

Perbandingan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Jumlah Tulangan Pada Zona Tekan

Adi Candra Prayoga ^{a,1,*}, M. Galuh Khomari ^{a,2}, Siska Aprilia Hardiyanti ^{a,-}, Mirza Ghulam Rifqi ^{a,-}, Dadang Dwi Pranowo ^{a,-}

^a Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

¹ adicandraprayoga@gmail.com; ² mohamadgaluh@poliwangi.ac.id

* Corresponding Author: adicandraprayoga@gmail.com

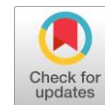
Received; revised; accepted

ABSTRAK

Bangunan sederhana seperti rumah tinggal merupakan bangunan yang memiliki desain struktur relatif lebih kecil dibandingkan dengan bangunan gedung bertingkat lainnya. Pekerjaan balok dalam penggunaan tulangan terdapat empat buah tulangan longitudinal yang berada pada sudut-sudut balok di daerah tekan dan daerah tarik. Dari penggunaan tulangan pada balok tersebut penelitian ini akan sedikit memvariasikan jumlah tulangan pada zona tekan agar lebih menghemat material. Balok yang digunakan adalah balok bertulangan tunggal, balok ini hanya memerlukan tulangan di daerah tarik saja dan tulangan di daerah tekan diabaikan. Tujuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kelebihan dan kekurangan dari kedua variasi balok serta dapat menghemat penggunaan material baja tulangan, terutama pada elemen struktur balok pada bangunan rumah sederhana. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan melakukan pengujian lentur balok beton bertulang. benda uji balok berukuran 10 x 15 x 60 cm, dengan variasi balok (BN) terdapat 4 buah tulangan longitudinal, sedangkan balok (BT) terdapat 3 buah tulangan longitudinal, untuk perawatan dilakukan selama 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data balok variasi 1 (BN) memiliki kuat lentur rata-rata sebesar 14,472 MPa. Sedangkan balok variasi 2 (BT) lebih besar 5,758% dari balok variasi 1 (BN) dengan kuat lentur rata-rata sebesar 15,305 MPa. Sehingga, penggunaan balok variasi 2 (BT) tidak mempengaruhi kuat lentur.

ABSTRACT

Simple buildings such as residential houses are buildings that have relatively smaller structural designs compared to other high-rise buildings. Beam work in the use of reinforcement there are four pieces of longitudinal reinforcement which are at the corners of the beam in the compression area and the tension area. From the use of reinforcement in the beam, this research will slightly vary the amount of reinforcement in the compression zone in order to save more material. The beam used is a single reinforced beam, this beam only requires reinforcement in the tension area and the reinforcement in the compression area is ignored. The purpose of this research is expected to be able to provide information about the advantages and disadvantages of the two variations of beams and to save the use of reinforcing steel materials, especially in beam structural elements in simple house buildings. The method used in this research is to test the bending of reinforced concrete beams. the test object is a beam measuring 10 x 15 x 60 cm, with a variation of the beam (BN) there are 4 pieces of longitudinal reinforcement, while the beam (BT) has 3 pieces of longitudinal reinforcement, the treatment is carried out for 28 days. Based on the test results and data analysis, beam variation 1 (BN) has an average flexural strength of 14.472 MPa. Meanwhile, the beam variation 2 (BT) is 5.758% larger than the beam variation 1 (BN) with an average flexural strength of 15.305 MPa. Thus, the use of variation 2 (BT) beams does not affect the flexural strength.



