

ANALISA PENAMPANG BALOK BETON BERTULANG TERHADAP VARIASI JENIS KERUNTUHAN

RIZA ARYANTI

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

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

Naskah diterima : 22 Mei 2025. Disetujui: 27 Juni 2025. Diterbitkan : 29 Juni 2025.

ABSTRAK

Balok beton bertulang merupakan elemen struktur penting dalam konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menahan beban lentur dan beban transversal. Salah satu aspek krusial dalam desain balok adalah proporsi antara kapasitas tarik baja tulangan dan kapasitas tekan beton pada penampang balok, yang menentukan jenis keruntuhan yang mungkin terjadi, yaitu under reinforced, balanced reinforced, dan over reinforced. Pemahaman terhadap perilaku masing-masing jenis keruntuhan sangat penting dalam proses perancangan struktur beton bertulang untuk memastikan keamanan dan efisiensi material. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisa penampang dengan variasi ketiga jenis keruntuhan tersebut melalui pendekatan analitis terhadap penampang. Perhitungan dilakukan dengan bantuan software RCCSA. Hasil penelitian berupa momen dan kurvatur, beban dan lendutan, distribusi regangan dan distribusi tegangan beton memperlihatkan bahwa jenis keruntuhan under reinforced yang terbaik untuk perencanaan balok beton bertulang.

Kata kunci : Beton bertulang, penampang balok, under reinforced, balanced reinforced, over reinforced

1. PENDAHULUAN

Balok beton bertulang merupakan elemen struktur penting dalam konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menahan beban lentur dan beban transversal (Hutaajulu, 2023). Dalam perancangannya, balok beton bertulang harus memenuhi syarat kekuatan dan keandalan agar mampu menahan beban kerja yang terjadi selama umur layan struktur (Nurliana & Walujodjati, 2024). Salah satu aspek krusial dalam desain balok adalah proporsi antara kapasitas tarik baja tulangan dan kapasitas tekan beton pada penampang balok, yang menentukan jenis keruntuhan yang mungkin terjadi, yaitu under reinforced, balanced reinforced, dan over reinforced (Mansor et al., 2020).

Keruntuhan pada balok under reinforced ditandai dengan terlebih dahulu luluhnya baja tarik sebelum beton mencapai keruntuhan tekan (Słowik, 2019). Hal ini dianggap sebagai mode

keruntuhan yang dikehendaki karena bersifat daktail dan memberikan peringatan sebelum kegagalan total (Elrakib & Arafa, 2012). Sebaliknya, balok over reinforced mengalami keruntuhan karena beton hancur terlebih dahulu sebelum baja mencapai luluh, yang bersifat getas dan membahayakan karena terjadi secara tiba-tiba (Michael & Hamilton, 2021). Sementara itu, pada kondisi balanced reinforced, beton dan baja mencapai kapasitas ultimit secara bersamaan, yang menunjukkan kondisi peralihan antara dua jenis keruntuhan sebelumnya (Cafarelli et al., 2024).

Pemahaman terhadap perilaku masing-masing jenis keruntuhan sangat penting dalam proses perancangan struktur beton bertulang untuk memastikan keamanan dan efisiensi material ACI 318-19. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisa penampang dengan variasi ketiga jenis keruntuhan tersebut melalui pendekatan analitis terhadap penampang dengan bantuan software RCCSA (Thamrin, 2014). Hasil dari analisa ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif tentang perbedaan pada masing-masing jenis keruntuhan terhadap momen dan kurvatur, beban dan lendutan, distribusi regangan dan distribusi tegangan beton, juga bisa memperlihatkan jenis keruntuhan yang terbaik pada perencanaan beton bertulang.

2. METODA PENELITIAN

Penampang balok yang dianalisa adalah penampang balok beton bertulang dengan jenis keruntuhan under reinforced, balanced reinforced dan over reinforced. Penetapan penampang balok tersebut masuk ke dalam kategori jenis keruntuhan under reinforced, balanced reinforced dan over reinforced, dihitung berdasarkan SNI 2847:2019. Sebelum menetapkan tulangan yang digunakan, terlebih dahulu ditentukan mutu beton, mutu baja, dimensi penampang balok dan diameter tulangan yang akan digunakan.

