

Implementasi Profesionalisme, Etika, dan K3 Pada Perencanaan Struktur Bangunan Villa Dengan Sistem Dinding Geser di Daerah Perbukitan

Nicolas Santoso¹, Surya Hermawan²

¹Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra,
nicosantoso02@gmail.com

²Prodi Teknik Sipil dan Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra
shermawan@petra.ac.id

Abstract—The rapid growth of Indonesia's tourism industry has driven increased demand for architecturally complex resorts in challenging terrains. Structural engineers face constraints in space and time when designing structures that meet aesthetic and safety requirements, especially regarding seismic resilience. The study assesses how engineering ethics ensure public safety by balancing architectural and structural needs. The role of professionalism is highlighted in performing precise calculations, while K3 factors involve factoring loads and capacity reductions for structural safety. Analytical methods, such as finite element analysis in ETABS, are employed to evaluate building behavior and check compliance with national standards (SNI). This research underscores the importance of sound engineering judgment to navigate limitations and achieve safe designs that adhere to ethical and professional standards.

Keywords: Shear wall systems, ethics, professionalism, earthquake resistance, structure, finite element analysis

Abstrak—Pesatnya perkembangan industri pariwisata Indonesia telah meningkatkan permintaan untuk resor yang kompleks secara arsitektur di medan yang menantang. Permasalahannya adalah konsultan struktur dihadapkan pada keterbatasan ruang dan waktu dalam merancang bangunan yang memenuhi kebutuhan estetika dan keamanan, terutama terkait ketahanan gempa. Studi ini menilai bagaimana etika teknik memastikan keselamatan publik dengan menyeimbangkan kebutuhan arsitektur dan struktural. Peran profesionalisme ditonjolkan dalam melakukan perhitungan yang teliti, sementara faktor K3 melibatkan penggunaan beban terfaktor dan reduksi kapasitas untuk keamanan struktur. Metode analitik seperti *finite element analysis* di ETABS digunakan untuk mengevaluasi perilaku bangunan dan memeriksa kepatuhan terhadap standar nasional (SNI). Penelitian ini menekankan pentingnya penilaian teknik yang baik untuk mengatasi keterbatasan dan mencapai desain yang aman sesuai dengan standar etika dan profesionalisme.

Kata Kunci : Sistem dinding geser, etika, profesionalisme, ketahanan gempa, struktur, *finite element analysis*.

I. PENDAHULUAN

Sektor pariwisata berperan besar dalam mendukung perekonomian nasional. Pada Januari 2023, jumlah kunjungan wisatawan mancanegara yang masuk ke Indonesia mencapai 735.947 orang. Dari jumlah tersebut, sebanyak 620.905 kunjungan atau 84,37% melewati pintu masuk utama dan pintu masuk lainnya (non-MPD), sementara 115.042 kunjungan atau 15,63% melalui pintu masuk perbatasan lainnya (MPD). Angka ini menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 503,34% dibandingkan dengan Januari 2022, di mana tercatat hanya 121.978 kunjungan. [1].

Secara keseluruhan, kunjungan wisatawan mancanegara dari Januari hingga Maret 2024 meningkat sebesar 25,43 persen dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun 2023. Peningkatan ini terutama tercatat di pintu masuk Bandara Ngurah Rai di Bali dan Soekarno Hatta di Banten, masing-masing dengan kenaikan sebesar 31,49 persen dan 33,03 persen. Pada Maret 2024, jumlah kunjungan

wisatawan asing ke Indonesia mencapai 1,04 juta kunjungan. Angka ini menurun 1,91 persen dibandingkan Februari 2024, tetapi naik 19,86 persen dibandingkan Maret tahun sebelumnya. Wisatawan asing yang datang pada Maret 2024 didominasi oleh pengunjung dari Malaysia (15,38 persen), Australia (11,92 persen), dan Singapura (11,52 persen) [2].

Popularitas Indonesia sebagai tujuan utama wisata menyebabkan meningkatnya pembangunan vila dan resor di berbagai macam lanskap, mulai dari pantai hingga ke daerah pegunungan. Tentu saja, untuk menarik para wisatawan, diperlukan lanskap dan arsitektur yang unik dan kreatif untuk mempromosikan tempat tersebut. Maka bermunculanlah desain-desain arsitektur yang megah berdiri di atas lokasi topografi yang bervariasi. Permasalahannya adalah hal tersebut membuat proses mendesain struktur sangat rumit dikarenakan keterbatasan tempat untuk elemen struktur ditambah dengan waktu yang sempit, dan juga merekayasa perilaku dan integritas bangunan saat terjadi gempa supaya

tetap aman dan nyaman bagi penggunanya.

