



PENGARUH PENAMBAHAN TULANGAN MENGGUNAKAN ACRYLATE EPOXY SEBAGAI BAHAN PEREKAT TERHADAP GAYA LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Muhammad Al Fattach¹, Eka Juliafad²

^{1,2} Universitas Negeri Padang

Email: muhamadfattach@gmail.com¹, ekajuliafad@ft.unp.ac.id²

Article History:

Received: 29/ 01/ 2026

Revised: 29/ 01/ 2026

Accepted: 31/ 01/ 2026

Published: 01/ 02/ 2026

Kata Kunci:

Beton, Beton Bertulang, Jacketing, acrylate epoxy

Email Koresponden:

muhamadfattach@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan tulangan dengan menggunakan acrylate epoxy terhadap gaya lentur balok beton bertulang. Balok beton merupakan elemen struktural yang dominan menerima beban lentur, sehingga diperlukan inovasi material untuk meningkatkan kapasitas dan ketahanannya. Metode penelitian dilakukan dengan membuat beberapa sampel balok beton bertulang, sebagian menggunakan tulangan konvensional dan sebagian diberi perlakuan penambahan acrylate epoxy sebagai bahan perekat antara baja tulangan dengan beton. Metode perkuatan yang digunakan adalah metode jacketing, yaitu metode yang memanfaatkan tulangan eksisting di bagian luar dan membungkusnya dengan beton bermutu lebih tinggi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Pengujian balok lentur dilakukan pada balok kontrol berukuran $15 \times 15 \times 56$ cm sebanyak tiga buah, serta balok uji berukuran $20 \times 20 \times 56$ cm (BU1 dan BU2) masing-masing sebanyak tiga buah. BU1 menggunakan material perekat acrylate epoxy, sedangkan BU2 menggunakan material perekat chemical anchor. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan pada beton yang menggunakan metode jacketing. Perubahan nilai tersebut adalah pada balok beton bertulang tanpa penambahan perkuatan diperoleh nilai kuat lenturnya sebesar 86,630 kNm, kemudian untuk balok beton bertulang dengan penambahan acrylate epoxy balok uji diperoleh nilai kuat lentur sebesar 315,93 kNm.

PENDAHULUAN

Dalam konstruksi struktural, khususnya pada elemen balok yang menahan beban lentur, beton bertulang termasuk salah satu bahan bangunan yang paling umum digunakan. Meskipun beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, ia lemah terhadap gaya tarik dan membutuhkan penguatan dengan baja (Juliafad et al., 2021). Perkembangan teknologi material telah mengarah pada implementasi berbagai inovasi yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas lentur balok beton bertulang, termasuk penggunaan aditif berbasis epoksi (Alkhateeb et al., 2024).

Epoksi dikenal karena sifat adhesinya yang sangat baik, meningkatkan ikatan antara beton dan tulangan sekaligus

menawarkan ketahanan terhadap retak. Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan epoksi dapat meningkatkan perilaku geser dan lentur balok beton yang rusak. Selain itu, penggunaan jangkar epoksi pada tulangan eksternal dengan CFRP telah terbukti efektif dalam meningkatkan lentur dan deformasi balok beton bertulang (Alkhateeb et al., 2024).

Penelitian ini menggunakan metode penguatan dengan pelapisan (jacketing reinforcement), yaitu teknik penguatan struktur dengan menambahkan lapisan material pada elemen struktural yang sudah ada. Metode pelapisan dipilih karena telah terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas lentur dan kekakuan balok beton bertulang, serta

memberikan perlindungan ekstra terhadap kerusakan. Diharapkan bahwa penggunaan epoksi akrilat untuk pelapisan dan penguatan lebih lanjut akan memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan kapasitas lentur balok (Santosa et al., 2020; Almassri et al., 2023).

Studi ini menyelidiki bagaimana kekuatan lentur balok beton bertulang dipengaruhi oleh penambahan tulangan melalui epoksi akrilat dan pelapisan. Keterbatasan penelitian tentang penggunaan langsung epoksi akrilat untuk tulangan baja merupakan alasan utama untuk penyelidikan lebih lanjut.

Studi ini bertujuan untuk menganalisis seberapa besar kapasitas lentur balok beton bertulang dapat ditingkatkan dengan menambahkan tulangan dengan epoksi akrilat menggunakan metode pelapisan. Hasilnya diharapkan dapat menjadi referensi bagi praktisi teknik sipil dalam memilih metode penguatan yang efektif dan efisien, sekaligus memberikan landasan ilmiah untuk kemajuan teknologi material konstruksi di masa mendatang.

