

Evaluasi Kapasitas Struktur Eksisting Akibat Perubahan Fungsi Bangunan (Studi Kasus Gedung Tribun AA Rifai Kabupaten Bombana)

Muhammad Rizal¹, Rahmin², Masykur Kimsan¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

²PT. Ruang Marzuki Rekayasa

Koresponden*, Email: rizalalhas@gmail.com

| Info Artikel | Abstract |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diajukan : 15 September 2024 Diperbaiki : 23 September 2024 Disetujui : 27 September 2024 | <p><i>The Tribun AA Rifai Building, built in 2021, will continue construction with a new function on the 2nd floor, namely as a multi-function room (meetings and meetings). Therefore, it is necessary to analyze the capacity of the existing structure to carry the planned additional load due to changes in function. In this research, data was collected in the form of structural dimensions, material quality using the NDT (Non Destructive Test) method and structural analysis using Finite Element Method software. Based on the results of the evaluation that has been carried out, the conclusion is that the foundation, slab and secondary beams are still capable of carrying the design load, while the main beams and columns are unable to bear the additional load due to changes in function. To obtain the required capacity, it is necessary to add foundations, columns and strengthen existing columns.</i></p> |

Keywords: Structural Analysis, Existing Structure, Non Destructive Test

Abstrak

Gedung Tribun AA Rifai dibangun pada tahun 2021 akan dilanjutkan konstruksinya dengan fungsi baru pada lantai 2, yaitu sebagai ruangan multi fungsi (rapat dan pertemuan). Oleh karena itu, diperlukan analisa terhadap kapasitas struktur eksisting dalam memikul rencana beban tambahan akibat perubahan fungsi. Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data berupa dimensi struktur, mutu material menggunakan metode NDT (*Non Destructive Test*) dan analisa struktur menggunakan perangkat lunak Metode Elemen Hingga. Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan diperoleh simpulan yaitu, pondasi, pelat dan balok anak masih mampu untuk memikul beban rencana, sedangkan balok induk dan kolom tidak mampu memikul beban tambahan akibat perubahan fungsi. Untuk mendapatkan kapasitas yang diperlukan, maka perlu dilakukan penambahan pondasi, kolom dan perkuatan kolom eksisting.

Kata kunci: Analisa Struktur, Struktur Eksisting, *Non Destructive Test*

1. PENDAHULUAN

Gedung Tribun AA Rifai direncanakan pada tahun 2020 dan pelaksanaan konstruksi dilakukan pada tahun 2021. Pelaksanaan konstruksi gedung ini adalah sampai dengan konstruksi beton struktur utama dan dinding lantai 2. Gedung ini direncanakan sebagai tribun penonton, dimana ada lantai 2 adalah ruang VVIP dengan jumlah penonton terbatas.

Pada tahun 2022, pemilik gedung tidak hanya berencana menyelesaikan pekerjaan konstruksi hingga tahap *finishing*, namun juga mengubah fungsi ruang pada lantai 2 gedung tribun menjadi ruang multi fungsi (rapat dan pertemuan). Perubahan fungsi dari ruang VVIP menjadi ruang multi fungsi menyebabkan beban yang akan bekerja pada lantai 2 menjadi lebih besar dari rencana awal. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penambahan beban akibat berubahnya fungsi ruang biasanya menyebabkan beberapa elemen memerlukan perkuatan tambahan karena tidak mampu memikul beban tambahan [1]-[5]. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa kapasitas dari struktur eksisting terhadap perubahan beban tersebut.

2. METODE

Tahap awal dimulai dengan investigasi visual untuk mendapatkan gambaran umum kondisi struktur gedung. Kegiatan ini bertujuan mengidentifikasi area yang kritis dan menentukan fokus lokasi pengambilan sampel untuk pengujian lebih lanjut:

1. Investigasi

Tahap awal pekerjaan dimulai dengan investigasi visual. Pekerjaan investigasi visual diperlukan untuk mengetahui gambaran struktur gedung secara umum [6]. Melalui investigasi visual dapat diketahui lokasi-lokasi yang dapat menjadi penentu kelaikan struktur dan akan menjadi fokus pengambilan sampel untuk mengujian.

