

ANALISA KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG BERLAPIS BETON NORMAL-BETON STYROFOAM

Kusnadi*, Imran, Muhammad Rizal

Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

Article history

Received

19 Mei 2022

Received in revised form

39 Mei 2022

Accepted

30 Mei 2022

*Corresponding author

kusnadi@unkhair.ac.id

Graphical abstract



Abstract

This study aims to analyze the shear strength of layered reinforced concrete beams as a composite. Concrete beams consist of normal concrete f_c 25 MPa on the compression side and lightweight concrete of 2.55 MPa, 1.32 MPa and 0.31 MPa on the tensile side as a consequence of the use of styrofoam as much as 30%, 40% and 50% of the concrete volume. This layered concrete beam is intended to reduce the weight of the structure. The tested beam is designed without shear reinforcement with dimensions of .150 cm long, 15 cm wide and 32 cm high, given $3\varnothing 12$ flexural reinforcement. The beam test used two concentrated loads with an effective shear-span ratio (a/d) 1.43 to ensure shear failure. The shear strength of layered concrete beams depends on the quality of each layer of concrete where the higher the quality of the cross-sectional concrete, the higher the shear strength. The prediction of shear strength based on the regulation is in line with the shear strength in the first oblique crack condition.

Keywords: Shear strength, Reinforced concrete, Layered beam

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kuat geser balok beton bertulang berlapis sebagai sebuah komposit. Balok beton terdiri dari beton normal f_c 25 MPa pada sisi tekan dan beton ringan 2.55 MPa, 1.32 MPa dan 0.31 MPa pada sisi tarik sebagai konsekuensi penggunaan styrofoam sebanyak 30%, 40% dan 50% terhadap volume beton. Balok beton berlapis ini diperuntukkan untuk mengurangi bobot struktur. Balok uji didisain tanpa penulangan geser dengan dimensi panjang .150 cm, lebar 15 cm dan tinggi 32 cm diberi tulangan lentur $3\varnothing 12$. Pengujian balok menggunakan dua beban terpusat dengan rasio bentang geser-tinggi efektif (a/d) 1,43 untuk memastikan terjadinya keruntuhan geser. Kuat geser balok beton berlapis tergantung pada mutu beton masing-masing lapisan dimana semakin tinggi mutu beton penampang, semakin tinggi pula kuat gesernya. Prediksi kuat geser berdasarkan peraturan selaras dengan kuat geser pada kondisi retak miring pertama.

Kata Kunci : Kuat geser, beton bertulang, balok berlapis

1. PENDAHULUAN

Pada elemen lentur struktur beton bertulang, penampang beton yang berperan adalah pada bagian tekan sementara sisi tariknya diabaikan dalam analisa kekuatan beton bertulang. Tegangan yang terjadi pada sisi tarik ditahan oleh tulangan. Oleh karena itu, beton pada sisi tarik ini dapat diganti dengan beton ringan. Perpaduan beton normal dan beton ringan akan menghasilkan elemen struktur komposit yang lebih ringan. Penggunaan material ringan selain dapat mengurangi berat sendiri juga berdampak pada berkurangnya dimensi komponen pendukung dan pondasi. Penggunaan material ringan dan kuat pada struktur di daerah gempa dapat mengurangi beban gempa pada struktur.

Salah satu material yang dapat digunakan untuk membuat beton ringan yaitu sampah styrofoam yang dikenal sebagai gabus putih pembungkus barang elektronik. Styrofoam merupakan turunan plastik dengan karakteristik ringan dan rapuh namun jika telah menjadi sampah susah terurai di alam. Penggunaan sampah styrofoam sebagai bahan beton ringan dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Penggunaan styrofoam sebagai bahan pengisi beton telah banyak diteliti dan hasilnya menunjukkan penurunan bobot dan kuat tekan beton yang cukup besar (1).

