

Analisis Pembebanan Pada Upper Structure Gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah, Desa Pembuang Hulu I, Kecamatan Hanau, Kabupaten Seruyan

Khoerul Fitrianto¹, Weimintoro²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Pancasakti Tegal,
Jl. Halmahera KM. 1, Tegal, Jawa Tengah Indonesia
**Corresponding Author: khoerulfitrianto19@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk, (1) Melakukan analisis beban mati, beban hidup, dan beban gempa pada struktur gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B, (2) Menganalisis pembebanan pada struktur gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B menggunakan program bantu ETABS. Metode yang digunakan dalam penelitian ini analisis struktur dilakukan secara 3 dimensi untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pertama-tama dilakukan analisis eigenvalue untuk menentukan mode dan perioda getaran yang dominan. Data perioda getar dari analisis ini digunakan untuk menentukan gaya gempa statik dan dinamik berdasarkan respon spektra yang sesuai. Analisis struktur 3 dimensi dengan memperhatikan efek torsi kemudian dilakukan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam. Analisis dilakukan baik secara statik maupun dinamik. Analisis struktur dilakukan dengan bantuan program ETABS. Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan yang dilakukan pada proyek pembangunan Gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B Kalimantan Tengah, (1) Beban gempa dianalisis dengan dua metode yaitu metode static ekuivalen dan metode analisis respons spectrum dengan program bantu ETABS. Dari hasil analisis metode static ekuivalen didapat gaya geser dasar pada struktur adalah 3405 kN. Sedangkan untuk metode analisis respons spectrum didapat gaya geser dasar pada struktur adalah 3404,49 kN untuk arah X dan 3406,44 kN untuk arah Y dengan keterangan OK (terpenuhi), (2) Hasil analisis simpangan antar tingkat lantai arah x (Δx) dan arah y (Δy) terpenuhi sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.12 dijelaskan bahwa simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a).

Kata kunci: struktur, analisis, perencanaan, ETABS, beban gempa, pembebanan, gaya

PENDAHULUAN

Dalam bidang teknik sipil sering kali kita dihadapkan dengan analisis pembebanan pada struktur gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B Kalimantan Tengah. Analisis pembebanan yang dibahas meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang bekerja pada struktur gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B dan dianalisis menggunakan program bantu ETABS2018. Analisis tersebut akan dijelaskan secara rinci sehingga dapat dipahami dengan baik dan jelas.

Analisis struktur merupakan proses yang penting dalam merencanakan struktur gedung tingkat tinggi. Analisis struktur gedung tingkat tinggi perlu dioptimalisasi dalam proses perhitungannya guna struktur gedung memiliki kekuatan yang baik dan tahan terhadap gempa sehingga gedung dapat memberikan kenyamanan dan keselamatan pada penggunaannya. Proses yang perlu diperhatikan dalam analisis struktur adalah perhitungan pembebanan yang terjadi pada struktur. Pembebanan yang terjadi pada struktur gedung bertingkat tinggi umumnya adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Pengaruh pembebanan yang terjadi pada struktur akan diteruskan pada pondasi (Raharjo & Sujud, 2019).

Struktur gedung bertingkat tinggi umumnya menggunakan sistem struktur berupa sistem dinding geser. Sistem dinding geser digunakan untuk meningkatkan kekakuan lateral pada struktur gedung tingkat tinggi dan menahan gaya geser pada struktur akibat beban gempa. Penggunaan dinding geser juga dapat memperkecil simpangan yang terjadi pada struktur gedung akibat beban gempa yang terjadi (Mulyandari, 2020).

Perencanaan bangunan gedung bertingkat akan mempertimbangkan efisiensi dan mengacu pada peraturan SNI 2847:2019, tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan SNI 1726:2019, yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Serta pada penelitian ini mengacu SNI 1727:2020, tentang persyaratan beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Selain itu, analisa struktur juga merupakan faktor penting dalam perencanaan bangunan gedung, karena dari analisa struktur akan dihasilkan gaya-gaya seperti momen lentur, gaya geser, gaya aksial yang nantiya akan menjadi patokan dalam mendesain elemen struktur, yang diharapkan mampu menahan semua beban yang ada termasuk beban akibat gempa.

METODOLOGI PERENCANAAN

Obyek Perencanaan

Bangunan yang akan direncanakan adalah struktur portal beton bertulang pada Gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B yang terdiri dari 8 lantai dengan tinggi 38,93 meter dan memiliki luas bangunan 32.184 m².

Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan proyek ini adalah bangunan Gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B 8 lantai di Desa Pembuang Hulu I, Kecamatan Hanau, Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah.

