



Evaluasi Kapasitas Penampang Struktur Beton Bertulang Menggunakan *Tekla Structural Designer*

Sindi Widiyawati¹, Dhimas Adji Pratama², Erlina Yanuarini*³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

e-mail: ¹sindi.widiyawati.ts18@mhs.w.pnj.ac.id, ²dhimas.adjipratama.ts18@mhs.w.pnj.ac.id,

*³erlina.yanuarini@sipil.pnj.ac.id

Abstrak

Gedung F RSUD Kota Depok dibangun pada tahun 2013, namun pembangunannya terhenti ketika kemajuan fisik bangunan saat itu baru mencapai kolom lantai satu. Pembangunan gedung ini rencananya akan dilanjutkan kembali untuk menambah jumlah kamar rawat inap di RSUD Kota Depok. Karena gedung ini sudah lama tidak dirawat, maka kondisi keamanannya perlu diperiksa. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi keamanan kapasitas penampang Gedung F RSUD Kota Depok. Elemen struktur yang akan dievaluasi hanya struktur bagian atas, seperti pelat lantai, balok, dan kolom. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pemodelan dan analisis struktur gedung menggunakan Tekla Structural Designer dan pengecekan manual menggunakan Microsoft Excel. Hasil dari penelitian ini adalah kapasitas penampang struktur beton bertulang Gedung F tidak aman karena rasio tulangan pada pelat tidak memenuhi persyaratan, tulangan longitudinal pada balok B1 tidak cukup kuat menahan momen, dan kolom K2 dan K3 tidak mampu menahan momen akibat balok.

Kata kunci— Beton Bertulang, Kapasitas Penampang, Tekla Structural Designer

Abstract

Building F of the Depok City Hospital was built in 2013, but the construction was stopped when the physical progress of the building only reached the first-floor column. The construction of this building planned to be resumed to increase the number of inpatient rooms at the Depok City Hospital. Because this building has not been maintained for a long time, its safety condition needs to be checked. This study aims to evaluate the safety condition of the cross-sectional capacity of Building F at the Depok City Hospital. The structural elements that will be evaluated are only the upper structure, such as floor slabs, beams, and columns. The method used is to perform modeling and analysis of building structure using Tekla Structural Designer and manual checking using Microsoft Excel. The results from this study are that the cross-sectional capacity of the reinforced concrete structure of Building F is not safe because the ratio of the reinforcement in the slab does not meet the requirements, the longitudinal reinforcement in the beam is not strong enough to withstand the moment, and columns K2 and K3 are not able to withstand the moment due to the beam.

Keywords— Cross Section Capacity, Reinforced Concrete, Tekla Structural Designer

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Gedung F RSUD Kota Depok berlangsung pada tahun 2013. Namun, proses pembangunannya terhenti dan kemajuan fisiknya baru sampai kolom lantai satu. Setelah terhenti dan dibiarkan begitu saja selama bertahun-tahun, proyek ini rencananya akan dilanjutkan kembali karena adanya agenda dari RSUD Kota Depok yang berencana meningkatkan pelayanan kesehatan dengan cara menambah kamar rawat inap.

Peraturan yang digunakan untuk mendesain struktur bangunan terus diperbaharui seiring berjalannya waktu [1]. Peraturan terkait beban desain minimum yang terbaru adalah SNI 1727 – 2020 [2], peraturan persyaratan beton struktural untuk gedung yang terbaru yaitu SNI 2847 – 2019 [3], dan peraturan terbaru terkait perencanaan gempa yaitu SNI 1726 – 2019 [4]. Dengan adanya pemberlakuan peraturan terbaru tersebut, maka kondisi keamanan dimensi penampang struktur dari perencanaan lama perlu dilakukan peninjauan kembali. Salah satu cara yang dilakukan untuk meninjau keamanan dimensi penampang struktur, yaitu dengan melakukan perhitungan ulang kapasitas kemampuan struktur jika diberi gaya dari beban-beban yang bekerja [5].

