

Tinjauan Kapasitas dan Detailing Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang Konvensional Berdasarkan SNI 2847:2013 dengan Pertimbangan Aspek Kemudahan Praktik di Lapangan dan Acuan *Rules Of Thumb* Studio Arsitektur

Yudhiarma, *Herry Prabowo, Mochamad Hilmy

Program Studi Arsitektur Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Arsitektur, Politeknik Negeri Pontianak,
Jalan Ahmad Yani, Pontianak 78124
Email koresponden: *prabowoherry@yahoo.com

Abstract: *The main parameters that determine the flexural and shear capacity of a reinforced concrete beam include the dimensions of the beam, the quality of the concrete, the quality of steel reinforcement, the size of steel reinforcement, and the amount of steel used. In practice, these parameters generally have a certain value so that for certain spans, also the details of a reinforced concrete stress block, can be estimated by taking parameters that exist in the field as constraints. The process of drawing and estimating detailed beams in a studio of architecture usually also refers to practical needs in the field. So by providing limits on span, concrete quality, and steel quality, a drafter can estimate the details of the beam under review. The process of calculating beam dimensions is done by estimating the cross section height of the beam (h) and the width of the beam (b) according to the 'Rules of Thumb' reference. The dimension calculation based on effective beam span 4m, 5m, 6m, 7m, and 8m produces the smallest beam dimension, namely B20/35 beam and the largest is B55 / 80.*

Keyword: *beam dimension, tension reinforcement, rules of the thumb, studio of architecture*

Abstrak: Beberapa parameter utama yang digunakan menentukan kapasitas lentur dan geser balok beton bertulang antara lain adalah: dimensi penampang balok, kualitas beton, kualitas baja tulangan, ukuran tulangan baja, dan jumlah baja tulangan yang digunakan. Dalam praktik di lapangan, parameter ini umumnya memiliki nilai tertentu sehingga untuk suatu bentang tertentu, begitu pula dengan detail blok tegangan beton bertulang yang diekivalenkan pada diagram tegangan penampang balok, dapat diperkirakan dengan mengambil parameter yang ada di lapangan sebagai batasan. Proses penggambaran dan proses perkiraan detail balok di studio arsitektur biasanya berpedoman pada kebutuhan praktis di lapangan. Sehingga dengan tersedianya data mengenai batasan bentang balok, mutu beton, dan mutu baja tulangan yang digunakan, seorang drafter dapat memperkirakan detail balok yang ditinjau. Proses perhitungan dimensi balok dilakukan dengan memperkirakan tinggi penampang balok (h) dan lebar penampang balok (b) berdasarkan acuan "*Rules of Thumb*". Hasil perhitungan dimensi balok berdasarkan bentang balok efektif (L) 4m, 5m, 6m, 7m, dan 8m menghasilkan dimensi balok terkecil yaitu balok B20/35 dan terbesar yaitu balok B55/80.

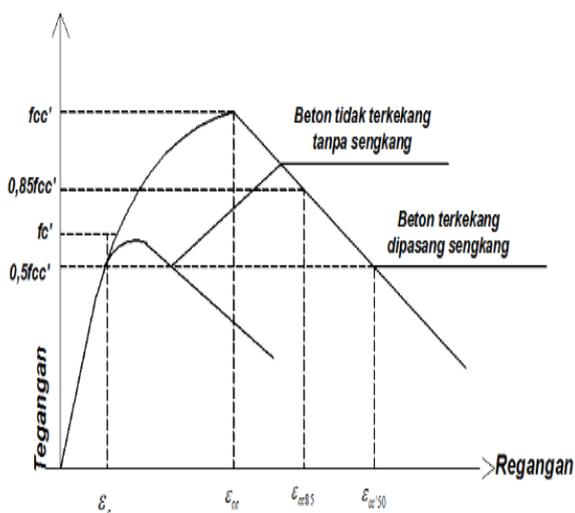
Kata Kunci: dimensi balok, tulangan tarik, *rules of the thumb*, studio arsitektur

