

KAJIAN TEKNIS GEDUNG BETON BERTULANG DAN PERENCANAAN PERKUATANNYA

I Made Yogi Dinanta¹, I Wayan Artana² dan I Putu Laintarawan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia, Jl. Sangalagit, Penatih, Denpasar Timur,

¹Email: yogi.dinanta37@gmail.com

²Email: artana.str2@gmail.com

³Email: Ltrwnn@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan fungsi bangunan eksisting dengan perubahan fungsi beban yang melampaui beban rencana menyebabkan kegagalan struktur. Dampak kegagalan struktur bervariasi dari rusak ringan, sedang, berat dan runtuh. Dengan demikian, kegagalan struktur diperlukan upaya perkuatan struktur dengan metode perkuatan yang baik dan mudah dikerjakan di lapangan. Bangunan eksisting yang diteliti adalah bangunan Villa Minggu Seminyak, yang berlokasi di Jl Kunti, Gg Mangga, Seminyak, Kuta, Badung, Bali. Untuk mendapatkan hasil perkuatan yang baik dan mudah dikerjakan, maka dilakukan investigasi untuk mendapatkan data-data kerusakan bangunan eksisting, selanjutnya dilakukan analisis dan evaluasi. Model dan analisis dilakukan secara 3D dengan menggunakan software SAP2000. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku struktur eksisting sebelum dan setelah dilakukan perkuatan. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Metode perkuatan yang dilakukan pada komponen struktur kolom adalah dengan metode *Concrete Jacketing*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas balok dan kolom eksisting tidak mencukupi, dimana luas tulangan balok B1 eksisting 896.47mm² lebih kecil dari luas tulangan perlu 1023 mm², kapasitas gaya aksial dan momen ultimit kolom K1 berada diluar diagram interaksi dan waktu getar struktur 1.193 detik lebih kecil dari waktu getar ijin sebesar 0.351 detik. Dengan demikian, diperlukan perkuatan pada balok dan kolom. Hasil analisis dan desain, perkuatan *concrete jacketing* memerlukan beton tebal 10 cm dengan tulangan utama 16D13 mm dan tulangan sengkang Ø10-75 mm. Perkuatan ini mampu meningkatkan kapasitas beban aksial kolom sebesar 314.5%. Perkuatan balok dengan penambahan Baja WF mampu meningkatkan momen ultimit tumpuan sebesar 38.7% dan momen ultimit lapangan sebesar 39.6%. Gaya geser ultimit meningkat sebesar 121.4%. Dengan perkuatan pada kolom dan balok waktu getar struktur memiliki durasi lebih pendek sebesar 48%, sehingga struktur menjadi lebih kaku.

Kata kunci: kajian, perkuatan, beton bertulang, perencanaan, existing

ABSTRACT

Changes in the function of existing buildings with changes in load functions that exceed the design load cause structural failure. The impact of structural failure varies from light, moderate, severe damage and collapse. Thus, structural failure requires efforts to strengthen the structure with good reinforcement methods that are easy to carry out on site. The existing building studied is the Villa Minggu Seminyak building, which is located on Jl Kunti, Gg Mangga, Seminyak, Kuta, Badung, Bali. To get good and easy-to-do reinforcement results, an investigation is carried out to obtain data on damage to existing buildings, then analysis and evaluation are carried out. Models and analysis were carried out in 3D using SAP2000 software. The purpose of this research is to determine the behavior of existing structures before and after strengthening. The strengthening method used for column structural components is the Concrete Jacketing method. The results of the analysis show that the capacity of the existing beams and columns is insufficient, where the existing beam B1 reinforcement area of 896.47mm² is smaller than the required reinforcement area of 1023 mm², the axial force capacity and ultimate moment of column K1 are outside the interaction diagram and the structure's vibration time is 1.193 seconds smaller than allowable vibration time of 0.351 seconds. Thus, strengthening of the beams and columns is required. The results of the analysis and design show that concrete jacketing reinforcement requires 10 cm thick concrete with 16D13 mm main reinforcement and Ø10-75 mm stirrup reinforcement. This reinforcement is able to increase the axial load capacity of the column by 314.5%. Strengthening the beam with the addition of WF Steel was able to increase the ultimate moment of the support by 38.7% and the ultimate moment of the field by 39.6%. The ultimate shear force increases by 121.4%. By strengthening the columns and beams, the vibration time of the structure has a shorter duration of 48%, so the structure becomes stiffer.

