

TUGAS AKHIR
ANALISIS PERILAKU STRUKTUR TERHADAP
PENEMPATAN *SHEARWALL* PADA THE PALACE
APPARTEMENT & CONDOTEL YOGYAKARTA

(ANALYSIS OF STRUCTURAL BEHAVIOR ON
SHEARWALL PLACEMENT AT THE PALACE
APPARTEMENT & CONDOTEL YOGYAKARTA)



Edgar Zulfikar Haryanto

15511024

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2022

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERILAKU STRUKTUR TERHADAP
PENEMPATAN SHEARWALL PADA THE PALACE
APARTEMENT & CONDOTEL YOGYAKARTA

*(ANALYSIS OF STRUCTURAL BEHAVIOR ON SHEARWALL
PLACEMENT AT THE PALACE APARTEMENT & CONDOTEL
YOGYAKARTA)*

Disusun oleh

Edgar Zulfikar Haryanto
15511024

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I



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

Penguji I



Jafar S.T.
NIK: 185111305

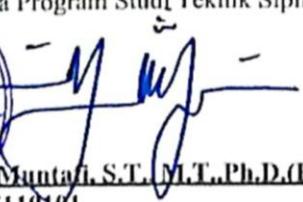
Penguji II



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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Yunika Muntaha S.T., M.T., Ph.D.(Eng)
NIK: 095110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 21-11-2022

Yang membuat pernyataan,



Edgar Zulfikar Haryanto
(15511394)

الجامعة الإسلامية
الاستدالات

LEMBAR DEDIKASI

Tugas akhir ini saya dedikasikan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Eko Haryanto, S.T. dan Ibu Eha Sulaeha, serta Adik saya tercinta, Elvira Oktavia Haryanto, S.M. yang telah memberikan yang terbaik, baik secara material dan moral untuk selalu mendukung saya dengan 100% kemampuan yang ada.
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T. M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik saya. Terima kasih atas nasehat, bantuan, dan bimbingannya selama ini.
3. Bung Arta dan segenap orang-orang mukmin lainnya yang memberikan dorongan fisik, mental, emosional dan spiritual. sehingga saya tidak terjatuh dalam kegelapan.
4. Verrel Alif Pradipta, Agus Budi Satrio dan Andrian Prasetyo. Terimakasih untuk segala bentuk bantuan yang saya tidak bisa tulis satu-persatu disini.
5. Romzi Mohammad, Wiryawan Setiadi dan temen-temen Patrick lain nya. Terimakasih atas bantuan dan semangat nya.
6. Temen-temen Teknik Sipil yang saya kenal, angkatan atas maupun angkatan bawah. Terimakasih dukungan dan pembelajarannya.
7. Farkhan Pawenang Martha dan circle discord lain nya. Terimakasih sudah menemani dikala jenuh dalam pengerjaan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Perilaku Struktur Terhadap Penempatan Shearwall Pada The Palace Appartement & Condotel Yogyakarta* ini.

Atas kelancaran selama menulis Tugas Akhir ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Yunalia Muntafi. S.T. M.T. Ph.D.(Eng) selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T. M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Kepada semua Dosen Penguji. Terimakasih atas masukan yang diberikan.
4. Seluruh tim pelaksana proyek PT. Tata Bumi Raya dan tim Pengawas dari CV. Asia Konstruksi Raya yang telah mengizinkan dan membantu kelancaran observasi penelitian saya.
5. Ibu Wiwik Saptorini, Mbak Anastasia, Mbak Isnaini, dan segenap jajaran karyawan FTSP UII yang telah membantu saya dalam pengurusan administrasi di kampus.

Penulis berharap Tugas Akhir ini akan memberi manfaat bagi pembacanya.

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta 1 Agustus 2022



Edgar Zulfikar Haryanto



DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | Error! Bookmark not defined. |
| LEMBAR DEDIKASI | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| Daftar Tabel | ix |
| Daftar Gambar | xi |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xiii |
| Abstrak | xv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Penelitian Sejenis Terdahulu | 5 |
| 2.1.1 <i>Seismic Analysis of Multi-Storied Building with Shear Walls Using ETABS</i> (N. Janardhana Reddy dkk, 2015) | 5 |
| 2.1.2 Analisis Simpangan dan Nilai <i>Base Shear</i> pada Bangunan 6 Lantai dengan Variasi Penempatan Dinding Geser (Alvin Eryunisar Pradhana, 2019) | 8 |
| 2.1.3 <i>Analysis and design of commercial building with different slab arrangements using ETABS</i> (CH. Lokesh Nishanth, 2020) | 11 |
| 2.2 Keaslian Penelitian | 17 |
| BAB 3 LANDASAN TEORI | 19 |
| 3.1 Prinsip Bangunan Tahan Gempa | 19 |
| 3.2 Struktur bangunan Tahan Gempa | 19 |
| 3.3 Pembebanan Struktur | 20 |
| 3.4 Dinding Geser (<i>Shearwall</i>) | 21 |
| 3.5 Letak Dinding Geser Pada Gedung | 22 |
| 3.6 Respons Spektrum | 24 |
| 3.7 Gaya Geser Dasar | 33 |

| | | |
|-------|----------------------------|----|
| 3.8 | Simpangan Antar Lantai | 34 |
| 3.9 | Penentuan Pengaruh P-Delta | 36 |
| BAB 4 | METODOLOGI PENELITIAN | 37 |
| 4.1 | Lokasi Penelitian | 37 |
| 4.2 | Data Struktur | 37 |
| 4.3 | Flowchart Pengerjaan | 41 |
| BAB 5 | ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 42 |
| 5.1 | Perhitungan Pembebanan | 42 |
| 5.1.1 | Beban Mati | 42 |
| 5.1.2 | Beban Hidup | 43 |
| 5.1.3 | Respons Spektrum | 43 |
| 5.2 | Permodelan Struktur | 48 |
| 5.3 | Gaya Geser Dasar | 48 |
| 5.4 | Cek Participant Ratio | 51 |
| 5.5 | Simpangan Antar Lantai | 52 |
| 5.6 | Drift Ratio | 56 |
| 5.7 | Cek Pengaruh P-Delta | 59 |
| BAB 6 | KESIMPULAN DAN SARAN | 62 |
| 6.1 | Kesimpulan | 62 |
| 6.2 | Saran | 62 |
| | Daftar Pustaka | 63 |
| | LAMPIRAN | 64 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Nilai <i>Displacement</i> untuk zone V soil-III | 7 |
| Tabel 2.2 Elemen Struktur | 14 |
| Tabel 2.3 Hasil Perhitungan Beban | 14 |
| Tabel 2.4 Keaslian Penelitian | 17 |
| Tabel 3.1 Koefisien situs, F_a | 27 |
| Tabel 3.2 Koefisien situs, F_v | 28 |
| Tabel 3.3 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek | 29 |
| Tabel 3.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek 1 Detik | 29 |
| Tabel 3.5 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x | 30 |
| Tabel 3.6 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung | 30 |
| Tabel 3.7 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa | 31 |
| Tabel 3.8 Faktor keutamaan gempa | 32 |
| Tabel 3.9 Faktor R , C_d , dan Ω_0 | 33 |
| Tabel 3.10 Simpangan Antar Lantai Ijin, <i>Daa, b</i> | 35 |
| Tabel 5.1 Perhitungan Beban Mati Tambahan Pelat Lantai | 42 |
| Tabel 5.2 Perhitungan Beban Mati Tambahan Pelat Atap | 42 |
| Tabel 5.3 berat seismik efektif struktur | 45 |
| Tabel 5.4 Faktor R , C_d , dan Ω_0 | 47 |
| Tabel 5.5 Dimensi Balok Pada Gedung | 48 |
| Tabel 5.6 Dimensi Kolom Pada Gedung | 48 |
| Tabel 5.7 Base Shear Dinamik dan Statik | 49 |
| Tabel 5.8 Nilai Gaya Geser Dasar Setelah Dilakukan Skala Ulang | 50 |
| Tabel 5.9 Participating Mass Ratios | 51 |
| Tabel 5.10 Simpangan Antar Lantai Arah x | 54 |
| Tabel 5.11 Simpangan Antar Lantai Arah y | 54 |
| Tabel 5.12 Drift Ratio Arah Gempa x | 57 |
| Tabel 5.13 Drift Ratio Arah Gempa y | 57 |
| Tabel 5.14 Pengecekan Pengaruh P-delta pada Existing Building arah x | 60 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Rencana <i>Shearwall</i> | 6 |
| Gambar 2.2 Tampak 3D Bangunan | 6 |
| Gambar 2.3 Grafik <i>Displacement</i> untuk Zone V soil-III | 7 |
| Gambar 2.4 Existing building (Varian 1) | 8 |
| Gambar 2.5 Penempatan shear wall Varian 2 | 9 |
| Gambar 2.6 Penempatan shear wall Varian 3 | 9 |
| Gambar 2.7 Perbandingan Gaya Geser Dasar | 10 |
| Gambar 2.8 Perbandingan <i>Displacement</i> | 10 |
| Gambar 2.9 Metode Analisis dan Design | 11 |
| Gambar 2.10 Konfigurasi Plat | 12 |
| Gambar 2.11 Bangunan dengan Conventional Slab | 12 |
| Gambar 2.12 Bangunan dengan Flat Slab | 13 |
| Gambar 2.13 Bangunan dengan Waffle/Grid Slab | 13 |
| Gambar 2.14 Bangunan dengan Load Bearing-Wall | 14 |
| Gambar 2.15 Storey <i>Displacement</i> (<i>x-axis</i>) | 15 |
| Gambar 2.16 Storey <i>Drift</i> (<i>x-axis</i>) | 15 |
| Gambar 2.17 Geser Dasar | 16 |
| Gambar 2.18 Kuantitas Beton | 16 |
| Gambar 3.1 Shear Wall Pada Sekeliling Bangunan | 23 |
| Gambar 3.2 Shear Wall Pada Sekeliling Bangunan | 23 |
| Gambar 3.3 Shear Wall Pada Sudut Bangunan | 24 |
| Gambar 3.4 Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %) | 25 |
| Gambar 3.5 Parameter gerak tanah, S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %) | 25 |
| Gambar 3.6 C_{RS} , Koefisien risiko terpetakan, periode spektrum respons 0,2-detik | 26 |
| Gambar 3.7 C_{R1} , Koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 1 detik | 26 |
| Gambar 4.1 Peta lokasi pembangunan The Palace Apartement and Condotel | 37 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.2 Denah Apartemen dan condotel Lantai 1 dan 2 | 38 |
| Gambar 4.3 Denah Apartement Lantai 3 sampai lantai 15 | 38 |
| Gambar 4.4 Denah Condotel Lantai 3 sampai lantai 15 | 38 |
| Gambar 4.5 Tampak 3D Existing Building The Palace Appartement dan Condotel | 39 |
| Gambar 4.6 Denah <i>Shearwall</i> Existing building | 39 |
| Gambar 4.7 Denah <i>Shearwall</i> Varian 1 | 39 |
| Gambar 4.8 Denah <i>Shearwall</i> Varian 2 | 40 |
| Gambar 5.1 Grafik Respons Spektrum | 44 |
| Gambar 5.2 Grafik Nilai Gaya Geser Dasar Dinamik Arah X | 50 |
| Gambar 5.3 Grafik Nilai Gaya Geser Dasar Dinamik Arah Y | 50 |
| Gambar 5.4 Simpangan antar lantai arah x | 55 |
| Gambar 5.5 Simpangan antar lantai arah y | 55 |
| Gambar 5.6 Drift Ratio Akibat Gempa Arah X | 58 |
| Gambar 5.7 Drift Ratio Akibat Gempa Arah Y | 58 |
| Gambar 5.8 P-Delta Arah X | 61 |

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|----------|---|
| C_d | = koefisien amplifikasi defleksi |
| C_{RS} | = koefisien risiko terpetakan untuk spektrum respon periode pendek |
| C_s | = koefisien respons seismik |
| C_t | = faktor modifikasi berdasarkan rekaman gempa yang sesuai dengan tipe-tipe bangunan |
| D | = beban mati (<i>dead load</i>) |
| E | = beban gempa |
| f'_c | = mutu beton |
| F_a | = getaran perioda pendek |
| F_i | = beban-beban gempa nominal statik ekivalen = tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan |
| F_v | = getaran perioda 1 detik |
| F_x | = gaya gempa lateral = mutu baja |
| H_i | = tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x |
| I_e | = faktor Keutamaan Gempa |
| k | = eksponen yang terkait dengan perioda struktur |
| L | = beban hidup (<i>live load</i>) |
| MCE_R | = gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget |
| Q_E | = pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p |
| R | = koefisien modifikasi respons |
| S_a | = <i>spectral acceleration</i> |

- S_{D1} = parameter percepatan spectrum respons desain pada periode pendek 1,0 detik
- S_{DS} = parameter percepatan spectrum respons desain pada periode pendek 0,2 detik
- S_{M1} = nilai respon spektrum percepatan untuk periode pendek 1,0 detik di permukaan tanah
- S_{MS} = nilai respon spektrum percepatan untuk periode pendek 0,2 detik di permukaan tanah
- S_1 = respon spektrum percepatan untuk periode pendek 0,1 detik
- S_s = respon spektrum percepatan untuk periode pendek 0,2 detik
- SNI = Standar Nasional Indonesia
- T = periode getar struktur
- T_a = periode fundamental pendekatan
- T_0 = periode getar awal
- T_s = jumlah gaya total dari tulangan tarik
- V = gaya geser dasar seismik
- V_t = geser dasar ragam
- V_x = geser tingkat desain semua tingkat
- W_i = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i
- W_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
- X_i = simpangan suatu lantai (displacement), m
- ρ = faktor redundansi
- δ = defleksi pada lokasi yang disyaratkan dan ditentukan

ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi. karena alasan tersebut, bangunan bertingkat tinggi di Indonesia butuh suatu analisis yang dapat menahan beban lateral gempa. Gaya lateral gempa memiliki kekuatan yang besar dengan arah yang tidak dapat di prediksi dan dapat menyebabkan struktur mengalami simpangan horizontal (*drift*). Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi simpangan horizontal tersebut yaitu dengan pemasangan dinding geser (*Shearwall*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi penempatan *Shearwall* terhadap nilai gaya geser dasar bangunan dan simpangan akibat gaya gempa di The Palace Apartement and Condotel Yogyakarta. Penelitian ini digunakan data dari lapangan dan dianalisis dengan menggunakan software ETABS. Berdasarkan hasil analisis ETABS didapatkan di arah gempa x nilai Base shear existing sebesar 12215,931 kN, varian 1 sebesar 12334,658 kN dan varian 2 sebesar 11881,265 kN. Base shear bangunan varian 1 lebih besar 0,97% dari pada existing building. Sedangkan Base shear bangunan varian 2 lebih kecil 2,73%. Di arah gempa y nilai Base shear existing sebesar 12898,923 kN, varian 1 sebesar 12328,758 kN dan varian 2 sebesar 12482,111 kN. Base shear bangunan varian 1 lebih kecil 4,42% dari pada existing building. Sedangkan Base shear bangunan varian 2 lebih kecil 3,23%. Pada arah gempa x existing building memiliki nilai simpangan paling besar senilai 81,16 mm, varian 1 senilai 65,60 mm dan varian 2 senilai 83,31 mm. Pada arah gempa y simpangan antar lantai existing building senilai 96,58 mm, varian 1 senilai 117,002 mm dan varian 2 senilai 138,787 mm.

Kata kunci: Gempa, *ETABS*, *Shearwall*, *Base shear*, Simpangan.

ABSTRACT

Indonesia is an earthquake-prone area. for this reason, high-rise buildings in Indonesia need an analysis that can withstand earthquake lateral loads. The lateral force of the earthquake has a large strength with an unpredictable direction and can cause the structure to experience horizontal drift. One method that can be done to reduce the horizontal deviation is by installing a shear wall. This study aims to determine the effect of the shearwall placement configuration on the value of the base shear force of the building and the displacement due to the earthquake force at The Palace Apartement and Condotel Yogyakarta. This study used data from the field and analyzed using ETABS software. Based on the results of the ETABS analysis obtained in the direction of the earthquake x the existing Base shear value of 12215.931 kN, variant 1 of 12334.658 kN and variant 2 of 11881,265 kN. The base shear of the variant 1 building is 0.97% greater than the existing building. While the base shear of the variant 2 building is 2.73% smaller. In the y direction of the earthquake, the existing Base shear value is 12898,923 kN, variant 1 is 12328,758 kN and variant 2 is 12482.111 kN. The base shear of the variant 1 building is 4.42% smaller than the existing building. While the base shear of the variant 2 building is 3.23% smaller. In the direction of the earthquake x existing building has the largest deviation value of 81.16 mm, variant 1 of 65.60 mm and variant 2 of 83.31 mm. In the y direction of the earthquake, the deviation between floors of the existing building was 96.58 mm, variant 1 was valued at 117.002 mm and variant 2 was valued at 138.787 mm.

Keyword: *Earthquake, ETABS, Shearwall, Base shear, Drift.*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang semakin berkembang pesat. Indonesia adalah negara yang paling banyak penduduk ke 3 setelah China dan India. tercatat bahwa pada 2018, populasi di Indonesia mencapai 264,16 juta jiwa dan diprediksikan bahwa pada tahun 2024, Indonesia akan mengalami pertumbuhan penduduk hingga mencapai 281,64 juta jiwa (Direktorat Statistik Kependudukan dan Ketenagakerjaan, 2018). Sementara itu lahan yang berpotensi untuk menunjang kehidupan masyarakat kian semakin berkurang. Selain membutuhkan hunian masyarakat juga membutuhkan mata pencaharian dan ketahanan pangan. Luas lahan yang selalu menurun ini akan berdampak pada ketahanan pangan suatu negara, khususnya Indonesia. Ketahanan pangan menurut Pasal 1 butir 3 Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 2015 tentang ketahanan pangan dan gizi menyebutkan bahwa “Ketahanan Pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan”. Oleh karena itu muncul lah inisiatif tentang membangun hunian vertikal untuk menghemat luas lahan yang masih tersisa. disini peneliti akan mengambil objek penelitian berupa *apartement* dan *condotel*.

Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik yang menyebabkan daratan dan lautan di Indonesia adalah rawan gempa. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan menyusup kedalam lempeng Eurasia, sementara lempeng Pasifik bergerak relatif ke arah barat. Jalur pertemuan lempeng berada di laut sehingga apabila terjadi gempa bumi besar dengan kedalaman dangkal maka akan berpotensi menimbulkan tsunami sehingga

Indonesia juga rawan tsunami. Akibat yang ditimbulkan dari gempa bumi adalah getaran atau guncangan tanah, Likuifaksi, Longsor tanah, *Tsunami* dan bahaya sekunder lainnya. (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah 3 Denpasar, n.d.). Oleh karena alasan rawan gempa tersebut, bangunan bertingkat tinggi di Indonesia butuh suatu analisis yang dapat menjamin bahwa elemen struktur yang ada pada bangunan dapat menahan beban gempa rencana. Baik ditinjau dari sistem struktur nya maupun material penyusun struktur nya.

