

# Kajian Desain Jembatan Sederhana Tipe Hollow Section Truss (HST) dari Material Kayu Kamper

Handika Setya Wijaya 1<sup>1</sup>, Erizaldy Azwar, ST, M.T., M.Sc., IPM. 2<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

<sup>2</sup>Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

[handika.setya@unitri.ac.id](mailto:handika.setya@unitri.ac.id)

## ABSTRAK

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kebutuhan jembatan yang banyak tersebut tidak dibarengi dengan anggaran negara yang dialokasikan terhadap pembangunan jembatan di desa-desa. Karena pembangunan jembatan membutuhkan biaya yang relatif mahal. Teknologi terkini dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam membangun jembatan di desa adalah teknologi "Judesa". Teknologi Judesa telah dianggap sebagai jembatan yang ekonomis padahal anggaran yang dikeluarkan relatif besar yaitu 370 juta. Maka dari itu penelitian ini menawarkan desain jembatan dengan rekayasa kayu dengan tipe rangka menggunakan inovasi "Hollow Section Truss (HST)" yang memiliki keunggulan yaitu kuat, lebih ekonomis dan berkearifan lokal karena material utama kayu dapat dicari di desa-desa setempat. Penampang Hollow Section akan meningkatkan inersia yang lebih besar dari pada kayu dengan penampang padat/ solid dengan luas penampang yang sama. Penelitian ini bertujuan untuk mencari jenis rangka yang kuat untuk diterapkan pada Hollow Section Truss. Dari hasil penelitian didapatkan Jembatan tipe rangka K (K Truss) memiliki rasio perkalian antara kekuatan dan penggunaan bahan paling baik dibandingkan dengan tipe rangka yang lain (Baltimore, Howe, Pratt, dan Warren). Jembatan K-Truss dengan inovasi HST mampu mengefisiensi bahan sebesar 14.90% untuk batang tarik dan 13% untuk batang tekan jika dibandingkan dengan jembatan K-Truss Konvensional.

**Kata kunci:** Hollow section truss, K-Truss, Rasio kekuatan dan penggunaan bahan

## ABSTRACT

*Indonesia has more than 80 thousand villages. Each village requires at least three to four bridges to cross the river, and to access other facilities. The need for a large bridge is not accompanied by the state budget allocated for bridge construction in the villages. Because the construction of a bridge requires a relatively expensive cost. The latest technology from the Ministry of Public Works and Public Housing in building bridges in villages is "Judesa" technology. Judesa technology has been considered an economical bridge even though the budget spent is relatively large at 370 million. Therefore this study offers a bridge design with a wood engineering with a skeleton type using the innovation "Hollow Section Truss (HST)" which has advantages that are strong, more economical and local wisdom because*

*the main material of wood can be sought in local villages. Cross Section Hollow section will increase inertia greater than wood with a solid cross section / solid with the same cross-sectional area. This study aims to find a type of strong framework to be applied to the Hollow Section Truss. From the results of the study it was found that the K-type (K Truss) bridge has the best multiplication ratio between strength and material use compared to other skeletal types (Baltimore, Howe, Pratt, and Warren). K-Truss Bridge with HST innovation is able to streamline material efficiency by 14.90% for tensile rods and 13% for compressive rods when compared to Conventional K-Truss bridges.*

**Keywords:** *Hollow section truss, K-Truss, strength ratio and material usage*

## 1. Pendahuluan

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa sebagai satuan administrasi terkecil dari NKRI. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2015 yaitu Waskito Pandu menyatakan bahwa kebutuhan jembatan sangat besar karena masyarakat memerlukan prasarana yang seringnya tidak tersedia di daerahnya, misalnya sekolah dan puskesmas. (<http://properti.kompas.com/read/2015/04/16/092900421/>, diunduh pada 1 Juni 2017).

Kebutuhan jembatan yang banyak tersebut tidak dibarengi dengan anggaran negara yang dialokasikan terhadap pembangunan jembatan di desa-desa. Karena pembangunan jembatan membutuhkan biaya yang relatif mahal. Teknologi terkini dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam membangun jembatan di desa adalah teknologi "Judesa" yaitu kependekan dari Jembatan untuk Desa-Asimetris. Material yang digunakan berasal dari bahan fabrikasi yang dikirim ke pelosok-pelosok desa (<http://www.pu.go.id/berita/11593/Teknologi-Jembatan-Judesa-Lebih-Cepat-dan-Ekonomis>, diunduh pada 5 Juni 2017).