Sebagai *structural engineer*, tanggung jawab utama adalah memastikan keamanan kepada publik. Ketika desain arsitektur membatasi penempatan elemen struktural, seorang insinyur harus mengimbangi estetika dengan kekuatan struktur. Struktur yang kompleks akan memerlukan pendekatan yang berbeda sambil tetap mematuhi peraturan dan standar bangunan yang sudah ada – sebagai standar keselamatan minimum. Terkadang tidak semua peraturan atau standar berlaku untuk bangunan tertentu, dikarenakan belum ada aturannya, atau masih dalam tahap pengembangan. Saat menghadapi hal-hal yang tidak diketahui, diperlukan adanya *engineering judgement* yang didasarkan pada penelitian dan pengalaman, selalu memprioritaskan keselamatan dibandingkan desain.

Adapun tujuan dari penelitian ini dalam segi etika, tentu saja mendesain bangunan sesuai dengan standar yang sudah ada sehingga aman dan nyaman bagi penghuninya. Sebagai insinyur, dituntut juga untuk selalu mengembangkan diri dan terus mempelajari hal baru untuk meyakini analisa desain yang digunakan sudah masuk akal. Dalam segi profesionalisme, perhitungan dan desain harus dilakukan dengan teliti dan didokumentasikan. Jika dirasa struktur tidak memungkinkan secara perhitungan, maka harus diadakan diskusi dengan klien agar mencapai keseimbangan antara kekokohan struktur dan juga estetikanya. Dalam segi K3, perhitungan menggunakan beban terfaktor dan reduksi kapasitas sebagai *safety factor* struktur bangunan tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. Mode Shape / Ragam

Mayoritas dari struktur bangunan akan beresonansi dan bergetar dengan gerakan yang berulang jika dalam kondisi yang tepat. Menurut Richardson, getaran resonansi disebabkan oleh interaksi inersia dan properti material dalam sebuah struktur [3]. Akan tetapi, getaran yang terjadi dapat menimbulkan performa struktur yang tidak baik saat terjadi pergerakan seperti gempa.

Mode shape atau ragam adalah sifat dari sebuah struktur, dimana saat terjadi getaran, sebuah struktur akan bergerak cenderung ke arah tertentu. Setiap struktur memiliki beberapa ragam yang akan mencerminkan arah pergerakan struktur saat terjadi getaran. Struktur yang berdeformasi sesuai dengan ragamnya, tentu akan bergetar sesuai dengan ragam tersebut. Realitanya, getaran yang terjadi adalah kombinasi dari beberapa ragam [4].

Kecenderungan perilaku struktur saat terjadi gempa dapat dilihat dengan analisa 3D menggunakan *software* seperti *ETABS*. Berdasarkan SNI-1726-2002, apabila suatu bangunan bergerak dominan dalam arah rotasi, hal tersebut menunjukkan perilaku yang buruk dan tidak nyaman bagi penghuninya saat gempa terjadi [5]. Untuk menghindari hal tersebut, harus dilakukan pembesaran kekakuan di beberapa bagian dari sebuah stuktur, sehingga gerak ragam bangunan yang dominan adalah translasi. Pembesaran kekakuan bisa dilakukan dengan memperbesar dimensi kolom/dinding ke arah tertentu.

B. Drift / Simpangan

Simpangan adalah selisih dari defleksi antara lantai tertentu dengan lantai di bawahnya saat diberikan beban lateral seperti gempa. Setelah didapatkan besar simpangan dari analisa, angka tersebut kemudian diamplifikasi dengan koefisien yang sudah ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 [6]. Rumus simpangan adalah sebagai berikut:

$$\delta_M = \frac{C_d \delta_{\max}}{I_e} \quad (1)$$

dimana:

- C_d = Faktor pembesaran defleksi
- $\delta_{\max}$ = Simpangan yang didapatkan dari analisis
- I_e = Faktor keutamaan gempa

Angka simpangan yang didapat lalu dibandingkan dengan *allowable drift* atau simpangan ijin berdasarkan tabel berikut.

TABEL 1
SIMPANGAN ANTAR TINGKAT IZIN

Struktur	Kategori Risiko		
	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 tingkat	0,025hsx	0,02hsx	0,015hsx
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010hsx	0,010hsx	0,010hsx
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,025hsx	0,02hsx	0,02hsx
Semua struktur lainnya	0,025hsx	0,02hsx	0,02hsx

Sumber : SNI 1726-2019

C. Ketidakberaturan Torsi

Sebuah struktur dengan bentuk yang simetris bisa diklasifikasikan sebagai struktur yang memiliki ketidakberaturan dikarenakan distribusi massanya atau elemen vertikal yang menahan gempa. Efek torsi dari gempa dapat terjadi meskipun pusat massa dan kekakuan bangunan berhimpit, dikarenakan gerakan tanah yang tidak beraturan. Efek ini akan menjadi lebih besar dimana terjadi eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan [7].

