e-ISSN 2720-9199
p-ISSN 2541-0148

JURNAL TEKNIK SIPIL
MACCA

Peningkatan Kekuatan Geser Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Luar Retrofit

Trisnawathy

Program Studi D4 Perancangan Bangunan Gedung Politeknik Negeri Ujung Pandang
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: trisnawathy.nasir@poliupg.ac.id

ABSTRAK

Kegagalan struktur pada bangunan dapat disebabkan lingkungan yang ekstrem, kelebihan beban, kualitas, dan mutu pelaksanaan yang buruk, dan lainnya. Perkuatan retrofit beton dengan tulangan luar dapat mengurangi resiko kegagala pada struktur bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekuatan geser balok akibat retrofit dan menganalisa lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang yang di perkuat dengan tulangan external dengan campuran beton normal. Penelitian yang dilakukan adalah uji eksperimental dengan membuat 4 benda uji yaitu 2 benda uji balok normal dan 2 benda uji balok beton retrofit. Tulangan luar yang digunakan sebagai retrofit merupakan tulangan polos D16 dan D8. Balok diretrofit dengan cara menempelkan tulangan yang dilapisi beton normal pada daerah lentur, daerah geser, dan daerah kombinasi lentur dan geser balok. Pengujian menggunakan alat static loading frame dengan metode satu pembebanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkuatan dengan tulangan luar sebagai retrofit pada beton dapat meningkatkan kapasitas geser maksimum sebesar 196,27% atau hampir tiga kali lebih besar dibandingkan balok normal tanpa retrofit. Lendutan yang terjadi pada beton dengan retrofit dibandingkan beton tanpa retrofit menunjukkan bahwa penambahan retrofit tidak terlalu berpengaruh terhadap perubahan daktalitas.

Kata Kunci: retrofit, tulangan luar, perilaku geser

ABSTRACT

Failure structure building can be caused by extreme environmental, over load, bad quality construction, etc. Strengthening with retrofit external bars can decrease risk of failure structure building. The aim of the study to analyze the shear capacity of retrofit. The research was experimental study by made 4 samples consist of 2 samples for normal beam and 2 samples for retrofit beam. External bar as retrofit were plain bar D16 and D8. Beam was retrofitted by adding bars and normal concrete in flexural area; shear area; and combination of flexural and shear area. The research used static loading frame with one point load method. The results indicated that strengthening with retrofit external bars could increase maximum shear capacity 196,27% or almost triple higher than normal beam without retrofit. Deflection of strengthening concrete with retrofit external bars compare to concrete without retrofit external bars is not significant in change of ductility.

Keywords: retrofit, external bars, shear behavior

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Beton bertulang didesain agar bekerja sesuai masa layannya. Namun terkadang masih saja terjadi kegagalan struktur. Kegagalan dapat disebabkan karena lingkungan yang ekstrem, kelebihan beban (over load), kualitas dan mutu pelaksanaan yang buruk, dan lainnya. Umumnya kegagalan pada beton bertulang diakibatkan oleh gaya lentur, geser, maupun torsi.

Gaya geser umumnya tidak bekerja sendiri namun berkombinasi dengan gaya lainnya. Agar balok dapat menahan kekuatan geser maka diperlukan tulangan geser berupa tulangan miring/ serong atau berupa sengkang/ begel. (Nuryanto, 2018). Kekuatan geser pada beton perlu menjadi perhatian karena keruntuhan karena geser berbeda dengan keruntuhan karena lentur. Keruntuhan geser terjadi secara tiba-tiba. Oleh karena itu diperlukan penelitian terkait pengaruh perkuatan untuk meningkatkan kapasitas geser dari balok beton bertulang.

