

EVALUASI PERUBAHAN DESAIN GEDUNG PADA TAHAP KONSTRUKSI TERHADAP KAPASITAS STRUKTURAL (Studi Kasus Proyek Gedung XYZ)

Shyva Farhani¹⁾, Dila Rivana²⁾, Yongki Alexander Tanne³⁾

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur No. 112-116, Bandung, 40132, Indonesia

E-mail: shyva.13020010@mahasiswa.unikom.ac.id¹⁾, dila.13020005@mahasiswa.unikom.ac.id²⁾,
yongki@email.unikom.ac.id³⁾

ABSTRAK

Perubahan desain struktur yang terjadi di pertengahan proyek konstruksi seringkali merupakan dinamika yang menimbulkan tantangan signifikan, untuk itu perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap struktur bangunan menggunakan perangkat lunak SAP 2000 merupakan salah satu software untuk analisis struktur. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa struktur eksisting dimodifikasi memenuhi standar kekuatan dan keselamatan yang diperlukan. Lingkup penelitian ini dilakukan di proyek XYZ dengan membatasi fokus pada evaluasi struktur baja eksisting. Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain yaitu Data Primer berupa DED (Detail Engineering Design) proyek dan data lain yang berkaitan dengan masalah penelitian. Data sekunder yang digunakan antara lain standar-standar pada analisis struktur seperti SNI 1727-2013. Tahapan analisa struktur menggunakan SAP2000 ini secara garis besar adalah sebagai Menentukan system Grid rencana struktur, pemodelan struktur, perhitungan pembebanan, Analisa struktur (Run Analysis), Cek Rasio Kapasitas Penampang Struktur. Dari analisis yang dihasilkan SAP2000 diambil nilai maksimum, nilai minimum, nilai rata-rata, standar deviasi, batas atas dan batas bawah dari hasil analisis kapasitas penampang. Setelah melakukan analisis menggunakan perangkat lunak SAP2000, dapat disimpulkan bahwa struktur gedung mengalami kelebihan kapasitas untuk menahan beban yang diantisipasi. Hasil evaluasi menunjukkan adanya potensi kegagalan struktural akibat beban yang melebihi kapasitas penampang yang telah dirancang. Beberapa faktor seperti perubahan beban, pemilihan profil baja atau kesalahan dalam perhitungan struktural dapat menjadi penyebab ketidakmampuan struktur.

Kata kunci: evaluasi struktur, perubahan desain, kapasitas struktural, SAP2000

1. Pendahuluan

Perubahan desain struktur yang terjadi di pertengahan proyek konstruksi seringkali merupakan dinamika yang menimbulkan tantangan signifikan. Kelangsungan proyek konstruksi seringkali dipengaruhi oleh faktor-faktor tak terduga, seperti perubahan kebutuhan pemilik proyek, perubahan kondisi lapangan, atau kemajuan desain yang lebih canggih [1]. Situasi ini memerlukan respons yang cepat dan kebijakan manajemen yang efektif untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap jadwal, biaya, dan kualitas proyek, oleh karena itu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap struktur bangunan menggunakan perangkat lunak SAP 2000 [2].

SAP 2000 merupakan salah satu software untuk analisis struktur sekaligus sebagai desain struktur baik untuk material beton bertulang, material baja, material aluminium atau material lainnya [3]. Keunggulan Program ini adalah dapat memodelkan jenis struktur dengan bentuk struktur

ruang, sehingga memiliki perbedaan dengan analisis struktur konvensional yang hanya dapat menganalisis bentuk struktur dengan model portal bidang saja [4].

Salah satu jenis perubahan yang sering terjadi adalah perubahan fungsi dari bangunan yang direncanakan. Pada proyek yang ditinjau ini, terjadi penambahan area tempat makan dan bermain di lantai 3, serta penambahan area kantor di lantai *mezzanine*. Perubahan ini dapat memengaruhi struktur bangunan dan tata letak secara keseluruhan, yang memerlukan penyesuaian desain teknis yang cermat untuk memastikan keamanan. Untuk itu, tujuan penelitian ini adalah memastikan bahwa struktur yang sudah ada dan yang telah dimodifikasi memenuhi standar kekuatan dan keselamatan yang diperlukan. Evaluasi ini membantu untuk memastikan bahwa tambahan desain struktur terintegrasi dengan baik dalam proyek keseluruhan.

Lingkup penelitian ini dilakukan di proyek XYZ dan terfokus pada analisis struktur baja dalam

berbagai kondisi beban, termasuk beban mati, hidup, gempa dan kombinasi pembebanan.

2. Landasan Teori

2.1 Konsep Dasar Analisis Struktur

Menurut Ghali dan Neville (1985), tujuan dari analisis struktur adalah untuk memperoleh nilai reaksi tumpuan dan gaya-gaya dalam yang dihasilkan, dalam menganalisis struktur digunakan ketentuan yang jika keduanya dapat ditentukan hanya dengan persamaan statis, maka strukturnya statis. Sedangkan jika struktur memiliki jumlah gaya yang tidak diketahui lebih besar dari jumlah persamaan kesetimbangan, maka struktur tersebut statis tak tentu. Menurut Liong (1984), suatu sistem gaya-gaya dalam pada suatu struktur berada dalam keadaan seimbang jika nilai gaya resultan dan momen resultan yang bekerja pada suatu titik sama dengan nol[5].

Analisis struktur bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai reaksi penempatan dan gaya dalam berupa momen lentur, momen puntir, gaya normal dan gaya transversal yang terjadi akibat gaya luar yang bekerja. Kondisi kesetimbangan statis yang kita ketahui adalah $V = 0$, $H = 0$, dan $M = 0$. Dalam melakukan analisis struktur perlu dilakukan analisis beban yang dipikul oleh struktur. Dalam konstruksi bangunan, jenis beban yang dipikul adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa [6].

2.2 Analisis Pembebanan

Beban mati adalah berat seluruh bagian bangunan permanen, termasuk semua elemen tambahan, finishing, mesin dan peralatan yang merupakan bagian integral dari bangunan tersebut. Beban hidup adalah semua beban yang bekerja karena ditempati atau digunakan suatu bangunan gedung, termasuk beban di lantai yang berasal dari barang bergerak, mesin dan peralatan yang bukan merupakan bagian integral dari bangunan gedung dan dapat diganti selama masa konstruksi. umur bangunan, mengakibatkan perubahan beban lantai dan atap. Khusus pada atau menjadi beban hidup, dapat mencakup beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) tetesan air [6].