Keywords: study, reinforcement, reinforced concrete, design, existing..

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara rawan gempa, dimana gempa menjadi salah satu penyebab kegagalan struktur bangunan beton bertulang. Dampak dari kegagalan ini memerlukan perkuatan struktur untuk kategori kerusakan kecil dan sedang. Perubahan fungsi bangunan eksisting dengan perubahan fungsi beban yang melampaui beban rencana juga menyebabkan kegagalan struktur. Dampak kegagalan struktur bervariasi dari rusak ringan, sedang, berat dan runtuh. Dengan demikian, kegagalan struktur diperlukan upaya perkuatan struktur dengan metode perkuatan yang baik dan mudah dikerjakan dilapangan. Bangunan eksisting yang diteliti adalah bangunan Villa Minggu Seminyak, yang berlokasi di Jl kunti, Gg Mangga, Seminyak, Kuta, Badung, Bali. Untuk mendapatkan hasil perkuatan yang baik dan mudah dikerjakan, maka dilakukan investigasi untuk mendapatkan data-data kerusakan bangunan eksisting, selanjutnya dilakukan analisis dan evaluasi. Langkah awal adalah melakukan uji *hammer test* dan *rebar scanning* masing-masing untuk mengetahui mutu beton serta diameter dan jumlah tulangan pada komponen struktur eksisting. Selanjutnya dilakukan analisis dan desain perkuatan. Model dan analisis dilakukan secara 3D dengan menggunakan *software* SAP2000. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas struktur eksisting setelah dilakukan perkuatan. Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan kajian perkuatan telah dilakukan oleh beberapa peneliti. (Arifi Soenaryo, 2009) melakukan analisis perbaikan atau perkuatan kolom beton bertulang dengan cara *concrete jacketing* variasi beban runtuh untuk mengetahui kapasitas kolom beton bertulang setelah dilakukan perkuatan. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Hasil analisis menunjukkan bahwa paling efektif perkuatan *Concrete Jacketing* adalah pada pembebanan 75% dari beban runtuh. (Muslikh, 2015) menganalisis perbaikan balok beton bertulang metode *jacketing* menggunakan bahan ferosemen akibat beban siklik ultimit. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Hasil penelitian dengan perbaikan *jacketing* dapat meningkatkan kapasitas beban ultimit, peningkatan *energy hysteretic*, peningkatan daktilitas dan kekakuan struktur. (Prabowo & Lutfi, 2020) melakukan kajian tentang analisis struktur beton bertulang akibat penambahan ruang kelas baru, studi kasus SMK Bina Putera Bogor. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Hasil penelitian dengan metode *concret jacketing* menghasilkan tebal perkuatan kolom tebal 10 cm dan jumlah tulangan longitudinal 5D16 sengkang Ø8-100 mm. Biaya perkuatan *concrete jacketing* lebih mahal 81% dari perkuatan profil baja. (Putri et al., 2020) melakukan kajian perkuatan kolom beton bertulangan CFRP. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan uji aksial kolom. Beban bertahap sebesar 25

