

Analisis Kekuatan Kolom Akibat Penambahan Tingkat Pada Struktur Gedung (Studi Kasus Rumah Sakit Umum Hermina Lampung)

Goentur Permata Hanafi¹⁾

Mohd. Isneini²⁾

Surya Sebayang³⁾

Ratna Widyawati⁴⁾

Abstract

This research is an analytical studies to avaluate the structure of the special moment resisting frame systems by reviews several aspects such as displacement and drift values based on SNI 1726:2019 and to determine the ability of the existing structure to withstand additions without a combination of earthquake loads and in conditions with earthquake loads combination. In this analysis, building analysis systems program is used to model and obtain the required output for calculation. Based the result of this analysis, it obtained : (1) the value of displacement and drift of the building against the control limit based on SNI 1726:2019; (2) analysis the strength of the existing column structure.

Key words: Displacement and drift, concrete reinforcement, column analysis.

Abstrak

Penelitian ini merupakan studi analisis untuk mengevaluasi struktur sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan meninjau beberapa aspek seperti nilai *displacement* dan *drift* berdasarkan SNI 1726:2019 dan untuk mengetahui kemampuan struktur eksisting terhadap beban tambahan lantai dalam kondisi tanpa kombinasi beban gempa dan dalam kondisi dengan kombinasi beban gempa. Dalam analisis ini digunakan *software Building Analysis systems* untuk memodelkan serta mendapatkan *output-output* yang diperlukan pada perhitungan. Dari hasil penelitian didapatkan: (1) Nilai *displacement* dan *drift* gedung terhadap limit *control* berdasarkan SNI 1726:2019 (2) Analisis kekuatan struktur kolom eksisting.

Kata Kunci : *.Displacement dan drift, Beton Bertulang, Analisis Kolom.*

¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: hanafi.goenturpermata@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Indonesia terus mengalami pertumbuhan penduduk yang signifikan setiap tahunnya. Jumlah penduduk Indonesia akan terus meningkat hingga 25 tahun mendatang yaitu dari tahun 2000 berjumlah 205,1 juta jiwa berkembang menjadi 273,2 juta jiwa pada tahun 2025. Pertumbuhan penduduk yang signifikan ini juga dirasakan di kota-kota besar seperti kota Bandar Lampung (Badan Pusat Statistik, 2013) .

Pertumbuhan penduduk di kota Bandar Lampung yang terus meningkat setiap tahunnya dapat menimbulkan dampak negatif maupun dampak positif. Salah satu dampak negatif yang akan timbul akibat penduduk yang padat adalah keterbatasan lahan. Adanya keterbatasan lahan di daerah perkotaan menjadi sebuah permasalahan dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap perumahan, perkantoran, rumah sakit dan sebagainya.

Keterbatasan lahan menjadi pertimbangan yang sangat sulit bagi pemilik bangunan yang memerlukan perluasan secara horizontal bangunan untuk memenuhi kebutuhannya. Disisi lain juga disadari bahwa bangunan yang sudah didirikan sulit untuk dibongkar dan dibangun kembali mengingat biaya yang dibutuhkan untuk pembongkaran dan pembangunan sangat mahal, sehingga struktur bangunan lama harus dipertahankan. Oleh karena itu diperlukan analisis pengaruh perluasan bangunan ke arah vertikal (penambahan tingkat) terhadap struktur bangunan Rumah Sakit Umum (RSU) Hermina Lampung, khususnya pada struktur kolom untuk dapat mengetahui reaksi struktur kolom bangunan akibat penambahan tingkat, sehingga nantinya dapat diketahui kemampuan struktur kolom yang ada.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah struktur beton dengan tulangan baja prategang dan atau non-prategang yang tidak lebih kurang dari jumlah ketetapan minimum (SNI 2847-2013). Beton bertulang terdiri dari beton dan tulangan baja dimana keduanya saling menguatkan sehingga membentuk suatu elemen struktur dimana dua macam komponen saling bekerja dalam menahan beban yang diberikan pada elemen tersebut, dimana struktur beton akan menahan gaya tekan dan gaya geser yang bekerja, sedangkan tulangan baja berfungsi menahan gaya tarik. Beton merupakan kombinasi dari agregat kasar, agregat halus, semen (*portland cement*) dan air baik dengan campuran bahan tambahan (*admixture* atau *additive*) atau tidak

2.2. Sistem Struktur Bangunan Tahan Gempa

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Menurut (Badan Standardisasi Nasional, 2019), Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem pemikul rangka yang elemen-elemen struktur dan sambungannya menahan beban-beban lateral melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi tiga, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK): BSN, 2019.