Pedoman Perencanaan

Berdasarkan standar SNI berikut ini:

1. SNI 1727:2020, yaitu Beban Minimum untuk Perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
2. SNI 1726:2019, yaitu Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
3. SNI 2847:2019, yaitu Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Metode Pengumpulan Data

1. Pengumpulan Data Primer

Data primer didapat dari data yang sudah ada seperti gambar denah pekerjaan proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B 8 lantai dan data material dari proyek perencanaan tersebut.

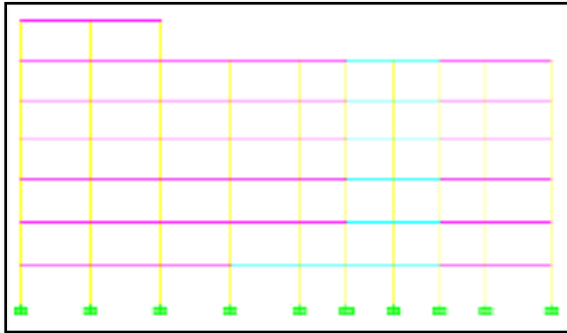
2. Studi Literatur

Kajian yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu dari hasil Perencanaan ahli-ahli teknik sipil, buku-buku literatur yang berhubungan dengan kajian, dan standar-standar yang digunakan dalam perencanaan bangunan beton bertulang.

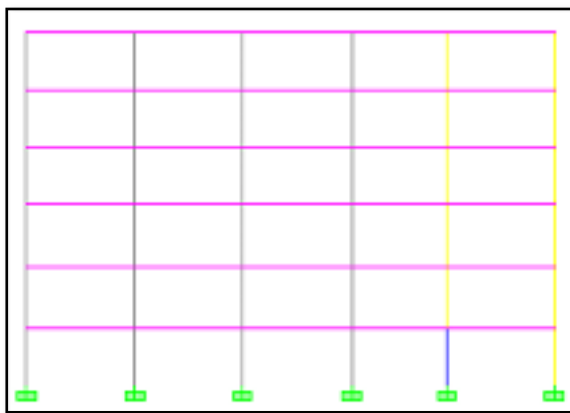
Data Bangunan

1. Nama proyek : DED Rumah Sakit Rujukan Kelas B Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah Tahun Anggaran 2021.
2. Fungsi bangunan : Rumah Sakit Rujukan Kelas B.
3. Tipe bangunan : Bangunan Beton Bertulang
4. Tinggi bangunan : 38,93 meter
5. Jumlah lantai : 8 Lantai.

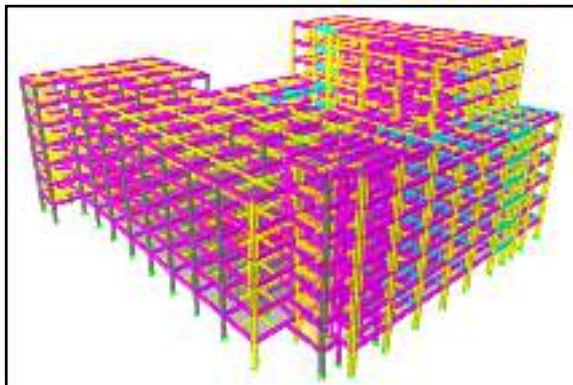
6. Luas bangunan : 32.184 m².



Gambar 1. Tampak Depan Struktur
(Sumber: Etabs)



Gambar 2. Tampak Samping Struktur
(Sumber: Etabs)



Gambar 3. Model 3D Bangunan
(Sumber: Etabs)

Data Material

1. Mutu beton yang digunakan dalam perencanaan bangunan ini memiliki kuat tekan beton (f_c) sebesar 30 MPa.
2. Mutu beton yang digunakan untuk struktur atas (Kolom, Balok, Pelat, Dan Shearwall) memiliki kuat tekan beton (f_c) sebesar 30 MPa.
3. Tegangan leleh yang digunakan untuk tulangan memanjang adalah BJTS 42 sebesar 420 MPa.

Analisis Data

Analisis data untuk beban gempa statik ekuivalen yaitu dengan meninjau beban-beban gempa statik ekuivalen.