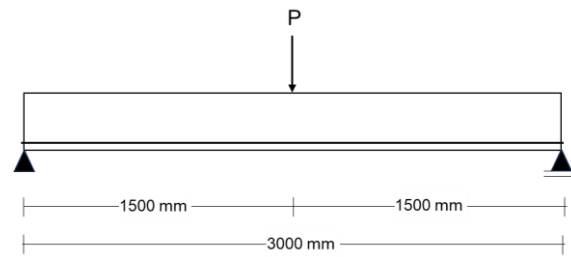
Setelah itu dihitung rasio tulangan dalam kondisi balanced reinforced untuk memperoleh nilai luas tulangan dalam kondisi balanced reinforced. Luas tulangan dalam kondisi balanced reinforced menghasilkan tulangan longitudinal tarik 5D25. Berdasarkan luas tulangan dalam kondisi balanced reinforced, maka bisa ditetapkan luas tulangan kondisi under reinforced yaitu lebih sedikit dibanding kondisi balanced reinforced. Dan sebaliknya untuk kondisi over reinforced jumlah tulangan yang diambil lebih banyak dibanding kondisi balanced reinforced.

Detail penampang balok ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Detail penampang balok

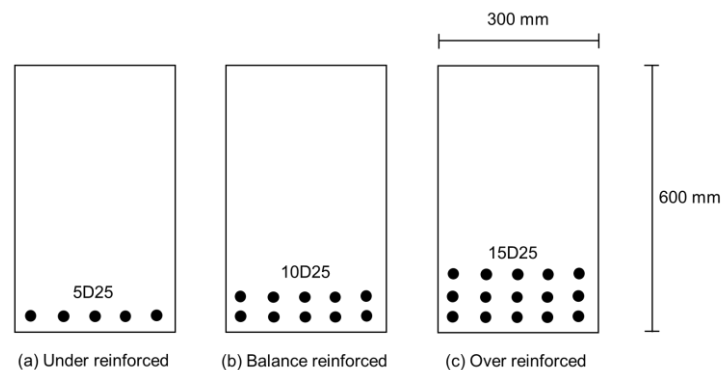
Nama Penampang Balok	Lebar Balok b (mm)	Tinggi Balok h (mm)	Mutu Beton f'_c (MPa)	Mutu Baja f_y (MPa)	Tulangan Longitudinal Tarik	Jenis Keruntuhan
UR	300	600	25	390	5D25	Under Reinforced
BR	300	600	25	390	10D25	Balanced Reinforced
OR	300	600	25	390	15D25	Over Reinforced

Pemodelan balok memanjang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan balok memanjang

Detail tulangan balok pada penampang ditampilkan pada Gambar 2.



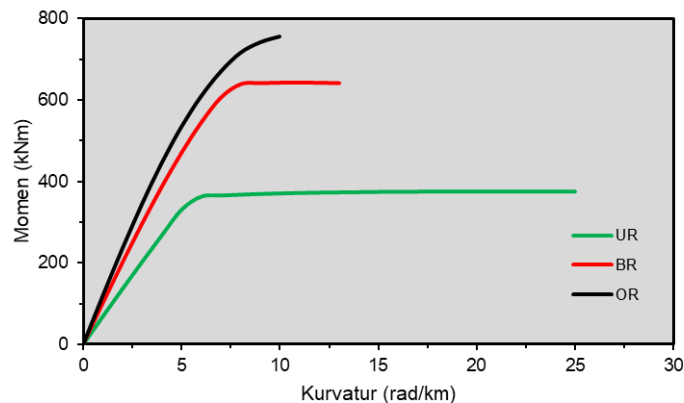
Gambar 2. Detail tulangan pada penampang balok

Software RCCSA digunakan untuk menghitung momen-kurvatur, beban-lendutan, distribusi regangan dan distribusi tegangan beton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Momen dan Kurvatur

Gambar 3 memperlihatkan kurva momen dan kurvatur untuk ketiga jenis keruntuhan. Balok dengan jenis keruntuhan under reinforced (UR) menghasilkan nilai momen yang paling kecil dan kurvatur paling besar, ini artinya balok dapat berdeformasi lebih besar sebelum mengalami runtuh tetapi kapasitas lentur nya lebih kecil dibandingkan dengan balok balanced reinforced dan over reinforced.



