

**ANALISIS VARIASI *LAYOUT SHEARWALL* DENGAN SNI 1726-2019  
TERHADAP PERILAKU BANGUNAN BERTINGKAT  
(Studi Kasus: Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ANDI SETIAWAN**

**1915011001**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**ANALISIS VARIASI *LAYOUT SHEARWALL* DENGAN SNI 1726-2019  
TERHADAP PERILAKU BANGUNAN BERTINGKAT  
(Studi Kasus: Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung)**

Oleh

**ANDI SETIAWAN**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada

Program Studi S1 Teknik Sipil  
Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRACT

### **ANALYSIS OF SHEARWALL LAYOUT VARIATIONS WITH SNI 1726 - 2019 ON THE BEHAVIOR OF MULTI-STOREY BUILDINGS (Case Study: One-Stop Public Service Building In Bandar Lampung)**

By

**ANDI SETIAWAN**

*Earthquake resistant buildings are not designed only by strengthening the resistance of the structure, but are also designed to reduce earthquake forces. One of the structural reinforcement elements that can reduce earthquake forces is shearwall. The variation of shearwall layout will have a different effect on the performance level of the structure. This study aims to determine the performance level of the structure with a variety of shearwall layouts in a building structure model using the pushover analysis method. Determination of structural performance level by pushover analysis is done using ETABS V19 software based on SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, SNI 2847-2019, ATC-40 and FEMA 356/440. From the research results it was found that the structural performance level according to ATC-40 (1996), for model 1 and model 6 were included in the damage control category, while for model 2, model 3, model 4 and model 5 were included in the immediate occupancy category. Meanwhile, according to FEMA 440 (2005), for model 1, model 4 and model 6 fall into the life safety category, while for model 2, model 3 and model 5 fall into the immediate occupancy category. Placement of shearwall which has an optimum value according to ATC-40 and FEMA 440 for the X direction both occur in model 2. Meanwhile in the Y direction according to ATC-40 it occurs in model 3 and if according to FEMA 440, for the Y direction it occurs in model 5.*

*Keywords: shearwall, model, structure performance level, pushover analysis*

## ABSTRAK

### ANALISIS VARIASI *LAYOUT SHEARWALL* DENGAN SNI 1726-2019 TERHADAP PERILAKU BANGUNAN BERTINGKAT (Studi Kasus: Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung)

Oleh

ANDI SETIAWAN

Bangunan tahan gempa tidak didesain hanya dengan memperkuat tahanan strukturnya, melainkan didesain untuk dapat mereduksi gaya gempa. Salah satu elemen perkuatan struktur yang mampu mereduksi gaya gempa adalah *shearwall*. Adanya variasi *layout shearwall* akan memiliki pengaruh berbeda terhadap level kinerja struktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui level kinerja struktur dengan variasi *layout shearwall* pada suatu model struktur bangunan dengan menggunakan metode analisis *pushover*. Penentuan level kinerja struktur dengan analisis *pushover* dikerjakan menggunakan *software* ETABS V19 yang berdasarkan SNI 1726-2019, SNI 1727–2020, SNI 2847–2019, ATC-40 dan FEMA 356/440. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa level kinerja struktur menurut ATC-40 (1996), untuk model 1 dan model 6 masuk ke dalam kategori *damage control*, sedangkan untuk model 2, model 3, model 4 dan model 5 masuk ke dalam kategori *immediate occupancy*. Sedangkan menurut FEMA 440 (2005), untuk model 1, model 4 dan model 6 masuk ke dalam kategori *life safety*, sedangkan untuk model 2, model 3 dan model 5 masuk ke dalam kategori *immediate occupancy*. Penempatan *shearwall* yang memiliki nilai optimum menurut ATC-40 dan FEMA 440 untuk arah X sama-sama terjadi pada model 2. Sedangkan pada arah Y menurut ATC-40 terjadi pada model 3 dan jika menurut FEMA 440, untuk arah Y terjadi pada model 5.

Kata kunci: *shearwall*, model, level kinerja struktur, analisis *pushover*

Judul Skripsi : **ANALISIS VARIASI LAYOUT SHEARWALL DENGAN SNI 1726-2019 TERHADAP PERILAKU BANGUNAN BERTINGKAT (Studi Kasus: Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung)**

Nama Mahasiswa : **Andi Setiawan**

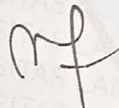
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011001

Program Studi : S1 Teknik Sipil

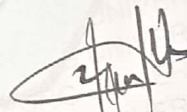
Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

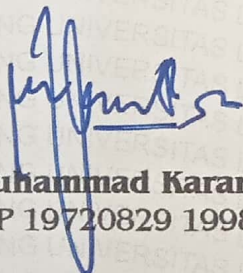


**Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.**  
NIP 19721026 200003 1 001



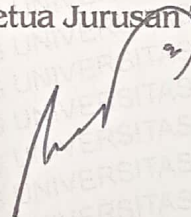
**Ir. Vera Agustriana N., S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 19740831 200003 2 002

**2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil**



**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19720829 199802 1 001

**3. Ketua Jurusan Teknik Sipil**



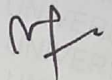
**Ir. Laksmi Irianti, M.T.**  
NIP 19620408 198903 2 001



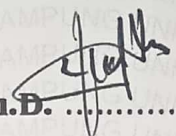
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

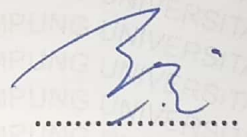
Ketua : **Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.** .....



Sekretaris : **Ir. Vera Agustriana N., S.T., M.T., Ph.D.** .....



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.** .....



### 2. Dekan Fakultas Teknik

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**  
NIP 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **05 Juni 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : ANDI SETIAWAN  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011001  
Judul Skripsi : Analisis Variasi *Layout Shearwall* Dengan SNI  
1726 - 2019 Terhadap Perilaku Bangunan  
Bertingkat (Studi Kasus: Gedung Pelayanan Publik  
Satu Atap Bandar Lampung)  
Jurusan : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti Kaidah Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 22 Mei 2023

Penulis



**ANDI SETIAWAN**  
**NPM. 1915011001**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Setia Bumi pada tanggal 25 Juli 2000, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Yateman dan Ibu Suyatin. Penulis memiliki dua orang saudara yaitu kakak laki-laki yang bernama Suwandi dan adik perempuan yang bernama Putri Lestari. Penulis memulai jenjang pendidikan tingkat dasar di SD N 3 Setia Bumi pada tahun 2007-2013, lalu dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMP Paramarta 1 Seputih Banyak yang diselesaikan pada tahun 2016 dan dilanjutkan menempuh pendidikan tingkat atas di SMA Paramarta 1 Seputih Banyak yang diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi seorang mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS UNILA) sebagai anggota Departemen Penelitian dan Pengembangan Periode 2020-2021 dan Periode 2021-2022. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Pekon Mataram Jaya, Kecamatan Bandar Mataram, Kabupaten Lampung Tengah selama 40 hari, Januari – Februari 2022. Di tahun yang sama, tepatnya di bulan Juli – September penulis juga telah melakukan kerja



praktik di Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung selama 3 bulan.

Selama masa perkuliahan, penulis pernah diangkat menjadi asisten dosen pada mata kuliah Balok Beton Bertulang, Pelat dan Kolom Beton Bertulang, Kewirausahaan, Hidrologi, Rekayasa Irigasi dan Analisis Statis Tertentu. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Analisis Variasi *Layout Shearwall* Dengan SNI 1726-2019 Terhadap Perilaku Bangunan Bertingkat (Studi Kasus: Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung)”.

## **PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini ku persembahkan teruntuk kedua orang tuaku tercinta,  
kakekku, nenekku, kakakku, adikku, keluarga, sahabat dan teman-teman.

&

Semua pihak yang telah memberikan semangat, motivasi, dukungan serta yang  
selalu bertanya:

“KAPAN LULUS?”; “KAPAN WISUDA?”; “KAPAN SELESAI?”

“KAPAN KERJA?”

Dan lain - lain...

<> Kalian semua adalah alasanku sesegera mungkin untuk menyelesaikan tugas  
akhir ini <>

## **MOTTO**

“...Sesudah kesulitan pasti ada kemudahan...”

(QS. Al Insyirah:6)

“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Permata tidak dapat dipoles tanpa gesekan. Orang tidak sempurna tanpa cobaan”

(Konfusius)

“Jiwa muda pantang menyerah demi membahagiakan orang tua”

(Penulis)

## SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan penyusunan Skripsi yang berjudul **“Analisis Variasi *Layout Shearwall* Dengan SNI 1726-2019 Terhadap Perilaku Bangunan Bertingkat (Studi Kasus: Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung)”** dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung. terselesaikannya Skripsi ini tentu tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan dalam penyusunan Skripsi ini. Untuk itu, Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan berkat rahmat dan hidayah-Nya, serta senantiasa memudahkan dalam segala urusan hamba-Nya.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.S., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
4. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, arahan, ide-ide, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Ir. Vera Agustriana Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, ide-ide, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
7. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis guna penyempurnaan skripsi ini.

8. Bapak Ashruri S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan.
9. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis serta seluruh karyawan jurusan atas bantuannya kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
10. Keluargaku tercinta terutama kedua orang tuaku, Bapak Yateman dan Ibu Suyatin, Kakakku tercinta Suwandi dan Adikku Putri Lestari, yang senantiasa mencurahkan doanya serta memberikan dukungan, nasihat dan motivasi dalam menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
11. Sahabat-sahabatku satu kontrakan Aditya Wisnu Nugroho, Aji Saputra dan Doni Irawan dan yang lainnya yang telah menemani berbagi suka maupun duka.
12. Dan seluruh rekan – rekan Teknik Sipil Universitas Lampung angkatan 2019 yang telah berjuang bersama, berbagi kenangan, pengalaman dan membuat kesan yang tak terlupakan, serta kakak tingkat penulis yang telah memberikan dukungan dan arahnya

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi semua pihak yang memerlukannya.

Bandar Lampung, 22 Mei 2023

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive script that appears to read 'Andi Setiawan'.

Andi Setiawan



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>SANWACANA</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	2
D. Tujuan Penelitian .....	3
E. Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Struktur Beton Bertulang .....	4
B. Perencanaan Pembebanan .....	4
C. Peraturan Perencanaan Gedung Tahan Gempa .....	6
D. Gaya Lateral Ekuivalen .....	14
E. Dinding Geser ( <i>Shearwall</i> ) .....	20
F. Dinding Geser ( <i>Shearwall</i> ) <i>Layout</i> .....	21
G. Analisis <i>Pushover</i> .....	22
H. Kriteria Kinerja Struktur Tahan Gempa.....	28
I. Penelitian Sebelumnya.....	31
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Pendahuluan Penelitian .....	34
B. Lokasi Penelitian .....	34
C. Data Penelitian .....	35
D. Pelaksanaan Penelitian .....	46
E. Diagram Alir Penelitian .....	47

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Deskripsi Umum Bangunan.....	48
B. Pemodelan Struktur.....	49
C. Pembebanan Struktur.....	52
D. Analisis Statik Ekuivalen .....	60
E. Analisis <i>Pushover</i> .....	64
F. Hasil Analisis <i>Pushover</i> .....	69
G. Pembahasan.....	105
H. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya .....	119

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	121
B. Saran .....	122

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Pembagian wilayah gempa di Indonesia untuk $S_s$ .....	10
2.2. Pembagian wilayah gempa di Indonesia untuk $S_1$ .....	10
2.3. Spektrum respon desain.....	13
2.4. Bentuk dinding geser .....	22
2.5. Tata letak dinding geser .....	22
2.6. <i>Capacity curve</i> .....	24
2.7. <i>Capacity spectrum method</i> .....	25
2.8. Reduksi <i>response spectrum</i> .....	25
2.9. <i>Displacement coefficient method</i> FEMA 440 .....	28
3.1. Lokasi penelitian.....	34
3.2. Denah gedung <i>basement</i> .....	35
3.3. Denah gedung lantai 1 .....	36
3.4. Denah gedung lantai 2 .....	36
3.5. Denah gedung lantai 3 - 10.....	37
3.6. Denah atap gedung. ....	37
3.7. Tampak depan struktur gedung .....	38
3.8. Struktur gedung 3 dimensi .....	39
3.9. Model 1 <i>layout shearwall</i> (dinding geser) .....	43
3.10. Model 2 <i>layout shearwall</i> (dinding geser) .....	44
3.11. Model 3 <i>layout shearwall</i> (dinding geser) .....	44
3.12. Model 4 <i>layout shearwall</i> (dinding geser) .....	45
3.13. Model 5 <i>layout shearwall</i> (dinding geser) .....	45
3.14. Model 6 <i>layout shearwall</i> (dinding geser) .....	46
3.15. Diagram alir penelitian .....	47
4.1. Pemodelan struktur 3D model 1. ....	49
4.2. Pemodelan struktur 3D model 2 .....	50
4.3. Pemodelan struktur 3D model 3 .....	50

4.4. Pemodelan struktur 3D model 4 .....	51
4.5. Pemodelan struktur 3D model 5 .....	51
4.6. Pemodelan struktur 3D model 6 .....	52
4.7. Kurva spektrum respon desain.....	60
4.8. Menentukan titik acuan.....	65
4.9. <i>Load case data – gravity</i> .....	65
4.10. Penginputan <i>load case pushover</i> arah X.....	66
4.11. Penginputan <i>load case pushover</i> arah Y.....	66
4.12. Pemodelan sendi plastis untuk balok.....	67
4.13. Pemodelan sendi plastis untuk kolom .....	67
4.14. Melakukan <i>running</i> pada arah X.....	68
4.15. Melakukan <i>running</i> pada arah Y. ....	68
4.16. <i>Capacity curve</i> arah X model 1 .....	69
4.17. <i>Capacity curve</i> arah Y model 1 .....	69
4.18. <i>Spectrum capacity curve</i> arah X pada model 1 .....	70
4.19. <i>Spectrum capacity curve</i> arah Y pada model 1 .....	70
4.20. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah X pada model 1 .....	71
4.21. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah Y pada model 1 .....	71
4.22. Sendi plastis step 9/9 arah X (a) dan step 9/9 arah Y (b) pada model 1 .....	72
4.23. Portal arah X pada step 0 – step 9 untuk model 1.....	73
4.24. Portal arah Y pada step 0 – step 9 untuk model 1.....	74
4.25. <i>Capacity curve</i> arah X pada model 2.....	75
4.26. <i>Capacity curve</i> arah Y pada Model 2 .....	76
4.27. <i>Spectrum capacity curve</i> arah X pada model 2.....	76
4.28. <i>Spectrum capacity curve</i> arah Y pada model 2.. ....	77
4.29. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah X pada model 2 .....	77
4.30. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah Y pada model 2.....	78
4.31. Sendi plastis step 6/6 arah X (a) dan step 9/9 arah Y (b) pada model 2 .....	79
4.32. Portal arah X pada step 0 – step 6 untuk model 2.....	79
4.33. Portal arah Y pada step 0 – step 9 untuk model 2.....	80
4.34. <i>Capacity curve</i> arah X pada model 3 .....	81