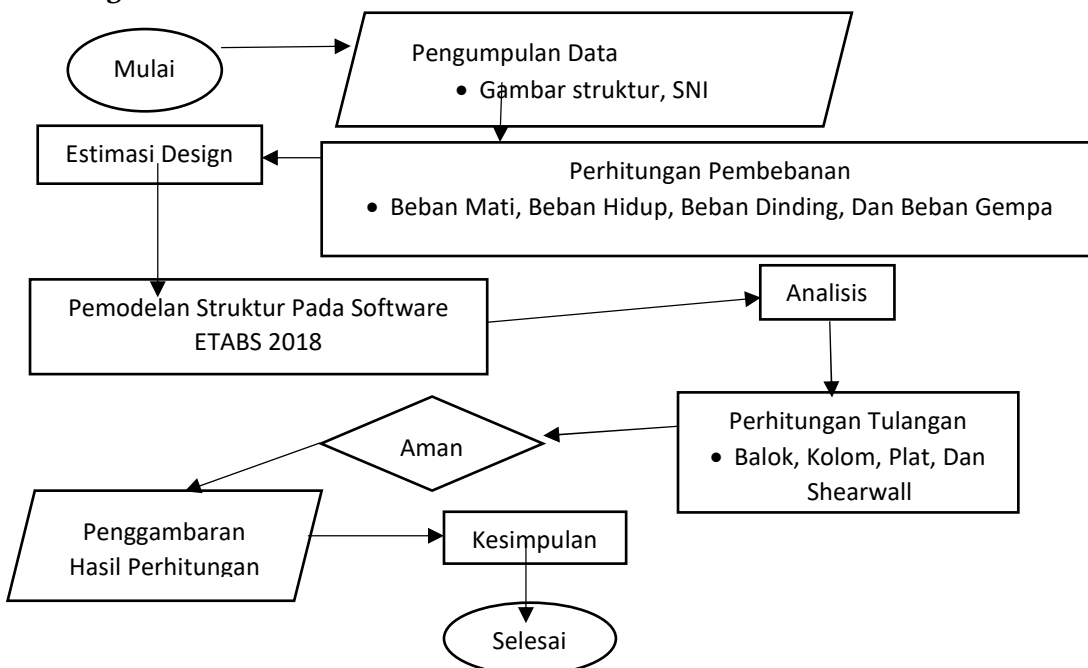
Konfigurasi kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dapat dilihat sebagai berikut:

1. $1,0 D + 1,0 LL$
2. $1,4 D$
3. $1,2 D + 1,6 LL + 0,5 Lr$
4. $1,21 D + 1 LL + 0,39 EQ_x + 1,3 EQ_y$
5. $1,21 D + 1 LL - 0,39 EQ_x + 1,3 EQ_y$
6. $1,21 D + 1 LL + 0,39 EQ_x - 1,3 EQ_y$
7. $1,21 D + 1 LL - 0,39 EQ_x - 1,3 EQ_y$
8. $1,21 D + 1 LL + 1,30 EQ_x + 0,39 EQ_y$
9. $1,21 D + 1 LL - 1,30 EQ_x + 0,39 EQ_y$
10. $1,21 D + 1 LL + 1,30 EQ_x - 0,39 EQ_y$
11. $1,21 D + 1 LL - 1,30 EQ_x - 0,39 EQ_y$
12. $0,89 D + 0,39 EQ_x + 1,3 EQ_y$
13. $0,89 D - 0,39 EQ_x + 1,3 EQ_y$
14. $0,89 D + 0,39 EQ_x - 1,3 EQ_y$
15. $0,89 D - 0,39 EQ_x - 1,3 EQ_y$
16. $0,89 D + 1,30 EQ_x + 0,39 EQ_y$
17. $0,89 D - 1,30 Q_{ex} + 0,39 EQ_y$
18. $0,89 D + 1,30 Q_{ex} - 0,39 EQ_y$
19. $0,89 D - 1,30 Q_{ex} - 0,39 EQ_y$

Keterangan:

- D : Beban mati.
- L : Beban hidup.
- Lr : Roof Live.
- EQ_x : Beban gempa arah sumbu x.
- EQ_y : Beban gempa arah sumbu y.
- Qu : Beban merata.

Diagram Alir Perencanaan



HASIL DAN PEMBAHASAN
Analisis Pembebanan Struktur

1. Beban Mati

Jenis dan nilai beban mati yang dimasukkan dalam pemodelan struktur dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis Dan Nilai Beban Mati

Jenis Beban	Nilai Beban	Satuan
Berat Sendiri: - Beton Bertulang	24	kN/m ³
Beban Mati Tambahan		
- Adukan semen	0,42	kN/m ²
- Mekanikal dan eletrikal	0,3	kN/m ²
- Penutup lantai ubin	0,24	kN/m ²
- Penutup langit-langit	0,07	kN/m ²
- Lain-lain	0,57	kN/m ²
- Beban roof tank atap	20	kN/m ²
- Beban gondola	5	kN/m ²
- Beban ruang mesin lift	10	kN/m ²

(Sumber: Proyek Rumah Sakit Rujukan Kelas B)

2. Beban Hidup

Beban hidup untuk gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B yang dimasukkan dalam permodelan struktur didasarkan pada SNI 1727 tahun 2020 subbab 4.3.1.