Untuk menghadapi efek torsi tersebut, perlu dilakukan pengecekan pada rasio simpangan dari setiap lantai. Rasio simpangan didapatkan dengan perbandingan antara simpangan terbesar dibagi simpangan rata-rata di tingkat tersebut. Jika simpangan maksimum yang didapat adalah

lebih dari 1,2 & 1,4 kali simpangan rata-rata, maka eksentrisitas gaya gempa harus ditingkatkan dengan faktor pembesaran torsi saat mendesain struktur. Faktor pembesaran (A_x) tersebut didapatkan dengan rumus:

$$A_x = \left[\frac{\delta_{\max}}{1,2(\delta_{\text{avg}})} \right]^2 \quad (2)$$

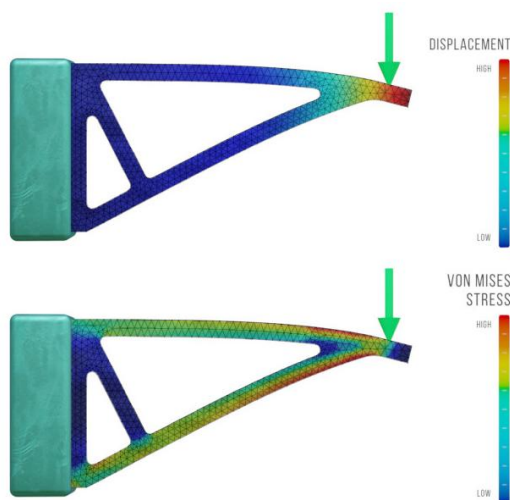
dimana:

- $\delta_{\max}$ = Simpangan maksimum di suatu tingkat dengan asumsi $A_x = 1$ (mm)
 δ_{avg} = Rata-rata simpangan di suatu tingkat dengan asumsi $A_x = 1$ (mm)

Untuk beberapa kasus tertentu, struktur dengan rasio simpangan sebesar 1,4 tidak diperkenankan untuk dibangun, beberapa juga harus dipenalti dengan memperbesar gaya gempa yang terjadi sebesar 1,3 kalinya. Idealnya untuk semua struktur, diharapkan rasio simpangan setidaknya kurang dari 1,4. Rasio simpangan dapat dikurangi dengan memodifikasi *layout* dari elemen vertikal. Modifikasi ini bisa berupa pembesaran kekakuan di suatu area, atau dengan melemahkan daerah tertentu.

D. Finite Element Analysis (FEA)

Finite Element Analysis adalah metode analisa menghitung perilaku sebuah elemen dengan membagi-bagi elemen tersebut menjadi elemen-elemen yang lebih kecil, atau disebut *finite element* yang saling berhubungan dengan titik-titik yang disebut *node*. Gabungan dari elemen dan *node* ini disebut sebagai *mesh* [8].



Gambar. 1. Contoh Penggunaan *Finite Element Analysis*
(Sumber: The Efficient Engineer)

Metode ini kemudian digunakan untuk memodelkan elemen dinding geser dalam *software* ETABS. Kekurangan dari model *finite element* ini adalah hasil yang didapatkan dari setiap model dengan besar *mesh* yang berbeda, menghasilkan hasil yang tidak konsisten, dan perilaku bangunan bisa berkebalikan hanya dengan mengubah besar *mesh element* tersebut. *Mesh* yang terlalu kecil, menyebabkan bangunan menjadi tidak kaku, dan memperbesar defleksi yang terjadi. Sebaliknya, *mesh* yang terlalu besar menyebabkan bangunan menjadi kaku sekali, sehingga gaya/beban yang terjadi menjadi sangat besar dan tidak realistis.

Perlu adanya keseimbangan antara gaya dan defleksi yang terjadi pada suatu bangunan. Akan tetapi, sampai sekarang belum ada arahan atau aturan yang menyatakan seberapa besar atau kecil suatu *mesh* boleh dimodelkan.

Berdasarkan manual dari ETABS sendiri, mengatakan bahwa tidak ada aturan khusus dalam hal ini. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan membandingkan masing-masing hasil, dan mengambil hasil yang masuk akal menggunakan *engineering judgement* [9].

E. Kombinasi Beban

Untuk mendesain struktur gempa, gaya/beban yang diinput berdasarkan fungsi ruangan masing-masing berdasarkan SNI 1727-2020 [10] akan dikalikan dengan faktor tertentu, dan dikombinasikan dengan tipe gaya terfaktor yang lain. Adapun 18 kombinasi beban yang dipakai sesuai dengan SNI 2847-2019 [11] adalah sebagai berikut:

1. 1.4D
2. 1.2D+1.6L
3. (1.2+0.2S_{ds})D+L+Ex+0.3Ey
4. (1.2+0.2S_{ds})D+L-Ex+0.3Ey
5. (1.2+0.2S_{ds})D+L+Ex-0.3Ey
6. (1.2+0.2S_{ds})D+L-Ex-0.3Ey
7. (1.2+0.2S_{ds})D+L+0.3Ex+Ey
8. (1.2+0.2S_{ds})D+L-0.3Ex+Ey
9. (1.2+0.2S_{ds})D+L+0.3Ex-Ey
10. (1.2+0.2S_{ds})D+L-0.3Ex-Ey
11. (0.9-S_{ds})D+Ex+0.3Ey
12. (0.9-S_{ds})D-Ex+0.3Ey
13. (0.9-S_{ds})D+Ex-0.3Ey
14. (0.9-S_{ds})D-Ex-0.3Ey
15. (0.9-S_{ds})D+0.3Ex+Ey
16. (0.9-S_{ds})D-0.3Ex+Ey
17. (0.9-S_{ds})D+0.3Ex-Ey
18. (0.9-S_{ds})D-0.3Ex-Ey

F. Faktor Reduksi Kekuatan

Untuk mendesain kapasitas elemen struktur, digunakan faktor reduksi yang berbeda-beda untuk masing-masing tipe elemen. Faktor reduksi yang digunakan adalah sebagai berikut.

TABEL 2
SIMPANGAN ANTAR TINGKAT IZIN

Gaya atau Elemen Struktur	ϕ	Pengecualian
a) Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0.65–0.90	Di dekat ujung komponen pratarik (<i>pretension</i>) di mana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja; harus sesuai dengan 21.2.3
b) Geser	0.75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c) Torsi	0.75	-
d) Tumpu (<i>bearing</i>)	0.65	-
e) Zona angkur pascatarik (<i>post-tension</i>)	0.85	-
f) Bracket dan corbel	0.75	-
g) Komponen sambungan yang dirancang sesuai Pasal 23	0.85	-
h) Elemen baja dalam tarik	0.9	-
i) Beton polos	0.65	-
j) Angkur dalam elemen beton	0.45–0.75	Sesuai Pasal 17

Sumber : SNI 2847-2019

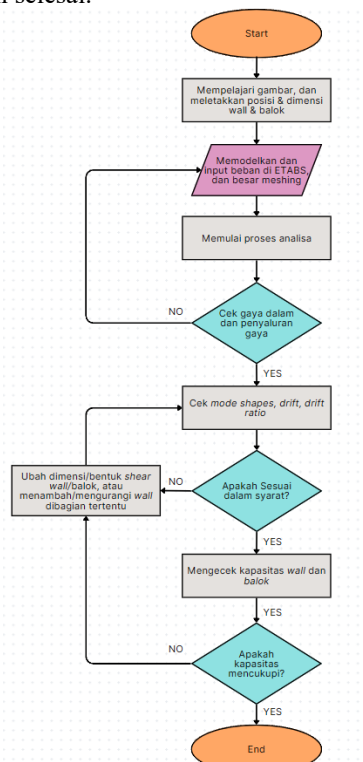
G. Analisa Respons Spektrum

Analisis respons spektrum adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan respons maksimum struktur terhadap gempa berdasarkan mode getar alaminya. Metode ini memanfaatkan spektrum respons, yaitu grafik yang menunjukkan hubungan antara respons maksimum struktur (perpindahan, kecepatan, atau percepatan) dengan periode getar dan rasio redaman. Prosesnya dimulai dengan analisis modal untuk menentukan frekuensi alami dan mode getar struktur. Kemudian, respons maksimum untuk setiap mode dihitung menggunakan spektrum respons, dan hasilnya digabungkan secara statistik menggunakan pendekatan seperti *Square Root of the Sum of Squares* (SRSS) atau *Complete Quadratic Combination* (CQC) [12].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pertama dalam mendesain struktur bangunan villa adalah mempelajari denah yang diberikan dari arsitek terlebih dahulu. Dari denah tersebut, akan direncanakan posisi dan dimensi dinding geser dan balok. Setelah itu, dinding dan balok akan dimodelkan di dalam *software* ETABS dan dianalisa. Saat mulai menganalisa, perlu ditentukan besar *meshing size* terlebih dahulu. Setelah itu, dilakukan pengecekan terhadap perilaku bangunan yang terjadi sudah sesuai syarat SNI. Jika tidak, maka struktur harus direncanakan ulang.

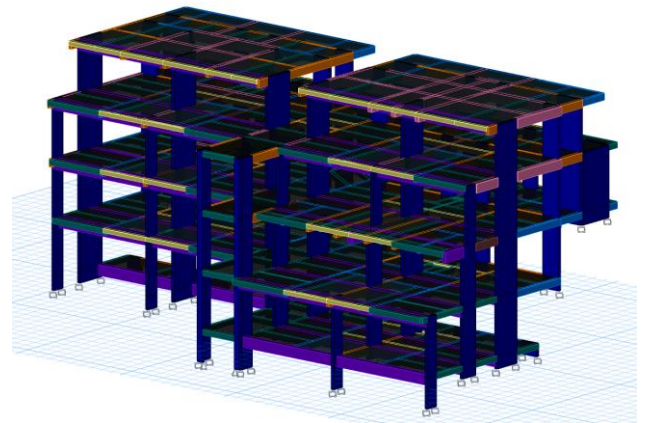
Setelah mengecek perilaku bangunan, kapasitas dinding dan balok juga harus di cek. Sebelum mengecek kapasitas, harus menginput kombinasi beban terfaktor. Jika kapasitas yang dihitung belum mencukupi beban terfaktor, dimensi harus dibesarkan, dan juga harus dilakukan pengecekan perilaku bangunan kembali. Jika kapasitas mencukupi, maka proses desain selesai.



