

## Peningkatan Desain Kapasitas Struktur Atas Beton Bertulang Gedung F RSUD Depok

Dhimas Adji Pratama<sup>1)</sup>, Sindi Widiyawati<sup>2)</sup>, Erlina Yanuarini<sup>3)</sup>

<sup>1),2),3)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI,  
Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat, 16424.

Email: dhimas.adjipratama.ts18@mhs.wpnj.ac.id, sindi.widiyawati.ts18@mhs.wpnj.ac.id,  
erlina.yanuarini@sipil.pnj.ac.id

### Abstrak

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kota Depok merupakan rumah sakit yang dibangun oleh pemerintah Kota Depok. Gedung F RSUD Kota Depok pada tahun 2013 silam pernah dibangun tetapi proses pembangunan ini terhenti sejak triwulan 2014. Kondisi elemen struktur atas yang ada (kolom lantai) yang sudah terbangun tidak terawat sehingga terjadi penurunan mutu beton. Pengujian hammer test menunjukkan mutu beton pada kolom tersebut sebesar 20,59 MPa yang kurang dari kekuatan rencana  $F_c' 25$  MPa. Perencanaan lama (pada tahun 2013) berdasarkan peraturan SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012. Padahal saat ini sudah ada peraturan terbaru yaitu SNI 1727-2020 dan SNI 1726-2019. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode permodelan dan analisis struktur menggunakan software bantu Tekla Structural Designer (TSD). Ada dua model yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Model A dan Model B. Model A menggunakan dimensi sesuai dengan DED dan Model B menggunakan hasil redesain. Kedua model ini memiliki perencanaan pembebanan, tumpuan mutu beton dan mutu tulangan yang sama. Namun memiliki perbedaan dalam dimensi penampang balok kolom pelat serta jumlah dan tulangan yang digunakan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis peningkatan desain kapasitas struktur atas beton bertulang Gedung F RSUD Depok. Pada abstrak ini akan disebutkan peningkatan desain kapasitas terbesar, untuk pelat beton mengalami peningkatan sebesar P1 8,35 kNm, P2 13,22 kNm Sementara itu, desain kapasitas balok meningkat sekitar GB1 187,543 kNm, GB3 85,17 kNm, B1 84,02 kNm dan desain kapasitas kolom meningkat sebesar K1 322,95 kNm, K2 487,36 kNm, K3 420,32 kNm dari kapasitas awalnya (Model A). Oleh karena itu, adanya peningkatan dimensi penampang balok kolom pelat serta jumlah dan tulangan, dapat meningkatkan desain kapasitas struktur atas beton bertulang.

**Kata kunci:** Beton bertulang, Desain kapasitas, Struktur atas

### Abstract

The Depok City Regional General Hospital (RSUD) is a hospital built by the Depok city government. Building F of the Depok City Hospital was built in 2013 but the construction process stopped since the quarter of 2014. The condition of the existing upper structural elements (floor columns) that had been built was not maintained, resulting in a decrease in the quality of the concrete. The hammer test shows that the concrete quality in the column is 20,59 MPa which is less than the design strength of  $F_c' 25$  MPa. The old plan (in 2013) was based on the regulations of SNI 1727-2013 and SNI 1726-2012. Even though there are currently the latest regulations, namely SNI 1727-2020 and SNI 1726-2019. The research method used in this study is the method of modeling and structural analysis using the Tekla Structural Designer (TSD) software. There are two models used in this study, namely Model A and Model B. Model A uses dimensions according to DED and Model B uses the results redesign. These two models have the same loading planning, concrete quality support, and reinforcement quality, but have differences in the dimensions of the beam-column cross-section as well as the amount and reinforcement used. The purpose of this study is to analyze the design improvement of the capacity of the concrete superstructure of Building F RSUD Depok. This abstract will mention the largest capacity design improvement, it is known that the design capacity for concrete slabs has increased by P1 8,35 kNm, P2 13,22 kNm. Meanwhile, the design capacity for beams has increased by around GB1 187,543 kNm, GB3 85,17 kNm, B1 84,02 kNm, and the design column capacity has increased by K1 322,95 kNm, K2 487,36 kNm, K3 420,32 kNm from its initial capacity (Models A). Therefore, an increase in the cross-sectional dimensions of the slab column beam as well as the number and reinforcement can increase the capacity of the reinforced concrete superstructure.

