

# Evaluasi Elemen Struktural Bangunan Rumah Sakit Berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019

M. S. Syahira<sup>1</sup>, I. Satyarno<sup>1\*</sup>, D. Sulisty<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

\*Corresponding author: imansatyarno@ugm.ac.id

## INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi elemen struktural utama gedung rumah sakit 5 lantai yang semula dirancang menurut SNI 2847:2002 dan SNI 1726:2002, terhadap ketentuan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Analisis respons spektrum pada tingkat gempa rencana digunakan untuk memperoleh gaya dalam. Pemeriksaan meliputi balok, kolom, sambungan balok–kolom (*joint*), dan dinding geser. Parameter yang dinilai mencakup dimensi minimum, penulangan, kapasitas lentur, kapasitas geser, dan simpangan antar tingkat. Hasil menunjukkan pada balok dan kolom terdapat beberapa tipe di bawah dimensi minimum serta sejumlah lokasi dengan spasi sengkang (pengekangan) melebihi batas, ketidakcukupan kapasitas lentur maupun geser. Sambungan balok–kolom (*joint*) memperlihatkan kekurangan pada pengekangan inti dan kapasitas geser, sedangkan dinding geser memenuhi seluruh persyaratan yang diperiksa. Simpangan antar tingkat pada arah X dan arah Y berada dibawah 1% sehingga kinerja global terhadap gempa rencana dinilai memadai meskipun belum sepenuhnya memadai dari sisi pendetailan dan kapasitas elemen. Kajian ini memberikan gambaran tingkat kelayakan struktur eksisting terhadap ketentuan terbaru serta menjadi dasar pertimbangan untuk evaluasi lanjutan maupun perbaikan atau retrofit seismik bangunan.

**Kata kunci:** evaluasi struktur, dimensi, penulangan, kapasitas, simpangan

## 1 PENDAHULUAN

Bangunan rumah sakit merupakan fasilitas vital yang harus mampu berfungsi secara optimal baik dalam kondisi normal maupun saat terjadi bencana, khususnya gempa bumi. Pengalaman gempa-gempa besar di Indonesia menunjukkan bahwa sejumlah rumah sakit sangat rentan terhadap kerusakan, bahkan runtuh, seperti yang terjadi pada Gempa Yogyakarta 2006, Gempa Bengkulu 2007, dan Gempa Padang 2009. Tercatat sebanyak 1.572 fasilitas kesehatan, termasuk rumah sakit, mengalami kerusakan atau runtuh dan tidak dapat beroperasi akibat gempa pada tahun 2002–2010 (Satyarno, 2011).

Di wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi, keberadaan rumah sakit dengan tingkat keamanan struktural yang memadai menjadi sangat penting. Berdasarkan dokumen perhitungan struktur bangunan rumah sakit yang disusun pada tahun 2010, diketahui bahwa perencanaan struktur pada masa tersebut masih menggunakan acuan peraturan lama, seperti SNI 2847:2002 dan SNI 1726-2002, yang saat ini sudah tidak digunakan lagi dalam praktik perencanaan struktur. Peraturan tersebut telah digantikan dengan standar terbaru yaitu SNI 2847:2019 untuk struktur beton bertulang dan SNI 1726:2019 untuk ketahanan gempa. Dengan diberlakukannya kedua standar tersebut, evaluasi terhadap bangunan eksisting yang masih merujuk pada peraturan lama menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa struktur tersebut masih memenuhi kriteria kekuatan dan pendetailan yang sesuai. Hal ini menjadi semakin krusial karena rumah sakit termasuk dalam kategori bangunan dengan tingkat risiko tinggi yang dituntut untuk tetap beroperasi pascagempa.

Dalam penelitian ini, elemen-elemen struktural utama seperti balok, kolom, sambungan balok-kolom, dan dinding geser dievaluasi berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Evaluasi dilakukan secara berurutan, dimulai dari pemeriksaan batasan dimensi dan detail tulangan tiap elemen, dilanjutkan dengan membandingkan kapasitas penampang dengan *demand* (gaya dalam) untuk aksi momen lentur dan gaya geser, serta pemeriksaan simpangan antar-tingkat (*interstory drift*) untuk menilai respons global struktur akibat beban gempa. Berdasarkan pengalaman tersebut, rumah sakit yang masih beroperasi di Indonesia diduga memiliki kerentanan tinggi terhadap gempa atau berada pada kondisi risiko seismik yang tinggi. Oleh karena itu, program mitigasi seperti evaluasi dan perkuatan menjadi langkah yang mendesak untuk mengurangi kerusakan atau keruntuhan rumah sakit pada gempa di masa mendatang (Satyarno, 2011). Dengan adanya kajian ini, diharapkan dapat diketahui sejauh mana bangunan yang dirancang berdasarkan peraturan lama masih sesuai dengan persyaratan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019.

## 2 METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode analisis struktur yang bertujuan untuk meninjau dimensi dan pendetailan tulangan pada masing-masing elemen, dilanjutkan dengan pengecekan kapasitas penampang terhadap momen lentur dan gaya geser, serta pemeriksaan simpangan antar tingkat (*interstory drift*) untuk mengetahui respons struktur secara global terhadap beban gempa pada bangunan rumah sakit 5 lantai dengan atap dak. Desain struktur rumah sakit terdiri atas 2 jenis sistem. Sistem yang diterapkan yaitu dengan sistem rangka atau portal pada arah X dan sistem dinding geser pada arah Y. Metodologi ini digunakan untuk menilai apakah elemen-elemen struktur telah memenuhi ketentuan kinerja seismik yang disyaratkan dalam peraturan yang berlaku. Berikut penjelasan mengenai metodologi dalam penelitian ini.

### 2.1 Evaluasi Elemen Balok berdasarkan SNI 2847:2019

Evaluasi elemen balok mengacu pada SNI 2847:2019, dengan fokus pada kekuatan lentur dan gaya geser untuk memastikan balok mampu menahan kombinasi beban yang bekerja. Tahapan evaluasi balok dijelaskan sebagai berikut.

#### 2.1.1 Kapasitas Lentur pada Balok

Pengecekan awal dilakukan terhadap gaya tekan aksial pada balok, berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.6.1 pada Persamaan (1).

$$P_u < 0,1A_g f'_c \quad (1)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (1) adalah sebagai berikut,  $P_u$  adalah gaya tekan aksial terfaktor,  $A_g$  adalah luas penampang bruto balok, dan  $f'_c$  adalah kuat tekan beton.