Gambar. 2. Diagram Alir

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Modelling Struktur

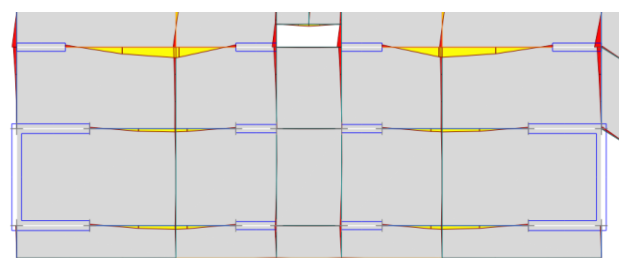


Gambar. 3. Modelling Struktur

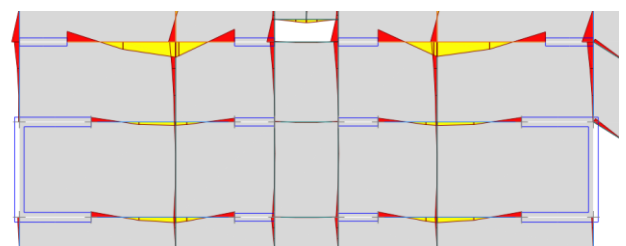
B. Besar Meshing

Besar *meshing* yang digunakan untuk analisa didapatkan dengan studi komparatif antar model struktur dengan besar *meshing* yang berbeda. Pada proyek ini, besar *meshing* yang diteliti adalah sebesar 0,2 m dan 0,5 m. Besar *meshing* 1 m tidak digunakan dikarenakan *meshing* yang besar menyebabkan gaya yang terlalu besar. *Meshing* sebesar 0,2 m menghasilkan gaya yang terlalu kecil pada balok dan dinding geser.

Gaya momen yang terjadi pada balok induk menyerupai gaya dalam perletakan sendi & rol. Hal tersebut dianggap kurang realistis, dikarenakan seharusnya kekakuan dari dinding geser akan menjadi jepit bagi balok induk. Dari penelitian tersebut, ditemukan 0,5 memiliki hasil yang paling baik, dimana gaya yang terjadi pada balok sesuai dengan perilaku yang sering ditemukan pada umumnya, juga menghasilkan *drift* dan *mode shape* yang lebih aman.



Gambar. 4. Diagram Momen dengan Besar Mesh 0.2m



Gambar. 5. Diagram Momen dengan Besar Mesh 0.5m

C. Mode Shape

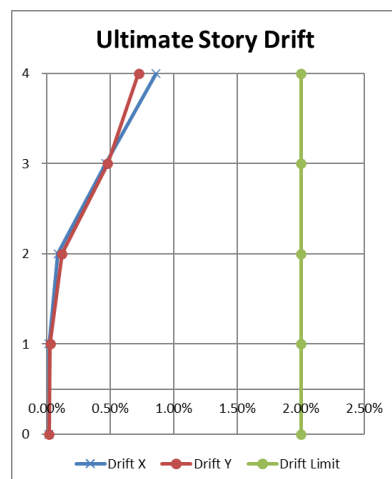
TABEL 3
BENTUK RAGAM STRUKTUR

Mode	Period sec	UX	UY	RZ
1	0,520	0.477	0.19	0.333
2	0,416	0.419	0.551	0.030
3	0,330	0.083	0.449	0.468
4	0,311	0.167	0.176	0.658
5	0,224	0.067	0.055	0.878
6	0,193	0.035	0.001	0.964
7	0,141	0.115	0.006	0.879
8	0,113	0.408	0.156	0.436
9	0,098	0.185	0.284	0.532
10	0,089	0.586	0.252	0.163

Dari Tabel 3 tersebut, terlihat bahwa untuk gerak ragam pertama dan kedua, gerak ragam rotasi lebih kecil dibandingkan translasi. Tentu, idealnya adalah translasi dominan x dan y untuk ragam 1 dan 2. Sejauh ini, bentuk ragam tersebut adalah hasil terbaik yang didapatkan dari beberapa kali percobaan *trial and error*.

D. Drift

Besar simpangan dapat dilihat di grafik di bawah ini. Dimana terlihat di setiap lantai dan untuk masing-masing arah, mengalami simpangan atau *drift* kurang dari 0,02 hsx atau 2% dari tinggi setiap lantai. Simpangan yang didapatkan ini sudah diperhitungkan sesuai dengan rumus persamaan (1).