Gaya lateral dan gaya geser yang berkerja pada struktur konstruksi Gedung seperti gaya dari angin dan gempa, memiliki kekuatan yang besar dengan arah yang tidak dapat di prediksi. Beban gempa ataupun beban angin yang diterima dapat menyebabkan struktur mengalami simpangan horizontal (*drift*). Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi simpangan horizontal tersebut yaitu dengan pemasangan dinding geser (*Shearwall*). *Shearwall* adalah dinding beton bertulang atau pelat baja yang dipasang vertical pada posisi tertentu dalam konstruksi bangunan. Penggunaan *shearwall* sudah cukup banyak diaplikasikan pada bangunan bertingkat tinggi, terlebih untuk gedung berlantai 20 atau lebih. *Shearwall* dapat dipasang sebagai dinding luar maupun dalam. Perancangan *shearwall* dengan konfigurasi penempatan yang tepat akan memberikan suatu system penahan gaya lateral yang efisien. Oleh karena itu peneliti disini ingin mengambil objek penelitian *apartement* dan *condotel* yang akan dianalisis perilaku nya terhadap konfigurasi penempatan *shearwall* yang berbeda dengan bangunan asli nya.

Dengan adanya analisis perilaku bangunan terhadap konfigurasi *shearwall* bangunan bertingkat The Palace Apartement & Condotel Yogyakarta, diharapkan dapat menjadi desain alternatif hunian vertikal yang kokoh dan aman terhadap beban struktur dan beban gempa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh konfigurasi penempatan *Shearwall* terhadap nilai gaya geser dasar bangunan ?
2. Bagaimana pengaruh konfigurasi penempatan *Shearwall* terhadap nilai simpangan antar lantai bangunan akibat beban gempa ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk

1. Mengetahui pengaruh konfigurasi penempatan *Shearwall* terhadap nilai gaya geser dasar bangunan
2. Mengetahui pengaruh konfigurasi penempatan *Shearwall* terhadap nilai Simpangan antar lantai bangunan akibat beban gempa

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari perencanaan ini adalah untuk menambah pengetahuan dan wawasan tentang struktur bangunan bertingkat tahan gempa. Bagi pembaca, Tugas Akhir ini juga bisa digunakan sebagai referensi dalam merencanakan struktur gedung tahan gempa dengan *shearwall* yang efisien sesuai kebutuhan.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam analisis ini pembahasan di batasi hanya digunakan 2 konfigurasi *Shearwall* ditambah existing building dan bangunan tanpa *Shearwall* sebagai bahan perbandingan. Agar tidak menjadi perluasan pembahasan maka di dalam tugas akhir ini diberikan Batasan-batasan sebagai berikut :

1. Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan di dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a) Struktur gedung yang dianalisis adalah apartemen dan *condotel* 15 lantai dengan mengabaikan 3 *basement*
- b) Perhitungan struktur yang dilakukan meliputi perhitungan beban mati, beban hidup dan beban gempa.
- c) Ketinggian kolom lantai adalah 4 m.

- d) Konfigurasi yang dibuat hanya 2 dan volume *Shearwall* harus sama dengan *existing building*
- e) Spesifikasi bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - (1). Mutu beton $f'c = 25$ MPa.
 - (2). Mutu baja $f_y = 400$ MPa (BJTS tulangan utama).
 - (3). Mutu baja $f_y = 250$ MPa (BJTP tulangan geser).

2. Peraturan yang digunakan

- a). SNI-1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung.
- b). SNI-1727:2020, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sejenis Terdahulu

Tinjauan pustaka pada penelitian ini mengacu pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

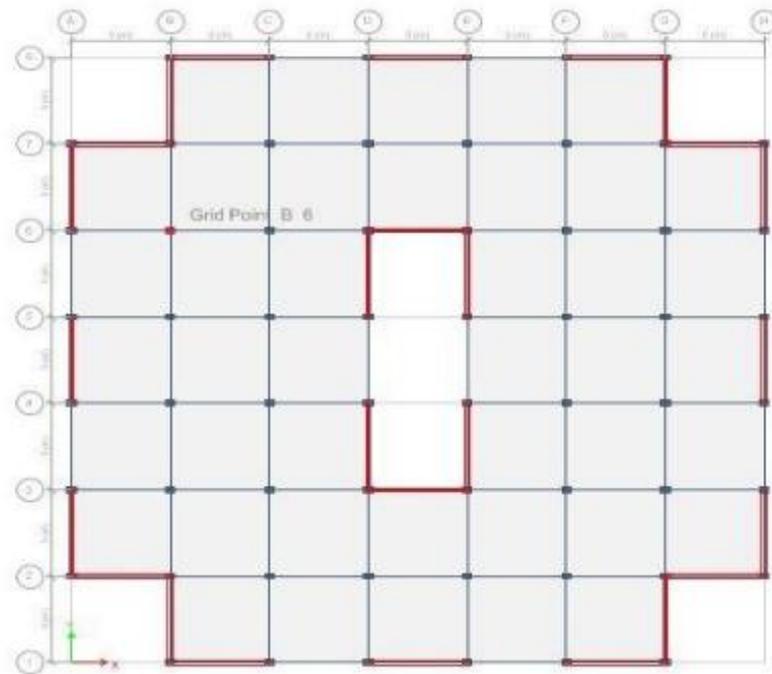
2.1.1 *Seismic Analysis of Multi-Storied Building with Shear Walls Using ETABS (N. Janardhana Reddy dkk, 2015)*

N. Janardhana Reddy dkk (2015) melakukan analisis bangunan menggunakan *Shearwall*. Analisis ini dilakukan karena *High-rise Building* harus memiliki kekakuan yang memadai untuk ketahanan terhadap gaya lateral seperti angin dan beban gempa. (dkk, 2015)

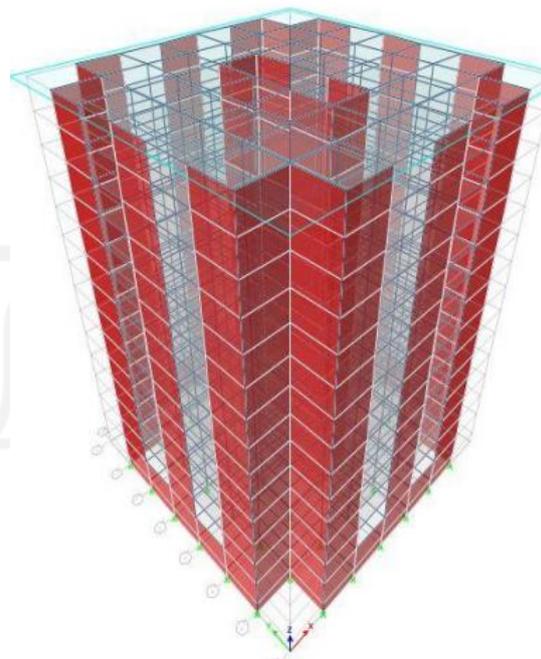
Metode yang digunakan adalah analisis dinamik untuk mendapatkan desain seismik sesuai standard IS 1893-2000. Parameter yang digunakan yakni:

1. Geometri Properti
2. Beban mati
3. Beban Hidup
4. Beban Seismic
 - a. Faktor Zona
 - b. Faktor reduksi respon
 - c. Tipe tanah
 - d. *Damping*
5. Properti Material
6. Kombinasi Beban

Setelah semua parameter ditentukan, semua data di input ke ETABS untuk dilakukan analisis. Berikut adalah gambar rencana *shearwall* (2D) dan gambar overview (3D) bangunan seperti yang tertera di Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Rencana *Shearwall*

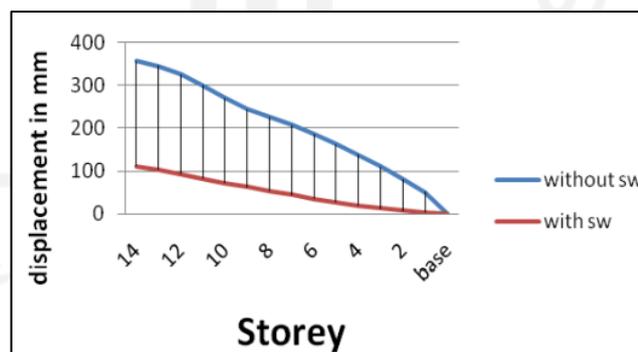


Gambar 2.2 Tampak 3D Bangunan

Hasil dari analisis menunjukkan perbandingan *displacement* yang bisa dilihat di Tabel 2.1 dan Gambar 2.3. berikut adalah salah satu perbandingan *displacement* bangunan dengan *shearwall* dan tanpa *shearwall*.

Tabel 2.1 Nilai *Displacement* untuk zone V soil-III

| zone v soil III | | |
|-----------------|--------------------|---------|
| Storey | Displacement in mm | |
| | without sw | with sw |
| 14 | 356.1 | 111.5 |
| 13 | 344.3 | 102.4 |
| 12 | 325.1 | 92.7 |
| 11 | 299.3 | 82.9 |
| 10 | 269.6 | 73 |
| 9 | 243 | 63 |
| 8 | 225.2 | 53.7 |
| 7 | 206 | 44.3 |
| 6 | 184.8 | 35.3 |
| 5 | 161.7 | 26.9 |
| 4 | 136.6 | 19.1 |
| 3 | 109.7 | 12.4 |
| 2 | 81 | 6.9 |
| 1 | 50.3 | 3 |
| base | 0 | 0 |

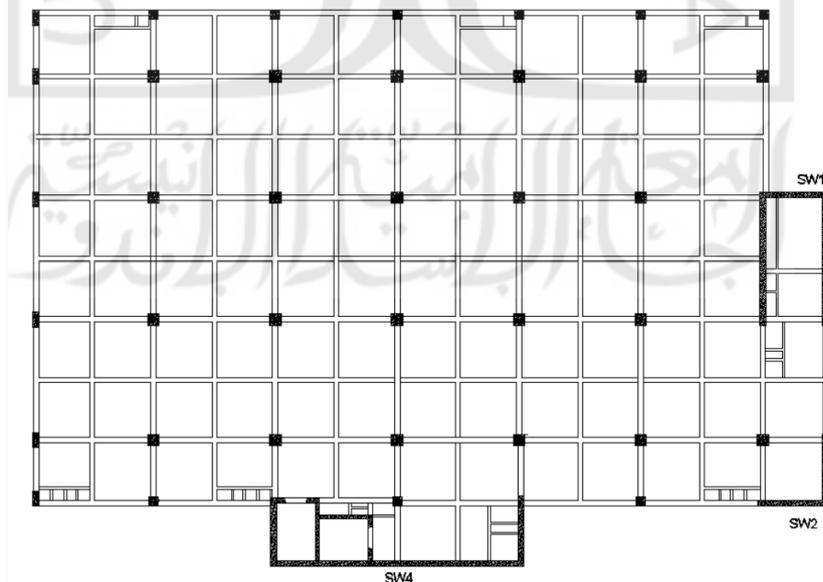


Gambar 2.3 Grafik *Displacement* untuk Zone V soil-III

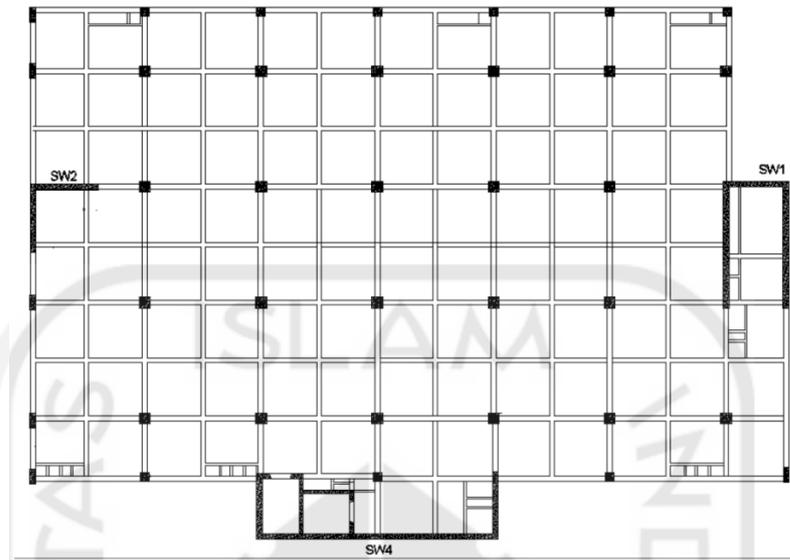
Sumber : *Seismic Analysis of Multi-Storied Building with Shear Walls Using ETABS* (N. Janardhana Reddy dkk, 2015)

2.1.2 Analisis Simpangan dan Nilai *Base Shear* pada Bangunan 6 Lantai dengan Variasi Penempatan Dinding Geser (Alvin Eryunisar Pradhana, 2019)

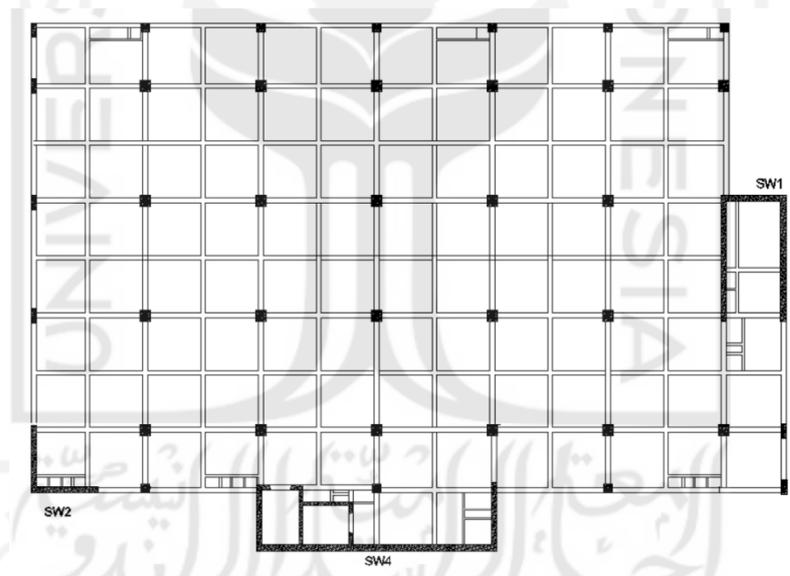
Penelitian yang dilakukan Alvin Eryunisar Pradhana (2019) bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari posisi shear wall terhadap gaya geser dasar, *displacement* dan *drift storey*. Metode yang digunakan adalah analisis struktur menggunakan bantuan program ETABS v.13.2.2. Dalam penelitian ini didapatkan 3 variasi penempatan *shearwall* yaitu existing building (Varian 1), Varian 2 dan Varian 3 yang bisa di lihat di Gambar 2.4 , Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.



Gambar 2.4 Existing building (Varian 1)

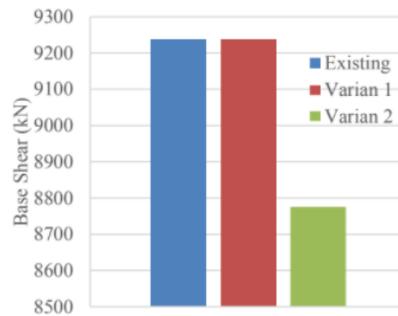


Gambar 2.5 Penempatan shear wall Varian 2



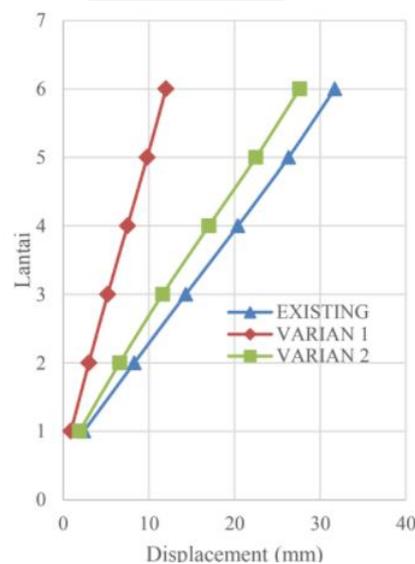
Gambar 2.6 Penempatan shear wall Varian 3

Berdasarkan hasil analisis ETABS yang bisa dilihat di Gambar 2.7 didapatkan nilai *Base shear* pada model existing sebesar 9237,1223 kN, model varian 1 sebesar 9237,2176 kN, dan model varian 2 sebesar 8774,8317 kN. Varian 1 memiliki nilai *Base shear* yang paling besar. Hal tersebut terjadi karena varian 1 memiliki berat bangunan yang paling tinggi yaitu 86270,0606 kN, sedangkan model existing sebesar 86269,1704 dan varian 2 sebesar 86264,8987 kN.



Gambar 2.7 Perbandingan Gaya Geser Dasar

Berdasarkan hasil dan penggambaran grafik yang telah dilakukan, didapatkan di grafik Gambar 2.8 bahwa model bangunan varian 1 menghasilkan nilai *displacement* akibat beban gempa yang paling kecil dibandingkan dengan model existing dan model varian 2 baik pada arah x maupun arah y. Penurunan nilai *displacement* paling besar terjadi pada joint 87 arah y dimana pada model bangunan *existing* terjadi total *displacement* sebesar 103,4 mm dan pada model bangunan varian 1 mengalami penurunan sebesar 63% menjadi 38,4 mm.