KATA KUNCI

Rumah Sederhana
Balok
Tulangan Tunggal
Zona Tekan

KEYWORDS

House Simple
Beam
Single Reinforcement
Zone Press



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Bangunan sederhana seperti rumah tinggal merupakan bangunan yang memiliki desain struktur relatif lebih kecil dibandingkan dengan bangunan gedung bertingkat lainnya. balok beton bertulang pada

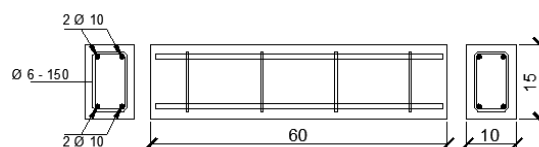
bangunan rumah tinggal sederhana, umumnya diterapkan pada pekerjaan balok, sloof, balok latei, dan balok ring dimana balok ini merupakan elemen struktur yang fungsinya menahan beban lentur [1]. Balok beton bertulang merupakan gabungan dari dua jenis material berupa beton polos dan juga baja tulangan dimana pada balok tersebut diberi tulangan longitudinal dan juga tulangan sengkang yang digunakan untuk menahan lentur dan juga gaya geser yang terjadi pada balok tersebut [2].

Dalam pekerjaan struktur balok beton bertulang pada bangunan rumah sederhana, umumnya dalam penggunaan tulangan terdapat empat buah tulangan longitudinal yang berada pada sudut-sudut balok di daerah tekan dan daerah tarik biasa disebut tulangan rangkap [3]. Namun pada dasarnya penggunaan tulangan rangkap menimbulkan biaya yang besar padahal dalam keadaan-keadaan tertentu bisa digunakan tulangan tunggal agar biaya lebih murah sehingga dapat menekan biaya konstruksi yang dikeluarkan. Untuk itu perlu memvariasikan jumlah tulangan untuk meminimalisir biaya yang diperlukan dalam penggunaan material besi tulangan yang digunakan [4]. Maka dari itu balok yang digunakan adalah balok beton bertulangan tunggal dimana pada balok ini hanya memerlukan tulangan di daerah tarik saja. Jadi untuk tulangan dibagian tekan diabaikan dikarenakan tulangan dibagian tekan ini hanya berfungsi untuk mengikat sengkang agar tidak bergeser dari posisinya [5]. Balok direncanakan untuk menahan tegangan tekan dan tegangan tarik yang diakibatkan oleh momen lentur yang bekerja pada balok tersebut. Momen lentur pada balok dapat mengakibatkan terjadinya tegangan tekan di atas garis netral penampang dan tegangan tarik di bawah garis netral penampang. Selain gaya lentur hal lain yang harus diperhatikan dalam perencanaan balok antara lain adalah kapasitas geser, defleksi, retak dan panjang penyaluran yang harus sesuai dengan persyaratan [6].

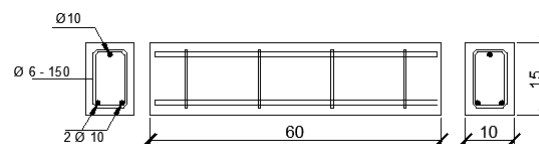
Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan studi penelitian mengenai perbandingan kuat lentur balok beton bertulang dengan memvariasikan jumlah tulangan pada bagian tekan. Pengujian lentur dilakukan dengan dibebani pada dua titik pembebanan sampai terjadi retak pada balok tersebut. Pengujian lentur dilakukan dengan dibebani pada dua titik pembebanan sampai terjadi retak pada balok tersebut. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kelebihan dan kekurangan dari kedua variasi balok serta dapat menghemat penggunaan material baja tulangan, terutama pada elemen struktur balok pada bangunan rumah sederhana.

2. Metode Penelitian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini berupa pengujian lentur dengan dua titik pembebanan menggunakan alat *flexural Streng Test*. Benda uji yang dibuat terdapat 2 variasi balok, balok variasi yang pertama (BN) dan balok variasi kedua (BT). Dari kedua variasi balok tersebut memiliki dimensi yang sama yaitu 10 x 15 x 60 cm. berikut merupakan kedua variasi balok dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

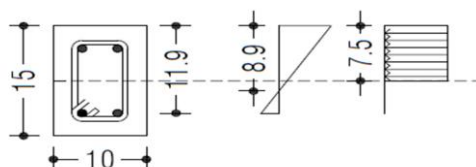


(a) Balok variasi pertama (BN)



