

STUDI ANALISIS PENGARUH LENDUTAN AKIBAT GESER PADA BALOK KAYU

Buen Sian

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung, 40141

E-mail: buensian@unpar.ac.id ; songbunsian@gmail.com

ABSTRAK

Lendutan pada struktur sering kali disebabkan oleh gaya dalam seperti momen lentur, gaya geser, atau gaya normal. Pada umumnya metode untuk menentukan lendutan balok hanya mempertimbangkan lendutan yang diakibatkan oleh momen lentur saja. Lendutan akibat gaya geser biasanya diabaikan dalam analisa struktur. Pada kenyataan pengaruh lendutan geser cukup signifikan untuk diperhitungkan terutama pada konstruksi kayu. Kayu digambarkan sebagai material orthotropik dan mempunyai keunikan sifat mekanik pada arah ketiga sumbu yang saling tegak lurus yaitu: sumbu longitudinal L yang sejajar serat kayu, sumbu radial R, dan sumbu tangensial T. Kayu mempunyai tiga modulus elastisitas E_L, E_R , dan E_T serta tiga modulus geser G , pada perhitungan lendutan E_L dan G_L digunakan. Pertama pengaruh geser terhadap lendutan total dihitung berdasarkan 34 jenis kayu, hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh lendutan geser menjadi kecil pada balok bentang panjang. Untuk beberapa jenis kayu pengaruh geser masih ada meskipun pada panjang bentang 4m. Kemudian dilakukan perhitungan selanjutnya untuk mendapatkan beberapa diagram dengan variasi pada: rasio modulus geser/modulus elastisitas, panjang balok, dan berbagai penampang. Diagram hasil studi ini dapat digunakan untuk semua jenis kayu untuk mendapatkan kontribusi lendutan geser terhadap lendutan total.

Kata Kunci: deformasi, momen lentur, geser, orthotropik.

ABSTRACT

Most often the deflection of a structure is caused by internal loadings such as bending moment, shear force, or normal force. Generally the method for determining deflection of a beam considers only deflections due to bending. Deflection due to shear is usually neglected in structural analysis. In fact the influence of shear deflection is significant, especially in wood structure. Wood may be described as an orthotropic material, it has unique mechanical properties in the directions of three mutually perpendicular axis: longitudinal L, radial R, and tangential T. Wood has three moduli of elasticity E which are denoted by E_L, E_R , and E_T , three moduli of rigidity G and the deflection was calculated based on E_L and G_L . First the contribution of shear deformation to the total deflection was calculated based on 34 wood properties. The results showed that the influence of the shear deflection was small at long span. For some wood species the effect will not lost at span length 4 m. Afterwards some analytical study was done to find some diagrams with variation of G/E , span length, and cross section. These diagrams can be used for all wood species to find the contribution of shear deformation to total deflection.

Keywords: deformation, bending moment, shear, orthotropic.

1. PENDAHULUAN

Lendutan balok dipengaruhi oleh gaya dalam seperti momen, geser, normal, dan torsi tetapi perhitungan lendutan pada umumnya hanya memperhitungkan akibat momen saja sedangkan gaya geser, normal, dan torsi tidak diperhitungkan karena harganya

dianggap kecil dan dapat diabaikan. Memperhitungkan lendutan akibat gaya geser pada analisis struktur kayu di Indonesia masih jarang dilakukan. Bahkan beberapa literatur struktur kayu mengasumsikan pengaruh lendutan akibat gaya geser hanya sebesar 10%, padahal harga sesungguhnya cukup besar dan tidak bisa diabaikan terutama kalau kayu tersebut pendek. Hal ini bisa disebabkan belum banyaknya penelitian yang menghasilkan besarnya modulus geser untuk kayu luar maupun yang ada di Indonesia.

Kayu berasal dari tumbuhan yang terdiri dari serat-serat dengan arah tertentu, susunan serat-serat inilah yang mempengaruhi sifat kayu. Kayu bersifat orthotropis dengan tiga sumbu simetri yaitu sumbu longitudinal (searah serat), sumbu radial (tegak lurus lingkaran tumbuh), dan sumbu tangensial (menyinggung lingkaran tumbuh). Pada umumnya perbedaan sifat kayu lebih ditentukan oleh arah sejajar serat dan arah tegak lurus serat sedangkan pada arah radial dan tangensial biasanya sangat kecil dan seringkali diabaikan. Berbeda dengan beton dan baja merupakan material isotropik yang mempunyai satu besaran modulus elastisitas dan modulus geser, tapi kayu mempunyai tiga modulus elastisitas yaitu, E_L , E_R , dan E_T serta tiga modulus geser G . Perhitungan lendutan pada kayu diambil searah dengan sumbu longitudinal atau sejajar serat sehingga dalam perhitungan modulus yang digunakan adalah E_L dan G_L .

Mengingat besarnya pengaruh gaya geser pada lendutan dalam analisis struktur kayu, perlu dihitung seberapa besar pengaruhnya untuk berbagai bentuk penampang dan panjang balok. Berdasarkan data 31 jenis kayu luar dan tiga jenis kayu Indonesia yang sudah diketahui harga modulus elastisitas (5500MPa-14868MPa) dan modulus gesernya (396 MPa-1257MPa), dihitung secara analitis dengan bantuan *MathCAD*, berapa persen pengaruh lendutan akibat gaya geser terhadap lendutan totalnya. Lendutan dihitung di tengah bentang terhadap balok di atas dua perletakan dengan beban terpusat di tengahnya. Penampang balok dengan variasi: (1) Penampang persegi panjang dengan tinggi 10cm - 40 cm. (2) Penampang I dengan tinggi 20 cm, 30 cm, dan 40 cm serta tinggi *web* 0,6 terhadap tinggi penampangnya. (3) Penampang I dengan tinggi 20 cm, 30 cm, dan 40 cm serta tinggi *web* 0,75 terhadap tinggi penampangnya.