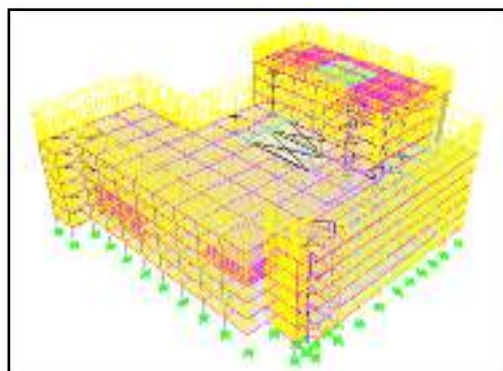
Tabel 2. Penggunaan Dan Nilai Beban Hidup

Penggunaan	Nilai Beban	Satuan
Rawat inap	1,92	kN/m ²
Area public	4,79	kN/m ²
Lab dan operasi	2,87	kN/m ²
Tangga	4,79	kN/m ²
Atap	1,5	kN/m ²

(Sumber: Proyek Rumah Sakit Rujukan Kelas B)

3. Beban Dinding

Nilai beban dinding yang dimasukkan dalam pemodelan struktur adalah beban dinding ½ bata (bata ringan) 1,2 kN/m².



Gambar 4. Pemodelan Beban Dinding
(Sumber: Etabs)

4. Beban Gempa

a. Analisis Respons Spectrum

Data yang digunakan untuk menghitung pembebanan gempa yang terjadi pada struktur adalah:

- 1) Fungsi bangunan: Rumah Sakit Rujukan Kelas B.
- 2) Lokasi bangunan: Kalimantan Tengah.
- 3) Kelas tanah: SE (Tanah Lunak).

Oleh karena itu, untuk menentukan grafik respons spectrum desain, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1) Menentukan Kategori Risiko:

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, kategori resiko untuk gedung rumah sakit adalah kategori resiko IV.

SNI 1726:2019

Tabel 3 – Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (lanjutan)

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai risiko yang paling tinggi, termasuk tempat ibadah, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Gedung bersejarah, museum, monumen, dan bangunan bersejarah lainnya - Gedung bersejarah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas kedokteran dan unit gawat darurat - Fasilitas pendidikan, olahraga, rekreasi, dan hiburan publik yang memiliki kapasitas penonton - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas keselamatan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggapi darurat - Pusat pemangku energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Risiko fasilitas (karena bencana tsunamikanal, longsor, pemukiman takbertahan, resiko pendangkalan, abrasi, stabilitas lereng, tanggul pemukiman kelurahan atau struktur rumah atau struktur pendukung di atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang digunakan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	IV

Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV

Tabel 3. Kategori Risiko Jenis Pemanfaatan
(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

2) Menentukan faktor keutamaan (I_e):

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, faktor keutamaan untuk kategori resiko IV adalah 1,50.

Tabel 4. Faktor Keutamaan Gempa
(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

Tabel 4 – Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

3) Menentukan nilai koefisien situs (F_a dan F_v):

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, untuk nilai $S_s = 0,032g$ dan $S_1 = 0,0389g$ Dan kelas tanah lunak, maka nilai F_a dan F_v adalah:

$$F_a = 2,4$$

$$F_v = 4,2$$

Tabel 5. Nilai Koefisien Situs F_a Dan F_v
(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

Tabel 6 – Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0.2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

CATATAN:
(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 7 – Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

CATATAN:
(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

4) Menentukan nilai parameter percepatan spektral respons pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1})

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726 tahun 2019, nilai S_{MS} dan S_{M1} adalah:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 2,4 \cdot 0,032 = 0,0768g.$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 4,2 \cdot 0,0389 = 0,1634g.$$

Keterangan:

S_s : Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

S_1 : Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik.

F_a : Koefisien situs pada tabel 4 SNI 1726:2019 untuk periode pendek.

F_v : Koefisien situs pada tabel 5 SNI 1726:2019 untuk periode 1 detik.

5) Menentukan nilai parameter percepatan spektral rencana pada periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1})

Berdasarkan SNI tahun 2019, nilai S_{DS} dan S_{D1} harus dilakukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 0,0768g = 0,0512g$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0,1634g = 0,1089g$$

6) Menentukan kategori desain seismic

Menurut SNI 1726:2019 tabel 8 dan tabel 9, kategori desain seismic berdasarkan nilai S_{DS} yaitu kategori A dan nilai S_{D1} yaitu kategori C.

Tabel 6. Kategori Desain Seismic
(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

7) Menentukan nilai koefisien modifikasi respons (R), faktor kekuatan berlebih (Ω_0), dan faktor pembesaran defleksi (C_d)

Berdasarkan gedung pada laporan ini memiliki kategori desain seismic D, dan berdasarkan tabel 12 SNI 1726 tahun 2019 untuk system ganda dengan rangka pemikul momen khusus dan dinding geser beton bertulang khusus, nilai koefisien dan faktornya adalah:

(SRPMK)

Koefisien modifikasi respons (R) = 7;

Faktor kekuatan berlebih (Ω_0) = 2,5;

Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5;

Tabel 7. Nilai Koefisien Modifikasi (R), (Ω_0), Dan (C_d)