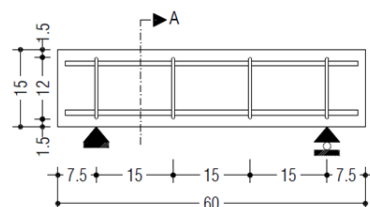
(b) Balok variasi pertama (BT)

Gambar 1. Balok BN dan Balok BT



Gambar 2. Diagram regangan dan tegangan balok

Untuk gambar balok uji dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Benda Uji Balok BN dan BT

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Kuat Tarik Tulangan

Pengujian kuat tarik tulangan menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) penelitian ini menggunakan baja tulangan polos untuk tulangan tarik dan tulangan Sengkang [7]. Untuk tulangan tarik menggunakan baja Ø10 dan untuk tulangan sengkang menggunakan baja Ø6. Dari hasil pengujian kuat tarik baja tulangan Ø10 memiliki nilai rata-rata tegangan leleh (f_y) sebesar 431,27 MPa, dan Ø6 memiliki rata-rata tegangan leleh (f_y) 651,62 MPa. Berikut **Tabel 1** Hasil dari kuat tarik baja.

Tabel 1. Hasil Uji Tarik Baja Tulangan

No.	Dia. Tulangan	Nama Sampel	Tegangan Leleh (f_y)
1.	Ø10	Ø10-1	698.11
2.	Ø10	Ø10-2	634.47
3.	Ø10	Ø10-3	622.27
Rata-rata			651.62
1.	Ø6	Ø6-1	421.85
2.	Ø6	Ø6-2	409.79
3.	Ø6	Ø6-3	462.16
Rata-rata			431.27

3.2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin . Benda uji silinder diuji pada umur 28 hari sebagai sampel pengecoran untuk mendapatkan karakteristik campuran beton [8]. Pengujian kuat tekan beton silinder menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,53 MPa. Berikut **Tabel 2** hasil kuat tekan beton.

Tabel 2. Data Hasil Kuat Tekan Beton

Sampel	<i>Maximum Strength</i>	Satuan
1.	25,547	MPa
2.	27,648	MPa
3.	26,344	MPa
4.	28,75	MPa
5.	27,030	MPa
6.	27,992	MPa
7.	19,034	MPa
8.	22,771	MPa
9.	24,79	MPa
Rata-rata	25,53	MPa

3.3. Pengujian Kuat Lentur Balok

Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional [9] menyatakan bahwasannya kuat lentur beton merupakan kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah. Pengujian lentur balok beton bertujuan untuk mengetahui perbandingan dari penggunaan jumlah tulangan longitudinal yang berbeda. Pada pengujian ini, terdapat benda uji dengan ukuran 10 x 15 x 60 cm sebanyak 6 buah balok, masing-masing 3 balok tanpa bukaan dengan nama sampel BN dan BT. Pengujian ini menggunakan alat *Flexural Strength Test* dengan meletakkan benda uji diatas tumpuan yang sejajar, kemudian membebaninya dengan sistem pembebanan dua titik pembebanan merata (*two point loading*) yang diletakkan sepertiga bentang tengah.

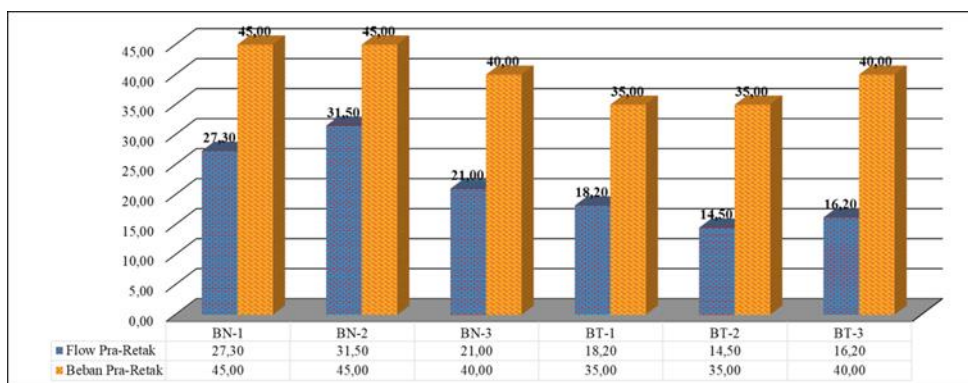
3.3.1. Hubungan Beban dan Lendutan pada Kondisi Pra-Retak

