

Kapasitas Struktur Kolom Gedung Bertingkat Terhadap Penambahan Beban Asial dan Beban Lateral Berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019

Column Structure Capacity of Multi-Story Building Againsts Addition Axial Load and Vertical Loads Based on SNI 2847-2019 and SNI 1726-2019

Enzyelin Nur Afni¹, Mahadi Kurniawan^{2*}, Firman Syarif³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution No. 113, Pekanbaru, Indonesia

* Penulis korespondensi : mahadi.kurniawan@eng.uir.ac.id

Tel.: +62-82320201313

Diterima: Sep 7, 2025 ; Direvisi: Jun 12, 2026; Disetujui: Jun 12, 2026

DOI: 10.25299/saintis.2026.vol26(01).24895

Abstrak

Gedung bertingkat tinggi memiliki risiko yang tinggi (*high risk building*), sehingga memerlukan perencanaan yang tepat. Dalam perencanaan gedung harus meliputi tahap-tahap seperti perencanaan desain, perencanaan pembebanan, perencanaan dimensi, serta perencanaan kekuatan strukturnya berdasarkan gaya normal, gaya geser, dan momen yang terjadi pada struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kapasitas struktur kolom eksisting pada Gedung Rumah Sakit terhadap penambahan beban akibat peningkatan jumlah lantai bangunan berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019. Gedung rumah sakit ini direncanakan setinggi 9 lantai dan dibangun hanya 3 lantai pada tahun 2008 yang pada saat itu masih mengacu kepada SNI 2847-2002 dan SNI 1726-2002. Pada tahun 2024 pihak owner ingin melanjutkan pembangunan menjadi 9 lantai. Akan tetapi perlu dilakukan investigasi struktur terlebih dahulu untuk mengetahui kapasitas eksisting Gedung. Analisis menggunakan program *finite element* dan diagram interaksi untuk evaluasi kapasitas kolom. Beban gempa dihitung menggunakan metode Respons Spektrum. Studi ini memberikan kontribusi penting dalam perencanaan struktur gedung bertingkat dengan mempertimbangkan aspek keamanan, kenyamanan, dan kepatuhan terhadap standarisasi yang terbaru. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kolom eksisting masih mampu menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur pada kondisi eksisting. Namun, apabila dilakukan penambahan lantai, maka kapasitas kolom akan mengalami kerentanan. Dengan menggunakan kombinasi pembebanan pada 2847-2019 dan SNI 1726-2019, ternyata kapasitas kolom hanya mampu menahan penambahan 2 lantai. Penambahan lebih dari jumlah lantai tersebut menyebabkan kolom tidak aman karena momen ultimit melebihi kapasitas nominal kolom, sehingga diperlukan perkuatan kolom untuk memenuhi persyaratan keselamatan struktur.

Kata Kunci: Kapasitas Kolom, Beban Aksial, Beban Lateral, Respons Spektrum, Perkuatan Struktur

Abstract

High-rise buildings are categorized as high-risk structures, requiring careful and comprehensive planning. Building design planning must encompass several stages, including architectural and structural design, load planning, dimensioning, and structural strength evaluation based on axial forces, shear forces, and bending moments acting on the structure. This study aims to evaluate the capacity of existing columns in a hospital building subjected to additional loads resulting from an increase in the number of floors, based on the provisions of SNI 2847:2019 and SNI 1726:2019, as well as SNI 2847:2002 and SNI 1726:2002. The analysis was conducted using finite element modeling and interaction diagrams to assess column capacity. Seismic loads were determined using the Response Spectrum Method. This study provides an important contribution to the design of multi-story building structures by considering safety, serviceability, and compliance with the latest structural standards. The results indicate that the existing columns are capable of resisting the combined effects of axial loads and bending moments under the current building condition. However, the addition of extra floors significantly reduces the column capacity. Based on SNI 2847:2019, the existing columns can safely support the addition of only two floors, whereas under SNI 2847:2002, they can support up to five additional floors. Any increase beyond these limits results in unsafe conditions, as the ultimate bending moment exceeds the nominal column capacity. Therefore, column strengthening is required to satisfy structural safety requirements.

Keywords: Column Capacity, Axial Load, Lateral Load, Response Spectrum, Structural Strengthening

PENDAHULUAN

Gedung bertingkat tinggi memiliki risiko yang tinggi (*high risk building*), sehingga memerlukan perencanaan yang tepat. Saat ini pembangunan gedung bertingkat semakin banyak dilakukan, se-

hingga dibutuhkan pemahaman yang baik mengenai konsep sistem struktur gedung bertingkat terutama pada kemampuan perkuatan elemen struktur pada bangunan. Untuk gedung tinggi, diperlukan

kekakuan yang cukup untuk menahan gaya-gaya lateral yang disebabkan oleh angin dan gempa. Jika bangunan tinggi tersebut tidak didesain secara benar terhadap gaya-gaya ini, dapat timbul tegangan yang sangat tinggi, serta getaran dan goyangan ke samping ketika gaya-gaya tersebut terjadi. Akibatnya tidak hanya menimbulkan kerusakan parah pada bangunan tersebut tetapi juga mengakibatkan ketidaknyamanan pada penghuni [1]. Hal tersebut tentunya tidak hanya bertujuan untuk menciptakan struktur bangunan yang lebih kuat dan tahan gempa, tetapi juga bertujuan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan bagi setiap orang yang ada dan tinggal di dalam bangunan tersebut [2].