Selanjutnya, dilakukan pengecekan terhadap dimensi penampang balok yang harus memenuhi empat ketentuan geometris berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1 sebagaimana tercantum dalam Persamaan (2) hingga Persamaan (5).

$$l_n > 4d \quad (2)$$

$$\frac{b}{h} > 0,3 \quad (3)$$

$$b > 250 \text{ mm} \quad (4)$$

$$b < c_2 + 0,75c_1 \quad (5)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (2) hingga Persamaan (5) adalah sebagai berikut,  $l_n$  adalah panjang bentang bersih balok,  $d$  tinggi efektif balok,  $b$  lebar penampang, dan  $h$  tinggi total penampang balok. Adapun  $c_1$  dan  $c_2$  merupakan jarak terhadap sisi serat tekan dari penampang.

Pengecekan terhadap luas tulangan minimum dilakukan menggunakan dua pendekatan berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 9.6.1.2, yang masing-masing ditunjukkan pada Persamaan (6) dan Persamaan (7).

$$A_{s \text{ min},1} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (6)$$

$$A_{s \text{ min},2} = \frac{1,4}{f_y} b_w d \quad (7)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (6) hingga Persamaan (7) adalah sebagai berikut,  $A_s$  adalah luas tulangan tarik minimum,  $f_y$  kuat leleh baja tulangan,  $b_w$  lebar badan balok, dan  $d$  tinggi efektif balok. Nilai minimum yang digunakan adalah nilai terbesar dari kedua persamaan tersebut.

Setelah itu, kapasitas momen nominal balok dihitung menggunakan Persamaan (8).

$$M_n = (0,85 \times (A_s - A_s') \times f_y \times d) + (A_s' \times f_y \times (d - d')) \quad (8)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (8) adalah sebagai berikut,  $M_n$  adalah momen nominal,  $A_s$  dan  $A_s'$  masing-masing adalah luas tulangan tarik dan tekan, dan  $d'$  adalah tinggi efektif dan jarak ke tulangan tekan dari serat atas. Sebagai tahapan akhir, dilakukan pengecekan terhadap kapasitas lentur desain berdasarkan Persamaan (9).

$$\phi M_n > M_u \quad (9)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (9) adalah sebagai berikut,  $\phi M_n$  adalah kapasitas momen terfaktor, dan  $M_u$  adalah momen akibat beban terfaktor. Apabila persamaan ini terpenuhi, maka balok dinyatakan aman terhadap beban lentur.

### 2.1.2 Kapasitas Geser pada Balok

Pengecekan kekuatan geser balok diawali dengan menghitung gaya geser nominal  $V_n$ , yang merupakan jumlah dari kekuatan geser beton  $V_c$  dan kekuatan geser tulangan  $V_s$ , sebagaimana dirumuskan dalam Persamaan (10).

$$V_n = V_c + V_s \quad (10)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (10) adalah sebagai berikut,  $V_n$  adalah gaya geser nominal,  $V_c$  adalah kekuatan geser beton, dan  $V_s$  adalah kekuatan geser tulangan.

Kekuatan geser beton  $V_c$  dihitung menggunakan Persamaan (11).

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (11)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (11) adalah sebagai berikut,  $N_u$  adalah gaya tekan aksial terfaktor.

Sedangkan kekuatan geser tulangan  $V_s$  dihitung menggunakan Persamaan (12).

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (12)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (12) adalah sebagai berikut,  $A_v$  adalah luas penampang tulangan geser dan  $s$  adalah jarak antar sengkang.

Selanjutnya, pengecekan dilakukan terhadap batas maksimum kekuatan geser nominal berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 22.5.1.2 sebagaimana diatur dalam Persamaan (13).

$$V_u \leq \phi (V_c + 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d) \quad (13)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (13) adalah sebagai berikut,  $V_u$  adalah gaya geser akibat beban terfaktor dan  $\phi$  adalah faktor reduksi kekuatan.

Apabila gaya geser desain akan ditentukan dari kondisi tumpuan, maka dihitung berdasarkan pasangan momen terfaktor terbesar di ujung elemen berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal R18.6.5, sebagaimana ditetapkan dalam Persamaan (14).

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{w_u l_n}{2} \quad (14)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (14) adalah sebagai berikut,  $M_{pr1}$  dan  $M_{pr2}$  masing-masing adalah momen probabilistik di ujung kiri dan kanan balok,  $l_n$  panjang bersih bentang, dan  $w_u$  beban merata terfaktor. Tanda  $\pm$  disesuaikan dengan arah distribusi beban.

Dalam beberapa kondisi, kekuatan geser beton  $V_c$  dapat diabaikan, asalkan memenuhi persyaratan sesuai Persamaan (15) dan Persamaan (16).

$$V_e > 0,5 V_u \quad (15)$$

$$P_u < \frac{A_g f'_c}{20} \quad (16)$$

Sebagai tahapan akhir dalam evaluasi kekuatan geser balok, elemen balok dinyatakan aman apabila memenuhi Persamaan (17).

$$\phi V_n \geq V_u \quad (17)$$

## 2.2 Evaluasi Elemen Kolom berdasarkan SNI 2847:2019

Kolom sebagai elemen vertikal utama harus mampu menahan gaya aksial, momen lentur, dan gaya geser sesuai ketentuan dalam SNI 2847:2019. Berikut tahapan evaluasi pada elemen kolom.

### 2.2.1 Kapasitas Lentur pada Kolom

Tahapan pertama dalam evaluasi kekuatan lentur dan aksial kolom adalah pengecekan gaya tekan aksial maksimum  $P_u$ . Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.6, nilai  $P_u$  harus memenuhi Persamaan (18).

$$P_u < 0,1A_g f'_c \quad (18)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (18) adalah sebagai berikut,  $A_g$  adalah luas penampang bruto kolom. Persyaratan ini bertujuan untuk memastikan bahwa kolom bekerja sebagai elemen lentur.

Selanjutnya, dilakukan pemeriksaan batasan penampang kolom berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1. Penampang kolom harus memenuhi dua syarat, yaitu dimensi terkecil harus lebih besar dari 300 mm dan rasio lebar terhadap tinggi penampang memenuhi Persamaan (19).

$$\frac{b}{h} > 0,4 \quad (19)$$

Langkah berikutnya adalah mengevaluasi rasio tulangan memanjang  $\rho$  berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.4, yaitu dalam Persamaan (20).

$$1\% < \rho < 6\% \quad (20)$$

Setelah verifikasi dimensi dan rasio tulangan, kapasitas aksial nominal kolom  $P_n$  dihitung berdasarkan komponen gaya tekan dan tarik akibat tulangan dan beton, seperti yang dinyatakan dalam Persamaan (21).

$$P_n = C_c + C_s - T_s \quad (21)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (21) adalah sebagai berikut,  $C_c$  adalah gaya tekan pada beton,  $C_s$  adalah gaya tekan pada tulangan tekan, dan  $T_s$  adalah gaya tarik pada tulangan tarik.