Teknologi Judesa telah dianggap sebagai jembatan yang ekonomis padahal anggaran yang dikeluarkan relatif besar yaitu 370 juta.

Maka dari itu penelitian ini menawarkan desain jembatan dengan rekayasa kayu dengan tipe rangka menggunakan inovasi "hollow section truss" yang memiliki keunggulan yaitu lebih ekonomis dan tentunya kuat.

Pertama, pemilihan kayu sebagai material utama jembatan bukan tanpa alasan. Suryoatmono (2013) menyatakan bahwa sekarang ini persyaratan desain struktur selain harus memenuhi kekuatan dan daya layan tetapi juga harus memenuhi persyaratan ramah lingkungan dan hemat energi. Maka dari itu kayu adalah jawabannya. Kayu adalah material yang paling ramah lingkungan dibandingkan dengan material lain, yaitu beton dan baja. Kedua yaitu mengenai inovasi "hollow section truss" dalam jembatan. Menurut Tjondro (2011), kayu rekayasa hollow section diciptakan karena permasalahan terkini penggunaan kayu di Indonesia adalah kelangkaan kayu dengan dimensi yang besar. Hollow section adalah salah satu produk dari kayu rekayasa yang tersusun dari beberapa profil berpenampang kotak dengan lubang di tengahnya (Tjondro & Facmi, 2009). Karyadi, dkk (2013) menambahkan penampang hollow atau bisa disebut box

beam akan meningkatkan inersia yang lebih besar dari pada kayu dengan penampang padat/ solid dengan luas penampang yang sama.

Berdasarkan kondisi tersebut maka penelitian bertujuan untuk mencari desain jembatan dengan inovasi hollow section truss yang paling efisien dan kuat dari beberapa tipe rangka yang ada yang dibandingkan dengan jembatan dengan bahan kayu konvensional serta desain komponen-komponen jembatannya.

**2. Tinjauan Pustaka**

**2.1 Pentingnya Pembangunan Infrastruktur Jembatan**

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015), pengembangan infrastruktur jalan dan jembatan merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi pengembangan sistem transportasi di Tanah Air. Infrastruktur jembatan menjadi unsur sentral dalam pengembangan wilayah serta peningkatan kegiatan perekonomian di masyarakat. Pembangunan, pemeliharaan dan peningkatan infrastruktur jembatan menjadi prioritas seiring dengan semakin bertambahnya populasi penduduk.

**2.2 Konsep Jembatan Rangka Batang (Truss)**

Dalam Eva Arifi, dkk (2016) menyatakan bahwa salah satu jembatan yang paling mudah ditemui di Indonesia selain jembatan prategang adalah jembatan rangka. Aspek kemudahan pelaksanaan merupakan salah satu alasan mengapa jembatan tipe ini sangat sering dipakai. Bambang S. & Agus S. (2007) menyatakan bahwa pada rangka batang, batang-batang disusun sehingga sumbu batang-batang tersebut menjadi bentuk susunan yang terdiri dari satu atau lebih dari satu segitiga dengan joint pada sudut-sudutnya (titik kumpul sumbu batang). Dengan pembebanan yang terjadi pada joint-joint, gaya dalam pada batang adalah gaya aksial (gaya normal). Untuk sebuah rangka batang yang statis tertentu yang stabil perlu

tiga reaksi pada perletakan. Untuk menentukan apa sebuah rangka batang statis tertentu, statis tak tertentu, atau labil rumus di bawah digunakan.

Jika rangka batang statis tertentu maka dihitung dalam Pers. 1.

$$M + R = 2J \dots\dots\dots (1)$$

Jika rangka batang statis tak tertentu maka dihitung dalam Pers. 2.

$$M + R > 2J \dots\dots\dots (2)$$

Jika rangka batang labil maka dihitung dalam Pers. 3.

$$M + R < 2J \dots\dots\dots (3)$$

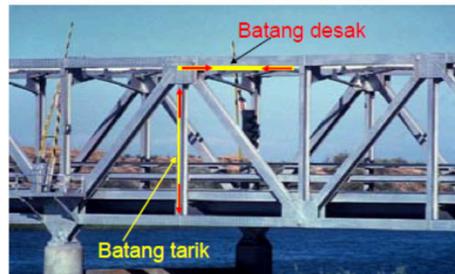
di mana :

