

PENGARUH DIMENSI PENAMPANG DAN RASIO PEMBESIAN LENTUR TERHADAP KAPASITAS BEBAN BALOK BETON BERTULANG BERBASIS GRADASI MUTU

Widya Damayanthi¹, Karyadi Karyadi², dan M. Mirza Abdillah Pratama³

¹ Universitas Negeri Malang, alumni Departemen Teknik Sipil

² Universitas Negeri Malang, karyadi.ft@um.ac.id

³ Universitas Negeri Malang, mirza.abdillah.ft@um.ac.id

*Penulis Korespondensi: karyadi.ft@um.ac.id

Abstrak: Balok beton gradasi merupakan suatu inovasi di dunia konstruksi karena dengan adanya gradasi mutu dapat mereduksi penggunaan semen, namun dapat meningkatkan kekakuan dari elemen struktur tersebut mendekati mutu tertingginya. Gradasi mutu dilakukan dengan meletakkan mutu rendah di bagian serat tarik dan mutu tinggi di bagian serat tekan. Penggunaan mutu rendah pada serat tarik berdasarkan asumsi bahwa beton sama sekali tidak menanggung tegangan tarik. Balok beton gradasi yang hemat semen dapat menjadi salah satu solusi dalam dunia konstruksi yang sedang menggalakkan green building. Penelitian ini bertujuan untuk mengobservasi pengaruh dimensi penampang melintang dan rasio pembesian lentur terhadap kapasitas beban yang mampu ditahan oleh balok beton gradasi. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan mempersiapkan spesimen ujinya dan kontrol sebagai pembanding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahanan balok terhadap risiko retak meningkat seiring dengan peningkatan rasio penampang dan rasio pembesian yang digunakan. Walaupun demikian, luas penampang perlu dikaji ulang agar kinerja antar spesimen dapat dibandingkan.

Kata-kata kunci: Beton Gradasi, Green Building, Balok

Abstract: Graded concrete beams are an innovation in the world of construction because the presence of quality gradations can reduce the use of cement, but can increase the stiffness of the structural elements close to their highest quality. Quality grading is done by placing low strength in the tensile fiber section and high strength in the compression fiber section. The use of low strength in tensile fibers is based on the assumption that the concrete does not bear any tensile stress at all. Cement-efficient graded concrete blocks can be a solution in the world of construction that is promoting green building. This study aims to observe the effect of cross-sectional dimensions and the ratio of flexural steel to the load capacity that can be supported by graded concrete beams. The research was conducted experimentally by preparing the test specimens and the control as a comparison. The results showed that the resistance of the beam to the risk of cracking increased with the increase in the cross-sectional ratio and the ratio of the iron used. However, the cross-sectional area needs to be reviewed so that performance between specimens can be compared.

Keywords: Graded Concrete, Green Building, Beams

1. PENDAHULUAN

Balok beton gradasi merupakan suatu inovasi di dunia konstruksi karena dengan adanya gradasi mutu dapat mereduksi penggunaan semen, namun dapat meningkatkan kekakuan dari elemen struktur tersebut mendekati mutu tertingginya (Aylie et al, 2015). Gradasi mutu dilakukan dengan meletakkan mutu rendah di bagian serat tarik dan mutu tinggi di bagian serat tekan. Penggunaan mutu rendah pada serat tarik berdasarkan asumsi bahwa beton sama sekali tidak menanggung tegangan tarik. Balok beton gradasi yang hemat semen dapat menjadi salah satu solusi dalam dunia konstruksi yang sedang menggalakkan green building.