Perkuatan terhadap beton menjadi solusi untuk mengurangi resiko kegagalan struktur. Retrofit beton normal dengan tulangan luar baja menjadi pilihan tersendiri bagi penulis karena pertimbangan kekuatan, kemudahan dalam memperoleh bahan dan kemudahan pengerjaan. Menurut Nawy dalam Anggi R., hal penting dalam baja tulangan adalah Modulus Young (Es), kekuatan leleh (fy), kekuatan batas (fu), mutu baja yang ditentukan ukuran atau diameter batang atau kawat. (Anggi Rahmad, 2016)

Balok diperkuat untuk menahan beban dengan cara menempelkan tulangan transversal dan longitudinal yang dilapisi beton normal pada daerah lentur, daerah geser dan atau pada daerah kombinasi lentur dan geser balok. Penambahan ini bertujuan meningkatkan kemampuan balok dalam menahan beban.

Menurut I. Christiawan, perkuatan diterapkan pada struktur atau komponen struktur yang belum rusak agar didapatkan kapasitas yang lebih besar dalam mendukung beban baru akibat pertambahan beban. (Christiawan, 1998)

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh A. A. Amiruddin pada benda uji balok beton bertulang dengan perkuatan metode retrofit menggunakan wiremesh dan SCC diperoleh kapasitas lentur yang lebih tinggi 6.44% untuk balok beton dengan wiremesh diameter 2,3 mm spasi 25 mm 1 lapis penuh dan 40.06% untuk balok beton dengan wiremesh diameter 3 mm spasi 50 mm. (Amiruddin, 2019)

Bagus Soebandono, dkk melakukan perbaikan balok beton bertulang dengan metode jacketing dengan bahan ferosemen akibat beban siklik pada beban ultimit. Dari penelitiannya diperoleh peningkatan kapasitas beban ultimit sebesar 91,667% (US-1 menjadi R-US.1) dan 81,818% (US-2 menjadi R-US.2), serta 28,571% (UBB menjadi R-UBB). (Soebandono, 2011)

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Untuk menganalisa kekuatan geser balok beton akibat pengaruh retrofit tulangan external dengan campuran beton normal.
2. Untuk menganalisa lendutan pada balok bertulang akibat perkuatan dengan tulangan external dengan campuran beton normal.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan 4 sampel balok beton, dengan 2 buah sampel adalah balok normal berdimensi (20x20x150)cm3 dan 2 buah sampel lainnya adalah balok retrofit berdimensi (30x30x150)cm3 yang diperkuat dengan menggunakan tulangan luar berdiameter tulangan 16 mm sebagai tulangan utama dan 8 mm sebagai tulangan geser.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian berupa observasi atau pengamatan secara langsung di laboratorium saat benda uji di tes dan pengolahan data hasil uji untuk menganalisis kekuatan geser akibat penambahan retrofit.

Pengujian balok dilakukan dengan one point load pada tengah bentang balok. Digunakan pembebanan yang bersifat monotonic. Perekaman data di data logger diambil untuk setiap kenaikan beban 1 kN pada kondisi normal, sedangkan untuk kondisi-kondisi tertentu, seperti pada first cracking, yield, dan ultimate load data diambil lebih rapat. Sementara itu pengamatan terhadap balok uji terus diperhatikan. terutama terhadap perkembangan retak yang terjadi akibat bertambahnya beban, juga terhadap perilaku keruntuhan yang terjadi. Pembebanan dilakukan hingga daerah tekan pada balok hancur dan telah mencapai beban ultimit.

Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium ialah beban maksimum, lendutan, dan lebar retakan yang terjadi akibat pembebanan balok. Beban maksimum didapatkan dari pembacaan load cell. Lendutan diperoleh dari pemasangan LVDT pada tengah bentang balok.. Lebar retakan diketahui dari pembacaan phi gauge. Keseluruhan data terekam oleh alat data logger yang terhubung dengan static loading frame.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Beton

Di dalam penelitian ini dilakukan uji fisik material beton diantaranya pengujian kuat tekan, pengujian tarik belah, pengujian lentur dan modulus elastisitas. Hasil uji fisik material dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Uji fisik karakteristik beton

