



Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rumah Sakit di Bogor Menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Galang Akbar Fauzan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara

5212212023@mahasiswa.undira.ac.id

Abstrak

Perencanaan struktur gedung rumah sakit memerlukan pemodelan yang mampu menggambarkan respons struktur terhadap beban gravitasi dan beban gempa secara memadai. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan merencanakan struktur Gedung Rumah Sakit Hermina Bogor dengan menggunakan perangkat lunak ETABS serta mengacu pada standar nasional yang berlaku. Objek kajian berupa gedung rumah sakit bertingkat dengan sistem struktur beton bertulang yang dianalisis terhadap beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data teknis, penentuan dimensi awal elemen struktur, penetapan mutu material, pemodelan tiga dimensi, pemberian beban dan kombinasi pembebanan, analisis respons struktur, serta pemeriksaan elemen balok, kolom, pelat, dinding geser, dan struktur bawah. Parameter gempa ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019, sedangkan beban minimum mengacu pada SNI 1727:2020 dan desain beton bertulang mengacu pada SNI 2847:2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa model dapat digunakan untuk memperoleh gaya aksial, momen, gaya geser, reaksi tumpuan, perpindahan, dan simpangan antar lantai sebagai dasar desain. Pemeriksaan respons struktur menunjukkan simpangan antar tingkat pada arah utama memenuhi batas yang ditetapkan, sedangkan hasil pemeriksaan elemen struktur yang disajikan dalam perencanaan menunjukkan kapasitas desain lebih besar daripada tuntutan pada kondisi yang ditinjau. Perencanaan ini menunjukkan bahwa ETABS efektif sebagai alat bantu analisis, namun hasil perangkat lunak tetap harus diverifikasi melalui pemeriksaan manual dan kesesuaian terhadap ketentuan SNI agar diperoleh desain yang aman, kuat, kaku, dan stabil.

Kata kunci: Perencanaan Struktur, Rumah Sakit, ETABS, SRPMK, Beton Bertulang

Abstract

Hospital building structural design requires a reliable analytical model capable of representing structural response under gravity and seismic actions. This study analyzes and redesigns the reinforced-concrete structure of Hermina Hospital in Bogor using ETABS and the Special Moment Resisting Frame System (SRPMK), with reference to current Indonesian standards. The investigated building is modeled as a three-dimensional structural system subjected to dead loads, live loads, and earthquake loads. The analysis stages include collection of technical data, preliminary sizing of structural members, definition of material properties, three-dimensional modeling, assignment of load combinations, evaluation of structural response, and checking of beams, columns, slabs, shear walls, beam-column joints, pile caps, and bored piles. Seismic parameters are determined in accordance with SNI 1726:2019, minimum design loads follow SNI 1727:2020, and reinforced-concrete design follows SNI 2847:2019. The ETABS model provides axial forces, bending moments, shear forces, support reactions, modal periods, displacements, and interstory drifts as the basis for structural design. The evaluated response indicates that the principal-direction interstory drifts remain within the specified limits, while the designed structural members have capacities greater than the demands considered in the analysis. The study confirms that ETABS is effective for integrated structural analysis; however, software output must still be verified through manual checks, engineering judgment, detailing requirements, and consistency with applicable SNI provisions to achieve a safe, strong, stiff, stable, and earthquake-resistant hospital structure.

Keywords: Structural Design, Hospital, ETABS, SRPMK, Reinforced Concrete

1. Pendahuluan

Pembangunan Gedung Rumah Sakit Hermina Bogor memerlukan perencanaan struktur yang aman, kuat, stabil, dan memenuhi persyaratan teknis karena rumah sakit merupakan fasilitas publik yang digunakan oleh pasien, tenaga medis, tenaga administrasi, dan pengunjung. Struktur bangunan harus mampu menahan beban gravitasi berupa beban mati dan beban hidup serta beban lateral, khususnya beban gempa.

Sistem struktur gedung terdiri atas struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas meliputi pelat, balok, kolom, dan atap yang berfungsi menerima serta menyalurkan beban menuju struktur bawah. Selanjutnya, struktur bawah dan pondasi meneruskan beban tersebut ke tanah. Oleh karena itu, perencanaan harus mempertimbangkan karakteristik tanah, daya dukung pondasi, serta respons struktur terhadap berbagai kombinasi pembebanan.

Dalam penelitian ini, ETABS digunakan untuk melakukan pemodelan dan analisis struktur gedung secara tiga dimensi. Analisis dilakukan untuk memperoleh respons struktur berupa gaya aksial, momen, gaya geser, perpindahan, periode getar, dan simpangan antar lantai. Hasil analisis selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pemeriksaan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas elemen struktur.

Perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Sakit Hermina Bogor menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sebagai sistem struktur tahan gempa. Perencanaan mengacu pada SNI 1726:2019 untuk ketahanan gempa, SNI 1727:2020 untuk pembebanan minimum, dan SNI 2847:2019 untuk persyaratan beton struktural. Penggunaan standar tersebut bertujuan memastikan hasil perencanaan memenuhi ketentuan teknis yang berlaku di Indonesia.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan analisis struktur. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi dan merencanakan ulang struktur Gedung RS Hermina Bogor menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Analisis struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETABS.

2.2 Objek dan Data Penelitian

Objek penelitian adalah struktur beton bertulang Gedung RS Hermina Bogor. Data material dan dimensi awal elemen struktur disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Material Struktur

Elemen	Mutu Beton f_c'	Mutu Baja f_y
Balok Kolom & Pelat	35 MPa	420 MPa

Tabel 2. Dimensi Awal Elemen Struktur

Elemen	Dimensi
Balok	300x450 mm s.d 650x850 mm
Kolom Lantai Bawah	900x900 mm
Kolom Lantai Atas	900x900 mm
Kolom Lantai Atas	850x850 mm
Pelat Lantai	120mm

2.3 Standar dan Pembebanan

Perencanaan mengacu pada: SNI 1727:2020 untuk beban gravitasi, SNI 1726:2019 untuk beban gempa, dan SNI 2847:2019 untuk perencanaan beton bertulang.

Parameter gempa lokasi: $S_s = 1,107g$, $S_1 = 0,507g$, Klasifikasi Situs SE, Faktor Keutamaan $I_e = 1,50$.