Mendesain menggunakan standar peraturan terbaru sangatlah penting karena parameter gaya gempa di beberapa tempat mengalami pembesaran. Selain itu, beban hidup minimum yang disyaratkan juga mengalami perubahan sehingga memungkinkan terjadinya perbedaan terhadap hasil perhitungan struktur apabila menggunakan peraturan yang berbeda [6].

Peninjauan terhadap kondisi keamanan diperlukan karena selain adanya pembaruan peraturan-peraturan yang berlaku, mutu dari beton maupun tulangan dari bangunan yang terbengkalai sangat mungkin mengalami penurunan mutu. Menurut Tomas dan Ganiron, kekuatan beton menurun seiring dengan bertambahnya usia beton dan hal ini akan memperpendek umur dari beton. Kekuatan

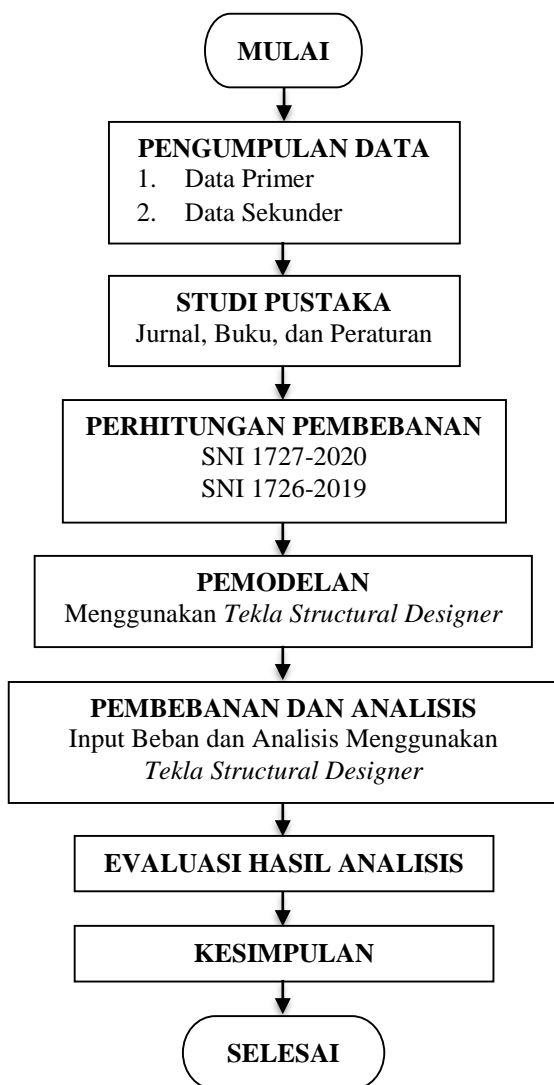
tarik dari baja tulangan pun menurun karena adanya transfer kelembaban yang menyebabkan baja tulangan menjadi korosi sehingga baja tulangan menjadi lemah [7].

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana kondisi keamanan dari kapasitas penampang struktur beton bertulang Gedung F RSUD Kota Depok dari perencanaan sebelumnya. Dengan demikian, maka penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi keamanan kapasitas penampang struktur beton bertulang Gedung F RSUD Kota Depok. Analisis kekuatan penampang struktur akan dihitung menggunakan bantuan program *Tekla Structural Designer*. Penelitian ini berfokus pada evaluasi kapasitas penampang dari struktur atas bangunan, yaitu pelat lantai, balok, dan kolom.

2. METODE PENELITIAN

Objek dari penelitian ini adalah Gedung F RSUD Kota Depok yang berlokasi di Jl. Raya Muchtar No.99, Sawangan, Depok, Jawa Barat. Menurut perencanaan awal bangunan tersebut akan difungsikan sebagai gedung rawat inap dan rawat intensif. Data atau bahan yang akan digunakan pada penelitian ini berupa *Detail Engineering Design* (DED) dari perencanaan awal.