**Keywords:** Capacity design, Reinforced concrete, Upper structure



Copyright © 2022 The Author(s)

This is an open access article under the [CC-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

## 1. PENDAHULUAN

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kota Depok merupakan rumah sakit yang dibangun oleh pemerintah kota Depok. Gedung F RSUD Kota Depok pada tahun 2013 silam pernah dibangun tetapi proses pembangunan saat ini masih berupa pondasi, sloof dan kolom lantai satu proses pembangunan ini terhenti sejak triwulan 2014. Lalu Pemerintah Kota Depok berencana akan melanjutkan tahap berikutnya dengan membangun gedung tersebut untuk menambah kapasitas tempat tidur untuk pasien yang dirawat secara intensif dan berdasarkan atas undang-undang No. 44 Tahun 2009 terkait rumah sakit yang dukung oleh Peraturan Presiden (perpres) tahun 2015 tentang standar pelayanan minimum (UU NO. 44, 2009).

Penelitian ini dilakukan untuk mendesain ulang bangunan tersebut karena kondisi elemen struktur yang sudah terbangun tidak terawat sehingga terjadi penurunan mutu beton hal ini dapat dilihat dari data pengujian hammer test bahwa mutu beton yang ada sebesar 20,59 MPa. Dibandingkan dengan rencana  $f_c'$  yang ada di shop drawing yaitu sebesar 25 MPa, oleh sebab itu Gedung F RSUD Kota Depok ini perlu dilakukan peningkatan desain kapasitas untuk menentukan dimensi kolom, balok dan pelat beserta tulangannya supaya kekuatan desain elemen tersebut lebih besar dari kekuatan ultimate yang terjadi akibat beban luar yang bekerja. Struktur gedung RSUD Kota Depok ini terdiri dari 3 lantai dan bagian yang di redesain hanya elemen struktur atas saja seperti pelat lantai, balok, dan kolom dengan menggunakan konstruksi struktur beton bertulang yang mengacu pada SNI 2847-2019 (SNI 2847-2019, 2019).

Sistem struktur yang digunakan pada perencanaan gedung tersebut ialah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang mengacu pada SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung dan acuan untuk menghitung besaran beban yang bekerja pada sebuah bangunan pada penelitian ini menggunakan menggunakan peraturan terbaru yang saat ini (SNI 1726-2019, n.d.), (SNI 1727-2020, n.d.). Dalam mendesain bangunan gedung menggunakan peraturan terbaru sangat penting karena acuan gaya

gempa di berbagai tempat dapat mengalami perbesaran (Jasman et al., 2017).

Desain Kapasitas merupakan ragam keruntuhan struktur akibat beban yang bekerja pada elemen-elemen struktur dengan memperhitungkan faktor pembesaran beban sehingga terjadi kondisi elemen elemen yang kritis dengan mekanisme keruntuhan struktur pada saat kondisi keruntuhan ultimit (Ryanto, 2019).

$$P_u \leq \phi P_n ; \phi = 0,85 \quad (1)$$

$$M_u \leq \phi M_n \quad (2)$$

Pelat

$$(A_s \times f_y) \times (d - \left(\frac{a}{2}\right)) \quad (3)$$

Kolom

$$P_n = C_c + C_s - T_s \quad (4)$$

$$M_n = C_c \left(\bar{y} - \frac{a}{2}\right) + C_s (\bar{y} - d') + T_s (d - \bar{y}) \rightarrow \bar{y} = h/2$$

Balok

$$M_n = (A_s - A_s') f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' f_y \cdot (d - d') \quad (5)$$

Keterangan :

$P_u$  = kapasitas aksial perlu.  $\phi P_n$  adalah kapasitas desain aksial.  $M_u$  adalah kapasitas momen perlu.  $\phi M_n$  adalah kapasitas desain.