Beban hidup bervariasi $0,96 \text{ kN/m}^2 - 4,79 \text{ kN/m}^2$ sesuai fungsi ruang sesuai SNI 1727:2020. Detail beban hidup disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Beban Hidup Minimum

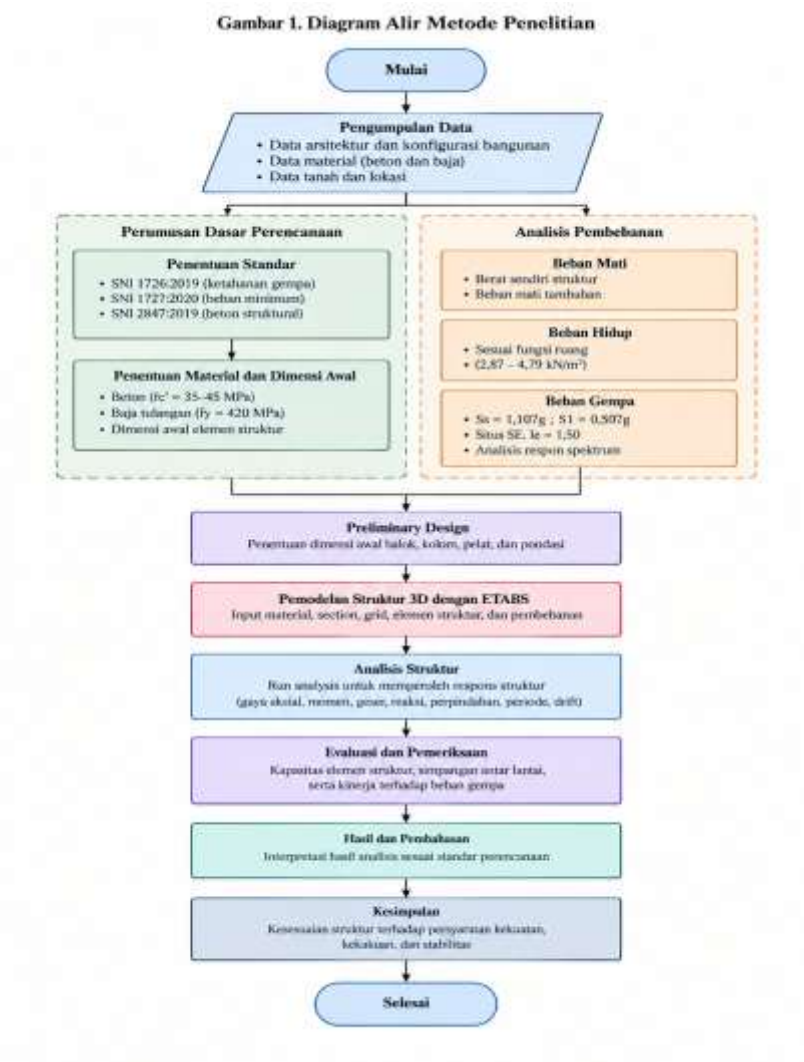
Fungsi Ruang	Beban Hidup
Ruang Operasi & Lab	2,87 kN/m ²
Ruang Pasien	1,92 kN/m ²
Lobby	4,79 kN/m ²
Koridor > Lt.1	3,83 kN/m ²
Atap	0,96 kN/m ²

2.4 Pemodelan dan Analisis

Pemodelan struktur 3D dilakukan pada ETABS. Beban mati, beban hidup, dan beban gempa respons spektrum diinput sesuai SNI. Analisis dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam, simpangan antar lantai, dan periode getar struktur.

Evaluasi kinerja dilakukan dengan membandingkan kapasitas elemen balok dan kolom terhadap gaya dalam hasil analisis. Pada sistem SRPMK, pemeriksaan juga mencakup persyaratan daktilitas dan hubungan balok-kolom sesuai SNI 2847:2019.

2.5 Diagram Alir Penelitian



3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur Gedung Rumah Sakit Hermina Bogor dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan model struktur tiga dimensi. Pemodelan mencakup elemen struktur atas dan struktur bawah serta memperhitungkan beban gravitasi dan beban gempa. Tahapan pemodelan meliputi pendefinisian material, penampang elemen, grid dan elevasi, pembebanan, kombinasi pembebanan, serta pemodelan elemen struktur. Hasil pemodelan digunakan sebagai dasar untuk memperoleh respons struktur dan menentukan kebutuhan desain elemen.

Struktur direncanakan menggunakan sistem Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Elemen yang diperiksa meliputi balok, kolom, pelat, dinding geser, hubungan balok-kolom, serta struktur bawah berupa pile cap dan bore pile. Hasil pemodelan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui respons struktur akibat kombinasi pembebanan yang telah ditentukan.

3.2 Parameter Ketahanan Gempa

Gedung Rumah Sakit Hermina Bogor dianalisis menggunakan pemodelan struktur tiga dimensi dengan perangkat lunak ETABS. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Analisis dilakukan dengan memperhitungkan beban gravitasi dan beban gempa, kemudian hasilnya digunakan sebagai dasar dalam perencanaan elemen struktur.

Bangunan termasuk Kategori Risiko IV, sehingga faktor keutamaan gempa yang digunakan adalah:

$$I_e=1,50$$

Parameter percepatan spektral yang digunakan adalah:

$$S_s=1,107g$$

$$S_1=0,507g$$

Hasil penentuan respons spektrum menunjukkan:

$$SDS=0,7486g$$

$$SD_1=0,7389g$$

Dengan nilai tersebut, struktur termasuk Kategori Desain Seismik D. Sistem SRPMK menggunakan parameter respons gempa $R=7$, $C_d=5,5$, dan $\Omega_0=2,5$.

Secara umum, parameter respons spektral dapat dinyatakan dengan:

$$SDS= \frac{3}{2}F_aS_s$$

&

$$SD_1= \frac{2}{3}F_vS_1$$

Nilai parameter tersebut digunakan sebagai dasar pembentukan respons spektrum pada analisis ETABS. Parameter tersebut digunakan dalam penyusunan pembebanan gempa melalui analisis respons spektrum pada ETABS. Penggunaan parameter kegempaan tersebut bertujuan untuk menghasilkan respons struktur yang sesuai dengan kondisi lokasi dan tingkat kepentingan bangunan. Karena rumah sakit termasuk bangunan dengan tingkat kepentingan tinggi, penggunaan faktor keutamaan yang sesuai menjadi bagian penting dalam evaluasi ketahanan struktur.

3.3 Hasil Analisis Modal

Analisis modal dilakukan untuk mengetahui karakteristik dinamik struktur. Berdasarkan hasil analisis, mode pertama memiliki periode 0,761 detik dan dominan terhadap translasi arah UX, sedangkan mode kedua memiliki periode 0,668 detik dan dominan terhadap translasi arah UY. Mode ketiga memiliki periode 0,490 detik dan menunjukkan perilaku dominan berupa torsi pada arah RZ. Analisis dilakukan hingga 12 mode untuk memperoleh partisipasi massa yang digunakan dalam model.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa dua mode awal struktur didominasi oleh gerakan translasi pada arah utama bangunan, sedangkan mode berikutnya menunjukkan pengaruh rotasi/torsi. Informasi tersebut penting dalam mengevaluasi perilaku dinamik struktur karena respons struktur terhadap gempa tidak hanya dipengaruhi oleh perpindahan translasi, tetapi juga kemungkinan terjadinya respons torsional.

3.4 Respons Struktur dan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai atau story drift merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kekakuan struktur terhadap beban gempa. Simpangan antar tingkat diperoleh dari selisih perpindahan antara lantai yang ditinjau dengan lantai di bawahnya.

Secara umum, simpangan antar lantai dapat dihitung dengan:

$$\Delta = \delta_i - \delta_{i-1}$$

dengan:

Δ = simpangan antar lantai;

δ_i = perpindahan lantai yang ditinjau;

δ_{i-1} = perpindahan lantai di bawahnya.

Pada perencanaan ini, pemeriksaan dilakukan pada arah X dan Y menggunakan hasil analisis ETABS. Nilai simpangan antar lantai kemudian dibandingkan dengan batas simpangan yang diizinkan berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019.