Studi mengenai beton gradasi sendiri telah banyak dilakukan. Studi ekperimental balok beton gradasi diawali oleh Prabowo (2018). Hasil dari studi ekperimen tersebut adalah hasil momen-kurvatur, kekakuan dan daktilitas yang diperoleh balok beton gradasi juga berada di antara balok beton kontrol 25 MPa dan 30 MPa. Selanjutnya, Margareta (2019) juga melakukan penelitian dengan membandingkan dua macam balok gradasi. Penelitian tersebut bertujuan untuk membandingkan kinerja lentur pada balok dengan konfigurasi mutu yang berbeda. Hasil yang diperoleh adalah balok yang menggunakan mutu tinggi pada serat tarikannya dan mutu rendah pada serat tekannya (G-AB) memiliki performa yang lebih baik pada saat crack pertama kali dan pada saat kondisi leleh, akan tetapi tidak memberikan stabilitas yang baik pasca leleh karena kehilangan kekakuan secara instan. Studi-studi terdahulu mengenai balok beton gradasi menggunakan balok dengan disparitas mutu yang beragam tetapi rasio penulangan yang digunakan seragam. Hal tersebut akan berpotensi menciptakan struktur yang satu bersifat under-reinforced dan struktur yang lain bersifat super under-reinforced sehingga kinerja yang dihasilkan tidak dapat dibandingkan. Perlu dilakukan investigasi lebih lanjut mengenai pengaruh rasio penulangan pada balok beton gradasi. Investigasi perlu dilakukan untuk mengetahui dasar penentuan mutu yang digunakan ketika mendesain rasio penulangan balok beton gradasi. Hal tersebut dikarenakan balok beton gradasi menggunakan mutu yang dikombinasikan yaitu terdapat mutu rendah pada serat tarik dan mutu tinggi pada serat tekan.

Perilaku keruntuhan dan kekuatan lentur dari sebuah balok beton bertulang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor itu seperti dimensi, jumlah serta susunan penulangan, bentuk dari penampang balok, tulangan tekan, sifat dari baja serta beton, dan rasio dari bentang balok. Selanjutnya, keruntuhan pada penampang balok dibagi menjadi tiga jenis, yakni keruntuhan terkendali tarik, keruntuhan terkendali tekan, serta keruntuhan seimbang (Nur, 2009). Selanjutnya, Indriani dan Sugianto (2016) melakukan sebuah eksperimen pada balok beton bertulang untuk melihat pengaruh rasio lebar (b) dan tinggi (h) balok terhadap kuat lentur yang diperoleh. Hasil yang diperoleh adalah balok dengan rasio dimensi melebihi 1,25 menunjukkan bahwa spesimen tidak mampu menanggung beban secara maksimal sehingga tulangan baja pada serat tarik balok lebih dominan dalam menanggung tegangan tarik yang terjadi. Selanjutnya, Penelitian mengenai pengaruh rasio tulangan tarik pada balok beton normal telah dilakukan oleh Andrean et al (2015) untuk meninjau besarnya pengaruh luas tulangan dan perubahan jumlah tulangan yang terletak pada daerah serat tarik terhadap kuat lentur yang dihasilkan dari balok beton bertulang dengan penggunaan dimensi serta mutu beton yang seragam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa luas tulangan tarik berpengaruh pada wujud pola retak yang dihasilkan dan beban maksimum yang membuat balok runtuh. Semakin luas tulangan tarik yang dipakai maka beban yang dihasilkan oleh balok semakin besar pula.

Dilihat dari adanya pengaruh rasio dimensi penampang dan rasio penulangan terhadap beban yang mampu dipikul, defleksi yang dihasilkan, dan pola kegagalan yang terbentuk, maka peneliti ingin melakukan studi lebih lanjut pada balok beton gradasi. Studi ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perilaku lentur akibat pengaruh rasio dimensi penampang dan rasio penulangan jika diterapkan pada balok beton gradasi. Studi ini penting untuk dilakukan sebagai upaya pengembangan riset balok beton gradasi agar mampu diterapkan di lapangan dan mampu memenuhi kriteria desain balok beton bertulang yang aman (safety) dan layak pakai (serviceability).

