai 1, lantai 2, dan lantai 7 bangunan *basement* memiliki hasil 21,78 mm, 42,14 mm, dan 20,67 mm. Arah Y memiliki hasil 8,42 mm, 22,23 mm, dan 29,32 mm. Model tanpa *basement* pada arah X pada lantai 1, lantai 2, dan lantai 7 memiliki hasil 30,77 mm, 52,84 mm dan 23,65 mm. Arah Y memiliki hasil 21,60 mm, 29,96 mm, dan 32,00 mm.

Dilihat dari hasil diatas arah X dan arah Y pada lantai 1, lantai 2, dan lantai 7 (puncak struktur) model *basement* memiliki simpangan yang rendah dibandingkan model tanpa *basement*. Hasil ini dikarenakan pada lantai 1, lantai 2, dan lantai 7 dipengaruhi dari kekakuan yang dihasilkan oleh *basement*.

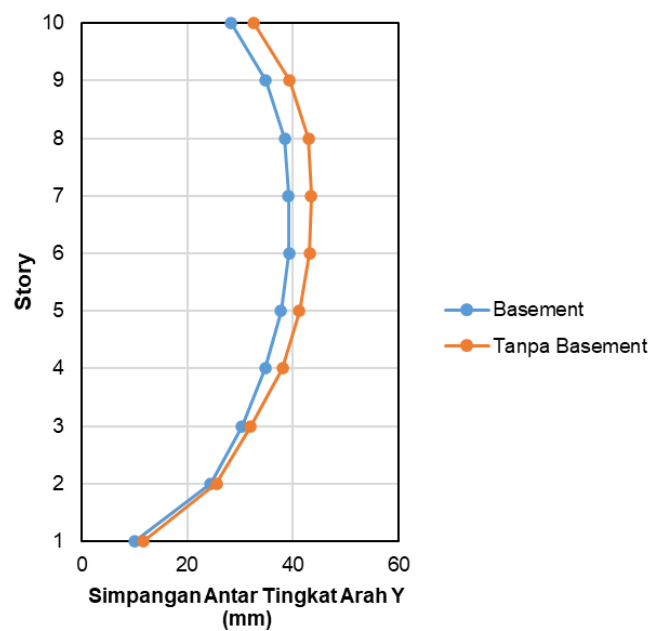
5.7.3 Variasi 10 Lantai

**Tabel 5. 18 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Model
Basement 10 Lantai**

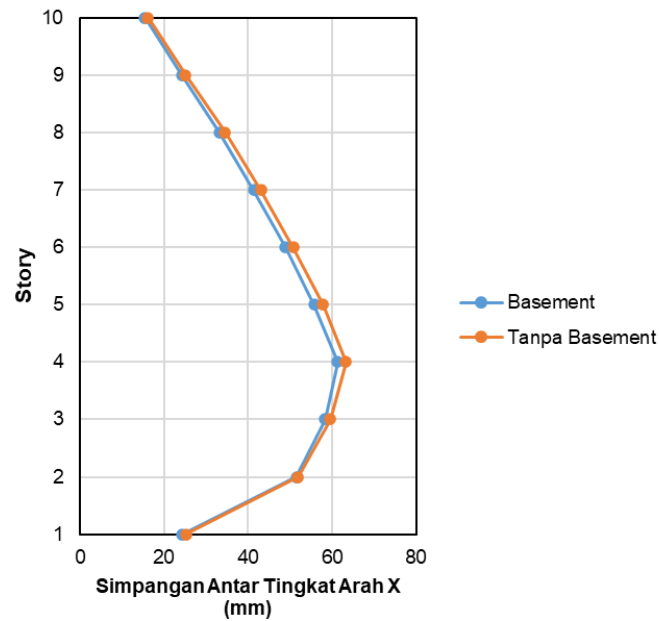
MODEL BASEMENT							
Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift	
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
10	112,91	86,53	4,20	7,71	4200	15,41	28,27
9	108,70	78,82	6,59	9,50	4200	24,17	34,83
8	102,11	69,32	9,03	10,49	4200	33,12	38,45
7	93,08	58,84	11,28	10,68	4200	41,36	39,15
6	81,80	48,16	13,31	10,71	4200	48,81	39,26
5	68,49	37,46	15,18	10,30	4200	55,66	37,75
4	53,31	27,16	16,71	9,49	4200	61,27	34,80
3	36,60	17,67	15,91	8,29	4200	58,35	30,39
2	20,69	9,38	14,05	6,67	4200	51,51	24,45
1	6,64	2,72	6,64	2,72	4200	24,34	9,96

**Tabel 5. 19 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Model
Tanpa Basement 10 Lantai**

MODEL TANPA BASEMENT							
Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift	
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
10	116,49	95,40	4,40	8,89	4200	16,14	32,60
9	112,09	86,51	6,84	10,73	4200	25,09	39,34
8	105,25	75,78	9,40	11,71	4200	34,46	42,93
7	95,85	64,07	11,73	11,84	4200	43,01	43,42
6	84,12	52,23	13,84	11,77	4200	50,73	43,15
5	70,28	40,46	15,76	11,24	4200	57,78	41,21
4	54,53	29,22	17,26	10,37	4200	63,30	38,02
3	37,26	18,85	16,25	8,72	4200	59,58	31,99
2	21,01	10,13	14,13	6,96	4200	51,80	25,51
1	6,89	3,17	6,89	3,17	4200	25,25	11,61



**Gambar 5. 31 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y 10
Lantai**



Gambar 5. 32 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X 10 Lantai

Dilihat dari grafik yang ditampilkan pada gambar diatas dapat ditarik pembahasan bahwa bangunan *basement* memiliki simpangan yang konsisten rendah dibandingkan bangunan tanpa *basement*. Pada bangunan yang memiliki ketinggian 10 lantai membuktikan bahwa adanya *basement* mampu memberikan kekakuan lebih tinggi dibandingkan ketinggian yang rendah seperti variasi ketinggian 5 lantai dan 7 lantai.