Beban gempa adalah semua beban statis ekuivalen yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan yang meniru efek gerakan tanah akibat gempa. Dalam hal pengaruh gempa terhadap struktur bangunan ditentukan berdasarkan analisis dinamik, maka beban gempa disini adalah gaya-

gaya pada struktur yang terjadi akibat gerakan tanah akibat gempa [6].

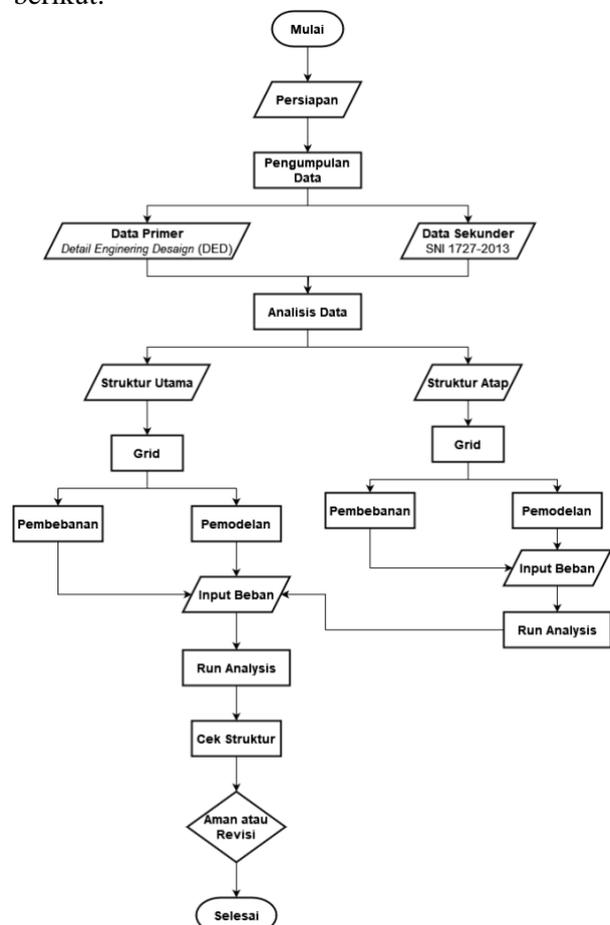
Pembebanan mengacu kepada peraturan SNI 1727-2013:

- 1) $1,4D$
- 2) $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- 3) $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- 4) $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- 5) $1,2D + 1,0E + 1,0L$
- 6) $0,9D + 1,0W$
- 7) $0,9D + 1,0E$

3. Metode

3.1 Prosedur Langkah Kerja

Langkah-langkah atau tahapan analisis struktur ini secara garis besar adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya yaitu:

3.2.1 Data Primer

Data Primer dikumpulkan berupa DED (*Detail Engineering Design*) proyek dan data lain

yang berkaitan dengan masalah penelitian.

Data material yang direncanakan pada bangunan ini:

- Mutu Beton = K300, $F_c' = 25$ Mpa, $E = 235000$ Mpa
- Mutu Besi Tulangan = BJTS U-40, $F_u = 390$ Mpa, $F_y = 560$ Mpa; BJTP U-24, $F_u = 235$ Mpa, $F_y = 380$ Mpa
- Mutu Baja = BJ37 $F_u = 370$ Mpa, $F_y = 240$ Mpa

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder penelitian yang menjadi sumber data sekunder berupa data jenis pembebanan pada SNI 1727-2013.

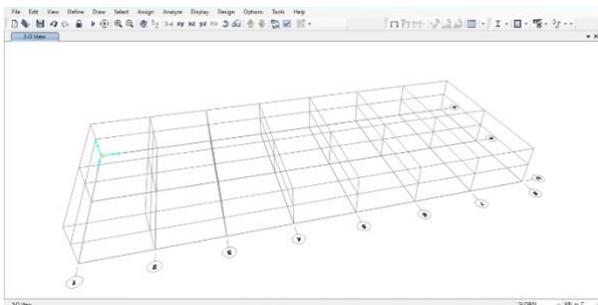
Jenis Pembebanan:

- a. Beban Mati (*Dead Load*)
- b. Beban Hidup (*Live Load*)
- c. Beban Air Hujan (*Rain Load*)
- d. Beban Angin (*Wind Load*)
- e. Beban Gempa (*Quake Load*)
- f. Beban Atap (*Rooftop Load*)
- g. Beban Kombinasi (*Load Combination*)

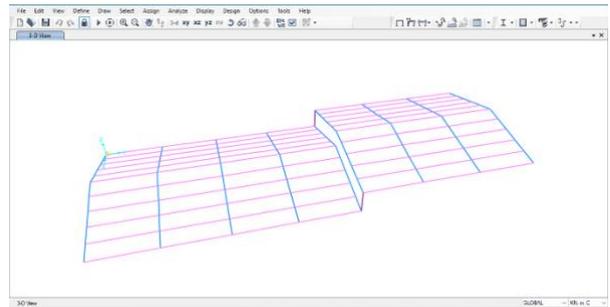
3.3 Pemodelan dan Analisis Struktur Atap

3.3.1 Pemodelan dan Analisis Struktur Atap

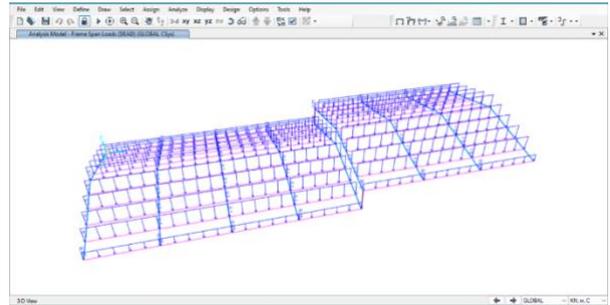
Proses pemodelan atap pada analisis ini dilakukan secara terpisah, memastikan bahwa setiap detail konstruksi atap diperhitungkan secara teliti. Langkah-langkah ini melibatkan pemilihan material atap, perhitungan beban yang bekerja pada atap, dan penggunaan teknik analisis struktural untuk memastikan bahwa atap dapat menahan beban dengan optimal. Dengan memisahkan pemodelan atap, kita dapat memfokuskan perhatian pada karakteristik khusus atap dan mengidentifikasi potensi masalah atau kelemahan yang mungkin timbul pada elemen struktural ini.