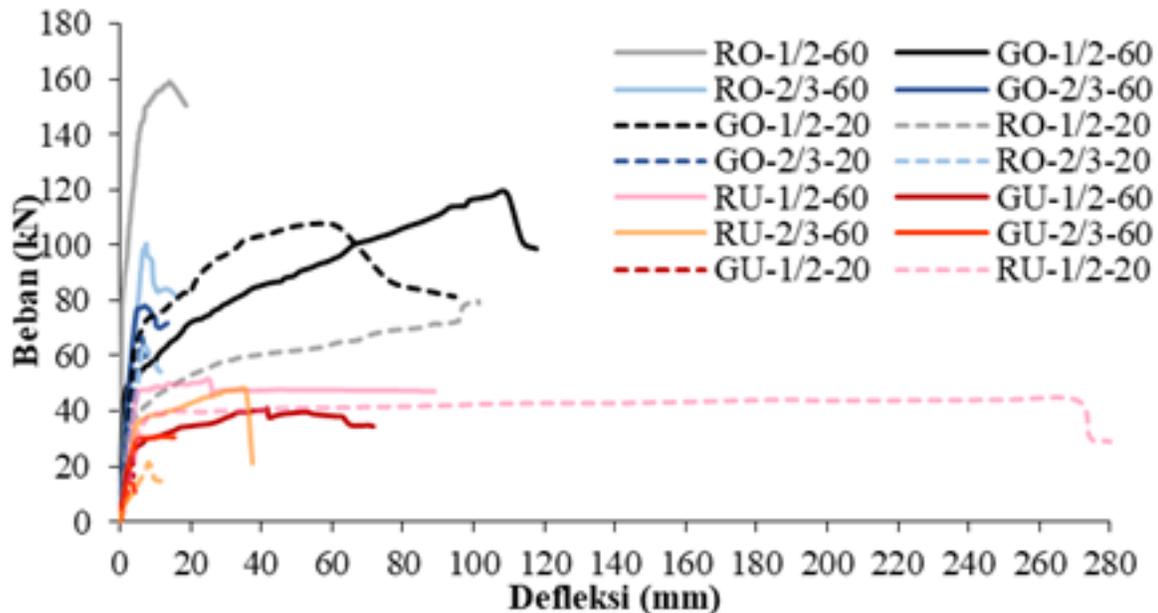
2. METODE

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental. Prinsip gradasi pada penelitian ini menggunakan pendekatan dengan cara memvariasikan mutu. Adanya kombinasi mutu akan membentuk gap yang terlihat nyata antara sisi serat tekan (atas) dan sisi serat tarik (bawah). Apabila balok telah dirancang secara baik maka akan terbentuk gradasi dari atas ke bawah yang ditandai dengan penurunan mutu secara bertahap. Eksperimen ini direncanakan dengan membuat spesimen balok menggunakan dua mutu yang berbeda, yakni mutu 20 MPa (serat tarik) dan 60 MPa (serat tekan). Tulangan yang digunakan pada spesimen balok menggunakan rasio yang mendekati p_{min} dan p_{max} . Dimensi balok yang digunakan adalah 1720x130x260 mm 1400x130x195 mm.

Pengujian kuat lentur pada penelitian ini menggunakan sistem four point bending. Hasil dari penelitian eksperimental ini diharapkan dapat memperoleh data mengenai hubungan beban – defleksi pada balok beton gradasi akibat pengaruh rasio dimensi penampang dan rasio penulangan. Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif. Analisis ini menggunakan angka dan kalimat dalam mendeskripsikan hasil dari data penelitian yang diperoleh.

