

TUGAS AKHIR
ANALISIS KINERJA GEDUNG VILLA SOLAIR



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

I Kadek Adi Widyantara

2115113031

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK SIPIL
2025**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali-80364
Telp. (0361) 701981 | Fax. 701128 | Laman. <https://www.pnb.ac.id> | Email. poltek@pnb.ac.id

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : I Kadek Adi Widyantara
NIM : 2115113031
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KINERJA GEDUNG VILLA SOLAIR

Telah diperiksa ulang dan dinyatakan selesai serta dapat diajukan dalam ujian Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 17 Agustus 2025
Dosen Pembimbing 1



I Wayan Suasira, ST.,M.T.
NIP. 197002211995121001

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali-80364
Telp. (0361) 701981 | Fax. 701128 | Laman. <https://www.pnb.ac.id> | Email. poltek@pnb.ac.id

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : I Kadek Adi Widyantara
NIM : 2115113031
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KINERJA GEDUNG VILLA SOLAIR

Telah diperiksa ulang dan dinyatakan selesai serta dapat diajukan dalam ujian Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 17 Agustus 2025
Dosen Pembimbing 2



Dr. Ir. I Wayan Suparta, M.Si., MT.
NIP. 196304281997021001



POLITEKNIK NEGERI BALI

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128

Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA GEDUNG VILLA SOLAIR

Oleh:

I KADEK ADI WIDYANTARA

2115113031

Laporan ini Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma III Pada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh :

Bukit Jimbaran, 29 Agustus 2025

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. I Nyoman Suardika, MT
NIP. 196510261994031001

Koordinator Program Studi D-III
Teknik Sipil

I Wayan Suasira, ST, MT
NIP. 197002211995121001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

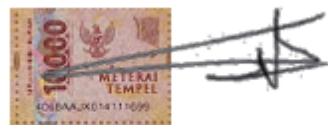
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : I Kadek Adi Widyantara
N I M : 2115113031
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D3 Teknik Sipil
Tahun Akademik : 2025
Judul : Analisis Kinerja Gedung Villa Solair

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan Judul di atas, benar merupakan hasil karya **Asli/Original**.

Demikianlah keterangan ini saya buat dan apabila ada kesalahan dikemudian hari, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan.

Bukit Jimbaran,



I Kadek Adi Widyantara

ANALISIS KINERJA GEDUNG VILLA SOLAIR

I Kadek Adi Widyantara

Program Studi Diploma 3 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali,

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

E-mail: adiwidyantara17@gmail.com

ABSTRAK

Pulau Bali merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi, sehingga perencanaan dan evaluasi struktur bangunan harus memperhatikan ketahanan terhadap gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur gedung Villa Solair yang berlokasi di Desa Pererenan, Kabupaten Badung, Bali, khususnya terhadap pembebanan gempa berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019. Villa Solair terdiri dari 3 unit bangunan 2 lantai yang dilengkapi rooftop, dan dianalisis menggunakan metode dinamis respon spektrum dengan bantuan perangkat lunak SAP2000 v21.2.0.

Model struktur direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai kategori desain seismik wilayah tersebut. Analisis dilakukan terhadap elemen utama struktur berupa kolom, balok, dan pelat lantai dua. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa beberapa elemen struktur mengalami kegagalan, seperti tegangan geser yang melebihi batas izin, simpangan antar lantai yang melebihi nilai maksimum, dan kebutuhan tulangan yang melebihi batas maksimum. Selain itu, perbandingan gaya geser dinamis dan statik tidak memenuhi syarat sehingga diperlukan penerapan faktor skala.

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa struktur gedung Villa Solair belum sepenuhnya aman terhadap beban gempa. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan perbaikan dimensi elemen struktur, revisi penulangan, dan penerapan metode perkuatan seperti beton jacketing atau FRP wrapping untuk meningkatkan kinerja struktur terhadap gempa.

Kata kunci: Analisis struktur, SRPMK, gempa, SAP2000, simpangan antar lantai, perkuatan struktur

PERFORMANCE ANALYSIS OF THE VILLA SOLAIR BUILDING

I Kadek Adi Widyantara

*Diploma 3 Program in Civil Engineering, Civil Engineering Department, Politeknik
Negeri Bali*

Jl. Kampus Bukit Jimbaran, South Kuta, Badung Regency, Bali – 80364

E-mail: adiwidyantara17@gmail.com

ABSTRACT

Bali Island is located in a region with high seismic activity, making it essential for building design and structural evaluations to consider earthquake resistance. This study aims to analyze the structural performance of the Villa Solair building located in Pererenan Village, Badung Regency, Bali, specifically under seismic loads based on the provisions of SNI 1726:2019. Villa Solair consists of three 2-story building units with rooftop structures and was analyzed using the dynamic response spectrum method with the aid of SAP2000 v21.2.0 software.