Alur dari metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data yang diperlukan, yaitu *Detail Engineering Design* (DED). Setelah data didapatkan, maka akan dilakukan studi pustaka dari jurnal-jurnal terdahulu, buku, peraturan, serta mempelajari informasi terkait bangunan yang menjadi objek penelitian ini dari DED. Data yang diperoleh dari DED, yaitu Gedung F RSUD Kota Depok merupakan bangunan yang terdiri dari 3 lantai, mutu beton yang digunakan adalah K-300, tulangan utama menggunakan F_y 400 MPa, dan tulangan sengkang menggunakan F_y 240 MPa.

Dimensi perencanaan awal menurut data DED, yaitu pelat lantai menggunakan tebal 120 mm, dimensi balok B1 300/600,

B2 250/500, B3 250/450, B4 200/300, BP 150/150, dimensi kolom K1 300/300, K2 300/400, dan K3 300/500. Tulangan pada pelat lantai menggunakan tulangan dengan diameter 10 mm, pada balok dan kolom dipakai tulangan utama D16 serta tulangan sengkang dengan diameter 10 mm.

Perhitungan pembebanan mengacu pada peraturan terbaru yang berlaku saat ini. Beban-beban yang akan diberikan, yaitu beban mati, beban hidup, beban hujan, beban angin, serta beban gempa. Beban mati terdiri dari berat sendiri elemen struktur dan beban mati tambahan. Berat sendiri elemen struktur dihitung otomatis oleh program *Tekla Structural Designer* [8]. Beban mati tambahan, beban hidup, angin, dan hujan menggunakan beban hidup minimum desain sesuai SNI 1727-2020 [2]. Beban gempa pada *Tekla Structural Designer* dimodelkan dengan Seismic Wizard. Informasi yang dimasukkan berupa data parameter respons spektrum yang diperoleh dari Aplikasi Spektrum Desain Indonesia 2021 yang mengacu pada Peta Sumber dan Bahaya Gempa Tahun 2017 serta sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019 [9].

Peraturan Menteri PUPR Tahun 2018 menyebutkan bahwa penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) wajib diterapkan pada Bangunan Gedung Negara Tidak Sederhana dengan luas lebih dari 2000 m² dan lebih dari 2 lantai [10]. Pada tahap desain, BIM dianggap sangat penting karena hampir seluruh keputusan dibuat saat proses desain [11]. Dengan menggunakan teknologi BIM, waktu perencanaan proyek pun menjadi dua kali lebih cepat [12]. Maka, proses pemodelan dan analisis akan dilakukan dengan bantuan sebuah perangkat lunak berbasis *Building Information Modeling* (BIM), yaitu *Tekla Struktural Designer*. Gambar pemodelan Gedung F dapat dilihat pada Gambar 2.

Tekla Structural Designer terdiri dari dari program untuk analisis dan desain, *detailing* dan perangkat lunak berbasis model komunikasi proyek untuk bangunan, konstruksi, serta manajemen infrastruktur [13]. Dengan menggunakan *Tekla Structural Designer*, para *structural engineer* dapat mendesain dengan aman, efektif dan lebih cepat, karena desain, analisis, dan pemodelan informasi bangunan merupakan proses terintegrasi dalam *Tekla Structural Designer* [14].

Setelah dilakukan pemodelan dan analisis pada *Tekla Structural Designer* hasilnya akan terlihat dan dapat dievaluasi apakah penampang pelat, balok, dan kolom yang direncanakan mampu menahan beban yang diberikan. Namun, pada penelitian ini juga akan dilakukan perhitungan manual menggunakan *Microsoft Office Excel* dengan menganalisis hasil gaya-gaya dalam yang didapat dari *Tekla Structural Designer*. Jika sudah dilakukan evaluasi terhadap kondisi keamanan kapasitas penampang struktur, maka dapat dibuat kesimpulan dari hasil yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelat lantai yang direncanakan memiliki tebal 120 mm dan menggunakan tulangan diameter 10 mm. Letak pelat yang dianalisis dapat dilihat pada Gambar 3. terlampir.