Pemeriksaan ini diperlukan untuk memastikan bahwa struktur tidak hanya memiliki kekuatan yang cukup, tetapi juga kekakuan yang memadai dalam membatasi deformasi akibat beban gempa.

3.5 Pemeriksaan Ketidakberaturan Struktur

Pemeriksaan ketidakberaturan dilakukan terhadap konfigurasi horizontal dan vertikal bangunan. Ketidakberaturan horizontal yang ditinjau meliputi pengaruh torsi, sudut dalam, pergeseran tegak lurus bidang, dan sistem nonparalel. Sementara itu, pemeriksaan ketidakberaturan vertikal meliputi tingkat lunak, distribusi berat atau massa, geometri vertikal, diskontinuitas bidang, dan kekuatan lateral.

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang terdapat pada dokumen perencanaan, tidak terdapat ketidakberaturan berat/massa tipe 2 dan tidak terdapat ketidakberaturan geometri vertikal tipe 3. Kolom juga dinyatakan menerus dari bagian bawah hingga bagian atas bangunan tanpa offset pada pemeriksaan tipe 4.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi struktur yang dimodelkan dapat digunakan dalam proses evaluasi dan desain lebih lanjut. Pemeriksaan ketidakberaturan tetap diperlukan karena keberadaan ketidakberaturan dapat memengaruhi distribusi gaya gempa dan respons elemen struktur.

3.6 Hasil Perencanaan Elemen Struktur

Hasil analisis ETABS selanjutnya digunakan untuk menentukan kebutuhan desain elemen struktur. Pemeriksaan dilakukan terhadap balok, kolom, dinding geser, dan pelat berdasarkan gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisis.

Pada kolom K1 digunakan dimensi 900×900 mm dengan tulangan longitudinal 24D25. Tulangan transversal yang digunakan adalah 4D16-100 pada daerah tumpuan dan 2D16-150 pada daerah lapangan. Pemeriksaan kolom dilakukan terhadap pengaruh gaya aksial dan momen.

Pada balok B1 dan BA, pemeriksaan dilakukan terhadap gaya lentur dan gaya geser. Sementara itu, dinding geser menggunakan ketebalan 450 mm dan diperiksa terhadap gaya aksial, lentur, dan geser. Tulangan badan dinding geser menggunakan 2D19-100 untuk tulangan longitudinal dan transversal, sedangkan tulangan pada bagian kolom dinding menggunakan 24D22. Hubungan balok-kolom juga diperiksa terhadap kuat geser joint dan penyaluran tulangan.

Pelat direncanakan dengan ketebalan 150 mm dan diperiksa terhadap lentur, geser, serta lendutan. Hasil pemeriksaan elemen tersebut digunakan untuk memastikan bahwa elemen struktur mempunyai kapasitas yang memadai terhadap tuntutan gaya yang diperoleh dari analisis.

3.7 Hasil Perencanaan Struktur Bawah

Struktur bawah direncanakan menggunakan bore pile berdiameter 800 mm dengan 16D19 tulangan longitudinal. Berdasarkan perhitungan daya dukung tanah dengan metode Mayerhof, diperoleh nilai daya dukung ultimit sekitar 5.205 kN dan daya dukung izin sekitar 1.735 kN. Berdasarkan beban yang diterima, jumlah tiang yang digunakan adalah 5 tiang.

Pile cap direncanakan dengan tebal 1.000 mm dan menggunakan tulangan bawah D25-100. Pemeriksaan pile cap dilakukan terhadap kebutuhan tulangan dan kapasitas lentur. Sementara itu, bore pile diperiksa terhadap kombinasi aksial dan lentur, gaya geser, serta detailing dan confinement.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perencanaan struktur bawah tidak hanya mempertimbangkan beban dari struktur atas, tetapi juga kondisi dan daya dukung tanah. Dengan demikian, sistem pondasi yang digunakan dapat menjadi bagian dari sistem struktur yang bekerja secara keseluruhan dalam menyalurkan beban bangunan ke tanah pendukung.

3.8 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, penggunaan ETABS memberikan gambaran mengenai perilaku struktur Gedung Rumah Sakit Hermina Bogor terhadap beban gravitasi dan gempa. Hasil analisis modal menunjukkan bahwa respons awal struktur didominasi oleh translasi arah X dan Y, sementara mode berikutnya menunjukkan respons torsi. Hal ini menjadi dasar dalam melakukan evaluasi terhadap respons global struktur.

Pemeriksaan simpangan antar lantai pada arah X dan Y serta pemeriksaan P-Delta dilakukan untuk mengevaluasi kekakuan dan stabilitas struktur. Selain itu, hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan tulangan pada balok, kolom, dinding geser, dan pelat. Pada struktur bawah, hasil reaksi dan beban dari struktur atas digunakan sebagai dasar dalam menentukan jumlah dan konfigurasi bore pile serta pile cap.

Secara keseluruhan, hasil perencanaan menunjukkan bahwa proses desain dilakukan secara terintegrasi mulai dari penentuan parameter gempa, pemodelan struktur, analisis respons, hingga pemeriksaan elemen struktur. Dokumen perencanaan menyatakan bahwa desain struktur meliputi pelat, balok, kolom, hubungan balok-kolom, dinding geser, tie beam, pile cap, dan bore pile.

Dengan demikian, hasil analisis ETABS dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi dan perencanaan struktur, namun hasil perangkat lunak tetap perlu diperiksa berdasarkan prinsip mekanika struktur dan ketentuan SNI. Ketelitian dalam memasukkan geometri, material, dimensi elemen, pembebanan, kombinasi beban, serta kondisi tumpuan menjadi faktor penting agar hasil analisis dapat merepresentasikan kondisi struktur yang direncanakan.

Tabel 1. Hasil Perencanaan Struktur

Parameter	Hasil
Sistem struktur	SRPMK
Kategori risiko	IV
Faktor keutamaan, Ie	1,50
Kelas situs	SE
Ss	1,107g
S1	0,507g
SDS	0,7486g
SD1	0,7389g
KDS	D
Mode 1	T=0,761 s, UX dominan
Mode 2	T = 0,668 s, UY dominan
Mode 3	T = 0,490 s, RZ dominan
Jumlah mode	12
Kolom K1	900 × 900 mm
Tulangan kolom K1	24D25
Dinding geser	Tw = 450 mm
Pelat	H = 150 mm
Bore pile	Ø800 mm
Tulangan bore pile	16D19
Tulangan bore pile	16D19
Jumlah bore pile	5 tiang
Pile cap	h = 1.000 mm
Tulangan bawah pile cap	D25-100

3.9 Interpretasi Respons Dinamik Struktur dan Relevansi terhadap Bangunan Rumah Sakit

Hasil analisis modal yang menunjukkan periode mode pertama sebesar 0,761 detik pada arah translasi X, mode kedua sebesar 0,668 detik pada arah translasi Y, dan mode ketiga sebesar 0,490 detik dengan dominasi rotasi RZ memberi gambaran bahwa struktur memiliki karakter dinamik yang relatif teratur pada dua arah utama, tetapi tetap memperlihatkan keterlibatan respons torsional. Pada bangunan rumah sakit, pembacaan karakter dinamik tidak cukup hanya didasarkan pada satu periode fundamental karena fungsi bangunan termasuk kategori risiko tinggi dan diharapkan tetap memiliki tingkat keselamatan serta kemampuan operasional yang memadai setelah gempa. Oleh sebab itu, partisipasi massa, pola ragam getar, eksentrisitas, dan kemungkinan torsi perlu dibaca sebagai satu kesatuan. Studi pada struktur rumah sakit di Indonesia menunjukkan bahwa evaluasi respons spektrum dan riwayat waktu dapat menghasilkan informasi berbeda tentang drift dan torsi, sehingga pemodelan tiga dimensi menjadi penting untuk menangkap distribusi gaya lateral secara lebih realistis (Handayani et al., 2024).