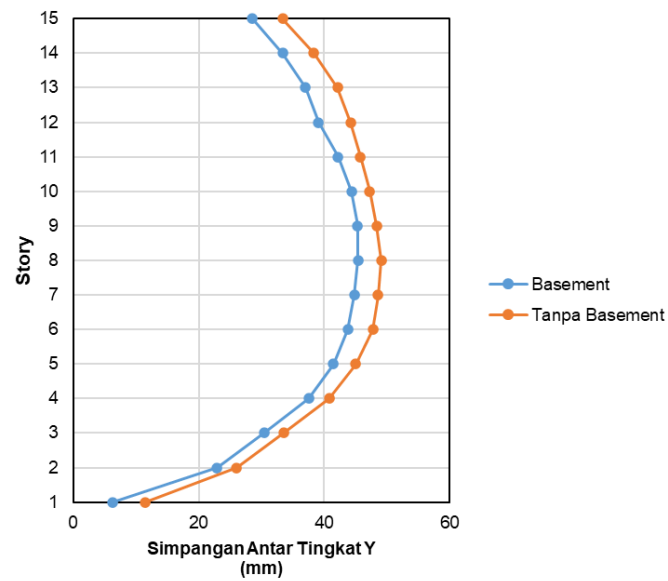
5.7.4 Variasi 15 Lantai

Tabel 5. 20 Perhitungan Simpangan Antar Lantai X dan Y Model Basement
15 Lantai

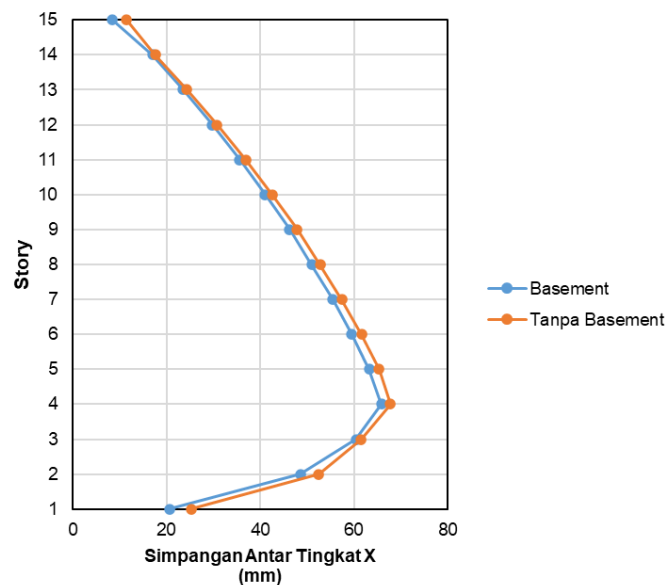
MODEL BASEMENT							
Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift	
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
15	170,81	147,97	2,30	7,79	4200	8,44	28,55
14	168,50	140,18	4,64	9,10	4200	17,03	33,35
13	163,86	131,09	6,41	10,10	4200	23,49	37,04
12	157,45	120,99	8,11	10,66	4200	29,73	39,09
11	149,34	110,33	9,70	11,50	4200	35,57	42,17
10	139,64	98,83	11,20	12,10	4200	41,06	44,38
9	128,45	86,72	12,60	12,35	4200	46,21	45,29
8	115,84	74,37	13,91	12,38	4200	51,00	45,39
7	101,94	61,99	15,13	12,23	4200	55,46	44,83
6	86,81	49,76	16,24	11,94	4200	59,54	43,77
5	70,57	37,83	17,25	11,31	4200	63,24	41,47
4	53,33	26,52	17,95	10,24	4200	65,82	37,55
3	35,38	16,27	16,49	8,30	4200	60,45	30,44
2	18,89	7,97	13,26	6,25	4200	48,62	22,90
1	5,63	1,725	5,63	1,73	4200	20,65	6,33

Tabel 5. 21 Perhitungan Simpangan Antar Lantai X dan Y Model Tanpa
Basement 15 Lantai

MODEL TANPA BASEMENT							
Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift	
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
15	178,86	164,11	3,12	9,10	4200	11,45	33,36
14	175,74	155,01	4,79	10,45	4200	17,55	38,32
13	170,95	144,56	6,64	11,49	4200	24,35	42,13
12	164,31	133,07	8,40	12,05	4200	30,81	44,19
11	155,91	121,02	10,05	12,49	4200	36,86	45,79
10	145,86	108,53	11,61	12,88	4200	42,56	47,21
9	134,25	95,66	13,06	13,20	4200	47,89	48,39
8	121,19	82,46	14,41	13,38	4200	52,83	49,06
7	106,78	69,08	15,67	13,25	4200	57,46	48,57
6	91,11	55,83	16,81	13,04	4200	61,64	47,80
5	74,30	42,80	17,84	12,28	4200	65,40	45,03
4	56,47	30,52	18,48	11,12	4200	67,77	40,78
3	37,98	19,40	16,79	9,15	4200	61,57	33,54
2	21,19	10,25	14,31	7,11	4200	52,47	26,06
1	6,88	3,14	6,88	3,14	4200	25,22	11,52

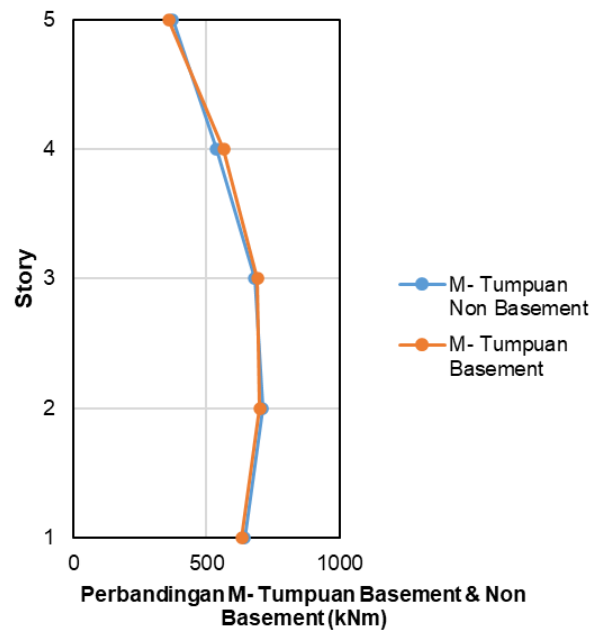


Gambar 5. 33 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y 15 Lantai

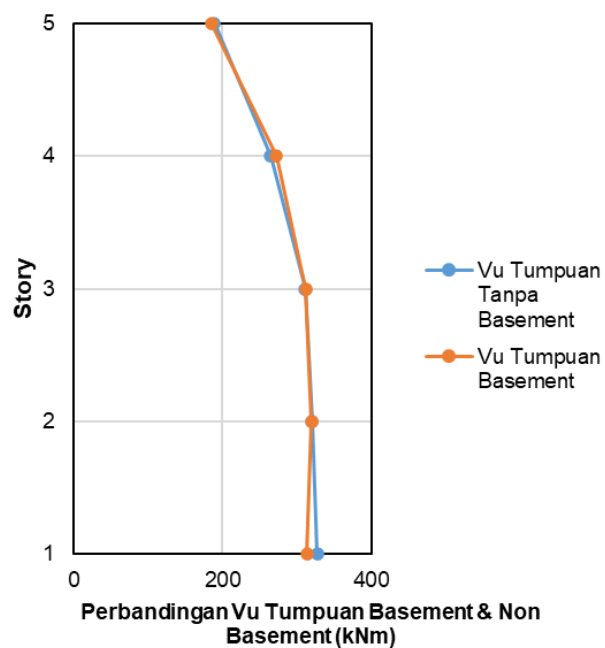


Gambar 5. 34 Diagram Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X 15 Lantai

Dari grafik yang ditampilkan diatas menunjukkan bahwa *basement* berpengaruh meningkatkan kekakuan secara menyeluruh dari lantai 1 sampai dengan 15 yang bisa mengurangi simpangan antar lantai yang terjadi. Hasil ini memiliki kesamaan dengan variasi ketinggian 10 lantai yang mana gedung yang



Gambar 5. 36 Grafik Perbandingan M- Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 5 Lantai



Gambar 5. 37 Grafik Perbandingan Vu Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 5 Lantai

Pada variasi 5 lantai model *basement* menunjukkan bahwa pada lantai 1, lantai 2 dan lantai 5 momen pada balok adalah 633,61 kNm, 701,25 kNm, dan