4.35. <i>Capacity curve</i> arah Y pada model 3.....	81
4.36. <i>Spectrum capacity curve</i> arah X pada model 3.....	82
4.37. <i>Spectrum capacity curve</i> arah Y pada model 3 .....	82
4.38. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah X pada model 3 .....	83
4.39. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah Y pada model 3.....	83
4.40. Sendi plastis step 6/6 arah X (a) dan step 11/11 arah Y (b) pada model 3 .....	84
4.41. Portal arah X pada step 0 – step 6 untuk model 3.....	85
4.42. Portal arah Y pada step 0 – step 11 untuk model 3.....	86
4.43. <i>Capacity curve</i> arah X pada model 4.....	87
4.44. <i>Capacity curve</i> arah Y pada Model 4 .....	87
4.45. <i>Spectrum capacity curve</i> arah X pada model 4.....	88
4.46. <i>Spectrum capacity curve</i> arah Y pada model 4.. .....	88
4.47. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah X pada model 4.....	89
4.48. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah Y pada model 4.....	89
4.49. Sendi plastis step 6/6 arah X (a) dan step 8/8 arah Y (a) pada model 4 .....	90
4.50. Portal arah X pada step 0 – step 6 untuk model 4.....	91
4.51. Portal arah Y pada step 0 – step 8 untuk model 4.....	92
4.52. <i>Capacity curve</i> arah X pada model 5.....	93
4.53. <i>Capacity curve</i> arah Y pada Model 5 .....	93
4.54. <i>Spectrum capacity curve</i> arah X pada model 5.....	94
4.55. <i>Spectrum capacity curve</i> arah Y pada model 5.. .....	94
4.56. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah X pada model 5 .....	95
4.57. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah Y pada model 5.....	95
4.58. Sendi plastis step 7/7 arah X (a) dan step 8/8 arah Y (b) pada model 5 .....	96
4.59. Portal arah X pada step 0 – step 7 untuk model 5.....	97
4.60. Portal arah Y pada step 0 – step 8 untuk model 5.....	98
4.61. <i>Capacity curve</i> arah X pada model 6.....	99
4.62. <i>Capacity curve</i> arah Y pada Model 6 .....	99
4.63. <i>Spectrum capacity curve</i> arah X pada model 6.....	100
4.64. <i>Spectrum capacity curve</i> arah Y pada model 6 .....	100



4.65. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah X pada model 6.....	101
4.66. Kurva <i>bilinear pushover</i> arah Y pada model 6.....	101
4.67. Sendi plastis step 10/10 arah X (a) dan step 9/9 arah Y (b) pada model 6.....	102
4.68. Portal arah X pada step 0 – step 9 untuk model 6.....	103
4.69. Portal arah Y pada step 0 – step 9 untuk model 6.....	104
4.70. Grafik persentase penurunan <i>drift ratio</i> berdasarkan ATC 40 dan FEMA 440 .....	117

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa .....	7
2.2. Faktor Keutamaan Gempa .....	8
2.3. Klasifikasi Situs .....	9
2.4. Koefisien Situs, $F_a$ .....	11
2.5. Koefisien Situs, $F_v$ .....	12
2.6. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	14
2.7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik .....	14
2.8. Faktor $R$ , $C_d$ dan $\Omega_0$ untuk Sistem Pemikul Seismik .....	16
2.9. Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung .....	17
2.10. Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	18
2.11. Penentuan Nilai $K$ .....	19
2.12. Pengklasifikasian untuk Berbagai Level Kinerja Struktur Menurut ATC - 40 .....	29
2.13. Pengklasifikasian untuk Berbagai Level Kinerja Struktur Menurut FEMA 356 .....	33
3.1. Data Dimensi dan Penulangan <i>Sloof</i> .....	41
3.2. Data Dimensi dan Penulangan Kolom .....	41
3.3. Data Dimensi dan Penulangan Balok .....	42
4.1. Dimensi <i>Sloof</i> , Kolom dan Balok .....	48
4.2. Ketebalan Pelat .....	49
4.3. Beban Mati Tambahan pada Pelat Lantai .....	53
4.4. Beban Mati Tambahan pada Pelat Atap .....	53
4.5. Koefisien Eksposur Tekanan Kecepatan ( $K_z$ atau $K_h$ ) untuk Eksposur $C_s$ .....	55
4.6. Hasil Perhitungan Tekanan Angin Setiap Lantai .....	56
4.7. Pembacaan Koefisien Situs, $F_a$ .....	57
4.8. Pembacaan Koefisien Situs, $F_v$ .....	58

4.9. Parameter Nilai Spektrum Respon Gempa.....	59
4.10. Massa dan Berat Struktur Bangunan .....	63
4.11. Perhitungan Gaya Lateral Gempa.....	64
4.12. <i>Performance Point</i> pada Model 1 .....	71
4.13. <i>Target Displacement</i> pada Model 1.....	72
4.14. Jenis Warna Akibat Terbentuknya Sendi Plastis Berdasarkan FEMA 356/440 .....	75
4.15. <i>Performance Point</i> pada Model 2 .....	77
4.16. <i>Target Displacement</i> pada Model 2.....	78
4.17. <i>Performance Point</i> pada Model 3.....	83
4.18. <i>Target Displacement</i> pada Model 3.....	84
4.19. <i>Performance Point</i> pada Model 4.....	89
4.20. <i>Target Displacement</i> pada Model 4.....	90
4.21. <i>Performance Point</i> pada Model 5 .....	95
4.22. <i>Target Displacement</i> pada Model 5.....	96
4.23. <i>Performance Point</i> pada Model 6.....	101
4.24. <i>Target Displacement</i> pada Model 6.....	102
4.25. Kinerja Bangunan Berdasarkan SNI 1726 - 2019 .....	105
4.26. Rekapitulasi <i>Performance Point</i> Berdasarkan ATC - 40, 1996 .....	106
4.27. Kinerja Bangunan Menurut ATC – 40 .....	108
4.28. Persentase Penurunan <i>Drift Ratio</i> Menurut ATC - 40.....	110
4.29. Rekapitulasi <i>Target Displacement</i> Berdasarkan FEMA 440, 2005.....	111
4.30. Kinerja Bangunan Menurut FEMA 440 .....	112
4.31. Persentase Penurunan <i>Drift Ratio</i> Menurut FEMA 440 .....	114
4.32. Perbandingan Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC - 40 dan FEMA 440 .....	116

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Seiring dengan laju pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya akan berjalan seiringan dengan pembangunan tempat tinggal dan gedung-gedung yang akan menunjang kesejahteraan dan kemakmuran masyarakat. Pembangunan infrastruktur gedung di Indonesia sendiri saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat, salah satunya di kota Bandar Lampung. Perkembangan di bidang konstruksi seperti gedung pelayanan publik, toko, kuliah, perkantoran, hotel, apartemen dan lain – lain terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada kondisi tinggi atau rendahnya suatu bangunan akan berkaitan erat dengan masalah sistem pembebanan lateral. Dimana semakin tinggi suatu bangunan maka sistem pembebanan lateral akan semakin besar. Beban tersebut berupa beban angin dan beban gempa. Pada saat melaksanakan pembangunan infrastruktur di Indonesia harus juga memenuhi persyaratan gedung dengan ketahanan terhadap gempa.

Bangunan tahan gempa tidak didesain hanya dengan memperkuat tahanan strukturnya, melainkan didesain untuk dapat mereduksi gaya gempa yang bekerja pada bangunan atau menambah suatu sistem struktur perkuatan yang dikhusus untuk menghantarkan sebuah energi yang akan bekerja pada elemen struktur dan hanya sebagian yang akan dipikul oleh komponen struktur. Salah satu elemen perkuatan struktur yang mampu mereduksi gaya gempa adalah dinding geser (*shearwall*). Dinding geser (*shearwall*) sendiri merupakan pelat beton bertulang yang dipasang dengan posisi vertikal untuk menambah kekakuan struktur pada bangunan bertingkat, sehingga dapat meredam guncangan saat terjadinya gempa.

Oleh karena itu, dinding geser sebagai dinding struktural sangat efektif dalam memikul gaya lateral dan membatasi defleksi lateral, karena kekakuan dinding geser lebih besar dari pada kekakuan portal rangka, sehingga dinding geser dapat mengontrol stabilitas struktur secara keseluruhan. Selain itu, dinding geser (*shearwall*) juga dapat mereduksi jumlah dan jarak penulangan pada kolom dan balok

Dalam penelitian ini akan merencanakan dan menganalisis pemodelan posisi *shearwall* yang dapat menyumbangkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral. Sehingga peneliti mengambil judul dalam skripsi ini yang berjudul “Analisis Variasi *Layout Shearwall* Dengan SNI 1726-2019 Terhadap Perilaku Bangunan Bertingkat (Studi Kasus: Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung)”.

## **B. Rumusan masalah**

Berdasarkan penguraian latar belakang di atas. Pada penelitian ini rumusan masalah yang akan dibahas antara lain:

1. Bagaimana kinerja struktur pada gedung eksisting.
2. Bagaimana kinerja dari 5 pemodelan *shearwall* pada struktur gedung.
3. Bagaimana posisi atau *layout* dari *shearwall* yang memiliki level kinerja lebih optimum.
4. Bagaimana posisi atau *layout* dari *shearwall* yang memiliki level kinerja seperti gedung eksisting.

## **C. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini dibatasi beberapa pembatasan, pembatasan masalah tersebut antara lain:

1. Data gedung menggunakan data dari Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung yang merupakan struktur gedung beton bertulang.
2. Tidak mendesain atau meninjau pondasi.



3. Model variasi *layout* yang ditinjau adalah 6 model dengan 1 model hanya di *basement* dengan jumlah *shearwall* 10 buah dan 5 model dengan jumlah *shearwall* 4 buah dipasang dari *basement* sampai lantai atas.
4. Bagian ujung bawah kolom merupakan tumpuan jepit.
5. Lokasi gedung di Bandar Lampung yang lokasi tanahnya adalah tipe SD.
6. Analisis perencanaan gempa mengacu pada SNI 1726-2019.
7. Perencanaan beton struktural mengacu pada SNI 2847-2019.
8. Peraturan pembebanan mengacu pada SNI 1727-2020.
9. Analisis *pushover* dilakukan dengan menggunakan ETABS V19.
10. Perhitungan kinerja struktur berpedoman pada ATC – 40, 1996.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui kinerja struktur pada gedung eksisting.
2. Mengetahui kinerja dari 5 pemodelan *shearwall* pada struktur gedung.
3. Mengetahui posisi atau *layout* dari *shearwall* yang memiliki level kinerja lebih optimum.
4. Mengetahui posisi atau *layout* dari *shearwall* yang memiliki level kinerja seperti gedung eksisting.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Menambah pengetahuan dan pemahaman di bidang teknik sipil, khususnya tentang elemen struktural tahan gempa sehingga menjadi alternatif dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa.
2. Memberikan pemahaman terhadap penggunaan *software* ETABS dalam merencanakan struktur tahan gempa.
3. Sebagai pengetahuan dan wawasan tambahan bagi para pembaca akan pentingnya dinding geser (*shearwall*) gedung tinggi tahan gempa.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Struktur Beton Bertulang**

Beton merupakan suatu bahan bangunan komposit yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Beton mempunyai sifat yang bagus yaitu mempunyai kapasitas tekan yang tinggi. Akan tetapi, beton juga mempunyai sifat yang buruk, yaitu lemah jika dibebani tarik (Zuhri, 2011).

Menurut Antonius (2021) menyatakan bahwa beton bertulang merupakan material yang dominan digunakan pada dunia konstruksi bangunan dibandingkan material lainnya, seperti baja dan kayu struktur beton bertulang terdiri dari beberapa komponen pembentukannya yang saling berinteraksi satu sama lain membentuk satu kesatuan struktur. Struktur gedung beton bertulang dipilih karena memiliki daya tahan dan kemampuan layan yang lebih baik (Sansujaya dkk., 2021). Pada suatu struktur balok bertulang, tulangan baja diletakkan di dalam beton, sehingga gaya tarik yang dibutuhkan untuk menahan momen pada penampang retak dapat ditahan pada tulangan baja. Sehingga untuk mengatasi kelemahan beton maka diperlukan tambahan tulangan baja pada penampang balok beton yang akan berpotensi mengalami tarik saat balok menahan beban.

### **B. Perencanaan Pembebanan**

Dalam suatu perencanaan pembangunan gedung. Semua beban harus dipertimbangkan dan dibuat berdasarkan dengan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Gedung SNI antara lain :

#### **1. Beban Mati**

Beban mati adalah berat dari semua bagian bangunan gedung itu sendiri yang bersifat tetap, termasuk dinding dan sekat pemisah, kolom, balok,

lantai, atap, mesin dan semua peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung.

## 2. Beban Hidup

Berat semua beban yang terjadi akibat penggunaan atau penghunian dari gedung tersebut, termasuk peralatan-peralatan yang mengakibatkan perubahan pada pembebanan yang ada karena sering berpindah posisi. Beban hidup untuk atap berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air hujan. Beban angin dan beban gempa tidak termasuk ke dalam beban hidup.

## 3. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang disebabkan dari gerakan-gerakan lapisan bumi ke arah horizontal dan vertikal, di mana gerakan vertikalnya lebih kecil dari gerakan horizontalnya. Beban gempa sendiri direncanakan agar bangunan mampu menahan gempa apabila sewaktu-waktu terjadi gempa sehingga bangunan tidak roboh.

## 4. Beban Angin

Beban angin merupakan beban yang ditimbulkan oleh tekanan dari pergerakan angin pada struktur bangunan.