Panjang balok kayu diambil bervariasi dari 1m - 8m, dan dipelajari pula sebaliknya pada panjang berapakah pengaruh lendutan geser ketika mencapai harga 10%, 5%, dan 2%. Dari analisis ini diperoleh beberapa grafik yang dapat digunakan untuk semua jenis kayu. Dengan mengetahui harga modulus elastisitas dan modulus geser kayu dapat diperoleh besarnya pengaruh lendutan akibat gaya geser untuk balok berpenampang I dan persegi panjang dengan berbagai panjang balok.

2. MODULUS ELASTISITAS DAN MODULUS GESER KAYU

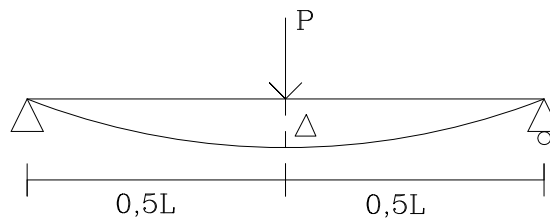
Mengingat belum banyak jenis kayu yang memiliki data eksperimental modulus gesernya, maka diambil 31 jenis kayu luar (Wood Handbook 2010) dan 3 jenis kayu Indonesia yaitu, Akasia, Meranti, dan Kruing (Tjondro 2007). Sebanyak 34 jenis kayu diurutkan berdasarkan rasio antara modulus geser dengan modulus elastisitasnya (G/E) dari harga terkecil sampai terbesar (Tabel 1).

Tabel 1. Rasio antara modulus geser dengan modulus elastisitas.

No	Jenis Kayu	E_L (MPa)	G_L (MPa)	G_L/E_L	No	Jenis Kayu	E_L (MPa)	G_L (MPa)	G_L/E_L
1	Hemlock	11300	396	0,035	18	Douglas-fir	13400	951	0,071
2	Pine, pond	12100	575	0,047	19	Yellow-poplar	10900	785	0,072
3	Pine, lod.	9200	437	0,048	20	Walnut black	11600	853	0,073
4	Pine, western	10100	505	0,050	21	Sweetgum	11300	848	0,075
5	Basswood	10100	515	0,051	22	Pine, loblolly	12300	1002	0,081
6	Pine, slash	13700	740	0,054	23	Oak, red	13100	1113	0,085
7	Akasia	11043	600	0,054	24	Oak, white	12300	1058	0,086
8	Meranti	13070	750	0,057	25	Maple, sugar	12600	1096	0,087
9	Baldcypress	9900	579	0,058	26	Cedar, west.	7700	667	0,087
10	Kruing	14868	900	0,060	27	Pine, red	11200	991	0,088
11	Spruce, sitka	9900	619	0,062	28	Ash, white	12000	1116	0,093
12	Cottonwood	9400	602	0,064	29	Maple, red	11300	1170	0,103
13	Fir, subalpine	8900	570	0,064	30	Pine, sugar	8200	972	0,118
14	Pine, longleaf	13700	897	0,065	31	Spruce, Engel.	8900	1086	0,122
15	Larch, west.	12900	851	0,066	32	Cherry, black	10300	1257	0,122
16	Birch, yellow	13900	987	0,071	33	P. ponderosa	8900	1126	0,126
17	Redwood	9200	658	0,071	34	Cedar, north.	5500	1092	0,198

3. PERSAMAAN LENDUTAN BALOK

Lendutan total akibat momen dan gaya geser dihitung ditengah bentang balok dengan beban terpusat di tengahnya (Gambar 1). Persamaan lendutan total untuk balok penampang persegi panjang dan penampang I (Persamaan 2, 3, dan 4):



Gambar 1. Lendutan di tengah bentang

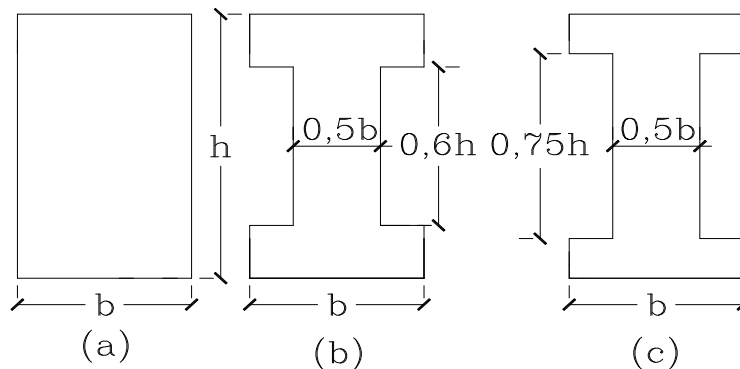
Persamaan umum lendutan akibat momen lentur dan gaya geser dengan beban di tengah bentang adalah:

$$\Delta = \Delta_L + \Delta_G$$

$$\Delta = \frac{P.L^3}{48.E.I} + \frac{0,25.P.L}{F.G} \quad (1)$$

dimana:

- Δ = lendutan total (mm)
- Δ_L = lendutan akibat momen lentur (mm)
- Δ_G = lendutan akibat gaya geser (mm)
- P = beban (N)
- L = panjang bentang balok (mm)
- E = modulus elastisitas kayu (MPa)
- F = luas penampang efektif (mm²)
- G = modulus geser kayu (MPa)



Gambar 2: Penampang balok (a). Persegi empat (b). I dengan tinggi web 0,6h (c). I dengan tinggi web 0,75 h .