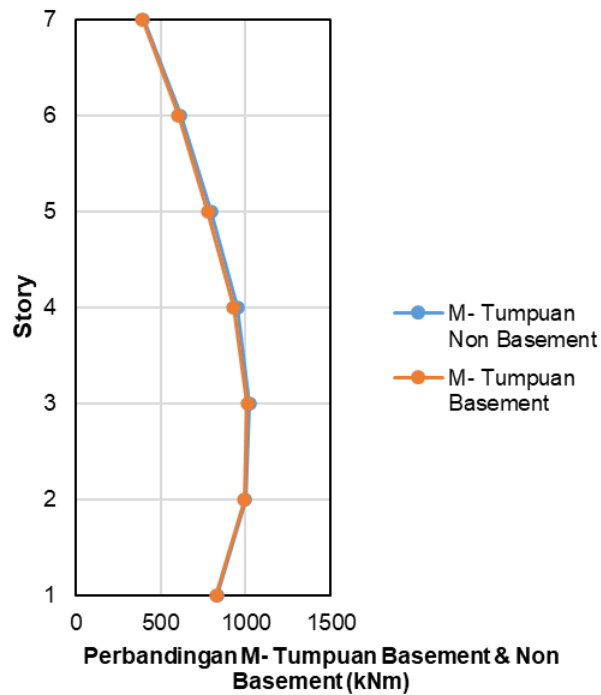
359,42 kNm. Pada model tanpa *basement* memiliki momen 644,10 kNm, 711,99 kNm, dan 373,82 kNm. Nilai v_u pada bangunan *basement* untuk lantai 1, lantai 2, dan lantai 5 adalah 313,79 kN, 319,94 kN, dan 185,01 kN. Model tanpa *basement* pada lantai 1, lantai 2, dan lantai 5 memiliki v_u sebesar 327,73 kN, 320,68 kN, dan 189,02 kN.

Dari hasil yang diperoleh dapat dibahas bahwa pada lantai 1, lantai 2, dan lantai 5 (puncak struktur) bangunan *basement* momen dan gaya geser sebagian besar beban lateral nya ditahan oleh *basement* sedangkan bangunan tanpa *basement* tidak memiliki, sehingga beban lateral lebih banyak diteruskan langsung ke balok diatasnya. Pembahasan ini menunjukkan bahwa pengaruh *basement* untuk elemen struktur balok terjadi pada lantai rendah (lantai 1 dan lantai 2) dan puncak struktur (lantai 5).

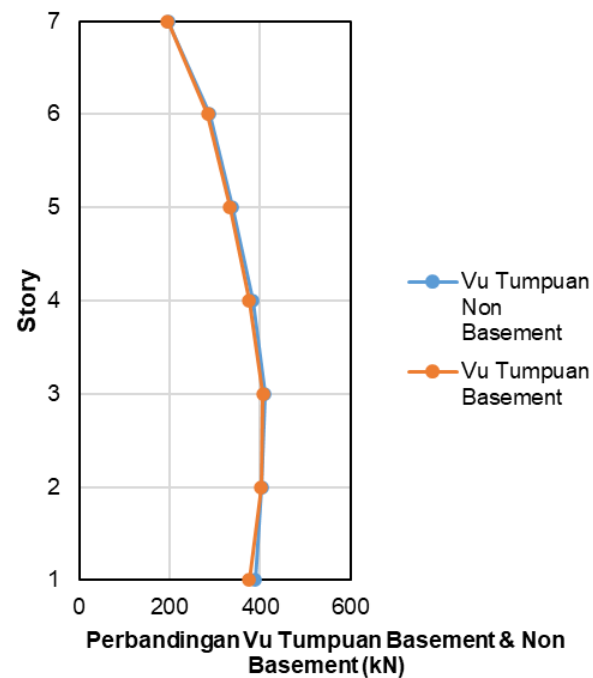
5.8.2 Variasi 7 Lantai

Tabel 5. 23 Output Gaya Dalam Balok B2 Bangunan *Basement* Dan Tanpa *Basement* 7 Lantai

Kode Balok	Tingkat	Tanpa <i>Basement</i>		<i>Basement</i>	
		Momen Tumpuan (kNm)	Gaya Geser (kN)	Momen Tumpuan (kNm)	Gaya Geser (kN)
		Momen Negatif (M-)	V_u Tumpuan	Momen Negatif (M-)	V_u Tumpuan
B2	7	400,67	197,15	393,34	194,93
	6	618,12	288,47	602,70	284,21
	5	798,45	339,16	776,08	332,80
	4	954,14	383,30	929,44	375,66
	3	1023,22	410,34	1009,95	406,93
	2	997,97	403,62	991,62	401,89
	1	832,62	389,46	826,99	375,77



Gambar 5. 38 Grafik Perbandingan M- Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 7 Lantai



Gambar 5. 39 Grafik Perbandingan Vu Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 7 Lantai

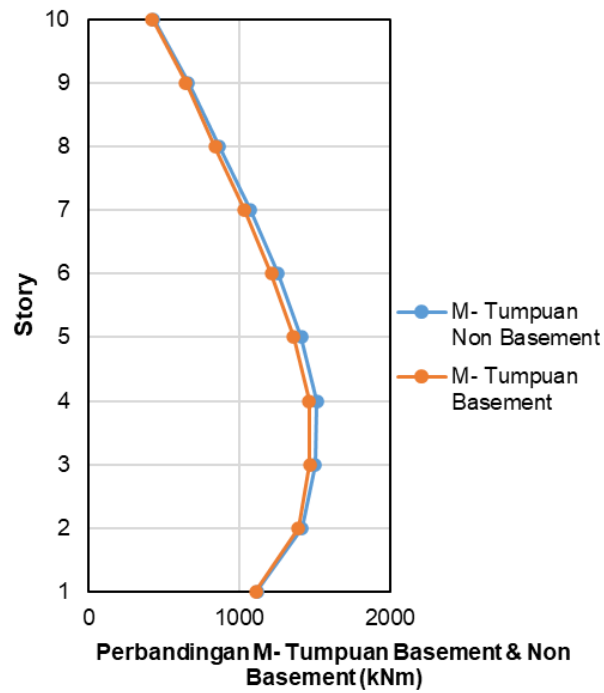
Dilihat dari grafik perbandingan momen negatif dan vu antara model *basement* dan model tanpa *basement* diperoleh pembahasan bahwa Mu dan Vu dari lantai 1 (dasar) sampai dengan 7 (puncak struktur) memiliki hasil yang konsisten yaitu nilai Mu dan Vu pada model *basement* berkurang dibandingkan nilai Mu dan Vu pada model tanpa *basement*.

Sebagian besar beban lateral ditahan oleh *basement* dilihat dari hasil yang diperoleh ini karena Mu dan Vu pada model *basement* berkurang dibandingkan model tanpa *basement*.