Pada saat di lapangan pembebanan struktur dapat terjadi secara bersamaan. Sehingga, diperlukan suatu kombinasi pembebanan yang tepat agar dapat memprediksi besarnya beban yang mungkin akan terjadi. Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI 1727 - 2020 Pasal 2.3. Berikut ini merupakan kombinasi-kombinasi pembebanan yang akan digunakan:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$

$$5. 0,9D + 1,0W$$

$$6. 1,2D + E_v + E_h + L + 0,2S$$

$$7. 0,9 D - E_v + E$$

Keterangan:

D = Beban mati

L = Beban hidup

L<sub>r</sub> = Beban hidup atap

S = Salju

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

### C. Peraturan Perencanaan Gedung Tahan Gempa

Dalam perencanaan bangunan bertingkat yang tahan gempa, maka harus didesain berdasarkan peraturan-peraturan yang masih berlaku saat ini. Beban gempa berdasarkan SNI 1726-2019 dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatan secara umum. Suatu gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan terjadinya kemungkinan yang akan terlewati selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

#### 1. Faktor Keutamaan dan Risiko Bangunan

Untuk jenis kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai dengan Tabel 2.1. Sedangkan pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa I<sub>e</sub> menurut Tabel 2.2. Khusus pada struktur bangunan dengan kategori risiko IV, apabila dibutuhkan suatu pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan bersebelahan harus didesain sedemikian rupa dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.1. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perternakan, perkebunan dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> </ul> <p>Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</p>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industry</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan</p>	III
<p>dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh</p>	III

Tabel 2.1. (lanjutan)

Jenis pemanfaatan	Kategori Resiko
instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran	III
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah ibadah</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Sumber: SNI 1726-2019

Tabel 2.2. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )
I atau II	1,0
III	1.25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726-2019

## 2. Klasifikasi Situs

Tipe kelas situs harus ditetapkan berdasarkan SNI 1726-2019. Saat merumuskan kriteria desain seismik pada suatu bangunan di muka tanah, maka situs itu harus digolongkan terlebih dahulu. Klasifikasi situs dapat dilihat pada Tabel 2.3. di bawah ini.

Tabel 2.3. Klasifikasi Situs

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

Sumber: SNI 1726-2019

Dalam menentukan suatu kelas situs harus juga memperhatikan  $\bar{N}$  - SPT. Adapun perhitungan  $\bar{N}$  - SPT untuk perencanaan gempa dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \bar{N}_i} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

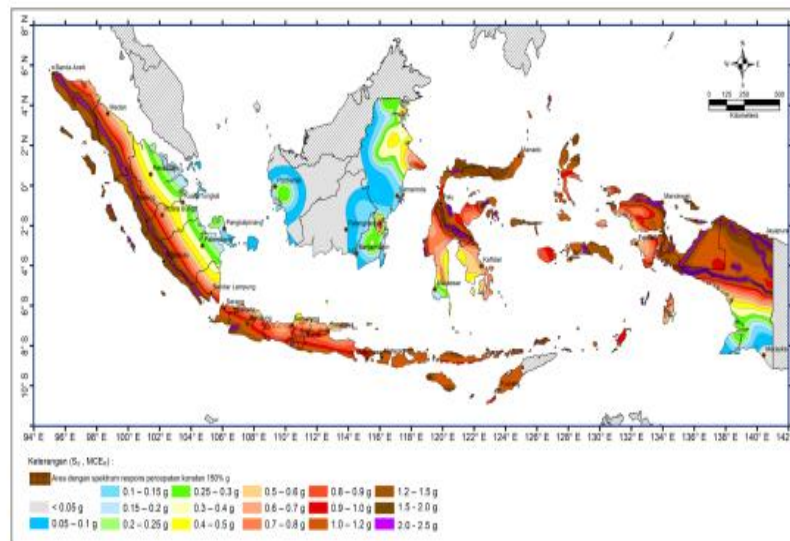
$\bar{N}$  = Nilai  $\bar{N}$  - SPT rerata

$di$  = Ketebalan tiap lapisan

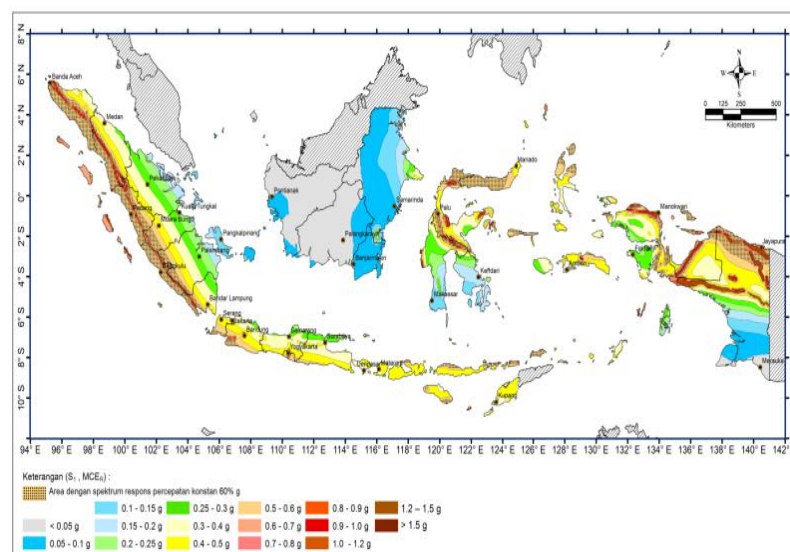
$N_i$  = Nilai  $\bar{N}$  - SPT lapisan

### 3. Wilayah Gempa

Menurut pasal 15 SNI 1726 - 2019 menyatakan bahwa pasal ini memberikan peta-peta gerak tanah seismik dan koefisien risiko dari gempa maksimum yang dipertimbangkan (*Maximum Considered Earthquake, MCE*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. dan Gambar 2.2. Wilayah gempa sangat mempengaruhi lokasi gedung yang didirikan. Hal ini berkaitan erat dengan faktor yang memengaruhi besar/kecilnya beban lateral (gempa) yang bekerja pada struktur bangunan tersebut.



Gambar 2.1. Pembagian wilayah gempa di Indonesia untuk  $S_s$ .  
(SNI 1726-2019)



Gambar 2.2. Pembagian wilayah gempa di Indonesia untuk  $S_1$ .  
(SNI 1726-2019)



#### 4. Koefisien Situs

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2019, penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi tersebut terdiri dari faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) serta faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan efek/pengaruh klasifikasi situs. Dimana nilainya ditentukan dengan rumus berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$S_{MS}$  = Parameter *response spectrum* periode pendek

$S_{M1}$  = Parameter *response spectrum* periode 1 detik

$F_a$  = Faktor amplifikasi

$F_v$  = Faktor amplifikasi

$S_s$  = Parameter respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan periode pendek

$S_1$  = Parameter respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan periode 1 detik

Untuk nilai koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  dapat dilihat pada Tabel 2.4. dan Tabel 2.5. dibawah ini.

Tabel 2.4. Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) 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

Tabel 2.4. (lanjutan)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS <sup>(a)</sup>					

Sumber: SNI 1726-2019

Tabel 2.5. Koefisien Situs,  $F_v$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, $S_I$					
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$	$S_s \geq 0,6$
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 <sup>(a)</sup>					

Sumber: SNI 1726-2019

### 5. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) nilainya ditentukan dengan rumus berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek  $S_{D1}$

= Parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

### 6. Respon Spektrum Desain

Berdasarkan SNI 1726-2019, untuk mendapatkan data respons spektrum yang akan digunakan dalam menentukan gempa rencana, maka grafik

spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 2.3. dan mengikuti ketentuan sebagai berikut:

a) Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan

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

b) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$

c) Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (7)$$

d) Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respon spektrum ( $S_a$ )  $T_L$ , respon spektrum ( $S_a$ ) diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek

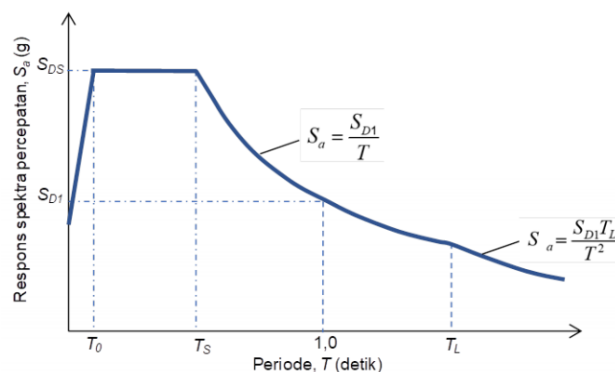
$S_{D1}$  = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (9)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (10)$$

$T$  = Periode getar fundamental struktur

$T_L$  = Peta transisi periode panjang



Gambar 2.3. Spektrum respon desain.  
(SNI 1726-2019)

## 7. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditentukan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal 6.5 SNI 1726 - 2019 berdasarkan pada kategori resiko serta parameter respon spektra percepatan desainnya. Untuk kategori desain seismik dapat dilihat pada Tabel 2.6. dan Tabel 2.7.

Tabel 2.6. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori resiko	
	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 2.7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori resiko	
	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

### D. Gaya Lateral Ekuivalen

Metode gaya lateral ekuivalen (*equivalent lateral force method*) merupakan suatu cara mengasumsikan besarnya gaya gempa berdasarkan hasil perkalian suatu konstanta/massa dari elemen tersebut. Berdasarkan SNI 1726-2019 gaya geser seismik dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W \quad \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

$C_s$  = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif (kN)

Untuk nilai  $C_s$  ditentukan sesuai dengan persamaan di bawah ini.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek.

R = Koefisien modifikasi respon.

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa.

Untuk nilai  $C_s$  yang akan dihitung tidak boleh melebihi dari :

Untuk  $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots (13)$$

Untuk  $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left( \frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots (14)$$

Dan  $C_s$  harus tidak kurang  $C_s = 0,0044 S_{DS} I \geq 0,01$ , sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari  $0,6g$ , maka  $C_s$  harus tidak kurang dari.

$$C_s = \frac{0,5 S_{D1}}{\frac{R}{I_e}} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

$S_{D1}$  = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

R = Koefisien modifikasi respon.

$S_1$  = Parameter respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan periode 1 detik

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa.

T = Periode fundamental.

### 1. Pemilihan Sistem Struktur

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda, apabila akan diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di kedua arah sumbu ortogonal struktur.

Jika sistem yang berbeda tersebut digunakan, maka masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  harus diterapkan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam pasal 7.2.2. SNI 1726-2019 yang dalam dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Faktor  $R$ ,  $C_d$  dan  $\Omega_0$  untuk Sistem Pemikul Seismik

Sistem Penahan-gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respons ( $R^a$ )	Faktor kuat lebih sistem, ( $\Omega_0^b$ )	Faktor pembesaran defleksi, ( $C_d^c$ )	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ ( $m$ ) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser beton bertulang khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser beton bertulang biasa	6	2,5	5	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2,5	5	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7,5	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2,5	5	TB	TB	TI	TI	TI
Dinding geser batu bata bertulang khusus	5,5	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3,5	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2,5	5	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser pelat baja khusus	8	2,5	6,5	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber: SNI 1726-2019

Keterangan :

TB = Tidak dibatasi

TI = Tidak diizinkan

## 2. Periode Fundamental Pendekatan ( $T_a$ )

Berdasarkan SNI 1726-2019, periode fundamental pendekatan batas bawah ditentukan dengan rumus di bawah ini.

$$T_a = C_t h_n^x \quad \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan:

$T_a$  = Periode fundamental pendekatan

$C_t$  = Koefisien (Tabel 2.9.)

$x$  = Koefisien (Tabel 2.9.)

$h_n^x$  = Ketinggian struktur

Sedangkan untuk periode fundamental maksimum dapat ditentukan dengan rumus di bawah ini.

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a \quad \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan:

$T_{\max}$  = Periode fundamental maksimum

$C_u$  = Koefisien (Tabel 2.10.)

Untuk nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$  dapat dilihat pada Tabel 2.9. dan untuk periode fundamental maksimum nilai koefisien  $C_u$  dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.9. Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 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

Tabel 2.10. Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 1726-2019

Untuk menentukan suatu periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton/baja dan memiliki nilai rata-rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3 meter.

$$T_a = 0,1N \quad \dots\dots\dots (18)$$

Keterangan:

N = Jumlah tingkat

Syarat perhitungan periode fundamental pendekatan,  $T_a$  untuk struktur dinding geser batu bata atau dinding geser beton menggunakan persamaan dibawah ini sebagai berikut:

$$T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \quad \dots\dots\dots (19)$$

Di mana  $h_n$  didefinisikan di atas dan  $C_w$  dihitung dari persamaan sebagai berikut:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A_i}{\left[1+0,83 \left(\frac{h_n}{D_i}\right)^2\right]} \quad \dots\dots\dots (20)$$

Keterangan:

$A_B$  = Luas dasar struktur ( $m^2$ )

$A_i$  = Luas badan dinding geser ke - i ( $m^2$ )



$D_i$  = Panjang dinding geser ke - i (m)

$x$  = Jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif memikul gaya lateral dalam arah yang ditinjau

$h_n$  = Ketinggian struktur (m)

$h_i$  = Tinggi dinding geser (m)

### 3. Distribusi vertikal gaya seismik

Pada gaya seismik lateral  $F_x$  = (kN) di sebarang tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$F_x = C_{vx}V \quad \dots\dots\dots (21)$$

Dengan rumus  $C_{vx}$  yaitu:

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad \dots\dots\dots (22)$$

Keterangan:

$C_{vx}$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya lateral desain total/geser di dasar struktur (kN)

$w_i$  dan  $w_x$  = Berat *seismic* efektif total struktur (W)

$h_i$  dan  $h_x$  = Tinggi sampai tingkat i atau x

$k$  = Eksponen terikat pada struktur

Untuk struktur yang memiliki  $0,5 < T < 2,5$  detik,  $k = 2$  atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2. Untuk nilai  $k$  dapat dilihat pada Tabel 2.11. dan untuk peta gempa di Indonesia sesuai SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Gambar 2.1. dan Gambar 2.2.

Tabel 2.11. Penentuan Nilai K

Periode	K
$\leq 0,5$ detik	1
$\geq 2,5$ detik	2
0,5 detik – 2,5 detik	2 atau Interpolasi

### E. Dinding Geser (*Shearwall*)

Dalam merencanakan suatu bangunan bertingkat tinggi yang tahan gempa, penggunaan dinding geser (*shearwall*) merupakan salah satu alternatif solusi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan dalam menahan gaya gempa yang terjadi (Kalangi dkk, 2021). Dinding geser (*shearwall*) sendiri adalah pelat beton bertulang yang dipasang dengan posisi vertikal untuk menambah kekakuan struktur pada bangunan bertingkat. Dengan adanya dinding geser (*shearwall*) pada bangunan, maka gaya lateral yang terjadi tidak sepenuhnya diterima langsung oleh struktur rangka dalam hal ini kolom dan balok. Dinding geser (*shearwall*) berfungsi untuk menahan beban lateral seperti gaya gempa dan angin.

Secara umum dalam struktur bertingkat, dinding geser (*shearwall*) memiliki beragam fungsi, yaitu:

1. Menahan beban atau gaya lateral seperti gaya angin dan gempa yang bekerja pada bangunan.
2. Menyerap gaya geser atau beban horizontal yang besar seiring dengan semakin tingginya bangunan
3. Menambah kekakuan pada suatu struktur bangunan.
4. Mencegah terjadinya suatu kegagalan dinding eksterior
5. Memastikan bahwa struktur bangunan tidak mengalami keruntuhan akibat adanya gempa bumi.
6. Meredam guncangan saat terjadi gempa
7. Meminimalisir biaya perawatan/pemeliharaan gedung

Berikut ini merupakan macam-macam dinding geser (*shearwall*) antara lain:

1. *Bearing walls* merupakan *shearwall* yang mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga mendukung pada dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.
2. *Frame walls* merupakan *shearwall* yang menahan beban lateral, di mana beban gravitasi berasal dari *frame* beton bertulang. Untuk tembok-tembok dibangun di antara baris kolom.