kg. Tulangan utama diameter 6 mm dan tulangan sengkang diameter 4 mm. Bahan perkuatan yang diberikan yaitu SikaWrap 231C. Hasil pengujian terjadi peningkatan beban yang mampu diterima kolom sebesar 463% mutu beton 6.643 MPa, 256% dengan mutu beton 6.851 MPa, 63% dengan mutu beton 7.926 MPa, dan 32% dengan mutu beton 8.474 MPa. Dengan demikian, semakin rendah mutu beton, maka semakin tinggi persentase kenaikan kapasitas beban. (Saruni et al., 2017) mengevaluasi dan menganalisis perkuatan bangunan yang bertambah jumlah tingkatnya. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui kemampuan struktur bangunan akibat penambahan tingkat struktur bangunan di atasnya. Alat bantu yang digunakan untuk analisis adalah menggunakan *software* ETABS. Hasil evaluasi merekomendasikan jenis perkuatan yang efektif digunakan adalah *concrete jacketing*. (Satrio et al., 2016) melakukan kajian perkuatan struktur gedung dengan SNI-1726-2019 di kota Semarang dengan studi kasus gedung kuliah utama fakultas teknik Universitas Diponegoro. Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa komponen struktur tidak mampu menahan beban yang bekerja. Beberapa tipe balok tidak mampu menahan geser pada kondisi sendi plastis. Perkuatan yang digunakan adalah perkuatan geser FRP. Selain balok, kolom juga tidak mampu menahan beban aksial dan momen. Kolom menggunakan perkuatan dengan *concrete jacketing* karena lebih efektif. (Sumajouw & Pandeke, 2016) melakukan kajian tentang kapasitas perkuatan kolom beton bertulang dengan perkuatan dengan menambahkan abu terbang (*fly ash*) terhadap variasi beban runtuh metode *concrete jacketing*. Metode yang digunakan adalah metode pengujian di laboratorium. Hasil pengujian menghasilkan variasi persentase pembebanan berpengaruh terhadap kapasitas penampang kolom. Perkuatan paling efektif adalah menggunakan *concrete jacketing* dengan batas keruntuhan 70%. (Syofyan, 2016) meneliti perbaikan struktur dengan serta *carbon* pada gedung bea cukai teluk bayur Padang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material sika wrap hex 230c dapat digunakan untuk perkuatan dan metode pelaksanaan harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Dari hasil penelitian sebelumnya, maka penelitian ini akan mengkaji struktur beton bertulang dengan alternatif metode perkuatan struktur yang sesuai dengan pertimbangan efisiensi dan mengacu pada peraturan SNI 2847-2019 (BSN, 2019b) tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung serta SNI 1726-2019 (BSN, 2019a) tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Gedung dan non gedung.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah

metode kuantitatif dengan mengumpulkan data dengan melakukan pengukuran dimensi komponen struktur seperti balok, kolom dan pelat beton bertulang serta mengumpulkan data material. Gedung yang ditinjau adalah Gedung Villa Minggu yang berlokasi di Jalan Kunti I, Gg. Mangga, Seminyak, Kuta, Badung, Bali. Adapun dimensi komponen struktur eksisting seperti Tabel 1. Analisis data menggunakan software SAP2000.

Tabel 1. Komponen Struktur Existing

Elemen Struktur (mm)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Tengah (mm)
TB1 = 350X200	8D 13	2 Ø8
K1 = 350X120	6D 13	-
K2 = 200X200	6D 13	-
B1 = 450X200	8D 13	2 Ø8
B2 = 400X200	6D 13	2 Ø8
B3 = 350X200	6D 13	2 Ø8
B4 = 300X200	6D 13	2 Ø8
B5 = 300X200	4D 13	2 Ø8
B6 = 250X200	4D 13	2 Ø8