Tabel 2. Hasil Analisis Pelat Terpasang

	Lapangan		Tumpuan	
	Sb. x	Sb.y	Sb. x	Sb.y
D_{tul}	10	10	10	10
S	200	200	200	200
A_s	392,70	392,70	392,70	392,70
ρ	0,002	0,001	0,004	0,004
ρ_{min}	0,004	0,004	0,004	0,004
ρ_{max}	0,020	0,020	0,020	0,020
$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$	Tidak OK	Tidak OK	OK	OK
M_u	5,54	1,80	11,35	7,89
ϕM_n	11,47	10,22	11,47	10,22
$\phi M_n > M_u$	OK	OK	OK	OK

Ketersediaan maupun jumlah dari tulangan yang terpasang pada elemen struktur ditunjukkan oleh rasio penulangan [15]. Berdasarkan analisis yang terdapat pada Tabel 2. hasil analisis rasio penulangan pelat lantai tidak memenuhi syarat minimum yang ditetapkan dalam SNI 2847-2019 sehingga jarak tulangan perlu dibuat lebih rapat daripada perencanaan awal.

Sebuah balok yang direncanakan sebagai struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) haruslah memenuhi persyaratan bangunan tahan gempa, yaitu terkait syarat dimensi penampang struktur, syarat tulangan longitudinal, serta syarat tulangan transversal [5]. Pada perhitungan gaya dalam maksimum yang disebabkan oleh beban kombinasi yang bekerja akan dihasilkan luasan tulangan yang diperlukan oleh penampang balok, seperti luas tulangan longitudinal, luas tulangan transversal, serta tulangan torsi [16].

Balok yang dianalisis adalah balok B1 yang didesain menggunakan beton dengan mutu K-300, ukuran penampang 300 × 600 mm, tulangan utama berdiameter 16 mm, serta tulangan geser 10 mm. Letak dari balok B1 dapat dilihat pada Gambar 4. Gaya dalam maksimum yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan *Tekla Structural Designer* terdapat pada kombinasi beban ter faktor 1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr. Diagram gaya-gaya dalam dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 3. Hasil Analisis Tulangan Transversal Balok

	Tumpuan	Lapangan
M_u	388,2	317,3
$D_{tulangan\ utama}$	16	16
$D_{senggang}$	10	10
ρ	0,0179	0,0256
ρ_{min}	0,0035	0,0035
ρ_{max}	0,025	0,025
$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$	Memenuhi	Memenuhi
M_n	2814,87	402,12
$0,25 M_{n,max}$	703,17	703,17
$M_n \geq 0,25 M_{n,max}$	Memenuhi	Tidak Memenuhi

Berdasarkan Tabel 3. dapat disimpulkan bahwa rasio tulangan balok B1

memenuhi persyaratan yang berlaku, namun tulangan longitudinal balok pada lapangan tidak mampu menahan momen yang bekerja.

Desain dan analisis untuk kolom struktur beton bertulang dianggap cukup rumit dikarenakan materialnya yang bersifat komposit, selain itu juga harus mempertimbangkan kombinasi beban yang diakibatkan lentur dan aksial secara bersamaan [17]. Syarat untuk tulangan lentur kolom, yaitu kolom diharuskan mampu menahan beban momen lentur yang ada akibat balok yang merangka pada kolom [5]. Jika syarat jumlah tulangan kolom terpenuhi, maka dapat dijamin kalau keruntuhan yang terjadi bersifat daktail dan tidak akan terjadi keruntuhan getas yang sifatnya mendadak [18]. Keruntuhan getas biasanya terjadi pada hubungan balok kolom [19]. Untuk memastikan struktur kolom kuat dan balok lemah, maka pendistribusian momen balok ke kolom sebaiknya menggunakan kapasitas penampang terpasang [20].