Jenis Beton	Desain (MPa)	Tekan (MPa)	Lentur (MPa)	Tarik Belah (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
Normal	30	32,663	4,64	3,743	23,412
Retrofit	30	34,937	4,84	3,855	24,567

Tabel 1 menunjukkan hasil uji karakteristik beton normal dan beton retrofit. Berdasarkan tabel diketahui bahwa kuat tekan yang dicapai telah sesuai dengan mix desain yang direncanakan yaitu 30 MPa. Kuat tekan untuk beton retrofit lebih tinggi 2,74 MPa dari beton normal. Untuk uji lentur pada beton retrofit lebih besar 0,20 MPa dari beton normal. Pada uji tarik belah beton retrofit lebih besar 0,112 MPa dari beton normal. Namun pada uji elastisitas didapatkan bahwa modulus elastisitas beton normal lebih besar 2,848 MPa dari beton retrofit. Ini disebabkan karena kuat tekan yang lebih besar pada beton retrofit.

3.2 Karakteristik Baja Tulangan

Penelitian ini menggunakan baja tulangan diameter 8 sebagai tulangan sengkang dan diameter 16 sebagai tulangan utama pada beton normal maupun beton retrofit. Hasil uji karakteristik baja tulangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji karakteristik baja tulangan

Diameter	Ey	Fy (MPa)	Fmax (MPa)	Es (MPa)
Ø 8	2013,50	320,860	465,220	159,423
Ø 16	2014,53	438,870	649,827	217,852

Dari Tabel 2 diperoleh nilai tegangan leleh dari tulangan baja dimana tulangan berdiameter 16 memiliki mutu baja lebih tinggi dari mutu tulangan sengkang yaitu 438,870 MPa untuk diameter 16 dan 320,860 MPa untuk diameter 8.

3.3 Kapasitas Geser Beton Normal (BTN) dan Beton Retrofit (BTL) Besarnya kapasitas geser pada saat uji statik diperoleh dengan membaca besarnya nilai pembebanan pada saat retak awal, leleh dan saat ultimit. Hasil pengujian kapasitas geser pada seluruh sampel beton normal dan beton retrofit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kapasitas geser seluruh sampel

Sampel	Pcr (kN)	Pcr Rata-Rata (kN)	Py (kN)	Py Rata-Rata (kN)	Pu (kN)	Pu Rata-Rata (kN)	Vu Rata-Rata (kN)
BN – 1	10.662	10,745	81,967	83,300	153,105	144,942	72,471
BN – 2	10,829		84,633		136,779		
BTL – 1	37,674	36,007	171,701	173,535	412,749	429,419	214,710
BTL – 2	34,340		175,368		446,089		

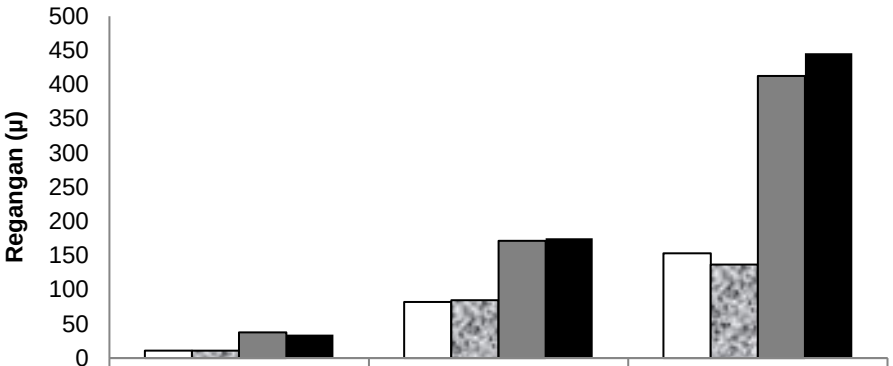
Tabel 3 menunjukkan bahwa dari pengujian beton normal diperoleh retak awal terjadi pada beban rata-rata 10,745 kN. Seiring dengan kenaikan beban, beton normal mengalami leleh pada beban rata-rata 83,300 kN. Beton normal mencapai maksimum pada pembebanan 144,942 kN.