2. Pengujian NDT (*Non Destructive Test*)

Metode *non destructive test* (NDT) digunakan karena dapat memberikan pendekatan tentang mutu material tanpa merusak elemen struktur. Metode ini merupakan metode yang populer digunakan pada pekerjaan evaluasi bangunan eksisting [7]. Beberapa pengujian ini antara lain:

a. Pengukuran dimensi elemen struktur

Pekerjaan ini dilakukan untuk mendapatkan data dimensi eksisting dari struktur yang akan dianalisis. Pengukuran ini perlu dilakukan karena tidak tersedia data as build drawing.

b. Pengujian Keseragaman Material Beton Struktur

Pengujian ini dilakukan menggunakan alat rebound hammer. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keseragaman mutu material beton. Dengan alat ini juga dapat diperoleh pendekatan kuat tekan beton. Data kuat tekan beton ini akan digunakan dalam analisa struktur.

c. Pengukuran Posisi (Letak) Tulangan Struktur

Pengujian ini dilakukan dengan alat rebar locator. Posisi letak tulangan diperlukan untuk mendapat gambaran posisi dan jumlah tulangan terpasang. Data tersebut diperlukan dalam analisa kapasitas (kekuatan) elemen struktur eksisting.

3. Analisis Struktur

a. Pemodelan struktur dan metode analisa

Pemodelan struktur menggunakan program untuk analisa struktur, yaitu ETABS/SAP2000. Metode analisis yang digunakan adalah *Finite Element Method*. Struktur bangunan sesuai rencana dimodelkan secara keseluruhan sebagai portal 3D. Elemen struktur meliputi kolom dan balok dimodelkan sebagai elemen garis, sedangkan pelat lantai dimodelkan sebagai elemen bidang. Beban yang bekerja dimodelkan sesuai dengan fungsi ruangan dengan besaran beban diperoleh dari peraturan yang berlaku saat ini. Hasil dari analisis struktur akan dibandingkan dengan kapasitas struktur eksisting.

b. Analisa beban gravitasi (vertikal)

Beban gravitasi terdiri dari beban mati dan beban hidup yang bekerja pada struktur. Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur ditambahkan beban mati tambahan, seperti lantai keramik dan plafon. Besaran beban hidup bergantung dari fungsi ruangan dan mengacu pada peraturan pembebanan yang berlaku.

c. Beban angin

Struktur utama diperhitungkan terhadap beban angin sesuai peraturan pembebanan berdasarkan kondisi lokasi bangunan.

d. Analisa beban gempa (horizontal)

Pada prinsipnya analisa gempa dilakukan dengan analisa dinamik untuk menentukan beban gempa rencana. Selanjutnya dapat dilakukan analisa secara statis dengan menggunakan beban gempa rencana dari hasil analisa dinamik. Pembebanan beban gempa akan mengacu pada peraturan pembebanan gempa untuk bangunan Gedung.

e. Analisa kapasitas pondasi

Setelah diperoleh gaya-gaya pembebanan dari hasil struktur atas, maka dilakukan analisa daya dukung tanah dan pondasi di bawah struktur gedung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pemeriksaan dan Pengujian

1. Investigasi Visual

Pemeriksaan lendutan (Gambar 2) pada beberapa balok menunjukkan lendutan balok yang melebihi nilai yang diizinkan dalam SNI-2847-2019 [8]. Lendutan yang terjadi pada saat pemeriksaan ini belum termasuk lendutan tambahan yang akan terjadi diakibatkan oleh beban tambahan dari material finishing (arsitektur). Perbandingan nilai yang tersebut ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 1 Pemeriksaan Lendutan Balok

| Lokasi | Lendutan | Lendutan Izin Maks. | Ket. |
|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Balok As #3 | 34 mm (gambar 5-5a) | $8000/240 = 33$ mm | Not OK |
| Balok As #5 | 135 mm (gambar (5-5b) | $8000/240 = 33$ mm | Not OK |
| Balok As #6 | 180 mm (gambar 5-5c) | $8000/240 = 33$ mm | Not OK |



