

## PENGARUH TULANGAN TARIK TERHADAP PERILAKU LENTUR PADA BALOK BETON BERTULANG SISTEM RANGKA

Astiah Amir<sup>1</sup>, Rudy Djamaluddin<sup>2</sup>, Rita Irmawaty<sup>3</sup> dan A. Arwin Amiruddin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Doktoral Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: [asti\\_mks@yahoo.co.id](mailto:asti_mks@yahoo.co.id)

<sup>2</sup> Profesor, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: [rudy0011@gmail.com](mailto:rudy0011@gmail.com)

<sup>3</sup> Associate Professor, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: [rita\\_irmaway@yahoo.co.id](mailto:rita_irmaway@yahoo.co.id)

<sup>4</sup> Asisten Profesor, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: [a.arwinamiruddin@yahoo.com](mailto:a.arwinamiruddin@yahoo.com)

### ABSTRAK

Eksplorasi bahan alami seperti kerikil dan pasir semakin meningkat untuk menghasilkan material beton sehingga dapat merusak lingkungan. Berbagai penelitian telah dilakukan agar penggunaan beton pada konstruksi terutama balok dapat dikurangi. Salah satunya adalah penelitian tentang balok beton bertulang sistem rangka. Namun hasil pengujian pada balok BTR tanpa beton pada penampang tarik terjadi retak pada daerah tumpuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan balok beton bertulang sistem rangka, pengaruh panjang penyaluran perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan terhadap momen dan kapasitas lentur balok beton bertulang sistem rangka, dan pengaruh perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan terhadap pola keruntuhan pada balok beton bertulang sistem rangka. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental di laboratorium Untuk mengetahui kekuatan lenturnya. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan serangkaian pengujian karakteristik beton. Uji material properti yang akan dilakukan adalah uji sifat mekanik. Uji sifat mekanik terdiri dari uji kuat tekan (ASTM C39)[1] dan uji kuat lentur (ASTM C78)[2]. Sedangkan uji karakteristik lentur balok beton bertulang, dilakukan pembebanan secara statik. Hasil yang diharapkan adalah perkuatan tulangan tarik tersebut dapat meningkatkan kekuatan balok dan kapasitas lentur balok.

**Kata kunci:** Tulangan tarik, lentur, sistem rangka, retak

### 1. PENDAHULUAN

Saat ini konsep *sustainable construction* sedang digalakkan dan dikembangkan dalam dunia konstruksi. Konsep ini bertujuan agar suatu konstruksi pada saat produksi, desain, penggunaan, pemeliharaan serta penghancuran tidak menghabiskan sumber daya baik berupa uang, energi, maupun material. Komposisi pembuatan beton umumnya memanfaatkan bahan-bahan yang berasal dari alam maka secara tidak langsung kita telah dilakukan eksploitasi alam secara terus-menerus. Sementara sumber daya alam jumlahnya terbatas sehingga dapat menimbulkan kerusakan lingkungan. Oleh sebab itu, berbagai inovasi dilakukan untuk menanggulangi permasalahan tersebut.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan yaitu mengupayakan agar penggunaan beton pada konstruksi dapat dikurangi terutama pada balok, tapi tetap mempunyai kuat lentur dan geser tinggi. Seperti diketahui bahwa struktur beton yang tidak direncanakan dengan adanya tegangan geser, akan mengalami masalah yaitu retak pada struktur tersebut akibat beban yang mengenainya, dimana struktur tidak mampu menahannya. Alternatif yang dipakai dan memberikan perkuatan, menentukan spesifikasi teknis, metode yang dapat menjamin keamanan bagi pengguna bangunan.

Berdasarkan teori dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan analisis elemen struktur beton dan berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kapasitas lentur balok antara lain oleh Bing Li dkk, (2008)[5]. Leopoldo Tesser dkk (2013)[7]. menyelidiki kekuatan geser dan lentur dari balok dengan kedalaman yang berbeda, lebar dan kecenderungan penguatan melintang. Trentadue. F, dkk (2014) [6]. menyelidiki tentang kekakuan lentur balok komposit baja-beton sistem rangka yang diperkuat rangka baja. Colajanni. P, dkk (2016)[3] menjelaskan hasil percobaan uji bending tiga titik pada balok komposit pracetak, diberi nama balok beton bertulang baja hibrida (HSTCBs). Penelitian lain oleh Yasser (2014)[8] tentang pengaruh tulangan sistem rangka (BTR) terhadap kapasitas lentur balok tanpa beton pada penampang tarik melalui pengujian eksperimental. Kekuatan lentur balok BTR berkurang 7.29% dari balok beton normal (BN).