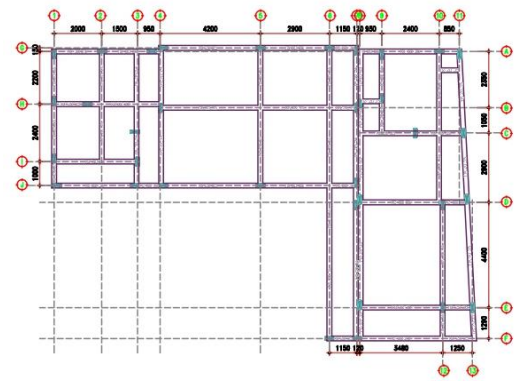
Sumber : Hasil Pengukuran, 2021

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data material dan geometri struktur eksisting. Selanjutnya dilakukan pemodelan dan analisis struktur dengan bantuan software SAP2000 untuk mengetahui kinerja struktur eksisting. Hasil analisis kemudian kontrol lendutan, simpangan lateral dan waktu getar struktur. Apabila kontrol ini tidak memenuhi, maka dilakukan perkuatan komponen struktur dengan menggunakan concrete jacketing untuk kolom dan penambahan balok WF untuk balok. Apabila kontrol ini memenuhi, maka akan dilanjutkan dengan perbaikan retak. Terakhir dalam tabulasi hasil-hasil penelitian.

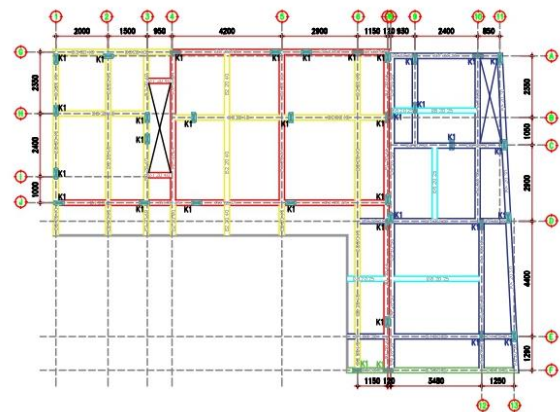
Properties Material, Geometri dan Beban

Adapun properties material dalam penelitian ini adalah mutu beton $f'c = 25$ MPa, mutu baja tulangan utama = 400 MPa (kuat leleh minimum = 390 MPa, kuat tarik = 560 MPa), mutu baja tulangan Sengkang = 240 MPa (kuat leleh minimum = 235 MPa, kuat tarik = 380 MPa).

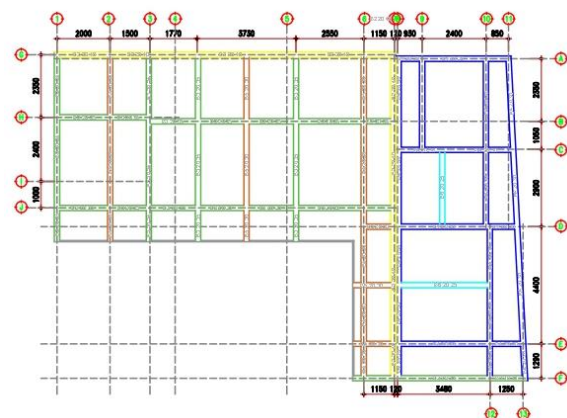
Bangunan Villa ini secara geometri berbentuk L dengan parameter panjang bangunan 17.55m, lebar bangunan 12.14m, tinggi bangunan 6m, tinggi lantai satu adalah 3m, tinggi lantai dua adalah 3m dan kedalaman pondasi adalah 2m.



Gambar 1. Denah struktur lantai 1



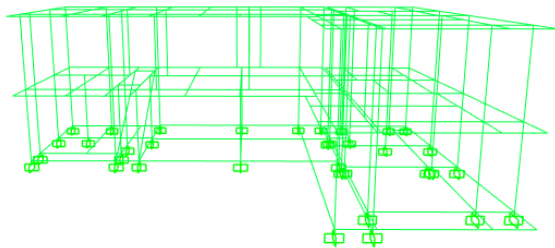
Gambar 2. Denah struktur lantai 2



Gambar 3. Denah struktur atap

Dimensi elemen struktur berdasarkan Gambar 1,2 dan 3 sebagai berikut : K1 = 120x350 mm, K2 = 200x200 mm, B1 = 200x450 mm, B5 = 200x300 mm, B2 = 200x400 mm, B6 = 200x250 mm, B3 = 200x350 mm, B4 = 200x300 mm dan TB1 = 120x350 mm.