Dominasi translasi pada dua mode awal dalam penelitian ini sejalan dengan tujuan perencanaan sistem rangka pemikul momen khusus, yaitu menghasilkan mekanisme deformasi global yang terkendali dan tidak didominasi oleh respons lokal yang tidak diinginkan. Walaupun demikian, keberadaan mode ketiga yang bersifat torsional perlu tetap dikendalikan melalui pemeriksaan ketidakberaturan horizontal. Perbandingan pemodelan SRPMK menggunakan ETABS dan perangkat lunak analisis lain juga memperlihatkan bahwa kontrol partisipasi massa, periode fundamental, reaksi dasar, dan simpangan antar lantai merupakan parameter penting sebelum hasil analisis dipakai untuk desain elemen (Syah et al., 2023). Dengan demikian, hasil ETABS pada penelitian ini sebaiknya dipandang sebagai representasi numerik yang telah memenuhi tahapan dasar analisis, tetapi tetap membutuhkan verifikasi terhadap asumsi kekakuan, massa, diafragma, dan kondisi tumpuan.

Kebutuhan verifikasi tersebut semakin penting karena bangunan rumah sakit termasuk fasilitas esensial. Penelitian tentang evaluasi dan retrofit gedung rumah sakit beton bertulang di Indonesia menunjukkan bahwa penilaian kinerja seismik perlu mempertimbangkan respons global dan lokal, termasuk drift atap, drift antar lantai, gaya geser dasar, serta batas rotasi elemen pada tingkat bahaya gempa yang berbeda (Imran et al., 2024). Walaupun

penelitian ini menggunakan pendekatan desain elastik sesuai SNI dan bukan evaluasi nonlinier penuh, prinsip tersebut memperkuat argumentasi bahwa nilai periode dan drift dari ETABS perlu dibaca bersama kapasitas elemen. Oleh karena itu, hasil modal yang diperoleh tidak hanya berfungsi sebagai keluaran perangkat lunak, tetapi menjadi dasar untuk menilai apakah konfigurasi struktur, kekakuan, dan sistem penahan gaya lateral telah bekerja sesuai konsep desain SRPMK.

3.10 Evaluasi Simpangan Antar Lantai, Kekakuan, dan Efek P-Delta

Simpangan antar lantai merupakan salah satu indikator utama dalam mengevaluasi kinerja struktur terhadap beban gempa. Pada struktur rumah sakit, drift yang berlebihan tidak hanya berisiko menyebabkan kerusakan elemen struktural, tetapi juga dapat memengaruhi dinding pengisi, plafon, instalasi mekanikal-elektrikal, peralatan medis, dan jalur evakuasi. Penelitian ini telah melakukan pemeriksaan arah X dan Y berdasarkan keluaran ETABS dan membandingkannya dengan batas izin SNI 1726:2019. Pendekatan tersebut sejalan dengan penelitian pada RSIA Bunda Aliyah yang mengevaluasi simpangan antar lantai dan pengaruh P-Delta menggunakan ETABS, kemudian menyatakan kesesuaian struktur berdasarkan kriteria drift desain (Prakoso, 2022).

Dalam membaca hasil drift, nilai simpangan tidak boleh dipisahkan dari tinggi tingkat, faktor pembesaran perpindahan, faktor keutamaan, dan sistem struktur yang digunakan. Rumah sakit memiliki faktor keutamaan lebih tinggi dibanding bangunan biasa sehingga pengendalian deformasi perlu dilakukan lebih ketat. Kajian pembebanan gedung rumah sakit rujukan Kelas B di Kalimantan Tengah memperlihatkan bahwa evaluasi gaya geser dasar dari analisis statik dan dinamik, diikuti kontrol simpangan antar tingkat, menjadi langkah yang saling melengkapi dalam memastikan respons struktur memenuhi SNI 1726:2019 (Fitrianto & Weimintoro, 2024). Hal ini mendukung prosedur pada penelitian ini yang menempatkan pemeriksaan drift sebagai bagian dari evaluasi global sebelum masuk ke pemeriksaan kapasitas elemen.

Efek P-Delta juga perlu diperhatikan karena gaya aksial gravitasi yang bekerja bersamaan dengan perpindahan lateral dapat menambah momen sekunder pada struktur. Pada gedung dengan kolom besar dan sistem rangka khusus, efek ini umumnya dapat dikendalikan apabila indeks stabilitas berada di bawah batas yang diizinkan, tetapi pemeriksaan tetap diperlukan agar tidak terjadi pengurangan kekakuan efektif yang signifikan. Evaluasi rumah sakit enam lantai di Nganjuk menunjukkan bahwa kontrol simpangan setiap tingkat dengan ETABS dapat mengidentifikasi lantai yang paling kritis dan memastikan nilainya tetap berada dalam batas drift (Irsyada, 2025). Dengan demikian, interpretasi hasil simpangan dalam penelitian ini perlu diarahkan bukan hanya pada status memenuhi atau tidak memenuhi, tetapi juga pada identifikasi lantai kritis, kecenderungan perubahan kekakuan, dan potensi konsentrasi deformasi.

3.11 Kinerja SRPMK, Daktilitas, dan Prinsip Strong Column-Weak Beam

Penggunaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada Gedung Rumah Sakit Hermina Bogor didasarkan pada kebutuhan daktilitas yang tinggi di wilayah dengan tuntutan seismik signifikan. SRPMK mengandalkan detailing khusus pada balok, kolom, dan hubungan balok-kolom agar struktur mampu mengalami deformasi inelastik terkendali tanpa kehilangan kapasitas secara tiba-tiba. Dalam penelitian ini, kolom K1 berukuran 900 x 900 mm dengan tulangan longitudinal 24D25 serta tulangan transversal rapat di daerah tumpuan. Konfigurasi tersebut perlu dievaluasi bersama balok yang berhubungan pada joint agar mekanisme leleh yang diharapkan tetap terjadi pada balok terlebih dahulu. Evaluasi strong column-weak beam pada gedung rumah sakit menunjukkan bahwa rasio kapasitas kolom dan balok harus diperiksa secara eksplisit karena dimensi yang tampak besar belum tentu otomatis memenuhi persyaratan mekanisme keruntuhan yang diinginkan (Nugraha & Walujodjati, 2026).