Jika balok penampang persegi panjang dengan lebar b dan tinggi h (Gambar 2a) maka persamaan lendutan akibat momen lentur dan gaya geser adalah:

$$\Delta = \frac{P.L^3}{4.E.b.h^3} + \frac{0,3.P.L}{b.h.G} \quad (2)$$

Jika balok penampang I dengan tinggi web $0,6 h$ (Gambar 2b) maka persamaan lendutan akibat momen lentur dan gaya geser adalah:

$$\Delta = \frac{125.P.L^3}{446.E.b.h^3} + \frac{5.P.L}{6.b.h.G} \quad (3)$$

Jika balok penampang I dengan tinggi *web* 0,75 h (Gambar 2c) maka persamaan lendutan akibat momen lentur dan gaya geser adalah:

$$\Delta = \frac{32.P.L^3}{101.E.b.h^3} + \frac{2.P.L}{3.b.h.G} \quad (4)$$

4. HASIL ANALISIS

4.1 Analisis Lendutan Balok Kayu dengan Penampang Persegi Panjang

Besarnya persentase lendutan geser terhadap lendutan totalnya untuk balok penampang persegi panjang didapat dari persamaan (2) dengan bantuan *MathCAD*. Lendutan dihitung untuk kayu *Hemlock* yang mempunyai harga G/E terkecil yaitu 0,035, kemudian kayu Indonesia yaitu kayu Akasia dengan rasio sebesar 0,054, dan kayu *Cedar Northern White* dengan G/E terbesar 0,198.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa lebar penampang balok tidak mempengaruhi harga lendutan geser/lendutan total (Δ_G/Δ). Kayu *Hemlock* yang mempunyai harga G/E kecil dengan tinggi 40 cm dan panjang balok 1 m dipengaruhi lendutan akibat geser sebesar 84,6 % terhadap lendutan totalnya. Sedangkan pengaruh geser akan kecil sebesar 2% jika balok mencapai panjang 16,2 m dengan tinggi penampang 40 cm.

Tabel 2. Kayu *Hemlock* dengan penampang persegi panjang.

Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
					10%	5%	2%
	1 m	2 m	4 m	8 m	Panjang Balok (m)		
10	25,5	7,9	2,1	0,5	1,75	2,6	4,1
20	57,8	25,5	7,9	2,1	3,5	5,2	8,2
30	75,5	43,5	16,2	4,6	5,25	7,8	12,3
40	84,6	57,8	25,5	7,9	7	10,4	16,2

Tabel 3. Kayu Akasia dengan penampang persegi panjang.

Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
					10%	5%	2%
	1 m	2 m	4 m	8 m	Panjang Balok (m)		
10	18,1	5,2	1,4	0,3	1,4	2,05	3,3
20	46,9	18,1	5,2	1,4	2,8	4,1	6,6
30	66,5	33,2	11,1	3	4,2	6,15	9,9
40	77,9	46,9	18,1	5,2	5,6	8,2	13,2

Kayu Akasia mempunyai harga G/E sebesar 0,054 lebih besar dari kayu *Hemlock* (Tabel 3). Pengaruh lendutan geser terhadap lendutan total harganya masih besar, contoh untuk balok dengan tinggi 40 cm, panjang 1m harganya 77,9 %. Semakin panjang balok pengaruh gaya geser terhadap lendutan total makin kecil, sedangkan semakin tinggi penampang balok semakin besar pengaruh gesernya. Kayu dari Indonesia lainnya seperti Meranti dan Kruing dengan harga G/E masing-masing sebesar 0,057 dan 0,06 akan mempunyai harga persentase yang hampir sama dengan kayu akasia.

Kayu *Cedar Northern White* mempunyai harga G/E besar yaitu 0,198. Sebagian besar jenis kayu luar maupun kayu Indonesia mempunyai harga G/E dibawah 0,198. Dengan harga sebesar ini, pengaruh lendutan geser masih cukup besar untuk diperhitungkan (Tabel 4). Perhitungan menunjukkan semakin besar harga G/E semakin kecil pengaruh gaya geser terhadap lendutan balok.

Tabel 4. Kayu *Cedar Northern White* dengan penampang persegi panjang.

Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
	1 m	2 m	4 m	8 m	10%	5%	2%
					Panjang Balok (m)		
10	5,7	1,5	0,4	0,1	0,7	1,08	1,7
20	19,5	5,7	1,5	0,4	1,4	2,15	3,4
30	35,2	12	3,3	0,8	2,1	3,23	5,1
40	49,2	19,5	5,7	1,5	2,8	4,3	6,8

4.2 Analisis Lendutan Balok Kayu dengan Penampang I

Perhitungan lendutan akibat lentur dan geser untuk penampang balok I menggunakan persamaan (3) dan (4). Penampang balok I dengan variasi (1). Lebar *web* 0,5 b dan tinggi *web* 0,6 h. (2). Lebar *web* 0,5 b dan tinggi *web* 0,75 h (Gambar 2b, 2c). Lebar balok tidak berpengaruh pada persentase besarnya gaya geser terhadap lendutan total pada penampang persegi panjang maupun penampang I. Kayu yang ditinjau adalah kayu *Hemlock*, Meranti dan kayu Kruing.

Pengaruh gaya geser pada balok penampang I lebih besar dari pada balok penampang persegi panjang untuk jenis kayu yang sama. Sedangkan untuk tinggi *web* yang lebih besar dengan ukuran tinggi balok yang sama, pengaruh gaya geser lebih kecil. Kayu dengan harga rasio G/E kecil seperti *Hemlock* terlihat pengaruh gesernya sangat besar yaitu sekitar 90% untuk tinggi balok 40 cm dan panjang 1 m. Pengaruh geser semakin menghilang untuk panjang balok mencapai lebih dari 22 m (Tabel 5, Tabel 6).

Tabel 5. Kayu *Hemlock* penampang I dengan tinggi web 0,6 h.

Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
					10%	5%	2%
	1 m	2 m	4 m	8 m	Panjang Balok (m)		
20	77,2	45,9	17,5	5	5,6	8	11
30	88,4	65,6	32,3	10,7	8,4	12	16,5
40	93,1	77,2	45,9	17,5	11,2	16	22

Tabel 6. Kayu *Hemlock* penampang I dengan tinggi web 0,75 h

Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
					10%	5%	2%
	1 m	2 m	4 m	8 m	Panjang Balok (m)		
20	70,6	37,5	13,1	3,6	4,8	6,8	10,8
30	84,4	57,5	25,2	7,8	7,2	10,2	16,2
40	90,6	70,6	37,5	13,1	9,6	13,6	21,6

Tabel 7. Kayu *Meranti* penampang I dengan tinggi web 0,6 h

Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
					10%	5%	2%
	1 m	2 m	4 m	8 m	Panjang Balok (m)		
20	67,5	34,1	11,5	3,1	4,4	6,2	10
30	82,3	53,8	22,6	6,8	6,6	9,3	15
40	89,2	67,5	34,1	11,5	8,8	12,4	20

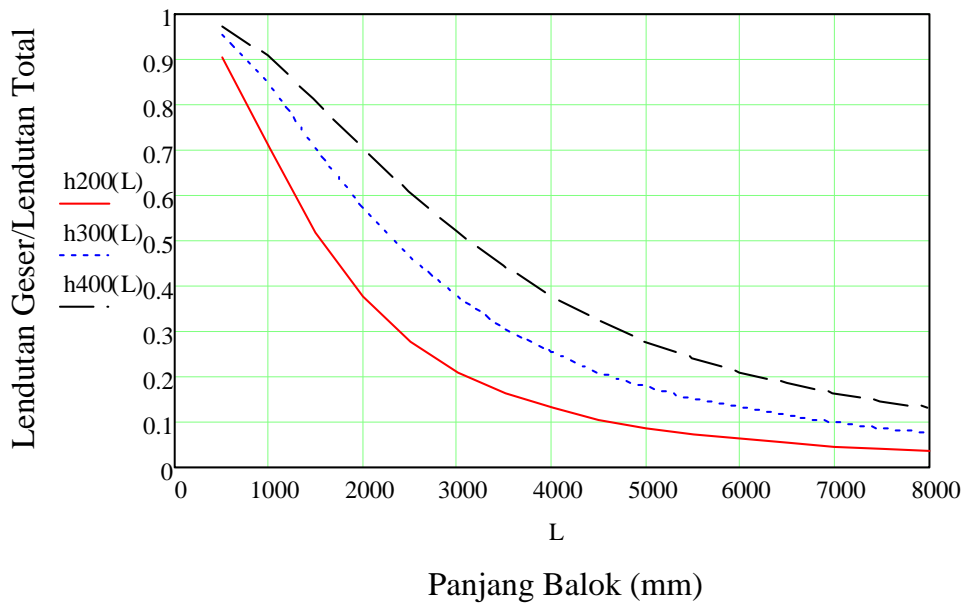
Tabel 8. Kayu *Meranti* penampang I dengan tinggi web 0,75 h

Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
					10%	5%	2%
	1 m	2 m	4 m	8 m	Panjang Balok (m)		
20	59,5	26,8	8,4	2,2	3,65	5,3	8,4
30	76,7	45,2	17,1	4,9	5,45	7,65	12,6
40	85,4	59,5	26,8	8,4	7,3	10,6	16,8

Perhitungan pengaruh gaya geser pada kayu *Meranti* masih menunjukkan harga besar. Kayu *Meranti* dan kayu *Kruing* mempunyai harga G/E yang hampir sama yaitu masing-masing sebesar 0,057 dan 0,06, akan menghasilkan besar pengaruh yang hampir sama pula. Perhitungan untuk kayu *Kruing* dengan tinggi web 0,6 h ditunjukkan dengan grafik (Gambar 3).

Kayu dengan G/E besar seperti Kayu *Cedar Northern White* memberi pengaruh gaya geser lebih kecil dibandingkan dengan kayu yang mempunyai G/E kecil baik untuk penampang I maupun persegi panjang pada ukuran penampang yang sama. Meskipun kayu *Cedar Northern White* mempunyai G/E jauh lebih besar dibandingkan dengan kayu

lainnya, harga pengaruh geser masih cukup besar untuk balok pendek. Pengaruh geser akan hilang jika panjang balok mencapai lebih dari 10 m (Tabel 8, 9).



Gambar 3. Grafik hubungan antara panjang balok dengan lendutan geser/ lendutan total untuk tinggi penampang 200 mm - 400 mm.

Tabel 8. Kayu Cedar White penampang I dengan tinggi web 0,6 h

Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
					10%	5%	2%
	1 m	2 m	4 m	8 m	Panjang Balok (m)		
20	37,5	13	3,6	0,9	2,3	3,4	5,4
30	57,4	25,2	7,8	2,1	3,65	5,1	8,1
40	70,6	37,5	13	3,6	4,6	6,8	10,8

