

PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG MENGUNAKAN *FIBER REINFORCED POLYMER* DAN *CONCRETE JACKETING*

Jefri¹, Fajri Yusmar², Juniman Silalahi³, Prima Zola⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: jefriuje530@gmail.com

Abstrak: Standar perencanaan struktur beton bertulang di Indonesia telah diperbarui dari SNI 03-1726-2012 menjadi SNI 1726:2019, yang memiliki cakupan lebih lengkap. Perubahan ini mengharuskan dilakukan evaluasi ulang terhadap banyak bangunan yang sebelumnya dirancang berdasarkan SNI 1726:2012. Penelitian oleh Widodo et al. (2023) menunjukkan bahwa sekitar 45% gedung yang dirancang dengan acuan SNI 1726:2012 memerlukan perkuatan struktur agar memenuhi persyaratan keselamatan, terutama di wilayah rawan gempa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi desain struktur berdasarkan SNI 1726:2012 dengan SNI 1726:2019, serta menganalisis kebutuhan perkuatan struktur apabila bangunan tidak memenuhi kriteria kekuatan. Metode perkuatan yang digunakan dalam studi ini adalah aplikasi *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) pada elemen balok dan metode *concrete jacketing* pada elemen kolom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dua lapis FRP diterapkan pada balok sebagai perkuatan terhadap lentur, sementara pada kolom dilakukan *concrete jacketing* dengan penambahan dimensi dari 600 mm × 800 mm menjadi 700 mm × 900 mm, yang terbukti meningkatkan kapasitas struktur kolom tersebut.

Kata Kunci : Perkuatan Struktur, FRP, *Concrete Jacketing*

Abstract : *The design standard for reinforced concrete structures in Indonesia has been updated from SNI 03-1726-2012 to SNI 1726:2019, which provides more comprehensive coverage. This revision necessitates a re-evaluation of many existing buildings previously designed based on SNI 1726:2012. A study by Widodo et al. (2023) indicated that approximately 45% of buildings designed in accordance with SNI 1726:2012 require structural strengthening to meet safety requirements, particularly in seismic-prone areas. The objective of this study is to evaluate structural designs based on SNI 1726:2012 in comparison to SNI 1726:2019 and to analyze the necessity for structural retrofitting if the buildings do not satisfy strength criteria. The strengthening methods employed in this study include the application of Fiber Reinforced Polymer (FRP) on beam elements and the concrete jacketing method on column elements. The results of the study show that two layers of FRP were applied to the beams for flexural strengthening, while concrete jacketing was implemented on the columns by increasing their cross-sectional dimensions from 600 mm × 800 mm to 700 mm × 900 mm, which proved to enhance the structural capacity of the columns.*

Keyword : *Structural Reinforcement, FRP, Concrete Jacketing*

PENDAHULUAN

Standar perencanaan struktur beton bertulang telah mengalami sejumlah pembaruan yang signifikan. Standar SNI 03-1726-2012, yang dijadikan acuan utama dalam perencanaan struktur selama periode 2012 hingga 2019, kini telah digantikan oleh aturan yang lebih komprehensif. Pembaruan ini mengharuskan dilakukan evaluasi ulang terhadap

banyak bangunan yang dirancang sesuai SNI 1726:2012, guna memastikan bahwa struktur-struktur tersebut memenuhi persyaratan keselamatan terkini, terutama terkait ketahanan terhadap gempa dan daya tahan struktural. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widodo et al. (2023) terhadap gedung-gedung yang mengacu pada SNI 1726: 2012

mengungkapkan sejumlah keterbatasan, terutama dalam hal detail dan kapasitas deformasi struktur. Penelitian ini menunjukkan bahwa sekitar 45% dari gedung yang dibangun sesuai dengan standar SNI 1726:2012 memerlukan perkuatan struktural untuk dapat memenuhi standar keselamatan yang berlaku saat ini, terutama bagi bangunan yang berada di zona rawan gempa tinggi.

Aspek struktural yang paling kritis adalah ketidakmampuan sistem penahan beban lateral pada bangunan eksisting untuk memenuhi tuntutan daktilitas sesuai standar terkini. Penelitian yang dilakukan oleh Suryati et al. (2023) mengindikasikan bahwa bangunan-bangunan tersebut memerlukan evaluasi dan potensi perkuatan struktural. Situasi ini memerlukan perhatian serius terhadap bangunan, dimana diperlukannya upaya untuk mencegah terjadinya kerusakan pada struktur, upaya yang paling tepat adalah dengan melakukan perkuatan pada struktur bangunan.