The structural model was designed using a Special Moment Resisting Frame System (SMRFS) in accordance with the seismic design category for the region. The analysis focused on the main structural elements, including columns, beams, and the second-floor slab. Evaluation results indicated that several structural elements failed to meet performance criteria, such as shear stresses exceeding allowable limits, inter-story drifts surpassing maximum values, and reinforcement demands exceeding capacity limits. In addition, the comparison between dynamic and static base shear forces did not meet code requirements, necessitating the application of a scale factor.

The conclusion of this study shows that the Villa Solair building structure is not yet fully safe against earthquake loads. Therefore, it is recommended to revise the dimensions of structural elements, modify reinforcement detailing, and apply strengthening methods such as concrete jacketing or FRP wrapping to improve the seismic performance of the structure.

Keywords: *Structural analysis, SMRFS, earthquake, SAP2000, inter-story drift, structural strengthening*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat karunia - nya sehingga saya dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini dengan judul “**Analisis Kinerja Gedung Villa Solair**”. Dengan selesainya proposal ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan kepada saya. Untuk itu saya mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE,MECom. selaku Direkturr Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Nyoman Suardika, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak Kadek Adi Suryawan, S.MT.,M.si., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil.
4. Bapak I Wayan Suasira, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali dan selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak Dr.Ir. I Wayan Suparta M.Si, M.T., selaku Dosen Pembimbing II
6. Kepada mama dan papa saya tercinta yang selalu memberi saya dukungan dan semangat dalam menempuh pendidikan.
7. Kepada keluarga, serta teman teman dan semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan proposal ini dari awal hingga akhir.
8. Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari Proposal ini, baik dari materi maupun Teknik penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan.

Bukit Jimbaran, 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	2
1.5.1. Ruang lingkup	2
1.5.2. Batasan Masalah.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Gempa, Gaya, dan Tegangan pada Struktur Bangunan.....	4
2.1.1. Konsep Dasar Gempa terhadap Struktur.....	4
2.1.2. Gaya Gempa pada Struktur	4
2.1.3. Jenis Gaya Dalam pada Struktur Akibat Gempa.....	4
2.1.4. Tegangan pada Elemen Struktur	5
2.1.5. Interaksi Gaya dan Tegangan.....	5
2.1.6. Respon Tegangan terhadap Siklus Gempa.....	6
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	6
2.3 Syarat-syarat Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	7
2.3.1 Balok	7
2.3.2 Kolom.....	9
2.3.3 Pelat.....	12
2.4 Pembebanan dan Kombinasi Beban	14
BAB III	25

METODOLOGI	25
3.1 Rancangan Penelitian	25
3.2 Lokasi Penelitian dan wtu penelitian	26
3.3 Pengumpulan Data	26
3.4 Instrumen Penenlitian	27
3.5 Analisis Data	28
3.6 Bagan Alir	30
BAB IV	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Data Struktur	31
4.2. Pemodelan Struktur	35
4.3. Pembebanan Struktur	35
4.4. Kombinasi Pembebanan	39
4.5. Pemeriksaan Jumlah Ragam.....	40
4.6. Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis	41
4.7. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai	42
4.8. Kegagalan Struktur.....	44
4.9. Perhitungan Penulangan	47
4.6.1 Balok	47
4.6.2 Kolom.....	78
4.6.3 PELAT	88
BAB V.....	109
PENUTUP.....	109
5.1. Kesimpulan	109
5.2. Saran.....	109
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN.....	111