Tabel 4. Hasil Analisis Kekuatan Kolom Terhadap Balok

Kolom	M_n (kNm)	ΣM_c (kNm)	>	$6/5 \Sigma M_g$ (kNm)
K1	213,73	427,46	>	391,26
K2	114,56	229,12	<	294,75
K3	89,44	178,88	<	198,25

Menurut hasil analisis yang diperoleh pada Tabel 4. ternyata kolom K2 dan kolom K3 tidak mampu menahan momen lentur yang diakibatkan dari balok yang merangka pada kolom, atau dapat dikatakan kolom lemah terhadap balok.

Dari hasil perhitungan balok B1, kolom K2, dan K3 juga dapat disimpulkan bahwa nilai momen maksimum ternyata lebih besar dari momen kapasitasnya, sehingga dimensi serta jumlah tulangan, jarak sengkang, dan dimensi dari balok dan kolom perlu dilakukan perubahan [21]. Dari data hasil pengujian *core drill* pada kolom bangunan *existing* Gedung F RSUD Depok didapat nilai kuat tekan aktual beton rata-rata sebesar 172,42 kg/cm², sedangkan mutu beton yang direncanakan menurut data DED, yaitu K-300 yang bila dikonversi

menjadi F_c' maka nilai kuat tekan yang direncanakan sebesar 250 kg/m². Artinya terjadi penurunan mutu beton pada struktur kolom bangunan *existing*.

Bangunan Gedung F RSUD Kota Depok termasuk dalam bangunan yang mengalami kerusakan struktur tingkat sedang karena kemampuan struktur dalam memikul beban telah berkurang sebagian [22]. Adapun solusi atau tindakan yang dapat dilakukan untuk melanjutkan pembangunan gedung ini, yaitu dengan melakukan *retrofitting*. Pada pekerjaan *retrofitting* terdapat dua macam perbaikan yang dapat dilakukan, yaitu *repairing* dan *strengthening*. Perbaikan diaplikasikan pada bangunan yang telah mengalami kerusakan, seperti terjadinya penurunan kekuatan. Sedangkan perkuatan merupakan upaya modifikasi pada struktur bangunan yang mungkin belum mengalami kerusakan, tujuannya supaya kemampuan bangunan untuk memikul beban yang bekerja menjadi lebih baik [23].

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan evaluasi terhadap kondisi keamanan kapasitas penampang struktur beton bertulang Gedung F RSUD Kota Depok sesuai informasi yang didapat dari data DED dan dihitung ulang menggunakan peraturan terbaru, ternyata banyak penampang elemen struktur yang tidak aman karena tidak memenuhi syarat yang berlaku. Pelat lantai dengan tebal 120 mm dan tulangan terpasang D 10 – 200, tidak memenuhi persyaratan rasio sehingga jarak tulangan perlu dibuat lebih rapat. Pada balok ternyata tulangan longitudinal yang terletak di lapangan tidak mampu menahan momen yang bekerja. Sedangkan pada kolom ternyata kolom K2 dan kolom K3 tidak mampu menahan momen lentur yang diakibatkan dari balok yang merangka pada kolom sehingga persyaratan *Strong Column Weak Beam* tidak terpenuhi.

5. SARAN

Adapun solusi yang dapat dilakukan untuk melanjutkan proses pembangunan Gedung F RSUD Kota Depok, yaitu dengan perencanaan ulang kapasitas penampang

struktur atau dapat \dengan *retrofitting*, sehingga kekuatan bangunan dalam memikul beban akan lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