Gambar. 4. Besar Simpangan setiap Lantai

E. Drift ratio

TABEL 4
RASIO SIMPANGAN ARAH X

Story	Output Case	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Ax
294	RSX	0,153%	0,115%	1,33	1,229
290	RSX	0,094%	0,068%	1,382	1,327
286	RSX	0,018%	0,012%	1,598	1,759
281	RSX	0,004%	0,003%	1,358	1,254
276,5	RSX	0,004%	0,004%	1,112	0,853

TABEL 5
RASIO SIMPANGAN ARAH Y

Story	Output Case	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Ax
294	RSY	0,145%	0,121%	1,205	1,008
290	RSY	0,097%	0,062%	1,572	1,713
286	RSY	0,025%	0,016%	1,608	1,792
281	RSY	0,006%	0,004%	1,294	1,178
276,5	RSY	0,004%	0,003%	1,247	1,114

Keterangan:

Max Drift = Simpangan maksimum di tingkat-x
Avg Drift = Rata-rata simpangan di tingkat-x
Ax = Faktor pembesaran torsi

Pada Tabel 4 dan Tabel 5 di atas menunjukkan masing-masing rasio simpangan untuk setiap lantai dan di setiap arah x maupun y. Hampir semua lantai mengalami rasio di atas 1,2 dan 1,4, oleh karena itu perlu adanya faktor pembesaran eksentrisitas yaitu A_x . A_x didapatkan dengan persamaan (2). Untuk rasio simpangan di atas 1,4 akan diperlukan faktor redundansi berupa peningkatan beban gempa sebesar 1,3 kali. Akan tetapi hal tersebut membuat proses desain rumit dan lebih lama. Untuk sementara ini, perhitungan menggunakan gempa awal, karena proyek ini masih dalam tahap perizinan dan dikejar waktu.

F. Penulangan Balok

Untuk penulangan balok, digunakan bantuan *software* ETABS, Excel, dan Python untuk menghitung kapasitas dan penulangan balok. Gaya dalam yang didapatkan dari hasil analisa akan langsung dihitung oleh ETABS, dan didapatkan penulangannya berapa ?. Lalu *software* Python dan Excel digunakan untuk menghitung dan membuat kode-kode balok dengan macam-macam tulangan longitudinal dan sengkang. Berikut adalah tabel penulangan balok.

TABEL 6
DAFTAR PENULANGAN BALOK INDUK

Kode	Dimensi	Tulangan Tumpuan		Tulangan Lapangan		Sengkang	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah	Tumpuan	Lapangan
G4080-6	400x800	4D22	3D22	3D22	3D22	D13-100	D13-200
G4080-5	400x800	7D22	4D22	3D22	4D22	D13-100	D13-200
G4080-4	400x800	7D22	4D22	3D22	6D22	D13-100	D13-200
G4080-3	400x800	9D22	5D22	3D22	5D22	D13-100	D13-200
G4080-2	400x800	12D22	6D22	4D22	7D22	D13-100	D13-200
G4080-1	400x800	13D22	7D22	4D22	6D22	D13-80	D13-200