Sifat material beton bertulang. Beton merupakan campuran dari berbagai bahan utama yaitu agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), bahan pengikat (semen), dan air. Keseluruhan bahan penyusun ini apabila diaduk dan selanjutnya dituang dalam cetakan akan mengalami pengerasan seiring bertambahnya waktu atau umur beton. Reaksi pencampuran antara semen dan air bersifat kimiawi dan bersifat melepas panas. Reaksi ini disebut

hidrasi. Hasil campurannya disebut pasta semen, yang apabila ditambah pasir disebut mortar. Mortar ini dapat dipandang sebagai campuran pengisi rongga-rongga yang terdapat di sela-sela agregat kasar sehingga terikat menjadi satu kesatuan material beton. Dan pada akhirnya membentuk suatu massa yang padat (Agusta, Supardi, & Sunarmasto, 2016).

Komposisi yang tepat dalam pencam-

puran beton (*concrete mix design*) sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan. Karenanya, perhitungan komposisi bahan beton diatur dalam berbagai standar yang dikeluarkan berbagai negara, misalnya Amerika Serikat dengan ACI Code nya dan Inggris dengan BS Code nya (Manuhua, Walla, & Dapas, 2015). Hasil uji kekuatan tekan beton diplot dalam suatu grafik tegangan dan regangan (Setiawan, 2016). Bentuk tipikal grafik kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 1. Gambar ini sekaligus mencerminkan mutu beton yang ditinjau.



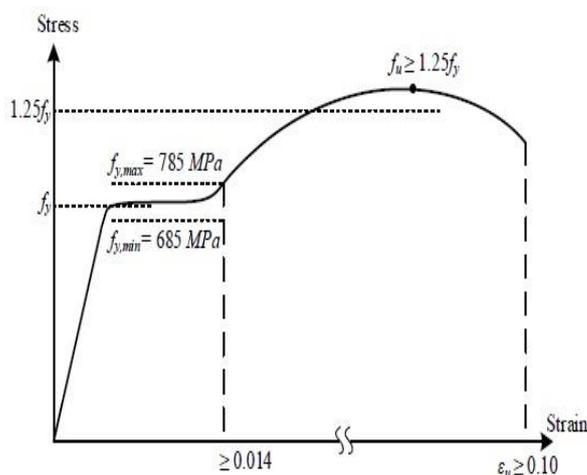
Gambar 1. Grafik Tegangan vs Regangan Beton

(Sumber: (Utami & Sutantiningrum, 2019))

Selanjutnya, bahan penyusun material beton bertulang adalah baja tulangan. Berdasarkan bentuknya, baja tulangan beton dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip (Suku, 2018). Baja tulangan beton polos (BJTP) adalah baja tulangan beton berpenampang lingkaran dengan permukaan rata tidak bersirip dan baja tulangan beton sirip (BJTS) adalah baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan rusuk memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton (Atmajayanti, Jati,

& Paledung, 2017).

Kualitas baja tulangan sangat ditentukan oleh sifat mekanisnya yang berupa tegangan leleh dan kandungan karbonnya. Sehingga umumnya, material baja diklasifikasikan berdasarkan pada tegangan leleh dan kandungan karbonnya (Sitepu, 2014). Untuk mengetahui berapa besar tegangan leleh suatu tulangan baja, maka dilakukan uji tegangan tarik. Bentuk tipikal grafik uji tarik baja tulangan dapat dilihat pada gambar 2. Gambar ini sekaligus mencerminkan mutu baja tulangan yang ditinjau (Jaya, 2014).



