

# Kajian Analisis Perbandingan Rangka Atap Kuda-Kuda Menggunakan Kayu LVL dan Baja Ringan

NESSA VALIANTINE DIREJJA, BADRIANA NURANITA,  
ERMA DESIMALIANA, ANISSA CAHYANI PERTIWI

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia  
Email: [nuranitabadriana@itenas.ac.id](mailto:nuranitabadriana@itenas.ac.id)

## ABSTRAK

*Penggunaan baja ringan sebagai material rangka atap sudah sangat umum ditemui. Selain baja ringan, terdapat alternatif material lain yaitu kayu LVL atau Laminated Veneer Lumber. Pada penelitian ini dibahas mengenai penggunaan material baja ringan dan LVL sebagai rangka atap kuda-kuda pada hunian. Berdasarkan perhitungan, luas penampang  $A_{g\text{ perlu}}$  antara kayu LVL terhadap baja ringan pada batang bawah memiliki perbandingan 7,31 dan 55,64, batang vertikal 6,10 dan 124,30, batang diagonal atas 33,67 dan untuk batang diagonal bawah 90,46 dan 5,33. Perbandingan tersebut menghasilkan  $A_{g\text{ perlu}}$  yang lebih besar untuk kayu LVL. Meskipun didapatkan  $A_{g\text{ perlu}}$  yang lebih kecil pada material baja ringan, namun terdapat persyaratan kelangsingan yang menyebabkan baja ringan memerlukan profil yang lebih besar. Sedangkan untuk lendutan didapatkan lendutan sebesar 0,88 mm rangka baja ringan dan 2,69 mm untuk kayu LVL, keduanya memenuhi persyaratan terhadap lendutan ijinnya. Untuk perbandingan berat, rangka baja ringan memiliki berat 24,99 kg dan kayu LVL sebesar 7,71 kg.*

**Kata kunci:** *rangka atap kuda-kuda, baja ringan, kayu Laminated Veneer Lumber*

## ABSTRACT

*The use of cold-formed steel as a roof truss material is very common. In addition to cold-formed steel, there is other material alternatives that has a fairly light weight namely LVL or Laminated Veneer Lumber. This study discussed the used of cold-formed steel and LVL as a roof truss. The analysis result indicated that the section area  $A_{g\text{ required}}$  between LVL to cold-form steel for bottom chord in the range of 7,31-55,64, and 6,10-124,30 for vertical beam, 33,67 for diagonal bottom chord, and 90,46-5,33 for diagonal top chord. As a result,  $A_{g\text{ required}}$  of LVL was larger than cold-form steel. However, there are slenderness requirements that the cold-form steel was needed the larger profil than LVL. In terms of structure stiffness, the cold-form steel roof truss have 0,88 mm deflection and 2,69 mm for LVL, however they were able to accomodate the deflection requirements. The total weight of cold-formed steel is 24,99 kg and 7,71 kg for LVL.*

**Keywords:** *roof truss, cold-formed steel, Laminated Veneer Lumber*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya kebutuhan hunian di Indonesia, banyak pengembang mulai membangun hunian yang sesuai dengan kebutuhan serta keinginan masyarakat. Untuk mengurangi durasi pembangunan, material baja ringan banyak dilirik sebagai material yang tahan lama, anti rayap, kokoh, hemat biaya perawatan serta mudah dalam pemasangan. Penggunaan baja ringan dalam beberapa tahun terakhir, populer digunakan sebagai rangka atap bangunan. Selain memiliki kelebihan yang disebutkan sebelumnya, baja ringan juga memiliki kelemahan yaitu mudah mengalami tekuk dan mampu menghantarkan aliran listrik sehingga jika menggunakan baja ringan sebagai salah satu material rumah, instalasi listrik sangat perlu diperhatikan agar tidak membahayakan penghuni.