Perkuatan atau *Retofit* gedung merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki komponen-komponen gedung yang dianggap tidak memenuhi persyaratan desain bangunan, kekuatan (*Strength*), kekakuan (*Stiffness*), stabilitas (*Stability*) dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan

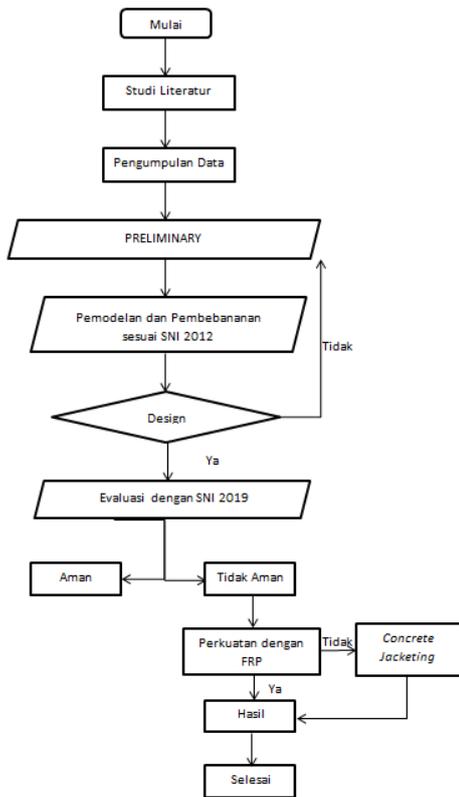
(*Durability*). Penggunaan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) semakin dikenal sebagai solusi efektif dalam memperkuat struktur beton bertulang. Menurut (Prasetyo dan Rahman, 2024) menunjukkan bahwa penerapan FRP pada struktur yang dirancang sesuai SNI 2847:2012 dapat meningkatkan kapasitas lentur hingga 35% dan kapasitas geser hingga 50%. Metode *concrete jacketing* terbukti sangat efektif dalam meningkatkan kapasitas struktur yang sudah ada. Hasil penelitian dari (Kusuma et al, 2023) menunjukkan bahwa *concrete jacketing* mampu meningkatkan kapasitas aksial kolom hingga 70% serta memberikan peningkatan signifikan pada daktilitas struktur.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi desain bangunan yang direncanakan sesuai dengan SNI (1726 : 2012 tentang perencanaan Kinerja Gedung dan Non-gedung terhadap beban seismik) dengan SNI terbaru yang berlaku saat ini, yaitu SNI (1726 : 2019 tentang perencanaan Kinerja Gedung dan Non-gedung terhadap beban seismik) dan melakukan analisis

perkuatan struktur apabila bangunan tidak memenuhi aspek persyaratan kekuatan.

METODE PENELITIAN

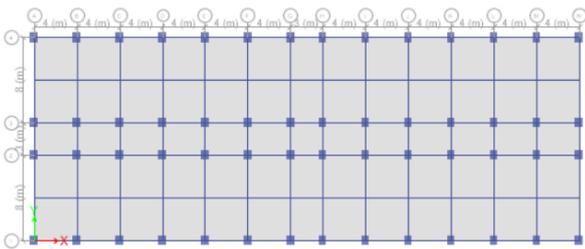
Penelitian ini merupakan studi kasus mengenai pentingnya perkuatan pada bangunan gedung sekolah menggunakan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) dan *concrete jacketing*. Untuk mencapai hasil yang diinginkan, diperlukan prosedur kerja dan rencana perancangan guna mengetahui kinerja struktur baik tanpa perkuatan maupun dengan perkuatan. Dalam penelitian ini, direncanakan bangunan memakai Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726 : 2012, kemudian dievaluasi kekuatannya menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726 : 2019. Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data bangunan, diikuti dengan pemodelan struktur menggunakan *software* ETABS. Proses pemodelan diawali dengan input material dan properti penampang struktur. Setelah pemodelan selesai, dilanjutkan dengan penginputan beban sesuai dengan SNI 1727 : 2013 tentang beban minimum struktur bangunan, SNI 1726 : 2012 tentang tata cara perencanaan tahan gempa untuk struktur gedung dan non-gedung, serta SNI 2847 : 2012 tentang persyaratan beton struktural dan detail penulangan. Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dan bersumber dari perusahaan, instansi, serta literatur yang berkaitan dengan topik yang akan diteliti. Alur tahapan penelitian dijelaskan melalui diagram alir berikut :



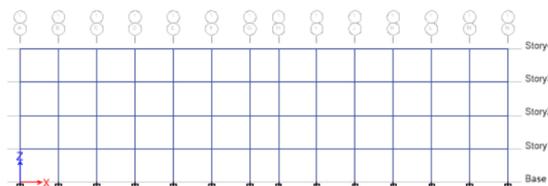
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Preliminary