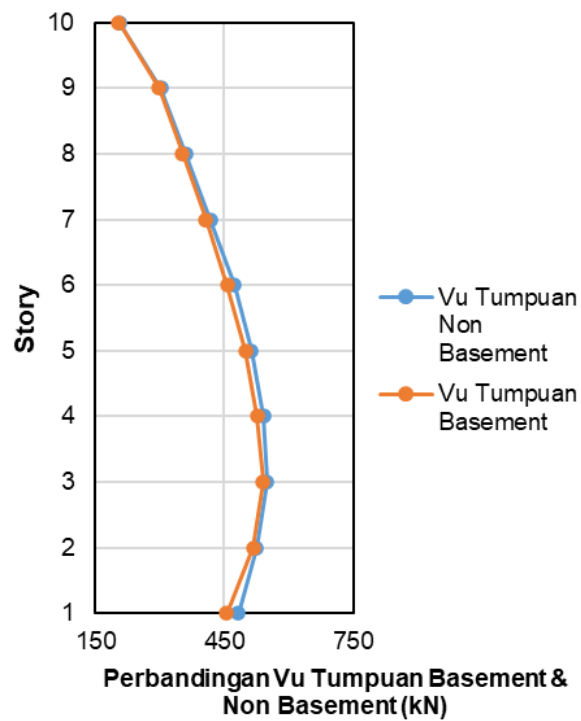
5.8.3 Variasi 10 Lantai

Tabel 5. 24 Output Gaya Dalam Balok B2 Bangunan *Basement* dan Tanpa *Basement* 10 Lantai

Kode Balok	Tingkat	Tanpa <i>Basement</i>		<i>Basement</i>	
		Momen Tumpuan (kNm)	Gaya Geser (kN)	Momen Tumpuan (kNm)	Gaya Geser (kN)
		Momen Negatif (M-)	Vu Tumpuan	Momen Negatif (M-)	Vu Tumpuan
B2	10	429,80	206,71	422,28	204,74
	9	659,52	302,26	642,53	297,49
	8	864,56	359,87	837,36	352,27
	7	1071,04	418,04	1034,22	407,76
	6	1255,45	474,01	1210,67	457,17
	5	1409,08	512,55	1358,99	498,62
	4	1513,36	541,01	1462,41	526,94
	3	1504,30	549,84	1466,30	539,42
	2	1415,60	524,61	1390,57	517,70
	1	1118,46	482,48	1107,82	455,63



Gambar 5. 40 Grafik Perbandingan M- Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 10 Lantai



Gambar 5. 41 Grafik Perbandingan Vu Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 10 Lantai

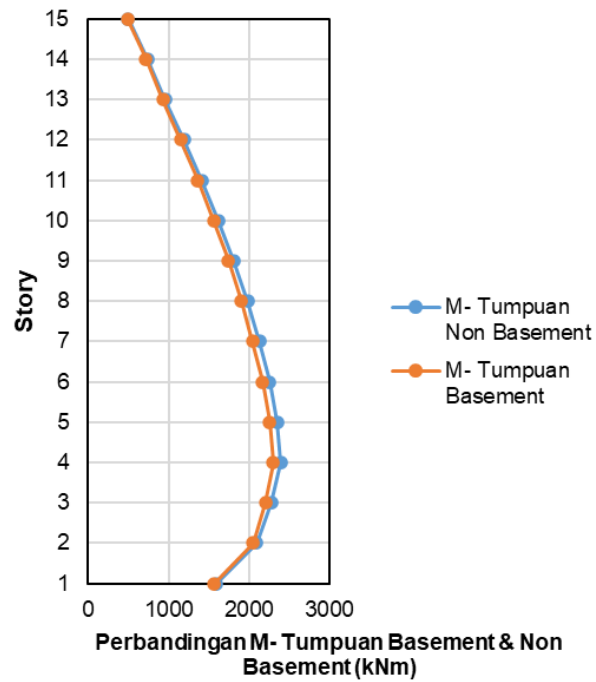
Dilihat dari grafik perbandingan momen negatif dan geser antara model *basement* dan model tanpa *basement* diperoleh pembahasan bahwa Mu dan Vu dari lantai 1 (dasar) sampai dengan 10 (puncak struktur) memiliki hasil yang konsisten yaitu nilai Mu dan Vu pada model *basement* berkurang dibandingkan nilai Mu dan Vu pada model tanpa *basement*.

Hasil yang diperoleh ini memiliki kesamaan dengan variasi ketinggian 7 lantai yang mana *basement* mempengaruhi Mu dan Vu tidak hanya pada lantai dasar atau puncak struktur tapi pada seluruh lantai yang menyebabkan Mu dan Vu pada model *basement* berkurang daripada model tanpa *basement*.

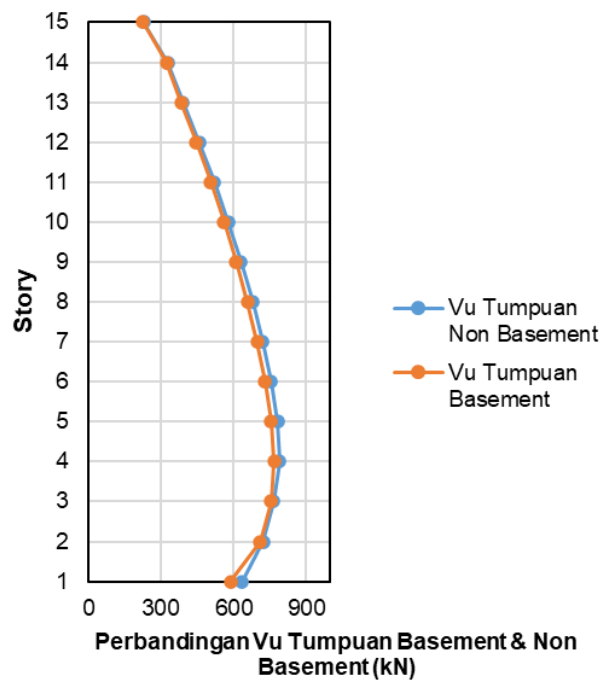
5.8.4 Variasi 15 Lantai

Tabel 5. 25 Output Gaya Dalam Balok B2 Bangunan *Basement* dan Tanpa *Basement* 15 Lantai

Kode Balok	Tingkat	Tanpa <i>Basement</i>		<i>Basement</i>	
		Momen Tumpuan (kNm)	Gaya Geser (kN)	Momen Tumpuan (kNm)	Gaya Geser (kN)
		Momen Negatif (M-)	Vu Tumpuan	Momen Negatif (M-)	Vu Tumpuan
B2	15	497,60	229,55	489,45	227,29
	14	739,44	328,90	720,87	323,50
	13	959,82	391,14	929,80	382,54
	12	1192,79	457,10	1151,04	445,19
	11	1415,25	519,82	1362,44	504,81
	10	1622,48	578,19	1559,62	560,38
	9	1812,01	631,46	1740,22	611,17
	8	1982,35	679,18	1902,89	656,78
	7	2131,73	720,79	2045,99	696,70
	6	2257,16	755,38	2166,86	730,09
	5	2352,90	781,45	2260,33	755,64
	4	2393,53	791,19	2304,02	766,41
	3	2282,01	766,23	2208,06	755,56
	2	2097,38	722,64	2051,80	710,06
	1	1599,80	636,30	1567,79	589,11



Gambar 5. 42 Grafik Perbandingan M- Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 15 Lantai