Pemodelan struktur menggunakan software SAP2000 dimodel sebagai struktur 3D, seperti disajikan pada Gambar 4.



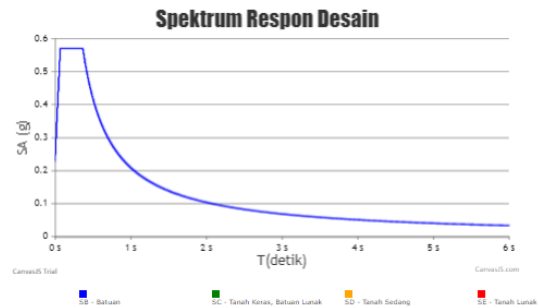
Gambar 4 Model Struktur *Frame* 3D SAP2000

Beban-belan yang diperhitungkan adalah beban mati berat sendiri, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa sesuai dengan SNI 1727 2020 (BSN, 2020). Total beban mati tambahan pada pelat = 181 kg/m². Beban tembok = 250 kg/m². Beban hidup atap = 133 kg/m². Beban hidup lantai = 479 kg/m². Parameter beban angin adalah sebagai berikut : fungsi bangunan : Villa, kategori resiko II, kecepatan angin dasar = 70 m/s, kemiringan atap = 180°, faktor arah angin (K_d) = 0.85, kategori eksposur C, faktor topografi (K_{zt}) = 1, faktor efek tiupan angin (G) = 0.85, bangunan tertutup, koefisien tekanan internal (GC_{pi}): koefisien tekanan internal disisi angin datang +0.18, koefisien tekanan internall disisi angin pergi - 0.18, keofesien eksposur tekanan velositas k_h atau k_z, koefesien eksposur tekanan velositas, kategori eksposur C adalah 0.9, menentukan tekanan velositas (q) :

$$\begin{aligned}
 q &= 0.613K_zK_{zt}K_dV^2 & (1) \\
 &= 0.613 \times 0.9 \times 1 \times 0.85 \times 6.38^2 \\
 &= 19.088 \text{ N/m}^2 \\
 &= 1.91 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Koefesien tekanan eksternal (C_p) tekan = 0.8, Koefisien tekanan eksternal C_p isap = -0.5, tekanan angin pada dinding P = qGC_p - q_i(GC_{pi}) = (1.91 x 0.85 x 0.8) - 1.91 x 0.18 = 0.955 kg/m²; 0.955 kg/m² x 3 m = 2.865 kg/m, P_{hisap} = (1.91 x 0.85 x -0.5) - (1.91 x -0.18) = -0.812 - 0.344 = 0.468 kg/m²; -0.468 kg/m² x 3 m = -1.403 kg/m.

Beban gempa menggunakan beban gempa respons spektrum. Kategori resiko peruntukkan Villa = II, faktor keutamaan gempa (I_e) = 1.0, S_S = 0.9549, S₁ = 0.3969, Fa = 1.2, Fv = 1.5, kelas lokasi = SBC, S_{DS} = $\frac{2}{3} \times Fa \times S_s = \frac{2}{3} \times 1.2 \times 0.9549 = 0.764$ x S_{D1} = $\frac{2}{3} \times Fv \times S_1 = \frac{2}{3} \times 1.5 \times 0.3969 = 0.397$; T₀ = 0.2 x $\frac{SD1}{SDS} = 0.2 \times \frac{0.397}{0.764} = 0.104$; T_S = $\frac{SD1}{SDS} = \frac{0.397}{0.764} = 0.52$. Berikut gambar respon spektra desain dapat dilihat pada Gambar 5.