Gambar 1 Pemeriksaan Visual

Pada investigasi visual ini, terdapat 4 (empat) buah kolom pada as #B dimana kolom tersebut tidak terdapat di dalam gambar rencana tahun 2020. Berdasarkan hasil pemeriksaan di lapangan (gambar 3), kolom tambahan tersebut tampak dikerjakan setelah balok selesai dikerjakan. Sehingga menurut kami, kolom tambahan tersebut sengaja dibuat untuk menopang balok yang telah mengalami lendutan besar. Karena pembuatan kolom dilakukan pada tahap akhir, asumsi kondisi terburuk (*worst case*) kami adalah tidak ada pondasi tambahan yang dibuat untuk mendistribusikan gaya yang diterima oleh kolom tambahan ke tanah di bawahnya. Pada kondisi ini, kolom menumpu pada sloof sebagai beban terpusat. Kondisi ini akan kami modelkan pada proses analisa struktur nanti.

2. Pengukuran Dimensi Struktur

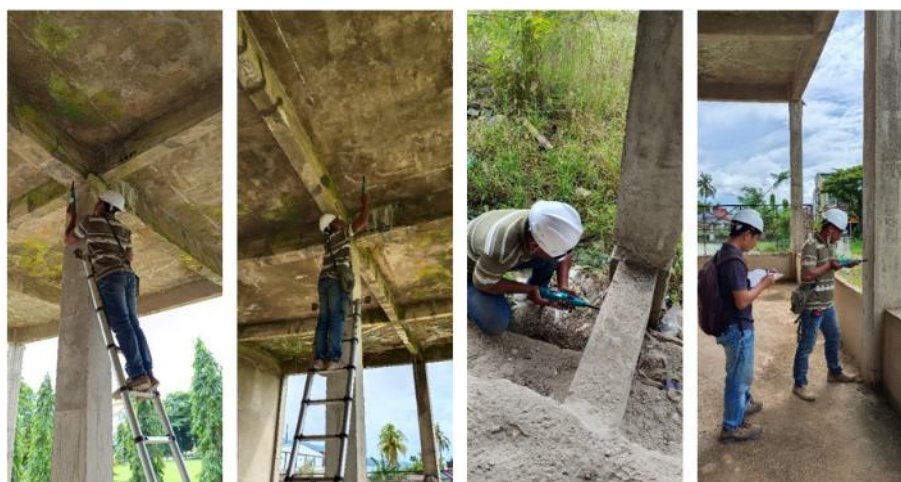
Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh data dimensi struktur eksisting seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2 Data Dimensi Struktur Eksisting

| No. | Komponen | Dimensi | Keterangan |
|-----|-------------|---------------|-------------------------------|
| 1 | Sloof | 20 cm x 35 cm | |
| 2 | Kolom | 30 cm x 30 cm | |
| 3 | Balok Induk | 20 cm x 53 cm | Perkiraan tebal pelat = 12 cm |
| 4 | Balok Anak | 15 cm x 43 cm | Perkiraan tebal pelat = 12 cm |

3. Pengujian *Non Destructive Test* (NDT)

Pengujian non destructive test (NDT) dilakukan menggunakan alat rebound hammer, profometer dan UPV.



Pengujian *Hammer Test*



Pengujian Profometer



Pengujian UPV

Gambar 2 Pengujian *Non Destructive Test* (NDT)

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Hammer Test

| No | Elemen | Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) |
|----|-----------------|----------------------------|
| 1 | Sloof | 13.50 |
| 2 | Kolom | 11.28 |
| 3 | Pelat dan Balok | 11.05 |

Tabel 3 Data Hasil Uji Profometer

| No | Komponen | Perkiraan Selimut Beton (mm) | Perkiraan Tulangan Utama (mm) | Perkiraan Jarak Tulangan Utama (mm) | Perkiraan Dia. Tulangan Sengkang (mm) | Perkiraan Jarak Tulangan Sengkang (mm) |
|----|----------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 | Sloof | 35 | 3 D16 (atas) | - | Ø8 | 150 |
| 2 | Kolom | 40 | 8 D16 | - | Ø8 | 150 |
| 3 | Balok | 50 | 3 D16 (bawah) | - | Ø8 | 150 |
| 4 | Pelat | 10 | D8 (bawah) | 150 | - | - |