Sebagai objek studi, dipilih Gedung Rumah Sakit yang berlokasi di Pekanbaru. Perencanaan awal akan dibangun 9 lantai pada tahun 2008 dengan menggunakan SNI 2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan dan SNI 1726-2002 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung. Namun pada tahun 2009, bangunan Gedung Rumah Sakit ini telah dibangun 3 lantai sesuai dengan SNI 2847-2002 dan SNI 1726-2002, yang konstruksi pembangunannya belum selesai dilaksanakan sesuai perencanaan awal. Mengingat semakin meningkatnya fungsi ruangan di Gedung Rumah Sakit maka perlu dilakukan peningkatan yaitu penambahan jumlah lantai pada gedung tersebut. Pada tahun 2024, bangunan Gedung Rumah Sakit akan direncanakan peningkatan jumlah lantai sesuai dengan perencanaan awal 9 lantai.

Maka perlu dilakukan evaluasi struktur khususnya pada kolom, apakah kolom eksisting tersebut masih layak dengan adanya peningkatan penambahan beban 6 lantai berikutnya. Salah satu elemen struktur bangunan yang sangat penting dalam menahan beban aksial vertikal adalah kolom, karena kolom berfungsi meneruskan beban-beban yang terjadi pada struktur ke tanah melalui pondasi. Kolom merupakan suatu struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai dan runtuhnya bangunan secara total [3]. Gedung Rumah Sakit merupakan gedung yang termasuk dalam kategori risiko IV karena bangunan ini memiliki fungsi untuk menjaga keselamatan dan pelayanan terhadap pasien dan juga fungsi vital lainnya yang tidak boleh mengalami kegagalan struktur dalam situasi darurat yang akan menyebabkan korban jiwa [4]. Maka pada kinerja

bangunan menghindari kegagalan tekuk yang disebabkan oleh kolom, sehingga dalam pendesainan harus mempertimbangkan *story mechanism*/ dikenal dengan istilah *Strong Column Weak Beam*. Konsep *strong column weak beam* bertujuan agar terjadi *beam side sway mechanism* [5], dimana terjadinya sendi plastis pada balok sehingga saat terjadi gempa yang mengalami kelelahan/ keruntuhan hanya pada balok, dan pada saat yang sama tidak boleh terjadi keruntuhan geser (pada kolom) karena kolom pada satu lantai menumpu semua lantai di atasnya.

Sehingga perlu perencanaan gedung dengan menggunakan standar yang terbaru untuk analisis kekuatan struktur terutama pada elemen struktur kolom yaitu SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan dan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung. Dalam pembangunan gedung bertingkat ini harus dilakukan perencanaan dan perhitungan struktur harus dilakukan dengan menggunakan *software* analisis struktur karena dengan menggunakan *software* tersebut didapatkan hasil yang cukup akurat [6]. Analisis dalam penelitian ini akan menggunakan bantuan program *finite element* untuk pemodelan struktur dan diagram interaksi untuk analisis kapasitas kolom. Dan untuk analisis beban gempa menggunakan metode Respon Spektrum. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah bangunan gedung yang memiliki kapasitas struktur kolom yang memenuhi syarat, tekuk kritis lebih kecil daripada tekuk yang diizinkan, agar penghuni bangunan tersebut tetap aman saat terjadinya gempa.

METODOLOGI

Kapasitas Kolom

Kolom merupakan elemen struktur yang menerima kombinasi beban berupa beban aksial tekan dan momen. Berdasarkan pasal 6.2.5 [7], pengaruh kelangsingan boleh diabaikan jika (a) dan (b) terpenuhi:

- a. untuk kolom yang tidak ditahan terhadap goyangan samping (kolom bergoyang/ sway):

$$\lambda = \left[\frac{kl}{r} \right]_{u/r} \leq 22 \quad (1)$$

- b. untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan samping (kolom tidak bergoyang/ non sway):

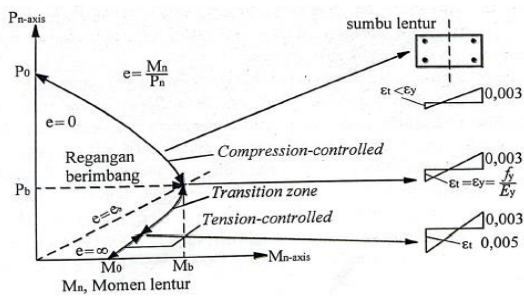
$$\lambda = \left[\frac{kl}{r} \right]_{u/r} \leq 34 + 12 (M1/M2) \quad (2)$$

dan

$$\lambda = \left[\frac{kl}{r} \right]_{u/r} \leq 40 \quad (3)$$

Jika suatu elemen struktur kolom telah mengalami tekuk, maka kolom tersebut tidak lagi mampu menerima beban tambahan. Setelah mengalami tekuk, struktur tersebut tidak akan memiliki kemampuan lagi untuk menahan beban tambahan. Keruntuhan tekuk berkaitan dengan kekakuan elemen struktur [8].

Kapasitas kolom beton bertulang dapat dinyatakan dalam bentuk diagram interaksi P-M dan dapat menggunakan *software* SpColumn yang menunjukkan hubungan beban aksial dan momen lentur pada kondisi batas. Interaksi dari aksial tekan (P) dan momen (M) diwujudkan dalam sebuah kurva [9], seperti terlihat pada Gambar 1.