Beban dan lendutan pada balok beton bertulang dari hasil pengujian kuat lentur dalam kondisi pra-retak atau kondisi ketika terjadi retak awal yang datanya dapat dilihat pada **Tabel 33**.

Tabel 3. Data Beban dan Lendutan pada Kondisi Pra-Retak

No.	Tipe Beban	Beban	flow	Beban Rata-rata	Flow Rata-rata
		(kN)	(mm)	(kN)	(mm)
1.	BN-1	45,00	27,30	43,33	26,60
	BN-2	45,00	31,50		
	BN-3	40,00	21,00		
2.	BT-1	35,00	18,20	36,67	16,30
	BT-2	35,00	14,50		
	BT-3	40,00	16,20		

Grafik nilai beban dan lendutan pada tabel diatas ditunjukan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Diagram Beban dan Lendutan Kondisi Pra-Retak

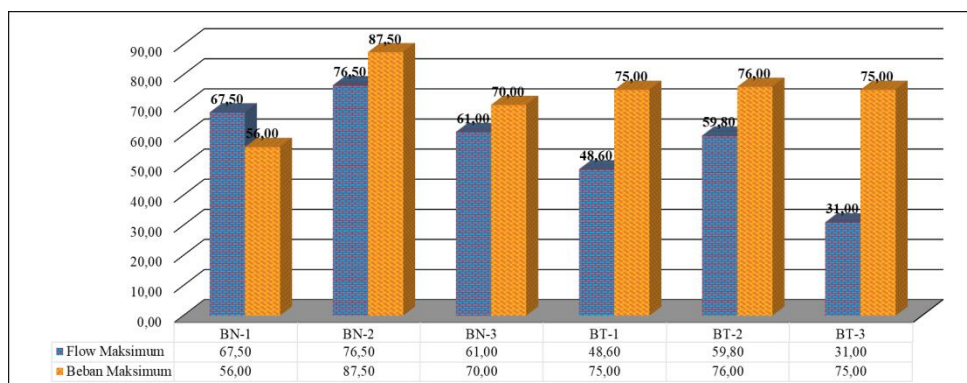
3.3.2. Hubungan Beban dan Lendutan Pada Kondisi Ultimit

Balok dengan tumpuan sendi dan rol, retak akan semakin lebar dan semakin dalam pada daerah lapangan, terutama pada saat beban maksimum. Berikut Tabel 4 pada kondisi *ultimate*.

Tabel 4. Data Beban dan Lendutan pada Kondisi Ultimit

No.	Type Beban	Beban Max.	Flow Max.	Beban Max. Rata-rata	Flow Max. Rata-rata
		(kN)	(mm)		
1.	BN-1	56,00	67,50	71,17	68,33
	BN-2	87,50	76,50		
	BN-3	70,00	61,00		
3.	BT-1	75,00	48,60	75,33	46,40
	BT-2	76,50	59,80		
	BT-3	75,00	31,00		

Grafik nilai beban dan lendutan kondisi ultimit pada tabel diatas ditunjukan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Beban dan Lendutan Kondisi Ultimit