Nilai  $P_n$  tersebut tidak dapat digunakan langsung sebagai kapasitas kolom karena dibatasi oleh nilai maksimum yang diperkenankan. Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 22.4.2.2, nilai kapasitas aksial maksimum  $\phi P_{n,maks}$  dihitung dengan Persamaan (22).

$$\phi P_{n,maks} = 0,80\phi [0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (22)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (22) adalah sebagai berikut,  $A_{st}$  adalah luas total tulangan longitudinal dan  $f_y$  adalah tegangan leleh tulangan.

Jika kolom memiliki penampang persegi empat yang tidak simetris akibat perbedaan dimensi atau penulangan, maka kapasitas momen arah-X dan arah-Y tidak dapat disamakan. Berdasarkan ACI 318, kondisi ini dianggap aman apabila memenuhi interaksi momen dua arah pada Persamaan (23).

$$\left(\frac{M_{ux}}{M_{ox}}\right) + \left(\frac{M_{uy}}{M_{oy}}\right) \leq 1 \quad (23)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (23) adalah sebagai berikut,  $M_{ux}$  dan  $M_{uy}$  adalah momen terfaktor arah X dan Y, sedangkan  $M_{ox}$  dan  $M_{oy}$  merupakan kapasitas momen nominal masing-masing arah.

### 2.2.2 Kapasitas Geser pada Kolom

Pemeriksaan bertujuan untuk mengevaluasi apakah gaya geser nominal  $V_n$  mencukupi terhadap gaya geser akibat beban gempa  $V_u$ . Ketentuan ini diatur dalam Persamaan (24).

$$\phi V_n \geq V_u \quad (24)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (24) adalah sebagai berikut,  $\phi$  merupakan faktor reduksi kekuatan,  $V_n$  adalah kekuatan geser nominal, dan  $V_u$  adalah gaya geser akibat gempa. Nilai  $V_n$  dihitung sebagaimana dijabarkan dalam Persamaan (25).

$$V_n = V_c + V_s \quad (25)$$

Kekuatan geser beton dihitung berdasarkan Persamaan (26).

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (26)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (26) adalah sebagai berikut,  $N_u$  adalah gaya tekan aksial terfaktor,  $A_g$  adalah luas penampang bruto kolom,  $\lambda$  adalah faktor modifikasi beton ringan (umumnya 1,0 untuk beton normal),  $b_w$  adalah lebar kolom, dan  $d$  adalah tinggi efektif kolom.

Sementara itu, kekuatan tulangan transversal terhadap kapasitas geser dihitung melalui Persamaan (27).

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (27)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (27) adalah sebagai berikut,  $A_v$  adalah luas penampang tulangan geser dan  $s$  adalah jarak antar sengkang.

Setelah kekuatan geser nominal ditentukan, dilakukan pengecekan terhadap batas maksimumnya sebagaimana ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 22.5.1.2. Batas ini ditentukan oleh Persamaan (28).

$$V_u \leq \phi (V_c + 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d) \quad (28)$$

Dalam kasus tertentu di mana nilai gaya geser dari analisis melebihi ketentuan standar, maka diperlukan penentuan gaya geser desain  $V_e$ . Gaya ini dihitung berdasarkan momen probabilistik dari ujung atas dan bawah kolom, sebagaimana tertuang dalam Persamaan (29).

$$V_e = \frac{M_{pr,3} + M_{pr,4}}{l_u} \quad (29)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (29) adalah sebagai berikut,  $M_{pr,3}$  dan  $M_{pr,4}$  masing-masing merupakan momen probabilistik pada ujung atas dan bawah kolom dan  $l_u$  adalah panjang bentang bersih elemen kolom.

Apabila kondisi kolom menunjukkan bahwa kekuatan geser beton dapat diabaikan, maka ketentuan ini harus didukung oleh dua syarat secara simultan, yakni sebagaimana dinyatakan dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.2.1. Persyaratan tersebut dijabarkan dalam Persamaan (30) dan (31) sebagai berikut.

$$V_e > 0,5 V_u \quad (30)$$

$$P_u < \frac{A_g f'_c}{20} \quad (31)$$

Jika kedua syarat tersebut terpenuhi, maka kekuatan geser dari beton diabaikan, sehingga seluruh kapasitas geser dianggap ditahan oleh tulangan transversal. Hal ini bertujuan agar kolom tetap memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 dalam menahan beban gempa.

### 2.3 Evaluasi Sambungan (*Joint*) Balok-Kolom berdasarkan SNI 2847:2019

Berdasarkan SNI 2847:2019, sambungan balok-kolom (*joint*) harus memenuhi berbagai persyaratan teknis yang meliputi dimensi sambungan, penulangan transversal, dan kapasitas geser. Dalam menentukan luas sambungan atau *joint* efektif, lebar *joint* efektif ( $b_j$ ) harus diambil nilai minimum dari Persamaan (32) dan (33).

$$b_{j\ min,1} = b + h \quad (32)$$

$$b_{j\ min,2} = b + 2x \quad (33)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (32) hingga Persamaan (33) adalah sebagai berikut,  $b$  adalah lebar balok,  $h$  adalah tinggi balok, dan  $x$  merupakan jarak dari muka kolom ke titik resultan gaya tekan pada tulangan tekan balok. Selanjutnya, tinggi *joint* efektif dihitung menggunakan Persamaan (34).

$$h_j = h_{kolom} \quad (34)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (34) adalah sebagai berikut,  $h_j$  adalah tinggi *joint* efektif dan  $h_{kolom}$  adalah tinggi bersih dari elemen kolom tempat sambungan berada.

Persyaratan tambahan terhadap dimensi sambungan dan penyaluran tulangan longitudinal ditetapkan untuk memastikan detailing yang memadai. Tinggi *joint* harus memenuhi dua kondisi pada (Persamaan 35) dan (Persamaan 36).

$$h_j > 20 \times \text{diameter tulangan longitudinal balok} \quad (35)$$

$$h_j > \frac{1}{2} \times h_{balok} \quad (36)$$

Selain itu, panjang penyaluran tulangan longitudinal dalam sambungan berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 15.4.4 diambil dari nilai terbesar di antara tiga pendekatan pada Persamaan (37), Persamaan (38), dan Persamaan (39).

$$\left(\frac{0,19f_y\Psi_c}{\sqrt{f'_c}}\right)d_b \quad (37)$$

$$8d_b \quad (38)$$

$$150 \text{ mm} \quad (39)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (37) hingga Persamaan (38) adalah sebagai berikut,  $\Psi_c$  adalah faktor modifikasi kondisi penyaluran dan  $d_b$  adalah diameter tulangan longitudinal.