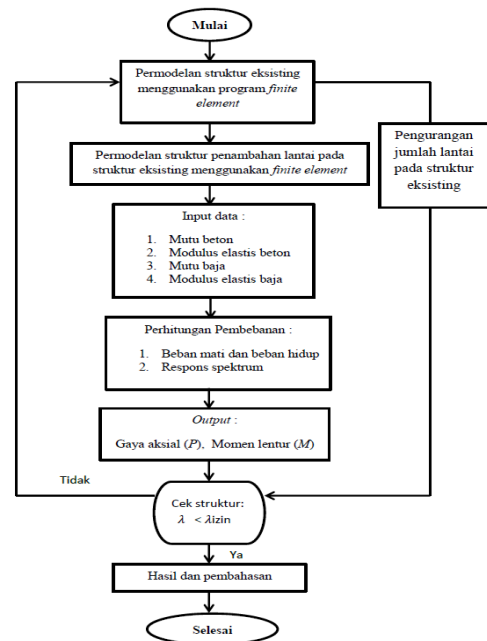


Gambar 1. Diagram interaksi P-M elemen kolom [10]

Pada diagram interaksi diatas terbagi menjadi dua kondisi, yaitu *compression* (tekan) dan *tension* (tarik). Dan diantara dua kondisi tersebut terdapat kondisi yang berimbang antara P dan M yang dikenal dengan istilah kondisi regangan berimbang (*balanced strain condition*), dimana keruntuhan tekan dan leleh tarik terjadi bersamaan. Dan dapat dilihat bahwa perbandingan antara P dan M bisa dinyatakan dengan istilah eksentrisitas (*e*) [11]. Disaat kolom hanya menerima beban tekan eksentris, maka kolom akan menerima pengaruh tekan dan momen. Momen tersebut muncul dikarenakan adanya pengaruh eksentrisitas beban. Oleh karena itu pada diagram interaksi P-M, sumbu vertikal diagram menyatakan nilai $e = 0$ dan sumbu horizontal diagram menyatakan $e = \infty$. Konsep beban eksentris ini sering digunakan sebagai pendekatan dalam proses analisa dan desain dari struktur beton bertulang untuk menyatakan gaya aksial tekan dan momen. Jika sebuah kombinasi beban yang diberikan pada kolom diplotkan dan berada dalam diagram interaksi kolom, ini menunjukkan bahwa kolom tersebut mampu menahan beban tersebut dengan baik. Sebaliknya, jika sebuah kombinasi beban P dan M berada di luar diagram tersebut, maka kombinasi beban tersebut melebihi kapasitas kolom dan dapat menyebabkan

kegagalan struktural [12].

Dalam penelitian metode yang dipakai adalah studi literatur. Studi literatur adalah cara yang digunakan untuk menghimpun data atau sumber yang berhubungan dengan topik yang tinjau dalam suatu penelitian, dengan tidak harus turun ke lapangan dan bertemu dengan responden. Pada penelitian ini, studi literatur yang digunakan adalah jurnal dan buku yang terkait dengan perencanaan struktur bangunan beton bertulang dan tahan gempa. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



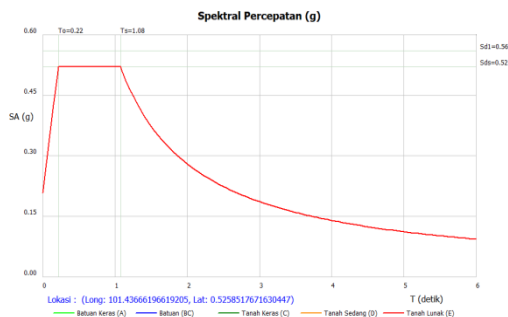
Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data-data yang digunakan yaitu data sekunder berupa gambar data struktur, asumsi pembebanan sesuai dengan SNI serta jenis tanah yang digunakan. Data struktur yang digunakan berupa denah, elemen struktur balok, kolom dan plat lantai pada pemodelan gedung. Analisis permodelan gedung menggunakan metode respons spektrum, data respons spektrum diambil dari situs rsapuskim2019.litbang.pu.go.id. Dengan acuan SNI 1726-2019 untuk beban gempa dan SNI 1727-2020 untuk beban mati dan beban hidup. Setelah gedung dimodelkan menggunakan program *finite element* dan menginput pembebanan yang terjadi pada bangunan, sehingga didapat gaya aksial dan momen lenturnya pada kolom. Kemudian di analisa dengan diagram interaksi, sehingga diperoleh hasil yang menjawab tujuan penelitian.

Penentuan Beban Gravitasi dan Beban Gempa

Adapun dalam menganalisa data dan pembebanan struktur yang dipikul oleh struktur gedung [13] dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Pembebanan untuk beban mati
 - i. Beban mati akibat berat sendiri
Beton bertulang = 2.400 kg/m³
 - ii. Beban mati tambahan pada pelat lantai
Beban spesi setebal 3 cm = 0,3 x 2200 = 66 kg/m²
Beban pasir setebal 1 cm = 0,01 x 1600 = 16 kg/m²
Beban keramik setebal 1 cm = 0,01 x 2200 = 22 kg/m²
Beban plafond dan penggantung = 20 kg/m²
Beban instalasi ME = 25 kg/m²
Total = 149 kg/m²
 - iii. Beban mati tambahan pada pelat atap
Berat waterproofing dengan aspal tebal 2 cm = 0,02 x 1400 = 28 kg/m²
Beban plafond dan penggantung = 20 kg/m²
Beban instalasi ME = 25 kg/m²
Total = 73 kg/m²
- b. Pembebanan untuk beban hidup
 - i. Beban hidup pada pelat lantai 1
Ruang pasien = 195,79 kg/m²
 - ii. Beban hidup pelat lantai 2
Ruang operasi, laboratorium = 292,66 kg/m²
Ruang pasien = 195,79 kg/m²
Total = 488,45 kg/m²
 - iii. Lantai atap = 100 kg/m²
- c. Pembebanan untuk beban gempa
Input data pada program Respon Spektrum Analisis
 - a. Koordinat lintang = 0.5258517671630447°
 - b. Koordinat bujur = 101.43666196619205°
 - c. Kelas situs = SE (Tanah lunak)



Gambar 3. Respon spektrum desain lokasi gedung rumah sakit

Dengan faktor utama kegempaan kategori resiko IV, I = 1.5 dan faktor modifikasi respons berdasarkan SPRMKR = 8 [14].