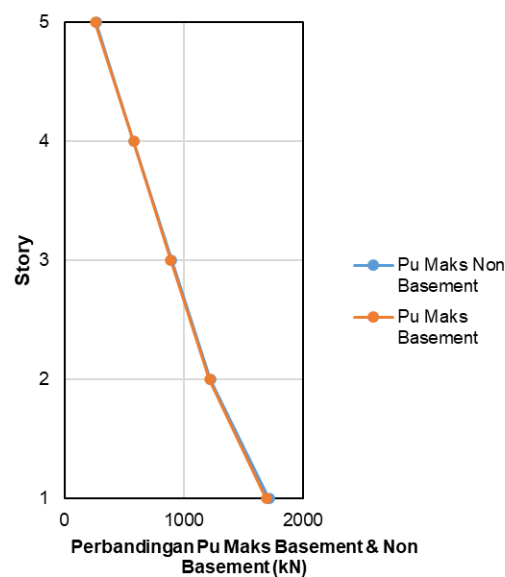


Gambar 5. 43 Grafik Perbandingan Vu Tumpuan Balok B2 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 15 Lantai

5.9.1 Variasi 5 Lantai

Tabel 5. 26 Output Gaya Dalam K1 Bangunan *Basement* dan Tanpa *Basement* 5 Lantai

Tanpa <i>Basement</i>		<i>Basement</i>
Story	Pu (kN)	Pu (kN)
5	265,09	260,11
4	580,45	578,94
3	897,33	891,16
2	1225,95	1215,48
1	1717,82	1690,14



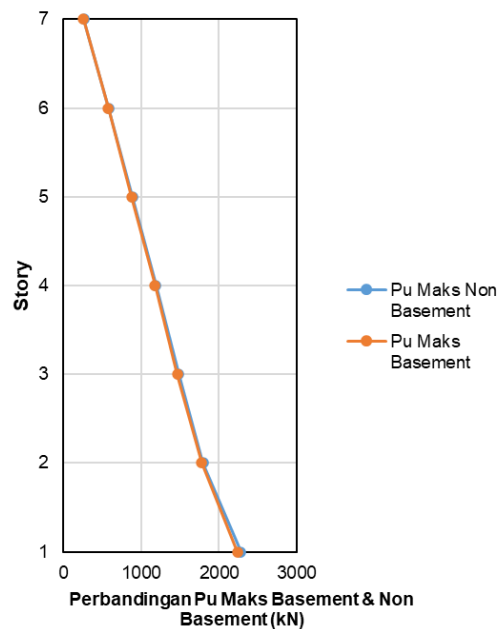
Gambar 5. 45 Grafik Perbandingan Pu Maks Kolom K1 Pada Bangunan *Basement* dan Tanpa *Basement* 5 Lantai

Pada variasi lantai 5 menunjukkan Pu Maks yang terjadi dari lantai 1 sampai dengan 5 adalah model *Basement* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan model tanpa *Basement*, Alasan mengapa Pu maks kolom pada bangunan *Basement* lebih kecil dibandingkan bangunan tanpa *Basement* karena beban vertikal didistribusikan ke *Basement* dan tekanan tanah pasif sedangkan jika tidak ada *Basement* semua beban langsung ditahan oleh kolom sehingga gaya aksial akan lebih besar.

5.9.2 Variasi 7 Lantai

Tabel 5. 27 Output Gaya Dalam K1 Bangunan Tanpa Basement 7 Lantai

Tanpa Basement		Basement
Story	Pu (kN)	Pu (kN)
7	261,87	257,55
6	581,76	573,44
5	890,07	878,71
4	1188,27	1174,05
3	1484,01	1466,54
2	1795,37	1774,42
1	2278,71	2239,25



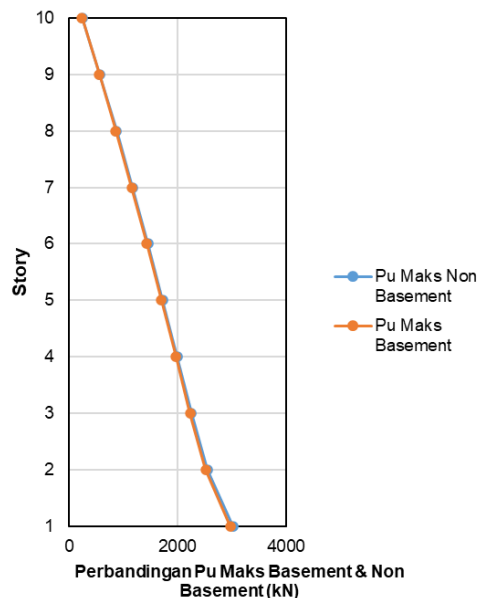
Gambar 5. 46 Grafik Perbandingan Pu Maks Kolom K1 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 7 Lantai

Hasil data dan gambar grafik untuk lantai 7 menunjukkan Pu Maks yang terjadi dari lantai 1 sampai dengan 7 adalah model *Basement* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan model tanpa *Basement*. Alasan mengapa Pu maks kolom pada bangunan *Basement* lebih kecil dibandingkan bangunan tanpa *Basement* karena beban vertikal didistribusikan ke *Basement* dan tekanan tanah pasif sedangkan jika tidak ada *Basement* semua beban langsung ditahan oleh kolom sehingga gaya aksial akan lebih besar. Hasil ini menunjukkan kesamaan dengan variasi ketinggian 5 lantai.

5.9.3 Variasi 10 Lantai

Tabel 5. 28 Output Gaya Dalam K1 Bangunan Tanpa *Basement* 10 Lantai

Tanpa <i>Basement</i>		<i>Basement</i>
Story	Pu (kN)	Pu (kN)
10	256,15	248,18
9	574,17	563,63
8	880,69	865,79
7	1175,37	1156,95
6	1458,85	1438,07
5	1731,96	1710,45
4	1996,85	1974,81
3	2264,44	2239,85
2	2551,35	2523,38
1	3021,98	2973,98



Gambar 5. 47 Grafik Perbandingan Pu Maks Kolom K1 Pada Bangunan *Basement* dan Tanpa *Basement* 10 Lantai

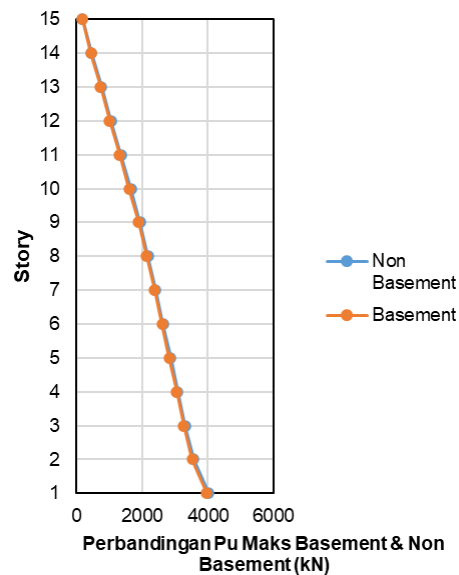
Pu Maks yang terjadi pada variasi ketinggian 10 lantai dari lantai 1 sampai dengan lantai 10 adalah model *basement* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan model tanpa *Basement*. Alasan mengapa Pu maks kolom pada bangunan *Basement* lebih kecil dibandingkan bangunan tanpa *Basement* karena beban vertikal didistribusikan ke *Basement* dan tekanan tanah pasif sedangkan jika tidak ada *Basement* semua beban langsung ditahan oleh kolom sehingga gaya aksial

akan lebih besar. Hasil ini menunjukkan kesamaan dengan variasi ketinggian 5 lantai dan 7 lantai.