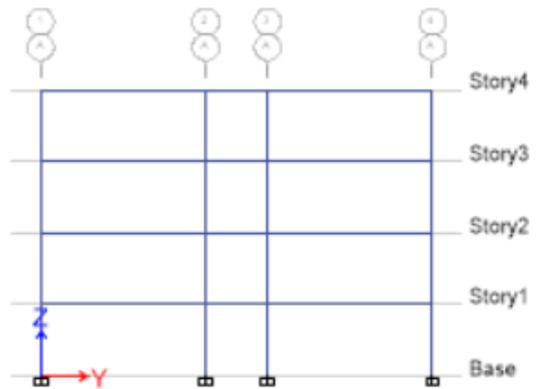
Struktur yang akan dievaluasi merupakan gedung 4 tingkat, gedung berfungsi sebagai sekolah dan terletak di Kota Padang, dengan denah struktur persegi panjang. Panjang bentang arah X adalah 11 m dan arah Y adalah 51 m, tinggi kolom 3,5 m. Untuk denah dan potongan struktur dapat dilihat pada gambar di bawah :



Gambar 2. Denah struktur Gedung



Gambar 3. Potongan arah X



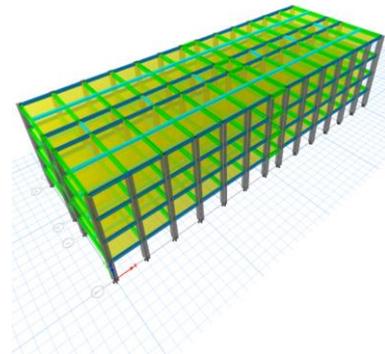
Gambar 4. Potongan arah Y

Hasil dari preliminary balok dan kolom didapat

Tabel 1. Hasil preliminary struktur

Elemen	Dimensi
B1	600 x 300 mm
K1	600 x 800 mm

Struktur eksisting sekolah yang terdiri dari 4 lantai dengan tinggi perlantai 3,5 m, berikut merupakan pemodelan struktur eksisting menggunakan software ETABS V22.



Gambar 5. Pemodelan 3D dan analisis struktur

2. Perhitungan pembebanan

a. Beban mati (*dead load*)

Berasal dari berat sendiri elemen struktur yang secara otomatis dihitung oleh ETABS

b. Beban mati tambahan (*Super imposed load*)
Merupakan beban yang berasal dari elemen non struktural (dinding dan MEP)

c. Beban hidup (*Live load*)

Beban yang diakibatkan oleh penghuni atau pengguna dari bangunan tersebut, berupa benda dan manusia.

Tabel 2. Beban hidup (*Live load*)

Penggunaan	Beban Merata	Peraturan

Ruang kelas	1,92 kN/m ²	SNI 1727 : 2013
Koridor di atas lantai pertama	3,83 kN/m ²	SNI 1727 : 2013
Koridor lantai pertama	4,79 kN/m ²	SNI 1727 : 2013

d. Beban gempa

Beban gempa merupakan beban yang ditimbulkan akibat terjadinya getaran tanah saat terjadinya gempa. Terkait untuk perencanaan bangunan tahan gempa bumi, harus merujuk kepada SNI 1726 : 2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Dimana prosedur analisis terdiri dari analisis statik ekuivalen, analisis respon spektrum, dan respon riwayat seismik (*time history analysis*), dengan demikian perlu dilakukan analisis faktor keutamaan dan kategori resiko struktur bangunan serta kelas situs desain seismik (Yusmar et al., 2021). Sedangkan untuk input pada *software* ETABS merupakan hasil analisis input koefisien faktor keutamaan gempa ($I_e = 1,5$ S_s Padang = 1,398, $S_1 = 0,6$ percepatan gempa desain $S_{DS} = 0,932$ $S_{D1} = 0,6$).

3. Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726 : 2012.

