

The Influence of Depth Beam to Bending and Shear Capacity on Simple Beam

PENGARUH TINGGI BALOK TERHADAP KAPASITAS LENTUR DAN GESER PADA GELAGAR SEDERHANA

Samuel Layang¹

¹⁾ Prodi. Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Palangka Raya, Kampus Unpar Tunjung Nyaho, Jl. H. Timang

e-mail : sammy.ptb@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research is to find out the influence of depth beam to bending and shear capacity on simple beam. This research is using single span with length 6 m as a model. The width of the beam is constant (20 cm) and the depth of the beam have variation from 30 cm, 35 cm and 40 cm respectively. The load acting on the beam is selfweight, concentrated force and combination between selfweight and concentrated force.

The result of this research has showed that increasing of depth of beam will increase the bending and shear capacity. For the beam that only account upon selfweight, increasing the depth of beam by 5 cm and 10 cm will increase the value of bending capacity 16.30% and 32.92% respectively. The beam that only accounts upon concentrated force, increasing the depth of beam by 5 cm and 10 cm will increase the value of bending capacity 36.11% and 77.78% respectively. The beam that account upon selfweight and concentrated force, increasing the depth of beam by 5 cm and 10 cm will increase the value of bending capacity 30.78% and 64.37% respectively. The beam that only account upon selfweight have the same shear capacity for all type of beam. The beams which only account upon concentrated force, increasing the depth of beam by 5 cm and 10 cm will increase the shear capacity value 16.58% and 33.24% respectively. The beam that account upon selfweight and concentrated force, increasing the depth of beam by 5 cm and 10 cm will increase the value of shear capacity 11.08% and 21.12% respectively.

Keyword: bending capacity, shear capacity

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi balok terhadap kapasitas lentur dan kapasitas geser pada gelagar sederhana. Penelitian ini menggunakan model balok bentang tunggal dengan panjang 6 m. Lebar balok tetap (20 cm) dan tinggi balok bervariasi dari 30 cm, 35 cm dan 40 cm. Beban yang bekerja adalah berat sendiri, beban terpusat serta kombinasi berat sendiri dan beban terpusat.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan tinggi balok menyebabkan peningkatan kapasitas lentur dan kapasitas geser balok. Untuk balok yang hanya memperhitungkan berat sendiri, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm dan 10 cm akan meningkatkan kapasitas lentur balok sebesar 16,30% dan 32,92%. Untuk balok yang hanya memperhitungkan beban terpusat, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm dan 10 cm akan meningkatkan kapasitas lentur balok sebesar 36,11% dan 77,78%. Untuk balok yang memperhitungkan berat sendiri dan beban terpusat, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm dan 10 cm akan meningkatkan kapasitas lentur balok sebesar 30,78% dan 64,37%. Untuk balok yang hanya memperhitungkan berat sendiri, nilai kapasitas geser sama untuk semua balok. Untuk balok yang hanya memperhitungkan beban terpusat, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm dan 10 cm akan meningkatkan kapasitas geser balok sebesar 16,58% dan 33,24%. Untuk balok yang memperhitungkan berat sendiri dan beban terpusat, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm dan 10 cm akan meningkatkan kapasitas geser balok sebesar 11,08% dan 21,12%.

Kata Kunci : kapasitas lentur, kapasitas geser

PENDAHULUAN

Kinerja struktur bangunan dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya momen lentur, gaya geser, lendutan dan torsi. Faktor-faktor tersebut harus terpenuhi agar menjamin struktur tersebut aman. Pada prinsipnya struktur utama bangunan dapat

terbuat dari beton, baja dan komposit. Struktur komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang bekerja sebagai satu kesatuan, seperti baja dan beton.

Salah satu struktur bangunan yang sering digunakan adalah struktur portal yang merupakan

kombinasi antara balok dan kolom. Dalam perencanaan biasanya dikenal dengan istilah, "strong column, weak beam". Secara sederhana prinsip ini mengatakan bahwa, kolom harus di rencanakan lebih kuat dari balok (kolom kuat, balok lemah). Jika salah satu kolom mengalami kegagalan struktur, maka struktur secara keseluruhan akan terganggu. Namun jika balok yang mengalami kegagalan struktur (*failure*), maka struktur yang lain kemungkinan tidak terganggu. Akan tetapi tidak berarti bahwa kolom lebih penting dari balok, tetap sebagai satu kesatuan.