Kombinasi Pembebanan

Pada pasal 4.2.2 [15], menjelaskan tentang faktor dan kombinasi beban untuk metode ultimit yang mempertimbangkan berbagai kombinasi beban untuk memastikan bahwa struktur tetap aman dan layak pakai dalam pengoperasiannya. Kombinasi beban berupa beban mati nominal, beban hidup nominal dan beban gempa nominal.

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan Sesuai Dengan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019

Faktor dan kombinasi pembebanan
$U = 1,4DL$
$U = 1,2DL + 1,6LL$
$U = (1,2 + 0,2S_{DS})DL + LL \pm 0,3(\rho E_x) \pm 1(\rho E_y)$
$U = (1,2 + 0,2S_{DS})DL + LL \pm 1(\rho E_x) \pm 0,3(\rho E_y)$
$U = (0,9 - 0,2S_{DS})DL \pm 0,3(\rho E_x) \pm 1(\rho E_y)$
$U = (0,9 - 0,2S_{DS})DL \pm 1(\rho E_x) \pm 0,3(\rho E_y)$

Faktor Reduksi Kekuatan

Apabila dimensi, ukuran, lokasi tulangan dan properti material ditentukan sesuai 27.3.1 [7], ϕ boleh diperbesar dari nilai desain yang ditetapkan tetapi ϕ tidak boleh lebih besar dari ketentuan, yaitu:

Tabel 2. Faktor Reduksi Kekuatan

Kekuatan	Klasifikasi	Tulangan transversal	ϕ
Lentur, aksial, atau keduanya	Terkontrol tarik	Semua kasus	1,0
	Terkontrol tekan	Spiral Lainnya	0,9
Geser, torsi, atau keduanya	Tumpu		0,8
			0,8

Kekuatan Desain

Kekuatan desain merupakan kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ . Untuk setiap kombinasi beban terfaktor yang ditetapkan, kekuatan desain pada semua penampang harus memenuhi persyaratan dengan persamaan berikut, pasal 4.6 [7].

Kekuatan desain \geq Kekuatan perlu

$$\phi S_n \geq U \tag{4}$$

Secara khusus untuk elemen struktur yang memikul gaya aksial, momen lentur dan gaya geser, harus dipertimbangkan: pasal 10.5.1.1 [7]

$$a. \phi P_n \geq P_u \tag{5}$$

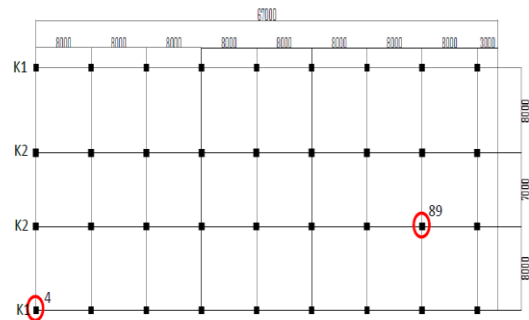
$$b. \phi M_n \geq M_u \tag{6}$$

HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan SNI 2847 2019 dan SNI 1726-2019

Pada penelitian gedung rumah sakit ini mempunyai 2 jenis kolom yaitu kolom jenis K1 70/70 cm dan K2 70/80 cm. Kemudian dilakukan penambahan lantai secara bertahap. Analisis dilakukan dengan menggunakan program *finite element* untuk memperoleh *output* berupa gaya aksial dan momen lentur pada kolom. Setelah diperoleh *output* tersebut maka dilakukan analisis kapasitas kolom dengan menggunakan diagram interaksi. Dari *software* diagram interaksi diperoleh hasil dalam berbagai kondisi, yaitu pada kondisi kuat aksial maksimum, kuat aksial minimum, momen minor maksimum, momen minor minimum, momen major maksimum dan momen major minimum, sehingga berdasarkan kondisi tersebut dapat diketahui kekuatan kolom dalam menahan beban yang ada. Kolom yang ditinjau yaitu kolom K1 dimensi 70/70 cm *frame* 4 dan K2 dimensi 70/80 cm *frame* 89 yang dipilih untuk memastikan keamanan

struktur di bawah pengaruh kombinasi beban yang paling kritis. Kolom tersebut mendapatkan kombinasi beban aksial dan lateral yang menghasilkan momen lentur lebih besar.



Gambar 4. Kolom yang ditinjau

Dari hasil analisis gedung rumah sakit dengan menggunakan *software finite element* diperoleh hasil *output* aksial dan lentur K1 70/70 *frame* 4 dan K2 *frame* 89 untuk analisis kapasitas kolom menggunakan program untuk analisis kapasitas kolom dapat dilihat pada Tabel 3-Tabel 6.