2.2.2. Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK)

Seperti yang telah dijelaskan dalam SNI 1726 (2019), Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK) merupakan rangka bresing yang elemen-elemen strukturnya difungsikan utamanya untuk menahan gaya-gaya aksial. Sistem ini dapat dikategorikan sebagai

Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB) atau Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK).

2.2.3. Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE)

Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) adalah suatu sistem rangka yang diberi bresing diagonal dimana minimal salah satu ujung dari masing-masing elemen bresingnya menyangga pada balok sejarak tertentu dari lokasi sambungan balok-kolom, atau dari ujung diagonal yang lain dengan jarak yang disebut dengan *link* atau eksentrisitas, dikutip dari SNI 1726 (2019).

2.3. Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa

Perencanaan bangunan tahan gempa merupakan bangunan yang tahan terhadap guncangan gempa, walaupun bangunan rusak saat gempa tetapi bangunan harus tetap berdiri (Taqiyah & Putra, 2016). Berikut merupakan kaidah-kaidah yang harus dipenuhi struktur bangunan tahan gempa :

Bangunan dapat memikul beban gempa kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan.

Bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.

Bangunan dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan.

Menurut (ASCE 41-13, 1996), kriteria struktur gedung tahan gempa adalah sebagai berikut :

a) *Immediate Occupancy (IO)*

Apabila gempa terjadi, struktur gedung dapat memikul beban gempa tersebut, tidak terjadi kerusakan struktural dan tidak mengalami kerusakan non struktural, sehingga tetap dapat berfungsi.

b) *Life Safety (LS)*

Apabila gempa terjadi, struktur gedung mampu menahan gempa sedang tanpa kerusakan struktur. Meskipun ada kerusakan pada elemen non-struktur.

c) *Collapse Prevention (CP)*

Apabila gempa terjadi, struktur mampu menahan gempa besar tanpa terjadi keruntuhan struktur meskipun struktur telah mengalami rusak berat, artinya kerusakan struktur diizinkan terjadi namun, harus dihindari adanya korban jiwa manusia.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

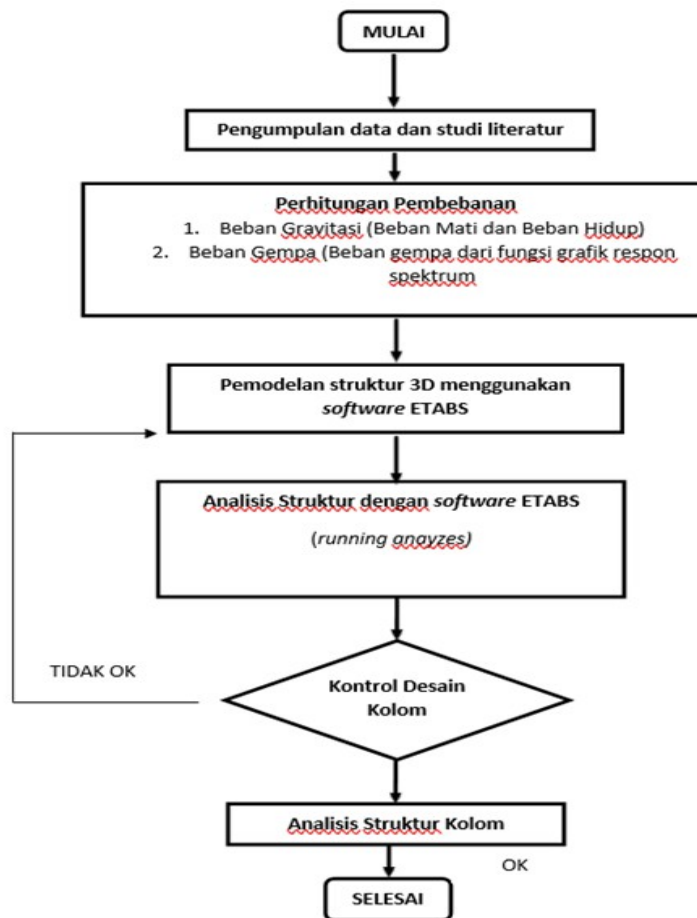
Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-studi kasus, yaitu dengan cara mengumpulkan data-data yang diperlukan dari lapangan atau lokasi studi. Metode deskriptif adalah metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian, menerangkan hubungan, dan membuat prediksi serta mendapatkan makna dan implikasi dari suatu masalah yang ingin dipecahkan . Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu studi kasus atau penelitian kasus (*case study*). Studi kasus merupakan penelitian tentang status subjek penelitian yang berkenaan dengan suatu fase spesifik dari keseluruhan personalitas.