Gambar 2. Grid struktur atap



Gambar 3. Struktur atap

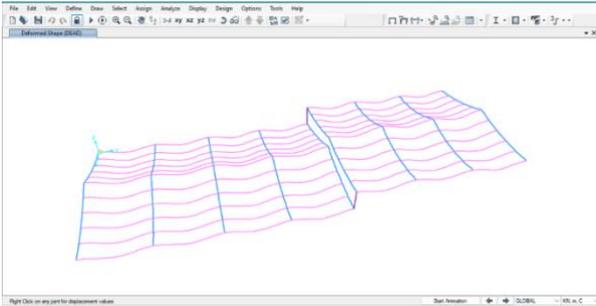


Gambar 4. Beban struktur atap

Berikut adalah data perhitungan pembebanan untuk struktur atap. Selain itu, informasi tentang lokasi ditematkannya beban dan sumber didapatkan besarnya beban.

Tabel 1. Pembebanan struktur atap

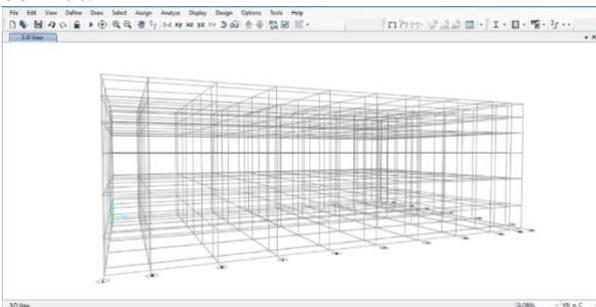
STRUKTUR ATAP				Lokasi Penempatan	Sumber
1. Beban Mati					
Penutup Atap	=	0,101	Kn/m	Gording	Berat Jenis Penutup
Zincalume	=	0,051	Kn/m	Gording	Atap Zincalume
2. Beban Hidup					
Tukang/Manusia	=	1,000	Kn/m	Gording	SNI-1727-2013
	=	0,500	Kn/m	Gording	SNI-1727-2014
3. Beban Hujan					
Hujan	=	0,000	Kn/m	Gording	SNI-1727-2013
	=	0,225	Kn/m	Gording	SNI-1727-2013
4. Beban Angin					
Angin Tekan	=	0,177	Kn/m	Gording	SNI-1727-2013
	=	0,099	Kn/m	Gording	SNI-1727-2013
Angin Hisap	=	-0,733	Kn/m	Gording	SNI-1727-2013
	=	-0,356	Kn/m	Gording	SNI-1727-2013



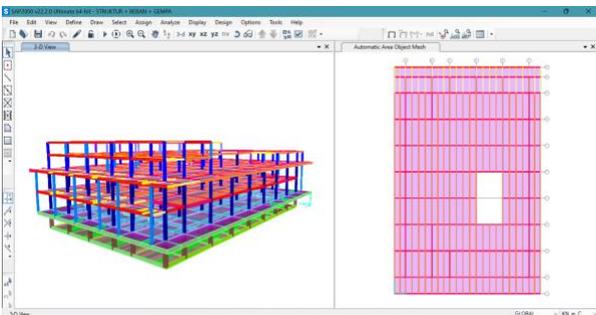
Gambar 5. run analysis struktur atap

3.3.1 Pemodelan dan Analisis Struktur Utama

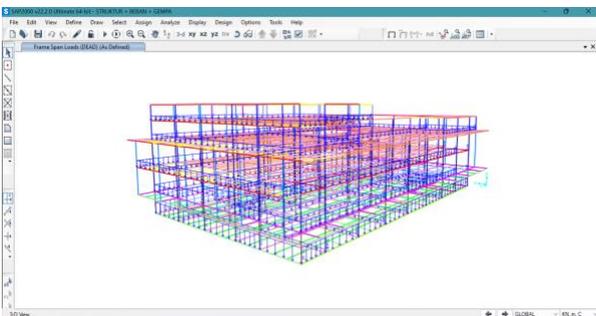
Input data perencanaan pada program SAP 2000 dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut:



Gambar 6. grid struktur utama



Gambar 7. struktur utama



Gambar 8. beban struktur utama

Berikut adalah data perhitungan pembebanan untuk struktur utama. Selain itu, informasi tentang lokasi ditempatkan beban dan sumber didapatkan besarnya beban.

Tabel 2. Pembebanan struktur utama

STRUKTUR UTAMA			ket	Sumber		
1	Beban Atap					
	F1	-87,44	Kn	K	Analisis SAP	
	F2	0,00	Kn	K	Analisis SAP	
	F3	67,23	Kn	K	Analisis SAP	
	M1	-5,61	Knm	K	Analisis SAP	
	M2	34,91	Knm	K	Analisis SAP	
	M3	2,29	Knm	K	Analisis SAP	
2	Beban Mati					
	a	Ars Lt.1				
		Pas. Bata	12,75	Kn/m	B	BJ Pas.Bata Merah
		Partisi	5,85	Kn/m	B	BJ Pas. Bata Ringan
		Fasad Kaca	0,27	Kn/m	B	Berat Jenis Kaca
		Pasir 1cm	0,14	Kn/m	PL	Berat Jenis Pasir
		Spesi 3cm	0,63	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
		Keramik	0,24	Kn/m ²	PL	Berat Jenis Keramik
		Plafon	0,28	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
		MEP	0,40	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
	b	Ars Lt.2				
		Pas. Bata	12,11	Kn/m	B	BJ Pas.Bata Merah
		Partisi	5,56	Kn/m	B	BJ Pas. Bata Ringan
		Fasad Kaca	0,26	Kn/m	B	Berat Jenis Kaca
		Pasir 1cm	0,14	Kn/m ²	PL	Berat Jenis Pasir
		Spesi 3cm	0,63	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
		Keramik	0,24	Kn/m ²	PL	Berat Jenis Keramik
		Plafon	0,28	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
		MEP	0,40	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
	c	Ars Lt.3				
		Pas. Bata	9,18	Kn/m	B	BJ Pas.Bata Merah
		Partisi	4,21	Kn/m	B	BJ Pas. Bata Ringan
		Pasir 1cm	0,14	Kn/m ²	PL	Berat Jenis Pasir
		Spesi 3cm	0,63	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
		Keramik	0,24	Kn/m ²	PL	Berat Jenis Keramik
		Plafon	0,28	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
		MEP	0,40	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
d	Ars Lt.Mezzanine					
	Pas. Bata	7,40	Kn/m	B	BJ Pas.Bata Merah	
	Pasir 1cm	0,14	Kn/m ²	PL	Berat Jenis Pasir	
	Spesi 3cm	0,63	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1	
	Keramik	0,24	Kn/m ²	PL	Berat Jenis Keramik	
	Plafon	0,28	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1	