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismic yang ditetapkan									
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentrasi khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{5b}	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ^{5a}	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentrasi khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB	TB

(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

8) Mendesain model respons spectrum

Untuk mendesain model respon spectrum, ketentuan dalam mendesainnya didasarkan pada SNI tahun 2019 sebagai berikut:

a) Batasan periode

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{SD1}{SDS} = 0,2 \cdot \frac{0,0512g}{0,1089g} = 0,426 \text{ s}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} = \frac{0,0512g}{0,1089g} = 2,128 \text{ s}$$

b) Nilai S_a saat $T < T_0$

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + \frac{0,6T}{T_0} \right)$$

Saat $T = 0 \text{ s}$, maka :

$$S_a = 0,1089g \left(0,4 + \frac{0}{0,426} \right) = 0,04356g$$

c) Nilai S_a saat $T_0 < T < T_s$

$$S_a = S_{DS} = 0,1089g$$

d) Nilai S_a saat $T \geq T_s$

$$S_a = \frac{SD_1}{T}$$

Saat $T = 1$ s, maka :

$$S_a = \frac{0,0512g}{1} = 0,0512g$$

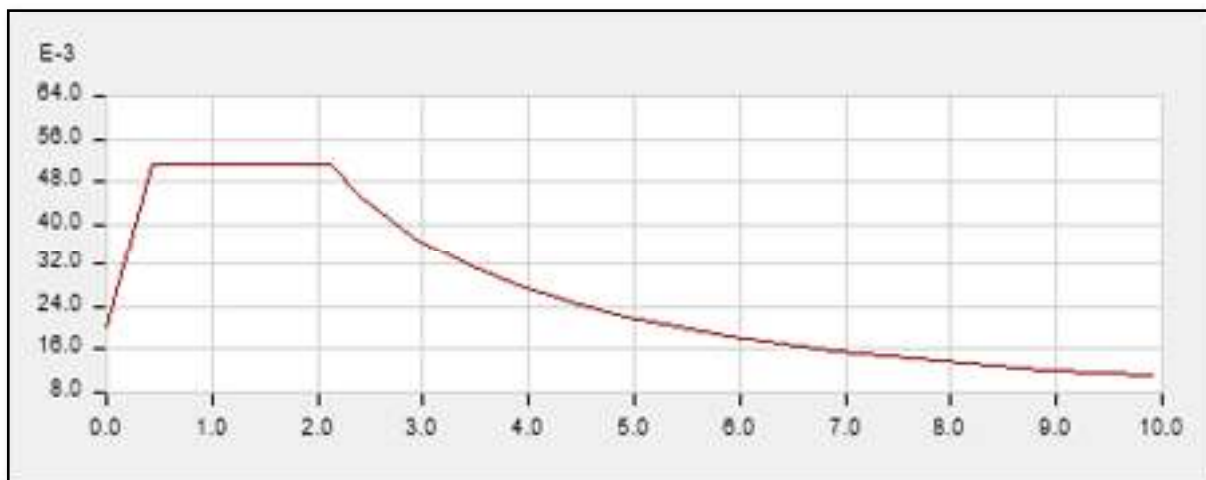
Keterangan:

S_a : Spektrum respon percepatan desain.

T : Periode getar fundamental struktur.

T_0 : 0,2 dikali perbandingan antara S_{D1} dan S_{DS} .

T_s : Perbandingan antara S_{D1} dan S_{DS} . Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan desain model response spectrum yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Respons Spectrum
(Sumber: Etabs)

b. Analisis static ekuivalen

Data yang digunakan dalam analisis static ekuivalen adalah berat struktur per lantai dan tinggi lantai yang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Data Berat Struktur Dan Tinggi Per-Lantai

Lantai	Berat Lantai (Kg)	Tinggi Lantai (m)
Lantai Atap	16974,36	38,93
Lantai 8	11640,51	34,68
Lantai 7	18730,62	30,43
Lantai 6	42672,94	26,18
Lantai 5	39909,92	21,93
Lantai 4	41181,03	17,68
Lantai 3	50684,14	13,43
Lantai 2	47162,61	8,84
Lantai 1	41416,07	4,25
Total	310372,21	38,93

(Sumber: Proyek Rumah Sakit Rujukan Kelas B)

1) Menentukan periode fundamental

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019 pada tabel 18 dan tabel 17, nilai periode fundamental dapat dihitung dengan cara pendekatan dengan persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x = 0,0488 \cdot 38,93^{0,75} = 0,761 \text{ s}$$

$$T_{max} = C_u \cdot T_a = 1,6 \cdot 0,761 = 1,217 \text{ s}$$

Keterangan:

T_a : Periode fundamental pendekatan (detik).

C_t : Faktor pengali periode pendekatan.

x : Faktor pengali periode pendekatan.

h_n adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 18 SNI 1726:2019.