Kegagalan struktur dapat terjadi pada semua bagian struktur tidak terkecuali balok. Balok beton dapat mengalami kegagalan struktur jika kapasitas nominalnya terlampaui, dengan kata lain apabila terdapat beban luar yang bekerja melebihi kemampuan layan balok. Pada balok beton dapat terjadi keruntuhan lentur dan geser. Dari kedua jenis keruntuhan ini, keruntuhan akibat geser adalah yang sangat berbahaya, karena terjadi secara tiba-tiba tanpa adanya peringatan terlebih dahulu sebagaimana pada keruntuhan lentur. Oleh karena itu jenis keruntuhan geser sangat dihindari dalam perencanaan. Pengetahuan akan keruntuhan geser amatlah penting, sehingga perencana dapat memastikan struktur yang direncanakan benar-benar aman. Keruntuhan geser terkait dengan kapasitas geser balok, demikian pula untuk keruntuhan lentur terkait erat dengan kapasitas lentur.

Berdasarkan uraian di atas, penulis melakukan penelitian yang bersifat analisis dengan meninjau variasi tinggi balok terhadap kapasitas lentur dan geser balok pada gelagar sederhana (*simple beam*). Penulis ingin mendapatkan gambaran pengaruh variasi tinggi balok dengan ukuran lebar balok yang dibuat tetap. Untuk menganalisis kekuatan lentur dan geser balok, penulis menggunakan Program STAAD Pro 2004.

Lentur Pada Balok

Balok yang menerima beban akan mengalami lentur dan deformasi. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban semakin bertambah, maka akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang menyebabkan timbulnya retak lentur di sepanjang bentang balok

Apabila beban yang bekerja semakin bertambah, pada akhirnya dapat menyebabkan keruntuhan elemen struktur, yaitu pada saat beban luar mencapai kapasitas elemen. Taraf pembebanan demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur.

Jika suatu balok terbuat dari material yang elastis linear, isotropis, dan homogen maka tegangan lentur maksimum dapat diperoleh dengan rumus lentur balok yaitu:

$$f = \frac{M \cdot y}{I}$$

dengan:

f = tegangan lentur

M = momen lentur

Y = jarak titik tinjau terhadap garis netral

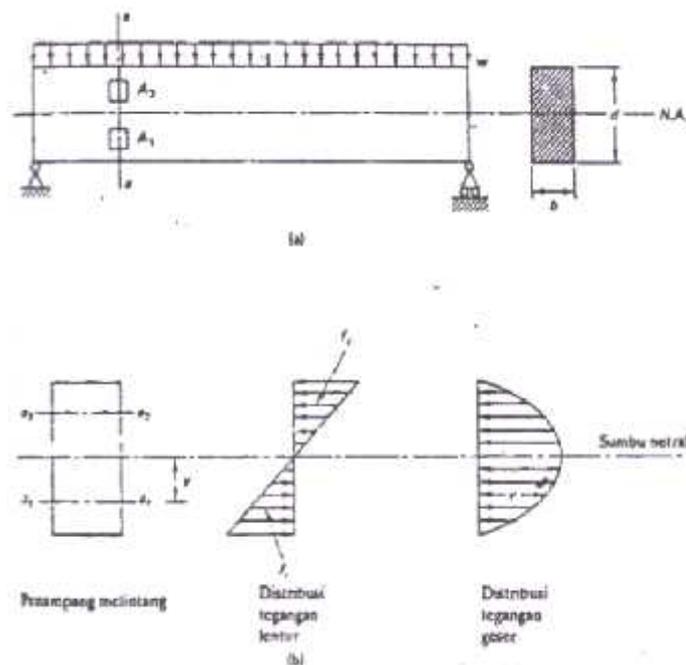
I = momen inersia penampang

Pada keadaan beban batas, balok beton bertulang bukanlah material homogen dan juga tidak elastis sehingga rumus lentur di atas tidak dapat digunakan untuk menghitung tegangan. Akan tetapi prinsip-prinsip dasar mengenai teori lentur masih dapat digunakan pada analisis penampang melintang beton bertulang.

Geser Pada Balok

Perilaku balok beton pada keadaan runtuh karena geser sangat berbeda dengan keruntuhan lentur. Pada keruntuhan geser, balok langsung hancur tanpa adanya peringatan terlebih dahulu, selain itu retak diagonal yang terjadi lebih besar jika dibandingkan dengan keruntuhan lentur.