Program analisis dan permodelan yang digunakan untuk merencanakan ulang bangunan gedung ini yaitu menggunakan *Tekla Structural Designer* (TSD) karena dapat memudahkan dalam menentukan kebutuhan dimensi maupun tulangan yang akan dilakukan peningkatan kapasitasnya. Dengan menggunakan *Tekla Structural Designer* pada penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan rujukan terkait penggunaan pengembangan penelitian dan ilmu pengetahuan dalam meningkatkan kapasitas desain struktur atas dan penggunaan program analisis struktur berbasis *Building Information Modeling* (BIM) (Adhi et al., 2016). Dengan menggunakan BIM hal ini dapat memberikan dampak peningkatan produktivitas, optimasi, efisiensi serta lebih cepat dalam merencanakan bangunan gedung.

BIM merupakan salah satu teknologi yang tengah berkembang pada sector Architecture, Engineering and Construction (AEC) (Nugrahini & Permana, 2020). Walaupun penggunaan BIM di Indonesia masih belum merata namun penggunaan BIM sangat didukung oleh pemerintah dengan mengeluarkan peraturan tentang Jasa Konstruksi yang terkandung pada UU No. 2 Tahun 2017 pada Pasal 5 Ayat (5) (Nelson & Sekarsari, 2019). Penggunaan (BIM) wajib diterapkan pada bangunan dengan luas lebih dari 2000 m<sup>2</sup> dan juga lebih dari 2 lantai yang didukung melalui Peraturan Menteri PUPR Tahun 2018 (Permen PU No. 22/PRT/M/2018, 2018).

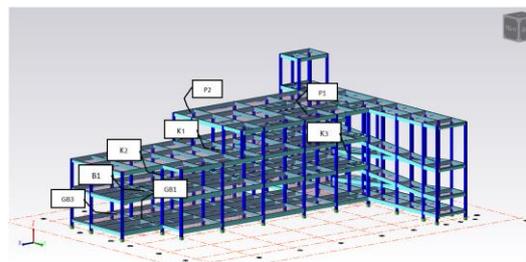
Pada penelitian ini kami memfokuskan untuk mengetahui berapa kebutuhan dimensi penampang dan tulangan struktur beton bertulang setelah dilakukan pendesainan ulang menggunakan *Tekla Structural Designer*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan desain kapasitas struktur atas beton bertulang Gedung F RSUD Depok, dengan menggunakan *Tekla Structural Designer*.

## 2. METODE PENELITIAN

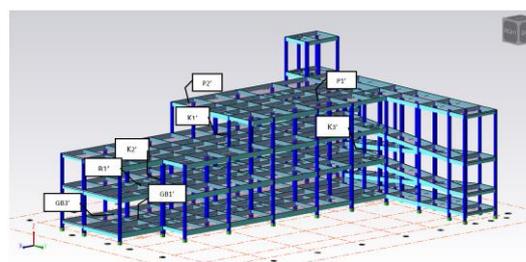
Penelitian peningkatan desain kapasitas struktur atas beton bertulang Gedung F RSUD Depok sudah mengacu pada SNI terbaru yang berlaku saat ini, yaitu SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, serta SNI 1727-2020 (SNI 2847-2019, 2019), (SNI 1726-2019, n.d.), (SNI 1727-2020, n.d.). Dalam penelitian ini digunakan dua buah pemodelan, yaitu Model A berdasarkan gambar DED (*Detail Engineering Design*) dan Model B untuk bangunan yang ditingkatkan desain kapasitas strukturnya (redesain) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa dua model ini memiliki variabel terikat yang sama, yaitu geometri gedung dengan panjang 44 m dan tinggi antar lantai 3,85 m, pondasi dimodelkan sebagai tumpuan jepit, analisis beban gempa rencana menggunakan respon spektrum yang mengacu pada SNI 1726-2019, beban mati, beban hidup, dan beban angin mengacu pada SNI 1727-2020. Selain itu, mutu bahan yang digunakan pun sama yaitu beton menggunakan

mutu  $F_c'$  25 MPa, tulangan utama  $F_y$  400 MPa, dan tulangan sengkang  $F_y$  240 MPa. Adapun variabel bebas dari penelitian ini, yaitu dimensi, ukuran tulangan, dan jumlah tulangan yang digunakan seperti terdapat pada Tabel 1. Sementara itu, Tabel 2 menunjukkan dimensi berserta penulangannya untuk pelat, balok, dan kolom kedua model.