Dalam menjamin kekakuan dan kekuatan geser sambungan berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 15.4.2, dibutuhkan penulangan transversal minimum yang dihitung menggunakan Persamaan (40) dan Persamaan (41). Nilai terbesar dari kedua pendekatan ini digunakan sebagai luas minimum tulangan transversal.

$$A_{vj,\min 1} = 0,062\sqrt{f'_c} \frac{b \times s}{f_{yt}} \quad (40)$$

$$A_{vj,\min 2} = 0,35 \frac{b \times s}{f_{yt}} \quad (41)$$

Berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 18.8.4.1 kekuatan geser nominal sambungan ( $V_n$ ) bergantung pada konfigurasi balok yang mengapit *joint*. Jika sambungan dikelilingi balok pada keempat sisi, maka digunakan Persamaan (42).

$$V_n = 1,7\lambda\sqrt{f'_c}A_j \quad (42)$$

Jika *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada tiga sisinya atau dua sisi berlawanan digunakan Persamaan (43).

$$V_n = 1,2\lambda\sqrt{f'_c}A_j \quad (43)$$

Sedangkan pada kondisi lainnya digunakan Persamaan (44).

$$V_n = 1,0\lambda\sqrt{f'_c}A_j \quad (44)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (43) hingga Persamaan (44) adalah sebagai berikut,  $\lambda$  adalah faktor jenis beton (biasanya 1,0 untuk beton normal), dan  $A_j$  adalah luas area sambungan.

#### 2.4 Evaluasi Elemen Dinding Geser berdasarkan SNI 2847:2019

Evaluasi elemen dinding geser pada struktur bangunan bertujuan untuk memastikan bahwa elemen tersebut mampu menahan gaya lateral akibat gempa. Berdasarkan SNI 2847:2019, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung gaya geser terfaktor  $V_u$  yang bekerja pada dinding. Gaya geser terfaktor didefinisikan melalui Persamaan (45).

$$\frac{V_u}{\phi} \quad (45)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (45) adalah sebagai berikut,  $V_u$  adalah gaya geser terfaktor yang bekerja pada dinding, dan  $\phi$  merupakan faktor reduksi kekuatan sesuai ketentuan desain.

Selanjutnya, berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.10.2, elemen dinding diklasifikasikan ke dalam zona geser 1, 2, atau 3. Untuk menentukan apakah dinding berada dalam zona 1, digunakan Persamaan (46).

$$\frac{V_u}{\phi} \leq 0,083A_{cv}\sqrt{f'_c} \quad (46)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (46) adalah sebagai berikut,  $A_{cv}$  adalah luas penampang beton dinding geser.

Jika nilai  $\frac{V_u}{\phi}$  melebihi batas pada Persamaan (46) tetapi masih memenuhi Persamaan (47), maka dinding tergolong ke dalam zona 2.

$$\frac{V_u}{\phi} \leq 0,17A_{cv}\sqrt{f'_c} \quad (47)$$

Apabila nilai  $\frac{V_u}{\phi}$  melebihi ketentuan pada Persamaan (46) dan Persamaan (47), maka dinding berada dalam kategori zona 3 yang memerlukan detailing tulangan khusus.

Kapasitas nominal elemen dinding terhadap gaya geser dihitung dengan Persamaan (48).

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \times \sqrt{f'_c} + \rho_t \times f_y) \quad (48)$$

Keterangan variabel pada Persamaan (48) adalah sebagai berikut,  $\alpha_c$  adalah koefisien kekuatan geser beton dan  $\rho_t$  adalah rasio tulangan transversal.

Namun demikian, kapasitas nominal tidak boleh melebihi nilai maksimum yang ditentukan oleh Persamaan (49).

$$V_{n.maks} = 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c} \quad (49)$$

Oleh karena itu, nilai kapasitas nominal yang digunakan dalam desain ( $V_{n.pakai}$ ) adalah nilai minimum antara  $V_n$  dan  $V_{n.maks}$ .

Sebagai kriteria akhir, elemen dinding geser dinyatakan aman apabila kapasitas nominal yang digunakan tidak kurang dari gaya geser terfaktor yang bekerja, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (50).

$$V_{n,pakai} \geq \frac{V_u}{\phi} \quad (50)$$

### 2.5 Simpangan antar Tingkat (*Interstory Drift*)

Simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) dihitung berdasarkan Pasal 7.8.6 SNI 1726:2019, yaitu sebagai selisih simpangan antara pusat massa di lantai atas dan bawah dari lantai yang ditinjau. Defleksi pusat massa pada tingkat- $x$  dihitung dengan Persamaan (51).

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (51)$$

Simpangan antar tingkat didapatkan dari Persamaan (52).

$$\Delta = \frac{(\delta_{xe} - \delta_{xe-1}) C_d}{I_e} \leq \Delta_a \quad (52)$$

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Teknis Gedung

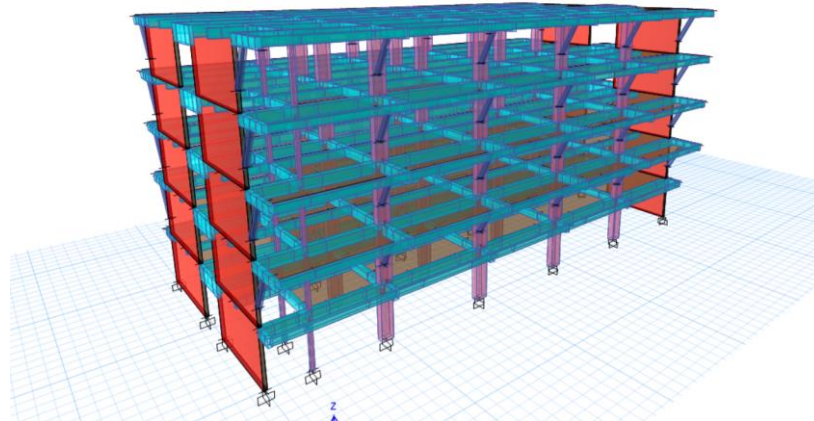
Berikut adalah data teknis gedung rumah sakit yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data teknis gedung

Data teknis gedung	Keterangan
Fungsi bangunan	Rumah sakit
Jenis tanah	Sedang
Jumlah lantai	5 Lantai
Tinggi lantai dan bangunan	3,57 m dan 17,85 m
Mutu beton ( $f'_c$ ) dan baja tulangan ( $f_y$ )	25 MPa dan 390 MPa

### 3.2 Pemodelan Struktur Bangunan Rumah Sakit

Berikut ditunjukkan visualisasi bangunan rumah sakit menggunakan *software* ETABS pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan 3D gedung rumah sakit.