KAJIAN PUSTAKA

Beton Bertulang dan Perkuatan

Beton bertulang merupakan material komposit yang memanfaatkan beton sebagai penahan gaya tekan dan baja tulangan sebagai penahan gaya tarik. Namun, seiring berjalannya waktu, struktur beton dapat mengalami penurunan kapasitas akibat beban berlebih, korosi, maupun kesalahan desain. Oleh karena itu, diperlukan metode perkuatan untuk meningkatkan kapasitas struktur. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah penambahan tulangan dengan perekat berbasis resin epoksi (SNI 8127:2015; ASTM C881/C881M-10).

Epoxy Resin/Acrylate Epoxy

Epoxy resin dikenal memiliki sifat adhesi tinggi, ketahanan terhadap kelembaban, serta kemampuan menyalurkan gaya antara beton dan tulangan tambahan.

Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan epoxy resin dapat meningkatkan kapasitas lentur balok beton secara signifikan (Rahman & Siregar, 2020). Acrylate epoxy secara khusus memiliki keunggulan berupa daya ikat cepat dan ketahanan kimia yang baik, sehingga cocok digunakan dalam perkuatan balok beton bertulang yang membutuhkan peningkatan kapasitas lentur (Santosa, 2019).

Metode Jacketing

Jacketing adalah metode perkuatan dengan menambahkan lapisan baru di sekitar elemen struktur yang ada. Tujuan utama jacketing adalah meningkatkan kapasitas penampang, melindungi tulangan lama dari korosi, serta memperbaiki kekakuan dan daktilitas struktur. Jenis jacketing yang umum digunakan antara lain concrete jacketing, steel jacketing, dan FRP jacketing (Fardis, 2009). Metode ini sering dikombinasikan dengan perekat epoxy untuk memastikan ikatan yang kuat antara lapisan baru dan beton lama (ACI Committee 440, 2017).

Integrasi Epoxy dan Jacketing

Penambahan tulangan menggunakan epoxy dapat dianggap sebagai perkuatan lokal pada daerah tarik balok. Jika dikombinasikan dengan jacketing, maka perkuatan menjadi lebih komprehensif karena epoxy memastikan ikatan tulangan tambahan, sementara jacketing memperbesar dimensi penampang dan menambah kapasitas struktur secara keseluruhan. Studi komparatif menunjukkan bahwa kombinasi metode ini mampu meningkatkan kapasitas lentur balok secara signifikan dibandingkan perkuatan tunggal (Subakti & Pratama, 2021).

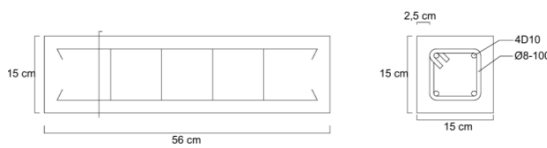
METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perkuatan lentur balok Beton bertulang dengan menggunakan variasi

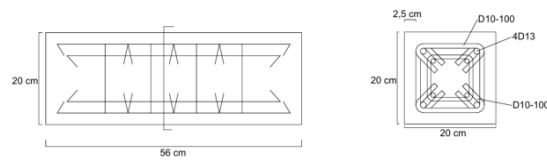
jarak pelat baja pada sisi lentur balok.

Desain Balok Beton Bertulang

Pengujian lentur menggunakan dengan 2 titik pembebanan pada balok berukuran panjang 56 cm lebar 15 cm dan tinggi 15 cm, untuk balok uji memiliki bentang 56 cm, tinggi 20 cm dan lebar 20 cm, sebelum itu perlu dibuat terlebih dahulu bekisting balok kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji variasi yaitu terdiri dari 3 variasi yaitu untuk balok kontrol (BK), balok uji 1(BU1) menggunakan material perekat acrylate epoxy, dan balok uji 2(BU2) menggunakan material perekat chemical anchor.



Gambar 1. Design Penulangan Balok Kontrol



Gambar 2. Design Penulangan Balok Uji 1 dan 2

Data Material

Berikut data material yang digunakan dalam perhitungan kuat lentur balok beton bertulang (SNI 8399:2017, 2017).