Prinsip mekanika klasik dari balok beton bertulang yang homogen, isotropis terhadap distribusi tegangan lentur dan tegangan geser ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. (a) Balok Sederhana dengan Beban Merata; (b) Distribusi Tegangan Balok Segi Empat (Nawi, 149)

$$v = \frac{V.A.\bar{y}}{Ih} \tag{2}$$

Jika penampang balok berbentuk segi empat, maka tegangan geser dirumuskan sebagai berikut:

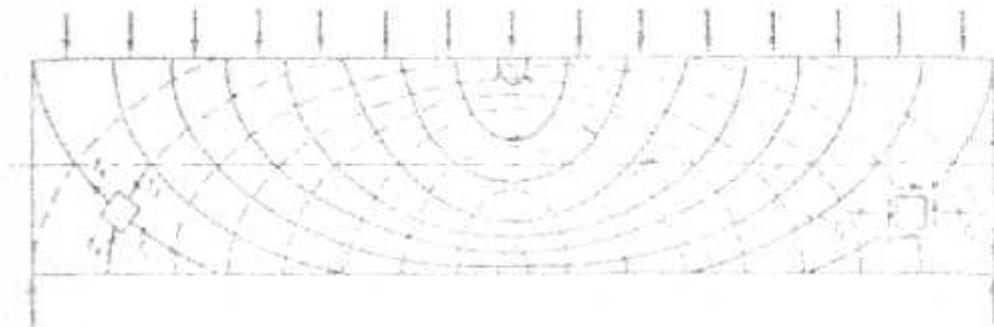
$$v = \frac{3V}{2h} \tag{3}$$

dengan:

- v = tegangan geser
- V = gaya geser
- \bar{y} = jarak serat yang tinjau terhadap garis netral
- I = momen inersia penampang
- A = luas penampang yang ditinjau
- b = lebar balok
- h = tinggi balok

Tegangan lentur (f) dan tegangan geser (v) yang timbul pada balok bervariasi tergantung dari letak tempat yang ditinjau di sepanjang balok dan jaraknya terhadap garis netral. Dari gambar 1 terlihat bahwa kuat tekan (f'c) pada elemen A₂ di atas sumbu netral mencegah retak karena tegangan utama maksimum elemen ini adalah tekan. Untuk elemen A₁ di bawah sumbu netral, tegangan utama maksimumnya adalah tarik sehingga

retak menjadi lebih mudah terjadi. Semakin dekat ke tumpuan (perletakan) maka momen lentur berkurang dengan disertai bertambahnya tegangan geser. Tegangan tarik utama bekerja pada bidang yang kurang lebih 45° terhadap normal penampang di dekat perletakan.

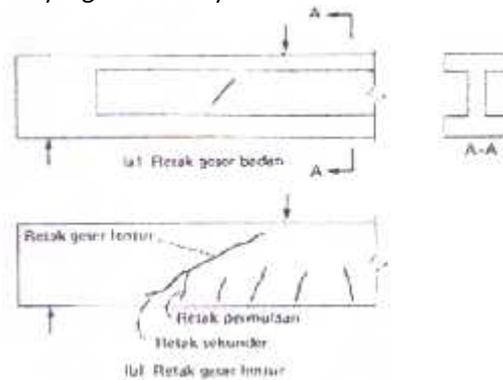


Gambar 2. Trayektori Tegangan Utama Pada Balok Homogen Isotropis Garis tak putus : trayektori tarik; Garis putus-putus : trayektori tekan (Nawi, 152)

Perilaku Balok Tanpa Tulangan Geser

Retak miring di dalam badan dari balok beton bertulang atau prategang dapat terjadi tanpa adanya retak lentur di daerah sekitar atau sebagai kelanjutan dari retak lentur yang terjadi sebelumnya. Retak miring yang terjadi di dalam balok yang sebelumnya

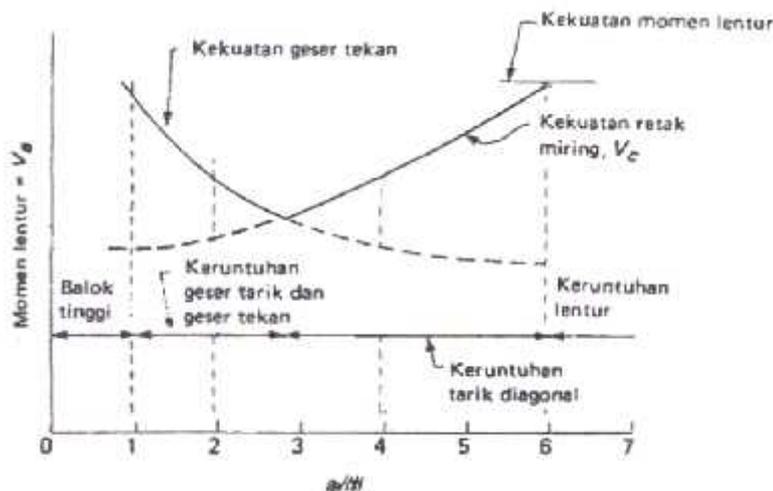
tidak mengalami retak lentur dikenal sebagai retak geser badan (*web-shear-crack*). Retak miring yang dimulai sebagai kelanjutan dari retak lentur yang telah ada sebelumnya, dikenal sebagai retak geser lentur (*flexure-shear-crack*).