G4070-5	400x700	7D22	7D22	4D22	7D22	3D13-100	D13-200
G4070-4A	400x700	4D22	3D22	3D22	4D22	D13-100	D13-150
G4070-4	400x700	4D22	3D22	3D22	4D22	D13-100	D13-200
G4070-3A	400x700	5D22	5D22	3D22	5D22	D13-100	D13-200
G4070-3	400x700	5D22	5D22	3D22	5D22	3D13-100	D13-200
G4070-2	400x700	8D22	8D22	4D22	8D22	D13-80	D13-200
G4070-1	400x700	8D22	4D22	3D22	4D22	D13-100	D13-200
G3060-2A	300x600	3D19	2D19	2D19	3D19	D10-80	D10-80
G3060-2	300x600	3D19	2D19	2D19	3D19	D10-100	D10-100
G3060-4	300x600	4D19	4D19	2D19	4D19	3D10-100	D10-100
G3060-3	300x600	5D19	5D19	3D19	5D19	3D10-100	D10-100
G3060-1	300x600	8D19	4D19	2D19	4D19	D10-100	D10-200
G2560-2A	250x600	3D19	2D19	2D19	3D19	D10-100	D10-100
G2560-2	250x600	3D19	2D19	2D19	3D19	D10-100	D10-200
G2560-3	250x600	4D19	2D19	3D19	4D19	D10-100	D10-200
G2560-1A	250x600	5D19	4D19	3D19	4D19	D10-80	D10-200
G2560-1	250x600	5D19	4D19	3D19	4D19	D10-100	D10-200
G2550-5A	250x500	2D19	2D19	2D19	2D19	D10-100	D10-100
G2550-5	250x500	2D19	2D19	2D19	2D19	D10-100	D10-200
G2550-4	250x500	3D19	2D19	2D19	4D19	D10-100	D10-200
G2550-3A	250x500	4D19	2D19	2D19	3D19	D10-100	D10-100
G2550-3	250x500	4D19	2D19	2D19	3D19	D10-100	D10-200
G2550-2	250x500	5D19	3D19	3D19	5D19	D10-100	D10-200
G2550-1A	250x500	6D19	3D19	3D19	3D19	D10-100	D10-200
G2550-1	250x500	6D19	3D19	3D19	3D19	D10-80	D10-200
G2540-4A	250x400	3D16	2D16	2D16	3D16	D10-100	D10-100
G2540-4	250x400	3D16	2D16	2D16	3D16	D10-100	D10-200
G2540-3A	250x400	5D16	3D16	2D16	3D16	D10-90	D10-90
G2540-3	250x400	5D16	3D16	3D16	3D16	D10-100	D10-200
G2540-2	250x400	5D16	3D16	3D16	5D16	D10-100	D10-200
G2540-1A	250x400	6D16	4D16	3D16	5D16	D10-100	D10-100
G2540-1	250x400	6D16	4D16	3D16	5D16	D10-90	D10-200
C4080-1	400x800	3D22	3D22	3D22	3D22	D10-200	D10-200
C3570-1	350x700	2D22	2D22	2D22	2D22	D10-200	D10-200
C2560-2	250x600	3D19	2D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
C2560-1	250x600	5D19	3D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
C2550-1	250x500	3D19	2D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
C2540-2	250x400	3D16	2D16	2D16	2D16	D10-200	D10-200
C2540-1	250x400	5D16	3D16	2D16	2D16	D10-200	D10-200
B3570-2	350x700	3D22	2D22	3D22	5D22	D10-150	D10-150
B3570-1	350x700	7D22	4D22	4D22	4D22	D10-150	D10-150
B2560-4	250x600	2D19	2D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
B2560-3	250x600	3D19	2D19	2D19	4D19	D10-200	D10-200
B2560-2	250x600	4D19	3D19	3D19	6D19	D10-200	D10-200
B2560-1	250x600	5D19	3D19	2D19	3D19	D10-200	D10-200
B2550-4	250x500	2D19	2D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
B2550-3	250x500	3D19	2D19	2D19	4D19	D10-200	D10-200
B2550-2	250x500	4D19	2D19	2D19	3D19	D10-200	D10-200
B2550-1	250x500	6D19	3D19	3D19	2D19	D10-200	D10-200
B2540-3	250x400	3D16	2D16	2D16	3D16	D10-200	D10-200
B2540-2	250x400	4D16	2D16	3D16	3D16	D10-200	D10-200
B2540-1	250x400	6D16	3D16	3D16	4D16	D10-200	D10-200
B2530-3	250x300	2D16	2D16	4D16	2D16	D10-200	D10-200
B2530-2	250x300	3D16	2D16	2D16	2D16	D10-200	D10-200
B2530-1	250x300	5D16	3D16	3D16	2D16	D10-200	D10-200

TABEL 7
DAFTAR PENULANGAN BALOK ANAK

Kode	Dimensi	Tulangan Tumpuan		Tulangan Lapangan		Sengkang	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah	Tumpuan	Lapangan
C4080-1	400x800	3D22	3D22	3D22	3D22	D10-200	D10-200
C3570-1	350x700	2D22	2D22	2D22	2D22	D10-200	D10-200
C2560-2	250x600	3D19	2D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
C2560-1	250x600	5D19	3D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
C2550-1	250x500	3D19	2D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
C2540-2	250x400	3D16	2D16	2D16	2D16	D10-200	D10-200
C2540-1	250x400	5D16	3D16	2D16	2D16	D10-200	D10-200
B3570-2	350x700	3D22	2D22	3D22	5D22	D10-150	D10-150
B3570-1	350x700	7D22	4D22	4D22	4D22	D10-150	D10-150
B2560-4	250x600	2D19	2D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
B2560-3	250x600	3D19	2D19	2D19	4D19	D10-200	D10-200
B2560-2	250x600	4D19	3D19	3D19	6D19	D10-200	D10-200
B2560-1	250x600	5D19	3D19	2D19	3D19	D10-200	D10-200
B2550-4	250x500	2D19	2D19	2D19	2D19	D10-200	D10-200
B2550-3	250x500	3D19	2D19	2D19	4D19	D10-200	D10-200
B2550-2	250x500	4D19	2D19	2D19	3D19	D10-200	D10-200
B2550-1	250x500	6D19	3D19	3D19	2D19	D10-200	D10-200
B2540-3	250x400	3D16	2D16	2D16	3D16	D10-200	D10-200
B2540-2	250x400	4D16	2D16	3D16	3D16	D10-200	D10-200
B2540-1	250x400	6D16	3D16	3D16	4D16	D10-200	D10-200
B2530-3	250x300	2D16	2D16	4D16	2D16	D10-200	D10-200
B2530-2	250x300	3D16	2D16	2D16	2D16	D10-200	D10-200
B2530-1	250x300	5D16	3D16	3D16	2D16	D10-200	D10-200

G. Penulangan Dinding Geser

Untuk penulangan balok, digunakan bantuan *software* ETABS dan Excel, berikut adalah tabel penulangan dinding geser.