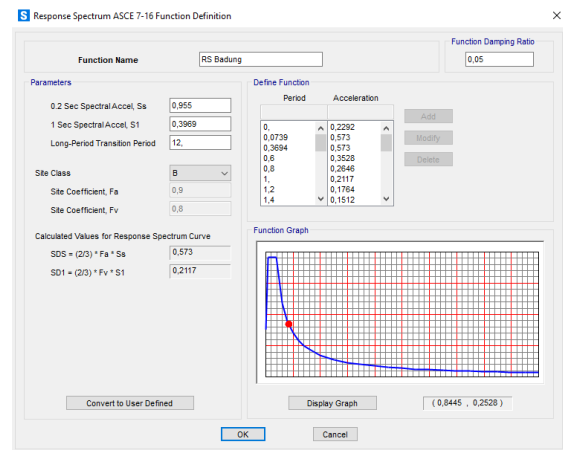


Gambar 5. Spektrum respon desain
Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id> (2023)

Parameter di atas selanjutnya di input kedalam software SAP2000 seperti disajikan pada Gambar 6. Kombinasi beban yang diperhitungkan adalah sebagai berikut:

- U1 = 1.4D
- U2 = 1.2D + 1.6L
- U3 = 1.2D + L + Ex + 0.3Ey
- U4 = 1.2D + L - Ex - 0.3Ey
- U5 = 1.2D + L + 0.3Ex + Ey
- U6 = 1.2D + L - 0.3Ex - Ey
- U7 = 1.2D + 1.6L + 1.6W
- U8 = 1.2D + 1.6L - 1.6W

Dimana D adalah beban mati, L adalah beban hidup, Ex adalah beban gempa arah x, Ey adalah beban gempa arah y dan W adalah beban angin.



Gambar 6. Input beban gempa respons spektrum
Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id> (2023)

3. HASIL

SNI 1726:2019 mensyaratkan simpangan antar tingkat (Δ) ijin untuk gedung hasil analisis tidak melebihi 0.01h_{sx}, dimana h_{sx} adalah tinggi tingkat. Tabel 2 dan 3 adalah perhitungan simpangan antar lantai arah x dan y. Tabel 2 menjelaskan simpangan antar lantai akibat beban gempa arah x dimana perpindahan lateral atap = 0.006 mm, lantai 2 = 0.082 mm dengan perpindahan lateral ijin = 23.1 mm, sedangkan Tabel 3 menjelaskan simpangan antar lantai akibat beban

gempa arah x dimana perpindahan lateral atap = 2.526 mm, lantai 2 = 0.003 mm dengan perpindahan lateral ijin = 23.1 mm.

Tabel 2. Perhitungan simpangan antar lantai arah x

Lantai	hsx (mm)	δx (mm)	δxe (mm)	Δ (mm)	Δijin (mm)	Δijin/ρ (mm)	Kontrol Δ < Δijin/ρ
1	0	57	0				
2	3000	56	-0.015	-0.082	30	23.1	OK
Atap	3000	56	-0.001	-0.006	30	23.1	OK

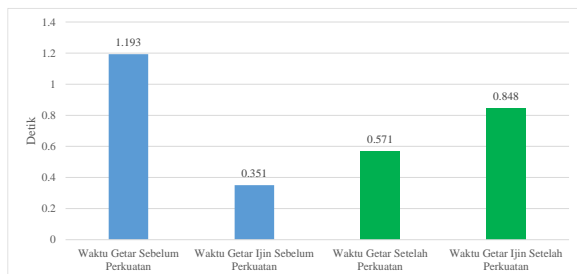
Sumber: Hasil analisis (2023)

Gambar 7 adalah waktu getar sebelum dan setelah perkuatan, dimana waktu getar sebelum perkuatan adalah sebesar 1.193 lebih besar dari waktu getar ijin, sehingga struktur kolom perlu diperkuat. Waktu getar setelah perkuatan adalah 0.571 lebih kecil dari waktu getar ijin, sehingga struktur memenuhi persyaratan kekakuan.

