

ANALISIS KINERJA GEDUNG VILLA SOLAIR

I Kadek Adi Wiyantara¹, I Wayan Suasira², I Wayan Suparta²

¹Mahasiswa D3 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali-80364

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali-80364

Email korespondensi: adiwidyantara17@gmail.com

ABSTRACT

Bali is a region with high seismic activity, thus structural planning and evaluation must consider earthquake resistance. This study aims to analyze the structural performance of Villa Solair, located in Pererenan Village, Badung Regency, Bali, under earthquake loading in accordance with SNI 1726:2019. Villa Solair consists of three two-story buildings with rooftop extensions, analyzed using the dynamic response spectrum method through SAP2000 v21.2.0 software. The structural model was designed using a Special Moment Resisting Frame (SMRF) system based on the seismic design category of the site. The analysis focused on key structural elements including columns, beams, and floor slabs. The evaluation results revealed several deficiencies, such as shear stresses exceeding allowable limits, inter-story drifts surpassing the maximum limit, and reinforcement demands exceeding design capacities. Furthermore, the comparison between dynamic and static shear forces did not satisfy the requirements, necessitating the application of a scaling factor. The study concludes that the structural system of Villa Solair does not fully meet the safety criteria against seismic loads. Therefore, improvements are recommended through resizing structural elements, revising reinforcement detailing, and applying strengthening methods such as concrete jacketing or FRP wrapping to enhance seismic performance.

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

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 menganalisis kinerja struktur gedung Villa Solair yang berlokasi di Desa Pererenan, Kabupaten Badung, Bali, terhadap pembebanan gempa berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019. Villa Solair terdiri atas tiga unit bangunan dua lantai dengan tambahan rooftop, yang dianalisis menggunakan metode dinamis respons spektrum melalui perangkat lunak SAP2000 v21.2.0. Model struktur direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai kategori desain seismik wilayah tersebut. Analisis difokuskan pada elemen struktur utama berupa kolom, balok, dan pelat lantai. Hasil evaluasi menunjukkan adanya beberapa ketidaksesuaian, seperti tegangan geser yang melampaui batas izin, simpangan antar lantai yang melebihi nilai maksimum, serta kebutuhan tulangan yang melampaui batas desain. Selain itu, perbandingan gaya geser dinamis dan statis tidak memenuhi persyaratan, sehingga diperlukan penerapan faktor skala. Kesimpulan penelitian ini menyatakan bahwa struktur gedung Villa Solair belum sepenuhnya memenuhi kriteria keamanan terhadap beban gempa. Oleh karena itu, disarankan dilakukan perbaikan dimensi elemen struktur, revisi detail penulangan, serta penerapan metode perkuatan seperti beton jacketing atau FRP wrapping untuk meningkatkan kinerja seismik struktur.

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

PENDAHULUAN

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 system 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”

METODE PENELITIAN

Menentukan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis numerik berbantuan perangkat lunak. Objek penelitian adalah struktur bangunan Villa Solair yang terdiri dari dua lantai

dan satu rooftop, berlokasi di Desa Pererenan, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung, Provinsi Bali. Struktur bangunan dianalisis menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana proyek berupa gambar kerja struktur (denah, potongan, dan detail penulangan kolom, balok, dan pelat), serta spesifikasi material yang digunakan seperti mutu beton dan tulangan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari standar teknis dan literatur, antara lain SNI 1726:2019 tentang ketahanan gempa, SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural, serta SNI 1727:2020 tentang beban minimum dan kriteria pembebanan bangunan.

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi perangkat lunak SAP2000 v21.2.0 untuk pemodelan dan analisis struktur, AutoCAD untuk pengolahan gambar kerja, serta Microsoft Excel untuk perhitungan manual tulangan. Tahapan analisis dilakukan secara sistematis yang diawali dengan pemodelan struktur tiga dimensi pada perangkat lunak SAP2000 berdasarkan gambar kerja proyek dengan asumsi sistem SRPMK. Selanjutnya, beban mati, beban hidup, dan beban gempa dimasukkan ke dalam model, kemudian dibentuk kombinasi pembebanan sesuai ketentuan SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019. Setelah itu dilakukan analisis struktur melalui analisis modal untuk mengetahui mode getar dan partisipasi massa, serta analisis dinamis respons spektrum untuk memperoleh gaya dalam dan simpangan antar lantai. Hasil analisis kemudian dievaluasi dengan memeriksa partisipasi massa kumulatif, perbandingan gaya geser dasar statik dan dinamik, simpangan antar lantai, serta kapasitas elemen struktur terhadap momen, geser, dan torsi. Selain itu, dilakukan perhitungan manual kebutuhan tulangan lentur, geser, dan torsi pada elemen-elemen struktur tertentu untuk memverifikasi hasil analisis yang diperoleh dari perangkat lunak. Hasil evaluasi ini digunakan untuk menilai apakah struktur bangunan Villa Solair memenuhi persyaratan ketahanan gempa sesuai dengan peraturan yang berlaku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