Selain baja ringan, bangunan rumah tinggal dengan menggunakan material kayu merupakan hal yang umum di Indonesia. Namun, material ini memiliki beberapa keterbatasan seperti dimensinya yang terbatas dan jika tidak dirawat dengan baik, maka material ini akan mudah mengalami kerusakan [5]. Maka, dewasa ini, para produsen semakin gencar melakukan berbagai inovasi, salah satunya adalah dengan teknologi kayu rekayasa *Laminated Veneer Lumber* (LVL), dimana kayu-kayu dibuat dalam lapisan tipis dan disatukan oleh bahan perekat sehingga terbentuk satu kesatuan material kayu yang solid.

Berdasarkan pertimbangan di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja kekuatan struktur rangka kuda-kuda melalui perbandingan dua material yang berbeda, yakni baja ringan dan LVL.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Konstruksi Rangka Atap

Rangka atap merupakan konstruksi bagian paling atas pada rumah/gedung/bangunan yang bertujuan untuk memberikan perlindungan bagian bawah bangunan dari hujan, angin, panas, dan cuaca lainnya.

Fungsi rangka atap yang lebih spesifik adalah menerima beban oleh bobot sendiri, yaitu beban kuda-kuda dan bahan pelapis berarah vertikal kemudian meneruskannya pada kolom dan pondasi, serta dapat berfungsi untuk menahan tekanan angin muatan yang berarah horizontal pada gevel [8].

### 2.2 Konstruksi Kuda-kuda

Kuda-kuda merupakan salah-satu bagian struktur utama dari sebuah konstruksi rangka atap yang menyalurkan beban-beban dari struktur atas ke kolom dan balok suatu bangunan. Panjang bentang kuda-kuda pada kenyataannya berbeda-beda tergantung fungsi, lebar, dan bentang bangunan [7]. Pada kuda-kuda kayu, bentang optimum yang umumnya digunakan adalah hingga 12 meter, sedangkan kuda-kuda baja dapat mengakomodir beban rangka atap hingga bentang 75 meter.

### 2.3 Baja Ringan

Baja *cold-formed* atau *cold rolled* (canai dingin) atau dikenal umum sebagai baja ringan merupakan material baja yang berupa lembaran, pelat baja ataupun dengan proses pengerjaan baja dingin dan digunakan untuk konstruksi bangunan, material ini memiliki berbagai macam profil yang tersedia di pasaran, dengan kekuatan tarik relatif tinggi mencapai 550 Mpa. Analisis kekuatan struktur pada baja ringan baik gaya tekan maupun tarik, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini [3].

Pada batang tarik, berlaku **Persamaan 1** dan **Persamaan 2** yaitu:

$$N^* \leq \phi_t N_t \quad \dots(1)$$

$$N_t = 0,85K_t A_n F_u \quad \dots(2)$$

keterangan:

$N^*$  = gaya aksial desain [N],

$N_t$  = kapasitas penampang nominal dan komponen tarik struktur [N],

$\phi_t$  = faktor reduksi untuk tarik

$K_t$  = faktor koreksi

$A_n$  = luas netto penampang [mm<sup>2</sup>],

$F_u$  = kekuatan tarik desain [MPa].

Sedangkan pada batang tekan, berlaku **Persamaan 3** dan **Persamaan 4** berikut.

$$N^* \leq \phi_c N_c \quad \dots(3)$$

$$N_c = A_e f_n \quad \dots(4)$$

keterangan:

$N_c$  = kapasitas nominal tekan struktur [N],

$\phi_c$  = faktor reduksi untuk tekan

$A_e$  = luas efektif tegangan leleh ( $f_y$ ) [mm<sup>2</sup>],

$f_n$  = tegangan kritis [MPa].

## 2.4 Kayu *Laminated Veneer Lumber* (LVL)

*Laminated Veneer Lumber* (LVL) merupakan kayu olahan, dimana kayu dibuat dalam lapisan-lapisan tipis yang disatukan oleh bahan perekat sehingga menjadi satu. LVL dikembangkan dengan menggunakan veneers dari jenis kayu yang ringan mudah cepat tumbuh seperti kayu sengon, yang mudah dikembangkan dan mempunyai waktu tumbuh yang cepat.