Pada beton retrofit, retak awal terjadi pada beban rata-rata 36,007 kN. Seiring dengan kenaikan beban, beton normal mengalami leleh pada beban rata-rata 173,535 kN. Beton normal mencapai maksimum pada pembebanan 429,419 kN. Beton retrofit memiliki kapasitas geser yang lebih besar dibandingkan beton normal tanpa retrofit. Ini disebabkan penebalan akibat tulangan dan selimut beton. Persentase peningkatan kapasitas geser ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase peningkatan kekuatan beton

Sampel	Pu (kN)	Pu rata-rata (kN)	Peningkatan kekuatan	
			kN	%
BN - 1	153,105	144,942		
BN - 2	136,779			
BTL – 1	412,749	429,419	284,477	196,27
BTL – 2	446,089			

Dari Tabel 4 diketahui bahwa dengan penambahan tulangan luar pada beton retrofit dan penebalan akibat selimut beton dapat menambah kekuatan geser dari beton normal tanpa retrofit. Peningkatan kekuatan sebesar 284,477 kN atau setara dengan kenaikan 196,27 %. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan retrofit dengan menggunakan tulangan luar menaikkan kapasitas geser hampir 3 kali lebih besar dibandingkan tanpa retrofit. Untuk lebih jelasnya, perbandingan nilai beban geser dapat dilihat pada Gambar 1.

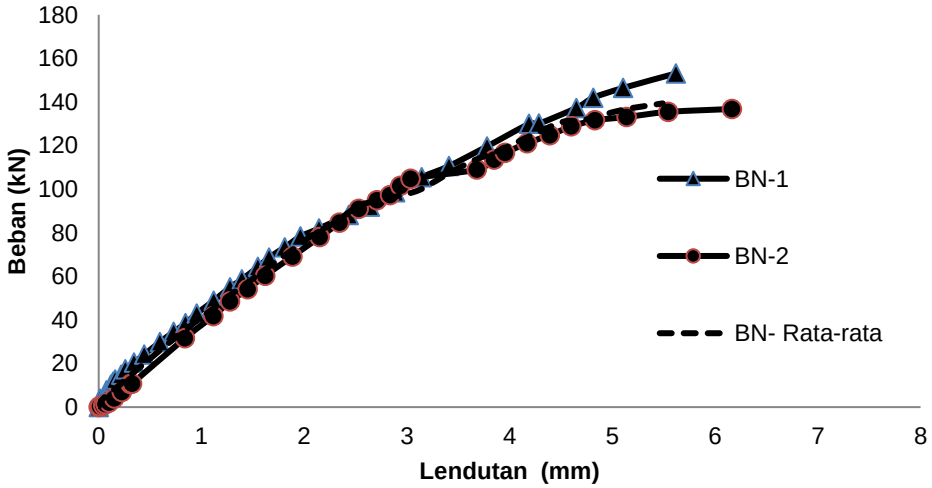


	Pcr	Py	Pu
BN-1	10,6624	81,9672	153,105
BN-2	10,829	84,6328	136,779
BTL-1	37,6742	171,701	412,749
BTL-2	34,3402	175,368	446,089