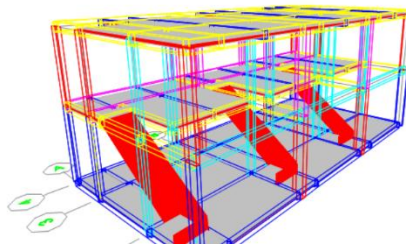
Data Struktur

Gedung Villa Solair yang menjadi objek penelitian merupakan bangunan villa bertingkat dua dengan tambahan rooftop, berlokasi di Desa Pererenan, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung, Bali. Bangunan ini dirancang dengan tiga unit tipikal yang memiliki fungsi hunian serta fasilitas penunjang. Material utama yang digunakan adalah beton bertulang dengan mutu $f'_c = 25$ MPa serta tulangan baja berstandar BJTS 420 dan BJTP 280. Dimensi kolom bervariasi dari $130 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ hingga $250 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$, sedangkan dimensi balok berkisar antara $200 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ hingga 200

mm $\times$ 450 mm. Tebal pelat yang digunakan adalah 120 mm. Berdasarkan ukuran tersebut, terlihat bahwa sebagian kolom memiliki dimensi relatif kecil untuk bangunan dengan kategori risiko menengah di wilayah gempa tinggi, sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut mengenai kelayakan strukturnya.

Pemodelan Struktur

Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 v21.2.0 dengan sistem struktur yang direncanakan sebagai **Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)** sesuai SNI 1726:2019. Model tiga dimensi dibuat untuk menggambarkan kondisi aktual, termasuk geometri, properti material, serta elemen-elemen penahan beban lateral. Pemodelan ini penting untuk memperoleh respons dinamis bangunan terhadap gempa rencana. Hasil pemodelan memperlihatkan bentuk portal yang cukup ramping dengan rasio tinggi terhadap bentang yang relatif besar, yang berpotensi menimbulkan simpangan lateral signifikan.



Gambar 1. gambar pemodelan struktur

Pembebanan Struktur

Beban gravitasi terdiri atas beban mati (D) dan beban hidup (L) yang dihitung berdasarkan SNI 1727:2020. Beban mati meliputi berat sendiri elemen struktur, lapisan finishing lantai, plafon, instalasi mekanikal-elektrikal, serta dinding. Beban hidup mengacu pada fungsi bangunan sebagai hunian, yaitu 1,92 kN/m² untuk pelat, 4,79 kN/m² untuk tangga, dan 4,79 kN/m² untuk rooftop. Beban gempa dihitung menggunakan metode respons spektrum dengan parameter seismik dari peta gempa SNI 1726:2019 untuk lokasi Badung, Bali. Kelas situs ditetapkan sebagai SD (tanah sedang) dengan percepatan spektral desain SDS = 0,71 g dan SD1 = 0,51 g. Faktor keutamaan gempa (I_e) ditetapkan 1,0 dan faktor reduksi gempa (R) sebesar 8 untuk SRPMK.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan disusun sesuai SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019 dengan mempertimbangkan beban terfaktor, baik kombinasi gravitasi maupun seismik. Sebanyak 18 kombinasi digunakan dalam analisis, termasuk variasi arah gempa X dan Y dengan faktor redundansi dan eksentrisitas torsional. Penggunaan kombinasi ini bertujuan memastikan kondisi paling kritis dapat diidentifikasi, baik dari aspek momen, geser, maupun simpangan.

Pemeriksaan Jumlah Ragam

Sesuai SNI 1726:2019, jumlah ragam yang diikutsertakan harus menghasilkan partisipasi massa kumulatif 100% pada masing-masing arah. Hasil analisis menunjukkan partisipasi massa telah mencapai 100% baik pada arah X maupun Y. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah ragam yang dipertimbangkan sudah mencukupi untuk merepresentasikan respons dinamis bangunan

Tabel 1. Tabel partisipasi massa

Periode (dtk)	Sum X	Sum Y
0,177243	0,79	0,79
0,173079	0,79	0,79
0,165008	0,79	0,79
0,136706	0,89	0,8
0,131546	0,89	0,8
0,125454	0,9	0,8
0,124695	0,92	0,91
0,11881	0,92	0,92
0,10941	0,92	0,93
0,068264	0,92	0,93
0,067095	0,92	0,93
0,067095	0,92	0,96
0,066849	0,92	0,98
0,005602	0,94	0,99
0,005598	0,95	0,99

0,005598	0,95	0,99
0,005598	0,96	0,99
0,004945	0,96	0,99
0,004943	0,96	0,99
0,004942	0,97	0,99
0,004942	0,97	0,99
0,004937	0,97	0,99
0,004511	0,98	0,99
0,004508	0,99	0,99
0,004508	0,99	0,99
0,004508	1	0,99
0,0045	1	0,99
0,002258	1	0,99
0,002255	1	0,99
0,002254	1	1
0,002254	1	1
0,002254	1	1

Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis

Perbandingan antara gaya geser dasar statis ekuivalen dengan gaya geser dasar hasil analisis dinamis menunjukkan bahwa nilai geser dinamis lebih kecil dibanding geser statis. Pada arah X, diperoleh rasio $VD/V_s = 0,649$, sedangkan pada arah Y sebesar 0,622. Kondisi ini tidak memenuhi syarat SNI 1726:2019 yang mengharuskan gaya geser dinamis $\geq 100\%$ gaya geser statis. Oleh karena itu, diterapkan faktor skala sebesar 1,541 untuk arah X dan 1,608 untuk arah Y. Setelah penyesuaian, nilai geser dinamis menjadi setara atau lebih besar dari geser statis, sehingga hasil analisis dapat digunakan untuk evaluasi kinerja struktur.