3. HASIL

Data hasil beban – defleksi diperoleh dari hasil pengujian. Data beban diperoleh dari data yang terekam di data logger dan data defleksi diperoleh dari dial gauge. Beban dan defleksi yang dihasilkan di ringkas pada beberapa kondisi yakni saat retak pertama dan beban maksimum atau ultimate dan di bandingkan antar spesimen. Data hasil hubungan beban lendutan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Beban – Defleksi Gabungan

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 1, dapat dianalisis mengenai pengaruh perubahan rasio dimensi penampang terhadap beban dan defleksi yang dihasilkan pada kondisi ultimate. Perubahan rasio dimensi penampang dari $2/3$ ke $1/2$ mampu meningkatkan kapasitas balok dalam menahan beban hingga 52,11%. Perubahan rasio dimensi penampang dari $2/3$ ke $1/2$ pada balok, berpengaruh pada meningkatnya kapasitas balok dalam menahan beban sebesar 62,47% dan pada tingkat pembebanan yang sama (40 kN) defleksi berkurang sebesar 22,53%. Terlihat bahwa data hasil pengujian keempat balok tersebut memiliki hasil yang signifikan. Hasil tersebut dapat dikaitkan dengan data hasil perhitungan saat perencanaan awal, di mana dengan seiring bertambahnya tinggi dimensi penampang terjadi peningkatan pada tinggi daerah tekan beton (C). Peningkatan yang terjadi pada tinggi daerah tekan beton (C) berpengaruh pada pertambahan nilai regangan tulangan pada serat tarik terluar dan pertambahan tinggi tegangan blok ekuivalen (a). Seiring dengan bertambahnya nilai blok tegangan ekuivalen (a) akan membuat kapasitas balok dalam menahan beban juga meningkat. Selain itu, nilai regangan tulangan pada serat tarik terluar yang meningkat banyak akan membuat tulangan yang mendekati leleh semakin banyak, sehingga balok bersifat daktail. Hasil pengujian dari keempat balok tersebut yang dirancang terhadap rasio tulangan maksimum, memiliki nilai yang signifikan karena dibuktikan dengan presentase regangan yang nilainya meningkat cukup besar. Kondisi tersebut di dukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Nagesh et al. (2019). Pada penelitian tersebut dilakukan studi mengenai pengaruh dimensi terhadap perilaku lentur balok beton ringan bertulang. Penelitian tersebut menggunakan rasio penulangan tarik yang sama untuk semua spesimen balok, yakni $\rho=0,25\%$. Spesimen benda uji terdiri dari tiga buah dengan tinggi yang bervariasi mulai dari 150 sampai 600 mm, lebar yang konstan (150 mm), dan panjang bentang yang bervariasi dari 900 sampai 3600 mm. Hasil yang diperoleh menyatakan bahwa dengan semakin bertambahnya tinggi dimensi penampang, maka membuat kapasitas balok dalam menerima beban semakin meningkat. Tahapan awal pada saat balok mengalami retak, defleksi yang diamati kecil dengan kekakuan yang tinggi. Selanjutnya saat mencapai beban puncak, retakan mulai merambat menuju ke tulangan tarik dan setelah retak menyebar terjadi penurunan kekakuan diikuti dengan bertambahnya defleksi.

Selanjutnya, apabila dianalisis lebih lanjut mengenai peningkatan presentase beban pada balok gradasi GU- $2/3$ -60 dan GU- $1/2$ -60 dalam menahan beban tidak signifikan balok yang dirancang menggunakan rasio penulangan maksimum. Hal ini dapat dikaitkan dengan data saat perhitungan rencana awal, perubahan rasio dimensi penampang dari $2/3$ ke $1/2$ tidak terlalu berpengaruh pada peningkatan regangan tulangan pada serat tarik terluar karena hanya meningkat sebesar 1,26%. Presentase tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan regangan tulangan pada serat tarik terluar balok ini stagnan, sehingga hasil data presentase yang diperoleh sesuai jika dalam