Tabel 9. Kayu Cedar White penampang I dengan tinggi web 0,75 h

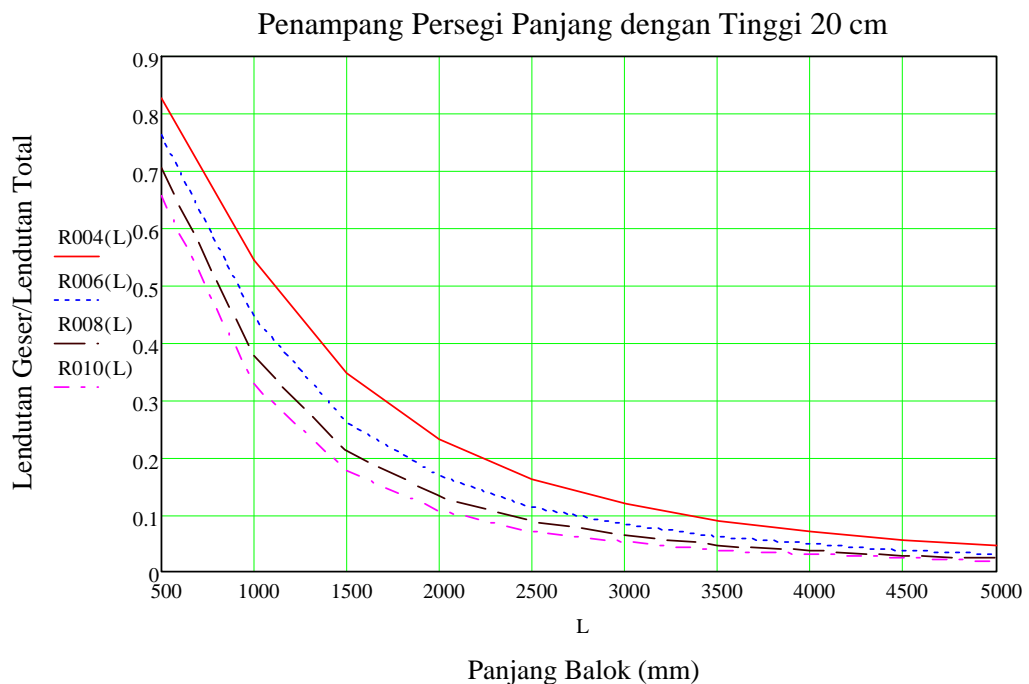
Tinggi Balok (cm)	Lendutan Geser/Lendutan Total (%) dengan Panjang Balok				Lendutan Geser/Lend. Total		
					10%	5%	2%
	1 m	2 m	4 m	8 m	Panjang Balok (m)		
20	29,8	9,6	2,6	0,7	2	2,8	4,6
30	48,8	19,3	5,6	1,5	3	4,2	6,9
40	62,9	29,8	9,6	2,6	4	5,6	9,2

4.3 Analisis Lendutan Akibat Geser untuk Semua Jenis Kayu

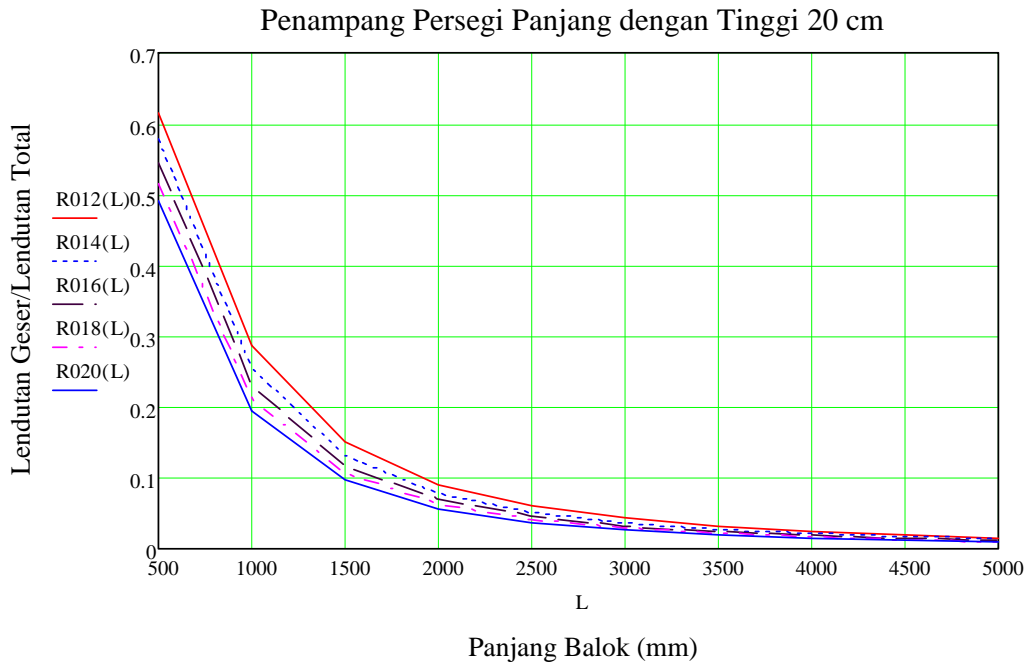
Dari perhitungan 31 jenis kayu luar dan 3 jenis kayu dari Indonesia diperoleh persentase pengaruh lendutan geser untuk berbagai harga: G/E, panjang balok, bentuk

penampang, dan tinggi balok. Kemudian perhitungan dikembangkan dengan bantuan *MathCAD* untuk semua jenis kayu, mengingat faktor dominannya adalah harga modulus geser dan modulus elastisitas kayu. Kayu yang sudah diketahui harga modulusnya mempunyai harga rasio modulus geser dengan modulus elastisitas antara 0,035 – 0,2. Pada studi analisis ini diambil harga G/E sebesar 0,04 – 0,2 dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Dengan mengetahui harga G/E kayu, dari grafik hasil studi bisa didapatkan harga persentase pengaruh lendutan akibat gaya geser terhadap lendutan totalnya. Penggunaan grafik (gambar 4 – 11) mempunyai batasan yaitu (1).