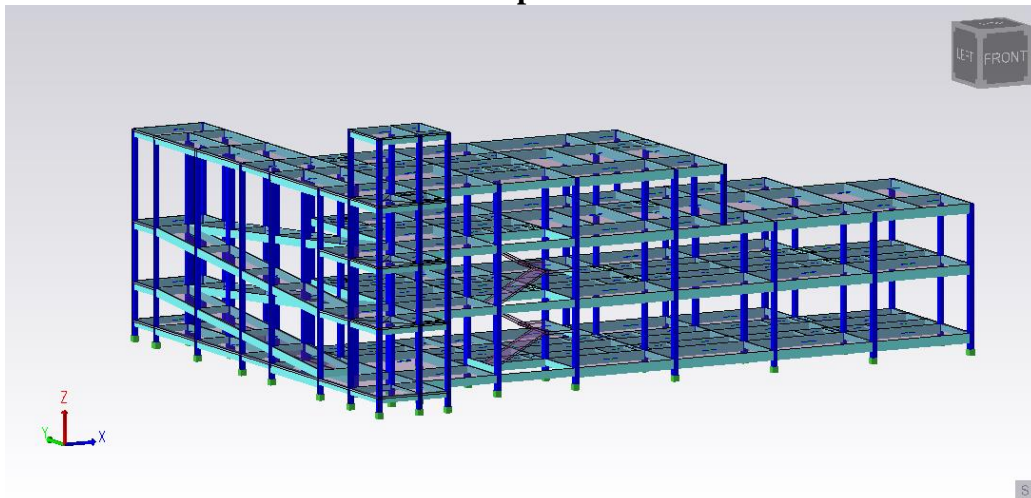
Penulis mengucapkan terima kasih kepada UP2M selaku penyalur dana dalam bentuk Bantuan Dana Tugas Akhir Mahasiswa (BTAM) sebagai bentuk dukungan untuk penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