Prinsip strong column-weak beam penting karena kerusakan plastis pada balok umumnya lebih mudah dilokalisasi dan diperbaiki dibanding mekanisme tingkat lunak akibat kegagalan kolom. Oleh karena itu, perencanaan hubungan balok-kolom harus mempertimbangkan kuat lentur nominal, kuat geser joint, panjang penyaluran, confinement, dan jarak sengkang pada zona sendi plastis. Penelitian kinerja SRPMK menggunakan analisis pushover dan time history menunjukkan bahwa urutan terbentuknya sendi plastis pada balok sebelum kolom merupakan indikator mekanisme disipasi energi yang lebih sesuai dengan filosofi desain tahan gempa (Azwar et al., 2024). Hasil tersebut relevan untuk menegaskan bahwa pemeriksaan kapasitas pada penelitian ini sebaiknya tidak berhenti pada rasio demand/capacity elemen, tetapi juga memastikan hirarki kekuatan antareleman.

Studi perencanaan gedung rumah sakit tujuh lantai di Manado juga menggunakan SRPMK dengan pemodelan ETABS dan melaporkan bahwa elemen balok, kolom, dinding geser, pelat, serta fondasi perlu dirancang sebagai satu sistem dengan pendetailan daktil sesuai SNI (Rerung et al., 2022). Kesamaan pendekatan tersebut menunjukkan bahwa sistem SRPMK efektif untuk bangunan rumah sakit bertingkat apabila konfigurasi elemen, detailing, dan kontrol respons global dilaksanakan secara konsisten. Pada penelitian ini, pemeriksaan kolom, balok, dan hubungan balok-kolom menjadi bagian penting untuk memastikan bahwa besarnya gaya dalam hasil ETABS dapat ditransformasikan menjadi detail tulangan yang benar-benar mampu mempertahankan daktilitas struktur saat gempa besar terjadi.

3.12 Peran Dinding Geser dan Distribusi Kekakuan Sistem Struktur

Walaupun sistem utama yang digunakan adalah SRPMK, model penelitian juga mencakup dinding geser setebal 450 mm. Keberadaan dinding geser dapat meningkatkan kekakuan lateral, menurunkan simpangan, dan mengubah distribusi gaya antara rangka dan dinding. Karena itu, kontribusinya perlu dipahami secara hati-hati agar model tidak secara tidak sengaja berperilaku sebagai sistem ganda tanpa verifikasi persyaratan yang sesuai. Perencanaan gedung rumah sakit dengan shear wall menggunakan ETABS menunjukkan bahwa dinding geser dapat menjadi komponen efektif dalam pengendalian respons gempa, tetapi analisis tetap harus mencakup periode fundamental, faktor skala, simpangan, dan pengaruh P-Delta (Hayu et al., 2022).

Pada bangunan dengan fungsi rumah sakit, peningkatan kekakuan sering menguntungkan karena dapat mengurangi kerusakan komponen nonstruktural. Namun, dinding geser yang ditempatkan tidak simetris dapat memperbesar torsi dan mengubah pusat kekakuan struktur. Penelitian penguatan rumah sakit bertingkat sedang di Padang menggunakan dinding geser menekankan bahwa penambahan elemen tersebut berpengaruh langsung terhadap displacement dan distribusi respons lateral (Al Faqih et al., 2025). Oleh sebab itu, posisi dan kontinuitas dinding geser pada model Gedung Rumah Sakit Hermina Bogor perlu diperiksa tidak hanya dari sisi kapasitas penampang, tetapi juga dari sisi keselarasan pusat massa dan pusat kekakuan, transfer gaya pada diafragma, serta kesinambungan gaya hingga struktur bawah.

Kajian redesign Rumah Sakit Hermina Mekarsari untuk wilayah risiko gempa tinggi memperlihatkan penggunaan sistem ganda yang mengombinasikan SRPMK dan shear wall untuk meningkatkan kekakuan dan kapasitas terhadap gaya lateral (Ramadhan & Imaduddin, 2026). Temuan tersebut memperkuat bahwa kombinasi rangka dan dinding dapat memberikan keuntungan kinerja, tetapi konsekuensinya adalah tuntutan analisis dan detailing yang lebih komprehensif. Dalam konteks penelitian ini, dinding geser dapat dipandang sebagai elemen yang membantu pengendalian deformasi, sementara rangka tetap harus memenuhi ketentuan daktilitas. Interaksi keduanya perlu ditelusuri melalui distribusi base shear, gaya aksial pada boundary element, momen dinding, serta gaya pada balok penghubung bila ada.

3.13 Evaluasi Elemen Struktur Atas dan Konsistensi Kapasitas terhadap Tuntutan

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa elemen struktur atas meliputi balok, kolom, pelat, dan dinding geser telah diperiksa berdasarkan gaya dalam dari ETABS. Kolom K1 menggunakan dimensi 900 x 900 mm dengan 24D25, sedangkan pelat direncanakan setebal 150 mm dan dinding geser setebal 450 mm. Nilai tersebut perlu dibaca sebagai hasil akhir dari proses iteratif antara kebutuhan kekuatan, kekakuan, detailing, dan efisiensi. Perencanaan rumah sakit 10 lantai dengan SRPMK juga menunjukkan bahwa tahapan preliminary design, pemodelan ETABS, analisis, dan evaluasi elemen merupakan rangkaian yang saling terkait dan tidak dapat dipisahkan (Widyanto & Alfandi, 2025).

Pada balok, evaluasi tidak hanya mencakup kapasitas lentur positif dan negatif, tetapi juga kuat geser berdasarkan kemungkinan terbentuknya sendi plastis di ujung balok. Pada kolom, interaksi gaya aksial dan momen harus dikaji pada kombinasi beban kritis. Pada pelat, pemeriksaan lendutan dan punching shear perlu dipertimbangkan bila pelat menyalurkan beban langsung ke kolom atau dinding. Penelitian perencanaan ulang Rumah Sakit UPT Vertikal Surabaya menunjukkan bahwa desain elemen yang mengacu pada SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019 dapat dikembangkan dari hasil analisis ETABS hingga detail dimensi serta penulangan (Fakhrudin et al., 2024). Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa keluaran numerik perlu selalu diterjemahkan ke dalam detail konstruktif yang dapat dilaksanakan di lapangan.

Selain itu, hasil analisis perlu diperiksa konsistensinya terhadap asumsi kekakuan retak beton, reduksi inersia, dimensi efektif penampang, dan kondisi boundary. Perbandingan analisis struktur menggunakan ETABS dan Tekla Structural Designer menunjukkan bahwa meskipun dua perangkat lunak dapat menghasilkan kontrol yang memenuhi persyaratan, perbedaan pemodelan dapat memengaruhi nilai respons dan kebutuhan material (Syah et al., 2023). Oleh karena itu, verifikasi manual pada elemen kritis tetap relevan untuk memastikan tidak terjadi ketergantungan penuh pada perangkat lunak. Hal ini selaras dengan kesimpulan awal penelitian bahwa ETABS merupakan alat bantu analisis, sedangkan keputusan desain harus tetap didasarkan pada prinsip mekanika struktur dan ketentuan SNI.

