

PENGARUH VARIASI MUTU BAJA TULANGAN PADA PENAMPANG BALOK BETON BERTULANG

RIZA ARYANTI

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

Corresponding Author : ✉ riza@eng.unand.ac.id

Naskah diterima : 14 November 2024. Disetujui: 28 Desember 2024. Diterbitkan : 30 Desember 2024.

ABSTRAK

Balok beton bertulang merupakan elemen struktur yang penting dalam konstruksi bangunan yang berfungsi menyalurkan beban dari pelat lantai ke kolom penyangga. Pada saat menerima beban, balok beton bertulang mengalami dua kondisi yaitu kondisi tekan dan tarik. Balok beton bertulang pada dasarnya terbuat dari gabungan beton polos yang mampu menahan gaya tekan dan baja tulangan yang mampu menahan gaya tarik. Jumlah baja tulangan yang dipasang pada balok disesuaikan dengan beban yang bekerja sehingga balok tersebut mampu menahan beban. Disamping jumlah tulangan yang digunakan, mutu baja yang digunakan juga berpengaruh terhadap kapasitas balok tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi mutu baja tulangan terhadap momen-*curvature*, daktilitas, *concrete stress distribution* dan *neutral axis depth*. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* RCCSA v4.3. Lebar penampang balok adalah 350 mm dan tinggi penampang balok adalah 700 mm. Mutu beton (f_c') yang digunakan adalah 30 MPa. Variasi mutu baja tulangan (f_y) berturut-turut adalah 300 MPa, 350 MPa, 400 MPa, 450 MPa, 500 MPa dan 550 MPa. Balok beton bertulang yang dianalisis adalah balok beton bertulangan tunggal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja tulangan dengan mutu baja 550 MPa menghasilkan nilai kapasitas momen paling besar tetapi nilai kurvatur maksimum nya paling kecil dibandingkan dengan mutu baja lainnya, sebaliknya mutu baja 300 MPa menghasilkan nilai kapasitas momen paling kecil tetapi nilai kurvatur maksimum nya paling besar dibandingkan dengan mutu baja lainnya. Mutu baja 300 MPa menghasilkan nilai daktilitas paling besar sedangkan mutu baja 550 Mpa menghasilkan nilai daktilitas paling kecil. Semakin besar mutu baja tulangan maka kedalaman blok tegangan tekan beton makin besar. *Neutral axis depth* tidak berpengaruh pada nilai tegangan tekan beton maksimum pada blok tegangan tekan beton.

Kata kunci : Variasi Mutu Baja, Penampang Balok, Beton Bertulang

1. PENDAHULUAN

Balok beton bertulang merupakan elemen struktur yang penting dalam konstruksi bangunan yang berfungsi menyalurkan beban dari pelat lantai ke kolom penyangga (Zaidir, 2013). Kinerja balok ini sangat dipengaruhi oleh kualitas material penyusunnya, khususnya mutu baja tulangan yang digunakan (Nawy et al., 2010). Baja tulangan berperan penting dalam menahan gaya tarik yang timbul akibat beban yang bekerja pada balok (Beladiena, 2022). Variasi mutu baja tulangan dapat mempengaruhi kapasitas beban, pola retak, dan daktilitas balok beton bertulang (Park & Paulay, 1975). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan mutu beton pada balok beton bertulang dengan satu jenis mutu tulangan meningkatkan nilai lendutan, namun tidak signifikan mempengaruhi pola retak dan jumlah retakan yang terjadi (Casandra, 2013). Berdasarkan penelitian tersebut penulis ingin mengetahui pengaruh peningkatan mutu baja terhadap balok beton bertulang. Karena memahami pengaruh variasi mutu baja tulangan pada penampang balok beton bertulang sangat penting untuk memastikan desain yang optimal dan aman dalam konstruksi bangunan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi mutu baja tulangan pada penampang balok beton bertulang terhadap *momen curvature*, daktilitas, *concrete stress distribution* dan *neutral axis depth*.

Penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam desain komponen struktur balok beton bertulang yang lebih aman dan efisien dan bisa menjadi pedoman dan rekomendasi dalam pemilihan mutu baja tulangan terhadap kekuatan balok beton bertulang.