menahan beban tidak sebesar balok yang dirancang menggunakan rasio penulangan maksimum. Selanjutnya, pada balok gradasi GU-2/3-20 dan balok gradasi GU-1/2-20 diperoleh hasil yang kurang sesuai. Faktor yang membuat kondisi balok tersebut tidak sesuai yakni penggunaan rasio tulangan yang tidak mencapai rasio tulangan minimum, sehingga balok berperilaku *super under reinforced*. Perilaku tersebut berkaitan dengan distribusi tegangannya di mana apabila rasio tulangan tidak mencapai rasio tulangan minimum, balok berperilaku seolah-olah seperti balok tanpa tulangan sehingga terkesan tidak terdapat penyebaran retak dari sisi tarik ke tulangan. Hal ini menyebabkan retak yang terjadi seolah-olah dianggap langsung merambat dari sisi tarik ke sisi tekan.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dianalisis mengenai pengaruh rasio penulangan terhadap beban – defleksi yang dihasilkan balok beton gradasi. Perubahan penggunaan desain rasio tulangan terhadap mutu 20 MPa ke mutu 60 MPa, berpengaruh pada peningkatan kapasitas balok dalam menahan beban sebesar 10,15%. Perubahan penggunaan desain rasio penulangan terhadap mutu 20 MPa ke mutu 60 MPa, berpengaruh pada peningkatan kapasitas balok dalam menahan beban sebesar 17,65%. Penggunaan rasio penulangan yang besar berkontribusi terhadap pertambahan kapasitas balok gradasi dalam menahan beban. Hal ini dikarenakan dengan semakin besar rasio penulangan maka luas tulangan terpasangnya lebih besar, sehingga kemampuan tulangan dalam menahan dan mentransfer tegangan jauh lebih besar dibandingkan menggunakan rasio tulangan yang lebih kecil. Penggunaan rasio tulangan yang besar juga berkontribusi pada kekakuan balok yang besar sehingga lendutan yang dihasilkan kecil. Kondisi tersebut di dukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Abdelkareem (2007) yang menyatakan bahwa peningkatan rasio tulangan mengurangi retak lentur dan meningkatkan kekuatan ultimate, akan tetapi defleksi yang dihasilkan menurun.

5. SIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian diperoleh hasil, yakni: (1) Capaian beban saat retak pertama untuk hampir seluruh spesimen gradasi mengalami peningkatan seiring dengan perubahan rasio dimensi penampang dari 2/3 ke 1/2. (2) Capaian beban pada seluruh spesimen gradasi saat kondisi ultimate mengalami peningkatan dan defleksinya mengalami penurunan seiring dengan perubahan rasio dimensi penampang dari 2/3 ke 1/2. (3) Capaian beban pada seluruh spesimen gradasi saat kondisi ultimate mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya rasio penulangan

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aylie, H., Gan, B.S., Sholihin, A., Pratama, M.M.A. 2015. Parametric Study of the Load Carrying Capacity of Functionally Graded Concrete of Flexural Members. *International Journal of Engineering and Technology Innovation*, vol. 5, no. 4, pp. 233 – 241.
- Prabowo, Antonius Y.N. 2018. Kapasitas Lentur Balok Beton Gradasi. Skripsi tidak diterbitkan

- kan. Malang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.
- Margareta, Devita Indah. 2019. Pengaruh Konfigurasi Mutu Beton Pada Perilaku Lentur Balok Beton Gradasi. Skripsi tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.
- Nur, O. F. 2009. Kajian Eksperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal Berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 5(2), 39.
- Indriani, A.M., dan Sugianto, A. 2016. Rasio Lebar dan Tinggi Balok terhadap Kuat Lentur. *Info Teknik*, vol.17, no.2, pp.219-234.
- Andreas, S., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. 2015. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Ratio Tulangan Tarik. *Jurnal Sipil Statik Maret*, 3(3), 175–182.
- Nagesh, H. E., & Rao, G. A. 2019. Evaluation of Minimum Flexural Reinforcement in Design of Reinforced Concrete Beams. Springer Singapore, vol.1.
- Wu, C. H., Kan, Y. C., Huang, C. H., Yen, T., & Chen, L. H. (2001). Flexural behavior and size effect of full scale reinforced lightweight concrete beam. *Journal of Marine Science and Technology*, 19(2), 132–140.
- Abdelkareem, Khairy H. 2007. Experimental and Theoretical Study on Maximum Reinforcement Ratios of High Strength Concrete Flexural Beams. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 35, No. 2.