Analogi rangka, yang didasarkan pada bukti ekperimental yang relevan, cenderung mengasumsikan bahwa retak yang terbentuk pada balok beton bertulang mengakibatkan kegagalan seperti retak pada daerah tumpuan, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Djamaluddin, (2013)[4] struktur sistem rangka (*truss*) dapat menjadi alternatif untuk mengatasi penurunan kapasitas lentur. Hipotesis awal adalah retak tersebut dapat diantisipasi dan kapasitas lentur balok dapat ditingkatkan dengan menambah perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan.



Gambar 1. Retak pada daerah tumpuan balok bertulang sistem rangka

## 2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan serta penelusuran referensi, maka permasalahan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan balok beton bertulang sistem rangka
2. Bagaimana pengaruh panjang penyaluran perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan terhadap momen dan perilaku lentur balok beton bertulang sistem rangka
3. Bagaimana pengaruh perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan terhadap pola keruntuhan pada balok beton bertulang sistem rangka.

## 3. TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kinerja perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan pada balok beton bertulang sistem rangka
2. Untuk menganalisis pengaruh perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan terhadap momen dan perilaku lentur pada balok beton bertulang sistem rangka
3. Untuk menganalisis pengaruh perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan terhadap pola keruntuhan pada balok bertulang sistem rangka.

## 4. LINGKUP DAN BATASAN PENELITIAN

Penelitian ini mencakup uji ekperimental dan analisis teoritis untuk memahami karakteristik balok dengan tulangan sistem rangka yang diperkuat dengan tulangan tarik. Lingkup penelitian dan batasan masalah adalah:

1. Tulangan tarik pada balok bertulang sistem rangka menggunakan tulangan baja ulir diameter 13 mm.
2. Kapasitas lentur balok beton bertulang sistem rangka menggunakan perkuatan tulangan tarik yang diletakkan pada daerah tumpuan akan dibandingkan dengan balok beton bertulang normal dan sistem rangka tanpa perkuatan.
3. Jarak spasi tulangan rangka yang digunakan adalah 0.5 d. Mutu beton yang digunakan adalah  $f'_c = 25$  MPa dan  $E_c = 23,500 \times 10^3$  MPa, serta mutu baja yang digunakan adalah sesuai standar SNI 0136-80 dengan  $f_y = 400$  MPa

## 5. METODE PENELITIAN

### Rancangan Penelitian

Uji Propertis dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik benda uji. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Uji Tekan (ASTM C39)

Uji lentur (ASTM C788)

Uji tarik belah

**Gambar 2. Uji Propertis**

### Definisi Operasional

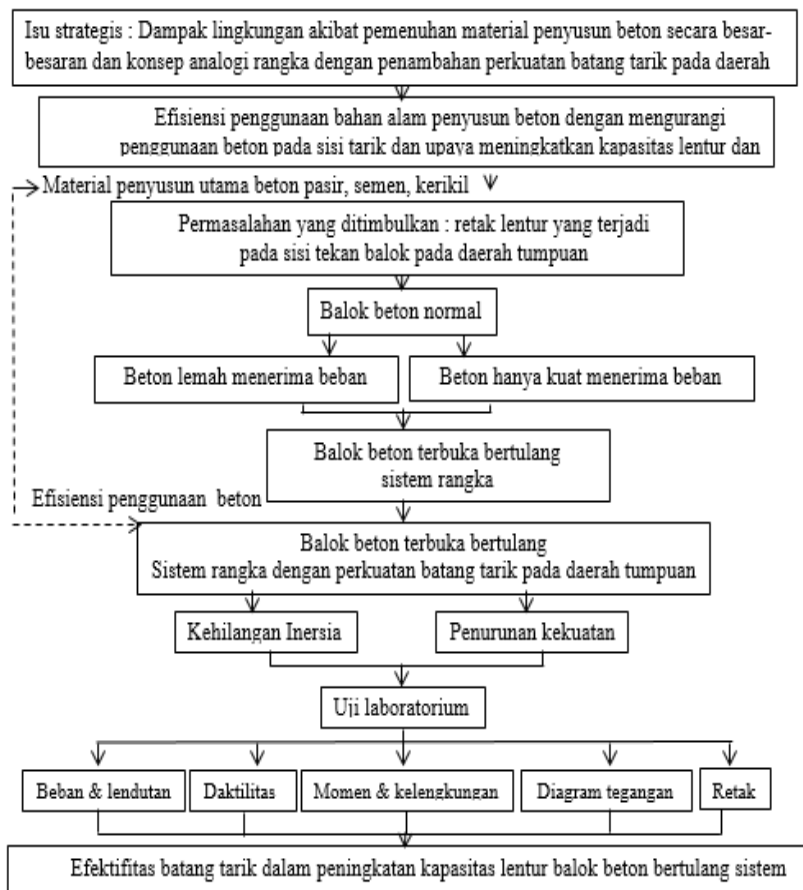
Variabel yang diteliti dibedakan dalam dua kategori yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah panjang penyaluran tulangan pada daerah tumpuan pada balok bertulang sistem rangka. Sedangkan variabel terikat adalah mutu beton, diameter tulangan dan jarak spasi tulangan rangka yang digunakan adalah 0.5 d. Adapun definisi operasional kedua variabel tersebut adalah :