Tabel 9. Koefisien Untuk Batas Atas Pada Peiode Yang Dihitung
(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, SD_1	Koefisien C_s
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 10. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t Dan x
(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

2) Menghitung koefisien respons seismik

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, nilai koefisien respons seismic (C_s) adalah sebagai berikut:

$$C_s = \frac{SDS}{R/1e} = \frac{0,0512}{7/1,5} = 0,011$$

Nilai koefisien respons seismik tidak boleh melebihi nilai persamaan berikut jika $T < T_L$:

$$C_{s,max} = \frac{SD1}{T(R/1e)} = \frac{0,0512}{1,217(7/1,5)} = 0,019$$

Struktur yang berlokasi di daerah Desa Pembuang Hulu I, Kalimantan Tengah di mana $S_1 > 0,039$. Oleh karena itu, nilai koefisien respons seismic (C_s yang dipakai) = 0,019.

Keterangan:

- C_s : Koefisien respon seismic.
- R : Koefisien modifikasi respon.
- I_e : Faktor keutamaan gempa.
- T : Periode bangunan struktur (s).
- S_{DS} : Respons spectra pada percepatan periode pendek.
- S_{D1} : Respons spectra pada percepatan periode 1 detik.
- S_1 : Parameter respons spectral percepatan gempa terpetakan periode 1.

3) Menghitung gaya geser dasar seismic

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, Gaya geser dasar seismic adalah total dari seluruh gaya lateral akibat gempa yang diterima oleh bangunan gedung yang sedang ditinjau dan merupakan total dari gaya lateral gempa yang diterima setiap lantainya. Besarnya gaya geser dasar seismic (V) adalah berikut ini:

$$V = C_s W = 0,011 \cdot 310372,21 = 3405 \text{ kN}$$

Keterangan :

- V : Gaya geser dasar seismic (ton).
- C_s : Koefisien respon seismic.
- W : Berat gravitasi total struktur gedung efektif (ton).

Evaluasi Hasil Analisis Struktur

Evaluasi dan hasil analisis struktur bangunan dilakukan dengan cara mencari data umum, data teknis proyek dan informasi yang mendukung perencanaan struktur seperti gambar struktur, pembebanan yang akan digunakan beserta kriterianya. Evaluasi hasil analisis struktur yang dilakukan adalah control partisipasi massa, control analisis response spectrum, dan analisis simpangan antar tingkat lantai.

1. Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan pasal 7.9.1 SNI 1726 tahun 2019, Jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metode ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90% dari massa actual pada masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau model. Dari hasil analisis pada program ETABS2018 terdapat jumlah partisipasi massa telah memenuhi persyaratan SNI 1726 tahun 2019 dapat dilihat pada gambar.

NODAL PARTICIPATING MASS RATIOS						
NODE NUMBER	X-TRANS MASS <GRB>	Y-TRANS MASS <GRB>	Z-TRANS MASS <GRB>	UX-ROTB MASS <GRB>	UY-ROTB MASS <GRB>	UZ-ROTB MASS <GRB>
Node 1	0.23 < 80>	75.85 < 70>	0.00 < 0>	35.37 < 70>	0.23 < 80>	1.25 < 10>
Node 2	54.25 < 80>	0.22 < 70>	0.00 < 0>	0.44 < 80>	95.84 < 80>	1.40 < 10>
Node 3	1.23 < 90>	0.80 < 70>	0.00 < 0>	3.24 < 90>	1.83 < 90>	52.14 < 80>
Node 4	0.84 < 90>	11.61 < 80>	0.00 < 0>	0.59 < 1000>	0.80 < 90>	4.22 < 80>
Node 5	0.12 < 90>	2.82 < 80>	0.00 < 0>	0.85 < 1000>	0.84 < 90>	5.15 < 70>
Node 6	12.85 < 70>	0.88 < 80>	0.00 < 0>	0.81 < 1000>	1.14 < 90>	0.80 < 70>
Node 7	7.85 < 80>	0.87 < 80>	0.00 < 0>	0.80 < 1000>	0.32 < 1000>	0.35 < 70>
Node 8	0.82 < 80>	0.33 < 80>	0.00 < 0>	0.85 < 1000>	0.80 < 1000>	2.30 < 70>
Node 9	1.81 < 80>	1.57 < 80>	0.00 < 0>	0.88 < 1000>	0.85 < 1000>	5.35 < 80>
Node 10	0.71 < 80>	1.67 < 80>	0.00 < 0>	0.80 < 1000>	0.81 < 1000>	2.33 < 80>
Node 11	0.85 < 80>	0.23 < 80>	0.00 < 0>	0.84 < 1000>	0.82 < 1000>	2.60 < 80>
Node 12	1.74 < 80>	0.53 < 80>	0.00 < 0>	0.82 < 1000>	0.85 < 1000>	0.84 < 80>
Node 13	0.58 < 80>	0.85 < 80>	0.00 < 0>	0.80 < 1000>	0.85 < 1000>	2.31 < 80>
Node 14	0.35 < 90>	0.81 < 80>	0.00 < 0>	0.82 < 1000>	0.83 < 1000>	5.22 < 80>
Node 15	0.30 < 90>	1.29 < 80>	0.00 < 0>	0.81 < 1000>	0.81 < 1000>	0.89 < 90>
Node 16	0.87 < 90>	0.54 < 80>	0.00 < 0>	0.82 < 1000>	0.80 < 1000>	0.85 < 90>
Node 17	1.88 < 80>	0.80 < 80>	0.00 < 0>	0.80 < 1000>	0.82 < 1000>	0.81 < 90>
Node 18	0.82 < 90>	0.83 < 80>	0.00 < 0>	0.81 < 1000>	0.84 < 1000>	0.82 < 90>
Node 19	0.88 < 90>	0.22 < 80>	0.00 < 0>	0.80 < 1000>	0.80 < 1000>	0.80 < 90>
Node 20	0.34 < 90>	0.85 < 80>	0.00 < 0>	0.80 < 1000>	0.81 < 1000>	0.55 < 80>