Gambar 1. Histogram beban maksimum seluruh sampel

3.4 Hubungan Beban dan Lendutan

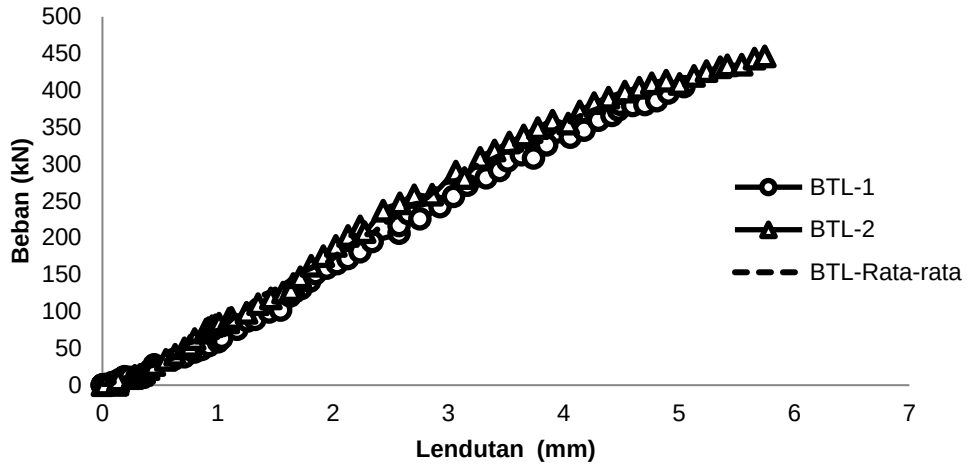
Hasil pengujian di laboratorium dengan memasang LVDT pada tengah bentang balok, didapatkan nilai lendutan balok beton. Hubungan beban dan lendutan pada balok beton normal dan balok beton retrofit ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Grafik hubungan beban dan lendutan balok normal

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada beton normal 1 (BN-1) balok bersifat elastis hingga beban 10,66 kN dengan nilai lendutan 0,13 mm. Dengan meningkatnya beban, tulangan mengalami leleh pada beban 81,97 kN dengan lendutan sebesar 2,145 mm. Lendutan ini semakin meningkat dengan bertambahnya beban hingga beban maksimum sebesar 153,11 kN dengan nilai lendutan 5,62 mm.

Pada balok normal 2 (BN-2) balok bersifat elastis hingga beban 10,83 kN dengan nilai lendutan 0,325 mm. Dengan meningkatnya beban, tulangan mengalami leleh pada beban 84,63 kN dengan lendutan sebesar 2,345 mm. Lendutan ini semakin meningkat dengan bertambahnya beban hingga beban maksimum sebesar 136,76 kN dengan nilai lendutan 6,165 mm.

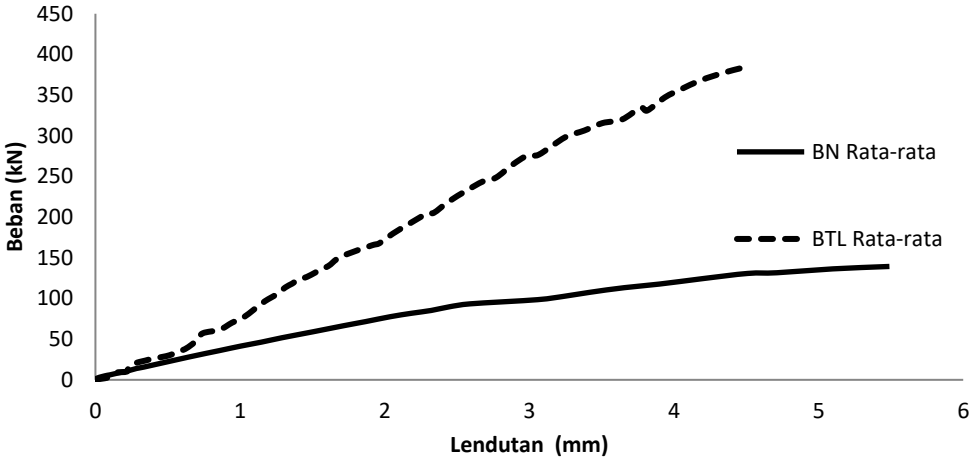


Gambar 3. Grafik hubungan beban dan lendutan balok retrofit

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada beton retrofit 1 (BTL-1) balok bersifat elastis hingga beban 89,0178 kN dengan nilai lendutan 1,17 mm. Dengan meningkatnya beban, tulangan mengalami leleh pada beban 171,701kN dengan lendutan sebesar 1,945mm. Lendutan ini semakin meningkat dengan bertambahnya beban hingga beban maksimum sebesar 412,749 kN dengan nilai lendutan 5,045mm.