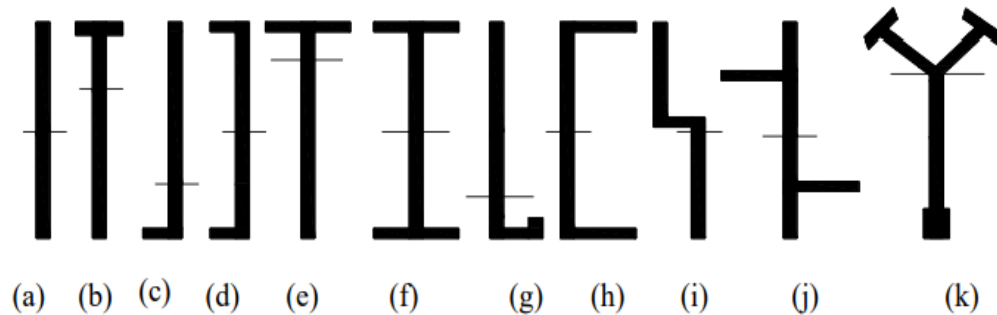
3. *Core walls* merupakan *shearwall* yang terletak di dalam area inti pusat dalam gedung yang biasanya diletakkan poros *lift* atau tangga. Dinding dengan letak seperti ini memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan ekonomis.

#### **F. Dinding Geser (*Shearwall*) Layout**

Konsep utama dalam sebuah perancangan struktur bangunan bertingkat yaitu meningkatkan kekuatan, kekuatan terhadap gaya lateral dan kekakuan pada struktur. Solusi alternatif dan terbaik dalam pembangunan gedung bertingkat yaitu dengan pemasangan dinding geser (*shearwall*). Pada bangunan bertingkat yang tinggi, dinding geser (*shearwall*) merupakan suatu bentuk struktur yang dapat menahan gaya gempa dan angin, sehingga dengan adanya *shearwall* bisa mengantisipasi terjadinya roboh pada bangunan. Stabilitas bangunan bertingkat tinggi diterima oleh *shearwall*. Kerja sama antara dinding geser dan rangka struktur bangunan merupakan suatu keadaan khusus, di mana kedua struktur ini digabungkan dalam gedung tinggi. Untuk dapat menahan gaya lateral (gempa dan angin), maka *shearwall* harus didesain sedemikian rupa. Dinding geser dirancang dengan kekakuan yang cukup besar untuk menahan gaya lateral, apabila dinding geser diletakkan pada lokasi-lokasi tertentu yang cocok dan strategis, sehingga dapat digunakan secara ekonomis untuk memberikan tahanan beban horizontal yang diperlukan. Apabila dalam desain *layout* dinding geser tidak sesuai dengan lokasi-lokasi tersebut, maka dinding geser tidak akan memberikan hasil yang diharapkan.

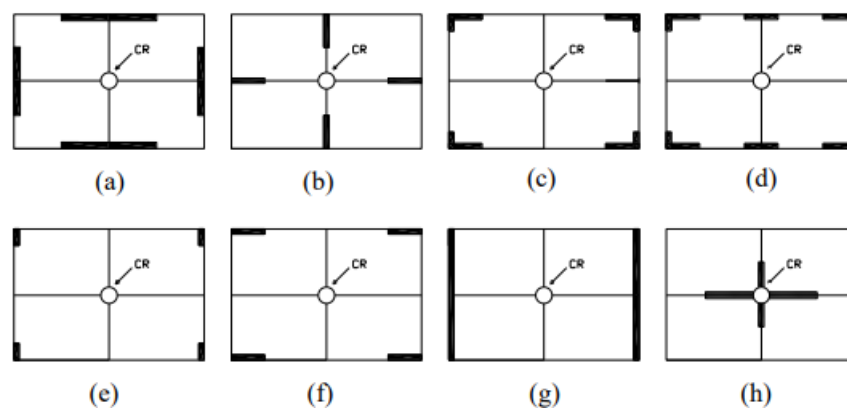
Terdapat dua sistem dinding geser yang dibagi menjadi sistem terbuka dan tertutup. Sistem terbuka terdiri dari unsur linear tunggal atau gabungan unsur yang tidak lengkap, melingkupi ruang asimetris, contohnya yaitu dalam bentuk L, X, T, V, Y dan H. Sedangkan sistem tertutup melingkupi ruang geometris yang bentuknya seperti bulat, segitiga, bujur sangkar dan persegi panjang. Penempatan dan bentuk dinding geser mempunyai pengaruh yang begitu besar terhadap perilaku struktur bangunan apabila diberikan beban secara lateral.

Dinding geser apabila didesain asimetris terhadap bentuk bangunan, maka harus mampu memikul torsi selain lentur dan geser langsung. Bentuk dan tata letak dinding geser dapat dilihat pada Gambar 2.4. dan Gambar 2.5.



Gambar 2.4. Bentuk dinding geser.

Sumber: *Seismic Desain of Reinforced concrete & Masonry Bulidings, Paulay and M.J.N Priestley.*



Gambar 2.5. Tata letak dinding geser.

Sumber: *Seismic Desain of Reinforced concrete & Masonry Bulidings, Paulay and M.J.N Priestley.*

Keterangan :

- ❖ Lingkaran yang terdapat pada tiap denah adalah *CR (Centre of Rigidity)* atau pusat kekakuan.
- ❖ Garis yang tebal menunjukkan dinding geser.
- ❖ Garis yang tipis menunjukkan garis denah gedung.

## G. Analisis *Pushover*

Menurut ATC-40 tahun 1996 menyatakan bahwa analisis *pushover* merupakan salah satu komponen *performance based seismic design* yang menjadi sarana

dalam mencari kapasitas dari suatu struktur. Sedangkan menurut ACI 374.2R-13 tahun 2013 menyatakan bahwa analisis *pushover* adalah analisis statis yang digunakan untuk memperkirakan bagaimana perilaku *inelastis* suatu bangunan dapat dicapai sebelum bangunan runtuh seluruhnya atau sebagian. Jadi secara umum pengertian analisis *pushover* juga dikenal sebagai analisis statik nonlinier merupakan suatu metode analisis statis nonlinier untuk mengevaluasi perilaku keruntuhan dan mengetahui kapasitas dari suatu struktur bangunan.

Dalam analisis *pushover* pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai suatu beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya suatu pelelehan (sendi plastis) yang pertama di dalam struktur gedung, lalu dengan adanya peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk elastoplastis yang besar sampai mencapai keadaan/kondisi diambang keruntuhan.

Dalam prosedur analisisnya mengidentifikasi bagian-bagian dari suatu bangunan yang akan mengalami kegagalan lebih awal. Seiring dengan adanya peningkatan beban, maka akan ada elemen-elemen lain yang juga mengalami leleh dan deformasi *inelastic*. Analisis ini memberikan suatu hasil akhir yang berupa nilai-nilai gaya-gaya geser dasar (*base shear*) untuk menghasilkan perpindahan dari struktur tersebut. Selain itu, analisis *pushover* dapat menampilkan secara visual elemen-elemen struktur yang mengalami kegagalan, sehingga dapat dilakukan pencegahan dengan melakukan pendetailan secara khusus pada elemen-elemen strukturnya. Sebagai alat bantu dalam perencanaan gedung tahan gempa, analisa *pushover* dapat digunakan dengan keterbatasan yang ada antara lain:

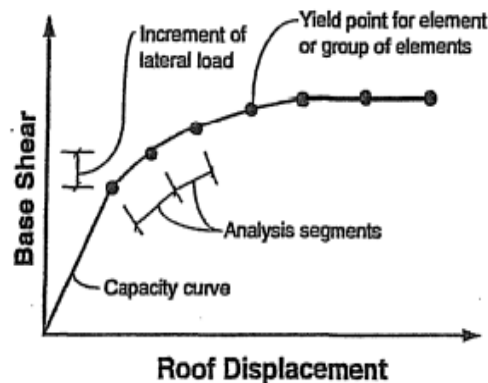
1. Sifat pembebanan pada analisa *pushover* adalah statik monotonik dan hasil analisa *pushover* masih berupa pendekatan, karena perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat bolak-balik melalui suatu siklus tertentu.
2. Dalam pemilihan pola beban lateral yang digunakan sangat penting dalam analisis.

- Keandalan analisa *pushover* akan menurun seiring dengan bertambahnya pengaruh ragam yang lebih tinggi.

Selain persyaratan perpindahan berdasarkan 1726 - 2019 yang dapat dijadikan sebagai acuan kriteria kinerja struktur. Ada beberapa cara menentukan target perpindahan struktur, dua yang sering dipakai yaitu metode koefisien perpindahan (*displacement coefficient method*) FEMA 356/440 dan metode spektrum kapasitas (*capacity spectrum method*) ATC 40.

#### 1. *Capacity Spectrum Method* ATC 40, 1996

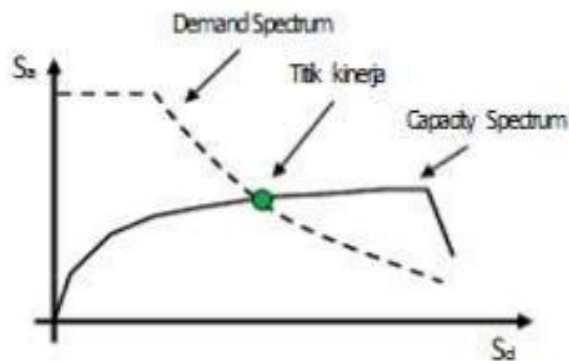
Metode analisis *pushover* (ATC-40, 1996) yaitu analisa *pushover* menghasilkan *capacity curve* (Gambar 2.6.), kurva yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (V) terhadap perpindahan titik acuan pada struktur bagian atas (D). Secara garis besar *capacity curve* menunjukkan kemampuan deformasi inelastik struktur sebelum mengalami keruntuhan.



Gambar 2.6. *Capacity curve*.  
(ATC-40, 1996)

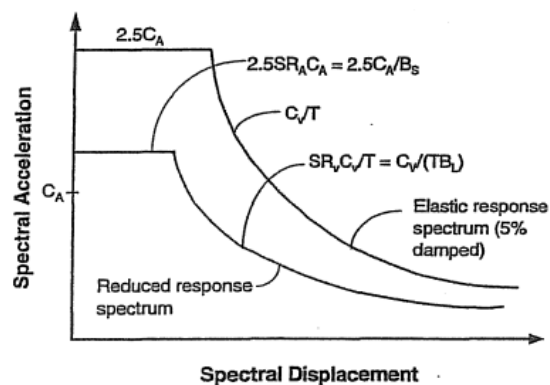
Pengerjaan analisis ini dibantu dengan komputer menggunakan *software* ETABS dan SAP2000. *Software* ini memiliki kemampuan untuk melakukan pembebanan yang dimaksud sekaligus menggambarkan *capacity curve* struktur bangunan. Setelah didapatkan *capacity curve*, dilakukan penentuan *performance point* dengan *capacity spectrum method*. *Capacity spectrum method* ditunjukkan pada Gambar 2.7. Prosedur penentuan *performance point* dengan metode ini secara lengkap tercantum dalam dokumen ATC-40.

*Capacity spectrum* merupakan hasil dari transformasi *capacity curve* ke dalam satuan *spectral acceleration* ( $S_a$ ) dan *spectral displacement* ( $S_d$ ). Dalam menentukan *performance point* dengan *capacity spectrum method* dilakukan dengan mencari titik potong antara *capacity spectrum* dan *demand spectrum*.



Gambar 2.7. *Capacity spectrum method*.  
(ATC-40, 1996)

*Response spectrum* dalam bentuk *acceleration displacement response spectrum* (ADRS) ini kemudian dimodifikasi dengan memasukkan pengaruh *effective damping* yang akan terjadi akibat terbentuknya sendi plastis. *Spectrum* ini dinamakan *demand spectrum*, dalam format ADRS ini memiliki tingkat redaman sebesar 5% yang direduksi menjadi *single demand*. *Response spectrum* gempa rencana secara umum akan bergeser ke bawah yang dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Reduksi *response spectrum*.  
(ATC-40, 1996)

Untuk menentukan letak titik potong antara *capacity spectrum* dan *demand spectrum* dilakukan proses perhitungan yang bersifat iteratif. Pada dasarnya perhitungan dilakukan dengan mengiterasi titik kinerja awal ( $d_{pi}$ ,  $a_{pi}$ ) yang ditentukan secara sembarang pada *capacity spectrum* sampai mencapai suatu konvergensi. Titik kinerja yang memberikan konvergensi adalah titik pada *capacity spectrum* yang memberikan *damping ratio* tertentu, sedemikian rupa sehingga *response spectrum* elastik yang tereduksi memotong *capacity spectrum* tepat di titik ( $d_{pi}$ ,  $a_{pi}$ ) atau dalam batasan toleransi yang telah ditentukan (sekitar 5 %).

## 2. Displacement Coefficient Method FEMA 356

*Displacement coefficient method* FEMA 356 merupakan perhitungan yang dilakukan dengan memodifikasi respons elastik linier dari ekuivalen sistem SDOF (*single degree of freedom system*) dengan serangkaian  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  dan  $C_3$  yang akan menghasilkan perpindahan global maksimum (elastis dan inelastis) yang disebut sebagai target perpindahan ( $\delta_t$ ). Parameter – parameter yang diperlukan diambil dari idealisasi kurva *bilinear* yang diperoleh dari hasil analisis *software* ETABS dan SAP200. Kurva *bilinear* sendiri merupakan kurva yang terdiri dari 2 garis lurus yang bentuknya mengikuti kurva *capacity*. Rumus target perpindahan yang digunakan pada *displacement coefficient method* FEMA 356 yaitu sebagai berikut ini:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left( \frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g \quad \dots\dots\dots (23)$$

Keterangan:

$\delta_t$  = Target peralihan.

$T_e$  = Waktu getar alami efektif.

$C_0$  = Faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan spektral dari SDOF ekuivalen menjadi perpindahan atap sistem MDOF

$C_1$  = Faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastic maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respons elastik linier.

= 1,0 untuk  $T_e \geq T_s$



$$= [1,0 + (R - 1)T_s/T_e] / R \text{ untuk } T_e < T_s \dots\dots\dots(24)$$

C2 = Faktor modifikasi untuk memperlihatkan *pinched hysteresis shape*, dari hubungan beban-deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan.