### 2.4.1 Dasar Perancangan

[2] mensyaratkan analisis gaya tekan dan gaya tarik sesuai penampang dapat mengikuti persamaan berikut.

Pada batang tarik, berlaku **Persamaan 5** dan **Persamaan 6**.

$$T_u \leq T' \quad \dots(5)$$

$$T' = F_t' \times A_n \quad \dots(6)$$

keterangan:

$T_u$  = gaya tarik terfaktor [N],

$T'$  = tahanan tarik terkoreksi [N],

$F_t'$  = kuat tarik sejajar serat terkoreksi [MPa],

$A_n$  = luas penampang netto [mm<sup>2</sup>].

Sedangkan pada batang tekan, berlaku **Persamaan 7** dan **Persamaan 8**.

$$P_u \leq P' \quad \dots(7)$$

$$P' = F_c' \times A_g \quad \dots(8)$$

keterangan:

$P_u$  = gaya tekan terfaktor [N],

$P'$  = kapasitas tekan terkoreksi [N],

$F_c'$  = kuat tekan sejajar serat terkoreksi [MPa],

$A_g$  = luas penampang bruto [mm<sup>2</sup>].

## 2.5 Pembebanan dan Kombinasi

Beban-beban yang diaplikasikan pada penelitian ini adalah beban struktur, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban angin, seperti penjelasan singkat di bawah ini:

1. Beban mati struktur, yakni beban sendiri struktur kuda-kuda.
2. Beban mati tambahan, yakni beban mati dari komponen struktur tambahan yang sifatnya permanen, seperti penutup atap, gording, plafon, dan penggantung.
3. Beban hidup, yakni berupa beban selama perawatan oleh pekerja ataupun selama penggunaan biasa dengan mengambil beban sebesar 100 kg.
4. Beban angin, tekanan angin dipengaruhi oleh kemiringan atap dan lokasi bangunan, pada penelitian ini diambil tekanan sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>, yang dikalikan dengan koefisien angin tekan  $C_t$  dan koefisien angin hisap  $C_h$  (dengan  $C_t = (0,02\alpha - 0,4)$ ,  $C_h = -0,4$ , dan  $\alpha =$  sudut kemiringan atap).

Adapun kombinasi pembebanan yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari: 1,4DL ; 1,2DL + 0,5Lr ; 1,2DL + 1,6Lr + 0,5 W ; 1,2DL + 1,0W + 0,5L ; dan 0,9DL + 1,0W.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Studi Pustaka

Bertujuan untuk menjelaskan teori-teori secara ringkas mengenai konstruksi rangka atap, penggunaan kuda-kuda baja ringan dan LVL, pembebanan dan analisis, yang bersumber dari berbagai literatur baik SNI, buku, maupun jurnal-jurnal ilmiah terdahulu.

### 3.2 Penentuan *Layout* Rangka Atap

Rangka atap kuda-kuda yang digunakan dalam penelitian ini adalah rangka atap dengan bentang 8 meter dan memiliki sudut 32°. Berikut merupakan data-data material yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**. **Tabel 2** merupakan tabel profil baja ringan tipe G550 sesuai [3].

**Tabel 1. Data Material**

Data Material	Material	
	Baja Ringan	LVL
Mutu baja	BJ LS G550	-
$F_y$ [MPa]	550	-
$F_u$ [MPa]	550	-
Berat jenis [Kg/m <sup>3</sup> ]	7.400	410
Modulus elastisitas [MPa]	200.000	5700
Modulus geser [MPa]	80.000	-
<i>Poisson</i> , $\nu$	0,3	0,225
Kuat tekan sejajar serat acuan [MPa]	-	23,12
Kuat tarik sejajar serat [MPa]	-	48,58