3.2. Lokasi Penelitian

Data-data yang ada diambil dari Gedung Rumah Sakit Umum (RSU) Hermina Lampung yang berlokasi di Jalan Tulang Bawang No. 21-23, Enggal, Kota Bandar Lampung.

3.3. Diagram Alir Metodologi

Langkah-langkah atau cara yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini berdasarkan diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram alir metodologi

3.4. Penjelasan Diagram Alir

3.4.1. Pengumpulan Data

3.4.1.1. Data Umum Bangunan

Data umum bangunan sebelum dimodifikasi dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

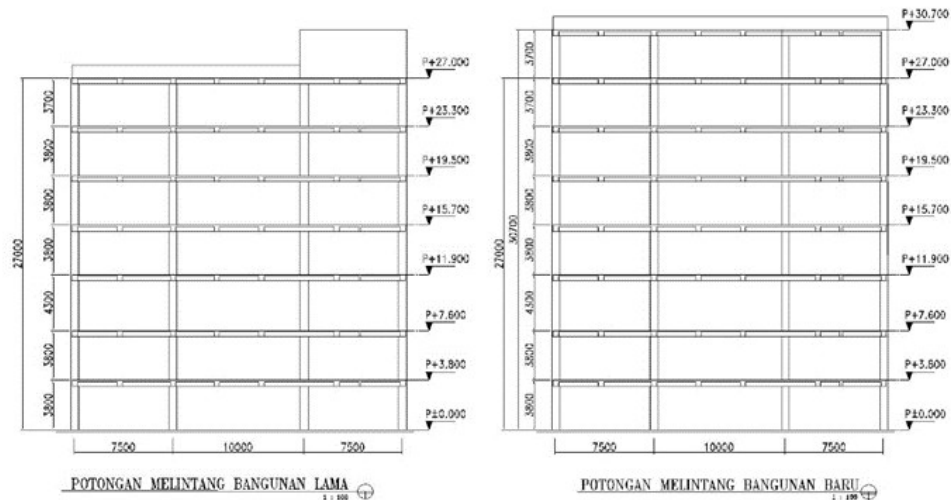
Nama gedung	: Rumah Sakit Umum Hermina Lampung
Lokasi	: Kota Bandar Lampung
Fungsi	: Gedung fasilitas umum kesehatan
Jumlah lantai	: 7 lantai + 1 lantai atap
Tinggi gedung	: 27 meter
Material struktur	: Beton bertulang
Sistem struktur	: Rangka

Sedangkan data umum bangunan setelah dimodifikasi ini yaitu sebagai berikut:

Nama gedung : Rumah Sakit Umum Hermina Lampung
Lokasi : Kota Bandar Lampung
Fungsi : Gedung fasilitas umum kesehatan
Jumlah lantai : 8 lantai
Tinggi gedung : 30,7 meter
Material struktur : Beton
Sistem struktur : Rangka

3.4.1.2. Data Gambar

Pada gambar akan dijelaskan kondisi existing dan kondisi perencanaan penambahan lantai yang akan dilakukan analisis yaitu sebagai berikut :



Gambar 2. Potongan Melintang Bangunan Lama (Kiri) dan Potongan Melintang Bangunan Baru (Kanan).

3.4.1.3. Data Tanah

Data tanah dalam penelitian ini berupa nilai N-SPT yang didapat dari hasil uji bor di lapangan.

3.4.1.4. Literatur

Literatur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: (1) SNI 1727 (2020) tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain; (2) SNI 1726 (2019) tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung; (3) SNI 1729 (2020) tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung; (4) SNI 2847 (2019) tentang Tata Cara Pemesanan Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung ; (5) Referensi lain yang berkaitan dengan struktur Beton Bertulang.

3.4.2. Preliminary Design

Preliminary Design adalah desain awal yang dilakukan oleh perencana untuk menentukan estimasi jenis material, mutu material dan dimensi material yang akan digunakan untuk mendesain struktur selanjutnya.