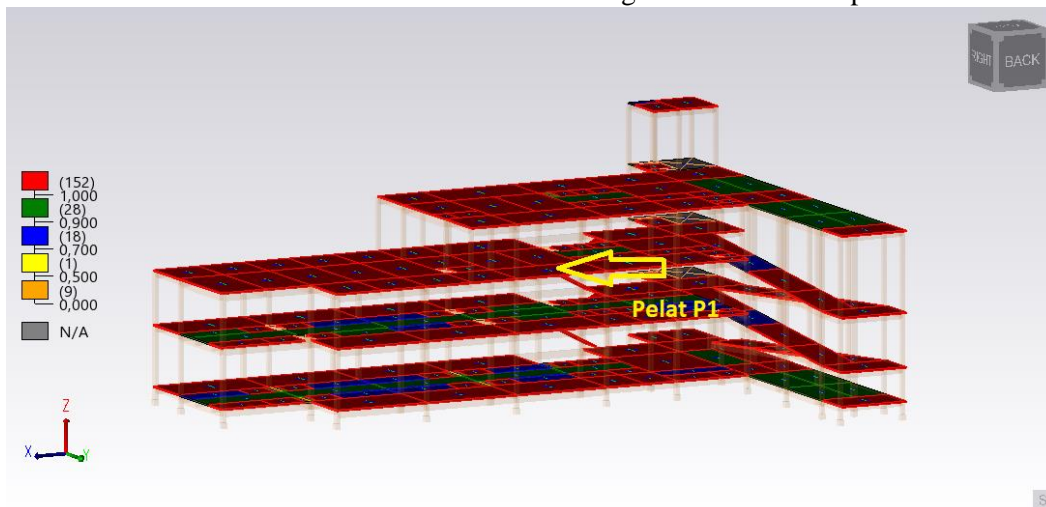
- [1] Y. Setiawan, B. Riyanto, M. Geraldine, and Rinawati, "Evaluasi Gedung Arsip Politeknik Negeri Jakarta," vol. 3, no. 1, pp. 51–56, 2021.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1727-2020: Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, no. 8. 2020.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia," *Standar Nas. Indones.*, no. 8, pp. 1–695, 2019.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung," *Standar Nas. Indones.*, no. 8, p. 254, 2019.
- [5] J. Taqwana and A. Nusantoro, "Evaluasi Perancangan Struktur Balok dan Kolom Beton Bertulang Bangunan Gedung," *9th Univ. Res. Colloquium 2019 Univ. Muhammadiyah Purworejo kolom*, 2019.
- [6] I. K. Jasman, Muhammad, T. Sri, and I. Himawan, "Evaluasi Desain Struktur Gedung Training Centre II Universitas Diponegoro," *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 428–437, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jktsTelp.>
- [7] Tomas U and G. Jr, "Use of Forensic Engineering for Abandoned Building," *World Sci. News*, vol. 83, pp. 150–167, 2017, [Online]. Available: www.worldscientificnews.com.
- [8] I. Agung, N. Prasetyo, and T. Rochman, "Perencanaan dan Pemodelan 3D Struktur Gedung Co-Working Space 4 Lantai Soekarno Hatta Kota Malang Berbasis Building Information Modeling (BIM)," *J. Online Skripsi*, vol. 2, no. 1, pp. 78–84, 2021.
- [9] K. P. Ditjen Cipta Karya, "Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021," 2021. <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>.
- [10] Kementrian PUPR, "PERMEN PUPR NO 22 Tahun 2018 Tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara," no. 21, p. 79, 2018.
- [11] F. C. Nugrahini and T. A. Permana, "Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia , Peluang Dan Tantangan : Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya," vol. 5, no. 2, pp. 459–467, 2020.
- [12] M. Hanuun Ufaira Akbar, I. K. Sucita, and E. Yanuarini, "Comparison Between the BOQ of Conventional and BIM Method on BPJS Building in Central Jakarta," *Log. J. Ranc. Bangun dan Teknol.*, vol. 21, no. 1, pp. 31–30, 2021, doi: 10.31940/logic.v21i1.2260.
- [13] S. O. Odeyemi, M. A. Akinpelu, R. Abdulwahab, B. A. Ibitoye, and A. I. Amoo, "Evaluation of Selected Software Packages for Structural Engineering Works," *ABUAD J. Eng. Res. Dev.*, vol. 3, no. 2, pp. 133–141, 2020.
- [14] T. Corporation, "Tekla Structural Designer," 2016. <https://www.tekla.com/id/produk/tekla-structural-designer>.
- [15] Sartika, M. T. Indra Gunawan, S.T., and M. T. Endang S Hisyam, S.T., "Analisis Struktur Gedung Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2002 dan SNI 2847-2013 (Studi Kasus: Gedung C Rumah Sakit Ibu dan Anak 'Rona' Pangkalpinang)," *J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 57–69, 2017.
- [16] A. A. Lingga and A. Supriyadi, "Perhitungan Struktur Beton Bertulang

-
- Rumah Sakit Jeumpa Pontianak,” pp. 1–8, 2012.
- [17] A. Subrianto and F. Firdausa, “Evaluasi Kapasitas Penampang,” vol. 15, no. 01, pp. 12–18, 2020.
- [18] A. Marini Indriani and A. Sugianto, “Rasio Lebar dan Tinggi Balok Terhadap Kuat Lentur,” vol. 17, no. 2, pp. 219–234, 2016.
- [19] Rita Anggraini, “Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang pada Daerah Rawan Gempa (Studi Kasus : Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang),” *J. Rekayasa*, vol. 9, no. 1, pp. 1–19, 2019, doi: 10.37037/jrftsp.v9i1.3.
- [20] R. L. Kahiking, J. D. Pangouw, and R. E. Pandaleke, “Evaluasi struktur kolom kuat balok lemah pada bangunan beton betulang dengan metode desain kapasitas (Studi kasus: Bangunan Sekolah SMA Donbosco Manado),” *J. Sipil Statik*, vol. 1, no. 9, pp. 630–639, 2013.
- [21] M. Anugerah Ghaffar, A. Soehardjono MD, and D. Nuralinah, “Perencanaan Ulang Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan Metode Dinding Geser yang Mengacu Pada SNI - 1726 - 2012 Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,” pp. 1–10.
- [22] K. P. Ditjen Cipta Karya, *Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa*. 2006.
- [23] C. Violita Saruni, S. O. Dapas, and H. Manalip, “Evaluasi dan Analisis Perkuatan Bangunan yang Bertambah Jumlah Tingkatnya,” *J. Sipil Statik*, vol. 5, no. 9, pp. 591–602, 2017.