**(Sumber: SNI 8399:2017; Eratodi, B. & Awaludin, A., (2017); Setyowati, Basuki, A. & Setiono, (2013))**

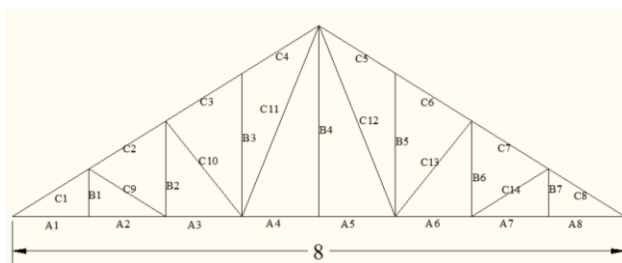
Tabel 2. Profil Baja Ringan

Profil	Dimension		Section Area <i>A</i>	Unit Weight <i>W</i>	Informative Reference			
	$H \times B \times C$	<i>t</i>			Geometrical Moment of Inertia		Modulus of Section	
	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m]	$I_x$	$I_y$	$S_x$	$S_y$
C75	C74x24x10	0,8	108,29	0,861	87.796,10	8.902,84	2.372,87	535,43
C70	C68x19x8	0,8	92,29	0,766	60.815,88	4.466,65	1.788,70	328,39
C60	C60x34x10	0,5	71,93	0,483	43.580,17	1.2346,60	1.452,67	570,08

(Sumber: SNI 8399:2017)

### 3.3 Pemodelan Struktur

Pendefinisian model, pembebanan dan analisis struktur menggunakan *software* SAP2000. Berikut pada **Gambar 1** merupakan model struktur kuda-kuda yang dianalisis.



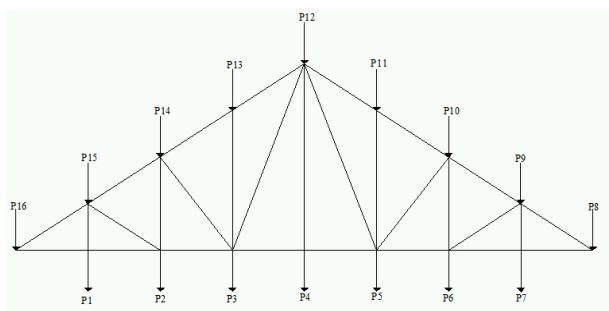
Gambar 1. Model struktur kuda-kuda dengan keterangan nama batang

### 3.4 Analisis Struktur Rangka Atap

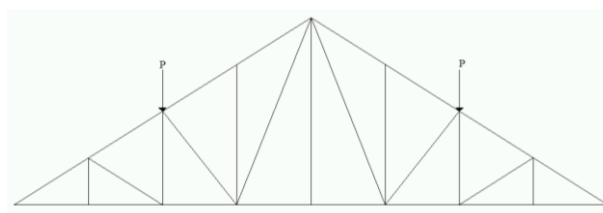
Perhitungan struktur dilakukan dua kali, yakni terhadap rangka atap menggunakan material baja ringan, kedua terhadap rangka atap dengan material kayu LVL. Perhitungan struktur untuk kedua material tersebut relatif sama menggunakan *software* SAP2000, dimana yang pertama dilakukan adalah membuat permodelan dengan lebar bentang dan mutu material yang sudah ditentukan, kemudian memasukan beban-beban terkait. Setelah dilakukan analisis struktur menggunakan *software* SAP2000, selanjutnya menganalisis *output* gaya tekan, gaya tarik untuk mendapatkan profil penampang yang kuat dan ekonomis.

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

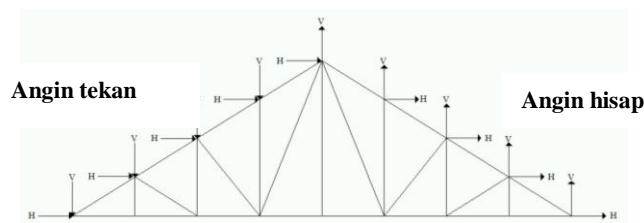
Penempatan untuk beban-beban yang diaplikasikan pada kuda-kuda dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4** berikut.