Tabel 2. *Output case*

Case	Output	Global	Global
	Fx	Fy	
	(kN)	(kN)	

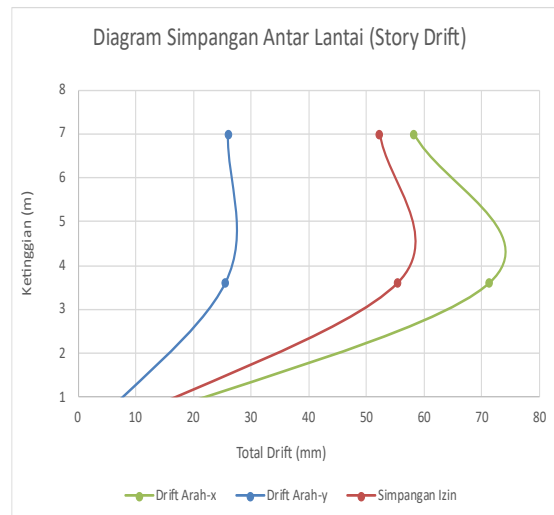
Eqsx	-	7,025E-
	33607,62	09
Eqsy	-1,137E-	-
	08	33607,62
Eqdx	33607,63	1357,13
Eqdy	1415,43	33607,63

Tabel 3. Perhitungan gaya geser

Geser Dasar	Dinamik (VD)	Statik (Vs)	Kontrol
	(kN)	(kN)	(VD > 100%Vs)
X - Direction	33607,63	33607,62	Memenuhi
Y- Direction	33607,63	33607,62	Memenuhi

Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

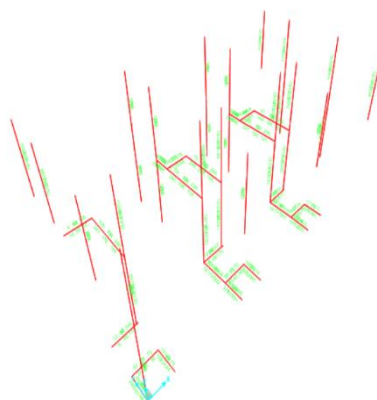
Simpangan antar lantai (inter-story drift) merupakan parameter penting dalam evaluasi struktur tahan gempa. Berdasarkan hasil analisis, simpangan maksimum pada arah X melebihi batas yang diizinkan oleh SNI 1726:2019 yaitu 0,02 hsx. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kekakuan lateral struktur belum memadai sehingga potensi kerusakan non-struktural maupun keruntuhan parsial dapat terjadi apabila gempa besar menimpa bangunan. Hal ini memperkuat dugaan bahwa dimensi kolom yang relatif kecil berkontribusi pada deformasi lateral yang berlebihan.



Gambar 2. Gambar Diagram Simpangan

Kegagalan Struktur

Analisis gaya dalam menunjukkan beberapa elemen struktur tidak mampu menahan beban maksimum. Balok mengalami kebutuhan tulangan lentur yang melebihi kapasitas perencanaan, sedangkan kolom tidak memenuhi konsep **strong column-weak beam** yang dipersyaratkan dalam SRPMK. Selain itu, beberapa elemen balok menunjukkan tegangan geser yang melampaui kapasitas, sehingga berisiko mengalami keruntuhan geser getas. Kegagalan ini memperlihatkan bahwa secara keseluruhan, struktur Villa Solair tidak sepenuhnya memenuhi persyaratan SNI 2847:2019 maupun SNI 1726:2019.



Gambar 3. Gambar Diagram Simpangan

Perhitungan Penulangan

Perhitungan manual penulangan dilakukan untuk memverifikasi kebutuhan tulangan hasil analisis. Pada balok, kebutuhan tulangan lentur melampaui batas maksimum rasio tulangan yang diperkenankan, sehingga memerlukan modifikasi dimensi atau penggunaan material dengan kapasitas lebih tinggi. Kolom mengalami masalah pada rasio tulangan dan spasi sengkang yang tidak sesuai persyaratan SRPMK. Pelat lantai relatif memenuhi ketentuan minimum, namun perlu perhatian pada detail penyaluran gaya ke elemen vertikal. Hasil ini menegaskan bahwa revisi desain sangat diperlukan agar struktur mampu berperilaku duktail dan aman terhadap gempa besar.

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.

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