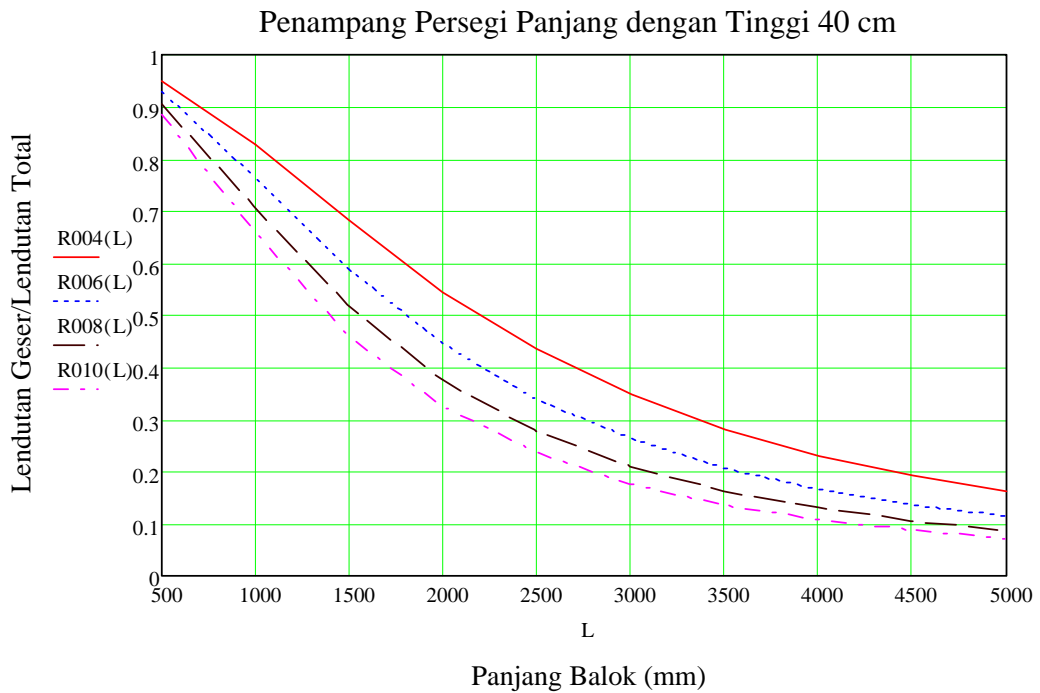
Lendutan di hitung berdasarkan beban di tengah bentang dengan balok di atas dua tumpuan. (2). Penampang balok persegi panjang dengan tinggi 20 cm (Gambar 4 dan 5). (3). Penampang balok persegi panjang dengan tinggi 40 cm (Gambar 6 dan 7). (4). Penampang balok I dengan tinggi *web* 0,6 h dan tinggi penampang 40 cm (Gambar 8 dan 9). (5). Penampang balok I dengan tinggi *web* 0,75 h dan tinggi penampang 30 cm (Gambar 10 dan 11). Grafik hasil studi ini diharapkan bisa memberikan gambaran seberapa besar pengaruh gaya geser terhadap lendutan total kayu dan memperhitungkannya dalam analisa struktur khususnya pada struktur kayu.



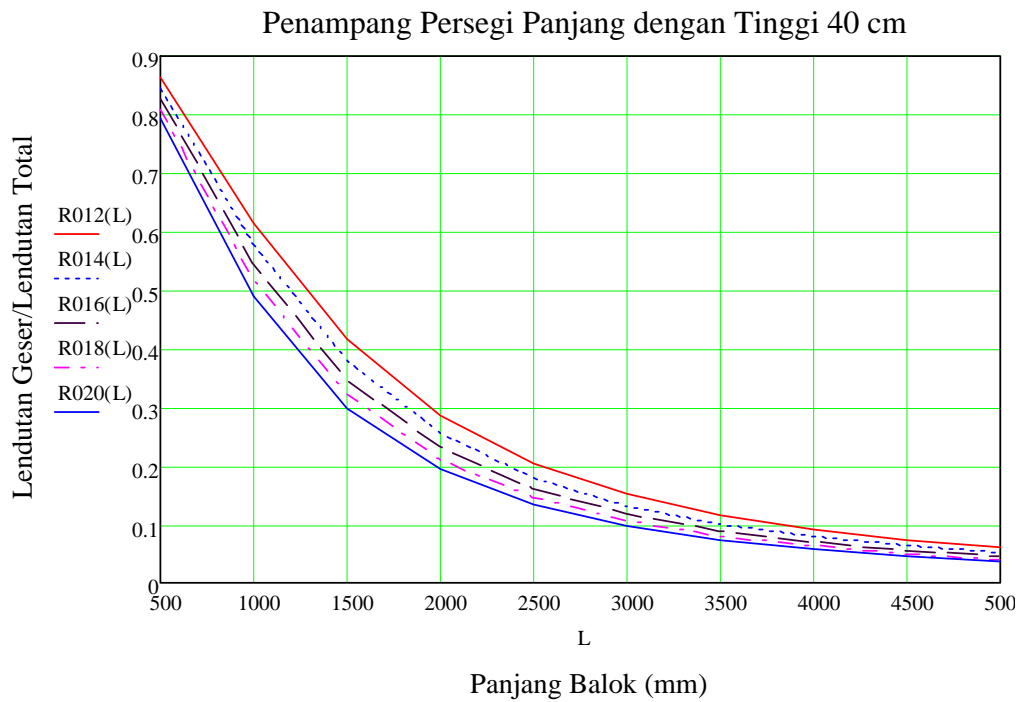
Gambar 4. Grafik hubungan antara panjang balok dengan lendutan geser / lendutan total untuk G/E 0,04 – 0,1.



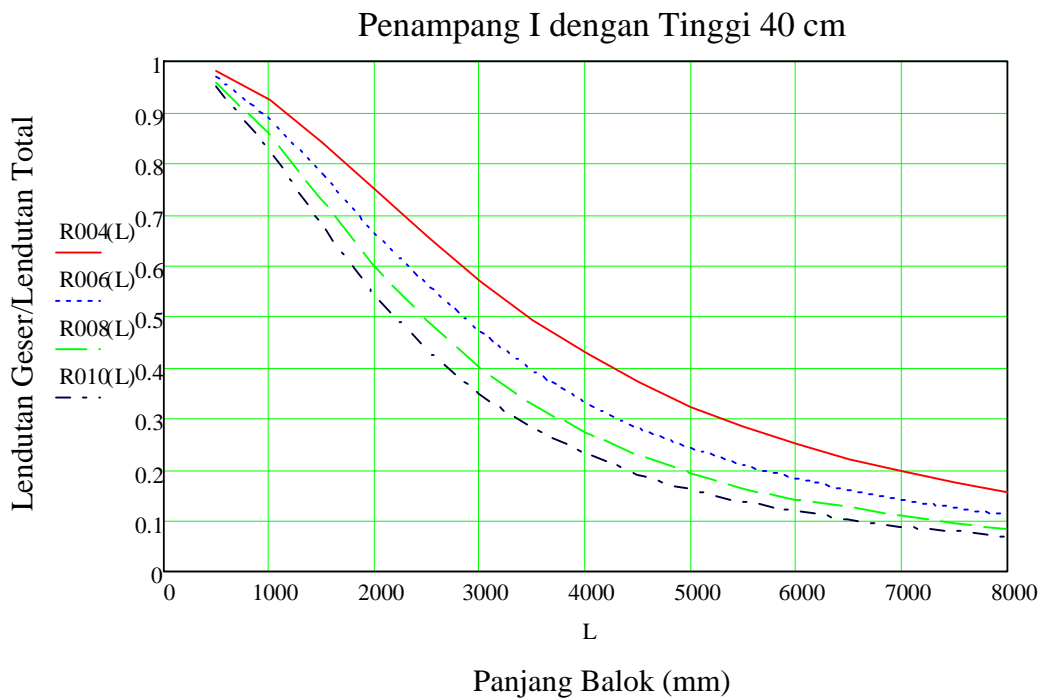
Gambar 5. Grafik hubungan antara panjang balok dengan rasio lendutan geser/ lendutan total untuk G/E 0,12 – 0,2.