Gambar 2. Grafik Tegangan vs Regangan Baja Tulangan

(Sumber: (Rofiq, Alrasyid, Iranata, & Irawan, 2018))

Balok beton yang menahan momen lentur positif akan mengalami tegangan tekan pada serat material bagian atas garis normal penampang dan mengalami tegangan tarik pada serat material bagian bawah garis normal penampang. Perilaku keruntuhan yang dominan pada balok beton adalah akibat lentur (Sitepu & Nursyamsi, 2014), (Puspita, Aulia, & Afifuddin, 2018). Hal ini berlaku untuk rasio betang balok (L) terhadap tinggi penampang balok (h) cukup besar. Jika rasio L/h ini kecil sehingga balok digolongkan sebagai balok tinggi (*deep beam*), maka yang terjadi adalah keruntuhan akibat gaya geser akan lebih dominan (Kader & Jaya, 2013). Proses detail penulangan balok nantinya

akan mengacu pada parameter tersebut, yaitu besarnya momen lentur dan gaya geser.

Cara Menentukan Dimensi dan Jumlah Tulangan Utama Memanjang Balok Beton Bertulang. Perhitungan rencana penulangan balok diawali dengan memperkirakan ukuran dimensi tinggi balok (h) dari bentang balok (L). Dimensi tinggi balok (h) kemudian digunakan untuk memperkirakan dimensi lebar balok (b). Dengan demikian diperoleh dimensi balok yang memungkinkan untuk tiap bentang. Selanjutnya rencana penulangan diperhitungkan dengan data dimensi dan properti penampang, mutu material, jumlah tulangan yang memungkinkan dipasang dalam satu baris, serta parameter lainnya berdasarkan SNI 2847:2013 (BSN, 2013).

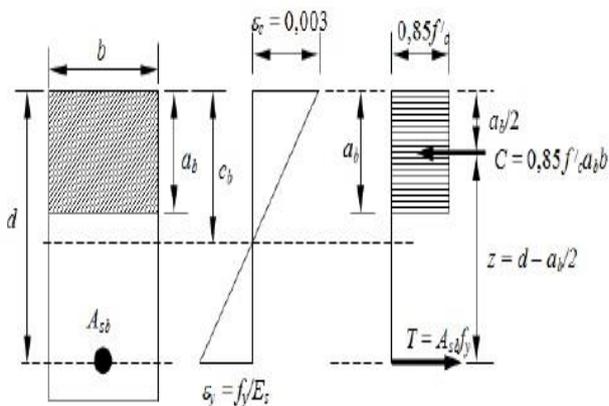
Secara umumnya untuk keperluan di studio arsitektur dimensi komponen struktur, misalkan balok, diperkirakan dengan suatu *rules of thumb* (perkiraan praktis) dari bentang balok tersebut. Perkiraan praktis yang biasa dipakai antara lain: Tinggi Balok Induk (h) = (1/12 hingga 1/10) x Bentang Balok Induk, Tebal Balok Induk (b) = (1/2 hingga 2/3) x Tinggi Balok Induk, perhitungan balok beton bertulang konvensional (non-prategang) dilakukan dengan memilih bentang balok efektif (L) sebesar 4m, 5m, 6m, 7m, dan 8m.

Perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok dilakukan dengan menganalisis penampang yang telah diperkirakan dari panjang bentang. Luas tulangan tarik utama diperkirakan dengan mengambil 0,5% dari luas penampang balok yang diperoleh ($A_s = 0,5\% \times b \times h$). Mutu beton diambil sebesar ($f_c' = 20$ MPa). Mutu tulangan ($f_y = 400$ MPa). Jarak antar tulangan luar dan dalam diambil sebesar 25 mm. Faktor reduksi lentur ($\phi = 0,80$). Konstanta mutu beton ($\beta_1 = 0,85$).

Analisis penampang balok terlentur

selanjutnya dihitung dengan menggunakan analisis balok terlentur bertulangan tarik saja. Hal ini bisa dilakukan karena berbagai parameter yang diperlukan dapat diketahui dari data yang disebutkan diatas. Perhitungan meliputi luas penampang baja tulangan yang dibutuhkan (A_s), lebar balok (b), tinggi efektif balok (d), tinggi total (h), mutu beton (f_c'), dan mutu baja tulangan (f_y).