Gambar 1. Pemodelan Struktur Gedung F RSUD Kota Depok-Model A



Gambar 2. Pemodelan Struktur Gedung F RSUD Kota Depok-Model B

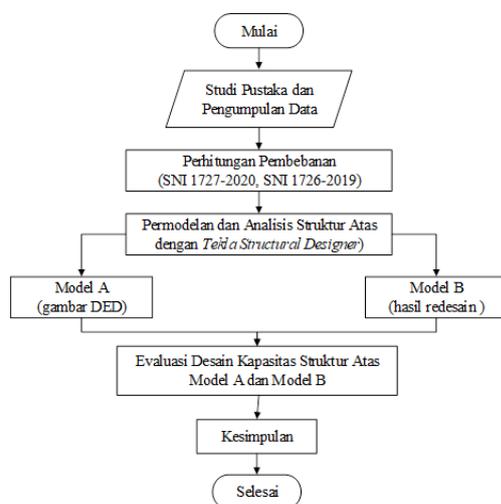
Tabel 1. Model Penelitian Dengan Variabel Terikat Dan Variabel Bebasnya

Model	Variabel terikat	Variabel bebas
Model A	Geometri gedung, Tumpuan jepit, analisis beban gempa, beban angin, mutu beton, mutu tulangan utama dan tulangan sengkang.	tebal pelat =120 mm, jarak antar tulangan pelat 260mm; dimensi balok, dimensi kolom, diameter tulangan D-16
Model B		tebal pelat =150 mm, jarak antar tulangan pelat 200mm; dimensi balok, dimensi kolom, diameter tulangan D-19

Tabel 2. Dimensi dan Kebutuhan Tulangan Pada Model A dan B

Elemen	Model A	Tulangan (mm)	Model B	Tulangan (mm)
Pelat	t = 120mm	D10 - 260	t = 150mm	D10 -200
Balok (mm)	GB1 300×600	10 D16	GB1' 350×650	10 D19
	GB3 250×400	6 D16	GB3' 250×450	10 D19
	B1 300×600	7 D16	B1' 350×650	10 D19
Kolom (mm)	K1 300×300	6 D16	K1' 350×350	4 D19
	K2 300×400	10 D16	K2' 400×500	10 D19
	K3 300×500	8 D16	K3' 350×500	10 D19

Diagram alir yang terdapat pada Gambar 3, menunjukkan alur penelitian yang dimulai dari studi pustaka dan pengumpulan data untuk mendapatkan informasi maupun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Pengumpulan data ini dilakukan karena dalam membuat suatu analisa dibutuhkan data-data bahan acuan agar dapat melakukan analisis dengan baik dan benar (Agung et al., 2021). Data yang didapat, yaitu data primer seperti informasi proyek, *Detail Engineering Design (DED)*, data tanah, dan data sekunder berupa data penunjang yang dibutuhkan dalam menganalisis struktur seperti data pembebanan, kondisi elemen struktur eksisting, mutu bahan yang digunakan dan letak bangunan eksisting.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Setelah melakukan perhitungan pembebanan untuk mendapat nilai beban yang akan dimasukkan ke dalam pemodelan di *Tekla Structural Designer*. TSD mempermudah dalam melakukan permodelan dan analisis struktur beton bertulang seperti pada penelitian sebelumnya beban yang dipertimbangkan terdiri dari beban gravitasi (beban mati dan beban hidup), beban angin dan beban gempa dan ada beberapa kombinasi beban yang diterapkan pada bangunan (Hong et al., 2020).

Beban mati, beban hidup, dan beban angin yang digunakan adalah beban minimum desain yang mengacu pada SNI 1727-2020. Beban gempa rencana yang digunakan mengacu pada SNI 1726-2019. Data beban gempa yang dimasukkan berupa data *Respon Spectrum* Kota Depok yang didapat dari Aplikasi Spektrum Desain Indonesia 2021 yang sudah terintegrasi dengan Peta Sumber.

Tahapan selanjutnya dari penelitian ini adalah membuat dua buah pemodelan dan analisis struktur menggunakan program untuk kedua model. Setelah itu, dilakukan evaluasi terhadap kapasitas desain penampang sehingga dapat diketahui peningkatan kapasitas desain yang terjadi pada Model B terhadap Model A.