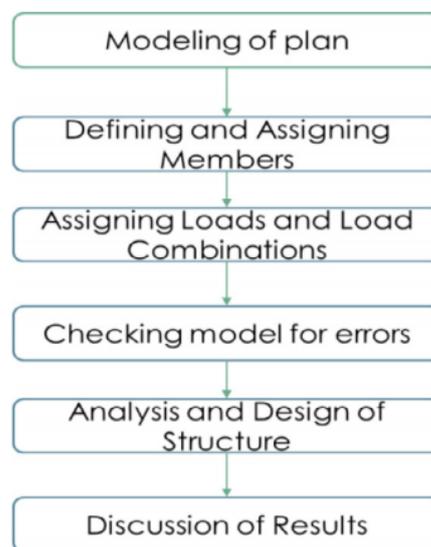
Gambar 2.8 Perbandingan Displacement

Nilai *base shear* yang didapatkan dari hasil analisis ETABS dalam urutan dari yang terbesar adalah model varian 1, model existing dan varian 2. Varian 1 menghasilkan simpangan yang paling kecil dibandingkan dengan model *existing* atau model

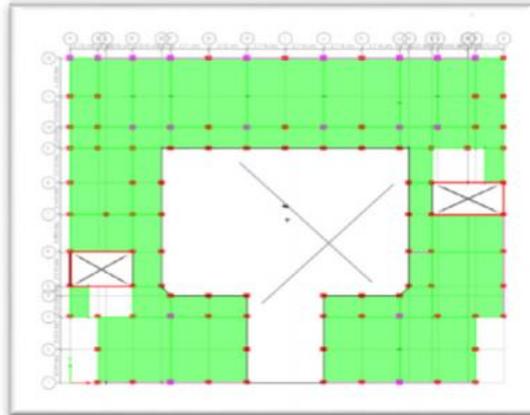
varian 2. Pada titik 87 arah y dan titik 59 arah x maupun arah y, model *existing* menghasilkan simpangan yang paling besar sehingga dilakukannya variasi penempatan posisi dinding geser menghasilkan simpangan yang optimal pada titik tersebut, sedangkan pada titik 87 arah x, titik 100, dan titik 64 model varian 2 mengalami simpangan yang paling besar sehingga dapat disimpulkan bahwa model varian 2 tidak optimal dalam menahan gaya gempa dikarenakan menghasilkan simpangan yang paling besar diantara model lainnya. (Pradhana, 2019)

2.1.3 Analysis and design of commercial building with different slab arrangements using ETABS (CH. Lokesh Nishanth, 2020)

CH. Lokesh Nishanth dkk Mendesign dan menganalisis bangunan komersial berbentuk tipe-C dengan seperti di gambar 2.9 Bangunan di design dengan konfigurasi pelat seperti di gambar 2.10 yang nanti nya di design dengan konfigurasi pelat yang bervariasi yakni Conventional Slab, Flat Slab with drop panels, Grid/ Waffle slab, dan building dengan load bearing wall. (Nishanth, 2020)

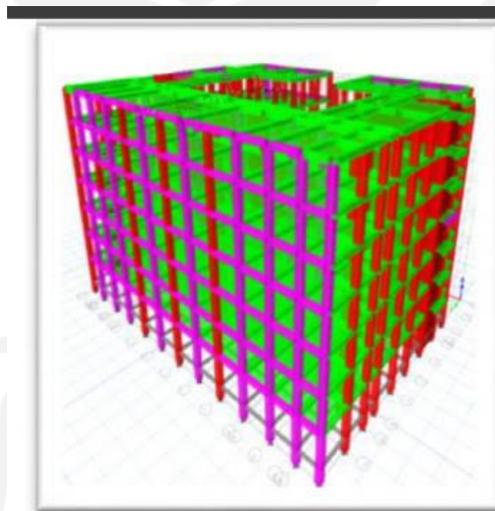


Gambar 2.9 Metode Analisis dan Design

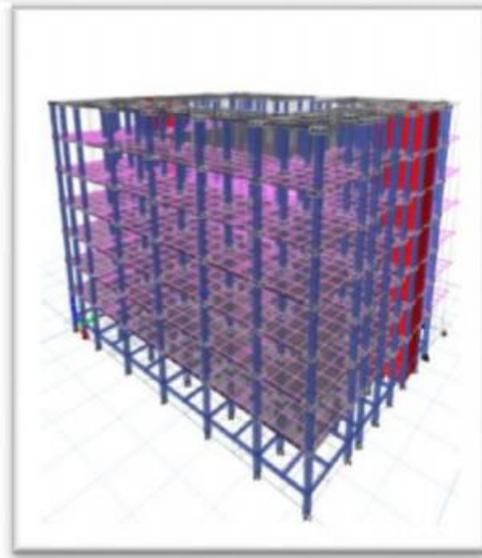


Gambar 2.10 Konfigurasi Plat

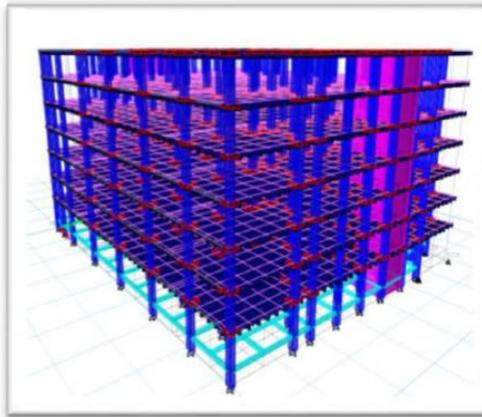
Seluruh 4- jenis bangunan dimodelkan dan dianalisis dalam perangkat lunak ETABS. Semua kerangka dan dimensi dinding ditunjukkan pada Tabel 2.2. dan semua perhitungan ditunjukkan di table 2.3. Denah dan gambar 3D bangunan di tunjukan dalam gambar 2.11, sampai 2.14.



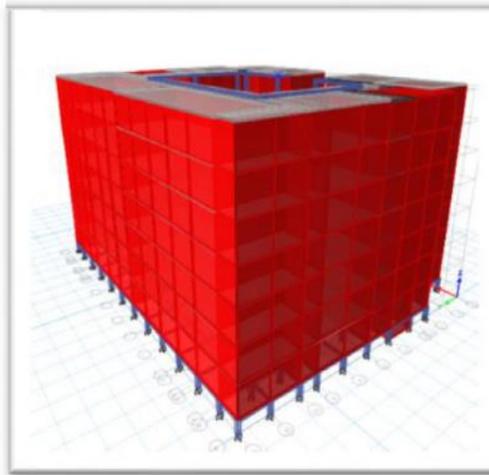
Gambar 2.11 Bangunan dengan Conventional Slab



Gambar 2.12 Bangunan dengan Flat Slab



Gambar 2.13 Bangunan dengan Waffle/Grid Slab



Gambar 2.14 Bangunan dengan Load Bearing-Wall

Tabel 2.2 Elemen Struktur

| Parameter | Conventional slab | Flat slab | Grid slab | Load bearing wall |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Beam dimension | 230 mm × 230 mm, 300 mm × 450 mm | 230 mm × 230 mm | 230 mm × 230 mm | 230 mm × 230 mm |
| Column dimension | 450 mm × 600 mm | 450 mm × 600 mm | 450 mm × 600 mm | 450 mm × 600 mm |
| Slab thickness | 125 mm | 150 mm | 150 mm | 125 mm |
| Drop panel thickness | Nil | 100 mm | 100 mm | Nil |
| External wall thickness | 230 mm | 230 mm | 230 mm | 230 mm |
| Internal wall thickness | 115 mm | 115 mm | 115 mm | 115 mm |
| Lift wall thickness | 100 mm | 100 mm | 100 mm | 100 mm |

Tabel 2.3 Hasil Perhitungan Beban

Dead load consists of self weight of beams, columns, slab and drop.

- External wall load = 14.72 kN/m
- Internal wall load = 9.6 kN/m
- Parapet wall load = 4.6 kN/m
- Floor finishes = 1 kN/m²

Sesimic Loads (IS 1893:2002)

- Seismic Zone Factor Z = 0.36
- Response Reduction Factor R = 5
- Importance factor I = 1
- Silt Type -2

Live loads

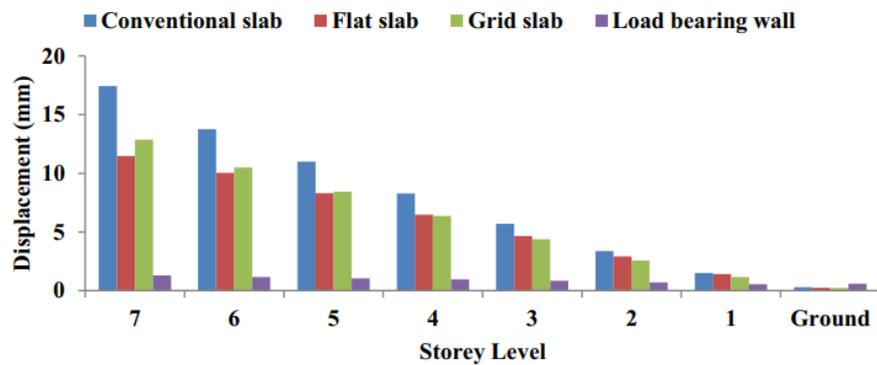
- Typical Shell load = 4 kN/m² (as per IS 875 part-1)
- Terrace Shell load = 1.5 kN/m².

Wind load as per IS 875:1987 part-3

- Terrain Category-2
 - Windward Co-efficeient Cp = 0.8
 - Leeward Co-efficeient Cp = 0.5
 - Wind speed = 55 m/s
 - Risk Co-efficeient K₁ = 1
 - Topography factor K₃ = 1
 - Structural class- B(for 20 m to 50 m building height)

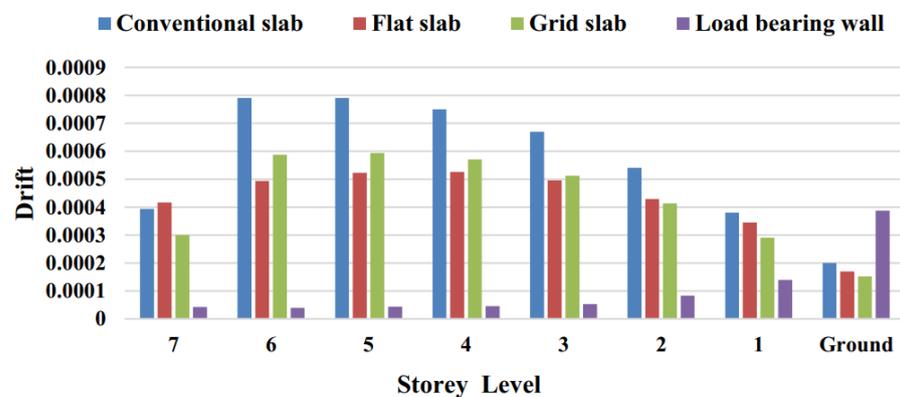
Hasil dari design dan analisis ini adalah *Storey Displacement*, *Storey Drift*, Tegangan Geser Maksimum, dan Kuantitas Beton Bertulang untuk 4 tipe bangunan.

Hasil analisis *Storey Displacement* yang paling besar adalah bangunan tipe *Conventional Slab* dan yang paling rendah adalah bangunan tipe *Load Bearing Wall* dengan perbandingan 92,6%. *Storey displacement* juga bertambah setiap kenaikan elevasi. Dapat dilihat di Gambar 2.15.



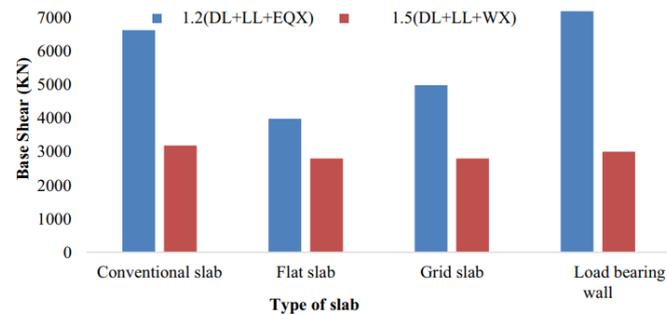
Gambar 2.15 Storey Displacement (x-axis)

Storey Drift terbesar ada di bangunan tipe *Conventional Slab* dan yang terendah ada di bangunan tipe *Load Bearing Wall*. Maksimum pada bangunan lantai empat yaitu 0,00079 mm untuk sistem pelat konvensional. Perbandingan dapat dilihat di Gambar 2.16.



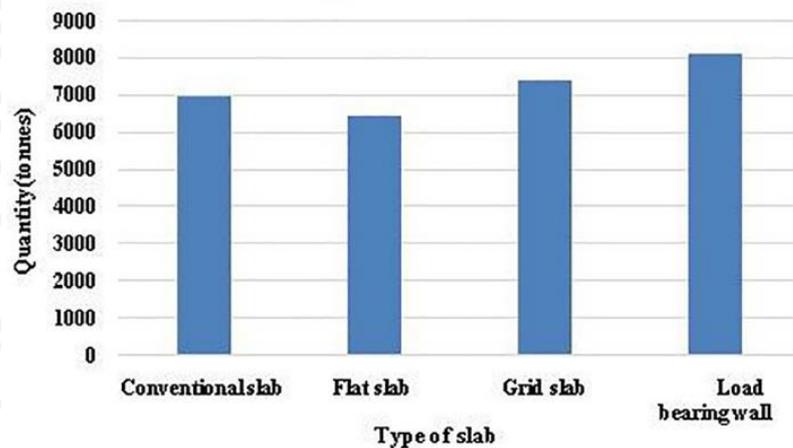
Gambar 2.16 Storey Drift (x-axis)

Tegangan Geser terendah terdapat pada bangunan tipe *Flat slab* dan yang terbesar terdapat pada bangunan tipe *Load Bearing Wall*. Tegangan Geser untuk tipe *Load Bearing Wall* adalah 44,5% lebih dari Bangunan tipe *Flat Slab*. Perbandingan dapat dilihat dalam gambar 2.17



Gambar 2.17 Geser Dasar

Kuantitas beton paling sedikit digunakan di bangunan tipe *Flat slab* dan paling banyak di bangunan tipe *Load Bearing Wall*. Kuantitas beton untuk tipe *Load Bearing Wall* 21% lebih banyak daripada bangunan tipe *Flat Slab*. Perbandingan dapat dilihat dalam gambar 2.18 berikut



Gambar 2.18 Kuantitas Beton

Bangunan tipe *Load Bearing Wall* lebih aman terhadap beban angin dan gempa. Namun, mengingat biaya sebagai faktor penting *Grid slab* lebih ekonomis dan lebih aman jika dibandingkan dengan tipe bangunan lainnya.

2.2 Keaslian Penelitian

Keaslian Penelitian ditunjukkan dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4 Keaslian Penelitian

| | Penelitian Terdahulu | | | Penelitian yang akan dilakukan |
|---------------|--|--|---|---|
| Nama Peneliti | N. Janardhana Reddy dkk (2015) | Alvin Eryunisar Pradhana, (2019) | CH. Lokesh Nishanth dkk (2020) | Edgar Zulfikar H (2021) |
| Judul | <i>Seismic Analysis of Multi-Storeyed Building with Shear Walls Using ETABS</i> | Analisis Simpangan dan Nilai Base Shear pada Bangunan 6 Lantai dengan Variasi Penempatan Dinding Geser | <i>Analysis and design of commercial building with different slab arrangements using ETABS</i> | Analisis bangunan The Palace appartement & Condotel Yogyakarta menggunakan konfigurasi penempatan <i>shearwall</i> yang berbeda |
| Tujuan | Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik bangunan dengan <i>shearwall</i> . sehingga didapatkan variabel untuk dibandingkan antara bangunan yang menggunakan <i>shearwall</i> dan tidak menggunakan <i>shearwall</i> | mengetahui pengaruh dari posisi <i>shear wall</i> terhadap gaya geser dasar, <i>displacement</i> dan <i>drift storey</i> . | Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik bangunan dengan tipe pelat yang berbeda. Di dalam analisis ini digunakan 4 pelat yang berbeda yakni <i>Conventional Slab, Flat Slab with drop panel, Grid/Waffel slab</i> dan <i>Load bearing wall</i> . | Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan perbedaan karakteristik bangunan dengan penempatan <i>shearwall</i> yang berbeda-beda |
| Metode | Membuat Analisis bangunan dengan <i>shearwall</i> dan tanpa <i>shearwall</i> menggunakan ETABS | Metode yang digunakan adalah analisis struktur menggunakan bantuan program ETABS v.13.2.2. | Membuat analisis bangunan dengan 4 tipe pelat menggunakan ETABS | Membuat analisis bangunan dengan letak <i>shearwall</i> yang asli (<i>exist</i>) ditambah dengan 3 alternatif penempatan <i>Shearwall</i> |

Lanjutan Tabel 2.8 Keaslian Penelitian

| | | | | |
|--------------|---|--|---|--|
| <p>Hasil</p> | <p>Hasil dari analisis menunjukkan perbandingan <i>Displacement</i>, Tegangan geser maksimal dan momen maksimal seperti di Gambar 2.3</p> | <p>Kesimpulan nya adalah hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi bangunan semakin kecil nilai momen overturning. Bangunan jenis L-Shape dan I-Shape memberikan respon yang sama terhadap momen overturing. <i>Drift</i> per lantai bertambah dari lantai dasar sampai lantai 6 setelah itu Kembali turun. Dari analisis dinamis dapat disimpulkan bangunan yang tidak simetris lebih banyak deformasi dibandingkan dengan bangunan simetris.</p> | <p>Hasil analisis Storey <i>Displacement</i> yang paling besar adalah bangunan tipe Conventional Slab dan yang paling rendah adalah bangunan tipe Load Bearing Wall dengan perbandingan 92,6%. Storey <i>displacement</i> juga bertambah setiap kenaikan elevasi. Kesimpulan nya bangunan tipe Load Bearing Wall lebih aman terhadap beban angin dan gempa. Namun, mengingat biaya sebagai faktor penting Grid slab lebih ekonomis dan lebih aman jika dibandingkan dengan tipe bangunan lainnya.</p> | |
|--------------|---|--|---|--|

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Prinsip Bangunan Tahan Gempa

Bangunan bertingkat tinggi harus memiliki struktur yang kuat terhadap beban mati dan beban hidup yang diterima sesuai fungsi dari bangunan tersebut. Struktur bangunan yang kuat adalah struktur yang tidak runtuh bahkan tidak rusak terhadap beban lateral gempa.

Beban gempa yang diperhitungkan dapat memberikan peluang keruntuhan yang seragam terhadap gempa rencana. Beban gempa yang berkerja pada bangunan dihitung dengan analisis statik ekuivalen menurut tatacara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Gedung dan non Gedung, SNI 1762-2019

3.2 Struktur bangunan Tahan Gempa

Bangunan tahan gempa atau earthquake resistant building adalah bangunan yang relatif kuat terhadap bahaya gempa tetapi pembangunannya relatif tidak mahal. Bangunan-bangunan gedung mempunyai faktor keutamaan yang bergantung pada penting atau tidaknya suatu bangunan. Bangunan yang penting misalnya diharapkan dapat bertahan dalam waktu yang lebih lama dibanding dengan bangunan biasa. Hal ini berarti bahwa penting tidaknya bangunan berhubungan dengan beban rencana bangunan yang berlanjut pada periode ulang. Semakin penting bangunan maka semakin lama bangunan itu harus bertahan, sehingga gaya gempa yang diperhitungkan pada bangunan tersebut semakin besar. Dalam desain bangunan gedung tahan gempa perlu diperhatikan mengenai :

1. Kode beban gravitasi,
2. Kode beban gempa (SNI 03-1726-2019) dan
3. Kode desain (SNI 03-2847, 2019).

Proses desain pada umumnya memperhatikan data dan langkah-langkah :

1. peruntukan, letak, denah dan tinggi bangunan,

2. jenis tanah, jenis struktur utama (*frames, walls* dan kombinasi),
3. berdasarkan lokasi bangunan kemudian ditentukan respons spektrum percepatan dan respons spektrum desain,
4. kategori desain seismic, penahan gaya horisontal, SRPMB/M/K, faktor reduksi beban R,
5. ditentukan kategori bangunan, apakah masih reguler atau bangunan tidak reguler,
6. butir 5 akan menentukan jenis analisis struktur, apakah masih dapat dilakukan dengan beban ekuivalen statik ataupun analisis dengan metode lain.