2. METODA PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur yang bertujuan untuk memahami sifat beton dan baja tulangan. Pengumpulan data dilakukan dengan merancang model penampang balok melalui *preliminary design* (ACI 318-19, 2019), penetapan mutu beton berdasarkan peraturan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019), dan penetapan variasi mutu baja yang digunakan berdasarkan peraturan Baja Tulangan Beton (SNI 2052:2017). Pengolahan data dilakukan dengan *software* RCCSA v4.3 (Thamrin, 2014).

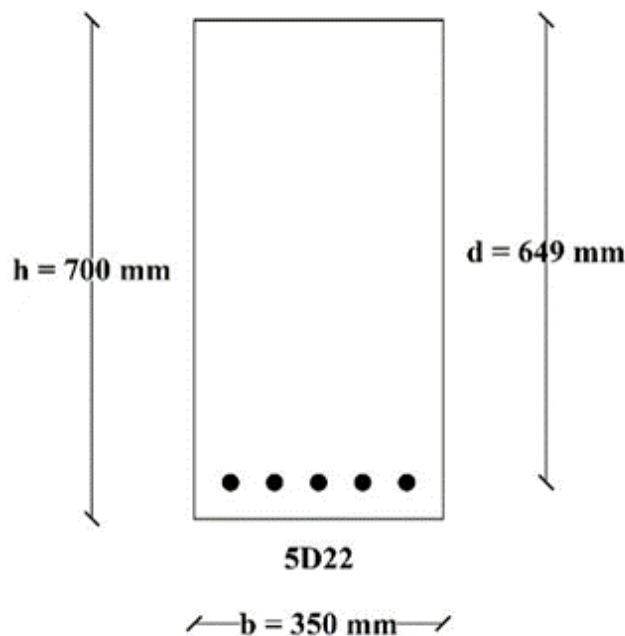
Elemen struktur yang digunakan adalah balok beton bertulang dengan dimensi penampang 350 x 700 mm. Tulangan yang digunakan pada penampang balok adalah tulangan tunggal 5D22. Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa dan mutu baja yang digunakan bervariasi yaitu $f_y = 300 \text{ MPa}$; 350 MPa; 400 MPa; 450 MPa; 500 MPa, dan 550 MPa. Kurva tegangan-regangan baja yang digunakan adalah bi-linear (Wolé Soboyejo, 2003).

Tabel 1. Model Penampang Balok

Elemen Struktur	Ukuran Penampang		Selimut Beton d (mm)	Mutu Beton f'_c (MPa)	Mutu Baja Tulangan f_y (MPa)	Modulus Elastisitas Baja E_s (MPa)	Jumlah Tulangan
	b (mm)	h (mm)					
Balok	350	700	40	30	300	200000	5D22
Balok	350	700	40	30	350	200000	5D22
Balok	350	700	40	30	400	200000	5D22
Balok	350	700	40	30	450	200000	5D22
Balok	350	700	40	30	500	200000	5D22
Balok	350	700	40	30	550	200000	5D22

Penampang balok yang digunakan pada penelitian ini adalah balok dengan dimensi penampang 350 x 700 mm yang diberikan variasi pada mutu baja tulangan dan ditinjau berdasarkan model kurva tegangan-regangan baja bi-linear. Model penampang balok dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Gambar penampang balok dapat dilihat pada **Gambar 1**.

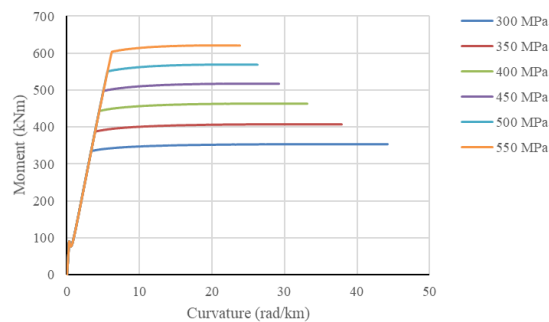


Gambar 1. Penampang Balok

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 MOMEN – KURVATUR

Dari hasil yang diperoleh dari software RCCSA v4.3 diperoleh grafik *moment-curvature* yang diperlihatkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik Momen – Kurvatur