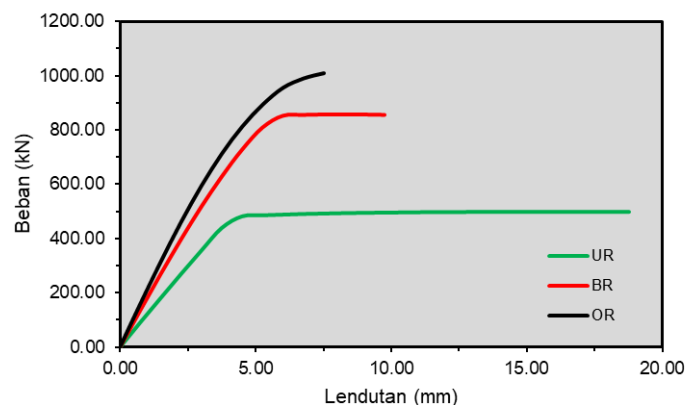
Gambar 3. Momen dan kurvatur

Balok balanced reinforced (BR) menghasilkan nilai momen yang jauh lebih besar dibanding balok under reinforced dan masih bisa berdeformasi sampai di nilai kurvatur 14 rad/km sebelum mengalami runtuh. Balok over reinforced menghasilkan nilai momen yang sedikit lebih besar dibanding balok balanced reinforced tetapi tidak mampu berdeformasi setelah mencapai nilai momen maksimumnya, hal ini tidak dibolehkan terjadi pada balok beton bertulang.

Hal ini menunjukkan balok dengan jenis keruntuhan under reinforced bersifat daktail dan balok dengan jenis keruntuhan over reinforced bersifat getas.

3.2. Beban dan Lendutan

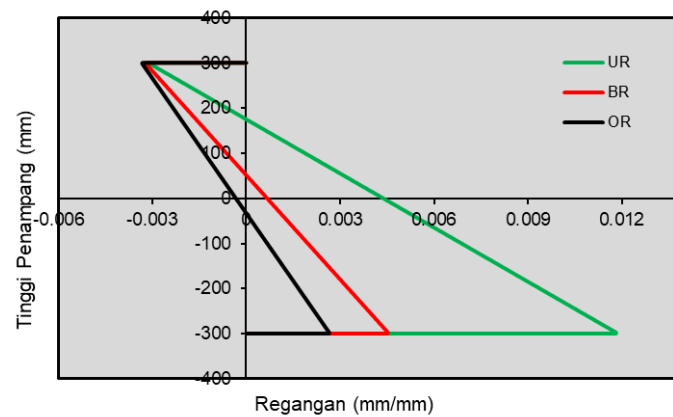
Kurva beban dan lendutan dapat dilihat pada Gambar 4. Balok under reinforced menghasilkan nilai beban maksimum paling kecil dibanding dengan balok balanced reinforced dan over reinforced. Tetapi balok under reinforced dapat berdeformasi hingga 18,75 mm sebelum mengalami runtuh. Balok balanced reinforced menghasilkan beban maksimum 854 kN dan deformasi maksimum 9,75 mm. Sedangkan balok over reinforced tidak mampu berdeformasi setelah mencapai nilai beban maksimumnya. Hal ini memperlihatkan balok under reinforced bersifat daktail dan balok over reinforced bersifat getas.



Gambar 4. Beban dan lendutan

3.3. Distribusi Regangan

Perbandingan distribusi regangan terhadap tinggi penampang ditampilkan pada Gambar 5. Pada gambar terlihat bahwa untuk ketiga jenis keruntuhan nilai regangan tekan maksimumnya adalah 0,003, angka tersebut menunjukkan beton didaerah tekan hancur pada nilai tersebut. Untuk nilai regangan tarik, balok under reinforced menghasilkan nilai regangan tarik terbesar yang artinya balok under reinforced mampu menahan gaya tarik yang besar di zona tarik penampang balok. Sedangkan balok over reinforced menghasilkan nilai regangan tarik paling kecil yang artinya balok over reinforced ini mempunyai kemampuan yang kecil untuk menahan gaya tarik. Hal ini memperlihatkan balok under reinforced bersifat daktail dan balok over reinforced bersifat getas.