3.3.3. Hubungan Beban dan Lendutan Pada Kondisi Ultimit

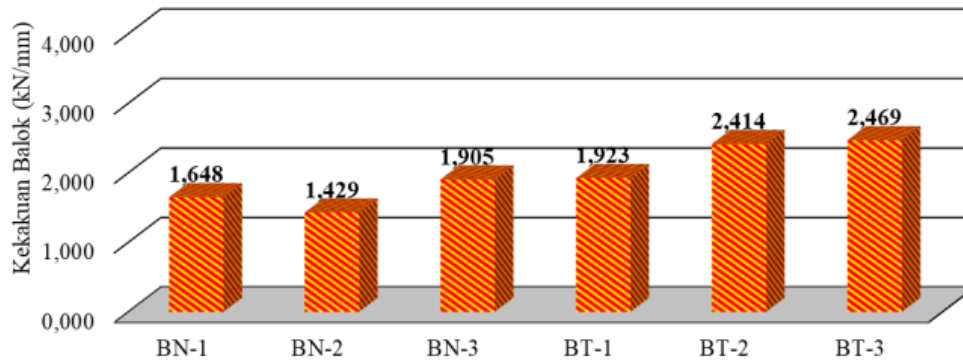
Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur balok yang telah dilakukan didapatkan nilai kekakuan lentur balok untuk kondisi praretak dapat dilihat Tabel 5. Sebagai berikut:

Tabel 5. Kekakuan Balok pada Saat Kondisi Pra-Retak

No.	Type Beban	Beban (kN)	Flow (mm)	Kekakuan (kN/mm)	Kekakuan Rata-Rata (kN/mm)
1.	BN-1	45,00	27,30	1,648	1,661
	BN-2	45,00	31,50	1,429	
	BN-3	40,00	21,00	1,905	

2.	BT-1	35,00	18,20	1,923	2,269
	BT-2	35,00	14,50	2,414	
	BT-3	40,00	16,20	2,469	

Grafik nilai kekakuan pada saat kondisi Pra-retak pada tabel diatas ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Kekakuan Lentur pada Kondisi Pra-Retak

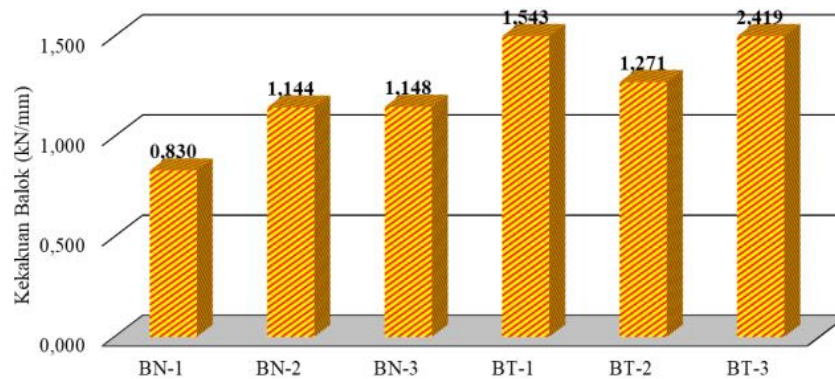
3.3.4. Kekakuan Pada Kondisi Ultimit

Grafik nilai kekakuan pada saat kondisi Pra-retak pada tabel diatas ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur balok yang telah dilakukan didapatkan nilai kekakuan lentur balok untuk kondisi ultimate yang hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Kekakuan Balok pada Saat Kondisi Ultimit

No.	Tipe Beban	Beban Mak. (kN)	Flow Mak. (mm)	Kekakuan (kN/mm)	Kekakuan Rata-Rata (kN/mm)
1.	BN-1	56,00	67,50	0,830	1,040
	BN-2	87,50	76,50	1,144	
	BN-3	70,00	61,00	1,148	
2.	BT-1	75,00	48,60	1,543	1,744
	BT-2	76,00	59,80	1,271	
	BT-3	75,00	31,00	2,419	

Grafik nilai kekakuan pada saat kondisi ultimit pada tabel diatas ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Kekakuan Lentur pada Kondisi Ultimit