Tabel 5 Hasil Pengujian UPV

| No | Elemen | Lokasi | Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) | Kualitas |
|----|--------|--------|----------------------------|------------|
| 1 | | B1 | 15.48 | Baik |
| 2 | Balok | B2 | 2.43 | Kurang |
| 3 | | B3 | 2.00 | Kurang |
| 4 | | K1 | 6.27 | Kurang |
| 5 | Kolom | K2 | 2.82 | Kurang |
| 6 | | K3 | 6.94 | Kurang |
| 7 | | K4 | 1.79 | Kurang |
| 8 | Sloof | S1 | 12.60 | Cukup Baik |

Berdasarkan hasil uji hammer test di atas, diperoleh perkiraan kuat tekan beton yang lebih rendah dari kuat tekan rencana, yaitu 16.3 MPa. Persyaratan mutu beton struktur menurut SNI 2847-2019 adalah 17,00 MPa [8].

3.2 Analisis Struktur

1. Pembebanan gravitasi

- a. Beban Mati Struktural (Dead Load/DL). Dalam desain struktur bangunan ini, seluruh material yang digunakan berupa beton bertulang dengan menggunakan berat jenis material 24 kN.m⁻³ dan berat jenis tulangan 78,5 kN.m⁻³ sesuai dengan SNI 1727-2020 [9]. Dalam pemodelan struktur bangunan, Beban mati akan dikalkulasikan secara otomatis oleh perangkat lunak ETABS, sesuai dengan penampang dan dimensi yang dimodelkan dalam perangkat lunak ETABS [10].

- b. Beban Mati Tambahan (Super Imposed Dead Load/SIDL). Beban mati tambahan yang diaplikasikan dalam model struktur bangunan ini disesuaikan dengan fungsi ruangan dan material nonstruktural yang digunakan pada masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1727-2020 [9] seperti pada tabel berikut ini:

Tabel Error! No text of specified style in document. Beban Mati Tambahan pada Struktur Bangunan

| Lantai | Keterangan | SIDL (kN.m ⁻²) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|
| Lantai 2 | Keramik Spesi | 1,1 |
| | Ducting Mekanikal | 0,19 |
| | Penggantung Langit-Langit | 0,1 |
| | Plafond | 0,05 |
| Lantai Atap | Dinding bata merah | |
| | Plafond | 0,05 |
| | Ducting Mekanikal | 0,19 |
| | Penggantung Langit-Langit | 0,1 |

- c. Beban Hidup (Live Load/LL) adalah beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak dan sifatnya tidak tetap atau tidak selalu berada pada struktur, besarnya beban hidup yang diaplikasikan dalam model struktur bangunan ini juga sesuai dengan fungsi ruangan pada masing-masing lantai [9] seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 7 Beban Hidup Pada Struktur Bangunan

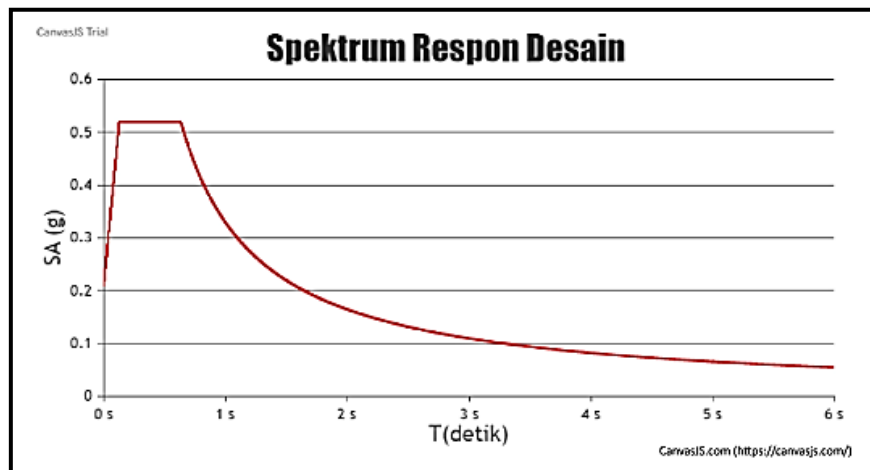
| Lantai | Keterangan | LL (kN.m ⁻²) |
|----------|----------------------|--------------------------|
| Lantai 2 | Kantor | 2,4 |
| | Partisi | 0,72 |
| | Ruang Kerja | 2,4 |
| | Ruang Pertemuan/Lobi | 4,79 |
| Atap | Lantai Atap | 0,96 |

2. Beban gempa

Beban gempa merujuk pada SNI 1726-2019 dengan menentukan terlebih dahulu kategori desain seismik berdasarkan lokasi, jenis tanah, dan fungsi bangunan [11].