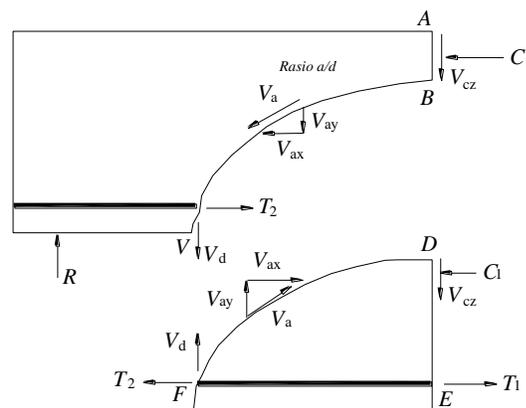
Pada balok beton bertulang dengan keruntuhan lentur, balok beton bertulang komposit yang menggunakan beton normal pada sisi tekan dan beton ringan pada sisi tarik secara teori mampu menahan beban lentur dimana tegangan tekan ditahan oleh beton pada sisi tertekan dan tegangan tarik ditahan oleh baja (2). Namun pada balok beton bertulang dengan keruntuhan geser, penurunan kuat tekan beton pada balok beton bertulang berlapis sebagai sebuah komposit yang menggunakan beton ringan pada sisi tarik tentu akan mempengaruhi kapasitas gesernya.

Mekanisme perlawanan geser dalam komponen struktur beton bertulang merupakan kombinasi dari perlawanan geser beton tak retak pada daerah tertekan (compression zone) gaya ikatan antar agregat sepanjang retakan dan aksi pasak tulangan memanjang sebagai perlawanan terhadap gaya transversal yang harus ditahan (3). Mekanisme perlawanan geser ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, kekuatan geser penampang balok tanpa penulangan geser dapat dirumuskan sebagai:

$$V_u = V_{cz} + V_a + V_d \quad (1)$$

V_{cz} adalah perlawanan geser pada penampang tak retak, V_a adalah perlawanan geser akibat ikatan antar agregat dan V_d adalah perlawanan geser dari aksi pasak tulangan memanjang.



Gambar 1. Gaya-Gaya Perlawanan Pada Balok Yang Telah Retak Tanpa Tulangan Geser
(3)

Menurut ACI 318 (4) yang juga diadopsi dalam SNI-03-2847 (5), untuk komponen-komponen yang menahan gaya geser dan lentur saja, rumusan sederhana kapasitas beton untuk menahan gaya geser adalah

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) b_w d \quad (3)$$

f'_c adalah kuat tekan beton, b_w lebar penampang dan d adalah tinggi efektif penampang. Sebenarnya rumusan ini efektif untuk balok dengan nilai a/d lebih besar dari 2.5.

Persamaan 3 menunjukkan bahwa kuat geser balok beton sebanding dengan kuat tekan beton dan luas penampang efektif. Pada balok komposit beton normal dan beton styrofoam, kuat geser balok mungkin dapat diprediksi berdasarkan nilai kuat tekan dan luas penampang masing-masing beton pembentuk balok komposit seperti yang terlihat dalam Persamaan 4.

$$V_{c,teo} = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_{c1}} \right) b_{w1} d_1 + \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_{c2}} \right) b_{w2} d_2 \quad (4)$$

f'_{c1} dan f'_{c2} adalah kuat tekan beton ada lapisan pertama dan kedua, d_1 dan d_2 adalah tinggi efektif lapisan pertama dan kedua.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kapasitas geser balok beton bertulang berlapis yang menggunakan beton normal dan beton ringan styrofoam.

2. METODE PENELITIAN

Desain benda uji

Agar terjadi keruntuhan geser pada balok uji, maka beberapa persyaratan yang harus dipenuhi antara lain: (1) Rasio bentang geser-tinggi efektif penampang (a/d) antara 1 – 2.5. (2) Balok dibuat menjadi balok pendek (short beam). (3) Memasang tulangan tarik lebih banyak sehingga beban keruntuhan lentur lebih besar dari beban keruntuhan geser (6).