- Balok tanpa beton pada penampang tarik adalah balok beton terbuka dengan pengurangan beton pada seperdua tinggi penampang balok. Dimana mutu beton normal yang digunakan mutu  $f'_c$  25 MPa.
- Tulangan sistem rangka diartikan suatu model perkuatan penulangan rangka yang dilas pada hubungan tulangan diagonal dan tulangan longitudinal. Diameter tulangan diagonal digunakan diameter 8 mm serta tulangan longitudinal atas dan diameter 13 mm untuk tulangan longitudinal bawah. Pembebanan pada penelitian ini dikhususkan pada *monotonic loading*.
- Tulangan tarik yang akan ditempatkan pada daerah tumpuan diartikan suatu model perkuatan pada balok yang diharapkan mampu mengatasi ketidakstabilan yang dapat meningkatkan kapasitas lentur dan diharapkan mampu meminimalkan retak pada balok.

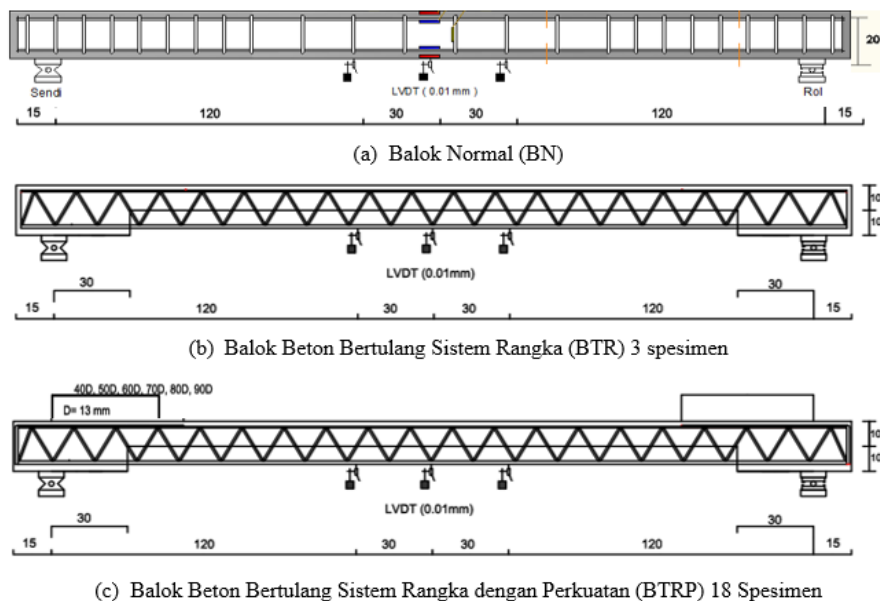
Adapun bagan alur kerangka berpikir pada penelitian ini adalah dapat dilihat pada Gambar 2.

### Variabel Penelitian

Variabel balok beton yang akan diteliti adalah 24 benda balok uji masing-masing terdiri atas 3 balok beton normal dengan tulangan vertikal, 3 balok beton terbuka dengan tulangan sistim rangka tanpa perkuatan batang tarik, serta 18 balok beton terbuka dengan tulangan sistim rangka dengan dengan perkuatan batang tulangan tarik pada daerah tumpuan dengan panjang penyaluran 40D, 50D, 60D, 70D, 80D, dan 90D. D adalah diameter tulangan 13 mm. Dimensi balok adalah panjang bersih 330 cm dan penampang 15 cm x 20 cm, seperti tertera pada Gambar 3.