Dari grafik terlihat bahwa semakin tinggi mutu baja tulangan maka semakin tinggi nilai kapasitas momen penampang balok. Mutu baja 550 MPa memiliki nilai kapasitas momen terbesar yaitu 621,46 kNm tetapi nilai kurvatur maksimum nya lebih rendah dibandingkan dengan mutu baja lainnya yaitu 23,5 rad/km. Mutu baja 300 MPa memiliki nilai kapasitas momen terkecil yaitu 352,72 kNm tetapi nilai kurvatur maksimum nya lebih besar dibandingkan dengan mutu baja lainnya yaitu 44,1 rad/km. Hal ini menunjukkan mutu baja paling rendah mampu mengalami lendutan yang besar sebelum balok tersebut runtuh namun kekuatannya rendah. Mutu baja paling tinggi mempunyai kekuatan yang besar namun tidak mampu mengalami lendutan yang besar sebelum balok tersebut runtuh. Grafik tersebut menunjukkan bahwa jika penampang balok beton bertulang menggunakan mutu baja yang tinggi maka penampang tersebut akan berperilaku getas, sebaliknya penampang balok beton bertulang menggunakan mutu baja yang rendah maka penampang tersebut akan berperilaku daktail.

3.2 DAKTILITAS

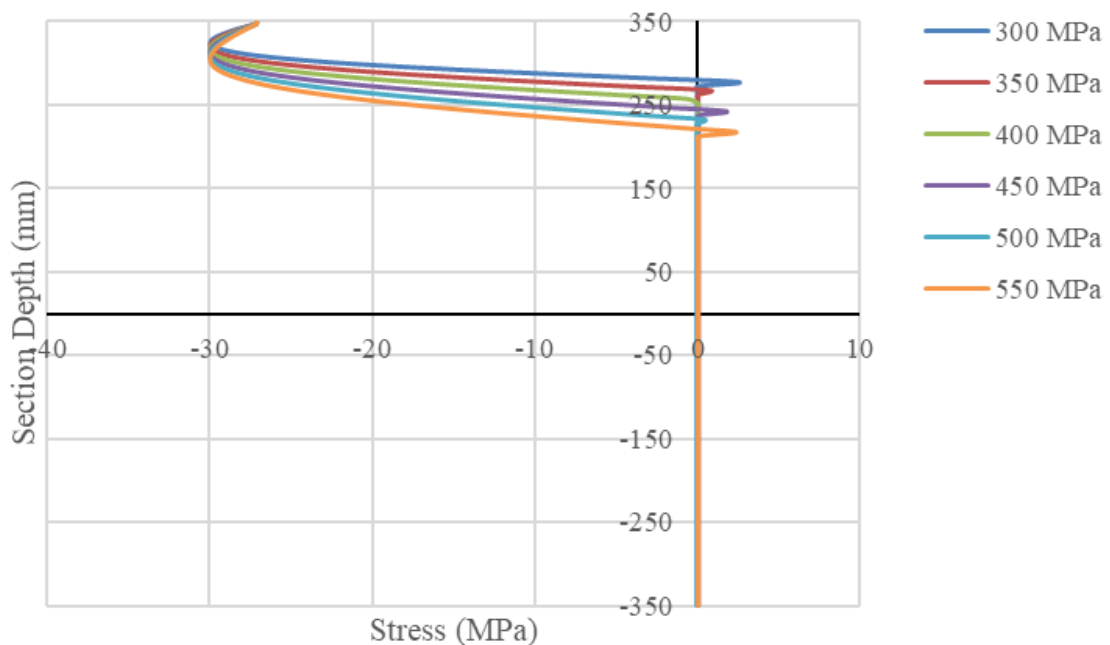
Dari grafik momen kurvatur pada Gambar 2., dapat diperoleh nilai daktilitas untuk ke 6 kurva yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Daktilitas			
Mutu Baja Tulangan fy (Mpa)	Kondisi	Perpindahan (mm)	Daktilitas (μφ)
300	Yield	3.3	13.394
	Ultimate	44.2	
350	Yield	3.9	9.718
	Ultimate	37.9	
400	Yield	4.4	7.523
	Ultimate	33.1	
450	Yield	5	5.84
	Ultimate	29.2	
500	Yield	5.6	4,696
	Ultimate	26.3	
550	Yield	6.4	3,719
	Ultimate	23.8	

Dari tabel terlihat bahwa mutu baja paling rendah memiliki nilai daktilitas yang paling besar yaitu 13,394 sedangkan mutu baja yang paling tinggi memiliki nilai daktilitas paling rendah yaitu 3,719. Ini menunjukkan bahwa mutu baja tinggi menghasilkan penampang beton bertulang yang lebih kaku atau getas sedangkan mutu baja yang rendah menghasilkan penampang beton bertulang yang berperilaku daktil.