Tabel 3. Analisis Kapasitas Kolom Eksisting Sebelum Penambahan Lantai

Kolom	P _u kN	M _{ux} kNm	M _{uy} kNm	ϕM _{nx} kNm	ϕM _{ny} kNm	Kondisi	KET
K1 Frame 4	257,82	-289,27	-172,49	-530,20	-316,16	P Min	OK
K1 Frame 4	82,49	35,47	56,71	304,76	487,32	P Max	OK
K1 Frame 4	220,11	-289,27	-172,49	-522,16	-311,36	M2 Min	OK
K1 Frame 4	162,96	197,18	115,25	512,14	299,34	M2 Max	OK
K1 Frame 4	220,55	-99,10	-269,54	-205,14	-557,91	M3 Min	OK
K1 Frame 4	163,40	166,50	174,42	418,91	438,84	M3 Max	OK
K2 Frame 89	2884,38	20,73	-2,48	1264,90	-151,62	P Min	OK
K2 Frame 89	1358,99	-455,73	-110,22	-985,10	-238,25	P Max	OK
K2 Frame 89	1402,53	-616,59	-164,03	-991,24	-263,70	M2 Min	OK
K2 Frame 89	2776,04	650,56	-165,03	1194,55	-303,03	M2 Max	OK
K2 Frame 89	2779,04	210,36	-526,03	469,07	-1172,99	M3 Min	OK
K2 Frame 89	1405,53	201,17	521,41	410,82	1064,83	M3 Max	OK

Dari Tabel 3 hasil analisis kapasitas aksial dan momen pada kolom K1 *frame* 4 dan K2 *frame* 89 didapat struktur kolom dengan keterangan "OK" berarti kolom memenuhi persyaratan dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen karena di peroleh hasil $\phi M_n \geq M_u$ sesuai sacuan SNI 2847-2019. Dilihat pada lampiran, pada kondisi aksial minimum pada kolom K1 *frame* 4 di peroleh nilai momen ultimit 336,79 kN yang tidak melebihi

batas izin momen nominal 617,31 kN. Sedangkan pada kondisi aksial minimum pada kolom K2 *frame* 89 di peroleh nilai momen ultimit 20,88 kN yang tidak melebihi batas izin momen nominal 1273,95 kN. Maka dari itu seperti pada lampiran, diagram interaksi menunjukkan beban terfaktor masih berada di dalam garis terfaktor maka kolom dalam kondisi aman sebelum penambahan lantai.

Tabel 4. Analisis Kapasitas Kolom Eksisting Setelah Penambahan 1 Lantai

Kolom	P _u kN	M _{ux} kNm	M _{uy} kNm	ϕM _{nx} kNm	ϕM _{ny} kNm	Kondisi	KET
K1 Frame 4	768,35	212,91	-6,84	731,17	-23,50	P Min	OK
K1 Frame 4	202,35	172,83	96,12	526,16	292,64	P Max	OK
K1 Frame 4	548,45	-496,35	-6,84	-677,28	-9,34	M2 Min	OK
K1 Frame 4	237,23	294,30	61,73	579,43	121,54	M2 Max	OK
K1 Frame 4	552,89	-33,38	-474,65	-47,36	-673,39	M3 Min	OK
K1 Frame 4	241,68	166,50	295,99	94,69	583,77	M3 Max	OK

Kolom	P _u kN	M _{ux} kNm	M _{uy} kNm	ϕM _{nx} kNm	ϕM _{ny} kNm	Kondisi	KET
K2 Frame 89	4127,70	20,62	-2,12	1133,69	-116,65	P Min	OK
K2 Frame 89	1848,48	478,14	134,14	1060,03	297,39	P Max	OK
K2 Frame 89	1892,01	-680,18	178,67	-1073,64	282,02	M2 Min	OK
K2 Frame 89	3885,97	712,57	177,78	1094,60	273,09	M2 Max	OK
K2 Frame 89	3901,99	228,47	-580,80	432,53	-1099,55	M3 Min	OK
K2 Frame 89	1908,03	219,07	577,04	430,74	1134,59	M3 Max	OK

Dari Tabel 4 hasil analisis kapasitas aksial dan momen pada kolom K1 frame 4 dan K2 frame 89 didapat struktur kolom dengan keterangan “OK” berarti kolom memenuhi persyaratan dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen karena di peroleh hasil $\phi M_n \geq M_u$ sesuai sacuan SNI 2847-2019. Dilihat pada lampiran, pada kondisi aksial minimum pada kolom K1 frame 4 di peroleh nilai momen ultimit 213,02 kN yang tidak melebihi

batas izin momen nominal 731,55 kN. Sedangkan pada kondisi aksial minimum pada kolom K2 frame 89 di peroleh nilai momen ultimit 20,73 kN yang tidak melebihi batas izin momen nominal 1139,68 kN. Maka dari itu seperti pada lampiran diagram interaksi, menunjukkan beban terfaktor masih berada di dalam garis terfaktor maka kolom dalam kondisi aman setelah penambahan 1 lantai.