Gambar 2. Skema kerangka pikir penelitian



Gambar 3. Spesimen Balok

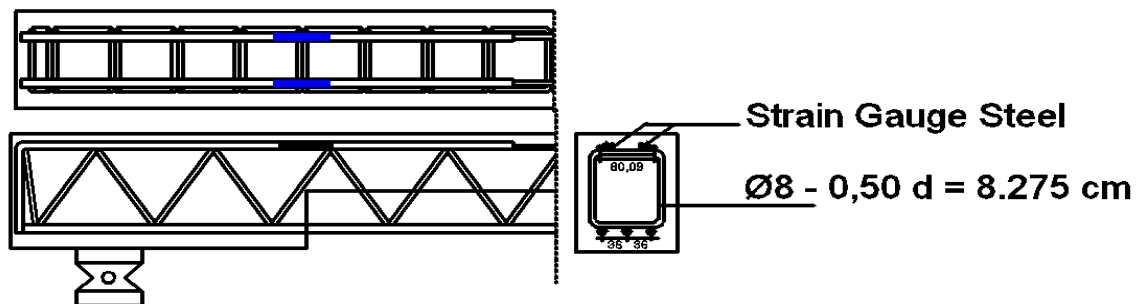
## Material Propertis

Material propertis beton dan baja yang digunakan baik untuk Spesimen Balok normal (BN), maupun balok beton bertulang sistem rangka (BTR), serta balok bertulang sistem rangka dengan perkuatan (BTRP1) adalah sama, dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 Material Propertis**

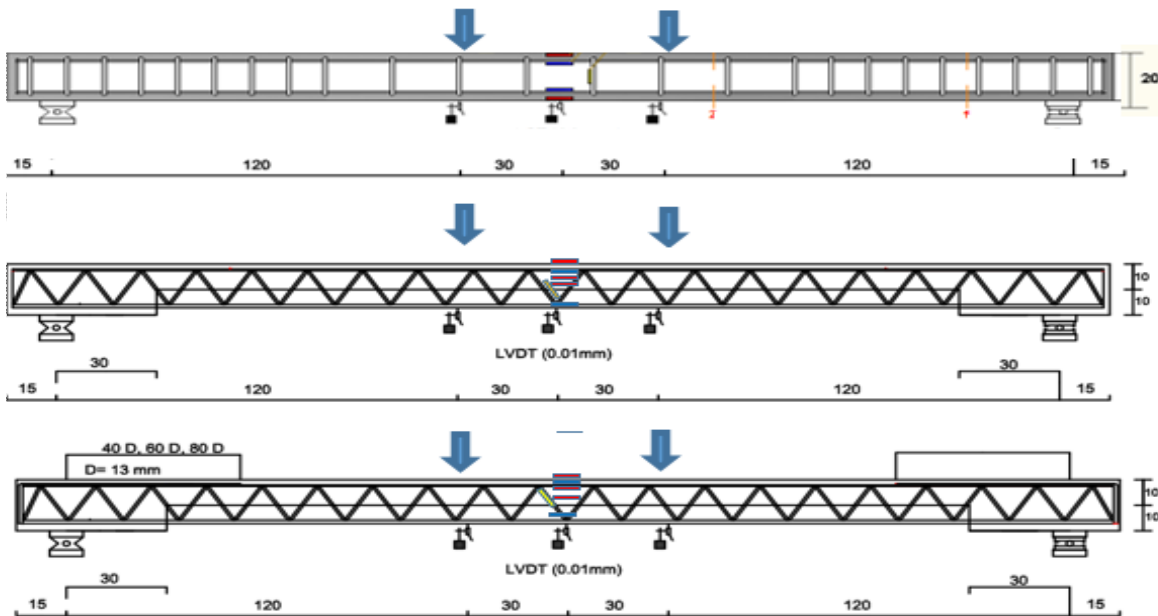
Beton		Baja Tulangan	
Parameter	Indeks	Parameter	Indeks
Compressive strength ( $f'_c$ )	25 MPa	Fy	400 MPa
Repture Strength(ft)	3 MPa	Fs max	474 MPa
Tegangan lentur(fr)	3.74 MPa	Es	193086 MPa
Modulus elastisitas( $E_c$ )	23500	$\epsilon_s$	0.00199

Jenis mutu material beton digunakan dari beton normal yang dirancang untuk menghasilkan kuat tekan silinder umur 28 hari  $f'_c = 25$  MPa dan modulus elastistas  $E_c = 23500$  MPa. Pengujian agregat berdasarkan pada ASTM dilakukan terhadap agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir). Dari hasil perhitungan dan uji coba *mix design* dengan cara *Development of Environment (DoE)* diperoleh komposisi agregat, faktor air semen, karakteristik material beton dan proporsi campurannya. Dua jenis baja tulangan sesuai standar SNI 0136-80, masing-masing adalah tulangan polos diameter 8 mm digunakan sebagai tulangan diagonal serta longitudinal atas. Tulangan ulir diameter 13 mm dengan kekuatan leleh  $f_y = 400$  MPa digunakan sebagai tulangan longitudinal bawah dan tulangan tarik perkuatan. Detail tulangan perkuatan ini dapat dilihat pada Gambar 4.