C3 = Faktor modifikasi untuk memperlihatkan kenaikan peralihan akibat efek P-delta. Untuk bangunan dengan kekakuan pasca leleh positif (kurva meningkat) maka  $C_3 = 1$ , sedangkan jika perilaku pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka:

$$C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{T_e} \dots\dots\dots (25)$$

S<sub>a</sub> = Akselerasi respons spektrum yang berkesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.

g = Percepatan gravitasi 9,81 m/s<sup>2</sup>.

T<sub>s</sub> = Waktu getar karakteristik dari kurva respons spektrum

R = *Strength ratio*, besarnya dapat dihitung sesuai dengan Persamaan berikut ini

$$R = \frac{S_a}{V_{y/w}} C_m \dots\dots\dots (26)$$

V<sub>y</sub> = Gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva *pushover* menjadi *bilinear*.

W = Berat gempa efektif

C<sub>m</sub> = Faktor massa efektif

α = Rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif, dimana hubungan gaya lendutan diidealisasikan sebagai kurva *bilinier*

### 3. Displacement Coefficient Method FEMA 440

*Displacement coefficient method* FEMA 440 adalah metode terbaru yang telah memodifikasi dan memperbaiki FEMA 356 sebelumnya. Gambar *displacement coefficient method* FEMA 440 dapat dilihat pada Gambar 2.9. Akan tetapi terjadi modifikasi dan perbaikan dalam menghitung faktor C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> sebagai berikut:

$$C_1 = 1 + \frac{R-2}{a T_e^2} \dots\dots\dots (27)$$

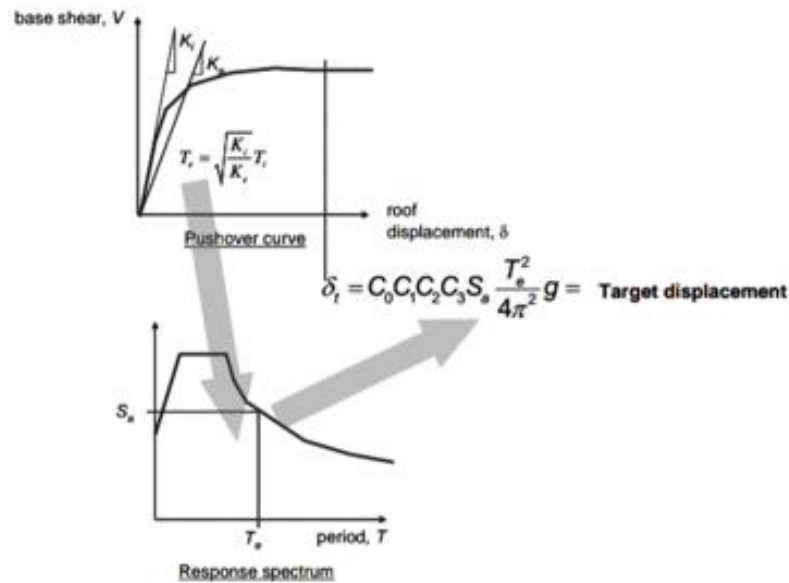
$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left( \frac{R-1}{T_e} \right)^2 \dots\dots\dots (28)$$

Keterangan:

R = *strength ratio*

T<sub>e</sub> = Waktu getar alami efektif

A = Konstanta (nilai konstanta a adalah 130, 90 dan 60 untuk site kategori B, C dan D)



Gambar 2.9. *Displacement coefficient method FEMA 440. (FEMA 440, 2005)*

Metode yang digunakan ini merupakan suatu metode secara khusus telah *built-in* dalam program ETABS dan SAP2000, proses konversi kurva *pushover* dan kurva *response spectrum* yang direduksi dikerjakan secara otomatis dalam program tersebut

**H. Kriteria Kinerja Struktur Tahan Gempa**

Untuk menentukan kriteria kinerja struktur tahan gempa digolongkan sebagai berikut ini:

1. Menurut ATC – 40, 1996

Menurut ATC – 40 kriteria kinerja struktur tahan gempa digolongkan sebagai berikut ini:

a. *Immediate Occupancy (IO)*

Keadaan struktur bangunan mampu menahan gempa, saat gempa terjadi. Dalam keadaan ini struktur tidak mengalami kerusakan struktural maupun nonstruktural. Sehingga bangunan dapat difungsikan kembali seperti semula.

b. *Damage Control*

Dalam kriteria ini, pemodelan bangunan baru dengan beban gempa rencana memiliki nilai beban gempa dengan peluang terlewatinya dalam rentang masa layan gedung 50 tahun adalah sebesar 10%.

c. *Life Safety (LS)*

Apabila terjadi gempa, struktur bangunan masih mampu menahan gempa, dengan sedikit kerusakan struktur, namun untuk manusia yang tinggal atau berada pada bangunan tersebut terjaga keselamatannya saat gempa terjadi.

d. *Structural Stability*

Kriteria ini merupakan batas dimana struktur bangunan telah mengalami kerusakan yang parah. Bangunan tersebut terjadi kerusakan pada struktur maupun nonstruktur. Keadaan ini bisa disebut juga keadaan struktur tidak lagi mampu menahan gaya lateral karena penurunan.

Untuk menentukan pengklasifikasian berbagai level kinerja struktur menurut ATC – 40 dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12. Pengklasifikasian untuk Berbagai Level Kinerja Struktur Menurut ATC - 40

<i>Interstorey Drift Limit</i>	<i>Performance Level</i>			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
<i>Max Total Drift (X<sub>max</sub>/H)</i>	0,01 Elastic	0,01-0,022	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
<i>Max Inelastic Drift</i>	0,005	0,005-0,015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Sumber: ATC-40, 1996

## 2. Menurut FEMA 356/440

Menurut FEMA kriteria kinerja struktur tahan gempa digolongkan sebagai berikut ini:

### a. Operasional

Saat terjadi gempa struktur dan nonstruktur tidak mengalami kerusakan yang berarti bangunan tetap berfungsi.

### b. *Immediate Occupancy (IO)*

Bila terjadi gempa, struktur bangunan tidak mengalami kerusakan. Hal ini menandakan bahwa kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum terjadi gempa, sehingga bangunan dapat dipakai kembali seperti semula.

### c. *Life Safety (LS)*

Apabila terjadi gempa, bangunan mengalami sedikit kerusakan struktur. namun untuk penghuni yang berada pada bangunan tersebut terjamin keselamatannya saat gempa terjadi.

### d. *Collapse Prevention (CP)*

Apabila terjadi gempa, bangunan akan mengalami kerusakan parah pada struktur maupun nonstruktur. Pada keadaan ini belum terjadi keruntuhan pada bangunan, namun struktur sudah tidak mampu lagi menahan gaya lateral.

Untuk menentukan pengklasifikasian level kinerja struktur menurut FEMA dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13. Pengklasifikasian untuk Berbagai Level Kinerja Struktur Menurut FEMA 356

<i>Structural</i>	<i>Performance Level (%)</i>			
	<i>Operasional</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Collapse Prevention</i>
<i>Concrete Frame</i>	0	1	2	4
<i>Concrete Walls</i>	0	0,5	1	2

Sumber: FEMA 356, 2000

## I. Penelitian Sebelumnya

Berbagai penelitian telah dilakukan sebelumnya dengan variasi penempatan *shearwall* (dinding geser) pada struktur bangunan. Adanya penelitian sebelumnya sebagai referensi untuk menyusun penelitian ini. Berikut ini adalah penelitian lain yang berkaitan dengan penelitian ini:

### 1. George Andalas, Suyadi dan Hasti Riakara Husni (2016)

Dalam sebuah penelitiannya yang berjudul “Analisis *Layout Shearwall* Terhadap Perilaku Struktur Gedung”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penempatan posisi dinding geser pada suatu model struktur bangunan menggunakan analisis *pushover*. Dari analisis yang mereka lakukan berdasarkan ATC – 40 memperoleh hasil bahwa level kinerja struktur memiliki nilai *drift ratio* yaitu untuk model tanpa *shearwall* pada arah X =  $54 \times 10^{-8}$  dan arah Y =  $77 \times 10^{-5}$ , model 1 pada arah X =  $48 \times 10^{-8}$  dan arah Y =  $66 \times 10^{-5}$ , model 2 pada arah X =  $42 \times 10^{-8}$  dan arah Y =  $62 \times 10^{-5}$ , model 3 pada arah X =  $30 \times 10^{-8}$  dan arah Y =  $51 \times 10^{-5}$ , model 4 pada arah X =  $28 \times 10^{-8}$  dan arah Y =  $47 \times 10^{-5}$ , model 5 pada arah X =  $8 \times 10^{-9}$  dan arah Y =  $30 \times 10^{-5}$ , dan model 6 pada arah X =  $8 \times 10^{-9}$  dan arah Y =  $29 \times 10^{-5}$ . Sehingga untuk semua model baik arah X maupun arah Y masuk kategori kinerja struktur *immediate occupancy*. Level kinerja struktur gedung yang memiliki nilai optimum untuk kedua arah X maupun Y terjadi pada model 6, dengan penempatan *shearwall* diletakkan menjauhi pusat massa yang dipasang pada keempat sisi pinggir bangunan.

### 2. Nurul Anggraini Usmat, Imran Imran dan Mufti A. Sultan (2019)

Dalam sebuah penelitiannya yang berjudul “Letak Dinding Geser (*Shearwall*) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa”. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji posisi *shearwall* yang memiliki nilai lebih optimum pada gedung yang menerima beban gempa statik dan dinamik. Dari analisis yang mereka lakukan memperoleh hasil bahwa berdasarkan analisa waktu getar dari 4 pemodelan *shearwall* didapatkan nilai simpangan dan persentase masing-masing *layout* dinding geser.

Penempatan *shearwall* yang memiliki nilai optimum terjadi pada model 2 yaitu *shearwall* yang dipasang berbentuk seperti huruf L yang ditempatkan simetris sumbu X dan Y mendekati pusat massa.

3. Rezkiyanto, Mufti Amir Sultan dan Imran (2020)

Dalam sebuah penelitiannya yang berjudul “Penempatan Dinding Geser Pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Analisa Pushover”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui letak ideal dari penempatan dinding geser dan mengetahui keandalan pada struktur gedung asimetris dengan dinding geser terhadap beban gempa menggunakan analisis *pushover*. Dari analisis yang mereka lakukan berdasarkan FEMA 356 memperoleh hasil bahwa pemodelan *layout 5* adalah yang paling ideal, dengan penempatan dinding geser berbentuk seperti huruf L yang diletakkan pada sumbu X dan sumbu Y secara berhadapan di bagian sisi dalam gedung, dengan ditandainya penurunan waktu getar alami fundamental sebesar 51,49% dari waktu getar alami fundamental yang dihasilkan SRPMK dan nilai *displacement* yang terjadi pada *layout 5* dianggap memenuhi persyaratan SNI 03 - 1726 - 2012 pasal 7.9.3 dimana  $\Delta_i < \Delta_\alpha$  yaitu  $\Delta_i < 40$  mm. Level kinerja struktur beton bertulang tahan gempa dengan analisa *pushover* pada *layout 5*. Pertama, pada step 6 arah XZ nilai perpindahan hasil *pushover* maksimum ( $\delta_{max}$ ) < target perpindahan ( $\delta_t$ ) yaitu 71,57 mm < 208,63 mm. Kedua pada step 4 arah YZ nilai perpindahan hasil *pushover* maksimum ( $\delta_{max}$ ) arah YZ < target perpindahan ( $\delta_t$ ) yaitu 28,31 mm < 208,63 mm. Ketiga evaluasi untuk arah XZ masih dalam keadaan aman karena  $\delta_{max} < (\delta_t)$ , dengan skema sendi plastis tidak menunjukkan elemen struktur melewati level kinerja *immediate occupancy* (IO). Evaluasi untuk arah YZ juga dalam keadaan aman karena  $\delta_{max} < (\delta_t)$ , dengan skema sendi plastis tidak menunjukkan elemen struktur melewati level kinerja *immediate occupancy* (IO).

4. Hendry Tanoto Kalangi, Jonie Tanijaya dan Michael Thetrawan (2021)

Dalam sebuah penelitiannya yang berjudul “Analisis Pengaruh Penempatan Dinding Geser Terhadap Perilaku Dinamik Struktur Bangunan”. Penelitian

ini bertujuan untuk memodelkan 3 alternatif perencanaan *shearwall* dengan lokasi penempatan yang berbeda. Dari analisis yang mereka lakukan memperoleh hasil bahwa dari ketiga alternatif perencanaan, menunjukkan bahwa model alternatif 2 adalah alternatif yang paling efisien dengan nilai rata-rata perpindahan struktur pada arah X sebesar 19,787 mm dan arah Y sebesar 17,220 mm, sehingga kedua arah tersebut memenuhi perpindahan maksimum yang diizinkan sebesar 40 mm. Selain itu, alternatif 2 juga paling efisien dalam memenuhi syarat untuk sistem ganda (*frame* minimal memikul 25 % gaya lateral yang terjadi), dengan kontribusi pada portal untuk arah X sebesar 36,7340 % dan arah Y sebesar 31,1996 %. Penempatan *shearwall* pada alternatif 2 dipasang berbentuk seperti huruf L yang ditempatkan pada empat sisi tangga atau lift, lalu dipasang *shearwall* lagi pada sisi arah X dan arah Y yang masing- masing 1 buah *shearwall*.

5. Rio Aditya Kusuma dan Bambang Sabariman (2022)

Dalam sebuah penelitiannya yang berjudul “Analisa Pengaruh Variasi *Layout Shearwall* Terhadap Kinerja Struktur Dengan Metode *Pushover Analysis* Pada Gedung Pelindo Office Tower”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui letak ideal penempatan *shearwall* terhadap kinerja struktur akibat gempa yang terjadi. Dari analisa yang mereka lakukan berdasarkan FEMA 440 memperoleh hasil bahwa level kinerja struktur memiliki nilai *drift ratio* yaitu untuk bangunan eksisting pada arah X = 0,47% (*immediate occupancy*) dan arah Y = 0,699% (*life safety*), model 1 untuk arah X = 0,922% (*life safety*) dan arah Y = 0,806% (*life safety*), model 2 pada arah X = 0,655% (*life safety*) dan arah Y = 0,790% (*life safety*) dan model 3 pada arah X = 0,645% (*life safety*) dan arah Y = 1,140% (*life safety*). Sehingga untuk letak ideal yang terbaik pada arah X dan Y terjadi pada model bangunan eksisting, dengan penempatan *shearwall* diletakkan di sekitar tangga atau lift yang letaknya tepat pada pusat massa bangunan.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Pendahuluan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan suatu pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif sendiri merupakan suatu metode penelitian yang didalamnya menggunakan banyak bilangan atau angka yang merupakan hasil dari analisis struktur gedung dengan menggunakan program ETABS V19.