Tabel 8 Parameter Respons Spektra

| Parameter Respons Spektra | | |
|----------------------------------------------------------------------|-------|--------|
| Percepatan Gempa M_{CEr} Terpetakan Untuk Periode Pendek 0,2 detik | S_s | 0,3876 |
| Percepatan Gempa M_{CEr} Terpetakan Untuk Periode Panjang 1 detik | S_1 | 0,1224 |
| Faktor Amplifikasi Periode Pendek 0,2 detik | F_a | 2,0597 |
| Faktor Amplifikasi Periode Panjang 1 detik | F_v | 3,4328 |



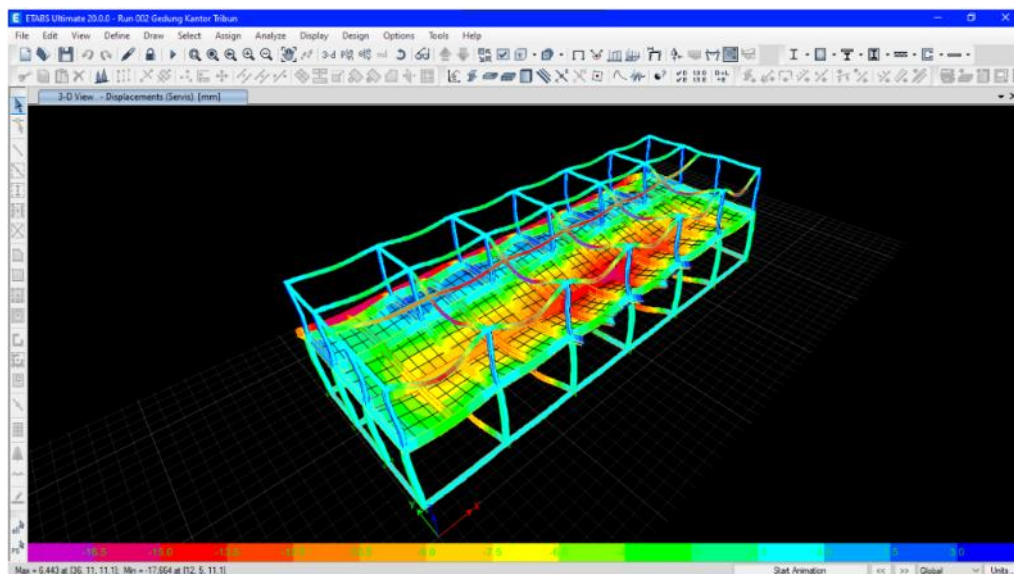
Gambar 3 Spektrum Respons Desain

3. Beban angin rangka atap

Beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada gudang atau bagian gudang yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Berdasarkan SNI 1727-2020, pengaruh tekanan pada struktur bangunan gudang sesuai dengan parameter dasar untuk penentuan beban angin pada Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) [9].

4. Pemodelan dan analisis

Analisis struktur dilakukan dengan cara memodelkan struktur bangunan eksisting. Struktur eksisting dimodelkan menggunakan parameter-parameter yang telah diperoleh pada pengujian sebelumnya. Pembebanan diperhitungkan sesuai dengan SNI 1727-2020 tentang beban minimum untuk bangunan gedung [9] dan SNI 1726-2019 tentang pembebanan gempa [11]. Hasil dari analisa struktur berupa gaya dalam dan reaksi perletakan akan dibandingkan dengan kapasitas struktur eksisting. Model analisis struktur gedung tribun AA Rifai Kab. Bombana dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 4 Pemodelan dan Analisa Struktur

5. Kapasitas elemen struktur

Berdasarkan hasil analisa struktur dan pemeriksaan kapasitas elemen struktur diperoleh simpulan sebagai berikut.