	MEP	0,40	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
e	Ars Lt. Atap				
	Plafon	0,28	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
	MEP	0,40	Kn/m ²	PL	PPIUG Tab 1
e	Ars Basement				
	Dinding Beton	20,16	Kn/m	B	Berat Jenis Beton
	Partisi	4,91	Kn/m	B	BJ Pas. Bata Ringan
3	Beban Hidup				
a	Lantai Akses				
	R. Kantor	2,4	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
	R. Komputer	4,79	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
b	Restoran	4,79	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
c	Garasi/Parkir	1,92	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
d	T. Rekreasi	3,59	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
e	Tangga	4,79	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
f	Toko				
	L. Pertama	4,79	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
	L. di atasnya	3,59	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
	Grosir	6	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
g	Balkon	4,79	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
h	Gudang	6	Kn/m ²	PL	SNI-1727-2013
4	Beban Gempa				
	SS	1,173			rsa ciptakarya
	S1	0,510			rsa ciptakarya
	TL	6	S		rsa ciptakarya

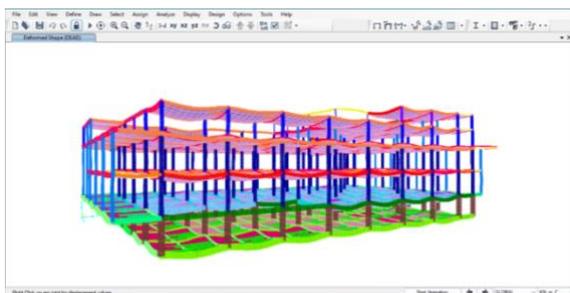
Keterangan:

K = Kolom; B = Balok; PL = Plat Lantai

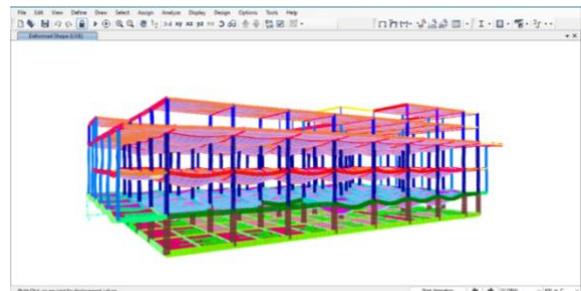
Perubahan beban terjadi pada lantai 3 ditambahkan beban hidup restoran dan tempat rekreasi dan pada lantai *mezzanine* ditambahkan beban hidup ruang kantor.

Selanjutnya setelah pemodelan dan memasukan data beban yang bekerja maka secara otomatis dapat dilakukan proses analisa struktur secara komputerisasi yang dilakukan oleh program SAP 2000 sehingga didapat hasil analisa strukturnya [7].

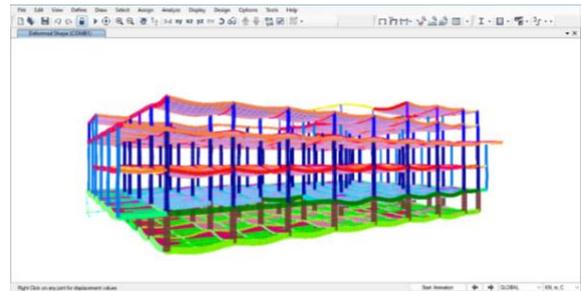
- Desain awal tanpa beban gempa



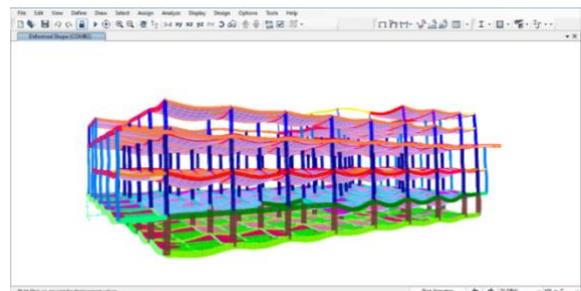
Gambar 9. Beban mati desain awal tanpa gempa



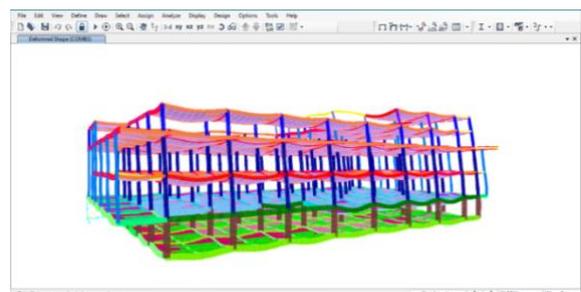
Gambar 10. Beban hidup desain awal tanpa gempa



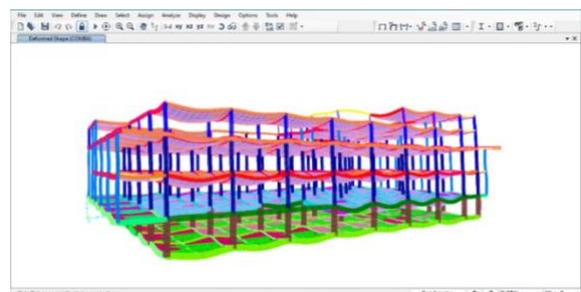
Gambar 11. kombinasi pembebanan 1 desain awal tanpa gempa



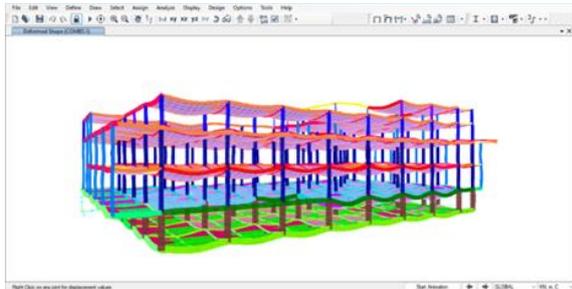
Gambar 12. kombinasi pembebanan 2 desain awal tanpa gempa



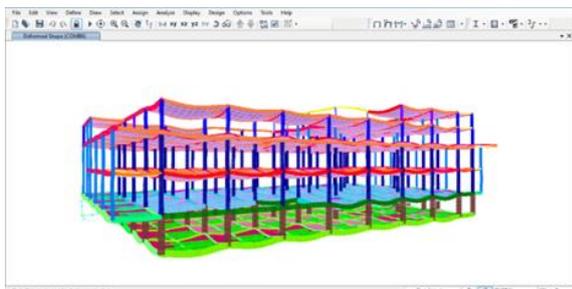
Gambar 13. kombinasi pembebanan 3 desain awal tanpa gempa