Tabel 3. Kombinasi Pembebanan

Komb	DL	LL	Ex	Ey
1	1,4	-	-	
2	1,2	1,6	-	
3	1,386	1	1,3	0,39
4	1,386	1	1,3	-0,39
5	1,386	1	-1,3	0,39
6	1,386	1	-1,3	-0,39
7	1,386	1	0,39	1,3
8	1,386	1	0,39	-1,3
9	1,386	1	-0,39	1,3
10	1,386	1	-0,39	-1,3
11	0,714	-	1,3	0,39
12	0,714	-	1,3	-0,39
13	0,714	-	-1,3	0,39

14	0,714	-	-1,3	-0,39
15	0,714	-	0,39	1,3
16	0,714	-	0,39	-1,3
17	0,714	-	-0,39	1,3
18	0,714	-	-0,39	-1,3

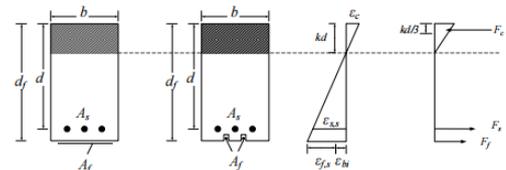
Setelah pemodelan selesai dilanjutkan dengan evaluasi bangunan untuk mengetahui bangunan mampu menahan beban yang ada, jika tidak mampu maka diperlukan perkuatan dengan metode FRP dan *Concrete Jacketing*.

4. Metode perkuatan

a. *Fiber Reinforced Polymer* (FRP)

FRP pada balok, momen FRP dapat dihitung menggunakan persamaan 1 yakni dengan diagram regangan.

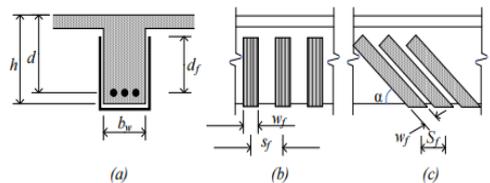
$$M_n = A_s f \left(d - \frac{a}{2} \right) + A' s f' s (d - d') + \Psi f A f f f e (h - \frac{a}{2}) \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 6. Diagram regangan tegangan FRP

Untuk menghitung geser FRP pada balok bisa menggunakan rumus persamaan 2.

$$\phi V_n = \phi (V_c + V_s + \Psi V_f) \dots \dots \dots (2)$$



Gambar 7. Perkuatan Gese Balok

FRP pada kolom, untuk menghitung nilai kuat nominal pada kolom dapat dihitung menggunakan rumus persamaan 3.

$$P(maks) = 0,8 [0,85 \Psi f f' c c (A_g - A_g) + f_y A_{st}] \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

- A_g = Luas bruto beton
- A_{st} = Luas tulangan memanjang baja
- F_y = Tegangan leleh baja longitudinal

- Ψ_f = Faktor reduksi FRP
 f'_{cc} = Kuat tekan beton terkekang



Gambar 8. Contoh Pemasangan FRP

- b. *Concrete jacketing* merupakan sistem perkuatan atau perbaikan beton dengan cara menyelimuti beton yang sudah ada dengan beton tambahan. Perkuatan ini bertujuan untuk memperbesar dimensi kolom sehingga meningkatkan kapasitas dari kolom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis struktur dan evaluasi berdasarkan hasil desain struktur Balok dan Kolom, didapatkan hasil :

Tabel 4. Hasil desain strruktur Balok dan Kolom

	Balok	Kolom
Dimension	300 x 600 mm	600 x 800 mm
Cover	40 mm	40 mm
Long.Bar	8 D 25	24 D 25
Stirrups	3 D 10-100	4 D 13-100

Setelah desain tulangan didapatkan maka dilakukan evaluasi terhadap desain berdasarkan SNI 2012 dengan SNI 2019,

- a. Balok

Evaluasi pada balok adalah dengan membandingkan nilai ϕM_n desain dengan M_u 2019, jika $\phi M_n < M_u$ maka perlu perkuatan, untuk hasil momen menunjukkan:

Tabel 6. Evaluasi desain lentur balok

	$\phi M_n(2012)$	$M_u(2019)$	$\phi M_n < M_u$
Lentur	348,7 kNm	361,72 kNm	Perlu perkuatan

Tabel 7. Evaluasi desain geser balok

	$\phi V_n(2012)$	$V_u(2019)$	$\phi V_n < V_u$
Geser	441,012 kNm	375,09 kNm	Tidak perkuatan

- b. Kolom

Evaluasi pada kolom dilakukan dengan bantuan *software* SPCColumnm, untuk melihat kapasitas kolom yang didesain dengan SNI 2847 : 2012 terhadap SNI 2847 : 2019. Hasil result dari evaluasi kolom dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 8. Hasil Resul evaluasi desain dengan beban 2019

Mux	Muy	ϕM_n	ϕM_n
14,33	125	112,55	981,74
-213,15	-1180,7	-190,20	-1053,61
191,91	1272,33	168,45	1116,75
-195,44	-1272,3	-166,42	-1083,44
694,64	206,29	1322,38	392,71
-694,55	-297,34	-1110,24	-475,30

Dari hasil resul di atas, bahwasannya desain 2012 tidak mampu untuk menahan beban yang ada, maka diperlukan perkuatan pada kolom.