Gambar 6. Partisipasi Massa Rasio
(Sumber: Etabs)

2. Kontrol Hasil Analisis Response Spektrum

Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019, diisyaratkan nilai gaya geser dasar hasil analisis (V_t) harus $\geq 100\%$ gaya geser dasar hasil analisis static ekuivalen (V). Jika syarat tersebut tidak terpenuhi, maka dapat mengalihkan nilai faktor skala gaya geser sebesar V/V_t . Hasil analisis dapat dilihat pada tabel yang menunjukkan bahwa hasil analisis gaya geser dasar telah terpenuhi.

Tabel 11. Perbandingan Gaya Gempa

Perbandingan Gaya Gempa :					
F_x (kN)	F_y (kN)	F_{dx} awal (kN)	F_{dy} awal (kN)	F_{dx} use (kN)	F_{dy} use (kN)
490.29	488.95	361.30	298.68	503.64	370.75
287.36	286.75	202.39	170.21	300.19	226.32
387.15	386.58	234.54	239.14	384.13	334.40
719.00	718.51	448.95	510.84	722.30	708.92
528.63	528.75	346.17	410.51	544.33	568.99
407.08	407.62	272.84	347.13	413.83	474.61
344.86	345.81	237.28	330.82	330.93	434.32
181.82	182.71	131.74	185.24	161.96	226.14
59.04	59.55	41.56	56.23	43.18	61.99
3405.23	3405.23	2276.77	2548.80	3404.49	3406.44
$V_d/V_{statik} =$		1.496	1.336	1.000	1.000

(Sumber: Etabs)

3. Hasil Analisis Simpangan Antar Tingkat Lantai

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti didapatkan dari Tabel 16 SNI 1726:2019 untuk semua tingkat.

Tabel 12. Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_a)

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 lantai tingkat	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

(Sumber: SNI 1726 Tahun 2019)

Keterangan:

- h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.
- Untuk sistem penahan gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen dalam Kategori Desain Seismik D, E dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan Pasal 7.12.1.1.
- Tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk

mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dari pasal 7.12.3 tidak diabaikan.

- d. Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasi yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

Tabel 13. Simpangan Arah Lantai x (Δ_x)

Story	Item	Load	label	X	Y	Z	DriftX	DriftY	Cd/ie	driftX * Cd/ie	driftY * Cd/ie	driftLimit	Status
ATAP	Max Drift X	SPECK	4501	89.5	88.8	38.93	0.00025		3.66667	0.0009		0.01	OK
LT.8	Max Drift X	SPECK	4280	73	88.8	34.68	0.000257		3.66667	0.0009		0.01	OK
LT.7	Max Drift X	SPECK	4352	73	85.2	30.43	0.000262		3.66667	0.0010		0.01	OK
LT.6	Max Drift X	SPECK	4268	93	88.8	26.18	0.000236		3.66667	0.0009		0.01	OK
LT.5	Max Drift X	SPECK	3900	36	52	21.93	0.000225		3.66667	0.0008		0.01	OK
LT.4	Max Drift X	SPECK	3900	36	52	17.68	0.000218		3.66667	0.0008		0.01	OK
LT.3	Max Drift X	SPECK	3900	36	52	13.43	0.000197		3.66667	0.0007		0.01	OK
LT.2	Max Drift X	SPECK	3900	36	52	8.84	0.000156		3.66667	0.0006		0.01	OK
LT.1	Max Drift X	SPECK	3922	76	52	4.25	0.000077		3.66667	0.0003		0.01	OK

(Sumber: Etabs)