3.3 Pembebanan Struktur

Dalam melakukan analisa desain struktur bangunan, hal yang perlu diperhatikan yaitu membedakan/memisahkan antara beban statis dan dinamis.

1. Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja terus-menerus pada struktur. Jenis-jenis beban statis seperti berikut ini.

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan atau peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang tidak tetap, namun juga diperhitungkan dalam pembebanan gedung.

2. Beban Dinamik

Beban dinamik adalah beban dengan variasi perubahan intensitas beban terhadap waktu yang cepat. Beban dinamis terdiri dari beban gempa dan angin.

a. Beban Gempa

Gempa bumi adalah peristiwa yang terjadi karena adanya kerusakan kerak bumi secara tiba-tiba umumnya diikuti dengan terjadinya patahan. Perhitungan penentuan beban gempa sebagai berikut.

- 1) Menentukan nilai S_s dan S_1 .
- 2) Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan bangunan.
- 3) Menentukan kategori desain seismik.
- 4) Menentukan metode analisis beban gempa.
- 5) Menghitung gaya lateral.

b. Beban Angin

Beban angin bersifat non periodik dan non harmonik. Kecepatan dan intensitas angin dapat berfluktuasi secara acak baik arah horisontal maupun vertikal. Pengaruh beban angin pada struktur yang pendek dan kaku umumnya kurang signifikan. Namun akan sangat signifikan dan bahkan sangat membahayakan pada struktur yang fleksibel seperti bangunan tinggi, jembatan yang panjang.

3.4 Dinding Geser (*Shearwall*)

Dinding Geser (*Shearwall*) adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya *Shearwall* / dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Dinding geser biasanya ditempatkan di luar, di dalam ataupun berupa inti yang memuat ruang lift atau tangga. Perencanaan dinding geser yang baik tidak terlepas dari pemilihan bentuk dinding, lokasi penempatannya pada denah serta bentuk ragam keruntuhannya. Berikut ini susunan geometris dan bentuk-bentuk dasar yang umum pada dinding geser.

Fungsi *shearwall* / dinding geser ada 2, yaitu kekuatan dan kekakuan, artinya :

1. Kekuatan

- a) Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal.
- b) Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding.

2. Kekakuan

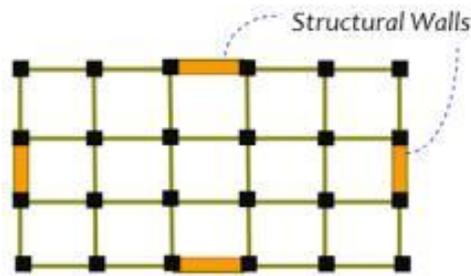
- a) Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi - goyangan yang berlebihan.
- b) Bangunan yang cukup kaku jarang terjadi kerusakan struktural.

Berdasarkan letak dan fungsinya, shear wall / dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu :

1. *Bearing walls* adalah dinding geser yang mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antara partemen yang berdekatan.
2. *Frame walls* adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom bagian dalam.
3. *Core walls* adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung, yang biasanya isi tangga atau poros lift.

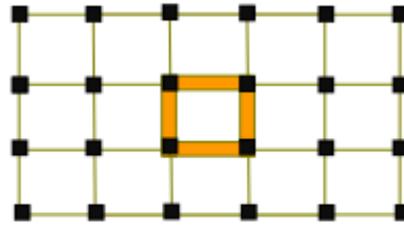
3.5 Letak Dinding Geser Pada Gedung

Letak *shear wall* akan mempengaruhi perilaku struktur gedung. letak shear wall sangat penting untuk memberikan tahanan lateral pada suatu bangunan. Dinding geser akan bekerja efektif jika diletakkan pada keliling bangunan.



Gambar 3.1 Shear Wall Pada Sekeliling Bangunan

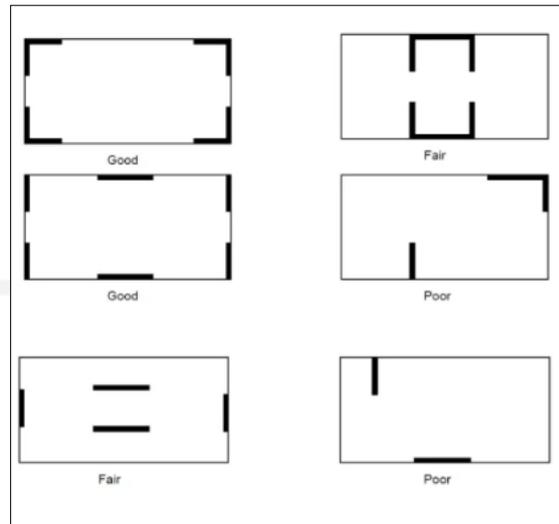
Letak shear wall pada inti bangunan memberikan respons yang baik pada struktur bangunan bila dibandingkan dengan letak shear wall di tepi bangunan maupun di sudut bangunan.



Gambar 3.2 Shear Wall Pada Sekeliling Bangunan

Sumber : (Murty, 2015)

Letak *shear wall* di sudut bangunan (corner) memberikan pengaruh yang baik pada struktur dengan mereduksi simpangan secara maksimal. Letak shear wall yang searah dengan beban gempa rencana akan menghasilkan perilaku yang baik.



Gambar 3.3 Shear Wall Pada Sudut Bangunan

Sumber : (Kalikavu, 2015)

3.6 Respons Spektrum

Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , lawan respon-respon maksimumnya untuk suatu rasio redaman dan beban gempa tertentu respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*Spectral Displacement, SD*), kecepatan maksimum (*Spectral Velocity, SV*), atau percepatan maksimum (*Spectral Acceleration, SA*) suatu massa struktur dengan derajat kebebasan tunggal (*Single Degree of Freedom*). Suatu spektrum maksimum suatu gempa tertentu kadang-kadang dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut.

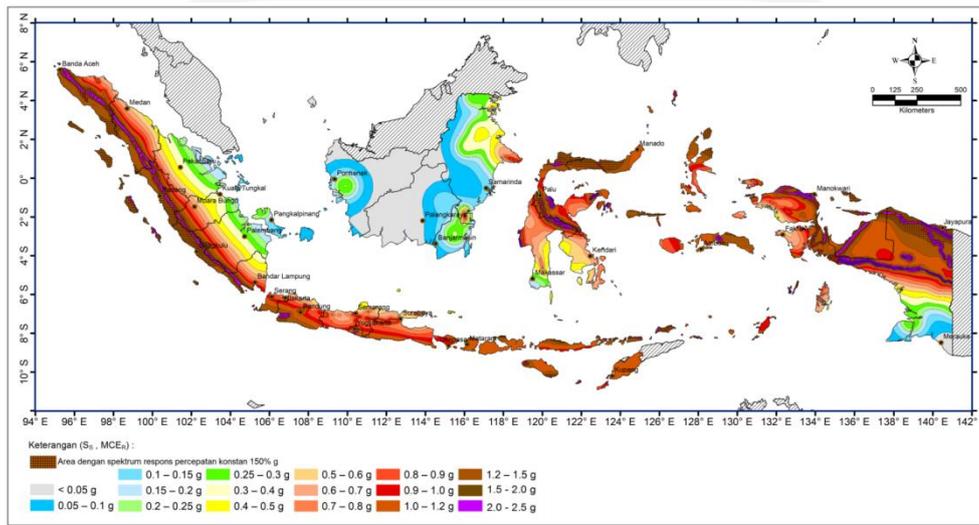
$$S_D(\xi, T, \mu, S) \quad (3.1)$$

$$S_V(\xi, T, \mu, S) \quad (3.2)$$

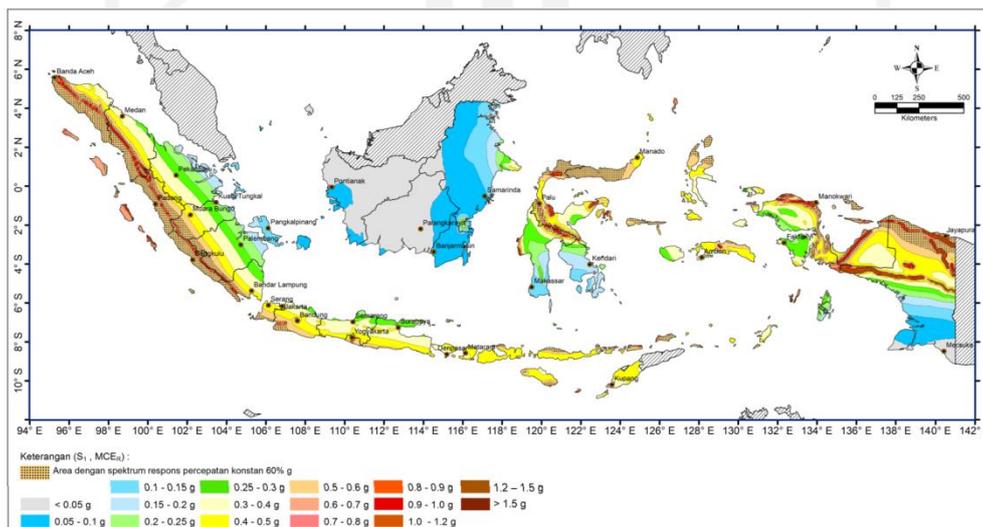
$$S_A(\xi, T, \mu, S) \quad (3.3)$$

dengan ξ adalah rasio redaman, T adalah periode getar, dan μ adalah daktilitas struktur dan S adalah jenis tanah. Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing respon spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun

(MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 < 0,04g$ dan $S_s < 0,15g$, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A, dan cukup memenuhi persyaratan dalam kategori desain seismik A. Nilai parameter S_s dan S_1 dapat ditentukan dari Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut.

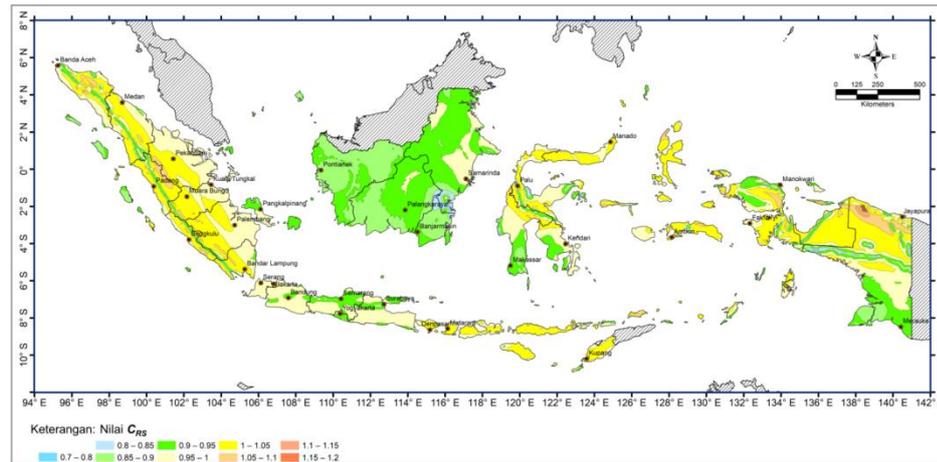


Gambar 3.4 Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)

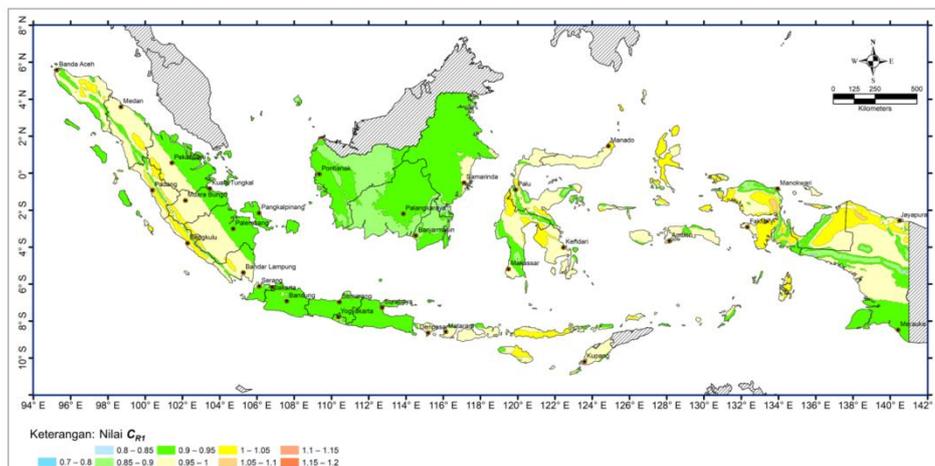


Gambar 3.5 Parameter gerak tanah, S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %)

Nilai koefisien risiko juga terpetakan yaitu C_{RS} dan C_{R1} , dengan C_{RS} adalah koefisien risiko terpetakan untuk spektrum respon periode pendek dan C_{R1} adalah koefisien risiko terpetakan untuk spektrum respon periode 1 detik, Nilai C_{RS} dan C_{R1} dapat ditentukan dari Gambar 3.6 dan Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.6 C_{RS} , Koefisien risiko terpetakan, periode spektrum respons 0,2-detik



Gambar 3.7 C_{R1} , Koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 1 detik

Penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah memerlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang

mewakili getaran perioda 1 detik (F_v), parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (3.4)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (3.5)$$

Keterangan:

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

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

Koefisien situs F_a dan F_v dapat ditentukan pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 sebagai berikut.

Tabel 3.1 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) | | | | | |

Catatan:

- a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- b) S_s = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik.

Tabel 3.2 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) | | | | | |

Catatan:

- a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- b) S_1 = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik.

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (SDS) dan pada periode 1 detik (SD1), dapat ditentukan melalui rumus:

$$S_{DS} = 2/3 \cdot SMS \quad (3.6)$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot SM1 \quad (3.7)$$

Desain respon spektrum harus mengikuti ketentuan di bawah ini:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.8)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk perioda lebih besar dari T_S , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.9)$$

Keterangan:

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

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

T = Perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.10)$$

$$T_S = S_{D1} / S_{DS} \quad (3.11)$$

Struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risiko dan parameter respons spektral percepatan desainnya (S_{DS} dan S_{D1}) sesuai dengan Tabel 3.5 dan Tabel 3.6

Tabel 3.3 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek

| 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 1762-2019)

Tabel 3.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek 1 Detik

| Nilai S_{D1} | Kategori Risiko | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{D1} < 0,167$ | 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 1762-2019)

Periode fundamental (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari Tabel 3.12 dan periode fundamental pendekatan (T_a) yang ditentukan sesuai dengan Persamaan 3.18

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (3.12)$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur dalam meter (m)

Koefisien C_t dapat dilihat pada Tabel 3.7 dan Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung dapat dilihat di Tabel 3.8

Tabel 3.5 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

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

(Sumber: SNI 1726-2019)

Tabel 3.6 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda 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)

Perhitungan T_{crack} max dapat diselesaikan menggunakan persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$T_{a \max} = C_u \times T_{crack} \quad (3.13)$$

Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa dapat dilihat di Tabel 3.7. dan factor keutamaan gempa dapat dilihat di Tabel 3.8

Tabel 3.7 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

| Jenis pemanfaatan | Kategori risiko |
|--|-----------------|
| <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"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya | 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"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik | 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"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <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 instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p> | III |

الجمهورية العربية السورية
الجامعة العربية السورية
الكلية الهندسية
الهندسة المدنية

Lanjutan Table 3.7 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

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

Tabel 3.8 Faktor keutamaan gempa

| Kategori risiko | Faktor keutamaan gempa, I_e |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω_0 harus diterapkan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam Tabel 3.9

Tabel 3.9 Faktor R, C_d, dan Ω₀

| | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| C. Sistem rangka pemikul momen | | | | | | | | |
| 1. Rangka baja pemikul momen khusus | 8 | 3 | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| 2. Rangka batang baja pemikul momen khusus | 7 | 3 | 5½ | TB | TB | 48 | 30 | TI |
| 3. Rangka baja pemikul momen menengah | 4½ | 3 | 4 | TB | TB | 10 ^k | TI ^k | TI ^k |
| 4. Rangka baja pemikul momen biasa | 3½ | 3 | 3 | TB | TB | TI' | TI' | TI' |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m | 8 | 3 | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| 6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah | 5 | 3 | 4½ | TB | TB | TI | TI | TI |
| 7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa | 3 | 3 | 2½ | TB | TI | TI | TI | TI |
| 8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus | 8 | 3 | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| 9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah | 5 | 3 | 4½ | TB | TB | TI | TI | TI |
| 10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen | 6 | 3 | 5½ | 48 | 48 | 30 | TI | TI |
| 11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa | 3 | 3 | 2½ | TB | TI | TI | TI | TI |
| 12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ | 3½ | 3° | 3½ | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 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 ^{a,h} | 7 | 2½ | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| 4. Dinding geser beton bertulang biasa ^g | 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 |

Sumber : Tabel 12 SNI 1726-2019.

3.7 Gaya Geser Dasar

gaya geser dasar merupakan permodelan atau penyederhanaan dari getaran gempa yang bekerja pada dasar bangunan yang selanjutnya akan digunakan sebagai gaya gempa rencana yang ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung.