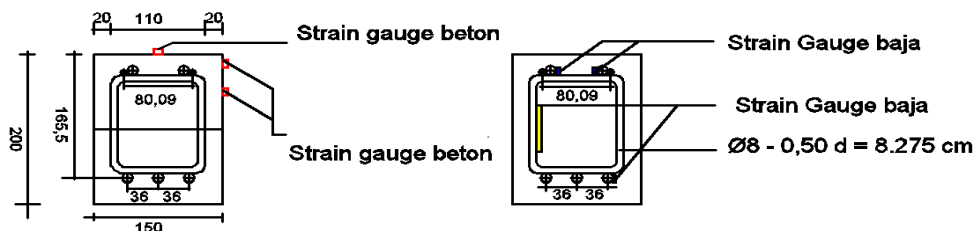


**Gambar 4. Tulangan Tarik Perkuatan**

## Test Setup dan Instrumental



Gambar 5. Set Up Pengujian



Gambar 6. Letak Instrumental

Pengujian balok dilakukan dengan *two point load* 60 cm pada balok beton digunakan pembebanan yang bersifat monotonik, yang diberikan secara *displacement control* dengan kecepatan ramp *actuator* konstan sebesar 0,03 mm/dt sampai balok runtuh. Pembacaan data pada *data logger* diambil pada setiap kenaikan lendutan pada kondisi normal. *Set-up* pengujian diilustrasikan secara skematis yang menunjukkan beberapa LVDT dipasang untuk merekam lendutan vertikal pada beberapa lokasi pada specimen. Untuk regangan pada tulangan diagonal dan longitudinal, juga permukaan beton, dipasang beberapa *strain gauge*. Pembacaan lendutan untuk pengujian balok dilaksanakan setiap penambahan beban 1,00 kN–2,00kN dengan kecepatan pertambahan sebesar 0,1 kN/detik. Posisi letak penempatan strain gauge beton dan baja pada balok uji serta set up spesimen dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan balok BTRP1 pada saat loading.

## 6. KESIMPULAN

1. Penelitian efektifitas batang tarik pada balok bertulang sistem rangka merupakan perkembangan dari beberapa penelitian balok rangka sebelumnya yang masih membutuhkan penelitian lanjutan akibat retak yang terjadi pada daerah tumpuan.
2. Hipotesis awal dan ekspektasi dari penelitian ini bahwa retak pada daerah tumpuan dapat diantisipasi dan kapasitas lentur balok dapat ditingkatkan dengan menambah perkuatan tulangan tarik pada daerah tumpuan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C39-94. (1996). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylinders Specimens, Section 4, Volume 04.02, pp 17-21, Annual Book of ASTM Standard*
- ASTM C469-94. (1996). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression Section 4, Volume 04.02, pp 237-240 Annual Book Standards, US and Canada.*
- Piero Colajanni<sup>1</sup>; Lidia La Mendola<sup>2</sup>; and Alessia Monaco, Ph.D.<sup>3</sup> (2016), "Experimental Investigation of the Shear Response of Precast Steel-Concrete Trussed Beams" *10.1061/(ASCE) ST.1943-41X.0001642 © 2016 American Society of Civil Engineers.*
- Djamaluddin. R. (2013). "Flexural Behavior External Reinforced Concrete Beams". *Procedia Engineering 54 Elsevier*, pp 252-260.
- Li, Bing, Cao Thanh Ngoc Tran (2008). "Reinforced Concrete Beam Analysis Supplementing Concrete Contribution In Truss Model", *Engineering Structures 30(2008)3285-3294*. Available <http://science/article/pii/S0141029608001600>.
- Trentadue. F, Mastromarino. E, Quaranta. G, Petrone. F, Monti. G, Carlo Marano. G, "Bending Stiffness of Truss-Reinforced Steel-Concrete Composite Beams", *Open Journal of Civil Engineering*, 4, 285-300. <http://dx.doi.org/10.4236/ojce.2014.43024>, 2014.
- Tesser, L and Scotta. R. (2013). "Flexural and Shear Capacity of Composite Steel truss and Concrete Beams With Inferior precast Concrete Base". *Engineering Structural 49 Elsevier* 135-145.
- Yasser (2014), Pengaruh Tulangan Sistem Rangka Terhadap Kekuatan Lentur Pada Balok Beton Berlapisi Styrofoam, *Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar*.