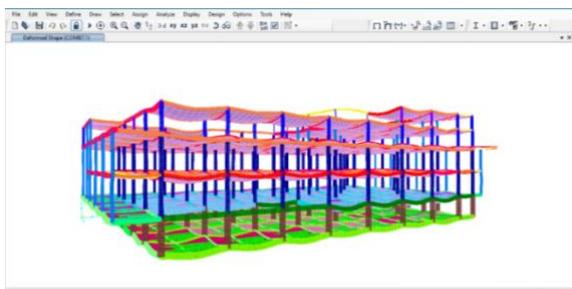
Gambar 14. kombinasi pembebanan 4 desain awal tanpa gempa



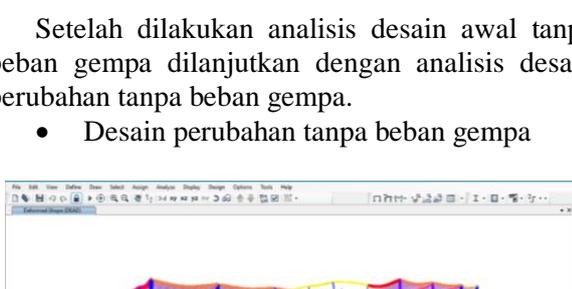
Gambar 15. kombinasi pembebanan 5 desain awal tanpa gempa



Gambar 16. kombinasi pembebanan 6 desain awal tanpa gempa

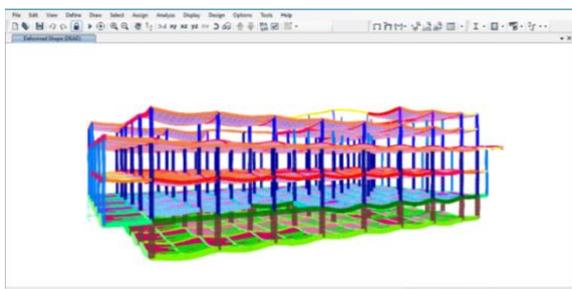


Gambar 17. kombinasi pembebanan 7 desain awal tanpa gempa

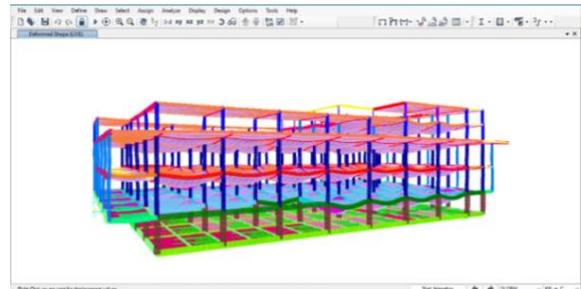


Setelah dilakukan analisis desain awal tanpa beban gempa dilanjutkan dengan analisis desain perubahan tanpa beban gempa.

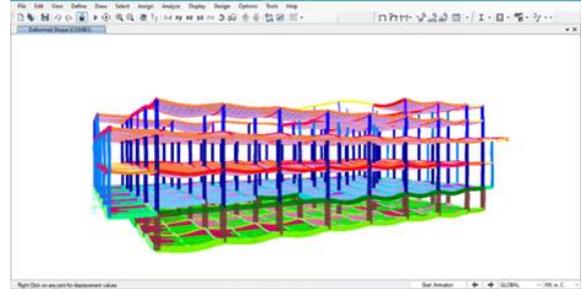
- Desain perubahan tanpa beban gempa



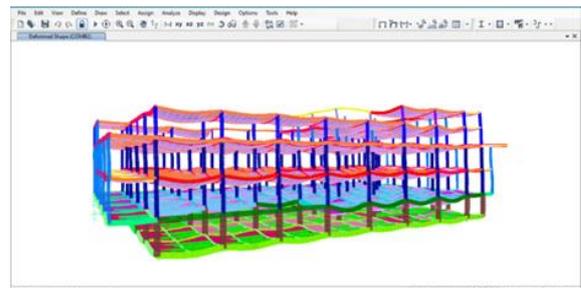
Gambar 18. Beban mati desain perubahan tanpa gempa



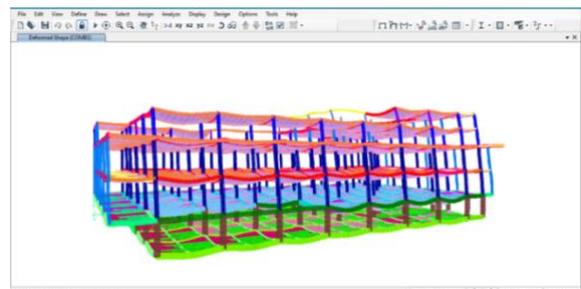
Gambar 19. Beban hidup desain perubahan tanpa gempa



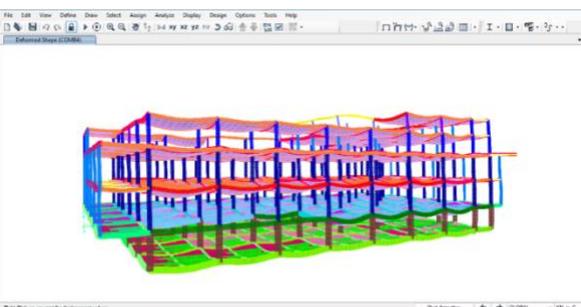
Gambar 20. kombinasi pembebanan 1 desain perubahan tanpa gempa



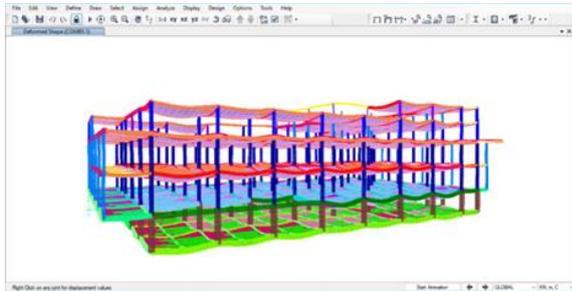
Gambar 21. kombinasi pembebanan 2 desain perubahan tanpa gempa



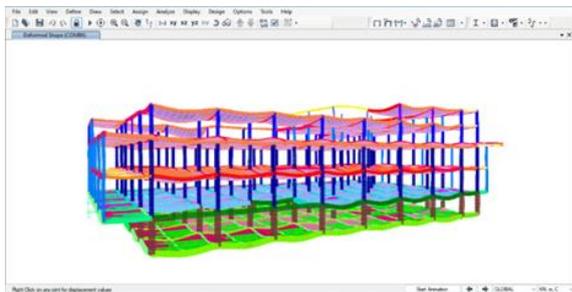
Gambar 22. kombinasi pembebanan 3 desain perubahan tanpa gempa