### 3.3 Pembebanan

Jenis beban yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban mati mencakup berat sendiri elemen struktural serta komponen non-struktural, dengan total beban mati pelat lantai sebesar 1,692 kN/m<sup>2</sup> dan pelat atap sebesar 0,46 kN/m<sup>2</sup>. Beban hidup dihitung berdasarkan fungsi ruang sesuai SNI 1727:2020, dengan nilai antara lain 1,92 kN/m<sup>2</sup> untuk ruang rawat jalan, 3,83 kN/m<sup>2</sup> untuk koridor, 6,00 kN/m<sup>2</sup> untuk gudang panel, dan 0,96 kN/m<sup>2</sup> untuk atap (*live roof*). Sementara itu, beban gempa ditentukan berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019. Berikut penjelasan mengenai beban gempa yang digunakan dalam penelitian ini.

- Kategori risiko gempa = IV
- Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) = 1,50
- Nilai sistem pemikul struktur dalam arah yang berbeda ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai sistem pemikul struktur berdasarkan SNI 1726:2019

Parameter	Arah-X	Arah-Y	Keterangan
Sistem pemikul seismik	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	Dinding geser beton bertulang khusus	Tabel 12 SNI 1726:2019
Koefisien modifikasi respons ( $R$ )	8	7	
Faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ )	3	2,5	
Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ )	5,5	5,5	

d) Data percepatan gempa ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data percepatan gempa

Data percepatan gempa	Nilai	Satuan
Kelas situs	Tanah sedang (SD)	-
Percepatan desain periode pendek ( $S_{DS}$ )	0,7403	g
Percepatan desain periode 1 detik ( $S_{D1}$ )	0,5761	g
$T_0$	0,1556	detik
$T_s$	0,7782	detik

e) Periode struktur ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Periode struktur

Parameter	Arah-X	Arah-Y	Keterangan
Koefisien untuk batas periode ( $C_u$ )	1,4	1,4	Tabel 17 SNI 1726:2019
Parameter periode pendekatan ( $C_t$ )	0,0466	0,0488	Tabel 18 SNI 1726:2019
Parameter periode pendekatan ( $x$ )	0,9	0,75	Tabel 18 SNI 1726:2019
Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ )	0,624 detik	0,424 detik	Persamaan 36 SNI 1726:2019
Periode fundamental pendekatan ( $T_{max}$ )	0,873 detik	0,593 detik	Pasal 7.8.2 SNI 1726:2019
Periode hasil modal analisis ( $T_c$ )	0,797 detik	0,434 detik	Output software ETABS
Periode pakai ( $T$ )	0,797 detik	0,434 detik	Nilai minimum antara $T_{max}$ dan $T_c$

### 3.4 Partisipasi Massa

Dalam analisis ini, partisipasi massa telah mencapai 100% di arah-X dan 99,70% di arah-Y pada mode ke-240, sehingga memenuhi ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.1.

### 3.5 Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar dihitung dengan metode statik ekuivalen dan respons spektrum berdasarkan periode dari hasil analisis modal (ETABS), didapatkan nilai  $T_x = 0,797$  detik dan  $T_y = 0,434$  detik.

a) Statik ekuivalen, didapatkan dengan Persamaan (53).

$$V = C_s \times W \tag{53}$$

dengan  $C_s$  ditentukan dari kombinasi  $S_{DS}$ ,  $S_{D1}$ ,  $R$ , dan  $I_e$  dan  $W = 29.937$  kN sehingga, gaya geser statik ekuivalen untuk kedua arah bangunan ini yaitu :

1. Arah-X :  $C_s = 0,136$  maka  $V = 4057,404$  kN

2. Arah-Y :  $C_s = 0,159$  maka  $V = 4748,840$  kN

b) Respons spektrum, didapatkan dari hasil analisis menggunakan software ETABS dengan hasil sebagai berikut.

1. Arah-X :  $V = 3421,996$  kN

2. Arah-Y :  $V = 3612,027$  kN

Karena hasil gaya berdasarkan respons spektrum (dinamik) < 100% gaya statik, maka gaya dinamik perlu dikalikan faktor skala koreksi berdasarkan SNI 1726:2019. Faktor ini diperoleh dari perbandingan terbesar antara gaya statik dan dinamik, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai faktor skala baru

Arah	Gaya geser dasar (kN)		Faktor skala koreksi awal ( $\frac{g}{R/I_e}$ ) (m/s <sup>2</sup> )	Faktor skala koreksi baru (m/s <sup>2</sup> )
	Statik ekuivalen	Respons spektrum		
X	4057,454	3421,996	1,839	2,180
Y	4748,840	3612,027	2,101	2,762

Sehingga, hasil analisis respons spektrum pada kedua arah perlu dikalikan dengan faktor skala pada Tabel 5 agar memenuhi ketentuan minimum gaya geser dasar berdasarkan SNI 1726:2019.

3.6 Hasil Evaluasi Dimensi dan Pendetailan Tulangan Elemen Struktural berdasarkan SNI 2847:2019

Hasil evaluasi dimensi dan pendetailan tulangan pada elemen struktural bangunan rumah sakit disajikan pada Tabel 6 hingga Tabel 14. Evaluasi ini dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019, meliputi batasan dimensi dan pendetailan tulangan transversal untuk setiap jenis elemen struktur.

Tabel 6. Hasil evaluasi batasan dimensi pada balok

Balok	b (mm)	h (mm)	d (mm)	$l_n > 4d$	$b/h > 0,3$	$b > 250 \text{ mm}$	$b < c_2 + 0,75c_1$	Keterangan*
B1	400	600	537,5	6400>2150	0,667 > 0,3	400 > 250	400 < 1350	Memenuhi
B2	350	500	437,5	5550>1750	0,7 > 0,3	350 > 250	350 < 1475	Memenuhi
B4	200	1000	936	<u>2600&lt;3744</u>	<u>0,2 &lt; 0,3</u>	<u>200 &lt; 250</u>	200 < 1000	Tidak memenuhi
B6	200	400	337,5	6850>1350	0,5 > 0,3	<u>200 &lt; 250</u>	200 < 875	Tidak memenuhi
B7	350	600	537,5	2375>2150	0,583 > 0,3	350 > 250	350 < 812,5	Memenuhi

\* Memenuhi: keempat batasan dimensi terpenuhi secara simultan,

\* Tidak memenuhi: terdapat batasan dimensi yang tidak terpenuhi.

Tabel 7. Hasil evaluasi pendetailan penulangan pada balok

Balok	Spasi pasang	Spasi sengkang pengekuat Pasal 18.6.4.4				Keterangan*	
		$d/4$	$6d_b$	150 mm	$d/2$		
B1	Tump.	125	134,375	<u>114</u>	150	-	Tidak memenuhi
	Lap.	125	-	-	-	268,75	Memenuhi
B2	Tump.	100	109,375	114	150	-	Memenuhi
	Lap.	100	-	-	-	218,75	Memenuhi
B4	Tump.	150	234	<u>132</u>	150	-	Tidak memenuhi
	Lap.	200	-	-	-	468	Memenuhi
B6	Tump.	100	<u>84,375</u>	114	150	-	Tidak memenuhi
	Lap.	200	-	-	-	<u>168,75</u>	Tidak memenuhi
B7	Tump.	100	134,375	114	150	-	Memenuhi
	Lap.	200	-	-	-	268,75	Memenuhi

\* Memenuhi: jika nilai spasi pasang  $\leq$  salah satu dan atau lebih pada keempat batas persyaratan,

\* Tidak memenuhi: jika nilai spasi pasang  $\geq$  salah satu dan atau lebih pada keempat batas persyaratan.