### 3. HASIL dan PEMBAHASAN

Model A telah dimodelkan berdasarkan gambar DED sementara model B dimodelkan berdasarkan hasil redesain. Dalam redesain telah melalui tahapan *preliminary design*, untuk merencanakan perkiraan dari dimensi material, jenis material dan mutu material yang ditujukan untuk mendapatkan ukuran penampang dari elemen-elemen struktur seperti kolom, balok dan tebal pelat (Lamia et al., 2020), (Program et al., 2018).

#### Kapasitas desain pelat

Tabel 3 menunjukkan desain kapasitas ( $\phi M_n$ ) pada pelat pada kedua model A dan B. Model A memiliki ketebalan pelat 120 mm dan jarak antar sengkang sebesar 200mm, sehingga desain kapasitas momen lentur arah sumbu X maupun Y pada daerah tumpuan dan lapangan lebih kecil dari kapasitas momen perlunya ( $M_u$ ) dengan kata lain tidak OK atau tidak aman.

Sedangkan pada model B dengan ketebalan pelat 150mm dan jarak antar sengkang lebih rapat, kapasitas momen lentur arah sumbu X maupun Y pada daerah tumpuan dan lapangan lebih besar dari kapasitas momen perlunya (OK/ aman).

Tabel 3. Desain kapasitas ( $\phi M_n$ ) pada pelat

Model	dimensi (mm)	Tumpuan				Ket	Lapangan				Ket
		Sb. X		Sb. Y			Sb. X		Sb. Y		
		$M_u$ (kNm)	$\phi M_n$ (kNm)	$M_u$ (kNm)	$\phi M_n$ (kNm)		$M_u$ (kNm)	$\phi M_n$ (kNm)	$M_u$ (kNm)	$\phi M_n$ (kNm)	
A	P1 = 120	18,58	16,33	15,65	13,47	Tidak OK	15,21	13,34	14,78	12,38	Tidak OK
B	P2 = 120	17,37	15,81	19,52	18,31	Tidak OK	16,67	13,60	17,98	15,91	Tidak OK
A'	P1' = 150	22,71	24,33	18,65	21,82	Ok	18,64	20,83	15,56	19,24	Ok
B'	P2' = 150	21,84	22,91	20,69	23,81	Ok	23,89	26,82	22,14	24,05	Ok

Tabel 4. Peningkatan desain kapasitas ( $\phi M_n$ ) pada pelat

Dime nsi pelat mode l A (mm)	$\phi M_{nxt}$ (kNm)	$\phi M_{nyt}$ (kNm)	$\phi M_{nxl}$ (kNm)	$\phi M_{nyl}$ (kNm)	Dime nsi pelat mode l B (mm)	$\phi M_{nxt}$ (kNm)	$\phi M_{nyt}$ (kNm)	$\phi M_{nxl}$ (kNm)	$\phi M_{nyl}$ (kNm)	Peningk atan $\phi M_{nxt}$	Peningk atan $\phi M_{nyt}$	Peningk atan $\phi M_{nxl}$	Peningk atan $\phi M_{nyl}$
										(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
P1 = 120	16,33	13,47	13,34	14,78	P1' = 150	24,33	21,82	20,83	19,24	8,00	8,35	7,49	4,46
P2 = 120	15,81	18,31	13,60	15,91	P2' = 150	21,82	23,81	26,82	24,05	6,03	5,50	13,22	8,14

Dengan adanya perubahan dimensi dan jarak antar tulangan yang lebih rapat, maka terjadi peningkatan desain kapasitas desain ( $\phi M_n$ ) pada pelat seperti yang ditunjukkan Tabel 4. Peningkatan kapasitas desain momen dan peningkatan kapasitas desain dihitung dari selisih kapasitas desain momen model B dengan model A. Dari tabel 4 dapat diketahui peningkatan kapasitas desain terkecil sebesar 5,5 kNm dan terbesar sebesar 8,14 kNm.