#### B. Lokasi Penelitian

Gedung bertingkat yang dilakukan analisis adalah Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung yang berada di Jalan Dokter Susilo No. 2, Kel. Sumur Batu, Kec. Teluk Betung Utara, Bandar Lampung, Lampung. Lokasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



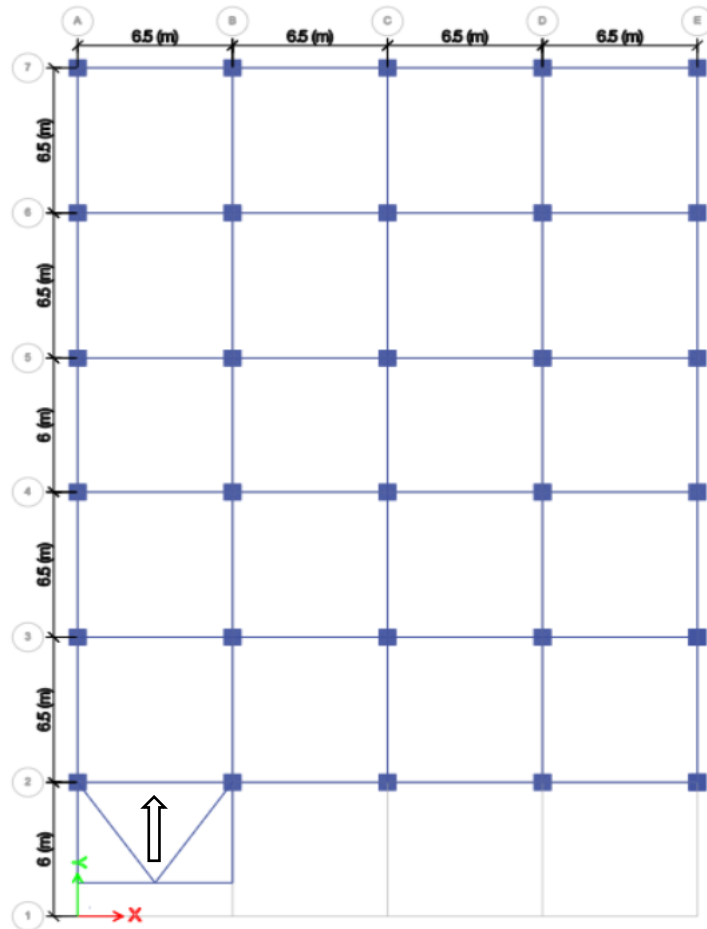
Gambar 3.1. Lokasi penelitian.  
(Sumber: Google Maps, 2023).



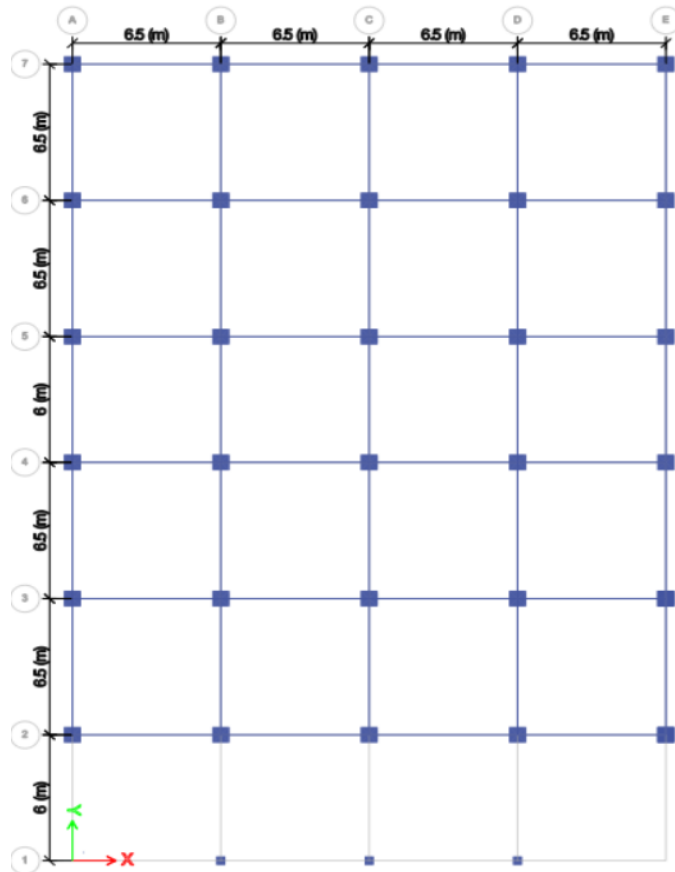
## C. Data Penelitian

### 1. Data Struktur Gedung

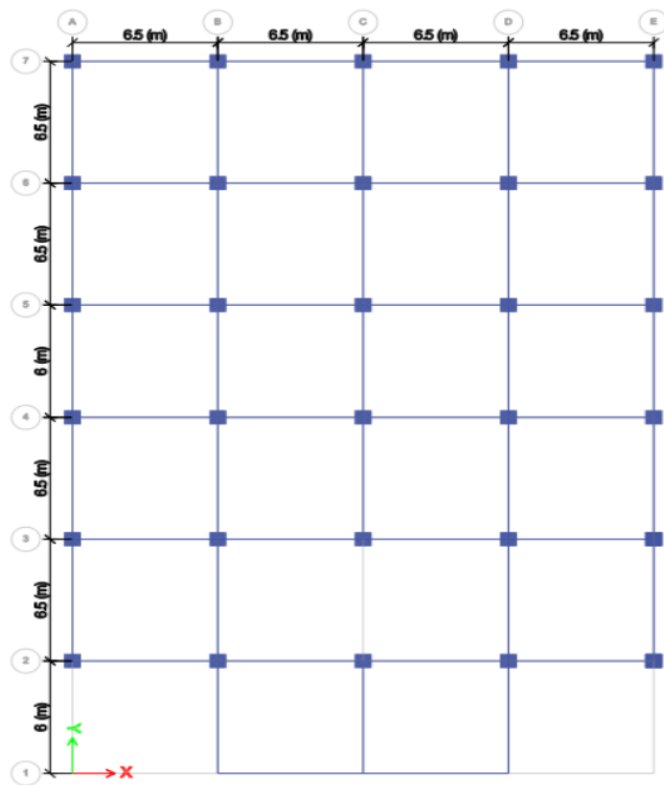
Denah dan gambar model bangunan Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung dapat dilihat pada Gambar 3.2., Gambar 3.3., Gambar 3.4., Gambar 3.5., Gambar 3.6., Gambar 3.7. dan Gambar 3.8.



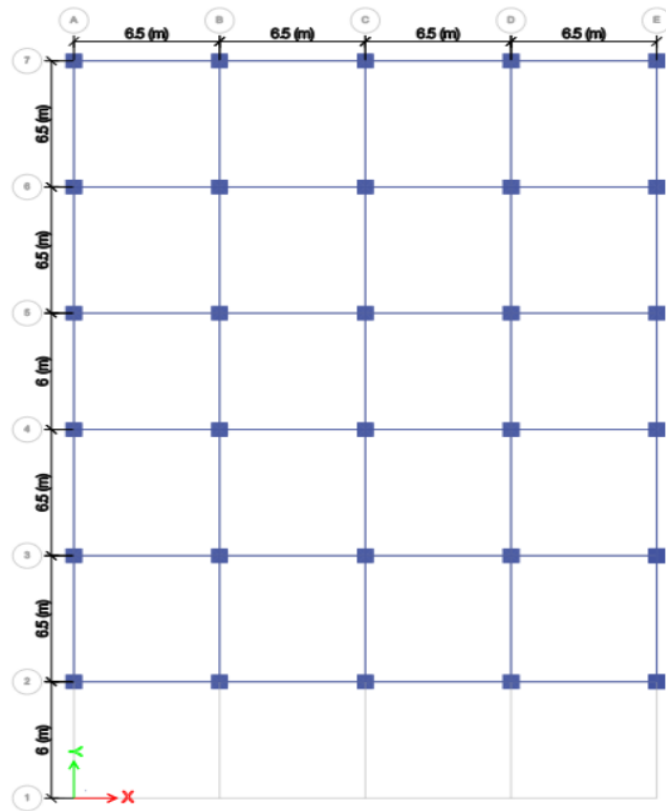
Gambar 3.2. Denah gedung *basement*.



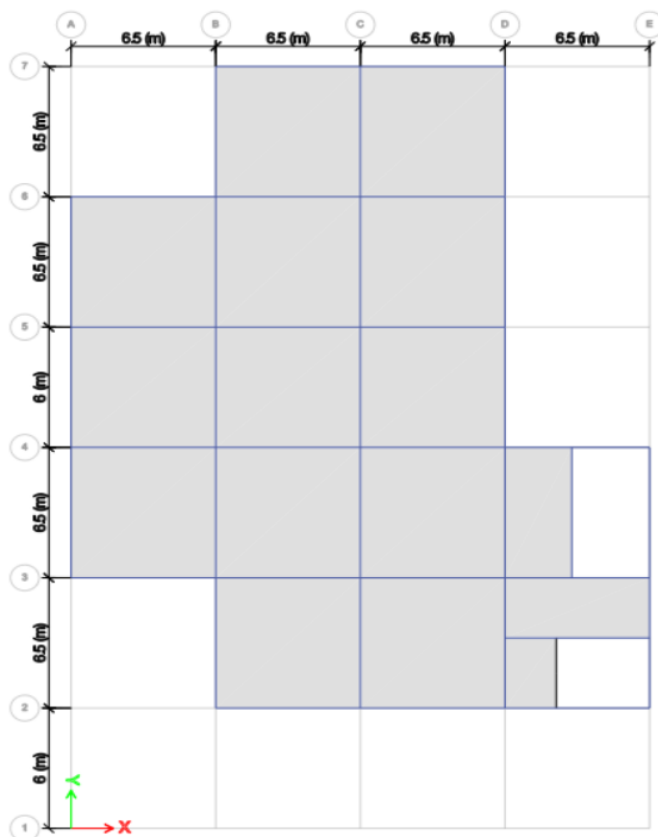
Gambar 3.3. Denah gedung lantai 1.



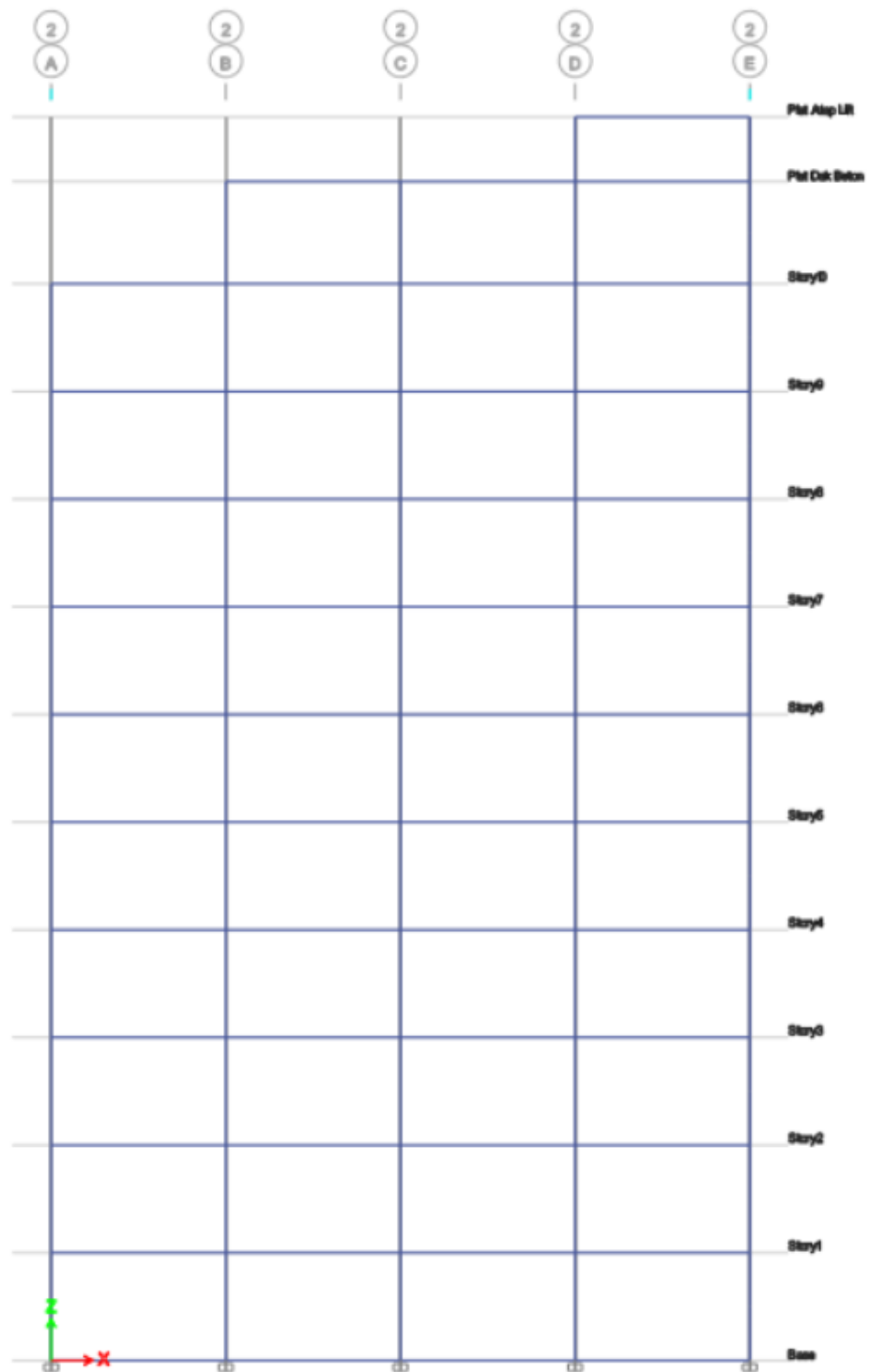
Gambar 3.4. Denah gedung lantai 2.