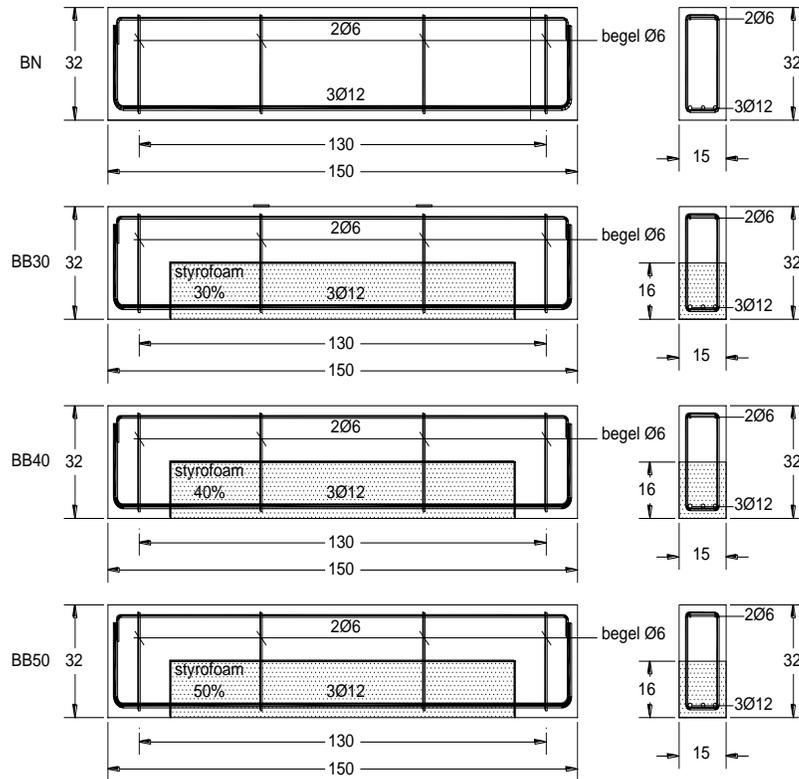
Dimensi balok uji sebagai berikut: panjang balok 150 cm, bentang 130 cm, lebar penampang 15 cm, tinggi penampang 32 cm, tinggi efektif 289 mm, rasio bentang geser – tinggi efektif sebesar 1,43 memenuhi syarat ($1 < a/d < 2,5$). Tulangan tarik 3Ø12, tulangan tekan 2Ø6, sengkang diameter 6 ditempatkan pada titik beban dan tumpuan. Variasi benda uji balok dapat dilihat pada Gambar 2.

Material

Balok uji menggunakan beton normal pada sisi tekan dan beton styrofoam pada sisi tarik. Kuat tekan rata-rata beton normal sebesar f'_c 25 MPa. Kuat tekan rata-rata beton styrofoam bervariasi sesuai dengan kandungan styrofoam yang digunakan. Kuat tekan beton dengan kandungan styrofoam 30%, 40% dan 50% terhadap volume beton berturut-turut sebesar 2.55 MPa, 1.32 MPa dan 0.31 MPa. Kuat tekan beton normal dan beton styrofoam diperoleh berdasarkan hasil pengujian silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Baja tulangan balok menggunakan baja tulangan polos dengan kuat tarik dan modulus elastisitas berturut-turut sebesar 403.82 MPa dan 209786 MPa.

Alat

Pengujian geser balok beton bertulang menggunakan portal baja sebagai tumpuan balok dan beban. Pembebanan balok menggunakan dongkrak yang dilengkapi dengan manometer kapasitas 25 ton yang dioperasikan secara manual. Lendutan balok diukur dengan dial gauge dengan ketelitian 0.001 mm. Pengaturan pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Variasi balok uji