Gambar 2. Aplikasi beban mati tambahan



Gambar 3. Aplikasi beban hidup



**Gambar 4. Aplikasi beban angin**

Selanjutnya hasil analisis struktur pada masing-masing batang, diperlihatkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Rekapitulasi Gaya Batang Maksimum (Output SAP2000)**

Batang	Kombinasi	Gaya Tekan [N]	Gaya Tarik [N]
Batang bawah A1	Comb 3	-	1.318,6
Batang bawah A4	Comb 3	2.165,77	-
Batang Vertikal B2	Comb 3	-	1.099,87
Batang Vertikal B3	Comb 3	293,33	-
Batang diagonal atas C1	Comb 3	8.239,96	-
Batang diagonal bawah C12	Comb 3	-	3.127,32
Batang diagonal bawah C13	Comb 3	2.529,03	-

Berdasarkan nilai gaya batang maksimum yang terdapat pada **Tabel 3**, selanjutnya dihitung luas profil penampang yang dibutuhkan ( $A_{g\text{ perlu}}$ ) oleh baja ringan dan LVL beserta perbandingannya seperti pada **Tabel 4**. Berdasarkan **Tabel 4**, dihasilkan nilai  $A_{g\text{ perlu}}$  baja ringan lebih kecil dibandingkan dengan kayu LVL, sehingga dapat dikatakan bahwa kekuatan baja ringan lebih besar dibandingkan dengan kayu LVL.

**Tabel 4. Perbandingan  $A_{g\text{ perlu}}$  LVL terhadap Baja Ringan**

No. Batang	Posisi Batang	Material	$A_{g\text{ perlu}}$ [mm <sup>2</sup> ]	Perbandingan LVL terhadap Baja Ringan
A1, A2, A3, A6, A7, A8	Bawah	Baja Ringan	2,69	7,31
		LVL	19,63	
A4, A5	Bawah	Baja Ringan	6,95	55,64
		LVL	386,63	
B1, B2, B4, B5, B6, B7	Vertikal	Baja Ringan	2,69	6,10
		LVL	16,38	
B3	Vertikal	Baja Ringan	0,94	124,30
		LVL	116,97	
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8	Diagonal atas	Baja Ringan	26,44	33,67
		LVL	890,23	
C9, C10, C13, C14	Diagonal bawah	Baja Ringan	8,11	90,46
		LVL	733,99	
C11, C12	Diagonal bawah	Baja Ringan	8,74	5,33
		LVL	46,57	

Namun demikian, meskipun pada baja ringan hanya dibutuhkan  $A_{g\text{ perlu}}$  lebih kecil dari LVL, nyatanya terdapat parameter lain yang membuat pada penelitian ini, digunakan profil baja ringan yang justru malah menghasilkan  $A_{g\text{ perlu}}$  lebih besar dari yang diperlukan. Hal tersebut berkaitan dengan faktor kelangsingan yang membuat pada baja ringan memiliki profil minimum. Akibatnya, baja ringan pada penelitian ini memerlukan penggunaan luas penampang ( $A_{g\text{ pakai}}$ ) yang besar, sehingga profilnya pun relatif besar. Adapun perbandingan profil baja ringan dan LVL disajikan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5. Persentase Perbandingan  $A_g$  profil pakai antara LVL terhadap Baja Ringan**

No. Batang	Posisi Batang	Material	Profil	$A_g$ [mm <sup>2</sup> ]	Perbandingan LVL terhadap Baja Ringan
A1, A2, A3, A6, A7, A8	Bawah	Baja Ringan	C60x34x10	71,93	2,78
		LVL	10x20	200	
A4, A5		Baja Ringan	C68x19x8	92,29	5,22
		LVL	15x32	480	
B1, B2, B4, B5, B6, B7	Vertikal	Baja Ringan	C60x34x10	71,93	2,36
		LVL	10x17	170	
B3		Baja Ringan	C74x25x10	116,41	4,12
		LVL	12x40	480	
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8	Diagonal atas	Baja Ringan	C74x24x10	108,29	8,59
		LVL	19x49	931	
C9, C10, C13, C14	Diagonal bawah	Baja Ringan	C74x24x8	98,84	7,69
		LVL	19x40	760	
C11, C12		Baja Ringan	C60x34x10	71,93	3,50
		LVL	12x21	252	

Berdasarkan dimensi profil yang diperoleh pada **Tabel 6**, didapatkan nilai kapasitas masing-masing batang, baik gaya tarik maupun tekan yang dapat dilihat pada **Tabel 7**.