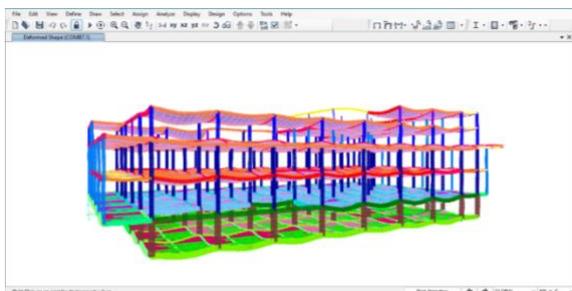
Gambar 23. kombinasi pembebanan 4 desain perubahan tanpa gempa



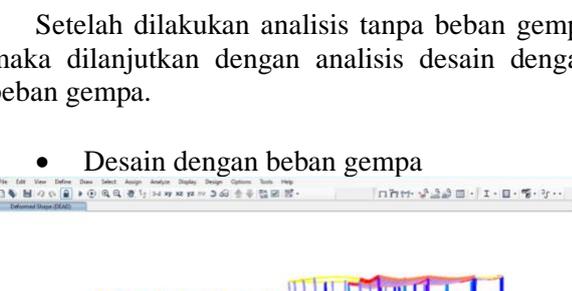
Gambar 24. kombinasi pembebanan 5 desain perubahan tanpa gempa



Gambar 25. kombinasi pembebanan 6 desain perubahan tanpa gempa

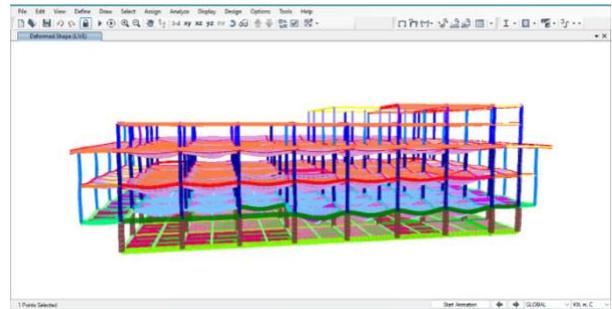


Gambar 26. kombinasi pembebanan 7 desain perubahan tanpa gempa

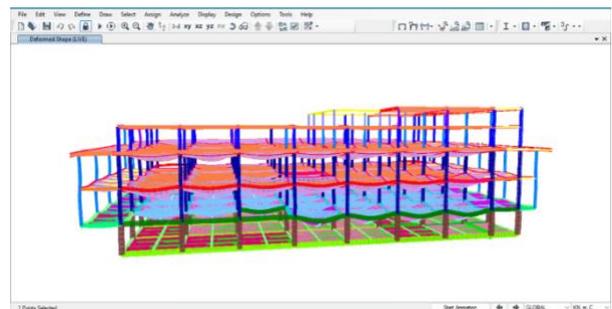


• Desain dengan beban gempa

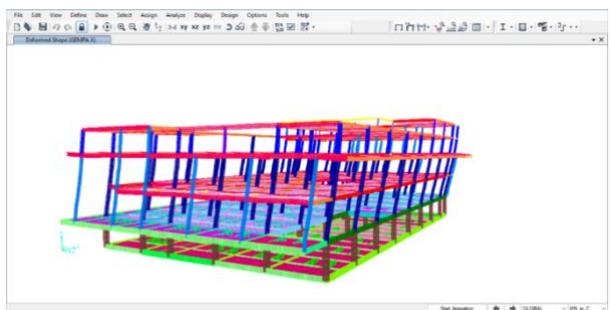
Setelah dilakukan analisis tanpa beban gempa maka dilanjutkan dengan analisis desain dengan beban gempa.



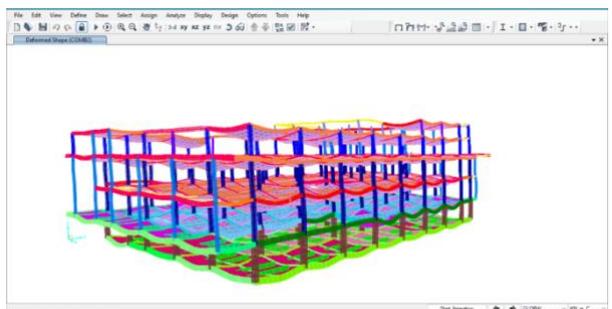
Gambar 28. Beban hidup desain perubahan dengan gempa



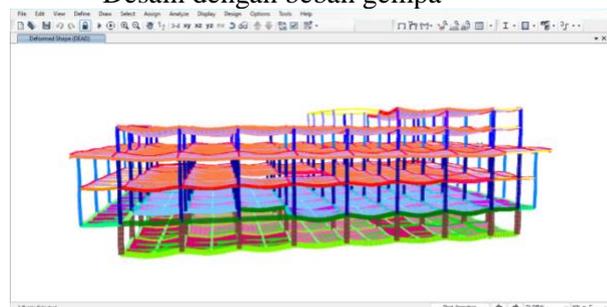
Gambar 29. Beban gempa x desain perubahan dengan gempa



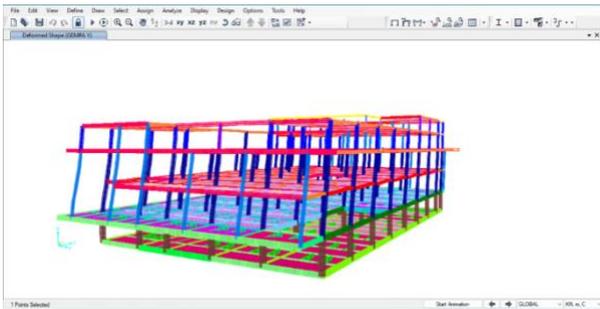
Gambar 30. Beban gempa y desain perubahan dengan gempa



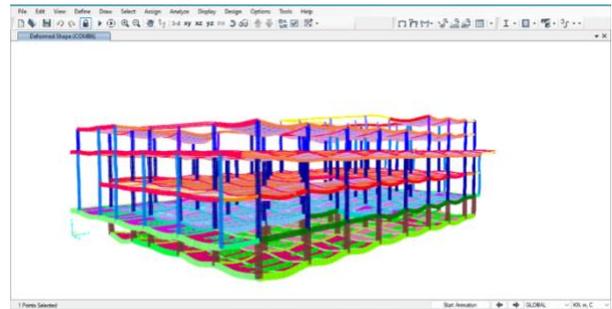
Gambar 31. kombinasi pembebanan 1 desain perubahan dengan gempa