Tabel 8. Hasil evaluasi batasan dimensi pada kolom

Kolom	Dimensi penampang		Rasio penampang	
	Sisi terpendek $\geq 300 \text{ mm}$	Keterangan	$b/h \geq 0,4$	Keterangan
K2	450 $\geq$ 300	Memenuhi	0,563 $\geq$ 0,4	Memenuhi
K3	450 $\geq$ 300	Memenuhi	0,563 $\geq$ 0,4	Memenuhi
K4	450 $\geq$ 300	Memenuhi	0,563 $\geq$ 0,4	Memenuhi
K5	<u>200 &lt; 300</u>	Tidak memenuhi	1 $\geq$ 0,4	Memenuhi

Tabel 9. Hasil evaluasi pendetailan penulangan pada kolom

Kolom	$s_{pasang}$ (mm)	Spasi tulangan transversal			Keterangan*	
		$1/4 \times d_{min}$	$6d_b$	$s_o$		
K2	Tump.	150	<u>112,5</u>	<u>132</u>	150	Tidak memenuhi
	Lap.	200	-	<u>132</u>	<u>150</u>	Tidak memenuhi
K3	Tump.	150	<u>112,5</u>	<u>132</u>	150	Tidak memenuhi
	Lap.	200	-	<u>132</u>	<u>150</u>	Tidak memenuhi
K4	Tump.	150	<u>112,5</u>	<u>132</u>	150	Tidak memenuhi
	Lap.	200	-	<u>132</u>	<u>150</u>	Tidak memenuhi
K5	Tump.	200	<u>50</u>	<u>96</u>	<u>133,333</u>	Tidak memenuhi
	Lap.	250	-	<u>96</u>	<u>150</u>	Tidak memenuhi

\* Memenuhi: jika nilai spasi pasang  $\leq$  salah satu dan atau lebih pada ketiga batas persyaratan,

\* Tidak memenuhi: jika nilai spasi pasang  $\geq$  salah satu dan atau lebih pada ketiga batas persyaratan.

Tabel 10. Hasil evaluasi kontrol dimensi dan luas tulangan horizontal pada joint

Konfigurasi joint	Kode balok				Kontrol joint arah-X		Kontrol joint arah-Y	
	Kiri	Atas	Kanan	Bawah	Dimensi	Luas efektif	Dimensi	Luas efektif
Joint 4 sisi	B1	B7	B1	B2	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

Tabel 11. Hasil evaluasi pendetailan tulangan *joint* arah X

Konf. <i>joint</i>	Data		Spasi tulangan transversal						Panjang penyaluran		
			Pasal 18.8.3 SNI 2847:2019						Pasal 18.8.5 SNI 2847:2019		
	Balok kiri	$S_{balok}$ kiri	Balok kanan	$S_{balok}$ kanan	$\frac{1}{4} d_{min}$	$6d_b$	150 mm	Ket.*	$8d_b$	150 mm	$l_{dt,pakai}$
4 sisi	B1	125	B1	125	150	114	150	Tidak memenuhi	152	150	274

\* Memenuhi: jika nilai spasi pasang  $\leq$  salah satu dan atau lebih pada ketiga batas persyaratan,

\* Tidak memenuhi: jika nilai spasi pasang  $\geq$  salah satu dan atau lebih pada ketiga batas persyaratan.

Tabel 12. Hasil evaluasi pendetailan tulangan *joint* arah Y

Konf. <i>joint</i>	Data		Spasi tulangan transversal (mm)						Panjang penyaluran (mm)		
			Pasal 18.8.3 SNI 2847:2019						Pasal 18.8.5 SNI 2847:2019		
	Balok kiri	$S_{balok}$ kiri	Balok kanan	$S_{balok}$ kanan	$\frac{1}{4} d_{min}$	$6d_b$	150 mm	Ket.*	$8d_b$	150 mm	$l_{dt,pakai}$
4 sisi	B7	100	B2	100	125	114	150	Tidak memenuhi	152	150	274

\* Memenuhi: jika nilai spasi pasang  $\leq$  salah satu dan atau lebih pada ketiga batas persyaratan,

\* Tidak memenuhi: jika nilai spasi pasang  $\geq$  salah satu dan atau lebih pada ketiga batas persyaratan.

Tabel 13. Hasil evaluasi pendetailan spasi penulangan pada dinding geser

Dinding geser	$S_{pasang}$ (mm)	Spasi tulangan transversal Pasal 18.10.2 $s \leq 450$ mm	Keterangan
W1	250	$250 < 450$	Memenuhi
W1A	250	$250 < 450$	Memenuhi

Tabel 14. Hasil evaluasi pendetailan tulangan longitudinal dan transversal pada dinding geser

Dinding geser	Zona	Rasio tul. longitudinal minimum (%)	Rasio tul. longitudinal minimum (%)	Rasio tulangan longitudinal	Cek rasio tulangan minimum	Keterangan
		Pasal 18.10.2 dan Pasal 18.10.4.3	Pasal 18.10.2	Pasal R18.10.6.5	Pasal 18.10.2	
		$\rho_{lmin}$	$\rho_{tmin}$	$\rho_t$	$\rho_t \geq \rho_{tmin}$	
W1	2	0,25	0,25	0,531	$0,531 > 0,25$	Memenuhi
W1A	2	0,25	0,25	0,531	$0,531 > 0,25$	Memenuhi

3.7 Hasil Evaluasi Perbandingan Kapasitas Lentur terhadap *Demand* Elemen Struktural berdasarkan SNI 2847:2019  
 Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah kapasitas momen yang dimiliki elemen mampu menahan beban yang bekerja pada kondisi tumpuan maupun lapangan. Pada kolom, penilaian juga mencakup pengaruh beban aksial yang dikombinasikan dengan momen lentur dua arah. Penilaian dilakukan untuk elemen balok dan kolom, sedangkan sambungan balok–kolom (*joint*) serta dinding geser tidak dievaluasi kapasitas lenturnya secara terpisah karena perannya berbeda dan sudah tercakup dalam evaluasi elemen utama. Hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 15 hingga Tabel 17.