3.4.3. Perhitungan Beban Struktur pada Bangunan

3.4.3.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material: BSN, 2020. Berikut beberapa beban mati yang berdasarkan (SNI 1727, 2020) pasal C3.1 untuk gedung:

Tabel 1. Beban Mati Desain Minimum pada Gedung

No.	Komponen	Beban
1	<i>Steel cold-drawn</i>	77,3 kN/m ³
2	<i>Concrete plan (gravel)</i>	22,6 kN/m ³
3	<i>Concrete reinforced (gravel)</i>	23,6 kN/m ³
4	<i>Ceiling acoustical fiberboard</i>	0,05 kN/m ²
5	<i>Ceramics 19 mm (25 mm mortarbed)</i>	1,10 kN/m ²

3.4.3.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, gempa, banjir dan yang termasuk tangga tetap, sistem pegangan tangga, landasan helikopter, beban hidup atap, tabir penutup dan sistem penghalang kendaraan: BSN, 2020. Berikut beberapa beban mati berdasarkan (SNI 1727, 2020) untuk bangunan untuk rumah sakit:

Tabel 2. Beban Hidup Minimum Terdistribusi Merata

No.	Komponen	Beban
1	Beban merata	
	Ruang operasi, laboratorium	2,87 kN/m ²
	Ruang pasien	1,92 kN/m ²
	Koridor di atas lantai pertama	4,79 kN/m ²
	Koridor lantai pertama	3,83 kN/m ²
2	Beban terpusat	
	Ruang operasi, laboratorium	4,45 kN
	Ruang pasien	4,45 kN
	Koridor di atas lantai pertama	4,45 kN
3	Dudukan mesin lift	1,33 kN
4	Atap datar	0,96 kN/m ²
5	<i>Air conditioning (machine space)</i>	9,58 kN/m ²
6	<i>Floor</i>	7,18 kN/m ²
7	<i>Elevator machine room</i>	7,18 kN/m ²

3.4.3.3. Analisis Beban Gempa

Peraturan gempa yang digunakan pada pembebanan yaitu peraturan terbaru SNI 1726 (2019).

3.4.3.4. Kombinasi Pembebanan

Berikut kombinasi pembebanan dalam SNI 1726 (2019) dalam pasal 4.2. yang akan digunakan dalam perhitungan: (1) $1,4D$; (2) $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$; (3) $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$; (4) $1,2D + E_v + E_h + L + 0,2S$; (5) $0,9D - E_v - E_h$.

3.4.4. Pemodelan Struktur

Pada pemodelan struktur digunakan software program *Etabs 2016.2.1* sebagai struktur rencana ruang tiga dimensi. Analisis gempa juga menggunakan program *Etabs 2016.2.1* menggunakan Analisa respon spektrum. Adapun untuk analisa sistem struktur yang dipilih pada program *Etabs 2016.2.1* adalah sistem rangka pemikul momen khusus. *Output* yang dihasilkan dari pemodelan dan analisa struktur ini berupa gaya-gaya dalam yang digunakan untuk kontrol perhitungan elemen struktur.

3.4.5. Kontrol Perencanaan Struktur Utama

3.4.5.1. Kontrol Desain

Kontrol desain digunakan untuk mengontrol struktur dengan mengacu pada peraturan dalam SNI 1726 (2019). Kontrol desain meliputi: (1) Kontrol partisipasi massa; (2) Kontrol waktu getar alami fundamental; (3) Kontrol batas simpangan antar tingkat.

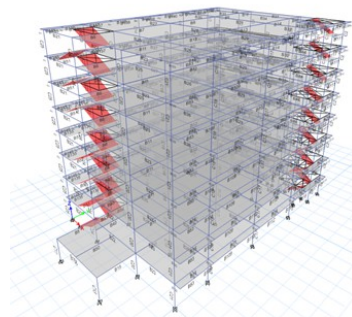
3.4.6. Analisis Struktur Kolom

Analisis struktur kolom dilakukan setelah pengecekan terhadap kontrol desain. Analisis dilakukan dengan mengacu pada SNI 1726:2019 dan 2847:2019.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan Struktur

Data umum yang digunakan dalam pemodelan struktur yaitu: (1) Tulangan utama = BJTD 40 ($f_y = 400 \text{ Mpa}$); (2) Tulangan geser = BJTP 30 ($f_y = 300 \text{ Mpa}$); (3) Mutu beton = K-300 ($f'_c = 25 \text{ Mpa}$). Setelah data pembebanan, dimensi, detail penulangan dan mutu bahan bangunan telah terkumpul. Maka pemodelan struktur dapat dilakukan. Berikut adalah pemodelan struktur Gedung RSUD Hermina Lampung menggunakan *Software Building Analysis systems* :



Gambar 3. Pemodelan Gedung RSUD Hermina Lampung

4.2. Pembebanan pada Struktur Utama

Pembebanan yang diperhitungkan dalam pemodelan struktur meliputi beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) dan beban gempa. Dalam menghitung beban gempa menggunakan metode respon spektrum dengan memperhatikan kelas situs tanah yang diperoleh dari hasil uji bor di lapangan. Berikut perhitungan hasil uji bor di lapangan untuk menentukan kelas situs tanah:

Tabel 3. Menentukan Kelas Situs Tanah

No	Kedalaman lapisan ke- <i>i</i> (m)	Tebal Lapisan (<i>di</i>) (m)	Deskripsi Jenis Tanah	Nilai <i>N-SPT</i>	$N = di / (N-SPT)$
1	1 – 3,5	2,5	SILT, MH, coklat, abu-abu, silt lempung dan pasir halus, konsistensi medium, aktivitas sedang, kepekaan tidak peka.	2	1,25
2	3,5 - 20	16,5	SILT, coklat, abu-abu, cadas, silt pasir kasar + halus dengan kerikil berlapis batu granit sedikit batu putih, hard cemented.	120	0.14
Jumlah (Σ)		19			1,388
$\bar{N} (\Sigma di / \Sigma N)$					13,694
Karena $\bar{N} < 15$, maka diketahui kelas situs SE (tanah lunak)					

4.3. Kontrol Penerimaan Model Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi menggunakan program *Etabs 2016.2.1* selanjutnya hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap batasan-batasan yang telah ditentukan dalam SNI 1726 (2019) untuk menentukan layak atau tidaknya struktur yang dimodelkan. Kontrol desain yang dilakukan meliputi (1) Kontrol partisipasi massa (2) Kontrol waktu getar alami fundamental, dan (3) Kontrol batasan simpangan (*drift*).

4.3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus dibuat sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa aktual masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau. Untuk mendapatkan hasil partisipasi massa pada struktur menggunakan bantuan program *Etabs 18* dengan menggunakan tipe analisis *Ritz Vector*. Pada suatu portal memiliki tiga derajat kebebasan atau *DoF* (*Degree of Freedom*) untuk setiap nodal yaitu 2 *DoF* translasi yaitu arah x dan y serta 1 *DoF* rotasi. Maka jumlah gaya modal ditentukan sebagai berikut:

$Mode = \text{jumlah lantai} \times 3 = 8 \times 3 = 24$.

Berikut pada Tabel 4 merupakan hasil rasio partisipasi massa pemodelan struktur yang telah dilakukan.

Tabel 4. Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,0365	0,7603
Modal	2	0,5793	0,8111
Modal	3	0,817	0,8111
Modal	4	0,8199	0,9038
Modal	5	0,8837	0,9079
Modal	6	0,9042	0,9079
Modal	7	0,9058	0,9436
Modal	8	0,9372	0,9448
Modal	9	0,9372	0,9642
Modal	10	0,9455	0,9643
Modal	11	0,9623	0,9644
Modal	12	0,9625	0,9715
Modal	13	0,9625	0,9725
Modal	14	0,9662	0,9727
Modal	15	0,9662	0,9734
Modal	16	0,9736	0,9734
Modal	17	0,9738	0,9792
Modal	18	0,9774	0,9797
Modal	19	0,9803	0,9797
Modal	20	0,9804	0,9798
Modal	21	0,9806	0,9901
Modal	22	0,9889	0,9905
Modal	23	0,9891	1
Modal	24	1	1

Berdasarkan Tabel 4 di atas diperoleh partisipasi massa pada arah X sebesar 100% pada moda ke 24 dan partisipasi massa arah Y sebesar 100% pada moda ke 24. Maka dapat disimpulkan bahwa analisis pada struktur gedung yang dimodelkan telah memenuhi syarat yang terdapat dalam SNI 1726-2019 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi 100%.

4.3.2. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

berdasarkan SNI 1726-2019 [3] pasal 7.8.2.1 digunakan persamaan berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

berdasarkan Tabel 18 SNI 1726-2019 [3] diperoleh nilai sebagai berikut :

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$h_n = 30,7 \text{ m}$$

Maka,

$$T_{a \min} = 0,0466 \times (30,7)^{0,9} = 1,0158 \text{ s}$$

Berdasarkan Tabel 4.8 SNI 1726-2019 [3], diperoleh koefisien nilai C_u sebesar 1,4. Sehingga diperoleh nilai $T_{a \max}$ sebagai berikut:

$$T_{a \max} = C_u \cdot T_{a \min} = 1,4 \times (1,0158) = 1,4221 \text{ s}$$

Berikut pada tabel 5 adalah *output* perioda yang diperoleh dari pemodelan menggunakan program *Building Analysis systems* :