5.9.4 Variasi 15 Lantai

Tabel 5. 29 Output Gaya Dalam K1 Bangunan Tanpa Basement 15 Lantai

Tanpa Basement		Basement
Story	Pu (kN)	Pu (kN)
15	199,77	191,11
14	473,73	455,33
13	763,59	735,05
12	1059,33	1020,42
11	1360,64	1311,19
10	1667,57	1607,45
9	1935,04	1899,87
8	2178,93	2141,50
7	2414,55	2375,42
6	2643,11	2602,79
5	2866,31	2825,20
4	3086,22	3044,29
3	3314,82	3270,47
2	3569,83	3521,18
1	4025,56	3955,79



Gambar 5. 48 Grafik Perbandingan Pu Maks Kolom K1 Pada Bangunan Basement dan Tanpa Basement 15 Lantai

Variasi ketinggian 15 lantai Pu Maks yang terjadi dari lantai 1 sampai dengan 15 adalah model *Basement* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan model tanpa *Basement*. pengaruh distribusi beban vertikal ke *basement* menyebabkan Pu maks kolom pada bangunan *Basement* lebih kecil dibandingkan bangunan tanpa *Basement* dan adanya pengaruh tekanan tanah pasif sedangkan jika tidak ada *Basement* semua beban langsung ditahan oleh kolom sehingga gaya aksial akan lebih besar. Hasil ini menunjukkan kesamaan antara variasi ketinggian 5 lantai, 7 lantai, dan 10 lantai, melihat hasil yang konsisten di setiap variasi ketinggian lantai membuktikan pengaruh *basement* terhadap beban vertikal kolom sangat signifikan di setiap perbedaan ketinggian lantai.

5.10 Pembahasan Umum

Pada Sub Bab 5.10 ini akan membahas tentang rangkuman hasil perbandingan dimulai dari gaya geser dasar, simpangan lantai, gaya dalam balok dan kolom yang dapat dilihat pada bagian 5.10.1 sampai dengan 5.10.4.

5.10.1 Gaya Geser Dasar

Pada perbandingan gaya geser dasar statik ekuivalen dan gaya geser dinamik memiliki hasil yang konsisten antara lantai 5 sampai dengan 15 yang mana bangunan tanpa *Basement* memiliki massa bangunan yang ringan dibandingkan bangunan *Basement*. Hal ini menyebabkan adanya selisih yang cukup besar pada gaya geser dasar arah X dan Y pada variasi ketinggian 5 lantai 13,57%, variasi ketinggian 7 lantai 9,34%, variasi ketinggian 10 lantai 6,36%, dan variasi ketinggian 15 lantai 4,15%.

Pada gaya geser dinamik bangunan tanpa *basement* memiliki gaya geser yang rendah dibandingkan bangunan *basement*. Pada perhitungan ini memiliki selisih yang tidak terlalu besar pada arah X dan Y variasi ketinggian 5 lantai 2,40% dan 0,32%, variasi ketinggian 7 lantai 1,03% dan 0,52 %, variasi ketinggian 10 lantai 1,19% dan 0,53%, variasi ketinggian 15 lantai 1,31% dan 0,62%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa bangunan *basement* memiliki V dinamik yang lebih besar yang menunjukkan semakin kaku suatu bangunan maka menghasilkan gaya geser dinamis yang besar dibandingkan bangunan yang fleksibel atau memiliki

periode yang panjang.

Penelitian sebelumnya yang ditulis oleh Sartika, Lasria Joynetta (2016) yang berjudul Studi Perbandingan Respons Dinamik pada Struktur Gedung RS UKI dengan dan Tanpa *Basement* memperoleh hasil yang sama dengan penelitian ini yaitu gaya geser dasar model tanpa *basement* kecil dibandingkan *basement*.

5.10.2 Simpangan

Pada perhitungan simpangan diperoleh hasil melalui output *ETABS V.22* variasi ketinggian lantai 5, lantai 10, lantai 7, dan lantai 15 menunjukkan bahwa simpangan pada lantai rendah (lantai 1 dan lantai 2) dan puncak struktur memiliki simpangan rendah pada bangunan model *basement* dibandingkan model tanpa *basement*. Dan pada variasi ketinggian 10 lantai dan ketinggian 15 lantai memiliki hasil yang berbeda yaitu *basement* mampu meningkatkan kekakuan secara menyeluruh di setiap lantai yang menghasilkan simpangan pada model *basement* konsisten rendah dibandingkan model tanpa *basement*.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Artek Aryanto (2023) memberikan hasil *basement* memiliki peran untuk mengurangi pergesaran pada puncak gedung, sedangkan pada jurnal yang ditulis oleh R. Lintang Gumilang (2014) menyebutkan bahwa tidak semua penelitian menyatakan bahwa simpangan pada lantai rendah model dengan *basement* lebih kecil dibandingkan tanpa *basement*.

5.10.3 Gaya Dalam Balok

Pada rekapitulasi momen dan gaya geser yang terjadi di balok yang dilihat pada variasi ketinggian lantai 5 *basement* mempengaruhi momen dan geser hanya di lantai rendah (lantai 1 dan lantai 2) dan puncak struktur dan pada variasi ketinggian 7 lantai, 10 lantai, dan 15 lantai *basement* mempengaruhi nilai momen dan geser secara keseluruhan di setiap lantai sehingga M_u dan V_u pada model *basement* berkurang dibandingkan model tanpa *basement*. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh keberadaan *basement* itu berbeda di setiap ketinggian lantai yang berbeda terutama pada bangunan tinggi (variasi ketinggian 7 lantai sampai dengan 15 lantai) *basement* berpengaruh secara menyeluruh di setiap lantai nya dibandingkan pada bangunan rendah (variasi ketinggian 5 lantai).

Penelitian sebelumnya yang di tulis oleh Ida Bagus Dharma Giri (2018) menunjukkan bahwa struktur yang dipengaruhi oleh elemen struktur yang dapat menambah kekakuan menghasilkan momen dan gaya geser yang lebih kecil dibandingkan bangunan yang tidak menggunakan, sedangkan pada jurnal yang ditulis oleh Sartika, Lasria Joynetta (2016) memperoleh hasil yang berbeda yaitu bangunan *basement* memiliki gaya dalam yang lebih besar dibandingkan bangunan tanpa *basement*.

Pada pembahasan yang sudah di jelaskan, penelitian ini menunjukkan bahwa bangunan *basement* memberikan kekakuan pada lantai yang rendah dan puncak struktur untuk variasi ketinggian 5 lantai dan memberikan kekakuan di setiap lantai untuk variasi ketinggian 7 lantai sampai dengan 15 lantai.