Tabel 9 Kapasitas Elemen Struktur

| No. | Elemen Struktur | Pemeriksaan Kapasitas | Check | Keterangan |
|-----|-----------------|-----------------------|--------|-------------------|
| 1 | Sloof | Momen Positif | NOT OK | |
| | | Momen Negatif | NOT OK | |
| | | Geser | OK | |
| 2 | Kolom | P-M-M | NOT OK | Diagram Interaksi |
| | | Geser | OK | |
| 3 | Balok Induk | Momen Positif | NOT OK | pada As #4 |
| | | Momen Negatif | NOT OK | pada As #4 |
| | | Geser | OK | |
| 4 | Balok Anak | Momen Positif | OK | |
| | | Momen Negatif | OK | |
| | | Geser | OK | |
| 5 | Pelat | Momen | OK | |
| | | Geser | OK | |

Berdasarkan simpulan di atas diketahui bahwa elemen struktur eksisting tidak mampu untuk memikul beban tambahan yang direncanakan sehingga diperlukan upaya perkuatan struktur sebelum proses penyelesaian bangunan dikerjakan.

6. Kapasitas pondasi dan daya dukung tanah

Kapasitas daya dukung pondasi eksisting ditentukan berdasarkan 2 (dua) nilai, yaitu:

- a. Kapasitas pelat beton pondasi telapak dalam memikul beban
- b. Perbandingan antara tegangan yang dihasilkan pondasi telapak dengan daya dukung izin tanah

Pemeriksaan dilakukan berdasarkan data hasil penyelidikan tanah berupa pengujian sondir yang telah dilakukan oleh perencana pada tahun 2020 [12]. Berdasarkan hasil analisa struktur dan pengujian sondir nilai sebagai berikut

Tabel 10 Kapasitas Pondasi

| Parameter | Beban Pondasi | Daya Dukung Pondasi | Check |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| Tegangan tanah (max) | 399.9 kN/m ² | 416.7 kN/m ² | OK |
| Tegangan tanah (min) | 371.4 kN/m ² | 416.7 kN/m ² | OK |
| Geser 1 arah | 110.5 kN | 146.2 kN | OK |
| Geser 2 arah | 451.8 kN | 505.0 kN | OK |

Berdasarkan data di atas, diketahui bahwa pondasi telapak eksisting masih mampu memikul beban yang direncanakan.

3.3 Pembahasan dan Rekomendasi

1. Pembahasan

Mutu beton hasil pelaksanaan diperkirakan tidak memenuhi standar. Hasil hammer test menunjukkan kuat tekan beton rata-rata 11 MPa (di bawah standar SNI-2847-2019, yaitu 17 MPa [8]). Metode concrete jacketing dapat menjadi alternatif perkuatan struktur karena dapat diterapkan pada beton dengan kondisi mutu rendah [13].

Lendutan yang terjadi pada balok melampaui nilai izin SNI-2847-2019 [8], yang akan bertambah dengan beban finishing. Kolom tambahan dengan pondasi poer plat dapat meminimalkan lendutan tambahan. Pada selasar belakang, balok kantilever tidak mampu memikul beban. Oleh karena itu, diperlukan kolom tambahan dengan pondasi poer plat dan sloof terhubung ke gedung eksisting.

Berdasarkan investigasi visual diketahui bahwa terdapat kolom tambahan pada As #B sebanyak 4 buah yang tidak terdapat di dalam gambar rencana, kolom ini merupakan kolom tambahan yang dibuat dengan tujuan untuk mengurangi lendutan balok. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Meng [14] dan Zhong [15] bahwa pembagian bentang menjadi 2 dengan jarak sama akan memberikan tahanan keruntuhan yang lebih baik. Meskipun demikian dalam investigasi ditemukan bahwa kolom tambahan ini menumpu pada sloof tanpa pondasi telapak, sehingga kapasitas kolom tidak terpakai secara optimal. Oleh karena itu, perlu ditambahkan pondasi poer plat agar beban dapat langsung didistribusikan ke tanah.

Perlu diketahui juga bahwa integritas struktur terutama pada sambungan balok-kolom perlu mendapat perhatian khusus. Mengingat kategori desain seismik (KDS) pada bangunan ini adalah KDS D, maka bangunan ini di desain dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Sistem SRPMK mengatur tambahan persyaratan untuk memastikan bangunan dapat berperilaku duktail saat gempa. Beberapa penelitian menggambarkan beberapa perilaku struktur saat gempa baik dalam kondisi ultimate maupun tekuk [16] [17].