Tabel 5. Perioda dan frekuensi struktur

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec
Modal	1	1,742	0,574
Modal	2	1,674	0,597
Modal	3	1,006	0,994
Modal	4	0,543	1,841
Modal	5	0,526	1,902
Modal	6	0,326	3,064
Modal	7	0,302	3,307
Modal	8	0,297	3,371
Modal	9	0,21	4,761
Modal	10	0,207	4,831
Modal	11	0,196	5,109
Modal	12	0,155	6,443
Modal	13	0,153	6,529
Modal	14	0,152	6,586
Modal	15	0,147	6,787
Modal	16	0,141	7,082
Modal	17	0,118	8,479
Modal	18	0,116	8,653
Modal	19	0,105	9,519
Modal	20	0,103	9,717
Modal	21	0,099	10,066
Modal	22	0,098	10,237
Modal	23	0,094	10,682
Modal	24	0,092	10,909

Berdasarkan tabel di atas pada modal pertama diperoleh nilai $T = 1,742$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental, nilai T baik arah gempa x dan arah gempa y lebih besar dari $T_{amax} = 1,4221$ s. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada pemodelan struktur RSUD Hermina Lampung ini dapat disimpulkan bangunan tidak memenuhi persyaratan dalam pasal 7.8.2.1 SNI 1726-2019.

4.3.3. Kontrol Batas Simpangan (*Drift*)

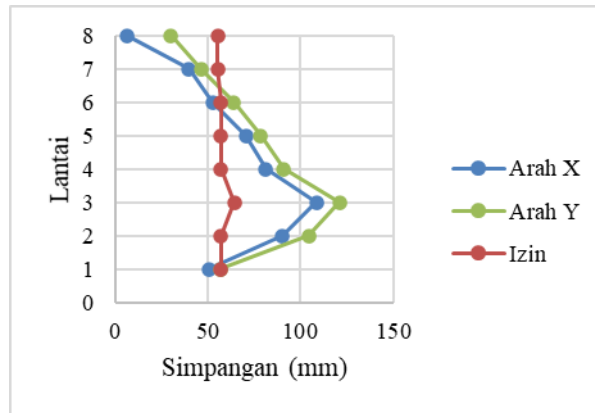
Berdasarkan pasal 7.8.6 SNI 1726-2019 [3], adanya batasan simpangan antar lantai ini bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktural dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan Tabel 12 SNI 1726-2019 [3] untuk bangunan dengan sistem rangka beton diketahui memiliki nilai $C_d = 5,5$ dan $I_e = 1,5$ maka berdasarkan Tabel 20 SNI 1726-2019, dapat dihitung simpangan struktur izin antar tingkat sebagai berikut:

$$\Delta_a = 0,015 \cdot h_{sx}$$

Dengan:

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat-x

Berikut merupakan ringkasan pengecekan kontrol batas simpangan (*drift*) yang disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 4. Kontrol batas simpangan (*drift*)

4.4. Analisis Struktur Kolom

Analisis struktur kolom dilakukan setelah dilakukan pengecekan terhadap kontrol-kontrol yang dipersyaratkan dalam SNI 1726:2019. Selanjutnya dilakukan analisis mendetail pada struktur kolom, dikarenakan penambahan struktur 1 lantai akan menimbulkan gaya aksial yang akan dipikul oleh struktur kolom. Berikut dilakukan pengecekan terhadap struktur kolom eksisting.

4.4.1 Pengecekan Kekuatan Lentur Minimum Kolom

Dari hasil perhitungan analisis kolom dilakukan Pengecekan kekuatan lentur minimum kolom yang disajikan pada tabel 5 berikut.

Tabel 6. Pengecekan kuat lentur minimum kolom

Tipe Kolom	Mnc (kNm)	Mn balok tumpuan (+) (kNm)	Mn balok tumpua (kNm)	
Lantai 1	989,67	274,7995	274,7995	
Lantai 2	587,72	274,7995	274,7995	
Lantai 3	810,58	274,7995	274,7995	
Lantai 4	922,57	274,7995	274,7995	
Lantai 5	736,29	274,7995	274,7995	
Lantai 6	812,45	274,7995	274,7995	
Lantai 7	752,33	274,7995	274,7995	
Lantai 8	-753,7	274,7995	274,7995	

Dari tabel 6 diatas dapat disimpulkan bahwa kekuatan lentur semua kolom dari lantai 1 sampai dengan lantai 8 aman.