Gaya geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan dapat ditentukan dengan persamaan 3.20 sebagai berikut.

$$V = C_s \cdot W \quad (3.14)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

Nilai koefisien respons seismik (C_s) dapat dihitung menggunakan persamaan 3.15

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \quad (3.15)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa (dalam Tabel 3.9)

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan 3.22 tidak perlu melebihi berikut ini.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.16)$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_{Smin} = 0.0044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (3.17)$$

3.8 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai dapat didefinisikan sebagai perpindahan lateral. Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.6 disebutkan penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (D) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat (δx) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\Delta = \frac{C_d \cdot \delta x_e}{I_e} \quad (3.18)$$

Keterangan:

C_d = faktor amplifikasi defleksi

δx_e = defleksi pada lokasi yang disyaratkan

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan Tabel 3.10
Simpangan antar lantai tingkat desain (D) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (D_a) seperti didapatkan dari Tabel 3.11

Tabel 3.10 Simpangan Antar Lantai Ijin, $D_a^{a,b}$

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

Sumber : SNI 1726-2019

Keterangan :

h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x

Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D,E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan 7.12.1.1

Tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam 7.12.3 tidak diabaikan

Struktur dimana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

3.9 Penentuan Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 1726 2019 pasal 7.8.7, pengaruh P-delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antar lantai yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas. Koefisien stabilitas (θ) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\theta = P_x \cdot \Delta \cdot I_e / (V_x \cdot H_x \cdot C_d) \quad (3.19)$$

keterangan :

P_x = beban desain vertical total pada dan di atas tingkat x, dinyatakan dalam kilo newton (kN); bila menghitung P_x , faktor individu tidak perlu melebihi 1,0;

Δ = simpangan antar lantai tingkat desain (mm);

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan;

V_x = gaya geser siesmik yang bekerja antara tingkat x dan x-1 (kN);

H_x = tinggi tingkat di bawah tingkat x (mm);

C_d = faktor pembesaran defleksi.

Koefisien stabilitas (θ) harus tidak melebihi (θ_{max}) yang ditentukan sebagai berikut.

$$\theta_{max} = \frac{0,50}{\beta C_d} \leq 0,25 ; C_{dx} = 5,50 ; C_{dy} = 5, \quad (3.20)$$

keterangan :

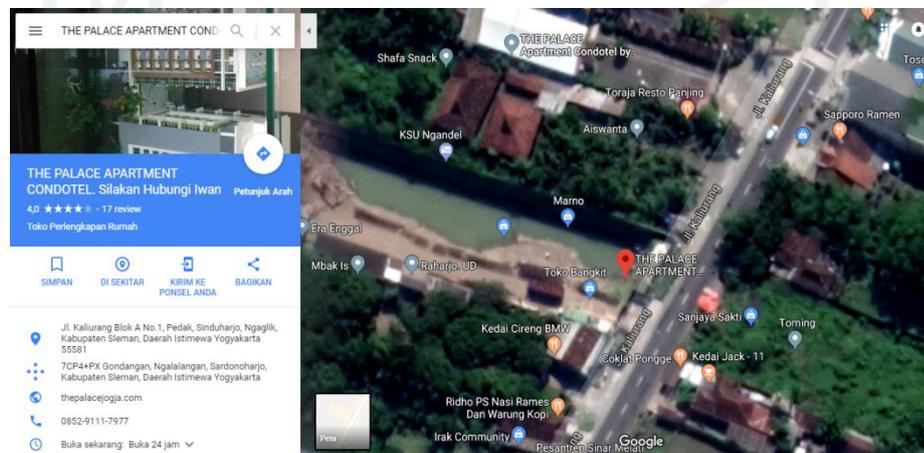
β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk ingkat x dan x-1. Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0. Apabila nilai θ melebihi θ_{max} , maka struktur dianggap tidak stabil dan harus didesain ulang. Dan jika $\theta < \theta_{min} = 0,10$, maka pengaruh p- Δ boleh diabaikan.

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

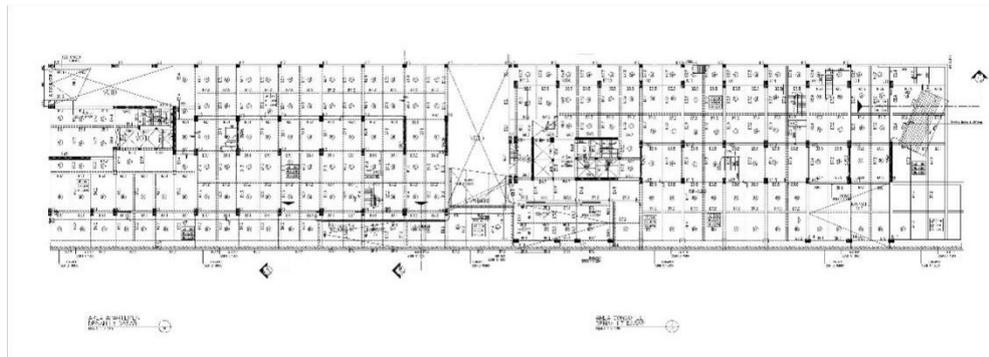
Gedung The Palace Apartement & Condotel Yogyakarta yang dianalisis pada tugas akhir ini berlokasi di Jl Kaliurang km. 11 Siduharjo Ngaglik, Sleman, Yogyakarta Lokasi gedung yang ditinjau secara lebih detail disajikan pada Gambar 4.1.



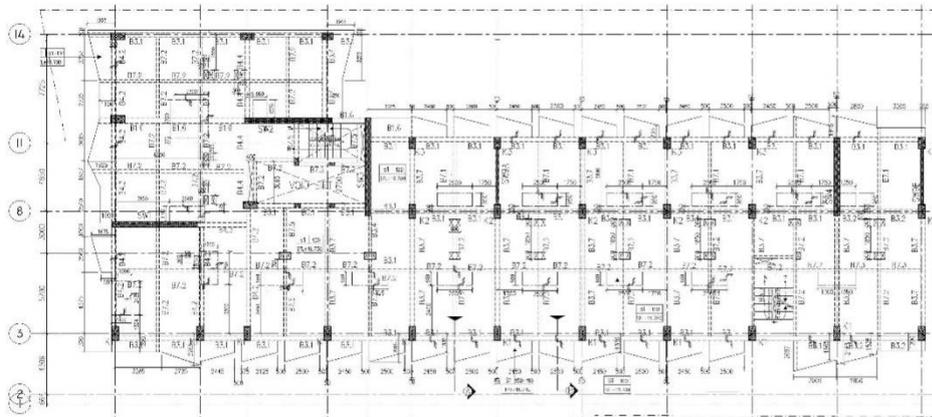
Gambar 4.1 Peta lokasi pembangunan The Palace Apartement and Condotel

4.2 Data Struktur

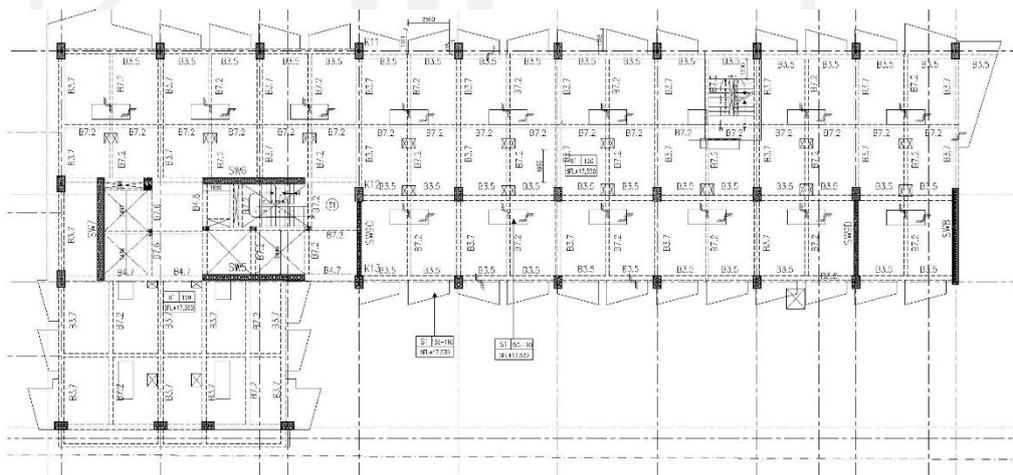
Pada penelitian ini akan membandingkan beberapa varian gedung dengan penempatan *Shearwall* yang berbeda. Gedung yang digunakan yaitu gedung Gedung The Palace Apartement & Condotel yang memiliki konstruksi bagian atas struktur tulang beton 15 lantai + 3 *basement*. Denah gedung dapat dilihat pada Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Pemodelan 3D gedung The Palace Apartement & Condotel di ETABS disajikan pada Gambar 4.5. Denah *shearwall* terdapat pada Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



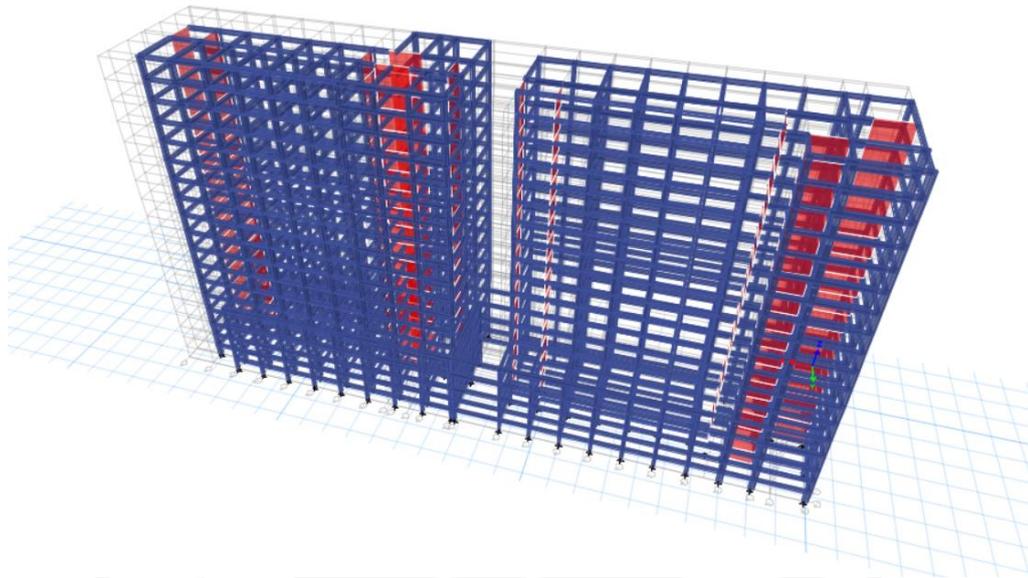
Gambar 4.2 Denah Apartemen dan condotel Lantai 1 dan 2



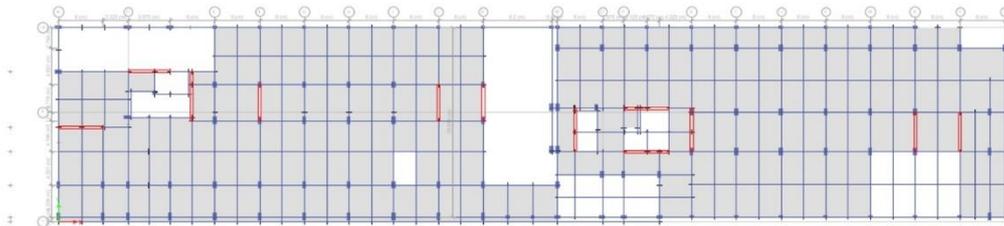
Gambar 4.3 Denah Apartement Lantai 3 sampai lantai 15



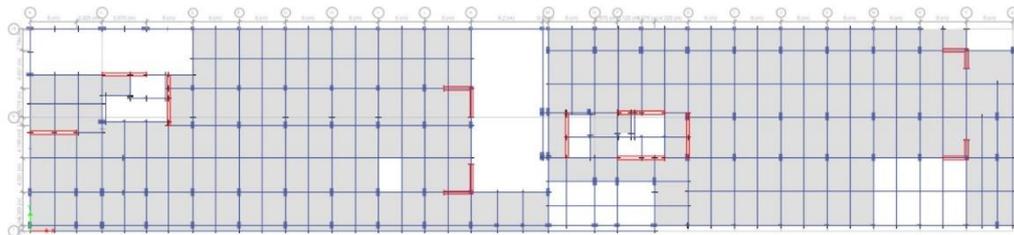
Gambar 4.4 Denah Condotel Lantai 3 sampai lantai 15



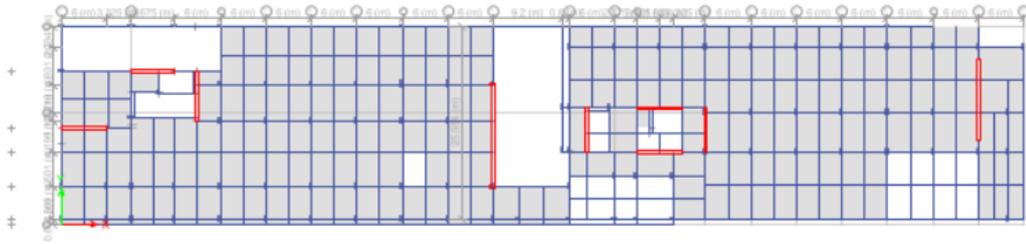
Gambar 4.5 Tampak 3D Existing Building The Palace Appartement dan Condotel



Gambar 4.6 Denah *Shearwall* Existing building



Gambar 4.7 Denah *Shearwall* Varian 1

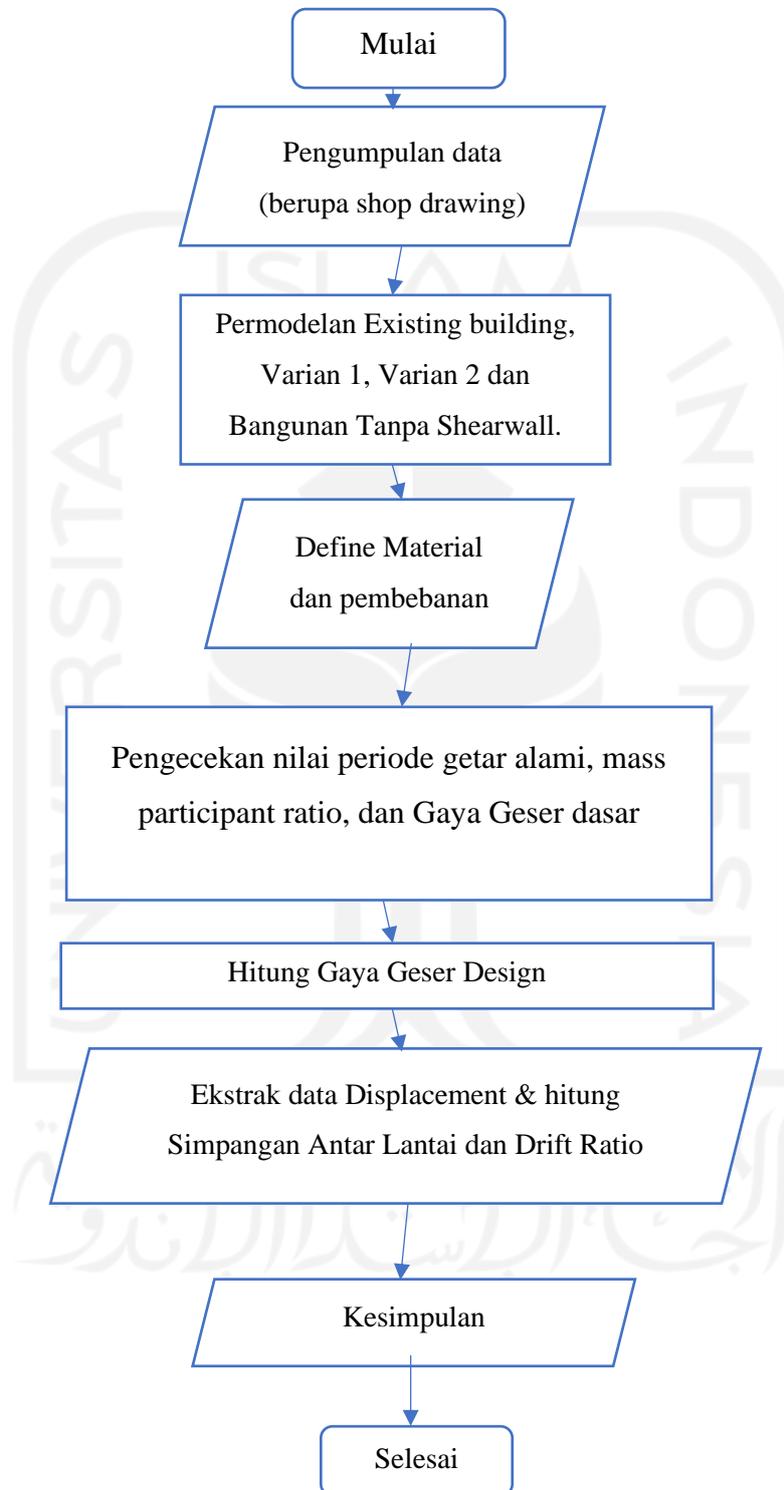


Gambar 4.8 Denah *Shearwall* Varian 2

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Fungsi gedung : Gedung Hunian Vertikal
2. Jenis struktur : beton bertulang
3. Sistem struktur Bangunan dengan shearwall : SGRPMK
Sistem struktur Bangunan Tanpa shearwall : SPRMK
4. Jenis tanah : Tanah sedang
5. Mutu beton ($f'c$) : 25 MPa
6. Mutu baja (f_y) : 400 MPa (Tulangan pokok); $f_{ys} = 250$ MPa
7. Dimensi struktur :
 - a. Pelat lantai : 12,5 cm
 - b. Pelat atap : 10 cm

4.3 Flowchart Pengerjaan



BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Perhitungan Pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan dalam analisis ini adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa.

5.1.1 Beban Mati

Beban mati yang dimaksud terdiri dari berat sendiri struktur dan beban mati tambahan. Berat sendiri struktur tidak perlu dimasukkan dikarenakan ETABS sudah memperhitungkan berat sendiri struktur secara otomatis, sehingga hanya perlu memasukkan beban mati tambahan.

Perhitungan beban mati tambahan pada pelat lantai dan pelat atap dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Perhitungan Beban Mati Tambahan Pelat Lantai

| No | Material | Tebal (m) | Berat Volume (kN/m ³) | Beban (kN/m ²) |
|-------|--------------------|-----------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | Spesi | 0,03 | 16,68 | 0,5004 |
| 2 | Pasir | 0,04 | 15,7 | 0,628 |
| 3 | Keramik | | 0,17 | 0,17 |
| 4 | Penggantung Plafon | | 0,07 | 0,07 |
| 5 | Ducting AC | 0,01 | 0,17 | 0,0017 |
| 6 | Plafon | | 0,11 | 0,11 |
| Total | | | | 1,4801 |

Tabel 5.2 Perhitungan Beban Mati Tambahan Pelat Atap

| No | Material | Tebal (m) | Berat Volume (kN/m ³) | Beban (kN/m ²) |
|-------|----------------|-----------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | Spesi | 0,03 | 16,68 | 0,5004 |
| 2 | Water Proofing | 0,04 | 18,84 | 0,7536 |
| 3 | Ducting AC | 0,01 | 0,17 | 0,0017 |
| Total | | | | 1,2557 |

5.1.2 Beban Hidup

Beban hidup yang diterapkan pada analisis mengacu pada SNI 1727-2019. Beban hidup dibedakan sesuai dengan fungsi ruangan. Berikut merupakan nilai beban hidup sesuai dengan fungsi ruangan.