3.14 Evaluasi Struktur Bawah, Transfer Beban, dan Kinerja Pondasi

Struktur bawah dalam penelitian ini menggunakan bore pile berdiameter 800 mm dengan 16D19 dan pile cap setebal 1.000 mm. Daya dukung ultimit sekitar 5.205 kN dan daya dukung izin sekitar 1.735 kN menghasilkan kebutuhan lima tiang pada konfigurasi yang ditinjau. Perencanaan fondasi perlu mempertimbangkan bahwa beban gempa tidak hanya meningkatkan gaya lateral, tetapi juga dapat menghasilkan kombinasi aksial tekan, tarik, momen, dan geser pada kelompok tiang. Karena itu, reaksi tumpuan dari model struktur atas harus ditransfer secara konsisten ke model fondasi, termasuk kemungkinan eksentrisitas dan distribusi gaya antar tiang.

Pada bangunan rumah sakit, stabilitas fondasi memiliki peran yang sangat penting karena kerusakan atau rotasi pada dasar bangunan akan memengaruhi seluruh sistem struktur dan komponen nonstruktural. Kajian perencanaan struktur rumah sakit di Manado yang memasukkan struktur bawah dalam desain menunjukkan bahwa fondasi dalam perlu dianalisis bersama sistem atas agar jalur beban dari struktur ke tanah tetap jelas dan memenuhi persyaratan keamanan (Rerung et al., 2022). Dengan demikian, penggunaan metode Meyerhof pada penelitian ini dapat dijadikan dasar kapasitas aksial, tetapi tetap perlu dilengkapi pengecekan kelompok tiang, efisiensi grup, settlement, kapasitas lateral, serta detail hubungan pile-pile cap bila data geoteknik lengkap tersedia.

Konsistensi transfer gaya juga penting pada dinding geser karena gaya overturning dapat menghasilkan pasangan tekan-tarik yang besar pada fondasi. Pada kondisi tersebut, pile cap tidak cukup diperiksa hanya terhadap lentur satu arah, tetapi juga terhadap geser, punching, strut-and-tie bila diperlukan, dan anchorage tulangan. Penelitian perencanaan rumah sakit bertingkat dengan SRPMK pada berbagai lokasi Indonesia menunjukkan bahwa desain struktur bawah merupakan bagian integral dari sistem tahan gempa, bukan elemen terpisah setelah desain struktur atas selesai (Sya Ronny et al., 2025). Oleh sebab itu, hasil penelitian ini dapat diperkuat dengan penyajian diagram reaksi tumpuan, kombinasi beban fondasi kritis, serta kontrol deformasi tanah apabila data investigasi geoteknik tersedia.

3.15 Perbandingan dengan Penelitian Terkini, Implikasi Desain, dan Keterbatasan

Jika dibandingkan dengan penelitian terkini, pendekatan dalam penelitian ini berada pada jalur yang konsisten dengan praktik perencanaan bangunan rumah sakit tahan gempa di Indonesia. Studi terhadap rumah sakit dengan SRPMK, shear wall, sistem ganda, serta evaluasi respons spektrum umumnya menggunakan ETABS untuk memperoleh respons global dan gaya dalam, kemudian melakukan pemeriksaan berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019. Evaluasi pada Rumah Sakit Sumberejo memperlihatkan bahwa perubahan acuan gempa dapat meningkatkan tuntutan drift dan perlu dievaluasi dengan metode pushover untuk memahami kinerja struktur secara lebih mendalam (Subianto & Sutrisno, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa desain yang memenuhi analisis linear tetap dapat dikembangkan lebih lanjut dengan evaluasi nonlinier untuk menilai margin kapasitas dan urutan plastifikasi.

Studi pada rumah sakit lain juga memperlihatkan bahwa hasil perencanaan sangat dipengaruhi oleh sistem penahan gaya lateral yang dipilih. Pada sistem rangka khusus tanpa dinding dominan, kontrol strong column-weak beam dan detailing joint menjadi sangat penting. Pada sistem dengan shear wall, fokus tambahan bergeser pada distribusi kekakuan, torsi, coupling, dan transfer gaya ke fondasi. Evaluasi rumah sakit empat lantai terhadap prinsip kolom kuat-balok lemah menunjukkan bahwa ketidaksesuaian kapasitas antarelemen dapat terjadi meskipun dimensi penampang tampak memadai (Nugraha & Walujodjati, 2026). Sementara itu, redesign rumah sakit menggunakan sistem ganda menunjukkan bahwa penambahan shear wall dapat menjadi strategi untuk meningkatkan kekakuan pada daerah seismik tinggi (Ramadhan & Imaduddin, 2026).

Berdasarkan perbandingan tersebut, implikasi utama penelitian ini adalah pentingnya menjaga konsistensi antara model numerik, asumsi desain, dan detail struktur. Hasil periode, drift, gaya dalam, dan reaksi tumpuan harus dapat ditelusuri sampai ke detail tulangan balok, kolom, dinding, pelat, pile cap, dan bore pile. Selain itu, karena rumah sakit termasuk kategori risiko IV, kinerja komponen nonstruktural dan keberlanjutan fungsi pascagempa juga perlu menjadi perhatian pada pengembangan penelitian berikutnya. Penelitian evaluasi rumah sakit di Indonesia menegaskan bahwa fasilitas kesehatan membutuhkan tingkat pemeriksaan lebih tinggi dibanding bangunan biasa karena kegagalan fungsi dapat menimbulkan dampak luas pada masa tanggap darurat (Imran et al., 2024).

Keterbatasan penelitian ini terutama terletak pada penggunaan analisis struktur berbasis model linear dan pada ketersediaan data yang disajikan. Hasil yang ada telah cukup untuk menggambarkan proses perencanaan ulang berbasis SNI, tetapi belum sepenuhnya menjelaskan perilaku pasca-elastik, urutan terbentuknya sendi plastis, sensitivitas terhadap variasi mutu material, pengaruh soil-structure interaction, serta respons terhadap rekaman gempa aktual. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan analisis pushover atau nonlinear time history, melakukan variasi konfigurasi dinding geser, mengevaluasi komponen nonstruktural, dan membandingkan alternatif sistem struktur. Studi terbaru pada bangunan rumah sakit dan struktur SRPMK memperlihatkan bahwa kombinasi analisis linear, pemeriksaan detail kapasitas, dan analisis nonlinier dapat memberikan gambaran yang lebih utuh tentang keselamatan dan ketahanan struktur (Imran et al., 2024; Azwar et al., 2024).

3.16 Implikasi Kinerja Fungsional Rumah Sakit dan Komponen Nonstruktural

Perencanaan struktur rumah sakit memiliki tuntutan yang berbeda dari bangunan gedung biasa karena keberhasilan desain tidak hanya dinilai dari kemampuan mencegah keruntuhan, tetapi juga dari kemampuan mempertahankan fungsi pelayanan setelah kejadian gempa. Peralatan medis, sistem gas medis, instalasi listrik darurat, jaringan komunikasi, plafon, partisi, pipa, serta jalur evakuasi merupakan komponen yang sangat sensitif terhadap percepatan dan deformasi lantai. Walaupun penelitian ini berfokus pada struktur utama, nilai simpangan antar lantai yang telah dievaluasi memiliki hubungan langsung dengan risiko kerusakan komponen nonstruktural. Penelitian evaluasi rumah sakit beton bertulang di Indonesia menunjukkan bahwa sasaran kinerja bangunan esensial perlu dipertimbangkan secara lebih komprehensif karena kehilangan fungsi fasilitas kesehatan dapat memperbesar dampak bencana meskipun struktur utama tidak mengalami keruntuhan (Imran et al., 2024).