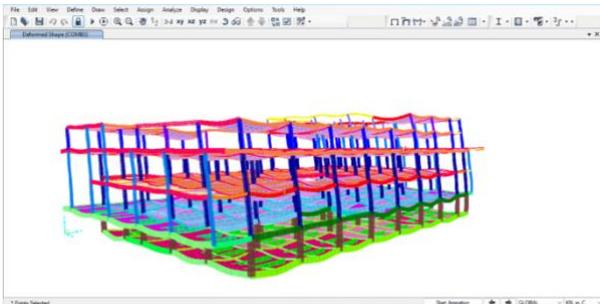
Gambar 27. Beban mati desain perubahan dengan gempa



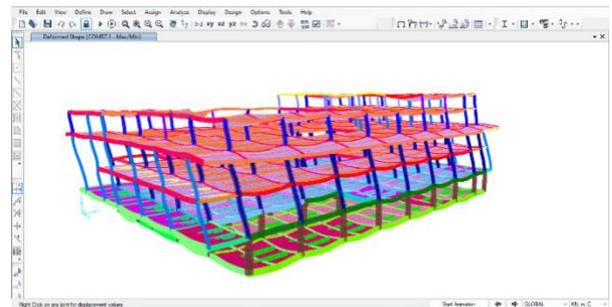
Gambar 32. kombinasi pembebanan 2 desain perubahan dengan gempa



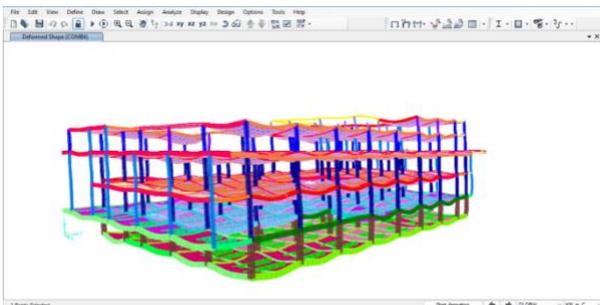
Gambar 36. kombinasi pembebanan 6 desain perubahan dengan gempa



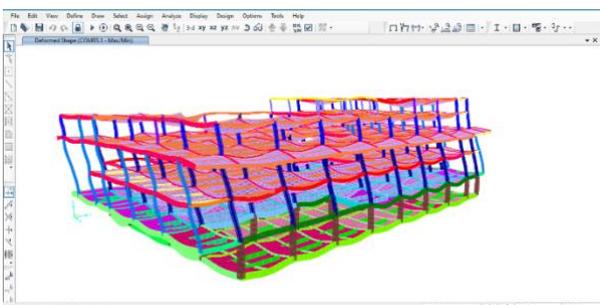
Gambar 33. kombinasi pembebanan 3 desain perubahan dengan gempa



Gambar 37. kombinasi pembebanan 7 desain perubahan dengan gempa



Gambar 34. kombinasi pembebanan 4 desain perubahan dengan gempa



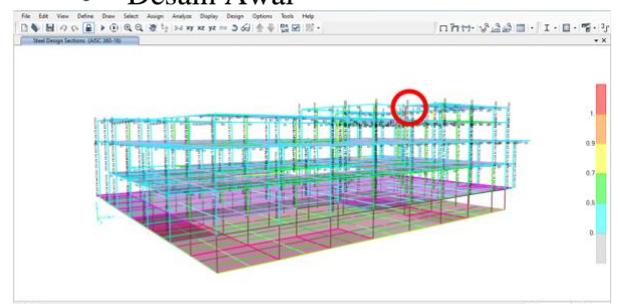
Gambar 35. kombinasi pembebanan 5 desain perubahan dengan gempa

4. Analisis

Hasil analisis data dalam program SAP 2000 secara otomatis menampilkan hasil analisis sesuai dengan input data yang diberikan dan hasil analisis pada perencanaan ini adalah dapat dilihat pada gambar batang struktur sebagai berikut:

4.1 Analisis Pembebanan Struktur Tanpa Beban Gempa

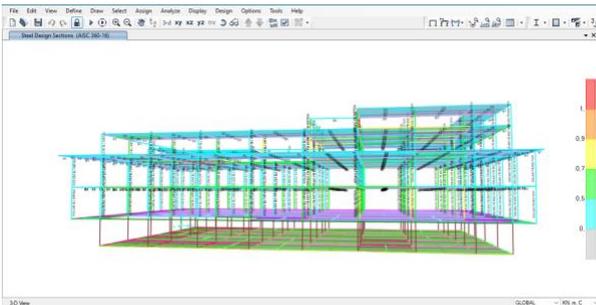
- Desain Awal



Gambar 38. analisis struktur baja desain awal tanpa gempa

Pada gambar terlihat hanya satu komponen yang berwarna merah yaitu KOLOM BJ WF200 yang terletak pada lantai mezzanine

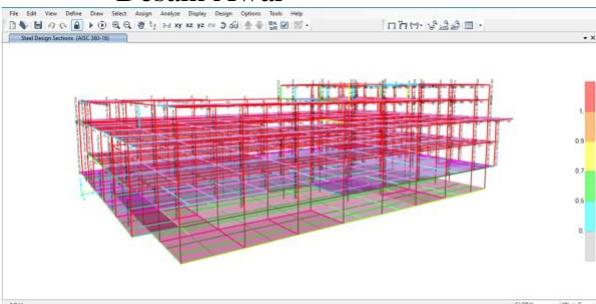
- Desain Perubahan



Gambar 39. analisis struktur baja desain perubahan tanpa gempa

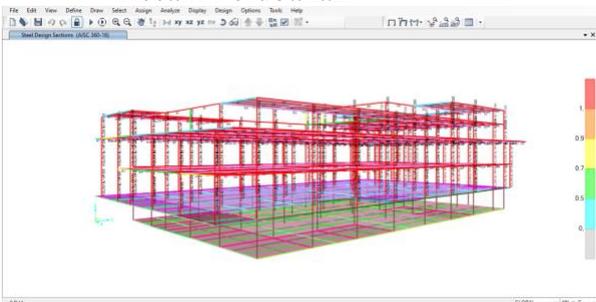
4.2 Analisis Pembebanan Struktur dengan Beban Gempa

- Desain Awal



Gambar 40. analisis struktur baja desain awal dengan gempa

- Desain Perubahan



Gambar 41. analisis struktur baja desain perubahan dengan gempa

Dalam analisis struktur baja menggunakan perangkat lunak seperti SAP2000, rasio memiliki makna yang signifikan dalam mengevaluasi dan memastikan kestabilan serta kinerja struktur. Rasio Kapasitas Penampang (*Section Capacity Ratio*) adalah suatu parameter yang menggambarkan perbandingan antara kapasitas aktual suatu penampang dengan kapasitas yang dibutuhkan untuk menahan beban tertentu. Rasio ini berguna dalam memahami sejauh mana suatu penampang mampu menahan beban yang bekerja padanya, dan dapat digunakan untuk mengevaluasi kelayakan struktural dari segi kapasitas penampang. Jika rasio ini lebih besar dari satu, itu menandakan bahwa

penampang tersebut kelebihan kapasitas untuk menahan beban yang diterimanya dan pada SAP2000 dilambangkan dengan batang warna merah.