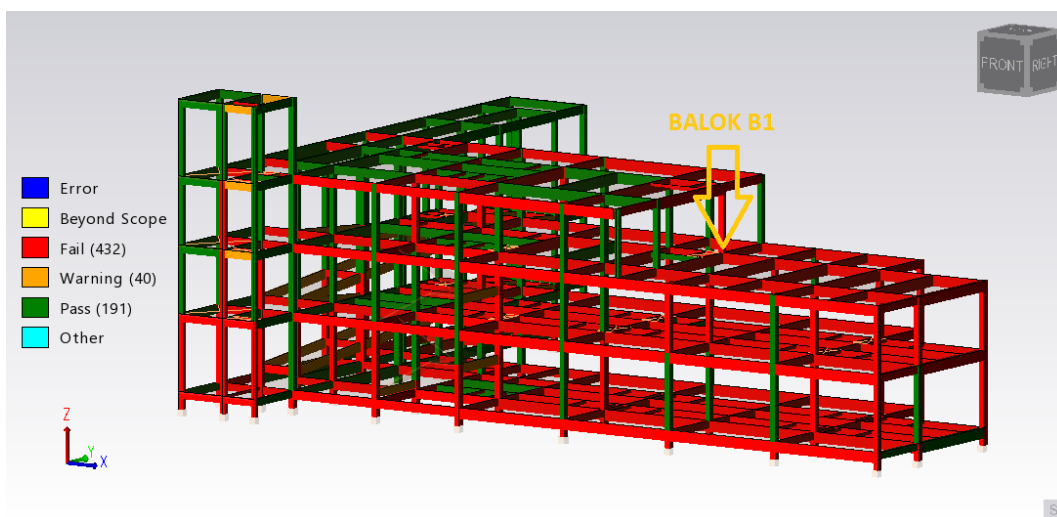
Lampiran



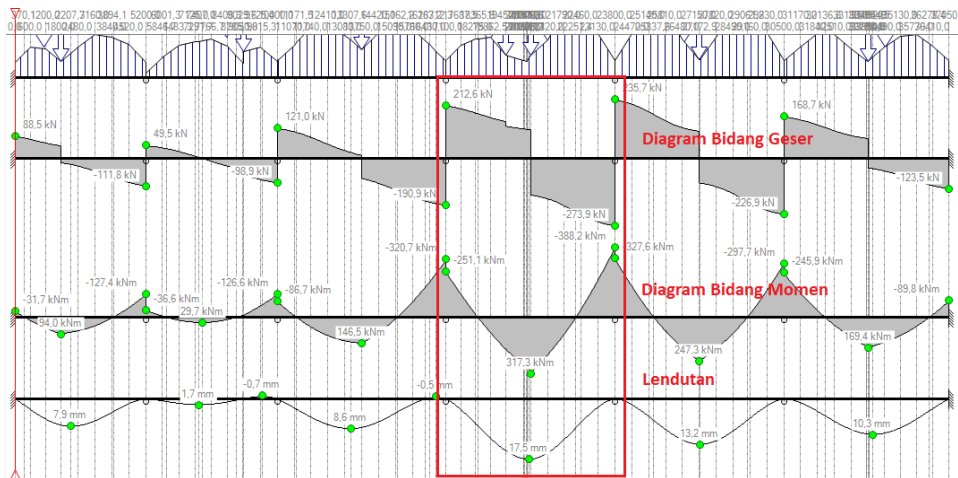
Gambar 2. Pemodelan Struktur Gedung F RSUD Kota Depok



Gambar 3. Rasio Pelat Lantai



Gambar 4. Status Desain Balok



Gambar 5. Diagram Gaya Dalam pada Balok B1