### Kapasitas desain balok

Dalam mendesain balok harus memperhitungkan beban yang bekerja berupa beban geser, beban lentur dan juga momen puntir (torsi) sehingga dalam mendesain balok harus dapat menahan beban tersebut (Sartika et al., 2017). Selain itu harus didesain sendi plastis sehingga balok yang direncanakan harus memperhitungkan momen probable dan tidak mengalami kegagalan struktur (Doli, 2018), (Jasman et al., 2017).

Tabel 5 menunjukkan desain kapasitas ( $\phi M_n$ ) pada balok model A maupun model B. semua balok yang berada pada model A memiliki dimensi penampang yang lebih kecil dari model B dan semua balok pada model A ini dimensi tulangan yang digunakan yaitu D16 mm lalu setelah dianalisis didapat desain kapasitas yang dihasilkan pada model A lebih kecil apabila

dibandingkan dengan kapasitas momen perlunya ( $M_u$ ) oleh karena itu desain balok pada model A tidak aman dengan kata lain tidak OK.

Pada model B terdapat pembesaran dimensi penampang dan tulangan. Tulangan yang digunakan pada model ini D19 mm dengan adanya pembesaran ini desain kapasitas yang dihasilkan lebih besar dari momen ultimatanya oleh sebab itu kapasitas desain pada balok (OK/aman). Dengan terjadinya perubahan dimensi penampang maupun tulangan, maka terjadi peningkatan kapasitas desain ( $\phi M_n$ ) pada balok, hal ini dapat dilihat pada Tabel 5. Peningkatan kapasitas desain dihitung dari selisih kapasitas desain momen model B dengan model A. pada Tabel 6 dapat diketahui peningkatan kapasitas desain terkecil sebesar 26,91 kNm dan terbesar sebesar 187,543 kNm.

### Kapasitas desain kolom

Desain dan analisis kolom beton bertulang perlu diperhitungkan kombinasi beban aksial dan lentur harus diperhitungkan (Wisudho et al., 2017). Syarat yang digunakan untuk tulangan lentur pada kolom yaitu harus mampu menahan beban momen lentur yang ada akibat balok yang bertumpu pada kolom. Jika persyaratan tulangan kolom terpenuhi, maka patahan yang terjadi adalah bersifat duktail dan tidak akan

terjadi keruntuhan yang sifatnya mendadak (Indriani & Sugianto, 2016). Keruntuhan getas sering terjadi pada sambungan balok dan kolom (Rita Anggraini, 2019). Untuk memastikan struktur kolom yang kuat dan balok yang lemah, penampang yang terpasang harus digunakan untuk mendistribusikan momen dari balok ke kolom (Kahiking et al., 2013). Pada kedua

model struktur A dan B menggunakan sistem struktur pemikul momen khusus. Konsep *Strong Column Weak Beam* (SCWB) diterapkan dalam analisa struktur kedua model gedung yang didesain dengan harapan dapat memenuhi syarat struktur yang daktail (Hardianto et al., 2014), (Hidayati & Yustianingsih, 2019).

Tabel 5. Desain kapasitas ( $\phi M_n$ ) pada balok

Model	Model A Dimensi (mm)	$M_u$ (kNm)	Tumpuan		$M_u$ (kNm)	Lapangan	
			$\phi M_n$ (kNm)	Ket		$\phi M_n$ (kNm)	Ket
A	GB1 300x600	374,4	367,18	Tidak ok	189,5	167,17	Tidak OK
	GB3 250x400	67,4	216,42	Ok	24,3	19,87	Tidak OK
	B1 300x600	325,2	360,33	Ok	281,8	257,98	Tidak OK
	GB1' 350x650	408,4	554,723	Ok	230,8	287,98	OK
	GB3' 250x450	63,7	301,59	Ok	29,2	46,78	OK
B	B1' 350x650	276,7	396,31	Ok	215	342	OK

Tabel 6. Peningkatan desain kapasitas ( $\phi M_n$ ) pada balok

Dimensi model A (mm)	$\phi M_{nt}$ (kNm)	$\phi M_{nl}$ (kNm)	Dimensi model B (mm)	$\phi M_{nt}$ (kNm)	$\phi M_{nl}$ (kNm)	Peningkatan $\phi M_{nt}$ (kNm)	Peningkatan $\phi M_{nl}$ (kNm)
GB1 300x600	367,18	167,17	GB1' 350x650	554,723	287,98	187,543	120,81
GB3 250x400	216,42	19,87	GB3' 250x450	301,59	46,78	85,17	26,91
B1 300x600	360,33	257,98	B1' 350x650	396,31	342	35,98	84,02