2. Rekomendasi

Kolom tambahan yang terdapat pada As #B menumpu pada sloof. Berdasarkan perhitungan kapasitas momen sloof, sloof tidak mampu menopang kolom tambahan sehingga diperlukan pondasi poer plat untuk menyalurkan beban ke tanah.

Beberapa metode dapat diterapkan untuk perkuatan struktur, seperti concrete jacketing [13][18][19], CFRP sheet [20] ataupun dengan perkuatan dengan pelat baja [21]. Perkuatan kolom dengan concrete jacketing merupakan alternatif solusi yang paling mudah untuk diterapkan pada pekerjaan ini. Metode ini dilakukan dengan menambah dimensi kolom menggunakan metode concrete jacketing. Keuntungan dari metode ini adalah dapat menambah kapasitas dan kekakuan struktur dan dapat diterapkan pada mutu beton rendah [13]. Beberapa penelitian memberikan beberapa rekomendasi praktik pelaksanaan metode concrete jacketing yang baik [22]-[24]. Namun yang perlu menjadi catatan adalah penambahan dimensi meningkatkan massa, sehingga perlu evaluasi ulang pada kapasitas pondasi.

Selain perkuatan pada kolom eksisting, penambahan kolom baru juga diperlukan pada As #4 dengan pondasi poer plat untuk mengatasi beban berlebih pada balok. Selain itu, penambahan kolom beton di sisi belakang untuk menopang balok kantilever, dilengkapi pondasi telapak dan sloof menyatu dengan struktur eksisting.

4. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat kami berikan adalah sebagai berikut:

1. Lendutan besar yang terjadi telah ditangani dengan menempatkan kolom di tengah bentang, namun perlu dibuat pondasi poer plat di bawahnya agar dapat berfungsi dengan baik.
2. Struktur eksisting secara umum belum memenuhi kapasitas dalam memikul beban sehingga perlu dilakukan perkuatan pada beberapa lokasi seperti yang dipaparan pada bagian rekomendasi perkuatan.

Daftar Pustaka

- [1] F. D. Hernita, and B. C. Zega, “Efektivitas Kekuatan Struktur Kolom Akibat Perubahan Fungsi Gedung Pada Proyek Magna One Surabaya Terhadap Beban Gempa,” *J. ViTeks*, vol. 1, no. 1, p. 96-103, Apr. 2023.
- [2] J. J. S. Pah, D. V. E. C. Nalle, and R. A. Bella, “Perubahan Respons Struktur Bangunan Gedung Akibat Komponen Non-Structural,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 12, no. 2, p. 145-158, Sep. 2023.
- [3] Nurhaliza, M. Nuklirullah, and F. F. Bahar, “Analisis Struktur Balok dan Pelat Lantai Akibat Alih Fungsi Bangunan (Studi Kasus: Gedung Rektorat Universitas Jambi),” *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 10, no. 2, p. 101-110, Nov. 2021.
- [4] B. S. Al-Nu'man, “Assessment of Strengthening Scheme of Existing Buildings Extended by Adding Additional Floors,” *Eurasian Journal Of Science And Engineering*, vol. 2, no. 1, p. 28-40, Dec. 2016. doi: 10.23918/eajse.2414214.
- [5] E. P. A. Yahya, F. A. B. Pradipta, Antonius, and P. Setiyawan, “Asesmen dan Analisa Gedung Eksisting (Studi Kasus Bangunan Johar Shopping Center Semarang),” *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*, vol. 1, no. 1, p. 176-204, Aug. 2022.
- [6] D. R. Siallagan, A. A. Ghozali, B. T. Andana, dkk, “Investigasi Visual Kelayakan Bangunan Publik di Desa Jamblang,” *Civronlit*, vol. 8, no. 1, p. 23-35. Apr. 2023.
- [7] W. Apriani, “Aplikasi Non Destructive Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton (Studi Kasus: Kolom asement – K4 Pada Bangunan Stadion Utama Riau),” *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, vol. 2, no. 2, p. 95-103, Okt. 2016.
- [8] B. S. Nasional, “SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung beserta Penjelasannya,” *Badan Standardisasi Nasional*. 2019.
- [9] B. S. Nasional, “SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain,” *Badan Standardisasi Nasional*. 2020.
- [10] *Computers and Structures, ETABS V20 Analysis and Design of Building Systems User's Guide, USA: Computers and Structures*, 2021.
- [11] B. S. Nasional, “SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung,” *Badan Standardisasi Nasional*. 2019.
- [12] Virtual Development Consultant, CV, “Laporan Soil Test Perencanaan Renovasi Tribun Lapangan A.A. Rivai Kabupaten Bombana Kendari,” *Bombana*, 2020.