Ruang Tunggu = 4,79 kN/m²

Ruang Rapat = 4,79 kN/m²

Gym = 4,79 kN/m²

Kantilever = 4,79 kN/m²

Ruang Makan = 4,79 kN/m²

Selasar Lantai 1 = 4,79 kN/m²

Gudang = 6 kN/m²

Lobi = 4,79 kN/m²

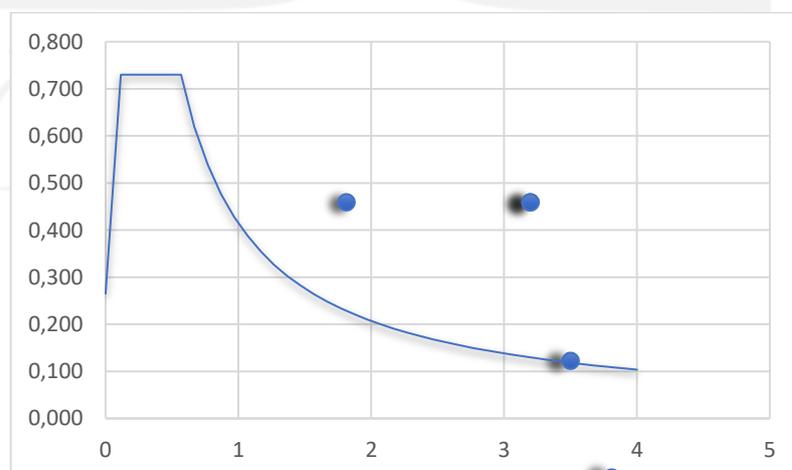
Hunian = 1,92 kN/m²

5.1.3 Respons Spektrum

Perhitungan beban gempa berupa respon spektrum mengacu pada SNI 1726-2019 Dan RSA CIPTAKARYA. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan respon spektrum.

1. Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan (I_e) Gedung berfungsi sebagai rumah sakit dan fasilitas kesehatan yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat sehingga menurut SNI 1726-2019 Tabel 1 (Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa) gedung memiliki kategori risiko II. Sehingga memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1.
2. Menentukan Parameter Percepatan Gempa (S_s dan S_1). Jenis tanah pada gedung diasumsikan berjenis tanah lunak (S_E). Percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) berdasarkan peta seismik pada RSA CIPTAKARYA wilayah yang ditinjau diambil nilai sebesar 1,047g sedangkan nilai percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) didapat nilai terbesar 0,478g.

3. Menentukan koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respon spektral percepatan gempa (MCER) Berdasarkan nilai S_S dan nilai S_1 yang didapat, selanjutnya adalah menentukan nilai faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Berdasarkan RSA CIPTAKARYA didapatkan nilai F_a sebesar 1,1 dan nilai F_v sebesar 1,82.
4. Menentukan parameter respon spektrum percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik (S_{MS} dan S_{M1}). nilai S_{MS} didapatkan sebesar 1,152g dan nilai S_{M1} didapatkan sebesar 0,869g
5. Menentukan nilai parameter percepatan spektral desain periode pendek dan 1 detik (S_{DS} dan S_{D1}). Nilai S_{DS} didapatkan sebesar 0,768g dan nilai S_{D1} didapatkan sebesar 0,579g
6. Menentukan periode getar fundamental struktur (T_0 dan T_S). Nilai T_0 didapatkan sebesar 0,15 detik dan nilai T_S didapatkan sebesar 0,77
7. Perhitungan spektrum percepatan (S_a) Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain harus diambil sesuai dengan Persamaan 3.8. Tabel rekapitulasi perhitungan respon spektrum desain dapat dilihat pada lampiran, berdasarkan rekapitulasi tersebut dapat diperoleh grafik respon spektrum seperti pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Grafik Respons Spektrum

8. Beban siesmik efektif

Berat seismik efektif struktur (W) harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya. Nilai berat seismik efektif dihitung otomatis oleh ETABS, untuk menampilkan nilai berat seismik efektif yaitu dengan cara Display – Show Table – Analysis – Results – Structure Output – Center of Mass and Rigidity. Nilai berat seismik efektif struktur dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 berat seismik efektif struktur

| Bangunan | Berat (kn) |
|-------------------|------------|
| Existing building | 289325,54 |
| Varian 1 | 291453,70 |
| Varian 2 | 289945,00 |
| Tanpa Shearwall | 262751,98 |

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan berat bangunan existing 289325,54 kN, berat bangunan varian 1 sebesar 291453,70 kN dan berat bangunan varian 2 sebesar 289945,00 kN dan berat bangunan tanpa *Shearwall* 262751,98 kN. Terjadi perbedaan berat existing building terhadap varian 1 sebesar 0,74%, varian 2 sebesar 0,21% dan varian tanpa *Shearwall* sebesar 9,18% . Perbedaan tersebut terjadi karena adanya penumpukan atau overlap pada daerah joint antara elemen balok, kolom dan shear wall atau biasa disebut dengan intersection. Intersection terjadi karena elemen frame pada kondisi asli mempunyai dimensi penampang berupa lebar dan tinggi, sedangkan pada saat proses pemodelan di ETABS hanya berupa garis sehingga pada daerah joint akan terjadi penumpukan.

Perbedaan yang terjadi dikarenakan varian yang dilakukan adalah memindahkan elemen shear wall ke beberapa posisi menyebabkan perbedaan elemen balok dan kolom pada daerah yang dilakukan pemindahan.

9. Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12. Periode fundamental pendekatan (T_a) pada model existing, varian 1 dan varian 2 adalah sama dikarenakan bangunan memiliki ketinggian yang sama.

$$T_{a \min} = C_t \cdot h_n^x \quad (3.12)$$

$$T_{a \min} = 0,0466 \times 60^{0,9}$$

$$T_{a \min} = 1,857 \text{ detik}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung $T_a \max$ sesuai dengan Persamaan 3.13

$$T_{a \max} = C_u \cdot T_{a \min} \quad (3.13)$$

$$T_{a \max} = 1,4 \times 1,857$$

$$T_{a \max} = 2,599 \text{ detik}$$

Selanjutnya dengan bantuan software ETABS, dilakukan kalibrasi pada momen inersia elemen untuk mendapatkan periode fundamental struktur saat retakan terjadi. Kalibrasi balok sebesar 0,35 dan kolom 0,7 didapatkan nilai T_{crack} setiap model sebagai berikut.

$$T_{crack \text{ existing}} = 2,781 \text{ detik}$$

$$T_{crack \text{ varian 1}} = 2,972 \text{ detik}$$

$$T_{crack \text{ varian 2}} = 2,867 \text{ detik}$$

$$T_{crack \text{ tanpa Shearwall}} = 3,982 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat ditentukan periode fundamental yang digunakan sesuai dengan persyaratan sebagai berikut:

- a) Jika $T_{crack} > T_a \max$ maka digunakan $T = T_a \max$
- b) Jika $T_a < T_{crack} < T_a \max$ maka digunakan $T = T_{crack}$
- c) Jika $T_{crack} < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa nilai T_{crack} pada setiap model lebih besar daripada $T_a \max$. Berdasarkan persyaratan di atas, maka nilai kebanyakan dari nilai T pada masing-masing model adalah $T_a = 2,599$ detik.

10. Nilai Koefisien Respon Seismik (CS)

Nilai koefisien respon seismik dapat diselesaikan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_s = \frac{SDS}{\frac{R}{I_e}} \quad (3.15)$$

$$C_s = \frac{0,73}{\frac{8}{1}}$$

$$C_s = 0,091$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \frac{R}{I_e}} \quad (3.16)$$

$$C_{s \max} = \frac{0,73}{2,599 \cdot \frac{8}{1}}$$

$$C_{s \max} = 0,035$$

Nilai C_s juga harus tidak kurang dari

$$C_{s \min} = 0,044 S_{DS} \cdot I_e \quad (3.17)$$

$$C_{s \min} = 0,044 \times 0,73 \times 1$$

$$C_{s \min} = 0,026$$

Nilai C_s diambil dari batas C_s min dan C_s max

$$C_s \text{ dipakai} = 0,035$$

11. Sistem rangka yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton bertulang dengan system rangka pemikul momen khusus (SRPMK) yang ditentukan atas dasar Tabel 12 SNI 1729-2019. Nilai Koefisien dapat dilihat di Tabel 5.4

Tabel 5.4 Faktor R, C_d , dan Ω_0

| Faktor | R | Ω_0 | C_d |
|--------|---|------------|-------|
| Nilai | 8 | 3 | 5,5 |

5.2 Permodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan program ETABS v13.2.2. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan permodelan dapat dilihat di Tabel 5.5 dan Tabel 5.6

Tabel 5.5 Dimensi Balok Pada Gedung

| Kode | Lebar (mm) | Tinggi (mm) |
|------|------------|-------------|
| B1 | 400 | 700 |
| B2 | 400 | 600 |
| B3 | 300 | 600 |
| B4 | 300 | 500 |
| B5 | 250 | 500 |
| B6 | 200 | 600 |
| B7 | 200 | 500 |

Tabel 5.6 Dimensi Kolom Pada Gedung

| Kode | Lebar (mm) | Panjang (mm) |
|------|------------|--------------|
| K1 | 500 | 1000 |
| K3 | 500 | 800 |
| K7 | 500 | 500 |

Elemen pelat lantai memiliki ketebalan yaitu 130 mm Elemen shear wall memiliki ketebalan yang sama yaitu 400 mm. Hasil permodelan pada program ETABS untuk existing building, varian 1, varian 2 dan bangunan tanpa *Shearwall* dapat dilihat pada Gambar 4.2 sampai 4.7.

5.3 Gaya Geser Dasar

Nilai gaya geser dasar dinamik harus sama dari gaya geser dasar statik. Sesuai dengan SNI 1726-2019, Jika nilai gaya geser dasar dinamik kurang dari gaya geser dasar statik, maka perlu dikalikan oleh scale factor. Nilai gaya geser dasar dinamik dan gaya geser statik didapatkan dari hasil analisis ETABS. Nilai gaya geser dinamik dan statik pada masing-masing model dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Base Shear Dinamik dan Statik

| Model | V dinamik | | V Statik | |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | V _x | V _y | V _x | V _y |
| Existing Building | 6102,417 | 5601,302 | -10685,074 | -11283,292 |
| Varian 1 | 7151,339 | 4801,598 | -10764,289 | -10764,294 |
| Varian 2 | 6054,711 | 5242,223 | -10249,224 | -10939,045 |
| Tanpa Shearwall | 3968,431 | 3524,897 | -9697,407 | -9697,411 |

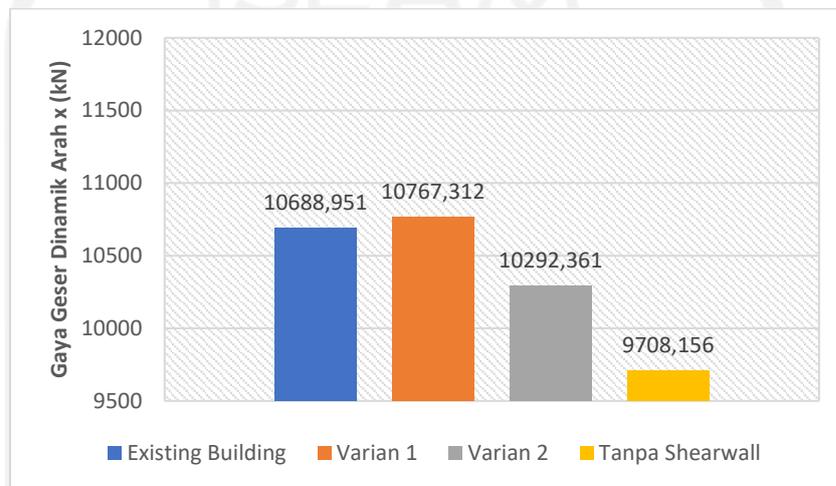
Berdasarkan nilai gaya geser yang didapat, nilai gaya geser dinamik kurang dari gaya geser statik sehingga harus dikalikan dengan scale factor. Berikut merupakan contoh perhitungan scale factor pada model bangunan existing arah x.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= 10685,074 \text{ kN} \\
 V_{\text{dinamik}} &= 6102,417 \text{ kN} \\
 \text{Scale Factor} &= V_{\text{dinamik}} / V_{\text{statik}} \\
 &= 10685,074 / 6102,417 \\
 &= 1,70
 \end{aligned}$$

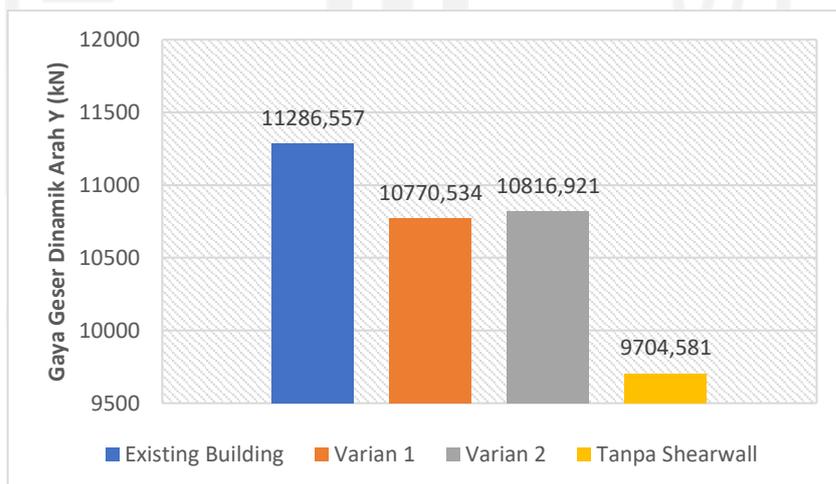
Setelah mendapatkan nilai scale factor selanjutnya nilai tersebut diinput pada ETABS dan dilakukan analisis ulang untuk mendapatkan nilai gaya geser dasar setelah melakukan skala ulang. Setelah dilakukan analisis ulang, didapatkan nilai V_{dinamik} baru setelah di skala ulang adalah sebesar 10688,951 kN dimana jumlah tersebut kurang lebih sama dengan V_{statik}. Rekapitulasi hasil perhitungan skala ulang gaya geser dasar pada masing-masing model dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.2 dan Gambar 5.3

Tabel 5.8 Nilai Gaya Geser Dasar Setelah Dilakukan Skala Ulang

| Model | V dinamik | | V Statik | |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | V _x | V _y | V _x | V _y |
| Existing Building | 10688,951 | 11286,557 | -10685,074 | -11283,292 |
| Varian 1 | 10767,312 | 10770,534 | -10764,289 | -10764,294 |
| Varian 2 | 10292,361 | 10816,921 | -10249,224 | -10939,045 |
| Tanpa Shearwall | 9708,156 | 9704,581 | -9697,407 | -9697,411 |



Gambar 5.2 Grafik Nilai Gaya Geser Dasar Dinamik Arah X



Gambar 5.3 Grafik Nilai Gaya Geser Dasar Dinamik Arah Y

Berdasarkan hasil analisis ETABS didapatkan di arah gempa x nilai *Base shear* existing sebesar 10688,951 kN, varian 1 sebesar 10767,312 kN dan varian 2 sebesar 10292,361 kN. *Base shear* bangunan varian 1 lebih besar 0,73% dari pada

existing building. Sedangkan *Base shear* bangunan varian 2 lebih kecil 3,71%. Di arah gempa y nilai *Base shear* existing sebesar 11286,557 kN, varian 1 sebesar 10770,534 kN dan varian 2 sebesar 10816,921 kN. *Base shear* bangunan varian 1 lebih kecil 4,57% dari pada existing building. Sedangkan *Base shear* bangunan varian 2 lebih kecil 4,16%.

5.4 Cek Participant Ratio

Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.9.1, analisis harus dilakukan untuk menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Setelah dilakukan analisis struktur menggunakan program ETABS didapatkan nilai partisipasi massa dengan cara Display – Show Tables – Results – Modal Results – Modal Mass Participating Ratios. Rekapitulasi Partisipasi Massa pada masing-masing model dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut

Tabel 5.9 Participating Mass Ratios

| Mode | Existing | | Varian 1 | | Varian 2 | | Tanpa <i>Shearwall</i> | |
|------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|------------------------|-------|
| | SumUX | SumUY | SumUX | SumUY | SumUX | SumUY | SumUX | SumUY |
| 1 | 2% | 25% | 1% | 23% | 0% | 30% | 0% | 33% |
| 2 | 54% | 25% | 1% | 52% | 2% | 49% | 47% | 36% |
| 3 | 59% | 57% | 60% | 52% | 5% | 63% | 57% | 60% |
| 4 | 66% | 62% | 60% | 60% | 64% | 64% | 58% | 70% |
| 5 | 66% | 62% | 65% | 61% | 64% | 64% | 69% | 70% |
| 6 | 66% | 63% | 65% | 64% | 65% | 64% | 73% | 70% |
| 7 | 78% | 63% | 65% | 69% | 65% | 71% | 73% | 75% |
| 8 | 78% | 69% | 65% | 76% | 65% | 74% | 81% | 75% |
| 9 | 80% | 69% | 79% | 76% | 67% | 78% | 81% | 81% |
| 10 | 80% | 79% | 80% | 76% | 80% | 79% | 81% | 81% |
| 11 | 80% | 79% | 80% | 80% | 80% | 79% | 83% | 81% |
| 12 | 81% | 80% | 80% | 81% | 80% | 81% | 83% | 81% |
| 13 | 86% | 80% | 80% | 82% | 80% | 83% | 83% | 83% |
| 14 | 86% | 80% | 80% | 82% | 80% | 83% | 87% | 83% |
| 15 | 86% | 82% | 80% | 85% | 80% | 84% | 87% | 87% |
| 16 | 86% | 82% | 80% | 85% | 80% | 84% | 89% | 87% |
| 17 | 88% | 82% | 87% | 85% | 83% | 85% | 89% | 87% |
| 18 | 88% | 87% | 87% | 85% | 87% | 86% | 89% | 87% |
| 19 | 89% | 87% | 87% | 89% | 87% | 88% | 91% | 87% |

| | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 20 | 91% | 88% | 87% | 89% | 88% | 89% | 91% | 88% |
| 21 | 91% | 88% | 87% | 89% | 88% | 89% | 92% | 90% |
| 22 | 91% | 89% | 87% | 90% | 88% | 90% | 93% | 91% |
| 23 | 92% | 89% | 92% | 90% | 88% | 90% | 93% | 91% |
| 24 | 92% | 89% | 92% | 90% | 92% | 91% | 94% | 91% |
| 25 | 92% | 89% | 92% | 92% | 92% | 91% | 94% | 91% |
| 26 | 92% | 89% | 92% | 92% | 92% | 93% | 94% | 92% |
| 27 | 93% | 90% | 92% | 92% | 92% | 93% | 95% | 92% |
| 28 | 94% | 91% | 92% | 92% | 92% | 93% | 95% | 94% |
| 29 | 94% | 92% | 92% | 93% | 92% | 93% | 95% | 94% |
| 30 | 94% | 92% | 92% | 93% | 92% | 94% | 96% | 94% |
| 31 | 95% | 92% | 93% | 93% | 92% | 94% | 96% | 94% |
| 32 | 95% | 93% | 94% | 94% | 94% | 94% | 96% | 94% |
| 33 | 95% | 93% | 94% | 95% | 95% | 94% | 96% | 95% |
| 34 | 96% | 93% | 94% | 95% | 95% | 95% | 97% | 95% |
| 35 | 96% | 95% | 95% | 96% | 95% | 95% | 97% | 95% |
| 36 | 97% | 95% | 95% | 96% | 95% | 96% | 97% | 95% |
| 37 | 97% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 96% |
| 38 | 97% | 95% | 96% | 97% | 96% | 97% | 98% | 96% |
| 39 | 98% | 97% | 97% | 97% | 97% | 97% | 98% | 97% |
| 40 | 98% | 97% | 97% | 98% | 97% | 98% | 99% | 97% |
| 41 | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 99% | 98% |
| 42 | 99% | 98% | 98% | 99% | 98% | 99% | 99% | 98% |
| 43 | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% |
| 44 | 100% | 99% | 99% | 100% | 99% | 100% | 100% | 99% |
| 45 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Berdasarkan hasil analisis program ETABS di atas, dapat dilihat bahwa semua model bangunan mencapai partisipasi massa 90%.