Gambar 3. Jenis-Jenis Retak Miring (Wang, Salmon, 1985)

Unsur penahan gaya geser pada balok beton bertulang adalah:

1. Perlawanan geser dari beton bertulang yang belum retak
2. Gaya ikat antara agregat (*interlocking*)
3. Aksi pasak (*dowel action*) sebagai perlawanan dari penulangan longitudinal terhadap gaya transversal
4. Aksi pelengkung (*arch action*) pada balok yang relatif tinggi
5. Perlawanan tulangan geser dari sengkang (tidak ada pada balok tanpa tulangan geser)



Gambar 4. Jenis Keruntuhan Berdasarkan a/d (Wang, Salmon, 1985)

Kelangsingan balok menentukan ragam keruntuhan. Dari gambar 4 dapat ditetapkan empat kategori umum keruntuhan, yaitu:

1. Balok tinggi ($a/d \leq 1$)
Untuk balok tinggi, tegangan geser mempunyai pengaruh yang besar. Pola

keruntuhan yang mungkin terjadi antara lain (a) keruntuhan angker, yaitu lepasnya tulangan tarik dari perletakan; (b) kehancuran di daerah perletakan; (c) keruntuhan lentur (*flexure failure*), akibat hancurnya beton di bagian atas dari pelengkung atau akibat

- lelehnya tulangan tarik; (d) keruntuhan dari rib pelengkung akibat eksentrisitas dari tekanan di dalam pelengkung yang mengakibatkan retak tarik di atas perletakan.
- Balok pendek ($1 \leq a/d \leq 2,5$)
Balok pendek memiliki kekuatan geser yang melebihi kekuatan retak miring. Keruntuhan terjadi akibat dari (a) keruntuhan angker pada tulangan tarik, yang disebut keruntuhan geser tarik (*shear tension failure*); (b) keruntuhan akibat hancurnya beton di sekitar daerah tekan yang disebut keruntuhan geser tekan (*shear compression failure*).
 - Balok biasa dengan panjang sedang ($2,5 \leq a/d \leq 6$)
Pada balok ini, retak lentur vertikal adalah retak yang pertama terbentuk, disusul dengan retak lentur geser miring.
 - Balok panjang ($a/d > 6$)
Pada balok ini, keruntuhan dimulai dengan melelehnya penulangan tarik dan diakhiri dengan kehancuran beton pada penampang dengan momen maksimum

Kekuatan Geser dari Balok Tanpa Tulangan Geser

Kekuatan geser dari balok yang tidak bertulangan geser merupakan kekuatan geser dari beton (V_c). Jadi kekuatan geser nominal V_n merupakan kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton (V_c).

$$V_n = V_c$$

SNI 03-2847-2002, tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, dalam pasal 13.3 menyatakan bahwa:

- Untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur berlaku persamaan:

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w \cdot d$$

- Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial berlaku persamaan:

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{1 \cdot A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w \cdot d$$

dengan:

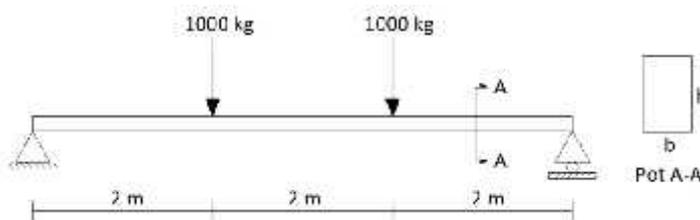
- V_c = kekuatan geser yang disumbangkan beton
- f'_c = mutu beton
- b_w = lebar balok
- d = tinggi efektif
- N_u = gaya aksial tekan (dinyatakan dalam MPa)
- A_g = luas penampang bruto (dinyatakan dalam MPa)

METODE PENELITIAN

Model penelitian yang digunakan adalah gelagar sederhana (*simpel beam*) dengan tumpuan sendi-rol. Dalam hal ini terdapat 3 variasi tinggi balok, yaitu 30 cm, 35 cm dan 40 cm. Untuk lebar balok dibuat tetap (konstan). Selanjutnya batasan dalam penelitian ini adalah:

- Panjang balok untuk tiga perlakuan sama, yaitu 6 m
- Perletakan (tumpuan) sendi - rol
- Beban yang diperhitungkan adalah berat sendiri balok, beban terpusat serta kombinasi berat sendiri dan beban terpusat (4)
- Beban terpusat diberikan pada jarak masing-masing 1/3 panjang balok sebesar 1 ton (1000 kg)
- Berat jenis beton 2400 kg/m^3
- Balok tanpa tulangan longitudinal dan tulangan transversal (sengkang)

(5)



Gambar 5. Skema Pembebanan Pada Balok

Tabel 1. Dimensi Balok

Kode Balok	Dimensi Balok (cm)		
	Panjang (l)	Lebar (b)	Tinggi (h)
SL-1	600	20	30

SL-2	600	20	35
SL-3	600	20	40

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tinggi balok (h), variabel terikat adalah kapasitas lentur (*bending capacity*) dan kapasitas geser (*shear capacity*).

Momen lentur terjadi di tengah bentang (jarak 2 m dari tumpuan) karena beban bekerja secara simetri. Dari hasil analisis dengan menggunakan Program Staad Pro 2004 diperoleh momen lentur untuk masing-masing balok, seperti pada tabel berikut:

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan Lentur (*Bending Stress*)

Tabel 2. Momen Lentur

Kode Balok	Momen Lentur (kN.m)		
	Berat Sendiri	Beban Terpusat	Berat Sendiri + Terpusat
SL-1	6,355	19,613	25,968
SL-2	7,414	19,613	27,027
SL-3	8,473	19,613	28,086

(Sumber : Hasil Analisa)

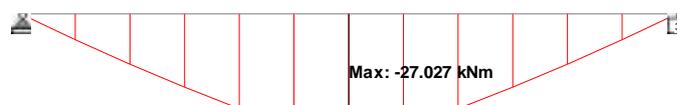
Dari hasil perhitungan diperoleh hasil bahwa kenaikan momen lentur pada balok akibat berat sendiri dari balok SL-1 ke balok SL-2 sebesar 17,03%. Untuk balok SL-1 ke balok SL-3 terjadi kenaikan momen lentur sebesar 33,75%. Untuk balok yang menerima beban akibat berat sendiri dan beban terpusat, terjadi kenaikan sebesar 4,08% dari balok SL-1 ke balok SL-2. Demikian pula pula untuk balok SL-1 ke SL-3 terjadi

kenaikan momen lentur sebesar 8,16% dari balok SL-1 ke balok SL-3.

Untuk balok yang hanya memperhitungkan akibat beban terpusat, momen lentur tidak mengalami perubahan dan nilainya tetap (konstan) untuk semua balok. Hal ini disebabkan karena beban terpusat yang bekerja pada setiap balok sama besar (1000 kg) dan tidak berubah



Gambar 6. Momen Maksimum Akibat Berat Sendiri + Beban Terpusat Balok SL-1



Gambar 7. Momen Maksimum Akibat Berat Sendiri + Beban Terpusat Balok SL-2



Gambar 8. Momen Maksimum Akibat Berat Sendiri + Beban Terpusat Balok SL-3

Nilai tegangan lentur yang terjadi pada masing-masing balok ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Tegangan Lentur

Kode Balok	Tegangan Lentur (MPa)		
	Berat Sendiri	Beban Terpusat	Berat Sendiri + Terpusat

SL-1	2,11	6,54	8,66
SL-2	1,82	4,80	6,62
SL-3	1,59	3,68	5,27

(Sumber : Hasil Analisa)

Jika dilihat pada tabel 3 terjadi penurunan tegangan lentur. Hal ini berarti bahwa dengan bertambahnya tinggi balok maka tegangan lentur yang terjadi akan semakin kecil sehingga struktur akan lebih aman. Untuk balok yang memperhitungkan berat sendiri terjadi penurunan tegangan lentur sebesar 16,30% dari balok SL-1 ke balok SL-2 dan 32,92% dari balok SL-1 ke balok SL-3. Untuk balok yang memperhitungkan berat sendiri dan beban terpusat mengalami penurunan tegangan lentur sebesar 30,78% dari balok SL-1 ke balok SL-2 dan 64,37% dari balok SL-1 ke balok SL-3.