Tabel 7. Desain kapasitas ( $\phi M_n$  dan  $\phi P_n$ ) pada kolom

Model	Dimensi (mm)	$P_u$ (kN)	$\phi P_n$ (kN)	$M_u$ (kNm)	$\phi M_n$ (kNm)	Ket.
A	K1 300x300	664,50	522,31	79,10	56,90	Tidak OK
	K2 300x400	510,90	469,53	185,30	166,20	Tidak OK
	K3 300x500	577,50	569,58	147,50	123,63	Tidak OK
B	K1' 350x350	771,90	845,26	106,40	133,93	Ok
	K2' 400x500	878,50	956,89	192,50	277,98	Ok
	K3' 350x500	744,10	989,90	164,00	195,36	Ok

Tabel 8. Peningkatan desain kapasitas ( $\phi M_n$  dan  $\phi P_n$ ) pada kolom

Dimensi Model A (mm)	$\phi P_n$ (kN)	$\phi M_n$ (kNm)	Dimensi Model B (mm)	$\phi P_n$ (kN)	$\phi M_n$ (kNm)	Peningkatan $\phi P_n$ (kNm)	Peningkatan $\phi M_n$ (kNm)
K1 300x300	522,31	56,90	K1' 350x350	845,26	133,93	322,95	77,03
K2 300x400	469,53	166,20	K2' 400x500	956,89	277,98	487,36	111,78
K3 300x500	569,58	123,63	K3' 350x500	989,90	195,36	420,32	71,73

Tabel 7 menunjukkan desain kapasitas momen dan desain kapasitas aksial pada kolom. Kolom pada model A memiliki gaya aksial tekan ultimate dan kapasitas momen perlu yang lebih besar daripada model B namun kapasitas desain aksial dan kapasitas desain momen nominal pada model A lebih rendah, sehingga kolom pada Model A tidak mampu menahan beban aksial dan beban yang bekerja. ukuran dimensi penampang kolom dan diameter tulangan harus diubah menjadi lebih besar supaya aman/OK

(Sartika et al., 2017). Dengan adanya perubahan dimensi penampang dan tulangan utama, maka terjadi peningkatan kapasitas desain pada kolom seperti pada tabel 8. Peningkatan desain momen dan peningkatan kapasitas desain aksial dihitung selisihnya dari model B dengan model A. dari tabel 8 dapat diketahui peningkatan kapasitas desain terkecil sebesar 71,73 kNm dan terbesar sebesar 487,36 kNm.