5.5 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin sesuai pada Tabel 3.11. Berdasarkan Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 bangunan memiliki kategori desain seismik D, maka sesuai dengan Tabel 3.3 simpangan antar lantai tingkat izin adalah $0,020h_{sx}$. Berikut merupakan contoh perhitungan simpangan maksimal antar lantai pada lantai Rooftop arah x model existing.

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1$$

$$\begin{aligned}
 H_{sx} &= 4000 \text{ mm} \\
 \delta 1 &= 174,922 \text{ mm} \\
 \delta 2 &= 163,514 \text{ mm} \\
 \Delta 1 &= (\delta 1 \times C_d)/I_e \\
 &= (174,922 \times 5,5)/1 \\
 &= 962,071 \text{ mm} \\
 \Delta 2 &= (\delta 2 \times C_d)/I_e \\
 &= (163,514 \times 5,5)/1 \\
 &= 899,327 \\
 \Delta_i &= \Delta 1 - \Delta 2 \\
 &= 962,071 - 899,327 \\
 &= 62,744 \text{ mm} \\
 \Delta_{izin} &= 0,02 h_{sx} \\
 &= 0,02 \times 4000 \\
 &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

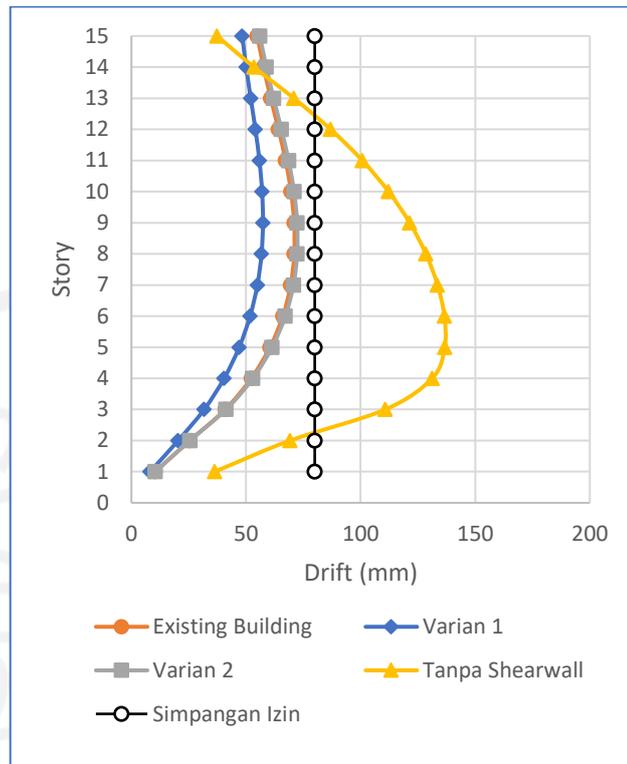
Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan simpangan antar lantai pada lantai Rooftop sebesar 62,744 mm dan simpangan antar lantai izin sebesar 80 mm, maka dapat disimpulkan bahwa simpangan yang terjadi pada lantai Rooftop lebih kecil dari simpangan lantai izin. Tabel dan Grafik rekapitulasi perhitungan simpangan dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 sebagai berikut

Tabel 5.10 Simpangan Antar Lantai Arah x

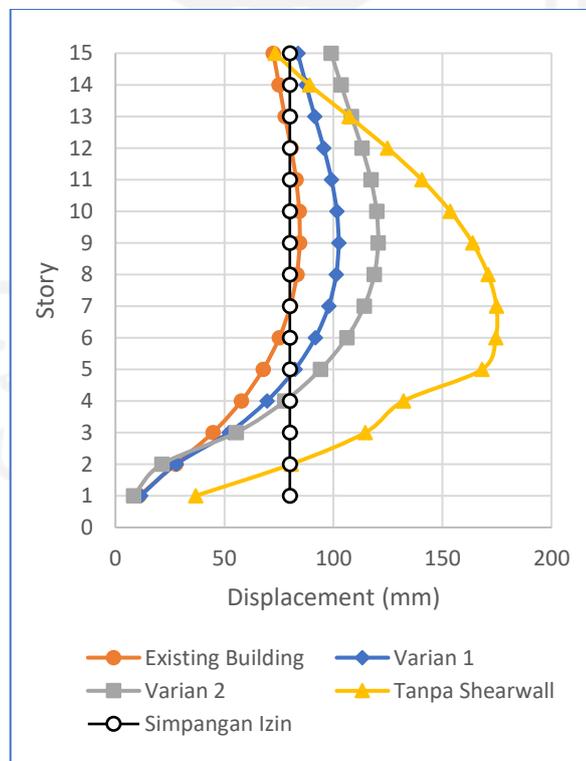
| Story | Δ_i Arah x (mm) | | | |
|----------|------------------------|----------|----------|-----------------|
| | Existing | Varian 1 | Varian 2 | Tanpa Shearwall |
| Roof-Top | 54,90 | 48,33 | 56,06 | 37,36 |
| Story14 | 57,68 | 50,08 | 58,86 | 53,45 |
| Story13 | 60,80 | 52,05 | 62,02 | 70,90 |
| Story12 | 64,19 | 54,10 | 65,46 | 86,94 |
| Story11 | 67,27 | 55,85 | 68,57 | 100,76 |
| Story10 | 69,66 | 57,02 | 70,97 | 112,21 |
| Story9 | 71,02 | 57,40 | 72,32 | 121,40 |
| Story8 | 71,05 | 56,77 | 72,32 | 128,47 |
| Story7 | 69,51 | 54,97 | 70,69 | 133,55 |
| Story6 | 66,10 | 51,79 | 67,16 | 136,53 |
| Story5 | 60,48 | 47,04 | 61,36 | 136,68 |
| Story4 | 52,29 | 40,47 | 52,97 | 131,24 |
| Story3 | 40,95 | 31,76 | 41,31 | 110,77 |
| Story2 | 25,52 | 20,40 | 25,48 | 69,21 |
| Story1 | 10,40 | 8,15 | 10,35 | 36,33 |

Tabel 5.11 Simpangan Antar Lantai Arah y

| Story | Δ_i Arah y (mm) | | | |
|----------|------------------------|----------|----------|-----------------|
| | Existing | Varian 1 | Varian 2 | Tanpa Shearwall |
| Roof-Top | 72,402 | 83,639 | 98,956 | 73,167 |
| Story14 | 75,0585 | 87,461 | 103,516 | 89,017 |
| Story13 | 77,7755 | 91,426 | 108,240 | 107,113 |
| Story12 | 80,5695 | 95,574 | 113,086 | 124,757 |
| Story11 | 82,8685 | 99,099 | 117,145 | 140,465 |
| Story10 | 84,2875 | 101,519 | 119,790 | 153,555 |
| Story9 | 84,5075 | 102,366 | 120,483 | 163,746 |
| Story8 | 83,2315 | 101,255 | 118,740 | 170,907 |
| Story7 | 80,19 | 97,807 | 114,092 | 174,719 |
| Story6 | 75,1245 | 91,641 | 106,057 | 174,438 |
| Story5 | 67,7325 | 82,335 | 94,083 | 168,152 |
| Story4 | 57,761 | 69,465 | 77,721 | 132,138 |
| Story3 | 44,704 | 52,069 | 55,374 | 114,549 |
| Story2 | 27,588 | 27,869 | 21,258 | 80,531 |
| Story1 | 10,8515 | 11,495 | 8,256 | 36,713 |



Gambar 5.4 Simpangan antar lantai arah x



Gambar 5.5 Simpangan antar lantai arah y

Berdasarkan hasil kontrol simpangan maksimal antar lantai di atas, didapatkan bahwa semua varian di arah gempa x tidak melebihi simpangan izin sebesar 80 mm. Sedangkan simpangan akibat gempa arah y semua varian melebihi simpangan izin sebesar 80 mm. Simpangan paling besar terjadi di Story 9.

Penempatan *shearwall* varian 1 yang memiliki nilai simpangan antar lantai arah gempa x yang paling kecil. Hal ini dikarenakan varian 1 memiliki *shearwall* bentang x yang lebih banyak daripada existing building dan varian 2.

Penempatan varian 2 memiliki *shearwall* yang membentang ke arah y tetapi hasil membuktikan nilai simpangan antar lantai nya justru lebih besar dari existing building. Hal ini bisa dikarenakan adanya kekakuan arah y yang rendah di bagian tengah bangunan karena *shearwall* varian 2 terletak pada ujung bangunan dan tidak terputus seperti *shearwall* pada existing building.

Bangunan tanpa *shearwall* terbukti memiliki gaya geser dasar yang rendah dan simpangan antar lantai yang paling besar.

5.6 Drift Ratio

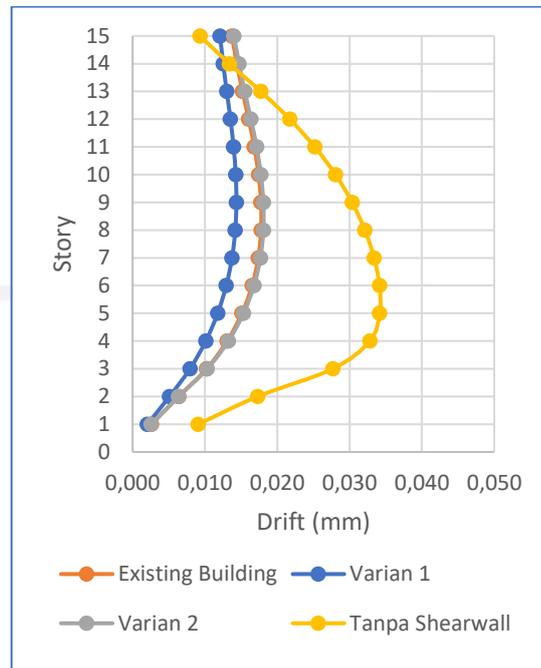
Drift ratio adalah salah satu parameter yang berpengaruh untuk mengevaluasi kinerja seismik dari sistem struktur yang ada yang merupakan plot dari simpangan antar tingkat. Nilainya adalah simpangan antar lantai yang dibagi oleh tinggi dari lantai itu sendiri. Hasil perhitungan Drift Ratio dapat dilihat pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.12 Drift Ratio Arah Gempa x

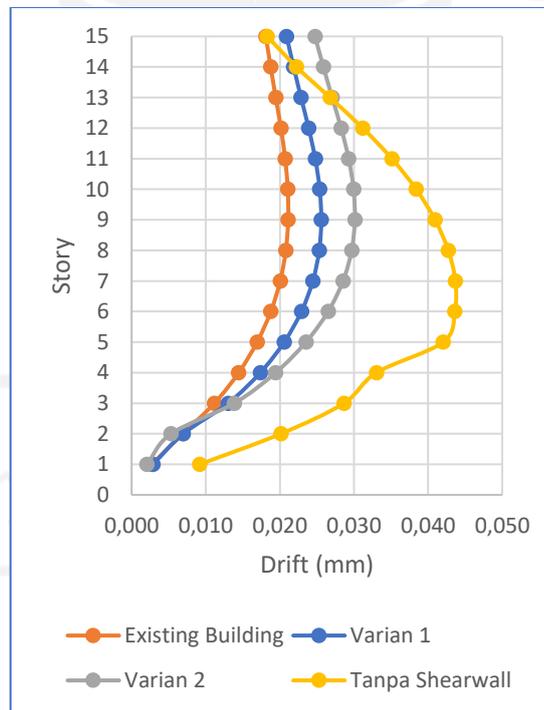
| Story | Δ_i Arah x (mm) | | | |
|----------|------------------------|----------|----------|-----------------|
| | Existing | Varian 1 | Varian 2 | Tanpa Shearwall |
| Roof-Top | 0,014 | 0,012 | 0,014 | 0,009 |
| Story14 | 0,014 | 0,013 | 0,015 | 0,013 |
| Story13 | 0,015 | 0,013 | 0,016 | 0,018 |
| Story12 | 0,016 | 0,014 | 0,016 | 0,022 |
| Story11 | 0,017 | 0,014 | 0,017 | 0,025 |
| Story10 | 0,017 | 0,014 | 0,018 | 0,028 |
| Story9 | 0,018 | 0,014 | 0,018 | 0,030 |
| Story8 | 0,018 | 0,014 | 0,018 | 0,032 |
| Story7 | 0,017 | 0,014 | 0,018 | 0,033 |
| Story6 | 0,017 | 0,013 | 0,017 | 0,034 |
| Story5 | 0,015 | 0,012 | 0,015 | 0,034 |
| Story4 | 0,013 | 0,010 | 0,013 | 0,033 |
| Story3 | 0,010 | 0,008 | 0,010 | 0,028 |
| Story2 | 0,006 | 0,005 | 0,006 | 0,017 |
| Story1 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,009 |

Tabel 5.13 Drift Ratio Arah Gempa y

| Story | Δ_i Arah x (mm) | | | |
|----------|------------------------|----------|----------|-----------------|
| | Existing | Varian 1 | Varian 2 | Tanpa Shearwall |
| Roof-Top | 0,018 | 0,021 | 0,025 | 0,018 |
| Story14 | 0,019 | 0,022 | 0,026 | 0,022 |
| Story13 | 0,019 | 0,023 | 0,027 | 0,027 |
| Story12 | 0,020 | 0,024 | 0,028 | 0,031 |
| Story11 | 0,021 | 0,025 | 0,029 | 0,035 |
| Story10 | 0,021 | 0,025 | 0,030 | 0,038 |
| Story9 | 0,021 | 0,026 | 0,030 | 0,041 |
| Story8 | 0,021 | 0,025 | 0,030 | 0,043 |
| Story7 | 0,020 | 0,024 | 0,029 | 0,044 |
| Story6 | 0,019 | 0,023 | 0,027 | 0,044 |
| Story5 | 0,017 | 0,021 | 0,024 | 0,042 |
| Story4 | 0,014 | 0,017 | 0,019 | 0,033 |
| Story3 | 0,011 | 0,013 | 0,014 | 0,029 |
| Story2 | 0,007 | 0,007 | 0,005 | 0,020 |
| Story1 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,009 |



Gambar 5.6 Drift Ratio Akibat Gempa Arah X



Gambar 5.7 Drift Ratio Akibat Gempa Arah Y

5.7 Cek Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ), koefisien stabilitas (θ) harus tidak melebihi θ_{max} . Perhitungan koefisien stabilitas (θ) dapat diselesaikan menggunakan Persamaan 5.8. Pengecekan efek p-delta digunakan parameter simpangan maksimal antar lantai. Berikut dicontohkan perhitungan koefisien stabilitas (θ)

$$\begin{aligned}
 C_d &= 5,5 \\
 I_e &= 1 \\
 D &= 62,7 \text{ mm} \\
 H_{sx} &= 4000 \\
 P_x &= 17960,422 \text{ kN} \\
 V_x &= 2443,8 \text{ kN} \\
 \theta &= \frac{P_x \Delta I_c}{V_x h_{sx} C_d} \quad (3.19) \\
 \theta &= \frac{17960,422 \times 62,7 \times 1}{2443,8 \times 4000 \times 5,5} \\
 \theta &= 0,001
 \end{aligned}$$

Perhitungan θ_{max} dapat diselesaikan dalam persamaan 3.30 sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \beta &= 1 \text{ (SNI-1726:2019)} \\
 \theta_{max} &= \frac{0,5}{\beta \times C_d} \quad (3.20) \\
 \theta_{max} &= \frac{0,5}{5,5}
 \end{aligned}$$

$$\theta_{max} = 0,091$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai koefisien stabilitas (θ) sebesar 0,001 dan nilai (θ_{max}) sebesar 0,091 sehingga nilai koefisien stabilitas tidak melebihi nilai θ_{max} sehingga pada titik 59 arah x pengaruh p-delta dapat

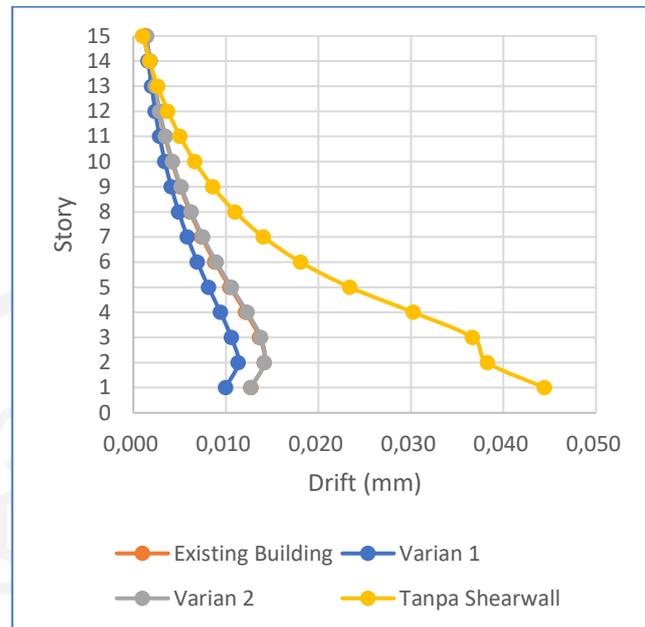
diabaikan. Rekapitulasi perhitungan pengaruh p-delta pada setiap model dapat dilihat pada Tabel 5.12, Tabel 5.13 Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.14 Pengecekan Pengaruh P-delta pada Existing Building arah x