Untuk balok yang hanya memperhitungkan berat akibat beban terpusat terjadi penurunan pula. Jika dilihat pada tabel 1, nilai momen lentur yang terjadi konstan, namun untuk kapasitas tegangan lentur mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena perbedaan tinggi balok. Nilai tegangan lentur sangat dipengaruhi oleh momen inersia penampang. Untuk lebar penampang yang sama, semakin tinggi ukuran penampang maka tegangan lentur yang terjadi akan semakin kecil. Pada kasus untuk balok yang hanya memperhatikan tegangan lentur maka tinggi penampang dibuat maksimal agar tegangan lentur yang terjadi semakin kecil.

Tabel. 4 Prosentase Momen, Tegangan Lentur untuk Variasi Tinggi Balok

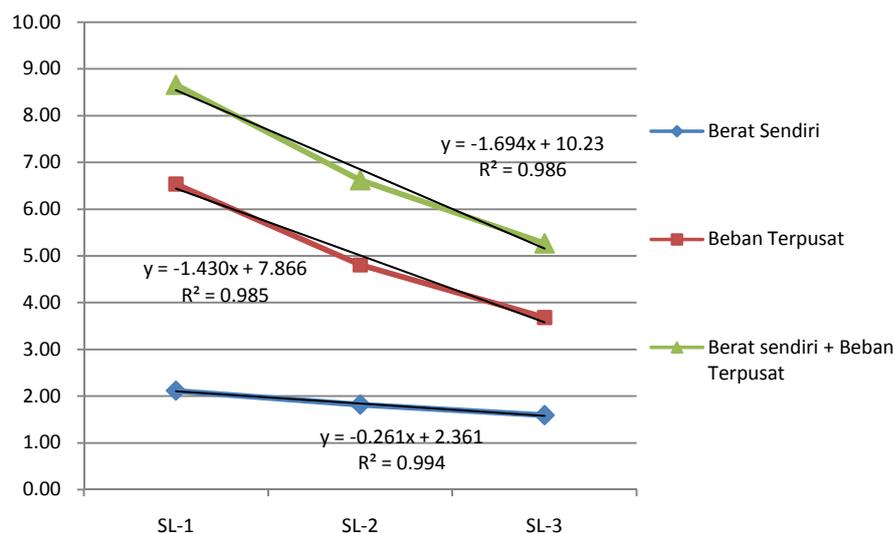
Kode Balok	Tinggi Balok	Prosentase Kenaikan (%)					
		Momen Lentur			Tegangan Lentur		
		Beban Sendiri	Beban Terpusat	Beban Sendiri + Terpusat	Beban Sendiri	Beban Terpusat	Beban Sendiri + Terpusat
SL-1	-	-	-	-	-	-	-
SL-2	16,67	17,03	0	4,08	16,30	36,11	30,78
SL-3	33,33	33,75	0	8,16	32,92	77,78	64,37

(Sumber : Hasil Analisa)

Pada tabel 4, perhitungan prosentase pada masing-masing balok didasarkan pada balok SL-1

Dari tabel 4 terlihat pola kenaikan momen lentur dan tegangan lentur sama dengan kenaikan tinggi balok, rata-rata sebesar 2 kali. Dengan demikian

dapat disimpulkan bahwa penambahan tinggi penampang balok berbanding lurus dengan meningkatnya kapasitas momen lentur penampang dan besarnya tegangan lentur yang terjadi. Grafik tegangan lentur yang terjadi ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 9. Grafik Nilai Tegangan Lentur

Tegangan Geser (Shear Stress)

Berdasarkan perhitungan, diperoleh hasil bahwa gaya geser/gaya lintang terbesar terjadi pada kedua

ujung balok (perletakan). Untuk balok bentang tunggal dengan tumpuan sendi-rol, semakin besar dimensi penampang maka gaya lintang akan semakin besar.

Demikian pula jika beban yang bekerja pada balok semakin besar, maka gaya geser akan semakin besar pula. Nilai gaya geser untuk setiap balok dengan jenis beban yang bekerja, ditunjukkan pada tabel berikut.