#### 4. SIMPULAN

Desain kapasitas untuk pelat beton mengalami peningkatan kapasitas terkecil sebesar 5,5 kNm dan terbesar sebesar 8,14 kNm Sementara itu, desain peningkatan kapasitas terkecil pada balok sebesar 26,91 kNm terbesar sebesar 187,543 kNm dan peningkatan kapasitas desain terkecil pada kolom sebesar 71,73 kNm dan terbesar sebesar 487,36 kNm dari kapasitas awalnya (Model A). Oleh karena itu, dengan adanya peningkatan dimensi penampang balok, kolom, pelat serta jumlah dan tulangan, dapat meningkatkan desain kapasitas struktur atas beton bertulang.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UP2M selaku penyalur dana dalam bentuk Bantuan Dana Tugas Akhir Mahasiswa (BTAM) sebagai bentuk dukunagan untuk penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, B., Hidayat, & Nugroho. (2016). Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya dan Sumber Daya Manusia Antara Metode BIM dan Konvensional (Studi kasus :Perencanaan Gedung 20 Lantai). 5, 220–229.
- Agung, I., Prasetyo, N., & Rochman, T. (2021). Perencanaan Dan Pemodelan 3d Struktur Gedung Co-Working Space 4 Lantai Soekarno Hatta Kota Malang Berbasis Building Information Modeling. 2, 78–84.
- Doli, A. U. (2018). Studi Perencanaan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Pada Bangunan Gedung Hotel Pattimura Malang. *Jurnal Teknik Sipil*, November, 1–10.
- Hardianto, W., Hanintyo, A. B., Indarto, H., & Nurhuda, I. (2014). Perencanaan Struktur Gedung Kuliah di Yogyakarta. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3, 1056–1068.
- Hidayati, N., & Yustianingsih, H. (2019). Studi Analisa Pengaruh Dimensi Kolom Pada Infrastruktur Strong Column Weak Beam Gedung Lantai 3 - Lantai 7 Akibat Gaya Gempa. *Reviews in Civil Engineering*, 3(2), 51–56.  
<https://doi.org/10.31002/rice.v3i2.1713>
- Hong, J. Y., Ahmad, S. W., Adnan, A., Muthusamy, K., Ariffin, N. F., Yahaya, F. M., & Syed Mohsin, S. M. (2020). Seismic performance and cost analysis for reinforced concrete school building under different type of soil. *Physics and Chemistry of the Earth*, 120, 102933.  
<https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102933>
- Indriani, M., & Sugianto, A. (2016). LENTUR. 17(2), 219–234.
- Jasman, I. K., Muhammad, Sri, T., & Himawan, I. (2017). Evaluasi Desain Struktur Gedung Training Centre Ii Universitas Diponegoro. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(1), 428–437.  
[http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jktsTelp.:](http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jktsTelp.)
- Kahiking, R. L., Pangouw, J. D., & Pandaleke, R. E. (2013). Evaluasi struktur kolom kuat balok lemah pada bangunan beton bertulang dengan metode desain kapasitas (Studi kasus: Bangunan Sekolah SMA Donbosco Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 1(9), 630–639.
- Lamia, N. W. M., Pandaleke, R. E., & Handono, B. D. (2020). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Denah Bangunan Berbentuk “L.” *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 519–532.  
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29899>
- Nelson, & Sekarsari, J. (2019). Faktor Yang Memengaruhi Penerapan Building Information. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 241–248.  
<https://journal.untar.ac.id/index.php/jmmts/article/view/6305>
- Nugrahini, F. C., & Permana, T. A. (2020). Building Information Modelling ( BIM ) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia , Peluang Dan Tantangan : Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya. 5(2), 459–467.
- Permen PU No. 22/PRT/M/2018. (2018). Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 1(1), 1–8.
- Program, M., Teknik, S., Program, D., Teknik, F., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Wijaya, U., Surabaya, K., Surabaya, K., & Timur, J. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Kampus Hnk Menggunakan Sistem Ganda Di Daerah Semarang. 6(3), 155–164.
- Rita Anggraini. (2019). Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang Pada Daerah Rawan Gempa (Studi Kasus : Gedung Pasar Inpres Blok Iv Kota Padang). *Jurnal Rekayasa*, 9(1), 1–19.  
<https://doi.org/10.37037/jrftsp.v9i1.3>

- Ryanto, M. (2019). Evaluasi Struktur Kolom Kuat Balok Lemah Struktur Rangka Baja Mengacu Sni 1729-2015 (Studi Kasus: Gedung Science Techno Park - ITB). *Techno-Socio Ekonomika*, 12(2), 131–138. <https://doi.org/10.32897/techno.2019.12.2.4>
- Sartika, Indra Gunawan, S.T., M. T., & Endang S Hisyam, S.T., M. T. (2017). Analisis Struktur Gedung Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2002 dan SNI 2847-2013 (Studi Kasus: Gedung C Rumah Sakit Ibu dan Anak “Rona” Pangkalpinang). *Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 57–69.
- SNI 1726-2019. (n.d.). Sni 1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, 8, 254.
- SNI 1727-2020. (n.d.). Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727: 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727: 2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan. 8.
- SNI 2847-2019. (2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia. SNI 03-2847:2019. SNI 2847:2019, 8, 1–695.
- UU NO. 44. (2009). Undang-Undang-tahun-2009-44-09. Rumah Sakit, 1–28. <https://kesmas.kemkes.go.id/perpu/konten/uu/uu-nomor-44-tahun-2009-ttg-rs>
- Wisudho, D., Adli, F., Kurniani, D., & Budienny, H. (2017). Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Krengseng Daerah Tirto Agung, Banyumanik, Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(3), 35–44. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>