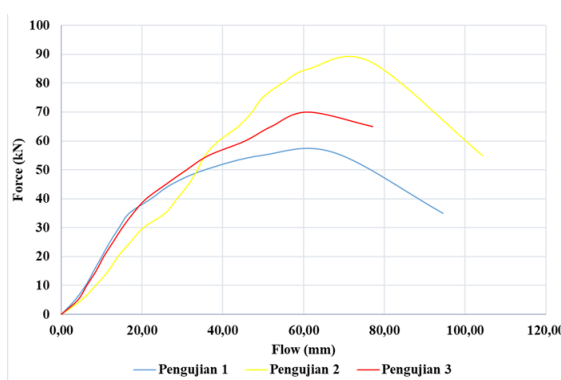
3.3.5. Kapasitas Lentur dan Kuat Lentur Balok

Pengujian kuat lentur balok BN, BBD1 dan BBD2 menghasilkan nilai lentur dan kuat lentur yang dapat dilihat pada Tabel 7.

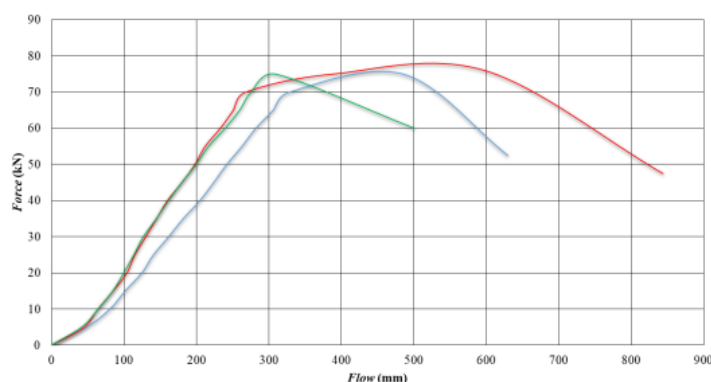
Tabel 7. Hasil Kuat Lentur Balok

Tipe Balok	Beban Mak. (N)	Kapasitas Lentur (Nmm)	Kapasitas Lentur Rata-rata (Nmm)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur rata-rata (MPa)
BN-1	56.000	428,94	542,69	11,438	14,472
BN-2	87.500	665,19		17,738	
BN-3	70.000	533,94		14,238	
BT-1	75.000	571,44	573,94	15,238	15,305
BT-2	76.000	578,94		15,438	
BT-3	75.500	571,44		15,238	

Grafik kuat lentur balok pada tabel diatas ditunjukkan pada Gambar 8. Dan Gambar 9.



Gambar 8. Diagram Kekakuan Lentur pada Kondisi Ultimit



Gambar 9. Grafik Kuat Lentur Balok Beton BT

3.3.6. Pola Retak

Terdapat tiga kategori keruntuhan yang sering terjadi pada balok yang mendapatkan beban lateral, yaitu: [10]

a. Retak Lentur (Flexural Crack)

Retak lentur merupakan retak vertikal yang memanjang dari sisi tarik balok dan mengarah ke atas sampai daerah sumbu netralnya.

b. Retak geser lentur (Flexural Shear Crack)

Retak geser lentur terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak lentur merupakan perambatan retak miring dari retak lentur yang sudah terjadi sebelumnya.

c. Retak geser pada bagian balok (Web Shear Crack)

Retak geser pada bagian balok merupakan keretakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil.