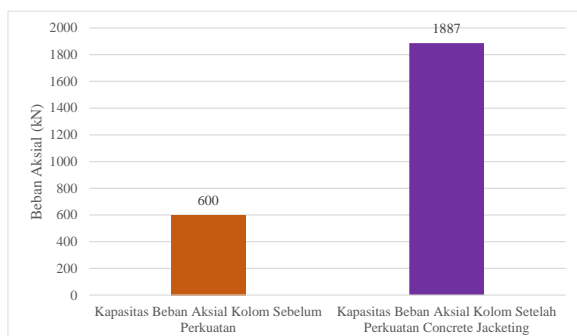
Tabel 3. Perhitungan simpangan antar lantai arah y

Lantai	hsx (mm)	δx (mm)	δxe (mm)	Δ (mm)	Δijin (mm)	Δijin/ρ (mm)	Kontrol Δ < Δijin/ρ
1	0	13.8	0				
2	3000	13.8	-0.001	-0.003	30	23.1	OK
Atap	3000	13.3	-0.459	-2.526	30	23.1	OK

Sumber: Hasil analisis (2023)

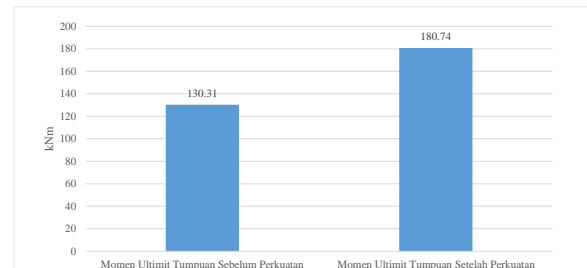


Gambar 7. Waktu getar alami
Sumber : Hasil Analisis (2023)



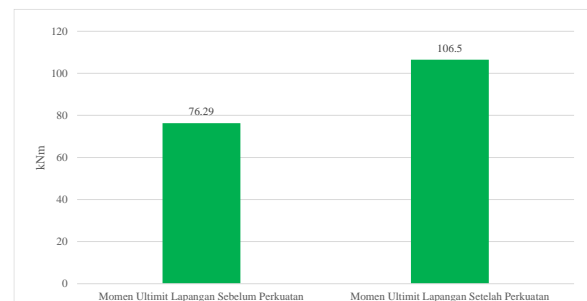
Gambar 8. Kapasitas beban aksial kolom
Sumber : Hasil Analisis (2023)

Gambar 8 adalah hasil analisis kapasitas beban aksial kolom sebelum perkuatan sebesar 600 kN dimana Pu dan Mu berada di luar kurva diagram interaksi, sehingga kolom beton bertulang existing perlu diperkuat. Setelah diperkuat, kapasitas beban aksial kolom meningkat menjadi 1887 kN dimana Pu dan Mu berada di dalam kurva diagram interaksi.

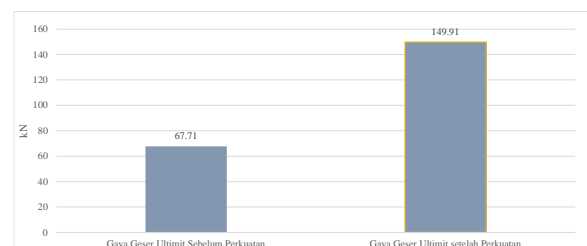


Gambar 9. Momen ultimit tumpuan balok
Sumber : Hasil Analisis (2023)

Gambar 9 adalah hasil analisis kapasitas momen ultimit tumpuan balok sebelum perkuatan adalah sebesar 130.31 kNm dan momen ultimit tumpuan setelah perkuatan menggunakan penambahan balok baja WF sebesar 180.74 kNm. Gambar 10 adalah hasil analisis kapasitas momen ultimit lapangan balok sebelum perkuatan adalah sebesar 76.29 kNm dan momen ultimit lapangan setelah perkuatan menggunakan penambahan balok baja WF sebesar 106.5 kNm.