**Tabel 6. Rekapitulasi Profil Penampang Kuda-kuda**

Nama Batang	Posisi batang	Profil Penampang [mm]	
		Baja Ringan	LVL
A1, A2, A3, A6, A7, A8	Bawah	C60x34x10	10 x 20
A4, A5	Bawah	C68x19x8	15 x 32
B1, B2, B4, B5, B6, B7	Tegak	C60x34x10	10 x 17
B3	Tegak	C74x25x10	12 x 40
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8	Diagonal atas	C74x24x10	19 x 49
C9, C10, C13, C14	Diagonal bawah	C74x24x8	19 x 40
C11, C12	Diagonal bawah	C60x34x10	12 x 21

**Tabel 7. Persentase Perbandingan Kapasitas Baja Ringan terhadap LVL**

Tipe Batang	Material	Gaya Tekan	Persentase Perbandingan Kapasitas LVL terhadap Baja Ringan [%]	Gaya Tarik	Perbandingan Kapasitas LVL terhadap Baja Ringan [%]
		Kapasitas [N]		Kapasitas [N]	
Bawah	Baja ringan	8.295,79	67,59	21.865,22	50,86
	LVL	2.688,77		10.745,12	
Vertikal	Baja ringan	6.434,28	81,29	21.865,22	58,23
	LVL	1.203,66		9.133,25	
Diagonal atas	Baja ringan	14.923,95	42,26	-	-
	LVL	8.617,36		-	
Diagonal bawah	Baja ringan	5.895,82	55,58	21.865,22	38,08
	LVL	2.618,65		13.538,85	

Adapun persentase perbandingan antara berat total struktur antara baja ringan dan LVL, dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut ini.

**Tabel 8. Berat Total Struktur ( *Output* SAP2000)**

Rangka Atap	Berat Struktur [kg]	Persentase Perbandingan LVL terhadap Baja Ringan [%]
Baja ringan	24,99	69,148
LVL	7,71	

Selanjutnya, dihitung pula nilai lendutan yang dihasilkan oleh masing-masing rangka kuda-kuda, baik baja ringan maupun LVL. Berdasarkan hasil perbandingan yang terdapat pada **Tabel 9**, baja ringan memiliki nilai lendutan lebih kecil dibandingkan dengan kayu LVL.

**Tabel 9. Perbandingan Lendutan dengan Lendutan Izin**

Rangka Atap	Nilai Lendutan [mm]	Lendutan Izin [mm]	Keterangan
Baja Ringan	0,88	$\frac{L}{240} = \frac{8000}{240}$	ok
LVL	2,69	= 33,333	ok