Pada balok retrofit 2 (BTL-2) balok bersifat elastis hingga beban 125,692 kN dengan nilai lendutan 1,565 mm. Dengan meningkatnya beban, tulangan mengalami leleh pada beban 175,368kN dengan lendutan sebesar 1,915mm. Lendutan ini semakin meningkat dengan bertambahnya beban hingga beban maksimum sebesar 446,089 kN dengan nilai lendutan 5,745 mm.

Untuk lebih jelasnya, grafik hubungan beban dan lendutan untuk seluruh sampel balok baik normal dan retrofit dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik perbandingan hubungan beban dan lendutan balok normal dan balok retrofit

Pada Gambar 4 dapat dengan jelas terlihat bahwa terjadi peningkatan kapasitas beban dengan penambahan retrofit karena penebalan akibat tulangan dan selimut beton sebesar 284,477 kN atau setara dengan peningkatan hampir tiga kali lipat dari beton normal tanpa retrofit. Hubungan beban dan lendutan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai lendutan, kekakuan dan daktalitas semua sampel

Sampel	Beban (kN)			Lendutan (mm)			K (kN/mm) Pu/Δu	Δu/ Δy
	Pcr	Py	Pu	Δcr	Δy	Δu		
BN – 1	10.662	81,967	153,105	0,130	2,145	5,620	27,243	2,160
BN – 2	10,829	84,633	136,779	0,325	2,345	6,165	22,186	2,629
BN Rata2	10,746	83,300	144,94	0,228	2,245	5,893	24,715	2,625
BTL – 1	37,674	171,701	412,749	0,415	1,945	5,045	81,813	2,594
BTL – 2	34,340	175,368	446,089	0,550	1,915	5,745	77,648	3,000
BTL Rata2	36,007	173,535	429,419	0,483	1,930	5.395	79,731	2,797

Tabel 5 menunjukkan bahwa untuk beton normal, kekakuan rata-rata sebesar 24,715 kN/mm dengan daktalitas rata-rata sebesar 2,625.

Sedangkan untuk beton retrofit diperoleh kekakuan rata-rata sebesar 79,731 kN/mm dengan nilai daktalitas rata-rata 2,797.

1. Penutup

4.1 Kesimpulan

Penelitian menunjukkan bahwa perkuatan dengan tulangan luar sebagai retrofit pada beton dapat meningkatkan kapasitas geser maksimum sebesar 196,27% atau hampir tiga kali lebih besar dibandingkan balok normal tanpa retrofit. Lendutan yang terjadi pada beton dengan retrofit dibandingkan beton tanpa retrofit menunjukkan bahwa penambahan retrofit tidak terlalu berpengaruh terhadap perubahan daktilitas.

4.2 Saran

Disarankan perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap beton retrofit dengan variasi dan jumlah tulangan yang berbeda. Retrofit dengan material selain tulangan luar juga dapat dilakukan sebagai bahan perbandingan.

Daftar Pustaka

Amiruddin, A. A. (2019). *Metode Retrofit dengan Wire Mesh dan Scc Untuk Peningkatan Kekuatan Lentur Balok Beton Bertulang*. 1–6.

Anggi Rahmad, D. (2016). *Kemampuan Daktilitas Penampang Balok Beton Bertulang Menggunakan Baja Tulangan Mutu di atas 500 Mpa untuk Disain Struktur Tahan Gempa*.

Christiawan, I. (1998). *Perkuatan (Strengthening) Struktur Beton dengan Fiber Reinforced Polymer (FRP)*.

Nuryanto. (2018). *Buku Ajar Struktur Beton Bertulang 1*.

Soebandono, B. (2011). *Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Metode Jacketing dengan Bahan Ferosemen Akibat Beban Siklik pada Beban Ultimit*. *14*(2), 166–176.