- a. Balok
 - Kuat tekan beton ($f'c$): 21 MPa
 - Modulus elastisitas beton (E_c): 4700 MPa
 - Berat jenis beton bertulang: 2461 kg/m³
 - Panjang balok (p): 560 mm
 - Tinggi balok (h): 150 mm
 - Lebar balok (b): 150 mm
 - Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (L): 460 mm
- b. Baja tulangan
 - Tulangan utama: D10 dan D13
 - Tulangan sengkang: Ø8 dan D10
 - Berat jenis baja: 7850 kg/m³
 - Modulus elastisitas baja: 200000 MPa

Tegangan lelehnya (f_y): 420 MPa

Luas Penampang tulangan (A_{st}): 157 mm²

Analisis Data

Kuat lentur yang dianalisis menggunakan metode nonlinier dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Juliafad et al., 2019).

$$A_{sb} = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \times b \times d =$$

Diasumsikan tulangan tarik telah mencapai kuat tarik yang di ijinakan.

$$T_s + T_f = C$$

$$(A_s \times f_y) + (A_f \times f_f) = 0,85 \times f'c \times a \times b$$

Dengan

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_f = \frac{f_f}{E_f}$$

kontrol regangan yang terjadi:

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times 0,003 \quad \text{dengan syarat } \epsilon_s >$$

$$\epsilon_y$$

$$\epsilon_f = \frac{hf-c}{c} \times 0,003 \quad \text{dengan syarat } \epsilon_f <$$

$$\epsilon_f$$

Sehingga,

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2) + A_s \times \epsilon_f \times E_f \times (hf - a/2)$$

$$M_u = M_n / 0,85$$

$$M_{max} = (1/8) \times (f_y \times b \times h) \times L^2$$

$$M_{uMax} = 1,4 M_{max} + 1,4 M_{maxp}$$

$$RAV = ?$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$RAV \times L - P \times 2/3 \times L - P \times 1/3 \times L$$

$$MC = RAV \times 1/3 \times L$$

$$M_{max} = P \times 1/3 \times L$$

$$P = M_{max} / (1/3 \times L)$$

Keterangan:

A_{sb} = luas tulangan baja pada kondisi seimbang (mm²)

P_b = Rasio luas tulangan terhadap luas efektif beton (mm²)

β_1 = factor distribusi tegangan beton persegi ekuivalen

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

f_y = tegangan lelehnya tulangan (MPa)
 f_u = tegangan tarik batas tulangan (MPa)
 b = lebar balok beton betulang (mm)
 d = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan (mm)
 h = tinggi balok beton betulang (mm)
 T_s = gaya tarik tulangan (MPa)
 A_{st} = luas penampang tulangan tarik (mm²)

$$M_{maxp} = 6,50 \text{ kNm}$$

$$RAV = ?$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$RAV \times L - P \times 2/3 \times L - P \times 1/3 \times L = 0$$

$$RAV \times 0,45 - P \times 0,3 - P \times 0,15 = 0$$

$$RAV \times 0,45 - P \times 0,45 = 0$$

$$RAV = \frac{P \times 0,45}{0,45}$$

$$RAV = P$$

$$MC = ?$$

$$MC = RAV \times 1/3 \times L$$

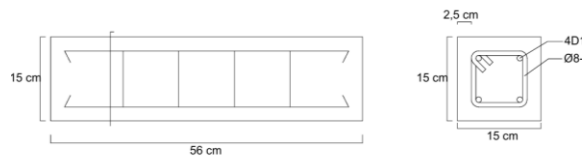
$$M_{max} = P \times 1/3$$

$$6,50 = P \times 0,18$$

$$P = 43,315 \text{ kNm}$$

$$\text{Total} = 86,630 \text{ kNm}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN
Analisis Perhitungan Kuat Lentur Balok Kontrol (BK)



Gambar 3. Desain Pengujian Kuat Lentur Balok kontrol

Penyelesaian

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times 20 \times 150}$$

$$= 25,85 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$= 157 \times 420 \times (125 - 25,85/2)$$

$$= 7390225,2 \text{ Nmm}$$

$$= 7,39 \text{ kNm}$$

$$M_u = \frac{M_n}{0,85}$$

$$= \frac{7,39}{0,85}$$

$$= 9,12$$

$$M_{max} = 1/8 \times (f_y \times b \times h) \times l^2$$

$$= 1/8 \times (4200 \text{ kg/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) \times 0,45^2 \text{ m}$$