Tabel 5. Analisis Kapasitas Kolom Eksisting Setelah Penambahan 2 Lantai

Kolom	P _u kN	M _{ux} kNm	M _{uy} kNm	ϕM _{nx} kNm	ϕM _{ny} kNm	Kondisi	KET
K1 Frame 4	1341,34	-669,79	-297,70	-769,16	-341,87	P Min	OK
K1 Frame 4	264,36	-43,87	17,94	-562,46	229,98	P Max	OK
K1 Frame 4	787,19	-669,79	-297,70	-671,28	-298,37	M2 Min	OK
K1 Frame 4	299,24	463,79	-228,66	558,49	-275,35	M2 Max	OK
K1 Frame 4	801,05	17,29	-634,31	20,15	-739,31	M3 Min	OK
K1 Frame 4	313,10	98,92	451,71	131,13	598,83	M3 Max	OK
K2 Frame 89	5184,88	20,52	-1,93	1074,68	-101,29	P Min	OK
K2 Frame 89	2367,06	584,06	159,71	1136,50	310,78	P Max	OK
K2 Frame 89	2410,59	-804,27	209,00	-1150,53	298,99	M2 Min	OK
K2 Frame 89	4875,59	836,80	208,21	1038,06	258,29	M2 Max	OK
K2 Frame 89	4913,34	265,74	-675,32	421,71	-1071,68	M3 Max	OK
K2 Frame 89	2448,34	256,45	671,75	443,19	1160,91	M3 Min	OK

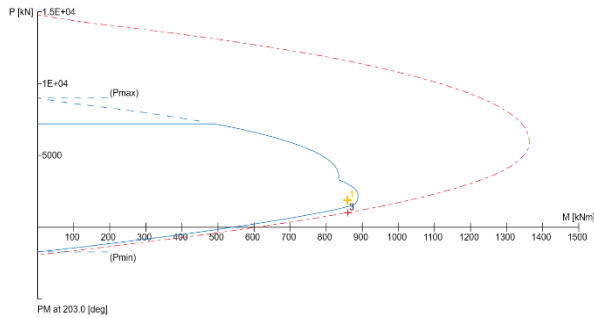
Dari Tabel 5 hasil analisis kapasitas aksial dan momen pada kolom K1 frame 4 dan K2 frame 89 didapat struktur kolom dengan keterangan “OK” berarti kolom memenuhi persyaratan dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen karena di peroleh hasil $\phi M_n \geq M_u$ sesuai sacuan SNI 2847-2019. Dilihat pada lampiran pada kondisi aksial minimum pada kolom K1 frame 4 di peroleh nilai momen ultimit 732,97 kN yang tidak melebihi batas izin momen nominal 841,71 kN. Sedangkan

pada kondisi aksial minimum pada kolom K2 frame 89 di peroleh nilai momen ultimit 20,61 kN yang tidak melebihi batas izin momen nominal 1079,44 kN. Maka dari itu seperti pada lampiran diagram interaksi, menunjukkan beban terfaktor masih berada di dalam garis terfaktor dan juga terdapat beban terfaktor berada pada garis terfaktor maka kolom masih dalam kondisi aman setelah penambahan 2 lantai.

Tabel 4. Analisis Kapasitas Kolom Eksisting Setelah Penambahan 3 Lantai

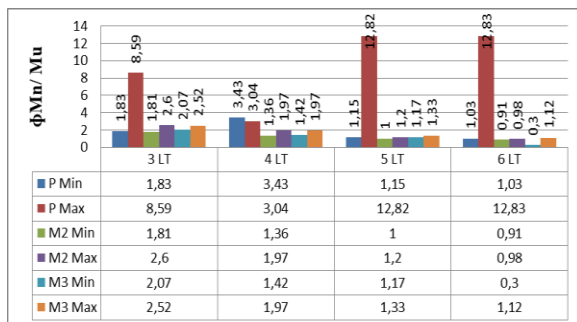
Kolom	P _u kN	M _{ux} kNm	M _{uy} kNm	ϕM _{nx} kNm	ϕM _{ny} kNm	Kondisi	KET
K1 Frame 4	1886,93	-791,59	-334,25	-817,17	-345,05	P Min	OK
K1 Frame 4	307,90	-45,14	16,57	-579,00	212,51	P Max	OK
K1 Frame 4	1008,31	-791,59	-334,25	-719,79	-303,93	M2 Min	NOT OK
K1 Frame 4	342,78	584,69	-264,36	574,33	-259,68	M2 Max	NOT OK
K1 Frame 4	1038,50	53,43	-732,91	15,90	-218,12	M3 Min	NOT OK
K1 Frame 4	372,97	135,82	548,84	151,54	612,36	M3 Max	OK
K2 Frame 89	6167,92	20,36	-1,71	1013,95	-85,34	P Min	OK
K2 Frame 89	2795,15	646,30	172,90	1154,27	308,79	P Max	OK
K2 Frame 89	2838,68	-869,69	223,48	-1160,83	298,29	M2 Min	OK
K2 Frame 89	5775,03	901,91	222,78	1001,94	247,49	M2 Max	OK
K2 Frame 89	5838,71	285,15	-718,78	410,50	-1034,76	M3 Max	OK
K2 Frame 89	2902,37	275,90	715,55	446,52	1158,05	M3 Min	OK

Dari Tabel 6 hasil analisis kapasitas aksial dan momen pada kolom K1 *frame* 4 dan kolom K2 *frame* 89 didapat struktur kolom dengan keterangan "OK" berarti kolom memenuhi persyaratan dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen karena di peroleh hasil $\phi Mn \geq Mu$ sesuai acuan SNI 2847-2019. Namun pada kolom K1 *frame* 4 terdapat kolom dengan keterangan "NOT OK" berarti kolom tidak memenuhi persyaratan dapat dilihat pada gambar berikut:



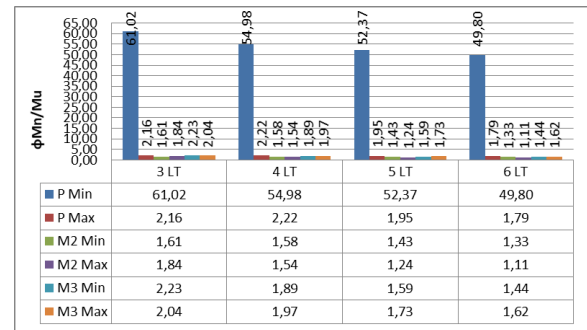
Gambar 5. Kondisi M2 minimum K1 70/70 frame 4

Pada kolom K1 *frame* 4 kondisi momen minor minimum di peroleh nilai momen ultimit 859,27 kN yang melebihi batas izin momen nominal 781,33 kN. Maka dari itu seperti pada diagram interaksi, menunjukkan beban terfaktor masih berada di luar garis terfaktor maka kolom dalam kondisi tidak aman setelah penambahan 3 lantai.



Gambar 6. Kapasitas kolom K1 frame 4

Pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa pada kolom K1 *frame* 4 setelah penambahan 3 lantai, terdapat kolom yang tidak mampu memikul kombinasi beban terfaktor, pada saat kondisi M2 minimum sebesar 0,91, kondisi M2 maksimum sebesar 0,98 dan M3 minimum sebesar 0,3 yang tidak memenuhi persyaratan $\phi Mn/Mu > 1$ sehingga kolom diperlukan perkuatan untuk dapat memikul beban terfaktor.

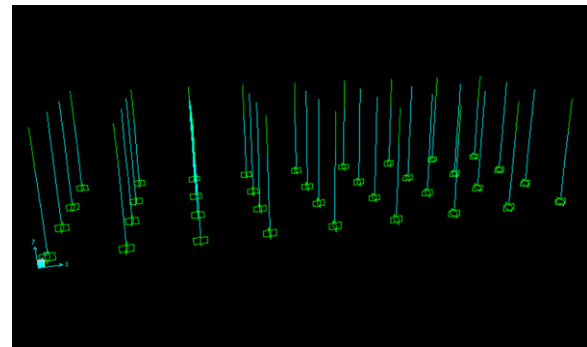


Gambar 7. Kapasitas kolom K2 frame 89

Pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa pada kolom K2 *frame* 89 sebelum dan setelah penambahan 1 sampai dengan 3 lantai, terdapat kolom mampu memikul kombinasi beban terfaktor, karena memenuhi persyaratan $\phi Mn/Mu$ lebih dari 1. Maka kolom K2 dapat menahan beban kombinasi hingga 6 lantai. Dapat disimpulkan bahwa gedung rumah sakit hanya mampu menahan hingga 5 lantai.

Hasil Analisis Struktur Kolom Eksisting Berdasarkan SNI 2847-2002 dan SNI 1726-2002 Sebelum Penambahan Lantai

Berdasarkan hasil analisis kolom eksisting 3 lantai yang dilakukan dengan menggunakan program *finite element* tidak mengalami kegagalan struktur, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 8. Hasil Analisis Struktur Kolom Eksisting Sebelum Penambahan Lantai

Ket:

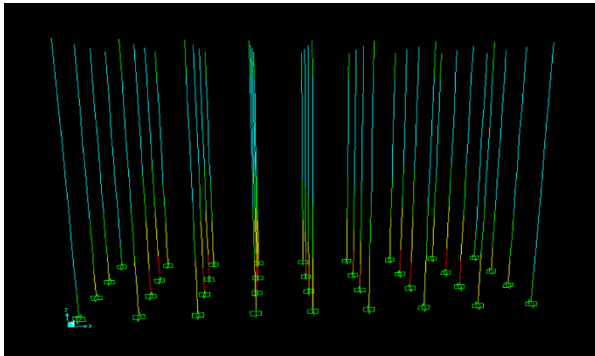
- : Kolom aman (0,0-0,5)
- : Kolom aman (0,5-0,7)
- : Kolom aman (0,7-0,9)
- : Kolom kritis (0,9-1)
- : Kolom tidak aman (1)

Dari hasil analisis struktur kolom eksisting terdapat kolom berwarna hijau dan biru artinya kolom K1 70/70 dengan rasio 0,551 dan K2 70/80 dengan rasio 0,395 tersebut aman dalam menahan

beban kombinasi maksimum dan masih sanggup apabila ditambahkan beban lagi.

Hasil Analisis Struktur Kolom Eksisting Berdasarkan SNI 2847-2002 dan SNI 1726-2002 Setelah Penambahan 6 Lantai

Berdasarkan hasil analisis kolom eksisting 3 lantai yang dilakukan dengan menggunakan program *finite element* tidak mengalami kegagalan struktur, dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Analisis Struktur Kolom Eksisting Setelah Penambahan 6 Lantai

Ket:

- : Kolom aman (0,0-0,5)
- : Kolom aman (0,5-0,7)
- : Kolom aman (0,7-0,9)
- : Kolom kritis (0,9-1)
- : Kolom tidak aman (1)