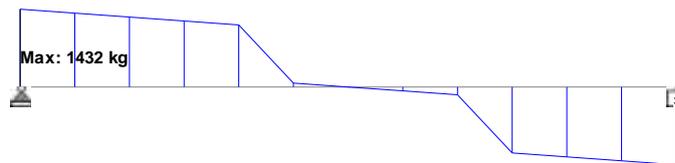
Tabel 5. Gaya Geser

Kode Balok	Gaya Geser (kg)		
	Berat Sendiri	Beban Terpusat	Berat Sendiri + Terpusat
SL-1	432	1000	1432
SL-2	504	1000	1504
SL-3	576	1000	1576

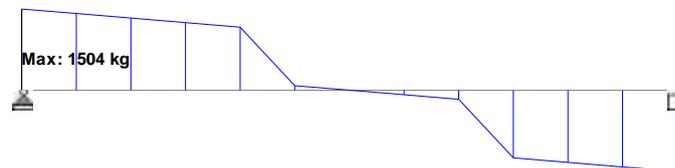
(Sumber : Hasil Analisa)

Dari tabel 5 terlihat bahwa kenaikan gaya geser pada semua tipe pembebanan mengalami kenaikan. Untuk balok yang hanya memperhitungkan berat sendiri, kenaikan gaya geser dari balok SL-1 ke balok SL-2 sebesar 16,67% dan 33,33% dari balok SL-1 ke balok SL-3. Untuk balok yang memperhitungkan berat sendiri dan beban terpusat, terjadi kenaikan 5,03% dari balok SL-1 ke balok SL-2 dan 10,06% dari balok SL-1 ke balok SL-3.

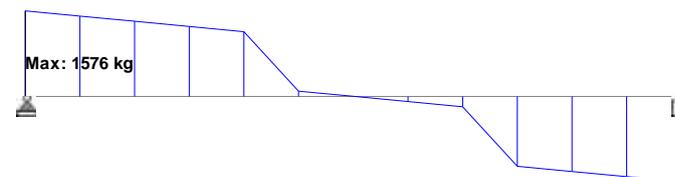
Untuk balok yang hanya memperhitungkan beban terpusat, tidak mengalami kenaikan gaya geser karena beban terpusat yang bekerja pada setiap balok sama besar (1000 kg). Pada kasus ini, gaya geser pada bagian tengah bentang (pada jarak 2 m – 4 m) sama dengan nol. Artinya secara teoritis tidak terjadi tegangan geser pada daerah ini.



Gambar 10. Gaya Geser Maksimum Akibat Berat Sendiri + Beban Terpusat Balok SL-1



Gambar 11. Gaya Geser Maksimum Akibat Berat Sendiri + Beban Terpusat Balok SL-2



Gambar 12. Gaya Geser Maksimum Akibat Berat Sendiri + Beban Terpusat Balok SL-3



Gambar 13. Gaya Geser Maksimum Akibat Berat Sendiri + Beban Terpusat Balok SL-3

Nilai tegangan geser yang terjadi pada masing-masing balok ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Tegangan Geser

Kode Balok	Tegangan Geser (MPa)		
	Berat Sendiri	Beban Terpusat	Berat Sendiri + Terpusat

SL-1	0,11	0,25	0,35
SL-2	0,11	0,21	0,32
SL-3	0,11	0,18	0,29

(Sumber : Hasil Analisa)

Dari tabel 6 terlihat bahwa pada balok yang hanya memperhitungkan berat sendiri, nilai tegangan geser tetap (konstan) untuk setiap variasi tinggi balok. Untuk Balok yang memperhitungkan beban terpusat serta berat sendiri dan beban terpusat, terjadi penurunan

tegangan geser. Dengan kata lain terjadi peningkatan kapasitas geser balok. Semakin tinggi balok, semakin besar pula kapasitas geser.

Tabel. 7 Prosentase Gaya Geser, Tegangan Geser Untuk Variasi Tinggi Balok

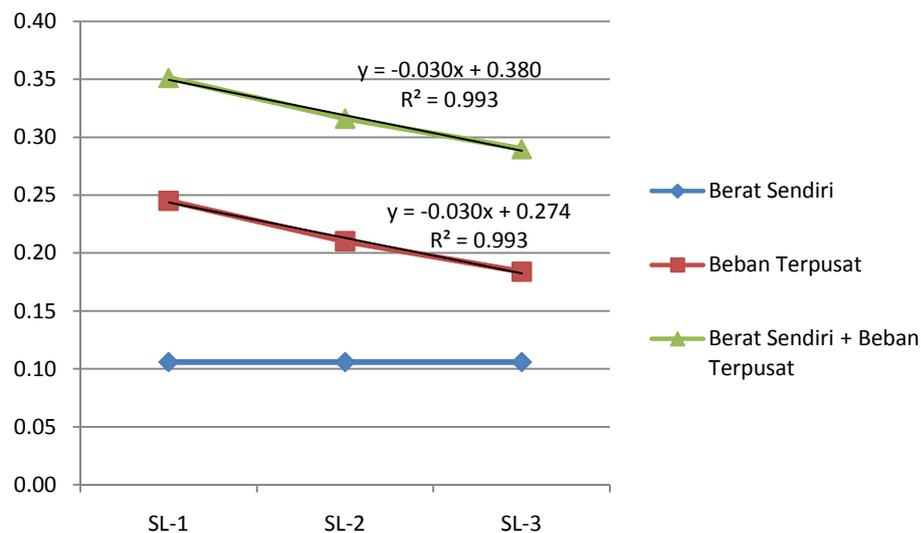
Kode Balok	Tinggi Balok	Prosentase Kenaikan (%)					
		Gaya Geser			Tegangan Geser		
		Berat Sendiri	Beban Terpusat	Berat Sendiri + Terpusat	Berat Sendiri	Beban Terpusat	Berat Sendiri + Terpusat
SL-1	-	-	-	-	-	-	-
SL-2	16,67	16,67	0	5,03	0	16,58	11,08
SL-3	33,33	33,33	0	10,06	0	33,24	21,12