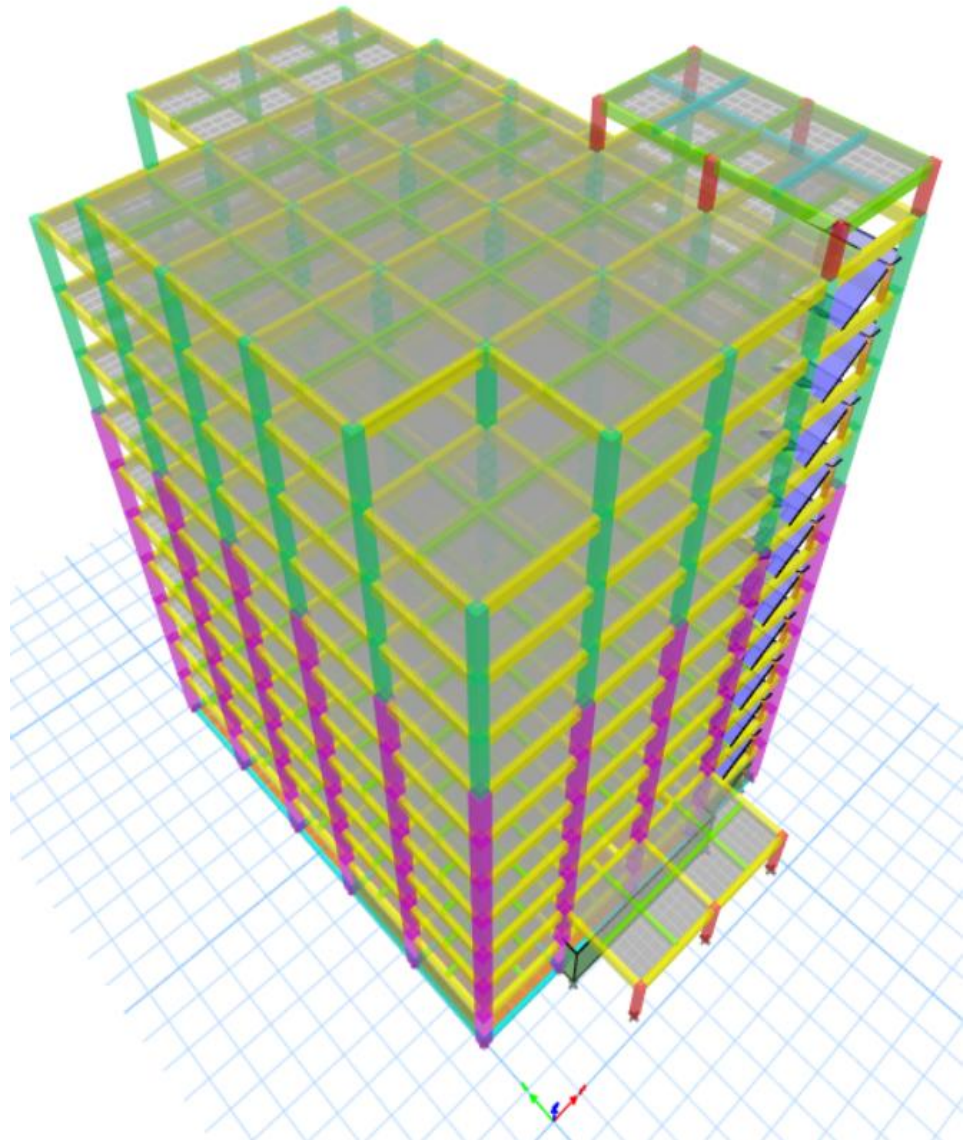
Gambar 3.5. Denah gedung lantai 3 - 10.



Gambar 3.6. Denah atap gedung.



Gambar 3.7. Tampak depan struktur gedung.



Gambar 3.8. Struktur gedung 3 dimensi.

a. Fungsi Bangunan

Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung adalah pembangunan gedung yang difungsikan untuk meningkatkan kualitas pelayanan publik bagi masyarakat. Dimana gedung ini dibangun di atas Gedung Sai Batin yang telah dirobohkan. Gedung ini terdiri dari 10 lantai yang berguna untuk melayani masyarakat.

b. Luas Lahan dan Bangunan

- 1) Luas lahan :  $\pm 1508 \text{ m}^2$

- 2) Luas *basement* :  $\pm 910 \text{ m}^2$
- 3) Luas lantai 1 :  $\pm 910 \text{ m}^2$
- 4) Luas lantai 2 :  $\pm 910 \text{ m}^2$
- 5) Luas lantai 3 :  $\pm 832 \text{ m}^2$
- 6) Luas lantai 4 :  $\pm 832 \text{ m}^2$
- 7) Luas lantai 5 :  $\pm 832 \text{ m}^2$
- 8) Luas lantai 6 :  $\pm 832 \text{ m}^2$
- 9) Luas lantai 7 :  $\pm 832 \text{ m}^2$
- 10) Luas lantai 8 :  $\pm 832 \text{ m}^2$
- 11) Luas lantai 9 :  $\pm 832 \text{ m}^2$
- 12) Luas lantai 10 :  $\pm 624 \text{ m}^2$
- 13) Luas atap lift :  $\pm 84,5 \text{ m}^2$

c. Elevasi Bangunan

- 1) *Basement* : 4 meter
- 2) Lantai 1 : 8 meter
- 3) Lantai 2 : 12 meter
- 4) Lantai 3 : 16 meter
- 5) Lantai 4 : 20 meter
- 6) Lantai 5 : 24 meter
- 7) Lantai 6 : 28 meter
- 8) Lantai 7 : 32 meter
- 9) Lantai 8 : 36 meter
- 10) Lantai 9 : 40 meter
- 11) Lantai 10 : 43,8 meter
- 12) Pelat atap rumah *lift* : 46,2 meter

d. *Sloof*

Pada Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung, *Sloof* yang digunakan berbentuk persegi panjang. Kebutuhan dimensi dan penulangan pada *sloof* bergantung pada beban yang bekerja dan

panjangnya. Penulangan pada *sloof* terdiri dari tulangan lentur dan tulangan sengkang yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Data Dimensi dan Penulangan *Sloof*

<i>Sloof</i>	Data		Tulangan
	Dimensi (mm)		300 x 500
	Tulangan Lentur	Atas	4D19
		Tengah	2D19
		Bawah	4D19
Sengkang		Ø10-150	

e. Kolom

Pada Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung terdapat 4 jenis kolom dengan bentuk persegi dengan ketentuan dimensi dan penulangan kolom yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Data Dimensi dan Penulangan Kolom

Kolom	Lantai	Data	Tulangan
K1	Lantai 1-6	Dimensi (mm)	750 x 750
		Tul Utama	24 D22
		Sengkang	Ø10-100
		Sengkang ikat	Ø10-250
K2	Lantai 7-10	Dimensi (mm)	600 x 600
		Tul Utama	18 D22
		Sengkang	Ø10-100
		Sengkang ikat	Ø10-250
K3	Lantai 1	Dimensi (mm)	400 x 400
		Tul Utama	12 D19
		Sengkang	Ø10-150
K4/KP	Lantai 1-10	Dimensi (mm)	300 x 300
		Tul Utama	8 D13
		Sengkang	Ø10-150

f. Balok

Pada Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung, balok yang digunakan adalah balok dengan bentuk persegi panjang. Kebutuhan dimensi dan penulangan pada balok bergantung pada beban yang bekerja

dan panjangnya. Data struktur balok yang dapat dilihat pada Tabel 3.3. di bawah ini.

Tabel 3.3. Data Dimensi dan Penulangan Balok

Balok	Data	Tulangan	
B1	Dimensi (mm)		700 x 400
	Tul Lentur Tumpuan	Atas	7D22
		Tengah	4D19
		Bawah	5D22
	Tul. Lentur Lapangan	Atas	5D22
		Tengah	4D19
		Bawah	5D22
	Sengkang		Ø10-100
	B2	Dimensi (mm)	
Tul Lentur Tumpuan		Atas	3D19
		Tengah	2D13
		Bawah	3D19
Tul. Lentur Lapangan		Atas	3D19
		Tengah	2D13
		Bawah	3D19
Sengkang		Ø10-150	
B3		Dimensi (mm)	
	Tul Lentur Tumpuan	Atas	2 - Ø10
		Tengah	-
		Bawah	2 - Ø10
B3	Tul. Lentur Lapangan	Atas	2 - Ø10
		Tengah	-
		Bawah	2 - Ø10
	Sengkang		Ø8-150

g. Pelat

Pada Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung, tebal pelat lantai yang digunakan setebal 120 mm dan 150 mm untuk *basement*, dengan detail tulangan atas dan bawah pada masing-masing tulangan lapangan dan tulangan tumpuan menggunakan penulangan Ø12-150 serta tebal selimut 20 mm.

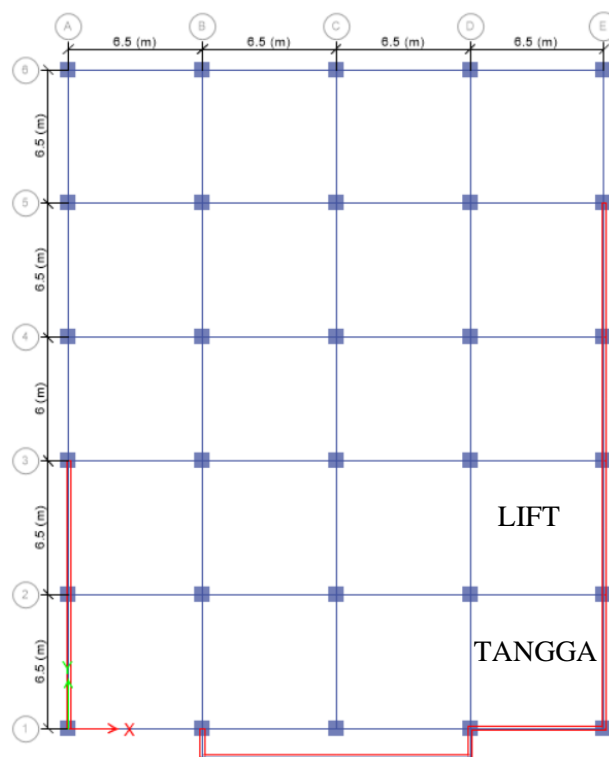
h. Mutu beton

Mutu beton yang digunakan pada Gedung Pelayanan Publik Satu Atap Bandar Lampung adalah beton *ready mix* dengan mutu 25 MPa.

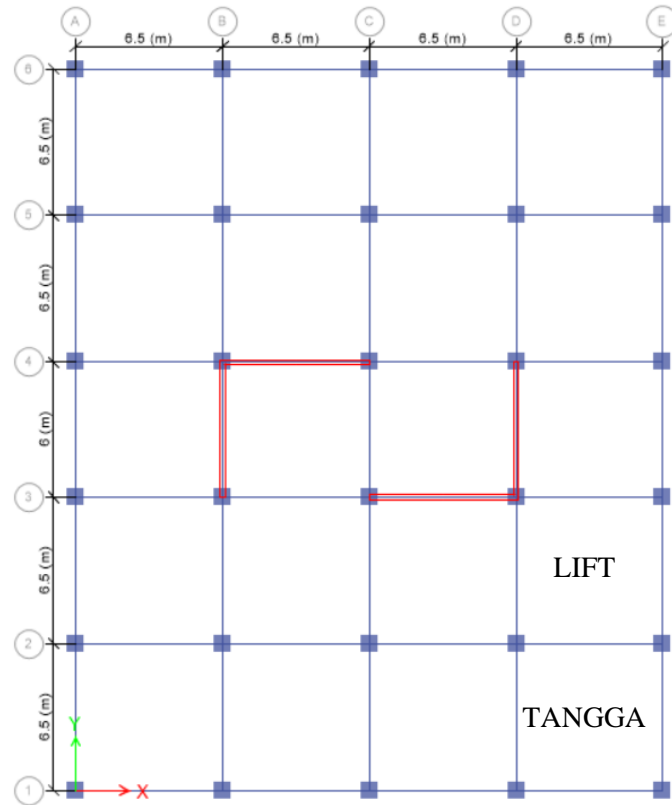


## 2. Desain *Layout Shearwall*

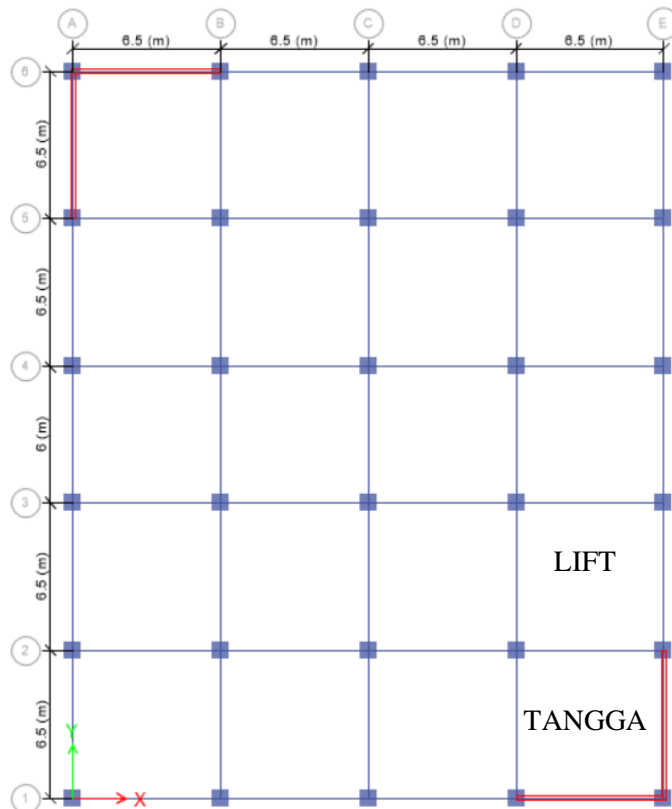
Desain *layout shearwall* atau penempatan dinding geser pada struktur bangunan yang akan dianalisis menggunakan 6 model, dimana model 1 merupakan *shearwall* yang sudah terpasang di gedung itu sendiri, *shearwall* tersebut hanya terdapat pada bagian *basement* dan tidak sampai ke atas dan model 2 – 6 merupakan 5 *shearwall* yang akan dimodelkan dengan jumlah dinding geser (*shearwall*) yang digunakan pada setiap model ada 4 buah *shearwall* yang dipasang dari *basement* sampai ke atas dengan ketebalan 20 cm dan mutu beton 25 MPa. *Shearwall* didesain menggunakan penulangan D13-200 mm. Berikut merupakan model *layout shearwall* yang akan dianalisis, dapat dilihat pada Gambar 3.9., Gambar 3.10., Gambar 3.11., Gambar 3.12., Gambar 3.13., dan Gambar 3.14.



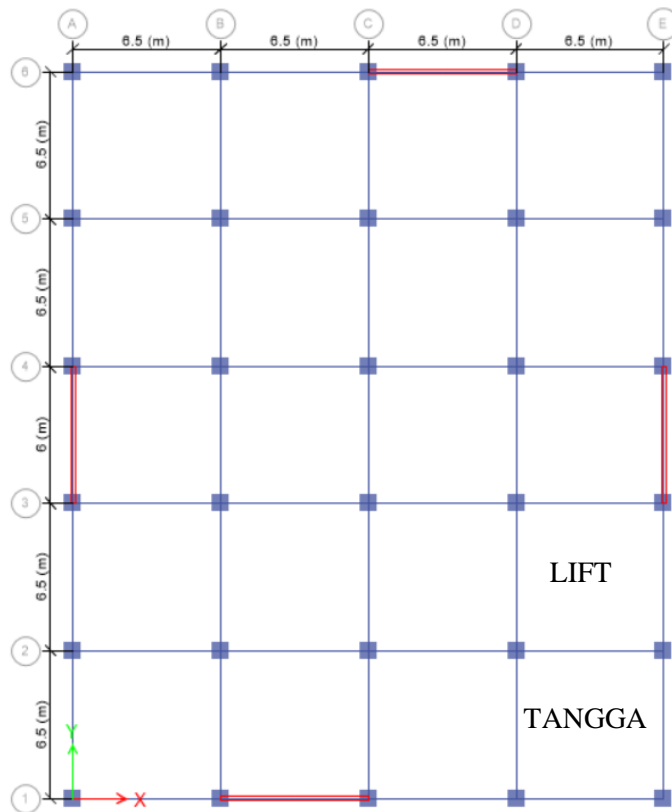
Gambar 3.9. Model 1 *layout shearwall* (dinding geser).