Dari hasil analisis struktur kolom eksisting terdapat kolom berwarna hijau dan kuning pada kolom K1 70/70 yang menandakan kolom tersebut aman dalam menahan beban kombinasi maksimum dan masih sanggup apabila ditambahkan beban lagi. Namun terdapat kolom berwarna merah pada kolom K2 70/80 yang mengalami *overstress* atau O/S #35 dimana rasio kapasitas telah melebihi batas, maka kolom sudah tidak aman menahan beban kombinasi dan tidak sanggup ditambahkan beban lagi, sehingga dibutuhkan penambahan dimensi penampang kolom. Dapat disimpulkan bahwa gedung rumah sakit hanya mampu menahan hingga 8 lantai.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap bangunan gedung Rumah Sakit yang berada di Kota Pekanbaru, tepatnya di Kecamatan Sukajadi didapatkan kesimpulan yaitu kapasitas kolom eksisting sebelum penambahan lantai, berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019, serta SNI 2847-2002 dan SNI 1726-2002, kolom eksisting masih mampu menahan kombinasi beban

gempa dan lateral, dengan momen ultimit tidak melebihi kapasitas momen nominal. Sedangkan kapasitas kolom eksisting setelah penambahan lantai dengan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019, kolom eksisting hanya mampu menahan penambahan 2 lantai. Penambahan 3 lantai membuat kolom tidak mampu menahan kombinasi beban, menyebabkan momen ultimit melebihi kapasitas nominal. Dengan SNI 2847-2002 dan SNI 1726-2002, kolom eksisting mampu menahan penambahan 5 lantai. Hal ini dikarenakan terjadi peningkatan respon spektrum kota Pekanbaru dari 0,10 g pada SNI 1726-2002 menjadi 0,1884 g pada SNI 1726-2019. Penambahan 6 lantai sesuai rencana awal akan mengakibatkan kapasitas kolom menjadi *overstress* karena rasio kapasitas melampaui batas. Kolom eksisting perlu diperhatikan agar tetap aman menahan kombinasi beban gempa dan gravitasi sesuai standar SNI yang terbaru.

REFERENSI

- [1] A. Kurnia, S. H. Dewi, dan M. Kurniawan, "Pengaruh Posisi Dinding Geser Terhadap Kinerja Struktur Pada Gedung Tidak Beraturan Dengan Menggunakan Metode Response Spectrum," *J. Sainstis*, vol. 18, no. 1, hal. 15–24, 2018, doi: 10.25299/sainstis.2018.vol18(1).2809.
- [2] V. Ecclesia, S. Marthin, D. J. Sumajouw, dan S. O. Dapas, "Perencanaan Bangunan Bertingkat Banyak Menggunakan Sistem Flat Slab dengan Drop Panel," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 12, hal. 1703–1710, 2019.
- [3] A. S. Saptari, "Analisis Perbandingan Kinerja Bangunan Gedung Bertingkat Kolom Persegi Dengan Kolom Bulat Berdasarkan Metode Fema 356," *ITENAS Libr.*, hal. 5–31, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://eprints.itenas.ac.id/1043/>
- [4] C. V Saruni, S. O. Dapas, dan H. Manalip, "Evaluasi dan analisis perkuatan bangunan yang bertambah jumlah tingkatnya," *Sipil Statik*, vol. 5, no. 9, hal. 591–602, 2017.
- [5] G. Jonathan, O. Gandawidjaja, P. Pudjisuryadi, dan B. Lumantarna, "Evaluasi Kinerja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Sni 2847-2013 Pada Struktur Dengan Gempa Dominan," *J. Dimens.*, hal. 1–6, 2016, [Daring]. Tersedia pada:

- <http://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/4946>
- [6] S. P. Sari, "No Title," *Pontif. Univ. Catol. del Peru*, vol. 8, no. 33, hal. 44, 2014.
- [7] Badan Standardisasi Indonesia, "SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan," 2019.
- [8] L. M. Victoria, "Perhitungan Struktur Kolom Pada Gedung C Yayasan Ulil Albab," hal. 8-18, 2018.
- [9] H. Subagio, Krisnamurti, dan Paksitya Purnama Putra, "Evaluasi Penambahan Jumlah Lantai Pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember," *Padur. J. Tek. Sipil Univ. Warmadewa*, vol. 10, no. 1, hal. 1-12, 2021, doi: 10.22225/pd.10.1.1965.1-12.
- [10] Y. Lesmana, *Struktur Beton SNI 2847-2019*, Edisi Pert. PT. Nas Media Indonesia, 2023.
- [11] K. H. F. Sari, V. A. Noorhidana, F. Alami, L. Irianti, dan D. M. Helmi, "Evaluasi struktur kolom gedung 2 lantai eksisting terhadap rencana penambahan beban 2 lantai di atasnya dan beban gempa," *Pros. Semin. Nas. Ilmu Tek. dan Apl. Ind.*, vol. 4, hal. 138, 2021.
- [12] A. Nicko, "Pengaruh Penambahan Lantai Terhadap Kolom Pendek Akibat Kombinasi Beban Aksial dan Lateral," 2019.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain." 2020.
- [14] Y. Lesmana, *Analisa Dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM & SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 & SNI 1726-2019*, Edisi Pert. PT. Nas Media Indonesia, 2023.
- [15] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung." 2019.

NOMENKLATUR

D	= beban mati (<i>dead load</i>)
E	= beban gempa (<i>earthquake load</i>)
E_h	= pengaruh beban seismik horizontal
E_v	= pengaruh beban seismik vertikal
I_e	= faktor keutamaan gempa
L	= beban hidup (<i>live load</i>)
R	= koefisien modifikasi respons
U	= kekuatan perlu
ρ	= faktor redundansi, untuk desain seismik D sampai F nilainya 1,3
S_{DS}	= parameter respons percepatan pada periode pendek
P_n	= kekuatan aksial nominal penampang
ϕ	= faktor reduksi kekuatan

This page is intentionally blank