$$= 2,39 \text{ kgm}$$

$$= 0,024 \text{ kNm}$$

$$M_u = 1,4 M_{max} + 1,4 M_{maxp}$$

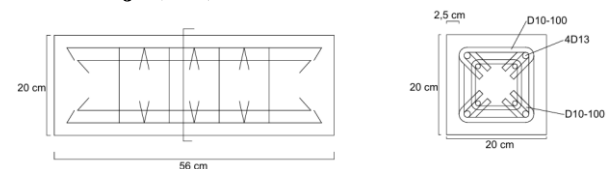
$$9,12 = (1,4 \times 0,024) + 1,4$$

$$M_{maxp} = 9,14 - 0,033488438$$

$$1,4 M_{maxp} = 9,11 \text{ kNm}$$

Dari hasil diatas dapat dilihat beban maksimal yang dipikul oleh balok kontrol yaitu 86,630 kNm.

Analisis Perhitungan Kuat Lentur Balok Uji (BU)



Gambar 4. Desain Pengujian Kuat Lentur Balok Uji

Penyelesaian

Pakai $f_c' = 25 \text{ MPa}$ $\beta_1 = 0,85$
 $A_s = 844,66 \text{ mm}^2$ (gabungan lama 4D10 dan tambahan 4D13).

Gaya Tarik Tulangan

$$A_s F_y = 844,66 \times 420 = 354757,2 \text{ N/mm}$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{844,66 \times 420}{0,85 \times 25 \times 200}$$

$$= 83,47 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s F_y (d - a/2)$$

$$= 354757,2 (158,5 - 41,735)$$

$$= 354757,2 \times 116,765$$

$$= 41,42 \text{ kNm}$$

$$M_u \phi = 0,9$$

$$= 0,9 \times M_n = 37,28 \text{ kNm}$$

$$RAV = ?$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$RAV \times L - P \times 2/3 \times L - P \times 1/3 \times L = 0$$

$$\text{RAV} \times 0,45 - P \times 0,3 - P \times 0,15 = 0$$

$$\text{RAV} \times 0,45 - P \times 0,45 = 0$$

$$\text{RAV} = \frac{P \times 0,45}{0,45}$$

$$\text{RAV} = P$$

$$M_{\max} = P \times a$$

$$P_{\max} = Mu/a = 37,28/0,236 = 157,96 \text{ kNm}$$

$$\text{Total} = 315,93 \text{ kNm}$$

Dari hasil diatas dapat dilihat beban maksimal yang dipikul oleh balok kontrol yaitu 315,93 kNm.

KESIMPULAN

Berdasarkan Analisis data diatas dapat sebagai berikut:

1. Balok kontrol diperoleh nilai kuat lentur sebesar 86,630 kNm.
2. Balok dengan perkuatan jacketing diperoleh nilai kuat lentur sbesbesar 315,93 kNm.

REFERENSI

Alkhateeb, M. Y., & Hejazi, F. (2024). *Strengthening reinforced concrete beams through integration of CFRP bars, mechanical anchorage system, and concrete jacketing*. *Materials*, 17(12), 2794.

Almassri, B., & Al Atamin, Y. (2023). *Strengthening of RC beams using SWM SCC jacketing: A FE numerical modelling study*. *International Journal of Civil Engineering*, 10(6), Article IJCE-V10I6P108.

Juliafad, E., Ananda, R., Sulisty, D., Suhendro, B., & Hidayat, R. (2019). *Nonlinear Finite Element Method Analysis of after Fire Reinforced Concrete Beam Strengthened with Carbon Fiber Strip*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175(DE).

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012019>

Juliafad, E., Gokon, H., & Putra, R. R. (2021). *Defect Study On Single Storey Reinforced Concrete Building In West Sumatra: Before And After 2009 West Sumatra Earthquake*. *International Journal of GEOMATE*, 20(DE), 205–212. <https://doi.org/10.21660/2020.77.IC EE03>

UMP Journal Team. (2023). *Effect of thickness of reinforced concrete jacketing on solid beams*. *Journal of Construction, University Malaysia Pahang*.

SNI 4431:2017. *Metode pengujian kuat lentur beton*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Susanto, A., & Hidayat, R. (2022). *Perilaku lentur balok beton bertulang dengan variasi rasio tulangan*. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 10(2), 115–124.

Pratama, Y., & Nugroho, B. (2021). *Analisis kuat lentur balok beton normal dan beton ringan*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(1), 45–53.

SNI 2847:2019. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Santosa, D., & Wijaya, M. (2020). *Pengaruh jacketing beton bertulang terhadap peningkatan kapasitas balok*. *Jurnal Konstruksi*, 8(3), 210–218.