2. Hasil perkuatan

- a. Perkuatan Balok

Analisis perkuatan struktur balok dengan FRP jenis *carbon* HM-60 dengan spesifikasi :

Tabel 9. Spseifikasi CFRP

Kekuatan tarik	3792 Mpa
Modulus elastisitas	227527 Mpa
Regangan	0,0167 mm
Tebal CFRP	0,333 mm

Dengan lebar CFRP yaitu 300 mm dan jumlah FRP yang digunakan yaitu 2 lapis.

Tabel 10. Hasil Perkuatan balok dengan FRP

Tipe Balok	M_u (kN)	ϕM_n (kN)	$M_u \leq \phi M_n$
B1	361,72	445,7	OK

- b. Perkuatan Kolom

Analisis perkuatan kolom dengan FRP didapat hasilnya 11 lapis FRP, dengan hasil tersebut tentunya terlalu boros maka diganti dengan perkuatan menggunakan metode *Concrete Jacketing*. Dengan spesifikasi sesuai dengan persyaratan yang ditentukan :
 Mutu beton tambahan = 27 MPa > 25 Mpa
 Ketebalan = 100 mm
 Diameter tul.long = 25 mm 4 buah
 Diameter tul.Trans = 13 mm
 Hasil dari *Concrete Jacketing* pada kolom terbukti meningkatkan kapasitas dari kolom tersebut dalam menerima beban yang bekerja, sebagaimana terdapat pada gambar berikut :

Tabel 9. Hasil Resul kolom setelah *concrete jacketing*

Mux	Muy	ϕM_n	ϕM_n
14,33	125	142,6	1243,86
-213,15	-1180,7	-283,82	-1572,22
191,91	1272,33	211,32	1400,99
-195,44	-1272,3	-246,93	-1607,6
694,64	206,29	1720,94	511,07
-694,55	-297,34	-1568,18	-671,35

Dari hasil resul di atas, setelah diperkuat dengan *concrete jacketing* kolom mampu menahan beban yang bekerja.

KESIMPULAN

Hasil dari pengerjaan tugas akhir ini adalah evaluasi yang dilakukan pada struktur Balok dan Kolom bangunan Sekolah yang didesain dengan peraturan SNI 2847 : 2012 dengan SNI 2847 : 2019 bahwa diperlukan perkuatan pada struktur tersebut, dan hasil dari analisis perkuatannya didapatkan jumlah lapis FRP yang diterapkan pada Balok dengan jumlah 2 lapis, sedangkan pada Kolom menggunakan metode *concrete jacketing* dengan dimensi 700 x 900 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Daffa Musthofa, M. R., & Kurnia, F. (2023). Evaluasi Struktur Gedung Teknik Universitas Pancasila Berdasarkan Sni 1726-2019 Dan Sni 2847-2019.

Giri, I. B. D., Widiarsa, I. B. R., & Hadibratha, I. M. P. (2021). Pengaruh variasi mutu jaket beton dan penambahan tulangan lateral terhadap kapasitas aksial kolom bujur sangkar. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 25(1), 65-74.

Halum, U., & Simamora, I. M. (2022). *Analisis Perbandingan Kapasitas Kolom Pra-Jacketing dan Pasca-Jacketing dengan Bantuan Laser Scanner pada Proyek Penataan Kawasan Pusaka Masjid Raya Baiturrahman Semarang (lokasi: TA2022TKBG18-23)* (Doctoral dissertation, Politeknik Pekerjaan Umum).

Rahman, A., Samsunan, S., Refiyanni, M., Faisal, R., & Shaskia, N. (2023). Analisis Kekuatan Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Metode Concrete Jacketing (Studi Kasus Gedung Mess Korem 012 / Tu Ujong Karang).

Setiawan, A. M., Muhammad, A., Padli, N., Ali, M. Y., Bachtiar, E., Tandioga, V., & Fitriany, C. N. (2020). Perilaku lentur balok beton pada kombinasi daerah geser dan tarik yang menggunakan material FRP sebagai perkuatan eksternal di lingkungan ekstrim. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 6(2).

Utomo, J. (2022). *Bimbingan Teknis Perkuatan Struktur Eksisting Menggunakan Bahan FRP Perkuatan geser dengan laminasi FRP untuk perbaikan dan retrofit*. April.

Yusmar, F., Prita Melinda, A., & Sandra, N. (2021). Studi Komparasi Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen Menggunakan Software Sap 2000 Dengan Sni 1726 2019. *Jurnal Teknik Sipil*,