Gambar 10. Momen ultimit lapangan balok
Sumber : Hasil Analisis (2023)



Gambar 11. Gaya geser ultimit balok
Sumber : Hasil Analisis (2023)

Gambar 11 adalah hasil analisis kapasitas gaya geser ultimit balok sebelum perkuatan sebesar 67.71 kNm dan gaya geser ultimit setelah perkuatan menggunakan penambahan balok baja WF sebesar 149.91 kNm.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas balok dan kolom eksisting tidak mencukupi, dimana luas tulangan balok B1 eksisting 896.47mm^2 lebih kecil dari luas tulangan perlu 1023mm^2 , kapasitas gaya aksial dan momen ultimit kolom K1 berada diluar diagram interaksi dan waktu getar struktur 1.193 detik lebih kecil dari waktu getar ijin sebesar 0.351 detik. Dengan demikian, diperlukan perkuatan pada balok dan kolom. Hasil analisis dan desain, perkuatan concrete jacketing memerlukan beton tebal 10 cm dengan tulangan utama 16D13 mm dan tulangan sengkang $\emptyset 10-75$ mm. Perkuatan ini mampu meningkatkan kapasitas beban aksial kolom sebesar 314.5%. Perkuatan balok dengan penambahan Baja WF mampu meningkatkan momen ultimit tumpuan sebesar 38.7% dan momen ultimit lapangan sebesar 39.6%. Gaya geser ultimit meningkat sebesar 121.4%. Dengan perkuatan pada kolom dan balok waktu getar struktur memiliki durasi lebih pendek sebesar 48%, sehingga struktur menjadi lebih kaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifi Soenaryo, M. T. H. dan H. S. (2009). Perbaikan Kolom Beton Bertulang Menggunakan Concrete Jacketing dengan Prosentase Beban Runtuh yang Bervariasi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(2), 2–10.
- BSN. (2019a). *SNI 1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- BSN. (2019b). *SNI 2847:2019, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*.
- BSN. (2020). *SNI 1727: 2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.
- Muslikh, B. S. , A. T. (2015). Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Metode Jacketing dengan Bahan Ferosemen Akibat Beban Siklik pada Beban Ultimit. *Semesta Teknika*, 14(2), 166–176. <https://doi.org/10.18196/st.v14i2.546>
- Prabowo, A., & Lutfi, M. (2020). Analisis Struktur Bangunan Gedung Sekolah akibat Penambahan Ruang Kelas Baru (Studi Kasus di SMK Bina Putera Kota Bogor). *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 4(2), 133–148. <https://doi.org/10.12962/j26151847.v4i2.6887>
- Putri, I., Putri, J., & Indianto, A. (2020). Perkuatan Model Kolom Beton Dengan Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer. *Prosiding Seminar Nasional ...*, 246–251. <http://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/snts/article/view/3784%0Ahttps://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/snts/article/download/3>

784/2165

- Saruni, C. V, Dapas, S. O., & Manalip, H. (2017). Evaluasi dan analisis perkuatan bangunan yang bertambah jumlah tingkatnya. *Sipil Statik*, 5(9), 591–602.
- Satrio, B. D., Pratama, G. P., Tadjono, S., & Wibowo, H. (2016). Kota Semarang Studi Kasus Gedung Kuliah Utama Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(1), 37–48. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Sumajouw, M. D. J., & Pandeke, R. E. (2016). Kajian Kapasitas Perkuatan Kolom Beton Bertulang Dengan Tambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Variasi Beban Runtuh Dengan Metode Concrete Jacketing. *Tekno*, 14(65), 29–36.
- Syofyan, E. R. (2016). Perbaikan Struktur Bangunan Pasca Gempa dengan menggunakan Serat Karbon (Studi Kasus Gedung Kantor Bea dan Cukai Teluk Bayur Padang) Repair with Post-Earthquake Building Structure using Carbon Fiber Office Building Case Study Customs and Excise Teluk Bayu. *Poli Rekayasa*, 11(2), 32–41.