Dari analisis yang dihasilkan SAP2000 diambil Nilai Maksimum untuk mengetahui Nilai tertinggi atau paling besar. Nilai Minimum untuk mengetahui Nilai terendah atau paling kecil. Nilai Rata-rata Menunjukkan pusat distribusi data atau nilai yang dapat mewakili secara umum data. Standar deviasi membantu mengidentifikasi sejauh mana nilai-nilai dalam kumpulan data tersebar dari nilai rata-rata. Semakin tinggi standar deviasi, semakin besar variasi data. Batas Atas dan Batas Bawah tujuannya menetapkan rentang atau batasan data.

Cek kekuatan struktur baja:

Tabel 3. rasio perbandingan analisis struktur baja

	NON GEMPA		GEMPA	
	DESAIN AWAL	DESAIN PERUBAHAN	DESAIN AWAL	DESAIN PERUBAHAN
MAX	1,717	1,834	2,847	2,882
MIN	0,008	0,008	0,008	0,008
MEAN	0,384	0,403	0,841	0,897
SD	0,337	0,360	0,730	0,760
BATAS ATAS	0,722	0,763	1,570	1,657
BATAS BAWAH	0,047	0,043	0,111	0,137

Sejak model awal, struktur telah mengalami *over capacity* terutama jika dimasukan beban gempa.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis perbandingan antara desain awal dan desain perubahan struktur dengan tidak mempertimbangkan beban gempa dan mempertimbangkan beban gempa pada Proyek XYZ dengan menggunakan Software SAP2000. Besarnya rasio dengan tidak mempertimbangkan beban gempa adalah: pada desain awal rasio maksimum adalah 1,717358 sedangkan rasio minimum adalah 0,008516. Pada desain perubahan rasio maksimum adalah 1,83377 sedangkan rasio minimum 0,008516. Besarnya rasio dengan mempertimbangkan beban gempa adalah: pada desain awal rasio maksimum adalah 2,847233 sedangkan rasio minimum adalah 0,008516. Pada desain perubahan rasio maksimum adalah 2,881897 sedangkan rasio minimum 0,008516.

Setelah melakukan analisis menggunakan perangkat lunak SAP2000, dapat disimpulkan bahwa struktur gedung mengalami kelebihan kapasitas untuk menahan beban yang diantisipasi, bahkan pada model awal. Hasil evaluasi menunjukkan adanya potensi kegagalan struktural akibat beban yang melebihi kapasitas penampang yang telah dirancang. Beberapa faktor seperti perbedaan beban yang digunakan pada pembebanan, pemilihan profil baja yang kurang optimal, atau mungkin kesalahan dalam perhitungan struktural dapat menjadi penyebab ketidakmampuan struktur.

5.2 Saran

Saran untuk pelaksana perlu dilakukan pemodelan ulang dan penyesuaian desain struktural dengan mempertimbangkan solusi perbaikan yang sesuai dengan standar keselamatan dan ketahanan struktural. Selain itu, perlu diadakan evaluasi ulang secara menyeluruh untuk memastikan bahwa seluruh sistem struktural memenuhi persyaratan dan standar yang berlaku dalam industri konstruksi.

Seluruh analisis struktur pada penelitian ini perlu dilakukan konfirmasi ulang terkait kesamaan dan perbedaannya dengan analisis struktur yang dilakukan pada proyek tinjauan termasuk asumsi pembebanan yang digunakan. Selain itu, perlu juga melakukan dengan metode manual ataupun ataupun dengan *software* lain.

Daftar Pustaka

- [1] Y. Widyaningsih and Y. A. Tanne, "Sustainable Action dalam Konteks Sustainable Construction: Analisis Bibliometrik untuk Pengembangan Penelitian," *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, vol. 25, no. 1, pp. 29–37, Aug. 2023.
- [2] K. D. Lakaoni and M. Waty, "DAMPAK CHANGE ORDER PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT SEDANG," *j. mitra teknik sipil*, pp. 367–382, May 2023.
- [3] R. Amrosi, "Aplikasi structural analysis program (SAP 2000) pada analisis dan desain struktur jembatan beton bertulang / Rizki Amrosi," diploma, Universitas Negeri Malang, 2009. Accessed: Jan. 13, 2024. [Online]. Available: <http://repository.um.ac.id/43798/>
- [4] C. K. Halim, L. S. B. Wibowo, M. S. D. Cahyono, and N. Ray, "STUDI PENGARUH VARIASI TIPE PENGAKU DIAGONAL PADA STRUKTUR BANGUNAN BAJA

BERTINGKAT TERHADAP PERPINDAHAN LATERAL," *NAROTAMA JURNAL TEKNIK SIPIL*, vol. 4, no. 1, pp. 21–29, Nov. 2020.

- [5] R. Nasmirayanti, R. Imani, U. D. Arman, and A. Sari, "ANALISA LINIER ELIMINASI GAUSS-JORDAN UNTUK ANALISIS STRUKTUR RANGKA BATANG SEGITIGA SEDERHANA," *Rang Teknik Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 156–159, Jan. 2022.
- [6] J. Chalisto, N. Mamarimbing, R. S. S. Kawet, and R. F. Roring, "ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN GAYA-GAYA DALAM PROGRAM SAP2000 v21 DENGAN METODE MATRIKS KEKAKUAN PADA GEDUNG RUMAH SUSUN MAHASISWA UNIVERSITAS NEGERI MANADO," *JIME*, vol. 13, no. 1, pp. 11–24, Mar. 2023.
- [7] K. Riset and T. D. P. Tinggi, "Garuda - Garba Rujukan Digital." <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/2580536> (accessed Jan. 11, 2024).