5.10.4 Gaya Dalam Kolom

Pada perbandingan gaya aksial yang terjadi pada kolom memberikan hasil yang sama dari model variasi lantai 5, lantai 7, lantai 10, dan lantai 15 yaitu aksial kolom dari lantai 1 sampai dengan seterusnya pada bangunan tanpa *basement* memiliki aksial besar dibandingkan bangunan *basement*.

Penelitian sebelumnya yang di tulis oleh Ida Bagus Dharma Giri (2018) menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian ini yaitu pada struktur yang dipengaruhi oleh elemen struktur yang dapat menambah kekakuan memiliki gaya aksial yang lebih kecil dibandingkan bangunan yang tidak menggunakan.

Pada hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa adanya kekakuan yang besar terjadi pada bangunan *basement*, sehingga menyebabkan gaya aksial yang kecil terjadi pada bangunan *basement* dibandingkan pada bangunan tanpa *basement* dan pengaruh *basement* konsisten untuk setiap variasi ketinggian lantai yang berbeda.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa adanya pengaruh variasi ketinggian lantai dan adanya *basement*. berikut adalah hasil kesimpulan nya.

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya geser dasar dari analisis statik ekuivalen dan respons dinamik pada bangunan dengan *basement* lebih besar dibandingkan bangunan tanpa *basement*. Hal ini disebabkan oleh massa bangunan yang berat serta kekakuan lateral yang tinggi pada model dengan *basement*. Selain itu, gaya geser dinamik cenderung menurun seiring bertambahnya jumlah lantai pada model tanpa basement, menunjukkan bahwa struktur yang fleksibel memiliki gaya respon yang rendah. Hasil ini sama dengan penelitian oleh Lasria Joynetta Sartika (2016), yang menyatakan bahwa keberadaan *basement* meningkatkan nilai gaya geser dasar bangunan.
2. Simpangan maksimum terjadi pada lantai paling bawah dan puncak struktur. Model dengan *basement* menunjukkan simpangan yang menurun dibandingkan model tanpa *basement*, khususnya pada variasi ketinggian 10 dan 15 lantai. Hal ini menunjukkan bahwa *basement* berperan dalam meningkatkan kekakuan lateral struktur secara menyeluruh, yang berdampak langsung pada pengurangan simpangan bangunan. Hasil ini diperkuat oleh hasil penelitian Artek Aryanto (2023).
3. Keberadaan *basement* terbukti berpengaruh signifikan terhadap gaya dalam elemen struktural, khususnya balok dan kolom. Pada balok, basement berkontribusi terhadap penurunan nilai momen dan gaya geser, terutama pada bangunan dengan jumlah lantai yang tinggi (7 hingga 15 lantai). Sebaliknya, pada bangunan rendah (5 lantai), pengaruhnya terbatas pada lantai bawah dan puncak struktur. Hal ini mencerminkan peran *basement*

dalam meningkatkan kekakuan lateral yang berdampak pada distribusi gaya internal. Sementara itu, gaya aksial pada kolom model dengan *basement* secara konsisten cenderung kecil dibandingkan model tanpa basement di seluruh variasi ketinggian lantai. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan kekakuan akibat *basement* turut memperbaiki distribusi beban vertikal, sehingga mengurangi gaya tekan pada elemen kolom. Secara umum, *basement* berfungsi sebagai elemen pengaku tambahan yang meningkatkan stabilitas struktur dan efisiensi distribusi beban, baik lateral maupun vertikal. Hasil ini sama dengan penelitian oleh Ida Bagus Dharma Giri (2018), meskipun terdapat perbedaan hasil dalam studi sebelumnya seperti yang ditulis oleh Sartika (2016).

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa keberadaan *basement* memberikan pengaruh terhadap perilaku seismik dan struktural bangunan gedung bertingkat, khususnya dalam meningkatkan kekakuan lateral, mengurangi simpangan, serta menurunkan gaya dalam pada elemen struktural utama seperti balok dan kolom. Pengaruh ini semakin jelas pada bangunan dengan jumlah lantai yang tinggi, di mana kinerja struktur menjadi stabil dan efisien secara keseluruhan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat memberikan saran untuk penelitian selanjutnya seperti berikut.

1. Memodelkan tumpuan spring karena dapat memberikan pengaruh terhadap respon struktur
2. Melakukan analisis dengan variasi jenis tanah berdasarkan klasifikasi SNI 1726:2019 untuk melihat bagaimana kondisi tanah mempengaruhi respon struktur.
3. Menambahkan 1 model yang melakukan perubahan dimensi elemen struktur jika menambahkan dinding geser atau *basement*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akter, Sherin. (2023). LOADS ON BUILDINGS AND STRUCTURES 2.1 INTRODUCTION 2.1.1 SCOPE This chapter specifies the minimum design forces including dead load, live load, wind and earthquake loads, miscellaneous loads, and their various combinations. These loads shall be applicable for the design of buildings and structures in conformance with the general design requirements provided in Chapter 1. 2.1.2 LIMITATIONS Provisions of this chapter shall generally be applied to the majority of buildings and other structures. 10.13140/RG.2.2.16504.32005.
- Annisa, N. (2021). Kinerja Struktur dengan Penerapan Struktur Gantung dan Struktur Sokong Bangunan 3CSS120° VR= Structural Performance with the Application of Hanging Structures and Supporting Structures in 3CSS120° VR Buildings (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Boronbaev, Erkin & Unaspekov, Berikbay & Abdyldaeva, Aigul & Tohlukova, Elmira & Holmatov, Kamoliddin & Zhyrgalbaeva, Nurbubu. (2022). Full-Fledged Use of Semi-Basement Space by Building Seismic-Resistance, Energy-Efficiency, Microclimate and Preventing Influences of Thermal Bridges and Mold Growth. Civil Engineering and Architecture. 10. 131-143. 10.13189/cea.2022.100112.
- Chopra, Anil K. (2003). Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering. Prentice Hall.
- Fadzilah, M., Riakara Husni, H., Bayzoni, B., & Isneini, M. (2021). Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Akibat Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro). JRSDD (Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain), 9(4).
- Golung, N. G., & Sitompul, M. (2020). Efektivitas Pendidikan Bencana Terhadap Tingkat Pengetahuan Evakuasi Diri Dari dalam Rumah Saat Bencana Gempa Bumi Siswa SD Advent Parongpong. Jurnal Kesehatan, 8(2), 72-79.