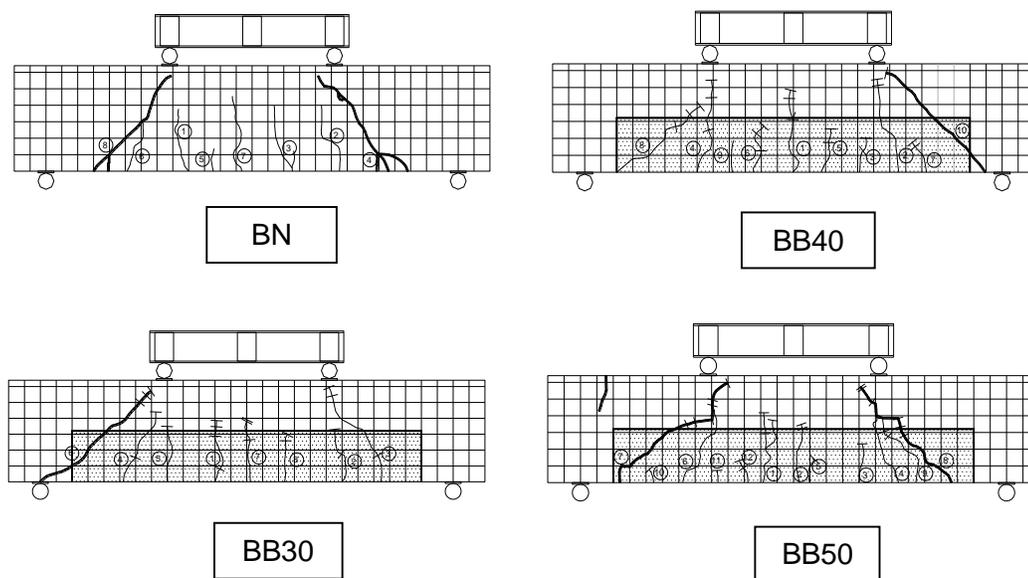


Gambar 3. Pengujian balok uji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pola retak

Gambar 4 menunjukkan pola retak masing-masing balok. Angka dalam pola retak menunjukkan urutan terjadinya retak pada balok setelah menerima beban. Semua balok menunjukkan retak pertama merupakan retak lentur yang terjadi di tengah bentang. Balok dengan kuat tekan yang lebih rendah menghasilkan retak lebih banyak. Retak miring terjadi di sekitar bentang geser setelah terjadinya retak lentur. Gambar 3 juga menunjukkan bahwa semua balok uji runtuh secara geser melalui retak miring



Gambar 4. Pola retak

3.2 Beban retak

Beban pada saat terjadinya retak pertama, retak miring pertama dan runtuh dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Beban retak saat retak pertama, retak miring dan saat runtuh

Balok Uji	Beban		
	Retak Pertama (kN)	Retak Miring Pertama (kN)	Saat Runtuh (kN)
BN	58	78	141
BB-30	42	62	110
BB-40	38	58	101
BB-50	22	56	94

Tabel 1 menunjukkan bahwa beban retak, baik retak pertama, retak miring pertama dan beban pada saat runtuh dipengaruhi oleh kuat tekan beton. Balok BN dengan beban retak lebih besar, memiliki kuat tekan lebih besar dari balok komposit pada seluruh penampangannya. Balok komposit dengan dengan kandungan styrofoam yang lebih sedikit memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan balok beton dengan kandungan styrofoam yang lebih banyak yang juga berdampak pada tingginya beban retak.

3.3 Kuat geser

Secara teoritis, kapasitas geser penampang balok beton dipengaruhi oleh luas bidang geser dan mutu beton. Untuk balok beton berlapis, kapasitas geser balok juga dipengaruhi luas bidang geser dan kuat tekan beton masing-masing lapisan sesuai Persamaan 4. Kuat geser balok uji secara teoritis berdasarkan Persamaan 4 dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kuat geser balok teoritis

Balok Uji	Kuat Tekan Beton		Lebar bw (mm)	Tinggi efektif		Kuat Geser V _{c,teo} (kN)
	f _{c1} (MPa)	f _{c2} (MPa)		d1 (mm)	d2 (mm)	
BN	25.27	25.27	150	129	289	36.32
BB-30	2.55	25.27	150	129	160	25.26
BB-40	1.32	25.27	150	129	160	23.81
BB-50	0.31	25.27	150	129	160	21.89

Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi mutu beton penampang semakin tinggi pula kemampuan geser balok. Kuat geser teoritis sesuai Persamaan 4 sejalan dengan hasil eksperimen dimana balok dengan kuat geser yang tinggi juga memikul beban geser yang lebih tinggi.