Pengendalian drift menjadi salah satu instrumen utama untuk mengurangi kerusakan nonstruktural. Semakin besar drift, semakin tinggi kemungkinan terjadinya retak pada dinding pengisi, kerusakan sambungan plafon, deformasi pintu, dan gangguan pada instalasi yang melintasi joint antar elemen. Karena itu, hasil pemeriksaan simpangan pada arah X dan Y dalam penelitian ini dapat dikembangkan menjadi evaluasi tingkat pelayanan bangunan. Kajian gedung rumah sakit di Semarang menunjukkan bahwa respons ragam dan riwayat waktu dapat memberikan hasil drift yang berbeda, terutama pada struktur yang memiliki ketidakberaturan dan torsi, sehingga pemeriksaan lebih dari satu pendekatan analisis dapat memberikan gambaran yang lebih kuat mengenai kemungkinan deformasi aktual (Handayani et al., 2024).

Selain drift, percepatan lantai juga berpengaruh terhadap peralatan yang tidak terikat dengan baik. Pada rumah sakit, banyak peralatan bernilai tinggi dan berfungsi kritis, sehingga kebutuhan anchorage dan bracing komponen nonstruktural perlu dikoordinasikan dengan desain struktur. Sistem SRPMK memiliki kemampuan disipasi energi yang tinggi, namun fleksibilitas yang besar dapat menghasilkan perpindahan yang relatif lebih tinggi dibanding sistem yang lebih kaku. Keberadaan dinding geser pada model dapat membantu membatasi perpindahan, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian rumah sakit yang menggunakan shear wall sebagai elemen penahan lateral tambahan (Hayu et al., 2022; Al Faqih et al., 2025). Dengan demikian, optimasi struktur tidak semata-mata mengejar efisiensi tulangan, tetapi juga perlu menyeimbangkan daktilitas dengan kekakuan untuk melindungi fungsi bangunan.

Konsekuensi praktis dari hasil penelitian adalah perlunya koordinasi lintas disiplin sejak tahap desain. Lokasi dinding geser, dimensi balok, tinggi balok, dan konfigurasi kolom dapat memengaruhi ruang instalasi mekanikal-elektrikal dan arsitektur rumah sakit. Sebaliknya, bukaan besar untuk ducting atau utilitas dapat mengubah kekakuan dan kapasitas elemen jika tidak direncanakan sejak awal. Oleh karena itu, hasil ETABS sebaiknya digunakan sebagai dasar koordinasi BIM atau shop drawing agar jalur beban struktur tetap jelas sekaligus memenuhi kebutuhan fungsi ruang. Penelitian perbandingan yang menggunakan ETABS dan Tekla Structural Designer menunjukkan manfaat konsistensi data model dan kontrol struktur ketika analisis dihubungkan dengan proses desain yang lebih terintegrasi (Syah et al., 2023).

3.17 Verifikasi Model, Keandalan Hasil ETABS, dan Rekomendasi Pengembangan Desain

Keandalan hasil analisis sangat bergantung pada kualitas model. Kesalahan kecil pada definisi material, satuan, massa, release, diaphragm, rigid zone, kombinasi beban, atau orientasi local axis dapat menghasilkan perubahan signifikan pada gaya dalam dan simpangan. Oleh sebab itu, model ETABS perlu melalui proses verifikasi berlapis. Tahap pertama adalah pemeriksaan geometri dan konektivitas elemen; tahap kedua adalah pemeriksaan berat total struktur dan perbandingan dengan perhitungan manual sederhana; tahap ketiga adalah pemeriksaan periode fundamental dan bentuk mode; tahap keempat adalah kontrol base shear, drift, dan reaksi tumpuan; dan tahap kelima adalah pemeriksaan elemen kritis secara manual. Pendekatan seperti ini konsisten dengan penelitian pembebanan rumah sakit yang mengombinasikan evaluasi statik dan dinamik untuk memastikan gaya geser dasar dan simpangan memenuhi ketentuan (Fitrianto & Weimintoro, 2024).

Verifikasi manual tidak berarti mengulang seluruh analisis perangkat lunak, tetapi memilih parameter yang paling mewakili perilaku sistem. Sebagai contoh, periode fundamental dapat dibandingkan dengan pendekatan empiris, berat seismik dapat dihitung dari volume elemen dan beban tambahan, base shear dapat diperiksa dengan metode statik ekuivalen, dan satu atau dua balok serta kolom kritis dapat dihitung ulang untuk melihat kesesuaian momen dan geser. Pada penelitian rumah sakit di Depok, evaluasi simpangan dan P-Delta melalui ETABS menjadi dasar untuk memastikan model mengikuti SNI 1726:2019, sementara penelitian rumah sakit di Manado juga menggabungkan analisis statik dan dinamik dalam proses kontrol desain (Prakoso, 2022; Rerung et al., 2022). Hal tersebut memperkuat pentingnya penggunaan lebih dari satu indikator sebelum menyatakan struktur memenuhi persyaratan.

Untuk pengembangan berikutnya, analisis pushover dapat digunakan untuk menilai distribusi sendi plastis, kapasitas lateral, dan tingkat kinerja struktur. Analisis ini bermanfaat untuk memeriksa apakah mekanisme plastis yang terbentuk konsisten dengan filosofi SRPMK. Penelitian pada struktur SRPMK menunjukkan bahwa analisis pushover mampu memberikan informasi mengenai urutan leleh dan level kinerja, sedangkan penelitian Rumah Sakit Sumberejo menunjukkan bahwa pembaruan tuntutan gempa dapat memengaruhi drift dan kapasitas sehingga evaluasi nonlinier menjadi relevan (Azwar et al., 2024; Subianto & Sutrisno, 2024). Selain pushover, nonlinear time history dapat dipertimbangkan untuk bangunan esensial apabila tersedia rekaman gempa yang sesuai dan sumber daya analisis yang memadai.

Analisis sensitivitas juga dapat dilakukan terhadap mutu beton, kekakuan efektif, konfigurasi shear wall, dan kelas situs. Perubahan parameter tersebut akan membantu mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh terhadap drift, gaya dalam, dan kebutuhan tulangan. Untuk struktur bawah, pengembangan model dapat memasukkan interaksi tanah-struktur atau pegas tanah apabila data geoteknik memungkinkan. Pada bangunan rumah sakit dengan kategori risiko IV, studi sensitivitas semacam ini memberikan nilai tambah karena desain tidak hanya dinilai pada satu kombinasi asumsi. Perencanaan ulang rumah sakit dengan sistem ganda pada wilayah seismik tinggi menunjukkan bahwa perubahan sistem penahan lateral dapat meningkatkan kekakuan dan mengubah distribusi gaya secara signifikan (Ramadhan & Imaduddin, 2026).