3.3 CONCRETE STRESS DISTRIBUTION

Grafik *concrete stress distribution* diperlihatkan pada **Gambar 3**. Dari grafik terlihat bahwa mutu baja 300 MPa menghasilkan nilai kedalaman blok tegangan yang paling kecil dan mutu baja 550 MPa menghasilkan nilai kedalaman blok tegangan yang paling besar. Hal ini memperlihatkan bahwa variasi mutu baja tulangan pada penampang beton bertulang mempengaruhi nilai kedalaman blok tegangan walaupun perbedaannya tidak signifikan.



Gambar 3. Grafik *Concrete Stress Distribution*

Nilai tegangan beton tekan maksimum dan kedalaman blok tegangan tekan beton dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut.

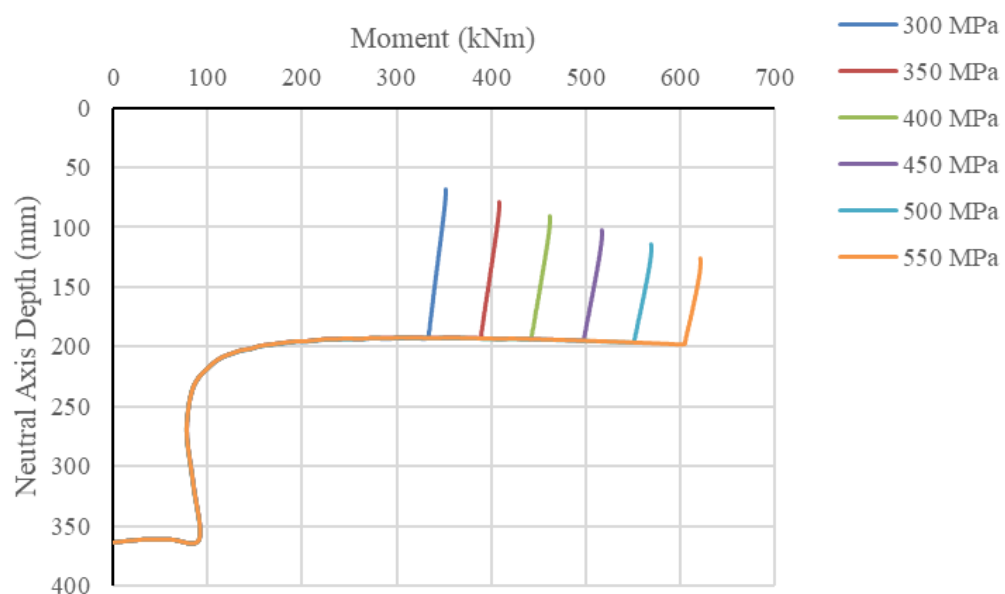
Tabel 3. Kedalaman Blok Tegangan Tekan Beton

Mutu Baja Tulangan f_y (Mpa)	Jarak dari sumbu horizontal (mm)	Kedalaman blok tegangan tekan beton (mm)	Tegangan beton tekan (Mpa)	Tegangan beton tekan maksimum (MPa)
300	350	72.500	-27.16607	-29.94831
	277.5		0	
350	350	82.500	-27.16607	-29.94831
	267.5		0	
400	350	97.500	-27.16607	-29.94831
	252.5		0	
450	350	107.500	-27.16607	-29.94831
	242.5		0	
500	350	117.500	-27.16607	-29.94831
	232.5		0	
550	350	137.500	-27.16607	-29.94831
	212.5		0	

Tabel 3 memperlihatkan nilai tegangan tekan beton maksimum untuk ke enam variasi mutu baja adalah sama yaitu 29,94831 MPa, ini menunjukkan bahwa variasi mutu baja tidak mempengaruhi nilai tegangan tekan beton maksimum dan juga tidak mempengaruhi nilai tegangan beton di bagian paling atas penampang. Ini disebabkan karena mutu beton yang digunakan pada penelitian ini hanya satu mutu yaitu mutu beton 30 MPa.