Kuat geser balok hasil eksperimental didasarkan pada beban yang terjadi pada saat retak miring terjadi dan pada saat balok mengalami keruntuhan secara geser. Kuat geser didapatkan berdasarkan prosedur mekanika teknik sesuai model pembeban balok uji. Kuat geser ekperimental balok uji dapat dilihat pada Tabel.3.

Tabel 3. Perbandingan kuat geser teoritis, retak miring dan batas.

Balok Uji	Kuat Geser			V _r /V _{c,teo}	V _u /V _{c,teo}
	Teoritis teo (kN)	(V _c , Retak miring pertama (V _r) (kN)	Batas (V _u) (kN)		
BN	36.32	39.00	70.50	1.07	1.94
BB30	25.26	31.00	55.00	1.23	2.18
BB40	23.81	29.00	50.50	1.22	2.12
BB50	21.89	28.00	47.00	1.28	2.15

Tabel 3 menunjukkan bahwa kuat geser balok pada saat terjadinya retak pertama menunjukkan nilai yang mendekati kuat geser secara teoritis berdasarkan Persamaan 4. Pada balok normal terlihat bahwa rasio kuat geser eksperimental dengan teoritis sebesar 1,07 dan pada balok beton komposit antara 1,22 sampai 1,28. Fenomena tingginya kuat geser eksperimental dibandingkan prediksi secara teoritis menggunakan rumusan standar juga dilaporkan oleh peneliti sebelumnya (7). Terlihat dalam Tabel 3 bahwa kapasitas geser penampang beton didasarkan pada terjadinya retak miring pertama. Kuat geser ultimit balok bahkan jauh lebih tinggi dibandingkan kapasitas geser balok secara teoritis berdasarkan Persamaan 4. Kemampuan geser balok beton bertulang walaupun tanpa tulangan geser tidak terlepas dari adanya perlawanan geser dari daerah tertekan, aksi pasak dari tulangan memanjang dan adanya gesekan antar agregat pada bidang geser (3).

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Kuat geser balok bertulang berlapis dipengaruhi mutu beton masing-masing lapisan dimana semakin tinggi mutu beton semakin tinggi pula kuat gesernya.

2. Prediksi kuat geser beton pada balok dengan $V_c = \left(\frac{1}{6}\sqrt{f'_c}\right)b_w d$ pada balok beton bertulang

biasa dan modifikasinya $V_{c,teo} = \left(\frac{1}{6}\sqrt{f'_{c1}}\right)b_{w1}d_1 + \left(\frac{1}{6}\sqrt{f'_{c2}}\right)b_{w2}d_2$ untuk balok beton bertulang berlapis masih konservatif dimana nilai yang didapatkan secara eksperimental masih lebih tinggi.

3. Rumus prediksi kuat geser beton pada balok beton bertulang merupakan petunjuk terjadinya retak geser pada balok beton bertulang dengan nilai rasio bentang geser-tinggi efektif (a/d) di bawah 2,5.
4. Pada balok pendek dengan a/d antara 1-2.5, kapasitas geser ultimit balok beton bertulang biasa hingga mencapai runtuh hampir dua kali lebih besar dibandingkan dengan prediksi sementara pada balok beton berlapis lebih dua kali lipat dari prediksi.

References

- [1] Satyarno, Iman. Lightweight Styrofoam Concrete for Lighter and More Ductile Wall. 2006, Jurnal HAKI.
- [2] Nawy, Edward G. Reinforced Concrete, A Fundamental Approach, Fifth Edition. New Jersey : Prentice Hall, 2003.
- [3] MacGregor, James G. Reinforced Concrete Mechanics and Design, Third Edition. s.l. : Prentice-Hall International, Inc, 1997.
- [4] ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08). 2008.
- [5] SNI 2847. Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung. s.l. : Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2013.
- [6] Dewobroto, Wiryanto. Simulasi Keruntuhan Balok Beton Bertulang Pendahuluan Perilaku Keruntuhan Balok Beton Bertulang,. 2005, Seminar Nasional “Rekayasa Material dan Konstruksi Beton 2005”.
- [7] Arslan, Guray. Cracking Shear Strength of RC Slender Beams Without Stirrups. 2008, Journal of Civil Engineering And Management.