Langkah selanjutnya adalah perhitungan parameter batas rasio penulangan, yaitu rasio penulangan seimbang (ρ_b), rasio penulangan minimum (ρ_{min}), dan rasio penulangan maksimum (ρ_{maks}). Sehingga rasio penulangan terpasang dapat diperiksa daktilitasnya. Beberapa parameter dapat pula dihitung, yaitu tinggi blok tegangan tekan ekuivalen whitney (a), jarak kopel momen tahanan dalam (z), resultan gaya tarik dalam (NT), kuat momen nominal (M_n), dan kuat momen rencana (M_R). Parameter terkait kebutuhan tulangan memanjang dapat dilihat pada blok tegangan tekan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok tegangan tekan ekuivalen
(Sumber: Analisis, 2020)

Luas tulangan geser yang diperlukan diperkirakan dengan mengambil 0,2% dari luas penampang balok yang diperoleh ($A_s = 0,2\% \times b \times h$). Mutu beton diambil sebesar ($f_c' = 20$ MPa). Tulangan geser menggunakan jenis tulangan polos dengan mutu tulangan sengkang ($f_{ys} = 240$ MPa). Diameter tulangan sengkang

(beugel) yang dipilih adalah diameter yang umumnya tersedia dipasaran dan yang biasa digunakan dilapangan, antara lain tulangan diameter Ø6, Ø8, dan Ø10.

HASIL

Kapasitas dan detailing lentur dan geser balok beton bertulang ditinjau berdasarkan kebutuhan praktis di lapangan dan mengacu pada *Rules of Thumb* Studio Arsitektur. Hasil perhitungan meliputi perkiraan dimensi balok berdasarkan bentang efektif balok, perkiraan kebutuhan tulangan memanjang, dan perkiraan kebutuhan tulangan geser/ sengkang.

Perhitungan balok beton bertulang konvensional (non-prategang) dilakukan dengan memilih bentang balok efektif (L) sebesar 4m, 5m, 6m, 7m, dan 8m. Pemilihan bentang tersebut berdasarkan kebutuhan praktis di lapangan. Bentang awal dipilih 4m agar dihasilkan dimensi yang diperkirakan menjadi balok struktural. Sedangkan bentang maksimum 8m dipilih agar dimensi balok yang dihasilkan masih efisien memikul beban terutama berat sendiri struktur.

Proses awal perhitungan dimensi balok dilakukan dengan memperkirakan tinggi penampang balok (h). Sesuai dengan acuan *Rules of Thumb* tinggi balok (h) diambil sebesar $1/12 L$. Ukuran yang diperoleh kemudian hasilnya dibulatkan hingga kelipatan 5 cm terdekat seperti terlihat pada tabel 4.

Selanjutnya lebar balok (b) dihitung berdasarkan ukuran tinggi balok (h) yang diperoleh. Sesuai dengan acuan *Rules of Thumb* lebar balok (b) diambil sebesar $\frac{1}{2} h$. Ukuran lebar balok kemudian hasilnya dibulatkan hingga kelipatan 5 cm terdekat, lihat Tabel 5.

PEMBAHASAN

Setelah dimensi balok diperoleh, maka selanjutnya diperkirakan luas tulangan tarik

utama. Luas tulangan tarik utama diperkirakan dengan mengambil 0,5% dari luas penampang balok yang diperoleh ($A_s = 0,5\% \times b \times h$). Selanjutnya diperkirakan diameter tulangan yang dapat digunakan.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tinggi Balok

L(m)	h (cm)									
4	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
5	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
6	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
7	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
8	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80