DAFTAR TABEL

TABEL 2. 1 TABEL TULANGAN TRANSFERSAL UNTUK SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS	11
TABEL 2. 2 TABEL KETEBALAN MINIMUM PELAT	12
TABEL 2. 3 KETEBALAN MINIMUM PELAT DUA ARAH NONPRATEGANG TANPA BALOK INTERIOR (MM)[1]	13
TABEL 2. 4 KETEBALAN MINIMUM PELAT DUA ARAH NONPRATEGANG DENGAN BALOK DI ANTARA TUMPUAN PADA SEMUA SISINYA	14
TABEL 2. 5 KATEGORI RESIKO BANGUNAN GEDUNG DAN NON GEDONG UNTUK BEBAN GEMPA	17
TABEL 2. 6 FAKTOR KEUTAMAAN GEMPA.	17
TABEL 2. 7 KOEFISIEN SITUS FA	20
TABEL 2. 8 KOEFISIEN SITUS FV	20
TABEL 2. 9 KATEGORI DESAIN SEISMIC BERDASARKAN PARAMETER RESPON PERCEPATAN PADA PERIODE PENDEK	23
TABEL 2. 10 KATEGORI DESAIN SEISMIC BERDASARKAN PARAMETER RESPON PERCEPATAN PADA PERIODE 1 DETIK	23
TABEL 3. 1 TABEL WAKTU PENELITIAN	26
TABEL 4. 1 DIMENSI KOLOM RENCANA	34
TABEL 4. 2 DIMENSI BALOK RENCANA	34
TABEL 4. 3 BEBAN MATI.....	36
TABEL 4. 4 BEBAN HIDUP	37
TABEL 4. 5 KOMBINASI PEMBEBANAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2. 1 JARAK PATAHAN UNTUK BERBAGAI SITUS PROYEK	18
GAMBAR 2. 2 SPEKTRUM RESPON DESAIN	21
GAMBAR 3. 1 PETA LOKASI PENELITIAN	26

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. LEMBAR ASISTENSI	112
LAMPIRAN 2. GAMBAR SHOP DRAWING.....	117

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi akibat pelepasan energi secara tiba-tiba di dalam lapisan bumi, yang menghasilkan gelombang seismik dan getaran di permukaan. Berdasarkan kekuatannya, gempa bumi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu gempa sangat kecil (magnitudo < 2.0) yang umumnya tidak terasa oleh manusia, gempa kecil (magnitudo $2.0-3.9$) yang terasa ringan dan tidak menimbulkan kerusakan, gempa sedang (magnitudo $4.0-5.9$) yang dapat menimbulkan getaran kuat dan kerusakan ringan, gempa kuat (magnitudo $6.0-6.9$) yang berpotensi merusak bangunan, serta gempa sangat kuat (magnitudo ≥ 7.0) yang mampu menyebabkan kerusakan parah dan meluas, bahkan memicu tsunami jika terjadi di bawah laut.

Pada masa magang industri pada semester 5, penulis melakukan magang industri di PT. Bingkai Langit Kontruksi yang dimana ditempatkan pada salah satu proyek pembangunan villa solair di daerah pererenan Badung, Bali. Proyek villa solair ini memiliki 3 unit berlantai 2 dengan dilengkapi rooftop. Saat pelaksanaan magang industri penulis merasakan keraguan pada dimensi struktur yang terlihat kecil terutama pada struktur kolom dimana ada kolom dengan dimensi terpendeknya hanya 13 cm. Dari sana juga timbul pemikiran apakah struktur villa tersebut kuat dalam menahan beban terutama beban gempa karena berdasarkan data BMKG bali termasuk kedalam kategori desain seismik (KDS) D dimana gempa yang terjadi di bali cukup tinggi dan guncangan yang terjadi relatif kuat.

Dalam merencanakan struktur beton bertulang pada gedung yang dapat menahan gaya gempa berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 3.50.4, terdapat 3 macam sistem, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pemilihan sistem

tersebut berdasarkan pada Kategori Desain Seismik (KDS). Terdapat 5 kategori desain seismik, yaitu kategori A sampai F. Untuk KDS A dan B, perencanaan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Untuk KDS C, perencanaan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Untuk KDS D, E, F, perencanaan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Berdasarkan penjelasan diatas maka dari itu penulis mengambil judul **“Analisis Kinerja Gedung Villa Solair”**

1.2. Rumusan Masalah

Apakah struktur gedung villa solair memenuhi syarat keamanan sesuai dengan SNI 1726-2019 dan SNI 2847:2019?

1.3. Tujuan

Mengetahui struktur gedung villa solair aman atau tidak terhadap beban yang bekerja pada bangunan tersebut

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan bisa meningkatkan kesadaran masyarakat, perencana, dan kontraktor akan pentingnya menerapkan standar struktur bangunan sesuai SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. sehingga risiko kegagalan struktur akibat gempa dapat diminimalkan dan keselamatan penghuni lebih terjamin.

1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

1.5.1. Ruang lingkup

Penelitian ini difokuskan pada analisis kinerja struktur bangunan gedung Villa Solair yang terdiri dari 2 lantai dan rooftop, berlokasi di Desa Pererenan, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung, Bali. Analisis struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000 versi 21.2.0 dan mengacu pada tiga standar utama, yaitu SNI 1726:2019 tentang ketahanan gempa, SNI 2847:2019 tentang perencanaan struktur beton, dan SNI

1727:2020 tentang beban minimum dan kriteria pembebanan bangunan gedung dan struktur lainnya. Penelitian ini mencakup pemodelan struktur, pembebanan gravitasi dan gempa, analisis respons spektrum, evaluasi simpangan antar lantai, perbandingan gaya geser dasar statik dan dinamik, serta identifikasi elemen struktur yang mengalami kegagalan.