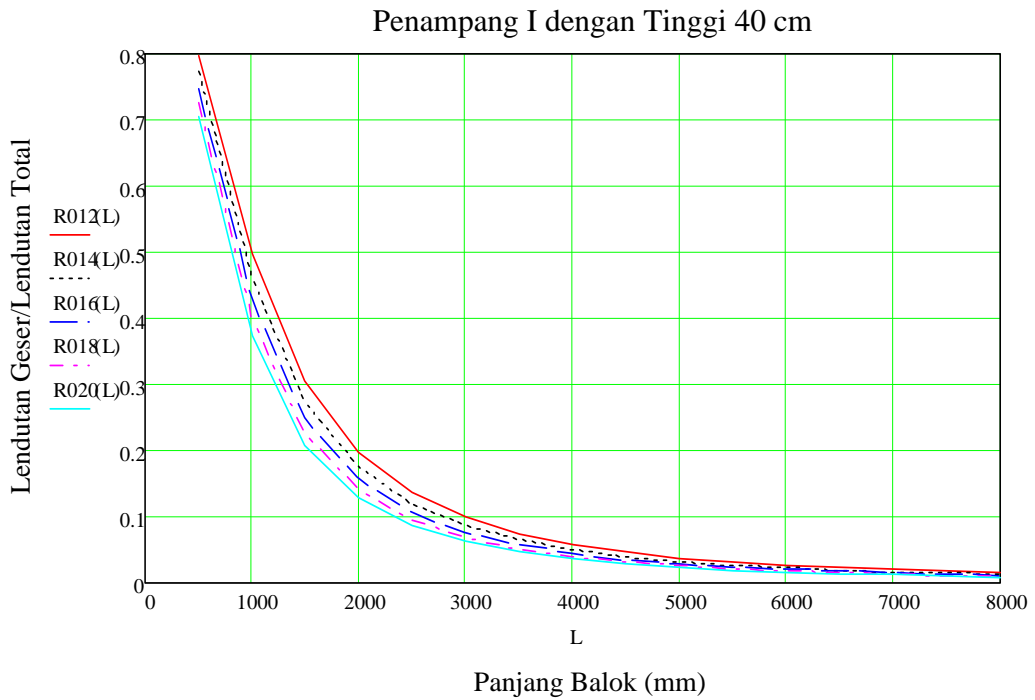
Gambar 6. Grafik hubungan antara panjang balok (mm) dengan lendutan geser/lendutan total dengan G/E 0,04 – 0,1.



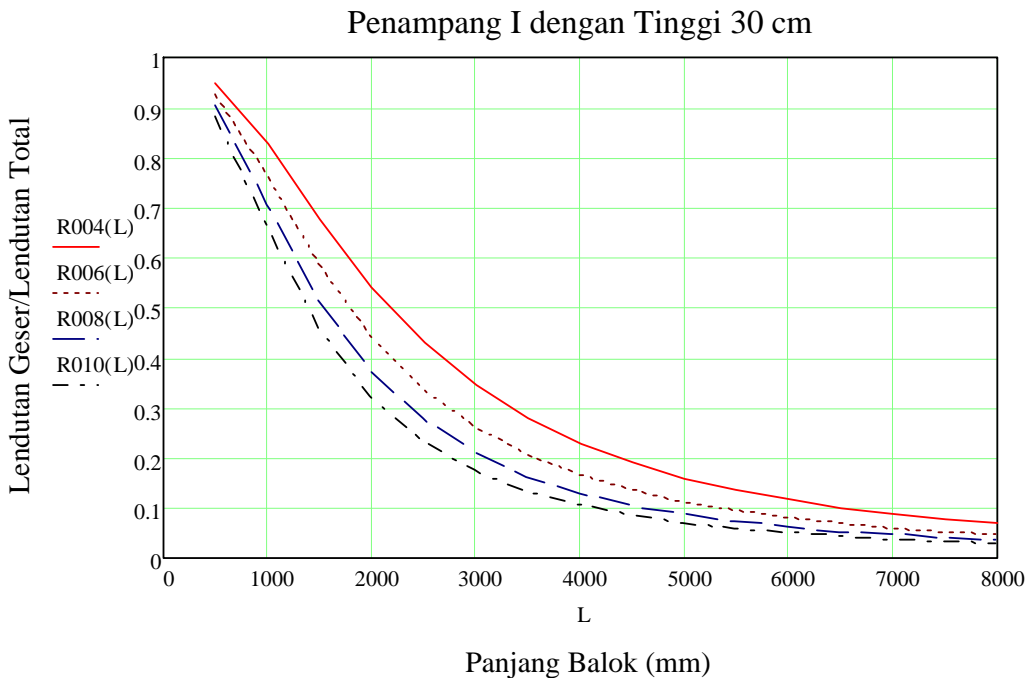
Gambar 7. Grafik hubungan antara panjang balok dengan lendutan geser/ lendutan total untuk G/E 0,12 – 0,2.