TABEL 7
DAFTAR PENULANGAN DINDING GESER

Kode	Dimensi	Tulangan Utama	Tulangan Geser
SWC. 300	250x2500x3000	D22-100	D13-100
SW. 250	250x2500	D22-100	D13-100
SW. 225	250x2250	D22-100	D13-100
SW. 150	250x1500	D22-100	D13-100
SW. 100	250x1000	D22-100	D13-100
SW. 80	250x800	D22-100	D13-100
SWL. 140	250x600x1400	D22-100	D13-100

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- Secara etika, struktur villa sudah diusahakan didesain berdasarkan standar dan persyaratan yang ada.
 - Bentuk ragam dari struktur dominan ditranslasi.
 - Batasan simpangan dan rasio sudah dipenuhi dengan meningkatkan faktor pembesaran torsi.
 - Untuk rasio simpangan di atas 1,4, desain dengan peningkatan gempa sebesar 1,3 kali belum dilakukan.

2. Secara K3, balok dan dinding geser sudah didesain sesuai dengan kombinasi beban dan faktor keamanan sesuai dengan SNI.
 - a. Penulangan balok dan dinding geser sesuai dengan yang terlampir di Tabel 6 dan Tabel 7.
 - b. Beberapa elemen balok dan dinding masih tidak mencukupi dalam kapasitas geser, sehingga harus dikaji ulang.
3. Secara profesionalisme, setiap perhitungan tipe elemen struktur sudah didokumentasikan dalam bentuk laporan.
3. Tata usaha dan staff kependidikan Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur Universitas Kristen Petra. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, baik yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu dalam penyusunan *paper* ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

B. Saran

1. Sistem struktur harus dikaji ulang, mulai dari perletakan, posisi, dan arah dinding geser untuk mengurangi rasio simpangan dan gaya geser pada beberapa elemen balok/dinding.
2. Perlu dilakukan penelitian lagi untuk menghindari rasio simpangan lebih besar dari 1,4.
3. Perlu adanya diskusi dengan klien mengenai permasalahan dalam struktur villa tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkat dan kasih karunia-Nya yang luar biasa, sehingga paper ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Paper ini tidak lepas dari bantuan serta dukungan berbagai pihak. Dengan hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Dr.rer.nat. Surya Hermawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak menyumbangkan waktu untuk membimbing, memberikan saran dan kritiknya serta memotivasi penulis dalam penyusunan jurnal ini.

1. Susmarsongko selaku pembimbing lapangan yang telah memberi masukan dalam penyusunan jurnal ini.
2. Ir. Tanti Octavia, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur.

- [1] Kemenparekraf. (Januari 2023). *Statistik kunjungan wisatawan mancanegara bulan Januari 2023*. [Online]. Tersedia: <https://kemenparekraf.go.id/statistik-wisatawan-mancanegara/statistik-kunjungan-wisatawan-mancanegara-bulan-januari-2023>
- [2] Badan Pusat Statistik. (Mei 2024). *Kunjungan wisatawan mancanegara pada April 2024 mencapai 1.07 juta kunjungan, naik 23.23 persen year on year (y-on-y)*. [Online]. Tersedia: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2024/05/02/2350/kunjungan-wisatawan-mancanegara-pada-april-2024-mencapai-1-07-juta-kunjungan--naik-23-23-persen-year-on-year--y-on-y-.html>
- [3] J. R. Richards, "Analysis of ground vibration test data," *Sound and Vibration*, vol. 31, no. 1, hal. 14–17, Jan. 1997. [Online]. Tersedia: <http://www.sandv.com/downloads/9701rich.pdf>
- [4] Dlubal Software. (n.d.). *Application of finite element method (FEM)*. [Online]. Tersedia: <https://www.dlubal.com/en/support-and-learning/support/knowledge-base/001878>
- [5] Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726:2002, 2002.
- [6] Persyaratan Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung, SNI 1726:2019, 2019.
- [7] *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, ASCE Standard 7-16, 2016.
- [8] Efficient Engineer. (n.d.). *Finite Element Method: Introduction and applications*. [Online]. Tersedia: <https://efficientengineer.com/finite-element-method/>
- [9] *Concrete Shear Wall Design Manual*, Version 8, Computers and Structures, Inc., Berkeley, CA, USA, 2002.
- [10] Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2019, 2019.
- [11] Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2020, 2020
- [12] S. Patel dan M. A. Lotfi, "Response Spectrum Analysis of Multi-Story Shear Buildings Using Machine Learning Techniques," *Computation*, vol. 11, no. 7, hal. 1–15, Juli 2023. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.3390/computation11070126>