Hasil pengujian menunjukkan beban retak pertama balok BN-1 terjadi pada beban 45 kN dengan lendutan 313 mm, balok BN-2 beban retak pertama terjadi pada beban 45 kN dan mengalami kenaikan lendutan menjadi 405 mm, BN-3 mengalami penurunan beban retak pertama terjadi pada beban 40 kN dengan lendutan 210 mm. Untuk balok BT-1 retak pertama terjadi pada beban 35 kN dengan lendutan 182 mm, BT-2 beban retak pertama terjadi pada beban 35 kN dengan lendutan mengalami penurunan sebesar 145 mm, BT-3 retak pertama mengalami kenaikan terjadi pada beban 40 kN dengan lendutan 162 mm.



a. Pola retak BN-1

b. Pola retak BN-2



c. Pola retak BN-3

Gambar 10. Pola Retak Balok BN



a. Pola retak BT-1

b. Pola retak BT-2



c. Pola retak BT-3

Gambar 11. Pola Retak Balok BT

4. Kesimpulan

Kapasitas lentur balok variasi 2 (BT) mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan variasi 1 balok (BN) sebesar 5,758% dengan rata-rata kuat lentur sebesar 15,305 MPa. Hasil pengamatan dari pola retak pada balok BT-1 mengalami retak geser lentur, BT-2 mengalami retak lentur dan balok BT-3 mengalami retak lentur. Hasil pengamatan dari pola retak pada balok BT-1 mengalami retak geser lentur, BT-2 mengalami retak lentur dan balok BT-3 mengalami retak lentur.

5. Saran

Untuk prosedur pengecoran harus lebih teliti dalam pemadatan adonan beton ke dalam bekisting balok, agar tidak ada rongga kosong dalam benda uji balok. Adonan beton harus benar-benar

tercampur rata untuk mendapatkan benda uji balok yang baik. Penelitian ini diharapkan bisa dikembangkan lagi mengenai jumlah tulangan untuk menghemat material maupun biaya, khususnya pada rumah sederhana

References

- [1] A. Sugianto and A. M. Indriani, "Pengaruh Rasio Tinggi Blok Tegangan Tekan Dan Tinggi Efektif Terhadap Lentur Balok Bertulangan Tunggal," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 5, no. 1, 2017, doi: 10.32487/jtt.v5i1.220.
- [2] R. S. W. Stevie Andrean, M. D. J. Sumajow, "Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Ratio Tulangan Tarik," *J. Sipil Statik Maret*, vol. 3, no. 3, pp. 175–182, 2015.
- [3] A. Sugianto and A. M. Indriani, "pengaruh rasio tinggi blok tegangan tekan dan tinggi efektif terhadap lentur balok beton bertulangan tunggal," vol. 5, no. 1, 2017.
- [4] A. Putera, N. Milleandra, F. N. Abdi, and B. Haryanto, "JURNAL TEKNOLOGI SIPIL Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi sipil PENERAPAN BALOK BERTULANGAN TUNGGAL PADA RING BALK UNTUK MENEKAN BIAAYA KONSTRUKSI (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Kantor DENMA) JURNAL TEKNOLOGI SIPIL Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Tekno," *J. Teknol. sipil*, vol. 7, pp. 1–7, 2023.
- [5] D. L. C. G. Fransistusteles and M. A. Shulhan, "Perbandingan Biaya Konstruksi Pada Perencanaan Balok Menggunakan Metode Tulangan Tunggal Dan Tulangan Ganda Pada Gedung 3 Lantai (Studi Kasus SD Wirobrajan)," *Renov. Rekayasa Dan Inov. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 42–55, 2019.
- [6] Dimas Arief Wicaksono, Reni Suryanita, and Zulfikar Djauhari, "Studi Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan Dan Tanpa Sengkang," *Sainstek (e-Journal)*, vol. 7, no. 1, pp. 32–39, 2019, doi: 10.35583/js.v7i1.14.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 8389-2017 Cara Uji Tarik Logam." Jakarta, 2017.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder." Jakarta, 2011.
- [9] SNI, "SNI 4431-2011 : Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 16, 2011.
- [10] [M. W. Ubaidillah and E. Walujodjati, "Eksperimen Uji Lentur Balok Beton dengan Bundel Tulangan," *J. Konstr.*, vol. 20, no. 1, pp. 202–213, 2022.