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan batang tarik dan tekan pada kayu LVL dan baja ringan menghasilkan dimensi berikut, pada baja ringan yakni: batang bawah C60x34x10 dan C68x19x8, batang vertikal C60x34x10 dan C74x25x10, batang diagonal atas C74x24x10 dan batang diagonal bawah C74x24x8 dan C60x34x10. Pada kayu LVL dihasilkan dimensi: batang bawah 10x20 dan 15x32, batang vertikal 10x17 dan 12x40, batang diagonal atas 19x49, dan pada batang diagonal bawah 19x40 dan 12x21.
2. Perbandingan luas penampang perlu ( $A_{g\ perlu}$ ) antara baja ringan dan kayu LVL menghasilkan perbandingan 7,31 dan 55,64 untuk batang bawah; untuk batang vertikal sebesar 6,10 dan 124,30; batang diagonal atas sebesar 33,67; dan batang diagonal bawah sebesar 90,46 dan 5,33; halmana kayu LVL lebih besar daripada baja ringan. Hal ini dikarenakan kekuatan baja ringan lebih besar dibandingkan dengan kayu LVL.
3. Meskipun  $A_{g\ perlu}$  untuk baja ringan lebih kecil dibandingkan kayu LVL, terdapat persyaratan kelangsingan sehingga baja ringan memiliki dimensi minimum yang dapat digunakan.
4. Hasil analisis kapasitas menghasilkan perbandingan baja ringan terhadap kayu LVL, yaitu: pada batang bawah baja ringan, kapasitas tekan 67,59% lebih besar dibandingkan dengan kayu LVL; dan untuk batang tarik 50,86% lebih besar dibandingkan kayu LVL. Pada batang vertikal, kapasitas tekan baja ringan lebih besar 81,29% dibandingkan kayu LVL; dan batang tarik 58,23% lebih besar dibandingkan kayu LVL. Pada batang diagonal atas, kapasitas tekan baja ringan 42,26% lebih besar dibandingkan dengan kayu LVL. Pada batang diagonal bawah, kapasitas tekan baja ringan 55,58% lebih besar dibandingkan dengan kayu LVL; dan batang tarik 38,08% lebih besar dibandingkan dengan kayu LVL.
5. Hasil analisis kekakuan menghasilkan lendutan pada baja ringan sebesar 0,88 mm dan pada kayu LVL sebesar 2,69 mm; keduanya memenuhi persyaratan kekakuan karena lendutan yang terjadi kurang dari lendutan izin sebesar 33,33 mm.
6. Material baja ringan lebih berat dibandingkan kayu LVL, dengan rasio perbedaan sebesar 69,148%. Berat baja ringan sebesar 24,99 kg sedangkan berat kayu LVL sebesar 7,71 kg. Perbedaan ini dipengaruhi oleh penggunaan kayu LVL yang dapat disesuaikan dimensinya, sedangkan penggunaan profil baja ringan terbatas penggunaannya sesuai dengan dimensi



yang tersedia di pasaran. Namun demikian, hal ini dapat diatasi dengan pemilihan bentuk rangka kuda-kuda lain sehingga baja ringan tidak terkena batas kelangsingan terlalu tinggi dan diharapkan dapat menggunakan profil yang lebih ekonomis.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 7971-2013 tentang Struktur Baja Canai Dingin*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 7973-2013 tentang Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8399-2017 tentang Profil Rangka Atap Baja Ringan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Basuki, A. (2016). *Laminated Veneer Lumber (LVL) Kayu Sengon Sebagai Alternatif Kayu Konstruksi*.
- [5] Diredja, N.V., et al. (2019). Analisis Kinerja Struktur Bangunan Rumah Tinggal dengan Kayu Glulam Mahoni. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3 (3), 205-216.
- [6] Eratodi, B. & Awaludin, A. (2017). Bending Capacity of Non-prismatic LVL Beams Paraserianthes Falcataria. *Procedia Engineering*, 171, 1362-1369.
- [7] Nuranita, B. & Herbudiman, B. (2020). Analisis Perbandingan Metode DTI dan DFBK pada Rangka Atap Kayu untuk Bangunan Gudang Berdasarkan SNI 7973:2013. *KonTeks-14 Konferensi Nasional Teknik Sipil 14*, pp. 588-597. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [8] Pangaribuan, M. R. (2014). Baja Ringan sebagai Pengganti Kayu dalam Pembuatan Rangka Atap Bangunan Rumah Masyarakat. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2 (4), 648-655.
- [9] Setyowati, Basuki, A. & Setiono. (2013). Algoritma Perancangan Struktur Rangka Atap Kuda-kuda Laminated Veneer Lumber (LVL) Kayu Sengon. *Matriks Teknik Sipil*, 1 (4), 556-572.