Secara keseluruhan, penelitian ini telah menyediakan kerangka desain yang lengkap mulai dari pemodelan, penentuan parameter gempa, evaluasi respons global, desain elemen atas, hingga struktur bawah. Penambahan tahap verifikasi, analisis kinerja nonlinier, dan evaluasi komponen nonstruktural akan memperkuat validitas hasil serta meningkatkan relevansinya untuk fasilitas kesehatan. Dengan mempertahankan prinsip strong column-weak beam, kontrol drift, detailing daktail, distribusi kekakuan yang seimbang, dan jalur beban fondasi yang jelas, rancangan dapat lebih siap menghadapi variasi tuntutan gempa yang mungkin terjadi selama umur layanan bangunan. Studi terbaru pada rumah sakit empat lantai menegaskan bahwa pemeriksaan hirarki kapasitas tetap penting bahkan ketika dimensi elemen telah ditetapkan, sehingga kontrol detail tidak boleh dilepaskan dari evaluasi global model (Nugraha & Walujodjati, 2026).

4. Kesimpulan

Perencanaan struktur Gedung Rumah Sakit di Bogor menggunakan sistem SRPMK telah dianalisis dengan bantuan ETABS berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019. Hasil analisis modal menunjukkan periode getar mode 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 0,761 detik, 0,668 detik, dan 0,490 detik. Elemen struktur yang direncanakan meliputi pelat, balok, kolom, dinding geser, hubungan balok-kolom, serta pondasi bore pile dan pile cap. Struktur bawah menggunakan bore pile Ø800 mm dengan daya dukung izin sekitar 1.735 kN per

tiang dan kebutuhan 5 tiang. Secara keseluruhan, hasil analisis dan desain menunjukkan bahwa sistem struktur dapat memenuhi aspek kekuatan, kekakuan, dan stabilitas berdasarkan parameter perencanaan yang digunakan.

Referensi

1. Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
2. Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
3. Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
4. Hartono. (1999). Prinsip-prinsip Dasar Perencanaan Struktur Gedung. Jakarta: Erlangga.
5. Dipohusodo, I. (1994). Struktur Beton Bertulang. Bandung: Nova.
6. Asroni, A. (2010). Beton: Teknologi dan Perancangan Struktur. Yogyakarta: Graha Ilmu.
7. Lesmana, M. (2019). Teori Desain Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Erlangga.
8. Hilmi, I. (2014). Mekanika Struktur dan Pembebanan Bangunan. Surabaya: Graha Ilmu.
9. Nasution, K. (2009). Dasar-dasar Sistem Struktur Bangunan Gedung. Jakarta: Bumi Aksara.
10. Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 - Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.nce
11. Imran, I., Siringoringo, D. M., & Rainayana, S. S. (2024). Seismic evaluation and retrofit of a typical reinforced concrete hospital building in Indonesia with DCFP isolation system. *Structures*, 64, 106593. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106593>
12. Prakoso, S. B. (2022). Analisis kinerja struktur gedung rumah sakit berdasarkan SNI gempa 1726-2019 (Studi kasus: RSIA Bunda Aliyah Depok-Jawa Barat). *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 7(1). <https://doi.org/10.52447/jkts.v7i1.5862>
13. Hayu, M. C. W. T., Nugraheni, A., Widjaja, W. S., & Setiadi, B. (2022). Perencanaan struktur gedung rumah sakit dengan shearwall menggunakan permodelan ETABS 2018 V18.1.0. G-SMART, 6(2). <https://doi.org/10.24167/gsmart.v6i2.4704>
14. Rerung, S., Wallah, S. E., & Pandaleke, R. E. (2022). Perencanaan struktur beton bertulang gedung rumah sakit 7 lantai di Kota Manado. *TEKNO*, 20(82). <https://doi.org/10.35793/jts.v20i82.44136>
15. Syah, M. A., Ardhyani, M. Z., Fajri, H., Purwandito, M., & Irwansyah, I. (2023). Perbandingan analisis struktur Gedung Laboratorium PGSD Universitas Samudra metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus menggunakan ETABS dan BIM Tekla Structural Designer. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(2), 210-219. <https://doi.org/10.30630/jirs.v20i2.1048>
16. Fitrianto, K., & Weimintoro, W. (2024). Analisis pembebanan pada upper structure Gedung Rumah Sakit Rujukan Kelas B Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Engineering*, 15(1), 18-31. <https://doi.org/10.24905/jureng.v15i1.5>
17. Fakhrudin, H., Naibaho, A., & Wahiddin, W. (2024). Perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Sakit UPT Vertikal Surabaya Tower B. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 5(4), 132-138. <https://doi.org/10.33795/jos-mrk.v5i4.5830>
18. Handayani, N. K., Abadi, B. M., & Pamungkas, N. D. (2024). Evaluasi kinerja struktur gedung rumah sakit 7 lantai 1 basement di Semarang dengan analisis dinamik linear respons ragam dan riwayat waktu menggunakan acuan SNI 1726:2019. *Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 3(2), 39-48. <https://doi.org/10.36728/jceit.v3i2.4347>
19. Subianto, A. Y., & Sutriyono, B. (2024). Evaluasi kekuatan struktur bangunan Rumah Sakit Sumberejo dengan pembebanan gempa SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2019 menggunakan metode pushover. *Journal of Sciencetech Research and Development*, 6(1), 460-470. <https://doi.org/10.56670/jsrd.v6i1.333>
20. Azwar, F. M., Ilham, & Zain, A. M. (2024). Analisis kinerja struktur stadion bola basket dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). *Jurnal Surya Teknik*, 1(2), 1-14. <https://doi.org/10.31934/jst.v1i2.6579>
21. Widyanto, B. N., & Alfandi, B. (2025). Perencanaan bangunan rumah sakit 10 lantai dengan sistem SRPMK. *Struktur Teknik Sipil*, 7(1), 17-23. <https://doi.org/10.31000/civil.v7i1.15371>
22. Irsyada, F. F. (2025). Evaluasi kinerja gedung terhadap simpangan antar lantai akibat beban gempa (Studi kasus: Gedung 6 lantai RS Bhayangkara Kabupaten Nganjuk). *Jurnal Vokasi Teknik Sipil*, 3(2). <https://doi.org/10.26740/viteks.v3i2.66979>
23. Al Faqih, Y. S., Juliafad, E., & Yusmar, F. (2025). Perkuatan struktur bangunan rumah sakit bertingkat sedang dengan layout-S terhadap beban gempa di Kota Padang dengan dinding geser. *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, 6(2), 129-140. <https://doi.org/10.24036/asce.v6i2.124783>
24. SyaRonny, M., Warsito, W., & Bakhtiar, A. (2025). Studi alternatif perencanaan Gedung RSUD Ibnu Sina Klanongan Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(2).
25. Ramadhan, F. G., & Imaduddin, M. (2026). Redesign of the structural system of Hermina Mekarsari Hospital building using a dual system in high seismic risk areas. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 14(2), 247-260. <https://doi.org/10.26740/rekats.v14n2.p247-260>
26. Nugraha, A. D., & Walujodjati, E. (2026). Evaluasi struktur kolom kuat balok lemah dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada gedung rumah sakit empat lantai. *Jurnal Konstruksi*, 24(1), 402-411. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.24-1.1737>