(Sumber : Hasil Analisa)

Pada tabel 7, perhitungan prosentase pada masing-masing balok didasarkan pada balok SL-1

Dari tabel 7 terlihat bahwa untuk balok yang hanya memperhitungkan beban terpusat, nilai gaya

geser tetap (konstan). Pada tegangan geser, balok yang memperhitungkan berat sendiri mempunyai nilai yang konstan.



Gambar 14. Grafik Nilai Tegangan Geser

KESIMPULAN

1. Tinggi penampang balok mempengaruhi nilai tegangan lentur dan tegangan geser. Pada balok yang memperhitungkan berat sendiri serta berat sendiri termasuk beban terpusat, nilai momen lentur berbanding lurus dengan tinggi balok. Semakin tinggi penampang balok, semakin besar momen lentur yang terjadi. Dengan demikian kapasitas lentur balok akan semakin besar pula.

2. Demikian pula untuk kapasitas geser balok akan semakin besar seiring bertambahnya tinggi balok.
2. Untuk lebar balok yang konstan dan hanya memperhitungkan berat sendiri, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm meningkatkan kapasitas lentur balok sebesar 16,30%. Jika tinggi balok bertambah 10 cm, kapasitas lentur balok bertambah 32,92%.

3. Untuk lebar balok yang konstan dan hanya memperhitungkan beban terpusat, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm meningkatkan kapasitas lentur balok sebesar 36,11%. Jika tinggi balok bertambah 10 cm, kapasitas lentur balok bertambah 77,78%.
4. Untuk lebar balok yang konstan dan memperhitungkan berat sendiri termasuk beban terpusat, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm meningkatkan kapasitas lentur balok sebesar 30,78%. Jika tinggi balok bertambah 10 cm, kapasitas lentur balok bertambah 64,37%.
5. Untuk lebar balok yang konstan, penambahan tinggi balok tidak menyebabkan kenaikan kapasitas geser balok yang hanya memperhitungkan berat sendiri.
6. Untuk lebar balok yang konstan dan hanya memperhitungkan beban terpusat, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm meningkatkan kapasitas geser balok sebesar 16,58%. Jika tinggi balok bertambah 10 cm, kapasitas geser balok bertambah 33,24%.
7. Untuk lebar balok yang konstan dan memperhitungkan berat sendiri termasuk beban terpusat, penambahan tinggi balok sebesar 5 cm meningkatkan kapasitas geser balok sebesar 11,08%. Jika tinggi balok bertambah 10 cm, kapasitas geser balok bertambah 21,12%.

Wang., Salmon, (1985), *Reinforced Concrete Design*, Diterjemahkan Oleh: Hariandja, B (1993). Design Beton Bertulang Edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Astroni Ali, (2010), *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Jack C. McCormac, (2000), *Desain Beton Bertulang Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Fintel, (1985), *Handbook of Concrete Engineering Second Edition*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Layang. Samuel, (2006), *Perbandingan Perilaku Keruntuhan Antara Balok Beton Ringan (Batu Apung) Menggunakan Abu Terbang dengan Balok Beton Normal Menggunakan Abu Terbang*, Tesis.
- Nawy E. G., (1985), *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Diterjemahkan Oleh: Bambang Suryoadmono B., PT. Refika Aditama, Bandung.
- Park. R., Paulay.T., (1975), *Reinforced Concrete Structures*, Wiley, New York.
- Tim Penyusun, (2002), *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung : SNI 03 - 2847 - 2002*, ITS Press, Surabaya.