1.5.2. Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis hanya dilakukan pada struktur atas bangunan, meliputi kolom, balok dan pelat.
2. Pemodelan struktur sesuai dengan gambar kerja yang di dapat dari kontraktor
3. Beban-beban yang akan ditinjau adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
4. Beban gempa dihitung menggunakan metode respons spektrum berdasarkan parameter seismik dari SNI 1726:2019 dan zona wilayah proyek di Kabupaten Badung, Bali.
5. Beban gravitasi yang terdiri dari beban mati dan beban hidup berdasarkan ketentuan SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum dan Kriteria Pembebanan.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

hasil analisis struktur terhadap Gedung Villa Solair yang terletak di Desa Pererenan, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung, Bali, maka disimpulkan bahwa struktur Gedung Villa Solair tidak memenuhi kriteria keamanan terhadap beban gempa. Ada pun hal-hal yang tidak memenuhi syarat sehingga gedung villa solair dinyatakan tidak memenuhi syarat ialah pemeriksaan simpangan antar lantai menunjukkan bahwa simpangan arah X tidak memenuhi batas maksimum simpangan antar tingkat yang diizinkan, yaitu sebesar 0,02 kali tinggi antar lantai setelah dikalikan dengan faktor pembesaran defleksi (C_d) dan faktor keutamaan gempa (I), sedangkan arah Y masih memenuhi syarat, ditemukan beberapa elemen struktur mengalami kegagalan, khususnya pada balok B2 dan semua tipe kolom yang mengalami tegangan geser dan rasio kapasitas balok terhadap kolom yang melebihi batas yang diizinkan, pengecekan tulangan menunjukkan penulangan balok pada tumpuan bawah dan lapangan atas belum mencukupi kapasitas lentur, Penulangan geser dan torsi juga masih kurang akibat spasi sengkang yang melebihi batas maksimum. Pada elemen kolom, kegagalan terjadi akibat luas tulangan yang melebihi batas maksimum serta rasio kekuatan kolom terhadap balok yang tidak memenuhi ketentuan. Untuk pelat, meskipun lendutan seketika dan jangka panjang pada arah X maupun Y telah memenuhi syarat, namun penulangan tumpuan atas arah sumbu X tidak memenuhi kapasitas lentur, karena nilai kapasitas lentur tereduksi lebih kecil dari momen ultimit.

5.2. Saran

Dari analisis yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Konsultan perencana dan kontraktor diharapkan untuk memperhatikan ketentuan struktur tahan gempa dalam perencanaan awal, khususnya untuk proyek yang berada di wilayah dengan kategori seismik tinggi seperti Bali.
2. Revisi dimensi struktur, khususnya pada kolom yang memiliki lebar kurang dari 300 mm, agar sesuai dengan standar minimum dimensi kolom untuk SRPMK (min. 300 mm menurut SNI 2847:2019) guna meningkatkan kapasitas penampang terhadap beban gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lainnya*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Computers and Structures Inc. (2020). *SAP2000 v21.2.0 Integrated software for structural analysis and design*. Berkeley, California: CSI.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Desain Spektra Indonesia*. Diakses dari <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- [6] Soehardjono, A. (2015). *Struktur beton bertulang berdasarkan SNI*. Surabaya: ITS Press.
- [7] Subakti, H., & Yulianto, E. (2017). *Mekanika rekayasa struktur gedung tahan gempa*. Yogyakarta: Penerbit Andi. Budiono, B., & Suarjana, M. (2016). *Desain struktur beton bertulang tahan gempa*. Bandung: ITB Press.
- [8] Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (4th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- [9] Clough, R. W., & Penzien, J. (2003). *Dynamics of structures* (3rd ed.). Berkeley: Computers & Structures, Inc.
- [10] Fajrin, A., & Firmansyah, R. (2018). Analisis perilaku struktur beton bertulang pada beban gempa dengan metode nonlinear time history. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Diponegoro*, 15(2), 101–112.
- [11] Moehle, J. P. (2014). *Seismic design of reinforced concrete buildings*. New York: McGraw-Hill Education.
- [12] Mulyo, D. A. (2021). *Analisis respons struktur bangunan bertingkat terhadap beban gempa dengan SAP2000*. Yogyakarta: Deepublish.
- [13] Paulay, T., & Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*. New York: John Wiley & Sons