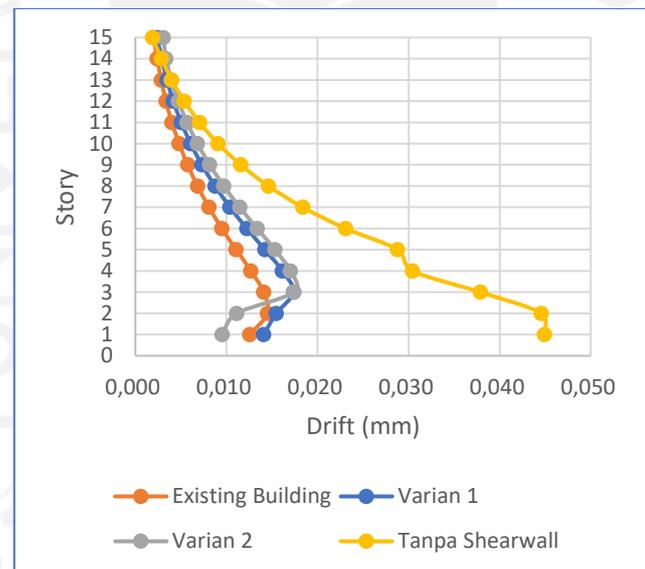
| Story | θ | | | | θ Izin |
|----------|----------|----------|----------|-----------------|---------------|
| | Existing | Varian 1 | Varian 2 | Tanpa Shearwall | |
| Roof-Top | 0,0014 | 0,0013 | 0,0014 | 0,0010 | 0,091 |
| Story14 | 0,0018 | 0,0016 | 0,0018 | 0,0018 | 0,091 |
| Story13 | 0,0023 | 0,0020 | 0,0024 | 0,0026 | 0,091 |
| Story12 | 0,0028 | 0,0024 | 0,0029 | 0,0037 | 0,091 |
| Story11 | 0,0034 | 0,0028 | 0,0035 | 0,0051 | 0,091 |
| Story10 | 0,0042 | 0,0034 | 0,0043 | 0,0066 | 0,091 |
| Story9 | 0,0051 | 0,0041 | 0,0052 | 0,0086 | 0,091 |
| Story8 | 0,0061 | 0,0049 | 0,0063 | 0,0110 | 0,091 |
| Story7 | 0,0074 | 0,0058 | 0,0076 | 0,0141 | 0,091 |
| Story6 | 0,0088 | 0,0069 | 0,0090 | 0,0181 | 0,091 |
| Story5 | 0,0104 | 0,0081 | 0,0107 | 0,0234 | 0,091 |
| Story4 | 0,0121 | 0,0094 | 0,0124 | 0,0302 | 0,091 |
| Story3 | 0,0136 | 0,0106 | 0,0139 | 0,0366 | 0,091 |
| Story2 | 0,0142 | 0,0113 | 0,0143 | 0,0383 | 0,091 |
| Story1 | 0,0127 | 0,0100 | 0,0127 | 0,0444 | 0,091 |

Tabel 5.15 Pengecekan Pengaruh P-delta pada Existing Building arah y

| Story | θ | | | | θ Izin |
|----------|----------|----------|----------|-----------------|---------------|
| | Existing | Varian 1 | Varian 2 | Tanpa Shearwall | |
| Roof-Top | 0,0020 | 0,0024 | 0,0031 | 0,0019 | 0,091 |
| Story14 | 0,0024 | 0,0029 | 0,0034 | 0,0028 | 0,091 |
| Story13 | 0,0028 | 0,0035 | 0,0040 | 0,0040 | 0,091 |
| Story12 | 0,0034 | 0,0042 | 0,0048 | 0,0054 | 0,091 |
| Story11 | 0,0040 | 0,0050 | 0,0057 | 0,0070 | 0,091 |
| Story10 | 0,0048 | 0,0061 | 0,0069 | 0,0091 | 0,091 |
| Story9 | 0,0057 | 0,0073 | 0,0082 | 0,0116 | 0,091 |
| Story8 | 0,0068 | 0,0087 | 0,0098 | 0,0146 | 0,091 |
| Story7 | 0,0081 | 0,0104 | 0,0116 | 0,0184 | 0,091 |
| Story6 | 0,0095 | 0,0122 | 0,0135 | 0,0231 | 0,091 |
| Story5 | 0,0111 | 0,0142 | 0,0154 | 0,0288 | 0,091 |
| Story4 | 0,0127 | 0,0161 | 0,0172 | 0,0304 | 0,091 |
| Story3 | 0,0141 | 0,0174 | 0,0175 | 0,0379 | 0,091 |
| Story2 | 0,0145 | 0,0155 | 0,0112 | 0,0446 | 0,091 |
| Story1 | 0,0126 | 0,0141 | 0,0095 | 0,0449 | 0,091 |



Gambar 5.8 P-Delta Arah X



Gambar 5.9 P-Delta Arah Y

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan nilai koefisien stabilitas (θ) pada seluruh model baik arah x maupun arah y tidak melebihi θ_{max} yaitu 0,091 sehingga model bangunan tidak menimbulkan pengaruh p-delta pada gaya geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis ETABS didapatkan di arah gempa x nilai gaya geser dasar paling besar terdapat pada varian 1 disusul dengan existing building kemudian varian 2. dan di arah gempa y nilai gaya geser dasar paling besar terdapat pada Existing Building disusul varian 2 kemudian varian 1.
2. Nilai simpangan antar lantai maksimum di arah gempa x yang terbesar adalah varian 2, disusul dengan existing building, kemudian varian 1. Di arah gempa y yang terbesar adalah varian 2 disusul dengan varian 1, kemudian existing building. hal ini membuat varian 1 dan varian 2 belum bisa dibilang lebih baik daripada existing building.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat diberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, jika ada *basement* sebaiknya dimasukkan dalam analisis
2. Pemindahan *Shearwall* sebaiknya juga memperhatikan balok-balok yang tertimpa atau merged agar hasil lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

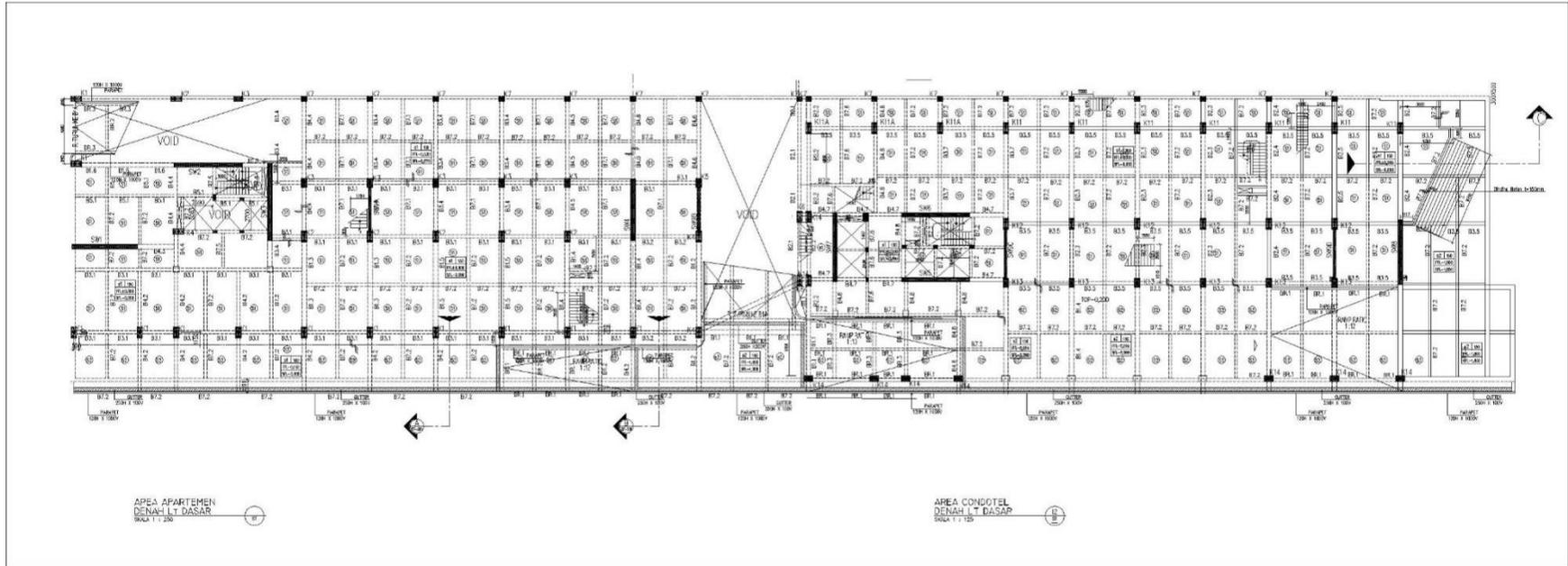
- Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika Wilayah 3 Denpasar. (N.D.). Retrieved From <Http://Balai3.Denpasar.Bmkg.Go.Id/Tentang-Gempa>: <Http://Balai3.Denpasar.Bmkg.Go.Id/Tentang-Gempa>
- Baehaki. (2019). Pengaruh Letak Shear Wall Pada Gedung Tidak Beraturan Terhadap Nilai Simpangan Dengan Analisa Respon Spektrum. 2.
- Direktorat Statistik Kependudukan Dan Ketenagakerjaan, B. (2018). Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045 Hasil Supas 2015 (Edisi Revisi). Jakarta: Bps Ri/Bps-Statistics Indonesia.
- Reddy, N. J. (2015). *Seismic Analysis Of Multi-Storied Building With Shear Walls Using Etabs*.
- Kalikavu, R. (2015). *Shear Wall*. Retrieved From Slideshare: <Https://Www.Slideshare.Net/Rashadbinabdulla/Shear-Wall-44526621>
- Murty, C. (2015). *Some Concepts In Earthquake Behaviour Of Buildings*.
- Nishanth, C. L. (2020). *Analysis And Design Of Commercial Building With Different Slab Arrangements Using Etabs* .
- Pradhana, A. E. (2019). Analisis Simpangan Dan Nilai Base Shear Pada Bangunan 6 Lantai Dengan Variasi Penempatan Dinding Geser.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1727-2019: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 1726-2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. BSN. Jakarta.

LAMPIRAN



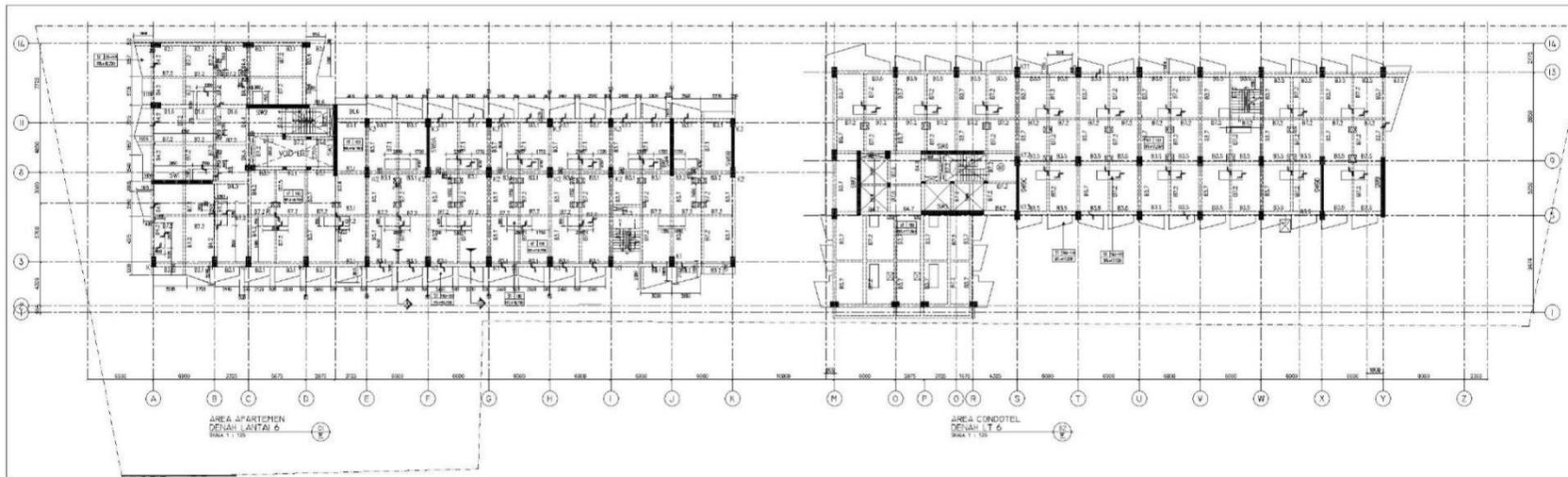


Lampiran 1

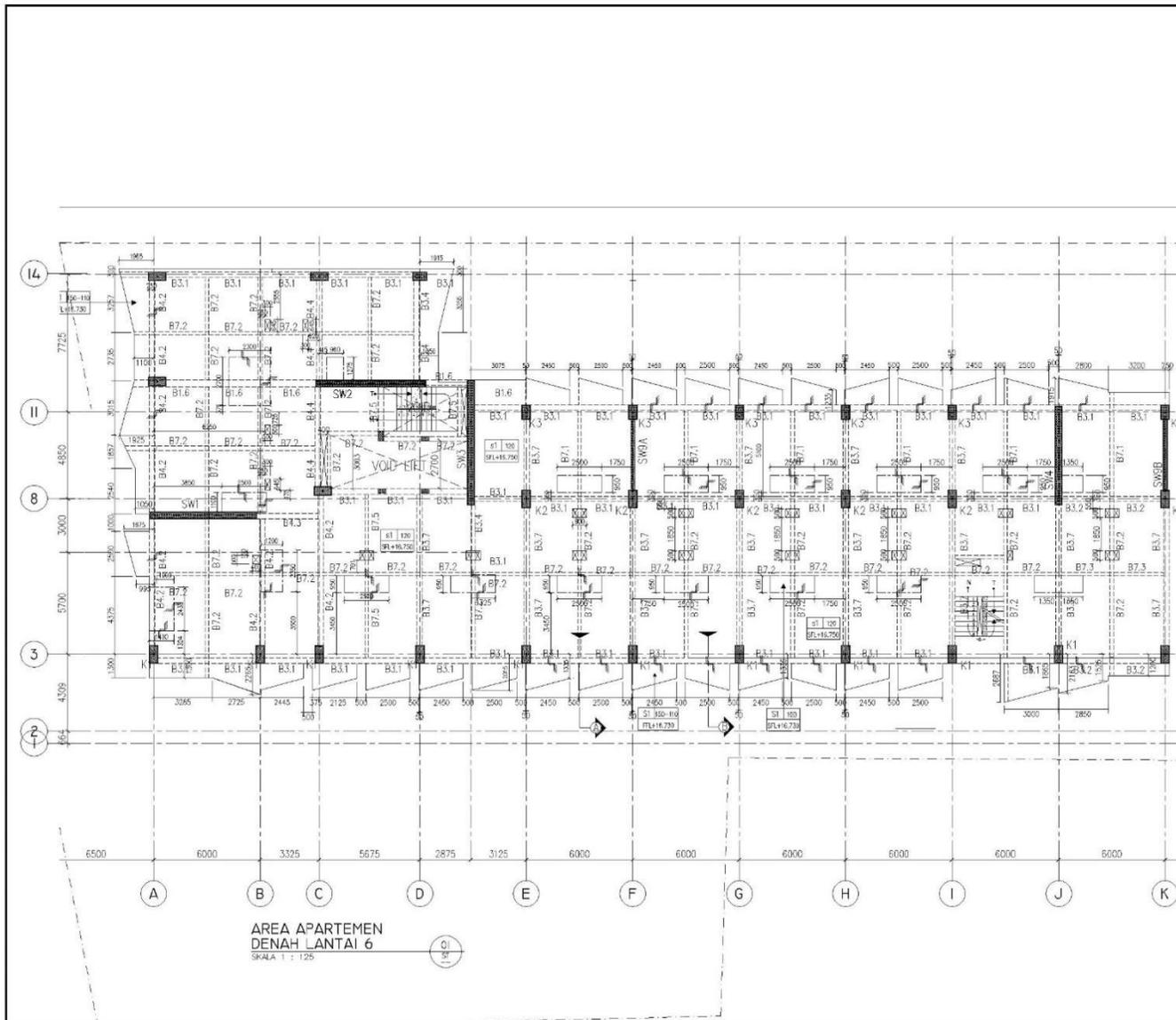




Lampiran 2



الجامعة الإسلامية
 الجامعة الإسلامية
 الجامعة الإسلامية



NOTA:

- DIMENSI DALAM MM, KECUALI DINYATAKAN LAIN.
- BETON C-30 MPa (K-350) SECARA UMUM.
- F.Y ASH MAKSIMUM 10% BERAT DAMPAH CEMENTISUS.
- BAJA TULANGAN ULUR fy 400 MPa (B40-40) DIA 10 MM DAN LEMBI BESAR.
- BAJA TULANGAN POLOS fy 240 MPa (B17-24) DIA 8 MM DAN LEMBI KECIL.
- LEM. ATAS PLAT DAN BALOK LT = 0,150 APABILA TIDAK DINYATAKAN LAIN.

PROJAK:

THE PALACE
APARTMENT & CONDOHOTEL

DIREKSI PT. FUNARU BERKAH

PERENCANA:

PT. FUNARU BERKAH

Jl. Jend. Gatot Subroto Kav. 54 Jakarta
Gd. Bangun Tjipta Lt.1

KELOMPOK PERENCANA:

ABR *Aspek Berencana*

MARABUN *INDONESIA*

Jl. Metyar Subrangan II/34 Surabaya

MEMBUKA PERILAKU:

PT. TATA BUMI RAYA
GENERAL CONTRACTOR & TRADING
R. PANCILOK INC. NO. 231, SUDIRMANA
TANJ. P. (021) 5277799

MEMBUKA PERILAKU

M. DITR

L. S. J. (Aspek Struktur)
Berkas Struktur

DESAINER: M. DITR
PT. TATA BUMI RAYA

REVISI: M. DITR
PT. FUNARU BERKAH

SHOP DRAWING

| | | | |
|-----|--------|----|--------|
| NO. | REVISI | DI | TREKOR |
| | | | |
| | | | |

PERENCANA: M. DITR

REVISI: M. DITR

AREA APARTMENT
DEWALAMIR 3

| NO. | REVISI | REVISI |
|-----|--------|--------|
| 1 | | |
| 2 | | |