Tabel 15. Hasil evaluasi kapasitas lentur pada balok

Balok		Kapasitas momen positif (kNm)				Kapasitas momen negatif (kNm)			
		$M_{u+}$	$M_n$	Rasio	Keterangan*	$M_{u-}$	$M_n$	Rasio	Keterangan*
B1	Tump.	358.415	330.716	1,204	Tidak memenuhi	529.406	522.423	1,126	Tidak memenuhi
	Lap.	228.002	330.716	0,766	Memenuhi	257.106	226.231	1,263	Tidak memenuhi
B2	Tump.	53.790	137.733	0,434	Memenuhi	239.719	221.336	1,203	Tidak memenuhi
	Lap.	132.294	221.336	0,664	Memenuhi	49.728	137.733	0,401	Memenuhi
B4	Tump.	70.105	393.019	0,198	Memenuhi	60.104	393.019	0,170	Memenuhi
	Lap.	62.220	393.019	0,176	Memenuhi	26.889	393.019	0,076	Memenuhi
B6	Tump.	49.826	99.012	0,559	Memenuhi	110.955	150.635	0,939	Memenuhi
	Lap.	67.531	99.012	0,758	Memenuhi	16.555	99.012	0,186	Memenuhi
B7	Tump.	8.770	170.906	0,057	Memenuhi	142.909	422.870	0,376	Memenuhi
	Lap.	15.992	52.473	0,104	Memenuhi	197.330	422.870	0,518	Memenuhi

\* Memenuhi: jika nilai rasio masing-masing kapasitas  $< 1$ ,

\* Tidak memenuhi: jika nilai rasio masing-masing kapasitas  $> 1$ .

Tabel 16. Hasil evaluasi kapasitas aksial dan momen pada kolom

Kolom	Demand		Capacity			Rasio	Keterangan*
	$P_u$ (kN)	$M_{ux}$ (kNm)	$M_{uy}$ (kNm)	$\phi P_n$ (kN)	$\phi M_{nx}$ (kNm)		
K2	2813,06	118,51	784,48	2813,06	222,110	536,250	<u>1,730</u> Tidak memenuhi
K3	1996,58	154,27	506,09	1996,58	358,810	421,830	<u>1,410</u> Tidak memenuhi
K4	315,90	181,6	212,70	315,90	453,570	297,10	0,770 Memenuhi
K5	584,04	4,820	25,870	584,04	7,840	17,060	<u>1,550</u> Tidak memenuhi

\* Memenuhi: jika nilai rasio kapasitas <1,

\* Tidak memenuhi: jika nilai rasio kapasitas >1.

Tabel 17. Hasil evaluasi kapasitas lentur pada kolom

Kolom	$M_{ux}$ (kNm)	$M_{uy}$ (kNm)	$M_{ox}$ ( $M_{nx}$ )	$M_{oy}$ ( $M_{ny}$ )	ACI 318	Keterangan
					$\left(\frac{M_{ux}}{M_{ox}}\right) + \left(\frac{M_{uy}}{M_{oy}}\right) \leq 1$	
K2	118,51	784,48	319,124	717,138	<u>1,465</u>	Tidak memenuhi
K3	154,27	506,09	484,878	561,077	<u>1,22</u>	Tidak memenuhi
K4	181,6	212,7	503,967	330,111	1	Memenuhi
K5	4,82	25,87	11,879	26,246	<u>1,391</u>	Tidak memenuhi

3.8 Hasil Evaluasi Perbandingan Kapasitas Geser terhadap Demand Elemen Struktural berdasarkan SNI 2847:2019

Hasil evaluasi perbandingan kapasitas geser dan demand menunjukkan tingkat kemampuan elemen struktur dalam menahan gaya geser yang terjadi. Penilaian dilakukan pada balok, kolom, sambungan balok–kolom (*joint*), dan dinding geser sesuai SNI 2847:2019. Hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 18 hingga Tabel 21.

Tabel 18. Hasil evaluasi kapasitas geser pada balok

Balok		Kapasitas geser (kN)			Rasio	Keterangan*
		$V_e$	$V_c$	$V_n$		
B1	Tump.	261.377	0	336.742	<u>1,035</u>	Tidak memenuhi
	Lap.	-	182.750	519.942	0,458	Memenuhi
B2	Tump.	178.981	130.156	472.771	0,505	Memenuhi
	Lap.	-	130.156	472.771	0,383	Memenuhi
B4	Tump.	398.660	0	488.667	<u>1,088</u>	Tidak memenuhi
	Lap.	-	159.120	525.620	0,124	Memenuhi
B6	Tump.	81.386	57.375	280.125	0,387	Memenuhi
	Lap.	-	57.375	189.527	0,291	Memenuhi
B7	Tump.	370.114	0	420.927	<u>1,172</u>	Tidak memenuhi
	Lap.	-	159.906	370.370	0,610	Memenuhi

\* Memenuhi: jika nilai rasio kapasitas <1,

\* Tidak memenuhi: jika nilai rasio kapasitas >1.

Tabel 19. Hasil evaluasi kapasitas geser pada kolom

Kolom	Tumpuan				Keterangan*	Lapangan				Keterangan*
	$V_e$ (N)	$V_c$ (N)	$V_n$ (N)	Rasio		$V_u$ (N)	$V_c$ (N)	$V_n$ (N)	Rasio	
K2	563.491	262.482	275.941	<u>2,723</u>	Tidak memenuhi	72.802	262.482	272.576	0,356	Memenuhi
K3	418.244	262.487	275.946	<u>2,021</u>	Tidak memenuhi	95.184	262.487	10.094	0,466	Memenuhi
K4	386.771	262.484	275.943	<u>1,869</u>	Tidak memenuhi	112.983	262.484	272.578	0,553	Memenuhi
K5	17.098	23.630	30.360	0,751	Memenuhi	2952	23.630	29.014	0,136	Memenuhi

\* Memenuhi: jika nilai rasio kapasitas <1,

\* Tidak memenuhi: jika nilai rasio kapasitas >1.

Tabel 20. Hasil evaluasi kapasitas geser pada sambungan balok-kolom (*joint*)

Konf. <i>joint</i>	Arah	$V_n$ (kN)	$V_u$ (kN)	Rasio	Keterangan
4 sisi	X	1215	1111,824	<u>1,077 &gt; 1</u>	Tidak memenuhi
	Y	3840	1172,972	0,359 < 1	Memenuhi

Tabel 21. Hasil evaluasi kapasitas geser pada dinding geser

Lantai	$V_u$ (kN)	$V_n$ (kN)	Rasio	Keterangan
1	3306,517	6316,2	0,698 < 1	Memenuhi
2	30744,013	6316,2	0,649 < 1	Memenuhi
3	4344,767	6316,2	0,917 < 1	Memenuhi
4	2977,825	6316,2	0,629 < 1	Memenuhi
5	1190,762	6316,2	0,251 < 1	Memenuhi

3.9 Hasil Perhitungan Simpangan antar Tingkat (*Interstory Drift*)

Berikut hasil simpangan antar tingkat arah-X pada Tabel 22 dan Gambar 2 (a), kemudian simpangan antar tingkat arah-Y pada Tabel 23 dan Gambar 2 (b).