Tabel 2. Hasil Perhitungan Lebar Balok

h (cm)	b (cm)								
35	20	25	30	35	40	45	50	55	
40	20	25	30	35	40	45	50	55	
45	20	25	30	35	40	45	50	55	
50	20	25	30	35	40	45	50	55	
55	20	25	30	35	40	45	50	55	
60	20	25	30	35	40	45	50	55	
65	20	25	30	35	40	45	50	55	
70	20	25	30	35	40	45	50	55	
75	20	25	30	35	40	45	50	55	
80	20	25	30	35	40	45	50	55	

Tulangan utama atau yang biasa juga disebut tulangan pokok menggunakan jenis tulangan ulir (*deform*), dengan jenis baja tulangan BJTD-40 dan dengan tegangan leleh ($f_y = 400$ Mpa). Diameter tulangan ulir yang dipilih adalah diameter yang umumnya tersedia dipasaran dan yang biasa digunakan dilapangan, antara lain tulangan diameter D13, D16, D19 dan D22. Selanjutnya setelah diameter tulangan yang mungkin digunakan pada penampang balok diperoleh, maka dilakukan pengecekan jarak bersih antar tulangan yang bisa dipasang dalam satu baris. Jarak bersih antar tulangan dalam satu baris ditetapkan minimal 25 mm dengan pertimbangan kemudahan beton yang dicor bisa melalui ruang disela-sela tulangan agar tidak terjadi keropos beton.

Setelah tulangan memanjang diperoleh maka langkah selanjutnya adalah memperhitungkan dan memeriksa jarak efektif

antara tulangan utama tarik dan tulangan utama tekan. Jarak tulangan ini dibutuhkan untuk memperkirakan apakah tulangan susut/ torsi diperlukan ditengah penampang. Jarak tersebut tidak boleh melebihi 30 cm (= 300 mm). Apabila jarak ini melampaui 30 cm maka dipasang tulangan susut yang luasnya diambil sebesar 0,18% dari luas penampang balok yang diperoleh ($A_{susut} = 0,18\% \times b \times h$). Tulangan susut menggunakan jenis tulangan ulir (*deform*), dengan jenis baja tulangan BJTD-40 dan dengan tegangan leleh ($f_y = 400$ Mpa). Diameter tulangan ulir yang dipilih adalah diameter yang umumnya tersedia dipasaran dan yang biasa digunakan dilapangan, antara lain tulangan diameter D13, D16, D19 dan D22. Langkah berikutnya yang dilakukan adalah menentukan kapasitas lentur balok yang diperoleh.

Langkah perhitungan setelah memperoleh tulangan memanjang adalah menentukan tulangan beugel atau yang biasa juga disebut tulangan sengkang/ pembagi. Tulangan beugel diperkirakan dengan mengambil 0,2% dari luas penampang balok yang diperoleh ($A_{min} = 0,2\% \times b \times h$). Selanjutnya diperkirakan diameter tulangan yang dapat digunakan. Tulangan beugel menggunakan jenis tulangan polos dengan tegangan leleh ($f_y = 240$ Mpa). Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh diameter tulangan sengkang yang umum tersedia dipasaran dan yang biasa digunakan dilapangan, antara lain tulangan diameter Ø6, Ø8, dan Ø10 dengan jarak/spasi tulangan geser antara 100 mm hingga 200 mm.

SIMPULAN

Hasil perhitungan seluruh dimensi balok berdasarkan bentang balok efektif (L) sebesar 4m, 5m, 6m, 7m, dan 8m menghasilkan dimensi balok terkecil yaitu balok B20/35 dan terbesar yaitu balok B55/80. Untuk bentang 4 m

diperoleh ukuran balok minimum B20/35 dan maksimum B30/40. Untuk bentang 5 m diperoleh dimensi balok terkecil B25/45 dan terbesar B35/50. Pada bentang 6 m didapat ukuran balok minimum B25/50 dan maksimum B40/60. Pada bentang 7 m didapat dimensi balok terkecil B30/60 dan terbesar B50/70. Sedangkan untuk bentang 8 m diperoleh dimensi balok terkecil B35/70 dan terbesar B55/80. Ukuran tulangan tarik utama balok bervariasi, antara lain: tulangan 3D13, 3D16, 4D16, 5D16, dan 5D19. Tulangan geser bervariasi diameter Ø6, Ø8, dan Ø10 dengan jarak/spasi tulangan geser antara 100 mm hingga 200 mm.

Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 20$ Mpa dan mutu baja tulangan sebesar $f_y = 400$ Mpa. Selimut beton diambil sebesar 40 mm. Perhitungan tulangan dilakukan untuk satu lapis tulangan utama tarik dengan jarak bersih minimum antar tulangan dalam satu baris sebesar 25 mm. Seluruh rasio tulangan dalam keadaan daktil.

Perhitungan penulangan lentur dan geser untuk detailing ini dapat lebih disempurnakan dengan memperhitungkan tulangan utama dalam dua lapis tulangan. Hal ini berguna untuk aplikasi detailing balok pada struktur bangunan yang memikul beban cukup berat, misalnya pada sistem lantai yang memikul beban kendaraan bergerak. Pada jenis balok tersebut, titik berat tulangan tarik utama harus diperhitungkan dalam mencari tinggi efektif penampang balok sehingga cukup menambah kompleksitas perhitungan yang dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Politeknik Negeri Pontianak atas dukungan dana dan para pihak yang telah turut serta memberikan sumbangsih dalam membantu dan mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, R., Supardi, & Sunarmasto. (2016). Evaluasi Kekuatan Dan Detailing Tulangan Balok Beton Bertulang Sesuai Sni 2847:2013 dan SNI 1726:2012. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil.
- Atmajayanti, A., Jati, D., & Paledung, R. (2017). Efektifitas Serat Tali Beneser Terhadap Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 14, No. 2, 76 – 84.
- BSN. (2013). SNI 2847:2013. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Jaya, B. (2014). Analisa Balok Beton Bertulang Cold Formed Menggunakan Solidworks. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol.2.No.3.
- Kader, I., & Jaya, I. (2013). Analisis Pola Retak Dan Mekanisme Kegagalan Balok Beton Bertulang Dengan Perkuatan Lentur Lembar Cfrp. *Jurnal Logic*. Vol. 13. No. 3.
- Manuhua, Y., Walla, S., & Dapas, S. (2015). Analisis Kapasitas Balok Beton Bertulang Dengan Lubang Pada Badan Balok. *Jurnal Sipil Statik* Vol.3 No.7, 456-465.
- Puspita, F., Aulia, T., & Afifuddin, M. (2018). Analisis Retak Lentur Pada Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Yang Diperbaiki Dengan Injeksi Epoxy. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala* Vol. 1 Special Issue, No. 4.
- Rofiq, M. A., Alrasyid, H., Iranata, D., & Irawan, D. (2018). Prediksi Perilaku Lentur Kolom Beton Bertulang Mutu Tinggi Terhadap Kombinasi Beban Perpindahan Monotonik dan Aksial Rendah,. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, Vol. 16, No. 2.
- Setiawan, D. (2016). Pola Retak Lentur Geser Balok Beton Bertulang Dengan Orthotropic Model. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif*. Semarang.
- Sitepu, N., & Nursyamsi. (2014). Perilaku Balok Beton Bertulang Dengan Perkuatan Pelat Baja Dalam Memikul Lentur. *Jurnal Teknik Sipil USU* Vol. 3 No. 2.
- Suku, Y. (2018). Pemodelan dan Analisis Perilaku Balok Beton Bertulang yang Berbeda Diameter Akibat Variasi Tata Letak Tulangannya. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, Vol 24, No. 1, 20-28.
- Utami, S. R., & Sutantiningrum, K. H. (2019). Analisis Perhitungan Geser Balok Normal Dengan Geser Balok Perlakuan Carbon Fiber Reinforced Polymer(Cfrp) Terhadap Balok Beton Bertulang. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, Vol. 04, No. 1, 35-47.