- [13] A. Rosyidah, D. F. Alfariiez, and M. A. Wicaksono, "Penguatan Struktur Pada Bangunan Dengan Mutu Beton Rendah," *PORTAL Jurnal Teknik Sipil*, vol. 11, no. 1, p. 16-21, Apr. 2019.
- [14] B. Meng, W. Zhong, and J. Hao, "Anti-Collapse Performances Of Steel Beam-To-Column Assemblies With Different Span Ratios," *Elsevier*, vol. 140, p. 125-138, Jan. 2018. doi: 10.1016/j.jcsr.2017.10.014.
- [15] W. Zhong, Z. Tan, L. Tian, B. Meng, X. Song, and Y. Zheng, "Collapse Resistance Of Composite Beam-Column Assemblies With Unequal Spans Under An Internal Column-Removal Scenario," *Elsevier*, vol. 206, p. 110143, Mar. 2020. doi: 10.1016/j.engstruct.2019.110143.
- [16] M. Kimsan and W. Perceka, "Performance Level Evaluation Of Shear Wall – Flat Slab System By Conducting Static Equivalent Analysis, Response Spectrum, Linear Time History Analysis And Nonlinear Time History Analysis," in *6th Civil Engineering Conference in Asia Region: Embracing The Future Through Sustainability*, 2013, p. 21-26.
- [17] M. Kimsan, L. Rahman, and M. Rizal, "Performance Analysis Of Shear Wall Rc Building Due To Seismic Load Upon Bar Buckling Limit States," in *2nd Makassar International Conference in Civil Engineering*, 2015, p. 295–300.
- [18] W. Janwaen, J. A. Barros, and I. G. Costa, "A New Strengthening Technique For Increasing The Load Carrying Capacity Of Rectangular Reinforced Concrete Columns Subjected To Axial Compressive Loading," *Elsevier*, vol 158, p. 67-81, Feb. 2019. doi: 10.1016/j.compositesb.2018.09.045.
- [19] T. N. Azizov, D. V. Kochkarev, and T. A. Galinska, "New Design Concepts For Strengthening Of Continuous Reinforced-Concrete Beams," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [20] M. Hasan, Mahlil, and A. Mubarak, "Desain Perkuatan Struktur Bangunan Gedung Akibat Perubahan Fungsi dan Umur Bangunan Menggunakan CFRP Sheet," *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, vol 9, no 1, p. 28-38, Mei. 2020.
- [21] F. L. Nge, J. J. S. Pah, T. M. W. Sir, "Komponen Struktur Beton Dengan Perkuatan Eksternal," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, no. 1, p. 53-66, Apr. 2016.
- [22] B. A. Tayeh, M. A. Naja, S. Shihada, and M. Arafa, "Repairing and Strengthening of Damaged RC Columns Using Thin Concrete Jacketing," *Advance in Civil Engineering*, vol. 2019, p. 2987412, Jun. 2019. doi: 10.1155/2019/2987412.
- [23] S. Raza, M. K. I. Khan, S. J. Menegon, H. Tsang, and J. L. Wilson, "Strengthening and Repair of Reinforced Concrete Columns by Jacketing: State-of-the-Art Review," *Sustainability*, vol. 11, p. 3208, Jun. 2019. doi: 10.3390/su11113208.
- [24] K. G. Vандoros, and S. E. Dritsos, "Concrete Jacket Construction Detail Effectiveness When Strengthening RC Columns," *Elsevier*, vol 22, p. 264-276, Mar. 2008. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2006.08.019.

Halaman ini sengaja dikosongkan