4.4.2 Luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 1% A_g dan tidak boleh lebih dari 6% A_g .

Tabel 7. Pengecekan syarat luas minimum tulangan longitudinal

Tipe Kolom	Tulangan Pakai	A_s (mm ²)	A_g (mm ²)	Rasio tulai	
Lantai 1	24D22	9123,1851	490000	0,01	
Lantai 2	24D19	6804,6897	360000	0,01	
Lantai 3	24D19	6804,6897	360000	0,01	
Lantai 4	24D19	6804,6897	360000	0,01	
Lantai 5	24D19	6804,6897	360000	0,01	
Lantai 6	24D19	6804,6897	360000	0,01	
Lantai 7	24D19	6804,6897	360000	0,01	
Lantai 8	4D19	6804,6897	360000	0,01	

Dari tabel 7 diatas dapat disimpulkan Luas tulangan longitudinal berada diantara 1% Ag dan 6% Ag sehingga masih memenuhi persyaratan.

4.4.3 Pengecekan Kapasitas Kolom terhadap Beban Aksial

Berikut pada tabel 8 dan tabel 9 merupakan hasil pengecekan kapasitas beban aksial kolom baik tanpa beban gempa dan dengan kombinasi beban gempa.

Tabel 8. Pengecekan Kapasitas Beban Aksial Kolom Tanpa Beban Gempa

Tipe Kolom	Ast (mm ²)	Ag (mm ²)	Po (kN)	ΦPn_{max} (kN)	Pu (kN)	Ci
Lantai 1	9118,56	490000	13825,28	7189,145	1235,9	O
Lantai 2	6801,24	360000	10195,95	5301,893	1080,7	O
Lantai 3	6801,24	360000	10195,95	5301,893	1000,5	O
Lantai 4	6801,24	360000	10195,95	5301,893	893,98	O
Lantai 5	6801,24	360000	10195,95	5301,893	741,54	O
Lantai 6	6801,24	360000	10195,95	5301,893	555,2	O
Lantai 7	6801,24	360000	10195,95	5301,893	220,38	O
Lantai 8	6801,24	360000	10195,95	5301,893	100,56	O

Tabel 9. Pengecekan Kapasitas Beban Aksial Kolom Dengan kombinasi Beban Gempa

Tipe Kolom	Ast (mm ²)	Ag (mm ²)	Po (kN)	ΦPn_{max} (kN)	Pu (kN)	Ci
Lantai 1	9118,56	490000	13825,28	7189,145	7730,9	NOT
Lantai 2	6801,24	360000	10195,95	5301,893	6977,7	NOT
Lantai 3	6801,24	360000	10195,95	5301,893	5690,6	NOT
Lantai 4	6801,24	360000	10195,95	5301,893	4297,7	O
Lantai 5	6801,24	360000	10195,95	5301,893	3114,8	O
Lantai 6	6801,24	360000	10195,95	5301,893	2066,1	O
Lantai 7	6801,24	360000	10195,95	5301,893	927,26	O
Lantai 8	6801,24	360000	10195,95	5301,893	681,8	O

Berdasarkan pengecekan kapasitas kolom terhadap beban aksial yang disajikan pada tabel 8 dan 9 diatas, dapat disimpulkan bahwa kolom RSUD Hermina Lampung adalah aman dengan pembebanan tanpa kombinasi beban gempa. Namun, Ketika mendapat beban dengan beban terkombinasi beban gempa, kolom lantai 1, 2 dan 3 tidak aman.

4.4.4. Perbandingan Output Gaya Dalam Dengan Beban Gempa dan Tanpa Beban Gempa Untuk mengetahui pengaruh dari kombinasi beban gempa, selanjutnya dilakukan perbandingan gaya dalam saat terkombinasi beban gempa dan tanpa beban gempa yang disajikan pada tabel 10-12 sebagai berikut.

Tabel 10. Perbandingan Nilai Momen Ultimate (Mu)

Kolom	Mu Tanpa Beban Gempa (kNm)	Mu Dengan Beban Gempa (kNm)	Perbandir
Lantai 1	323,7764	1404,691	434%
Lantai 2	153,3296	810,6039	529%
Lantai 3	131,5537	735,6927	559%
Lantai 4	117,6354	712,5587	606%
Lantai 5	96,8915	586,2769	605%
Lantai 6	72,5871	447,3855	616%
Lantai 7	39,1605	107,6413	275%
Lantai 8	40,6021	175,5242	432%

Tabel 11. Perbandingan Nilai Beban Aksial (Pu)

Kolom	Mu Tanpa Beban Gempa (kNm)	Mu Dengan Beban Gempa (kNm)	Perbandir
Lantai 1	-3564,4019	-7730,8971	217%
Lantai 2	-3144,818	-6977,7064	222%
Lantai 3	-2613,8417	-5690,5623	218%
Lantai 4	-2080,0818	-4297,6761	207%
Lantai 5	-1594,065	-3114,8299	195%
Lantai 6	-1128,3685	-2066,0725	183%
Lantai 7	-454,5156	-927,2611	204%
Lantai 8	-285,2245	-681,7995	239%