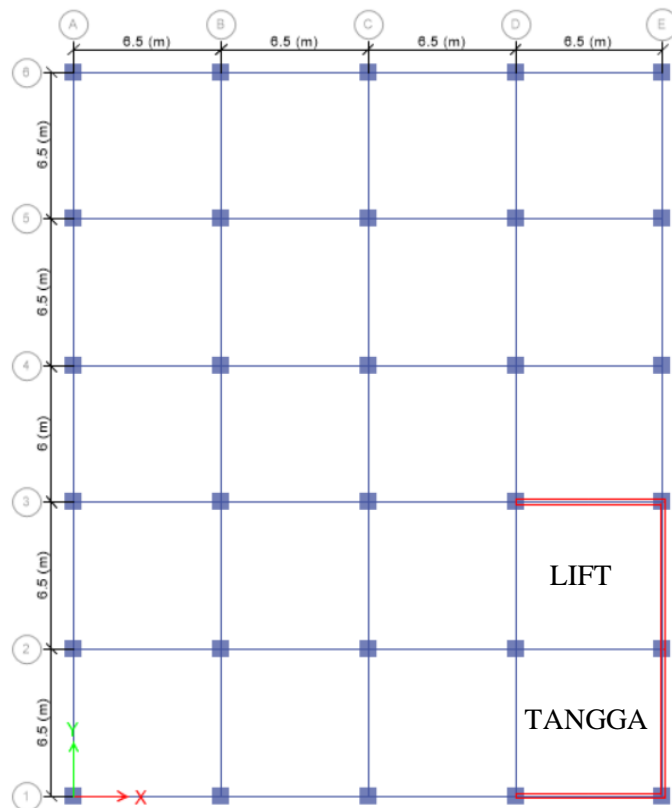
Gambar 3.10. Model 2 layout shearwall (dinding geser).



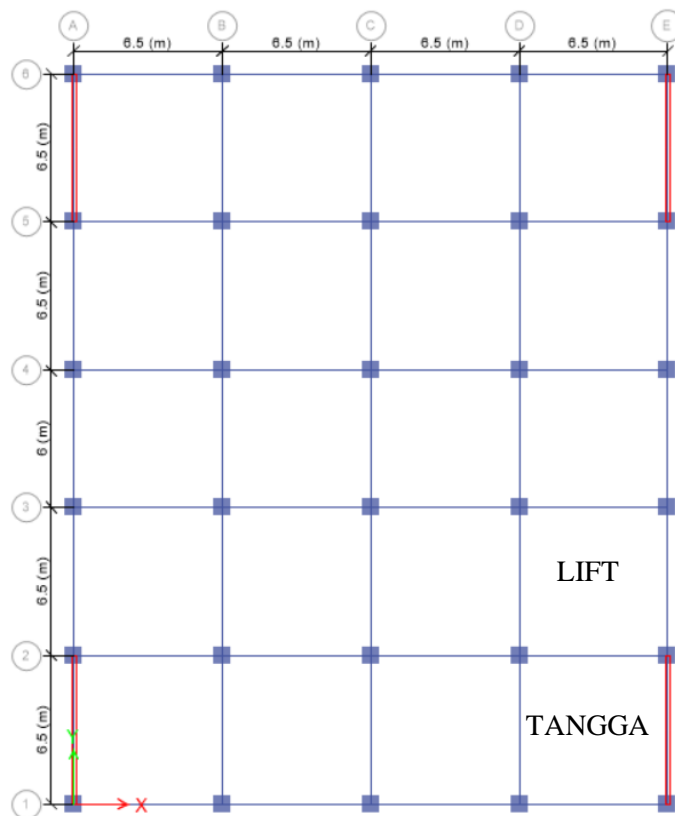
Gambar 3.11. Model 3 layout shearwall (dinding geser).



Gambar 3.12. Model 4 layout shearwall (dinding geser).



Gambar 3.13. Model 5 layout shearwall (dinding geser).



Gambar 3.14. Model 6 *layout shearwall* (dinding geser).

#### D. Pelaksanaan Penelitian

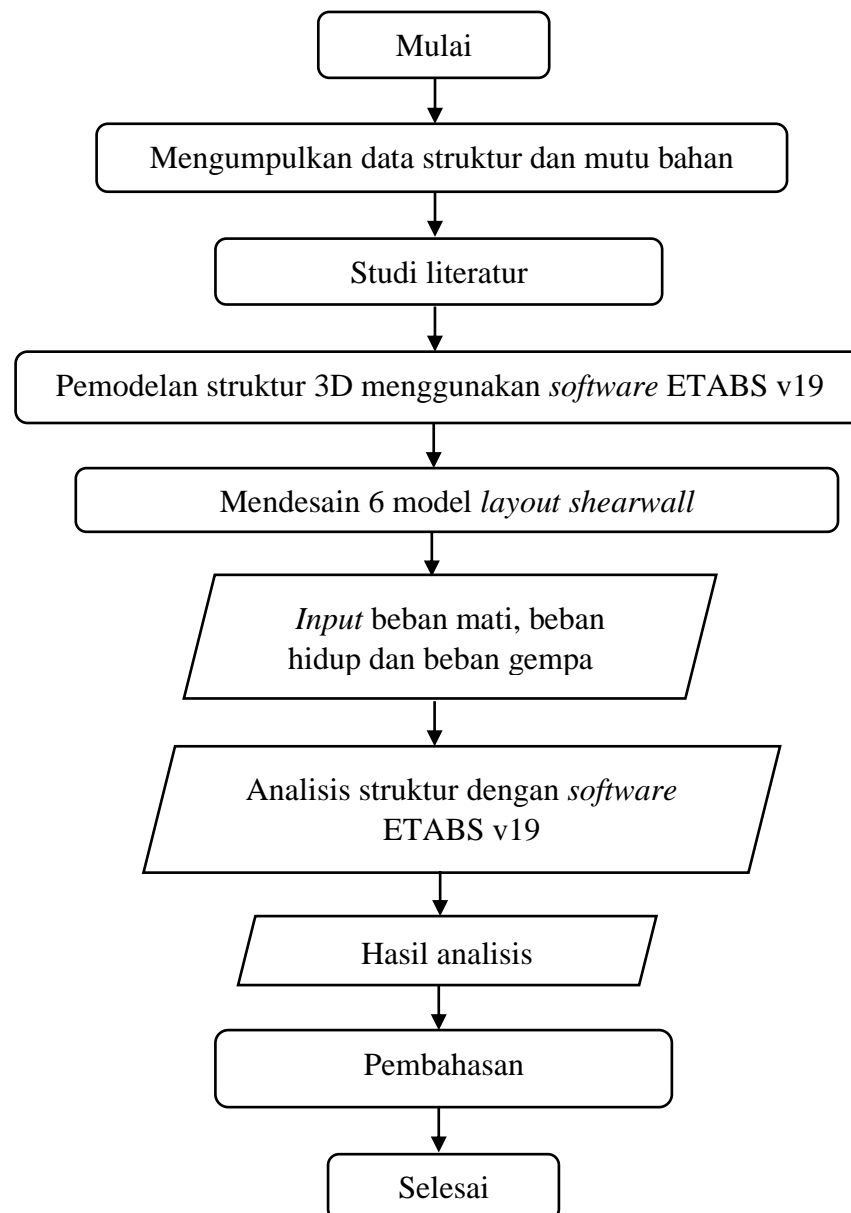
Proses prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Mengumpulkan data struktur dan mutu bangunan.
2. Melakukan studi literatur.
3. Menghitung dan menentukan beban, diantaranya seperti :
  - a. Beban mati
  - b. Beban hidup
  - c. Beban angin
  - d. Beban gempa (beban lateral)
4. Melakukan pemodelan struktur menggunakan *software* ETABS V19.
5. Melakukan pemodelan *shearwall* terhadap model struktur gedung, dengan 6 model *layout* yang berbeda-beda.
6. Melakukan analisis struktur bangunan dengan metode analisis *pushover* (analisis nonlinier).

7. Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, lalu dibuat kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

### E. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.15. di bawah ini.



Gambar 3.15. Diagram alir penelitian.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap bangunan eksisting (model 1), model 2, model 3, model 4, model 5 dan model 6 dengan variasi *layout shearwall* di setiap modelnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Level kinerja struktur gedung eksisting (model 1) menurut ATC-40 baik arah X dan arah Y masuk ke dalam kategori level kinerja *damage control*. Sedangkan menurut FEMA 440 untuk gedung eksisting (model 1) baik arah X dan arah Y masuk ke dalam kategori level kinerja *life safety*.
2. Level kinerja struktur gedung menurut ATC – 40 untuk model 2, model 3, model 4 dan model 5 baik arah X maupun arah Y semuanya masuk ke dalam kategori level kinerja *immediate occupancy*. Sedangkan untuk model 6 pada arah X masuk ke dalam level kinerja *damage control* dan pada arah Y masuk ke dalam level kinerja *immediate occupancy*, sehingga untuk model 6 diambil kemungkinan terburuk yaitu masuk ke dalam level kinerja *damage control*. Sedangkan level kinerja struktur gedung menurut FEMA 440 untuk model 2, model 3 dan model 5 baik arah X maupun arah Y semuanya masuk ke dalam kategori level kinerja *immediate occupancy*. Sedangkan untuk model 4 dan model 6 baik arah X dan arah Y masuk ke dalam kategori level kinerja *life safety*.
3. Menurut ATC – 40 posisi *shearwall* yang memiliki level kinerja lebih optimum yaitu untuk arah X terjadi pada model 2 dengan *shearwall* dipasang berbentuk L yang ditempatkan di dekat pusat massa bangunan, dan untuk arah Y terjadi pada model 3 dengan *shearwall* dipasang berbentuk L yang diletakkan menjauhi pusat massa bangunan. Sedangkan menurut FEMA 440 posisi *shearwall* yang memiliki level kinerja lebih optimum yaitu untuk arah X terjadi pada model 2 dengan *shearwall* dipasang berbentuk L yang ditempatkan di dekat pusat massa bangunan dan

untuk arah Y terjadi pada model 5 dengan *shearwall* dipasang berbentuk U yang diletakkan di sekitar tangga dan lift.

4. Menurut ATC – 40 dan FEMA 440 penempatan *shearwall* yang memiliki level kinerja tidak jauh berbeda dari gedung eksisting (model 1) adalah model 4 dengan *shearwall* dipasang pada keempat sisi pinggir bangunan. Sehingga mengalami penurunan persentase *drift ratio* paling kecil untuk kedua arahnya yaitu arah X maupun arah Y yang mengakibatkan *displacement* yang terjadi tidak jauh berbeda dengan gedung eksisting.

## B. Saran

Setelah melakukan penelitian, penulis menyarankan agar:

1. Sebaiknya saat melakukan analisis *pushover* menggunakan laptop/komputer dengan spek bagus/tinggi, karena saat proses *running* membutuhkan waktu yang cukup lama.
2. Sebaiknya dalam melakukan analisis digunakan data–data struktur yang lengkap, sehingga akan diperoleh hasil yang sesuai atau mendekati keadaan bangunan eksisting.
3. Perlu dilakukan analisis dengan metode lain untuk meninjau kinerja struktur, sehingga dapat membandingkan hasilnya dengan analisis *pushover*.
4. Analisis *pushover* perlu dicoba pada bangunan tinggi lainnya untuk mengetahui level kinerja dari struktur bangunan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI 374.2R-13. 2013. *Guide For Testing Reinforced Concrete Structural Elements Under Solowly Applied Simulated Seismic Loads*. Farminton Hills: American Concrete Institute.
- Andalas, G., Suyadi dan Hasti R. H. 2016. *Analisis Layout Shearwall Terhadap Perilaku Struktur Gedung*. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*. Vol. 1, No. 1, Hal. 491–502.
- Antonius. 2021. *Perilaku Dasar Dan Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019*. UNISSULA PRESS. Universitas Islam Sultan Agung.
- ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume 1*. California: Seismic Safety Commission State of California.
- Desain Spektra Indonesia. <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>. Diakses pada tanggal 05 Februari 2023.
- FEMA 356. 2000. *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Washington, D.C: Federal Emergency Management Agency.
- FEMA 440. 2005. *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington, D.C: Departement of Homeland Security Federal Emergency Management Agency.
- Kalangi, H. T., Jonie T. dan Michael T. 2021. *Analisis Pengaruh Penempatan Dinding Geser Terhadap Perilaku Dinamik Struktur Bangunan*. Universitas Atma Jaya Makassar. *Jurnal Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA)*. Vol. 6, Hal. 1-14.
- Kusuma, R. A. dan Bambang S. 2022. *Analisa Pengaruh Variasi Layout Shear Wall Terhadap Kinerja Struktur Dengan Metode Pushover Analysis Pada Gedung Pelindo Office Tower*. Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal rekayasa Teknik sipil*. Vol. 4, No. 2, Hal. 1-12.
- Paulay, T. and Priestley, M.J.N., 1991. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. John Wiley & Sons, INC.
- Rezkiyanto, Mufti A. dan Imran. 2020. *Penempatan Dinding Geser Pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Analisa Pushover*. Universitas Khairun. *CLAPEYRON : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. Vol. 1, No. 1, Hal. 31-39.



- Sansujaya, E., Jusuf J. S. dan I Made U. 2021. *Studi Kefektifan Dinding Geser pada Bangunan Tingkat Tinggi Dalam Mengurangi Simpangan Struktur*. Universitas Negeri Cendana. Jurnal Forum Teknik Sipil, Vol. 1, No 1, Hal. 24-34.
- SNI 1726-2019. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1727-2020. 2020. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847-2019. 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan penjelasan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Usmat, Nurul A., Imran dan Mufti A. S. 2019. *Letak Dinding Geser (Shearwall) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa*. Universitas Khairun. TECHNO: Jurnal Penelitian. Vol. 08, No. 02, Hal. 297-307.
- Zuhri, S. 2011. *Sistim struktur pada bangunan bertingkat*. Klaten: Yayasan humaniora.