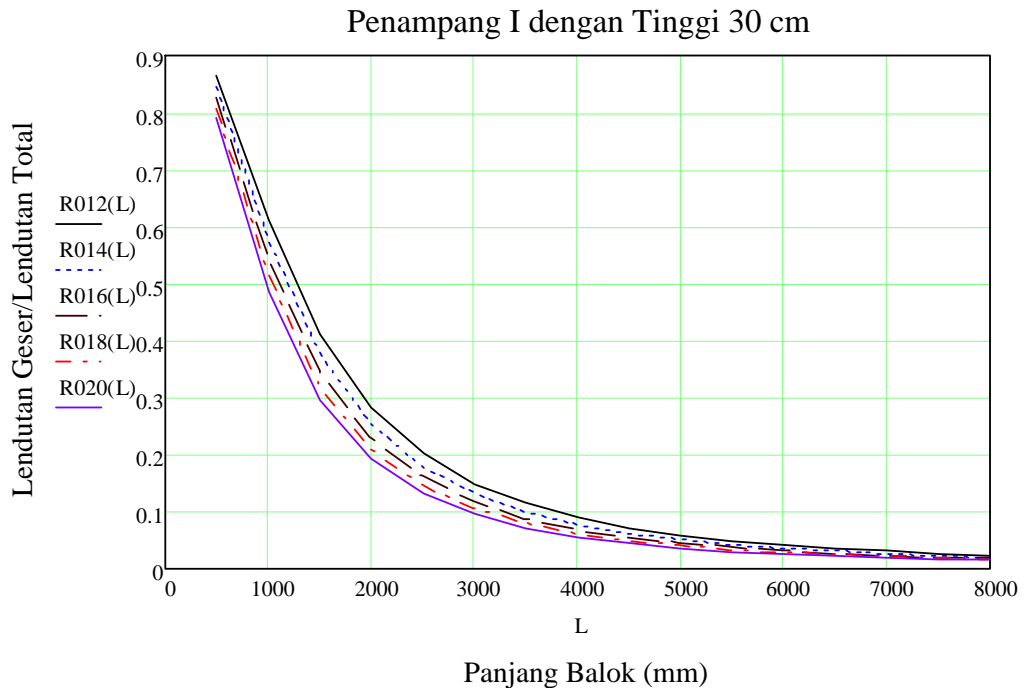
Gambar 8. Grafik hubungan antara panjang balok dengan lendutan geser/lendutan total untuk G/E 0,04 – 0,1 dan tinggi web 0,6 h.



Gambar 9. Grafik hubungan antara panjang balok dengan lendutan geser/lendutan total untuk G/E 0,12 – 0,2 dan tinggi *web* 0,6 h.



Gambar 10. Grafik hubungan antara panjang balok dengan lendutan geser/lendutan total untuk G/E 0,04 – 0,1 dan tinggi *web* 0,75 h.



Gambar 11. Grafik hubungan antara panjang balok dengan lendutan geser/lendutan total untuk G/E 0,12 – 0,2 dan tinggi *web* 0,75 h.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis lendutan geser pada balok kayu, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lebar penampang balok persegi panjang maupun penampang I tidak mempengaruhi besarnya pengaruh geser pada lendutan.
2. Semakin tinggi penampang balok I dan persegi panjang, semakin besar pengaruh lendutan geser terhadap lendutan totalnya.
3. Besarnya modulus geser/modulus elastisitas kayu menjadi faktor utama yang menentukan besarnya pengaruh akibat geser. Semakin besar harga G/E semakin kecil pengaruh lendutan gesernya. Selain itu semakin panjang balok semakin kecil pengaruh lendutan gesernya.
4. Penampang I dengan tinggi *web* 0,6 h mempunyai harga pengaruh geser terbesar dibandingkan dengan penampang I dengan tinggi *web* 0,75 h kemudian penampang persegi panjang.
5. Kayu dengan harga G/E rendah seperti kayu *Hemlock* ($G/E=0,035$), pengaruh lendutan geser menjadi sangat besar. Salah satu contoh,

6. Kayu dengan harga G/E tinggi seperti kayu *Cedar Northern White* ($G/E=0,198$), pengaruh lendutan geser masih cukup besar. Penampang persegi panjang 40 cm dengan panjang 1m pengaruhnya sebesar 49,2 % sedangkan untuk panjang balok 4 m sebesar 5,7% dan pengaruh geser akan hilang untuk panjang balok di atas 7 m. Sebagian besar kayu mempunyai harga G/E jauh dibawah 0,2, berarti pengaruh gesernya akan hilang jauh di atas 7 m.
7. Kayu Indonesia Akasia, Meranti, dan Kruing memiliki harga G/E hampir sama masing-masing sebesar 0,054, 0,057, dan 0,06. Pengaruh lendutan geser perlu diperhitungkan, contoh kayu akasia dengan tinggi penampang persegi panjang 40 cm dengan panjang 4 m sebesar 18,1 %. Pengaruh lendutan geser akan hilang pada panjang di atas 13 m.
8. Beberapa grafik hasil studi analisis ini dapat dipergunakan untuk semua jenis kayu sehingga dapat memperkirakan berapa besar pengaruh geser dalam menganalisis struktur kayu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Forest Product Laboratory, (2010). Wood Handbook, *Wood as an Engineering Material*, USA: USDA.
2. Gere JM., (2001). Mechanics of Materials, 5th ed. USA: Brooks/Cole.
3. Tjondro. J.A., (2007). Perilaku Sambungan Kayu dengan Baut Tunggal Berpelat Sisi Baja akibat Beban Uni-Aksial Tarik (Disertasi), Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.