3.4 NEUTRAL AXIS DEPTH

Grafik Neutral Axis Depth dapat dilihat pada **Gambar 4**.

**Gambar 4.** Grafik Neutral Axis Depth

Dari grafik terlihat bahwa kedalaman garis netral paling kecil pada saat momen maksimum dimiliki oleh mutu baja paling rendah yaitu 300 MPa sedangkan kedalaman garis netral paling besar pada saat momen maksimum dimiliki oleh mutu baja paling tinggi yaitu 550 MPa.

Nilai kedalaman garis netral dan momen maksimum dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Kedalaman Garis Netral dan Momen Maksimum

Mutu Baja Tulangan	Kedalaman Garis Netral	Momen Maksimum
f_y (Mpa)	(mm)	(kNm)
300	67.89	352.716
350	79.28	408.250
400	90.81	462.885
450	102.86	516.686
500	114.34	569.471
550	126.41	621.462

Gambar 4 dan **Tabel 4** memperlihatkan bahwa variasi mutu baja pada penampang beton bertulang mempengaruhi nilai kedalaman garis netral pada saat momen maksimum. Semakin rendah mutu baja maka nilai kedalaman garis netral juga makin rendah, sebaliknya semakin tinggi mutu baja maka nilai kedalaman garis netral juga makin tinggi. Nilai kedalaman garis netral ini menunjukkan garis yang membatasi daerah tekan dan tarik pada penampang balok beton bertulang. Semakin rendah mutu baja, daerah tekan penampang lebih kecil dibanding dengan mutu baja yang lebih tinggi.

Kedalaman garis netral dibandingkan dengan tinggi penampang balok memperlihatkan nilai yang lebih kecil, ini memperlihatkan bahwa pada saat menerima beban tulangan baja yang berada pada daerah tarik yang lebih banyak bekerja menahan beban dibanding beton yang berada di daerah tekan.

Semakin kecil mutu baja membuat daerah tekan makin kecil, sedangkan semakin besar mutu baja membuat daerah tekan semakin besar. Tetapi tetap jauh lebih besar daerah tarik dibanding daerah tekan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa baja tulangan dengan mutu baja 550 MPa menghasilkan nilai kapasitas momen paling besar tetapi nilai kurvatur maksimum nya paling kecil dibandingkan dengan mutu baja lainnya, sebaliknya mutu baja 300 MPa menghasilkan nilai kapasitas momen paling kecil tetapi nilai kurvatur maksimum nya paling besar dibandingkan dengan mutu baja lainnya. Mutu baja 300 MPa menghasilkan nilai daktilitas paling besar sedangkan mutu baja 550 Mpa menghasilkan nilai daktilitas paling kecil. Semakin besar mutu baja tulangan maka kedalaman blok tegangan tekan beton makin besar. *Neutral axis depth* tidak berpengaruh pada nilai tegangan tekan beton maksimum pada blok tegangan tekan beton. Secara umum dapat disimpulkan penampang beton bertulang dengan mutu baja 550 Mpa berperilaku getas sedangkan penampang beton bertulang dengan mutu baja 300 MPa berperilaku daktil.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318-19. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute.
- Beladiena, F. A. (2022). Pengaruh Tata Letak Konversi Tulangan Terhadap Kekuatan Balok Lentur. *Ejournal Unesa*, 10(3).
- Casandra, N. B. (2013). *Analisis dan Pengujian Balok dengan Variasi Mutu Beton pada Satu Jenis Mutu Tulangan*.
- Nawy, E. G., Tavio, & Kusuma, B. (2010). *Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar* (5th ed.). ITS Press.
- Park, R., & Paulay, T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley & Sons, Inc.
- SNI 2052:2017. (2017). *Baja Tulangan Beton*. BSN. www.bsn.go.id
- SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. BSN.
- Thamrin, R. (2014). *User Manual of Reinforced Concrete Cross section Analysis (RCCSA) V4.2*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Indonesia.
- Wolé Soboyejo. (2003). *Materials Engineering Science Processing and Design*. Marcel Dekker.
- Zaidir. (2013). *Konstruksi Beton Bertulang Jilid I*. CV. Ferila.