Tabel 22. Simpangan antar tingkat arah-X

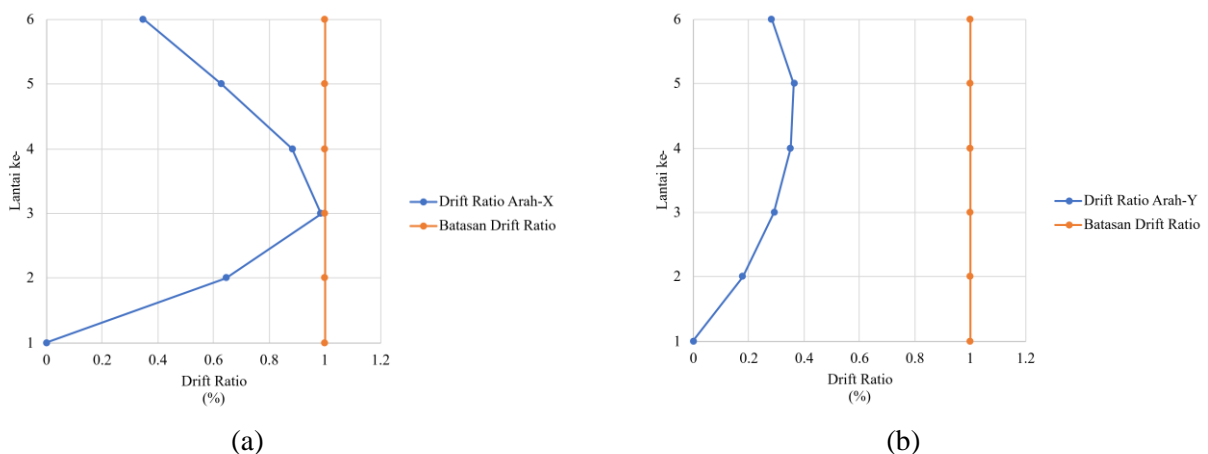
Lantai	Tinggi $h_{sx}$ (m)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta_x$ (mm)	Tabel 20 SNI 1726:2019 $\Delta_a = 0,010 h_{sx}$ (mm)	<i>Drift ratio</i> $\Delta_x/h_{sx}$ (%)	Keterangan
6	3,57	34,001	124,670	12,415	35,700	0,348	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
5	3,57	30,615	112,255	22,48	35,700	0,630	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
4	3,57	24,484	89,775	31,544	35,700	0,884	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
3	3,57	15,881	58,230	35,196	35,700	0,986	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
2	3,57	6,282	23,034	23,034	35,700	0,645	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
1	3,57	0	0	0	35,700	0	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )

\* Lantai 6 merupakan keterangan untuk atap dak.

Tabel 23. Simpangan antar tingkat arah-Y

Lantai	Tinggi $h_{sx}$ (m)	$\delta_{ye}$ (mm)	$\delta_y$ (mm)	$\Delta_y$ (mm)	Tabel 20 SNI 1726:2019 $\Delta_a = 0,010 h_{sx}$ (mm)	<i>Drift ratio</i> $\Delta_y/h_{sx}$ (%)	Keterangan
Dak	3,57	14,284	52,375	10,061	35,700	0,282	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
5	3,57	11,540	42,313	12,998	35,700	0,364	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
4	3,57	7,995	29,315	12,547	35,700	0,351	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
3	3,57	4,573	16,768	10,41	35,700	0,292	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
2	3,57	1,734	6,358	6,358	35,700	0,178	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )
1	3,57	0	0	0	35,700	0	Memenuhi ( $D_r < 1\%$ )

\* Lantai 6 merupakan keterangan untuk atap dak.



Gambar 2. (a) Grafik simpangan antar tingkat oleh beban gempa arah-X, (b) Grafik simpangan antar tingkat oleh beban gempa arah-Y.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, telah dilakukan pemeriksaan berurutan terhadap balok, kolom, *joint*, dan dinding geser pada bangunan rumah sakit 5 lantai, meliputi dimensi minimum,

penulangan, kapasitas lentur, kapasitas geser, serta simpangan antar tingkat. Hasil menunjukkan bahwa pada aspek dimensi masih terdapat beberapa tipe balok dan kolom di bawah ketentuan minimum, sedangkan *joint* dan dinding geser memenuhi. Pada aspek penulangan, ditemukan sejumlah lokasi dengan spasi sengkang yang melampaui batas pengendali. Evaluasi kapasitas lentur dan kapasitas geser mengindikasikan ketidakcukupan yang bersifat lokal pada sebagian elemen, sementara kriteria simpangan antar tingkat terpenuhi (nilai *drift* < 1% pada kedua arah bangunan). Dengan demikian, respons lateral pada tingkat gempa rencana menurut SNI 1726:2019 dinilai memadai, sehingga struktur dinyatakan layak dari sisi kinerja global, namun tidak sepenuhnya layak dari sisi pendetailan dan kapasitas elemen. Kajian ini memberikan gambaran tingkat kelayakan struktur eksisting terhadap ketentuan terbaru dan menjadi dasar pertimbangan untuk evaluasi lanjutan maupun perbaikan atau retrofit seismik bangunan.

#### REFERENSI

- ACI Committee 318. (2014). *ACI 318-14: Building code requirements for structural concrete (ACI 318-14) and commentary (ACI 318M-14)*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 318. (2019). *ACI 318-19: Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary (ACI 318R-19)*. American Concrete Institute.
- Pratama, A. I. S., & Jonbi. (2019). Analisis struktur berdasarkan penerapan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019 pada bangunan female apartement Universitas Islam Internasional Indonesia. Vol. 2 No. 1 (2022): JURNAL ARTESIS, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.35814/artesis.v2i1.3754>.
- National Institute of Standards and Technology. (2020). *NEHRP recommended seismic provisions: Design flow charts (FEMA P-2091)*. Federal Emergency Management Agency.
- Nugraha, L.A., Supardi, & Supriyadi, A. (2020). “Evaluasi kekuatan dan detailing tulangan kolom beton bertulang sesuai SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 (Studi Kasus: Hotel 10 Lantai di Semarang).” Seminar Nasional Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v5i3.36717>.
- Satyarno, I. (2011). *Seismic Risk of Important Buildings (Case: Hospitals in Indonesia – Recent Earthquakes)*. Proceedings of The 2nd International Conference on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation (ICEEDM-II), Surabaya, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). SNI 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.