- Hary Christady Hardiyatmo (2011). ANALISIS & PERANCANGAN FONDASI Bagian I.
- Krisnandi, Andri & Mase, Lindung & Susanto, Ambar & Gunadi, Riawan & Febriansya, Aditia. (2022). Analysis of Ground Response of Bandung Region Subsoils due to Predicted Earthquake Triggered by Lembang Fault, West Java Province, Indonesia. *Geotechnical and Geological Engineering*. 41. 10.1007/s10706-022-02328-x.
- Madian, M. (2022). Analisis Struktur Kolom Pendek Dengan Pendekatan Probabilitas Menggunakan Kombinasi Pembebanan Statik Dan Dinamik (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Mansour, M. F., Abdel-Motaal, M. A., & Elsaba, A. A. (2021). Seismic response of *Basement* walls as partially-yielding retaining walls. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 181-193. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.06.012>.
- Mase, L. Z. (2018). Seismic Response Analysis along the Coastal Area of Bengkulu during the September 2007 Earthquake. *Makara Journal Of Technology*, 22(1), <https://doi.org/10.7454/mst.v22i1.3457>.
- Munir, M., & Yakin, Y. A. (2018). Evaluasi Deformasi dan Stabilitas Struktur Tiang Pelat (Pile Slab) di Atas Tanah Gambut (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Pematang Panggang-Kayu Agung, Provinsi Sumatera Selatan). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 4(3), 105
- Naeim, Farzad. (2005). Earthquake Engineering—From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering. *Earthquake Spectra - EARTHQ SPECTRA*. 21. 10.1193/1.1896960.
- Nasional, B. S. (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan Tanpa gedung. Sni, 1726, 2012.
- Rahayu, P., & Pawirodikromo, W. (2023). Studi Variasi Perletakan Pada Respon Seismik Bangunan 17 Lantai. *Jurnal Konstruksia*, 14(2), 119-127. <https://doi.org/10.24853/jk.14.2.119-127>.
- Siajaya, K., Windah, R. S., & Handono, B. D. (2018). Respons Struktur Gedung Bertingkat dengan Variasi Kekakuan Kolom akibat Gempa berdasarkan

- SNI 03-1726-2012. Jurnal Sipil Statik, 6(6), 411-422.
<https://core.ac.uk/reader/295327640>
- Singh, Shailendra & Babulal, Vasaikar. (2015). Seismic Response of Soft Storey on High Rise Building Frame. International Journal of Engineering Technology and Computer Research. 3. 41-48.
- Wahyuni, S. D., Khamid, A., Wahidin, W., Imron, I., & Feriska, Y. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Dinding Bata dengan Metode Analisis Pushover pada Bangunan Sederhana. Infratech Building Journal, 2(2), 29-39.
- Xia, J., Li, Y., Cheng, Y., Li, J., & Tian, S. (2021). Research on compressive sensing of strong earthquake signals for earthquake early warning. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 12(1), 694–715.
<https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1889689>
- Xu, J., & Lu, Y. (2018). Towards an earthquake-resilient world: from post-disaster reconstruction to pre-disaster prevention. In Environmental Hazards (Vol. 17, Issue 4, pp. 269–275). Taylor and Francis Ltd.
<https://doi.org/10.1080/17477891.2018.15008780>
- Yusmar, F., Rezki, D., & Juliafad, E. (2022). Parameter Dinamik Struktur Base Isolation dan Fixed Base pada Gedung Bertingkat Sedang di Kota Padang. Journal CIVED, 9(2), <https://doi.org/10.24036/cived.v9i2.117995>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Cek Plagiasi



Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uui.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 2590958781/Perpus./10/Dir.Perpus/II/2025

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Muhammad Tri Rizki
Nomor Mahasiswa : 20511094
Pembimbing : Elvis Saputra, S.T., M.T.; Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.
Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ Teknik Sipil
Judul Karya Ilmiah : ANALISIS PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR GEDUNG
DENGAN DAN TANPA BASEMENT TERHADAP VARIASI
KETINGGIAN LANTAI

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **7 (Tujuh) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

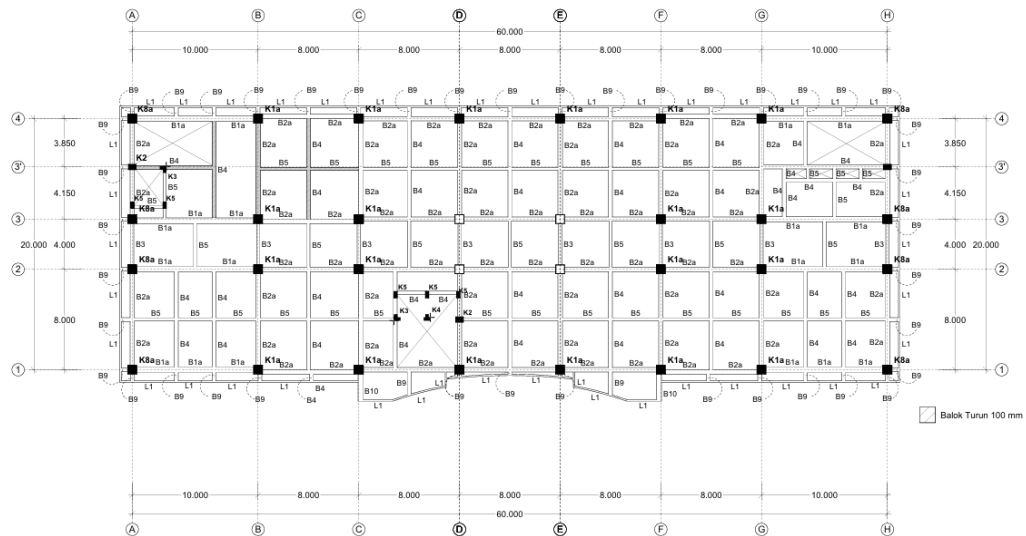
Yogyakarta, 2/17/2025

Direktur



Muhammad Jamil, SIP.

Lampiran 2. Denah Eksisting



DENAH KOLOM & BALOK ELV. +21.250
SKALA 1:250

Lampiran 3. Ukuran Kolom

NO.	NOTASI	KETERANGAN	NO.	NOTASI	KETERANGAN	NO.
1	K1	Kolom K1 - 850 x 850 mm	6	K5	Kolom K5 - 250 x 500 mm	11
2	K1a	Kolom K1a - 700 x 700 mm	7	K6	Kolom K6 - 400 x 400 mm	12
3	K2	Kolom K2 - 400 x 600 mm	8	K7	Kolom K7 - 300 x 300 mm	13
4	K3	Kolom K3 - 250 x 250 x 500 mm	9	K8	Kolom K8 - 850 x 850 mm	14
5	K4	Kolom K4 - 250 x 250 x 500 mm	10	K8a	Kolom K8a - 700 x 700 mm	15

Lampiran 4. Ukuran Balok

NOTASI	KETERANGAN	NO.	NOTASI	KETERANGAN	NO.	NOTASI	KETERANGAN
B1	Balok B1 - 450 x 800 mm	16	B2b	Balok B2b - 350 x 700 mm	21	B7	Balok B7 - 300 x 400 mm
B1a	Balok B1a - 450 x 800 mm	17	B3	Balok B3 - 250 x 400 mm	22	B8	Balok B8 - 250 x 500 mm
B1b	Balok B1b - 450 x 800 mm	18	B4	Balok B4 - 300 x 600 mm	23	B9	Balok B9 - 300 x 500 mm
B2	Balok B2 - 350 x 700 mm	19	B5	Balok B5 - 250 x 350 mm	24	B10	Balok B10 - 400 x 600 mm
B2a	Balok B2a - 350 x 700 mm	20	B6	Balok B6 - 300 x 500 mm	25	B11	Balok B11 - 250 x 400 mm

Lampiran 5. Mutu Yang Digunakan

Mutu Beton f'_c 25 MPa

Mutu baja ulir (S) f_y : 420 MPa (BJTS 420B)

Mutu baja polos (P) f_y : 280 MPa (BJTP 280)