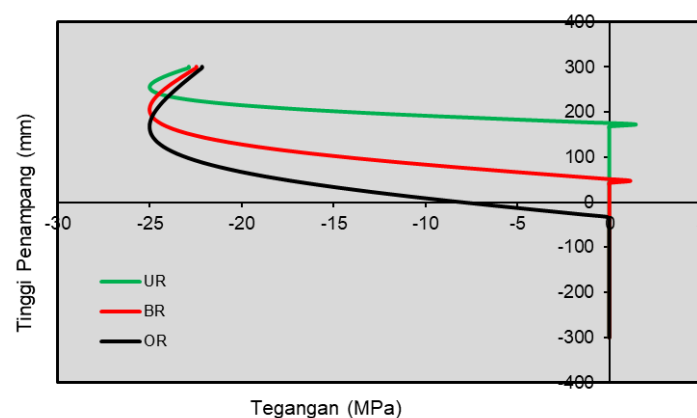


Gambar 5. Distribusi regangan

Gambar 5 juga memperlihatkan nilai kedalaman garis netral yang ditandai oleh titik potong garis distribusi regangan dengan sumbu tinggi penampang. Balok under reinforced menghasilkan nilai garis netral yang lebih kecil dibanding balok balanced reinforced dan over reinforced. Ini memperlihatkan bahwa balok under reinforced mempunyai daerah zona tekan yang lebih kecil dibanding zona tarik, yang artinya beton pada zona tekan lebih sedikit bekerja menahan beban dibanding beton bertulang yang bekerja di zona tarik. Ini juga menunjukkan balok under reinforced lebih daktail dibanding over reinforced.

3.4. Distribusi Tegangan Beton

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan kurva distribusi tegangan beton pada zona tekan untuk ketiga balok. Kurva pada balok UR memperlihatkan daerah zona tekan balok lebih kecil dibanding zona tarik. Zona tekan bersifat getas dan zona tarik bersifat daktail. Ini menunjukkan bahwa balok under reinforced bersifat daktail. Kurva balok balanced reinforced memperlihatkan bahwa distribusi tegangan beton pada zona tekan berada pada posisi hampir dipertengahan penampang, ini menunjukkan daerah zona tekan dan zona tarik hampir sama besar. Kurva balok over reinforced memperlihatkan daerah zona tekan lebih besar dibanding zona tarik, ini memperlihatkan bahwa balok over reinforced bersifat getas. Hasil analisa distribusi tegangan beton menunjukkan balok under reinforced bersifat daktail.



Gambar 6. Distribusi tegangan beton

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa momen dan kurvatur, beban dan lendutan, distribusi regangan dan distribusi tegangan beton, penulangan balok dengan perencanaan jenis keruntuhan under reinforced adalah yang paling bagus digunakan, karena menghasilkan nilai kurvatur, lendutan, regangan tarik yang paling besar dan distribusi tegangan beton yang paling kecil. Hal ini memperlihatkan bahwa balok dengan perencanaan tulangan under reinforced bersifat daktail.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318-19. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute.
- Cafarelli, R., Accornero, F., & Carpinteri, A. (2024). Failure-mode scale transitions in RC and PC beams. *Smart Construction and Sustainable Cities*, 2(1), 5. <https://doi.org/10.1007/s44268-024-00026-6>
- Elrakib, T. M., & Arafa, A. I. (2012). Experimental evaluation of the common defects in the execution of reinforced concrete beams under flexural loading. *HBRC Journal*, 8(1), 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2012.08.006>
- Hutaajulu, L. S. N. (2023). Analisis Tegangan Lentur pada Balok Beton Bertulang Dengan Beban Terpusat. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 9(2), 38. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v9i2.83604>
- Mansor, A. A., Mohammed, A. S., & Salman, W. D. (2020). Effect of longitudinal steel reinforcement ratio on deflection and ductility in reinforced concrete beams. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 888(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/888/1/012008>
- Michael, A., & Hamilton, H. R. (2021). Experimental Ductility of Compression-Controlled Flexural Members Using CFRP Grid to Confine Concrete. *Materials*, 14(18), 5163. <https://doi.org/10.3390/ma14185163>
- Nurliana, A. L., & Walujodjati, E. (2024). Analisis Kuat Lentur dan Geser Balok Beton dengan Bundel Tulangan. *Jurnal Konstruksi*, 22(1), 101–108. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.22-1.1532>
- Słowik, M. (2019). The analysis of failure in concrete and reinforced concrete beams with different reinforcement ratio. *Archive of Applied Mechanics*, 89(5), 885–895. <https://doi.org/10.1007/s00419-018-1476-5>
- 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.