Tabel 14. Simpangan Arah Lantai y (Δ_y)

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY	Cd/ie	driftX * Cd/ie	driftY * Cd/ie	driftLimit	Status
ATAP	Max Drift Y	SPECK	4340	66	54.3	38.93		0.000352	3.66667		0.001291	0.01	OK
LT.8	Max Drift Y	SPECK	4299	66	49.3	34.68		0.000466	3.66667		0.001709	0.01	OK
LT.7	Max Drift Y	SPECK	4344	66	41.9	30.43		0.000502	3.66667		0.001841	0.01	OK
LT.6	Max Drift Y	SPECK	4021	20.575	303.8	26.18		0.000308	3.66667		0.001145	0.01	OK
LT.5	Max Drift Y	SPECK	4214	20.575	130.1	21.93		0.000482	3.66667		0.001804	0.01	OK
LT.4	Max Drift Y	SPECK	4018	20.575	111.8	17.68		0.00057	3.66667		0.002090	0.01	OK
LT.3	Max Drift Y	SPECK	4022	20.575	103.8	13.43		0.000618	3.66667		0.002266	0.01	OK
LT.2	Max Drift Y	SPECK	4018	20.575	111.8	8.84		0.000558	3.66667		0.002046	0.01	OK
LT.1	Max Drift Y	SPECK	4062	26.875	58.3	4.25		0.000288	3.66667		0.001056	0.01	OK

(Sumber: Etabs)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pembebanan pada stuktur atas gedung Rumah Sakit yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Beban mati yang bekerja pada struktur gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B Kalimantan Tengah didasarkan pada berat sendiri akibat beton bertulang sebesar 24 kN/m^3 dan beban mati tambahan yang terdiri dari:
 - a. Adukan semen = $0,42 \text{ kN/m}^2$
 - b. Mekanikal dan elektrik = $0,3 \text{ kN/m}^2$
 - c. Berat penutup langit-langit = $0,07 \text{ kN/m}^2$
 - d. Beban roof tank atap = 20 kN/m^2
 - e. Beban gondola = 5 kN/m^2
 - f. Beban ruang mesin lift = 10 kN/m^2
 - g. Dinding setengah bata = $1,2 \text{ kN/m}^2$
 - h. Berat penutup lantai = $0,24 \text{ kN/m}^2$
 - i. Beban lain-lain = $0,57 \text{ kN/m}^2$

2. Beban hidup yang bekerja pada struktur gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B Kalimantan Tengah didasarkan pada penggunaan gedung sebagai bangunan Rumah Sakit Rujukan Kelas B dan disesuaikan dengan denah ruangan per lantai dengan nilai beban hidup yang terdiri dari:
 - a. Rawat inap = 1,92 kN/m²
 - b. Area public = 4,79 kN/m²
 - c. Lab dan operasi = 2,87 kN/m²
 - d. Tangga = 4,79 kN/m²
 - e. Atap = 1,5 kN/m²
3. Beban gempa dianalisis dengan dua metode yaitu metode static ekuivalen dan metode analisis respons spectrum dengan program bantu ETABS18. Dari hasil analisis metode static ekuivalen didapat gaya geser dasar pada struktur adalah 3405 kN. Sedangkan untuk metode analisis respon spectrum didapat gaya geser dasar pada struktur adalah 3404,49 kN untuk arah X dan 3406,44 kN untuk arah Y dengan keterangan OK (terpenuhi).
4. Hasil analisis simpangan antar tingkat lantai arah x (Δ_x) dan arah y (Δ_y) terpenuhi sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.12 dijelaskan bahwa simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020. Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain., 1-300.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung., 1-239.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan., 1-695.
- Casey, W. K. (2019). *"Laporan Kerja Praktek Pekerjaan Struktur Atas Workshop, Office, Dan Infrastruktur Dos Scania Surabaya."*
- Durachman, A., & Hasyim, W. (2022). *"Analisis Jarak Dilatasi Struktur Bangunan Menggunakan Sistem Dilatasi Dua Kolom."* 1-8.
- Kusuma, Y. N., Purwanto, & Mahendra, W. *"Studi Bentuk Dan Layout Dinding Geser (Shear Wall) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Bertingkat."*
- Laksono, M. Y. (2021). 16 Proyek Strategis Nasional Bakal Tuntas Akhir 2021, Apa Saja. Available at:
<https://www.kompas.com/properti/read/2021/10/08/090000721/16-proyek-strategis-nasional-bakal-tuntas-akhir-2021-apa-saja-?page=all>(Accessed:22 November 2021).
- Vendry, P. *"Analisa Kekuatan Struktur Atas Dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Ruko Mega Profit Blok 1 F2 Delatasi Ii Kawasan Megamas Manado."*
- SK SNI T-15-1991-03. Kolom, Balok, Plat Lantai.