Tabel 12. Perbandingan Nilai Beban Geser (V_u)

Kolom	V_u Tanpa Beban Gempa (kN)	V_u Dengan Beban Gempa (kN)	Perbandingan
Lantai 1	323,7764	1571,7898	485%
Lantai 2	153,3296	913,6642	596%
Lantai 3	131,5537	1077,6458	819%
Lantai 4	117,6354	913,8838	777%
Lantai 5	102,9844	771,7112	749%
Lantai 6	108,0093	447,3855	414%
Lantai 7	39,1605	133,4062	341%
Lantai 8	55,3519	217,5042	393%

Dari tabel 10-12 dapat dilihat perbandingan nilai momen *ultimate*, beban aksial dan beban geser diatas dapat diketahui bahwa struktur Gedung RSUD Hermina Lampung Ketika dianalisis dengan kombinasi beban gempa mengalami kenaikan nilai sebesar 200% hingga 800%. Dapat diartikan bahwa pembebanan gempa sangat penting untuk diperhitungkan dalam kombinasi terutama bagi wilayah di Indonesia yang memiliki pergerakan lempeng aktif agar bangunan yang direncanakan aman untuk digunakan berdasarkan SNI 1726-2019.

Pada penelitian (Rahman, 2014) yang dilakukan di daerah Lampung Barat dengan bangunan sekolah tiga lantai, didapatkan faktor keutamaan gempa berada di kategori IV dan nilai $I_e = 1,5$. Berdasarkan penyelidikan tanah yang sudah dilakukan, didapatkan kondisi tanah di lapangan adalah tanah keras (SC). dilakukan analisis struktur bangunan dengan tidak menggunakan beban gempa dan menggunakan beban gempa, maka didapatkan kesimpulan bahwa kenaikan nilai momen dan lintang dari struktur bangunan tersebut sebesar:

Mu Balok	: 200% – 1700%
V_u Balok	: 200% – 800%
Mu Kolom	: 800% – 2500%
V_u Kolom	: 200% – 800%
P_u Kolom	: 800% – 2500%

Dari data diatas dapat diketahui bahwa nilai perbandingan kenaikan gaya struktur bangunan setelah diberi beban gempa tidak terlalu berbeda jauh dengan hasil yang dilakukan penelitian ini yang didapatkan kenaikan gaya struktur rata-rata sebesar 200% – 819%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap konstruksi Gedung RSUD Hermina Lampung didapatkan kesimpulan adalah Berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental, Struktur Gedung RSUD Hermina Lampung dengan tambahan satu lantai adalah tidak aman dikarenakan nilai Periode (T) pada moda satu sebesar 1,742 s melebihi dari nilai T_a max sebesar 1,4221 s sebagaimana dipersyaratkan dalam pasal 7.8.2.1 SNI 1726-2019. Berdasarkan kontrol batas simpangan (*drift*), Struktur Gedung RSUD Hermina Lampung dengan tambahan satu lantai adalah tidak aman dikarenakan simpangan arah X yang terjadi pada lantai 2 sampai dengan lantai 5 dan simpangan arah Y yang terjadi pada lantai 2 sampai dengan lantai 6 melebihi simpangan izin (*drift limit*) yang disyaratkan SNI 1726-2019.

Kemudian berdasarkan pengecekan kapasitas beban aksial kolom struktur Gedung RSUD Hermina Lampung dengan tambahan satu lantai tanpa kombinasi beban gempa terdapat satu kolom yang tidak aman yaitu pada kolom K1 (600X600) *frame* C24 sedangkan pada

analisis terkomposisi dengan beban gempa kolom yang dianalisis pada lantai 1 sampai dengan lantai 4 tidak aman. Dapat disimpulkan dari pengecekan kapasitas kolom bahwa kolom eksisting tidak mampu menahan beban tambahan berupa satu lantai sehingga diperlukan perkuatan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 41-13. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Concrete Buildings. *Applied Technology Council, 1*.
- Badan Pusat Statistik. (2013). Katalog BPS: 2101018. In *Bps*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. *Sni 1726:2019*, 8, 254.
- Rahman, A. (2014). *Jurusan teknik sipil fakultas teknik universitas negeri semarang 2014*.
- SNI 1727, 2020. (2020). Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain 1727:2020. *Badan Standarisasi Nasional 1727:2020*, 8, 1–336.
- Taqiyah, P. B., & Putra, Y. D. H. (2016). *Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang Pada Gedung SMP Muhammadiyah 5 Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*. <https://repository.its.ac.id/63461/>