M = Jumlah Batang

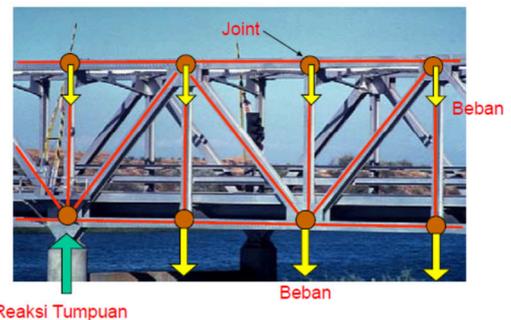
R = Jumlah Reaksi Perletakan

J = Jumlah Joint

Komponen-komponen rangka batang secara umum dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 sebagai berikut.



**Gambar 1.** Batang tekan dan batang tarik pada jembatan batang (Sumber : Mufida, 2007)



**Gambar 2.** Sistem kerja rangka batang dalam menahan beban luar (Sumber : Mufida, 2007)

**2.3 Perhitungan Batang Tarik dan Batang Tekan**

Dengan pembebanan yang terjadi pada joint-joint jembatan rangka batang, gaya dalam pada batang adalah gaya aksial (gaya normal). Gaya aksial yang terjadi

berupa gaya aksial tekan dan gaya aksial tarik. Gaya aksial tersebut akan menghasilkan tegangan normal. Menurut PKKI 1961, Perhitungan untuk tegangan aksial tarik dapat dilihat pada Pers. 4

$$\sigma \text{ tarik} = P / (A_{br}) \dots \dots \dots (4)$$

Sedangkan untuk tegangan tekan dapat dilihat pada Pers. 5.

$$\sigma \text{ tekan} = (\omega * P) / (A_{br}) \dots \dots \dots (5)$$

di mana :

P = Gaya tekan atau gaya tarik

A br = Luas penampang bruto

ω = Faktor tekuk batang tekan

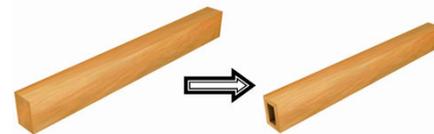
**2.4 Inovasi Hollow Section Truss**

Jembatan rangka kayu dengan inovasi hollow section Truss merupakan solusi untuk menanggulangi mahalnya biaya pembangunan jembatan. Karena jembatan ini menggunakan material yang ramah lingkungan yaitu kayu dan lebih ekonomisnya yaitu jembatan ini menggunakan inovasi hollow section truss yang sampai saat ini belum diterapkan di Indonesia.

Menurut Tjondro (2011), kendala dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan adalah kelangkaan kayu dengan dimensi yang besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka munculah balok kayu rekayasa seperti balok dengan penampang lubang di tengahnya (hollow section).

Menurut Jahromi (2010), produk kayu rekayasa (engineered wood) adalah produk kayu yang terbuat dari lapisan-lapisan kayu yang direkatkan secara bersamaan, atau penggabungan dua atau lebih hasil-hasil kayu yang ada sebelumnya untuk membentuk produk yang baru. Kayu rekayasa, termasuk hollow section pada umumnya mempunyai kelebihan dalam hal sifat material dan kemampuan strukturalnya jika dibandingkan dengan kayu pada biasanya. Perekat dan pengunci (paku) atau keduanya sudah biasa diterapkan pada kayu rekayasa.

Menurut Moody, dkk (1999), hollow section adalah komponen struktural yang sangat efisien dan dapat diproduksi dengan menggabungkan produk papan kayu melalui perekatan. Hollow section adalah salah satu produk dari kayu rekayasa yang tersusun dari beberapa profil berpenampang kotak dengan lubang di tengahnya (Tjondro & Facmi, 2009). Konversi penampang balok kayu biasa ke penampang hollow section dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Konversi kayu dari penampang solid ke penampang hollow section (Sumber : Karyadi, 2013)

Karyadi, dkk (2013) mengungkapkan bahwa untuk meningkatkan kegunaan material, Penampang hollow (hollow section) akan meningkatkan inersia yang lebih besar dari pada kayu dengan penampang padat/ solid dengan luas penampang yang sama.

**2.5 Stabilitas Batang pada Hollow Section**

Salah satu syarat agar sebuah bangunan memenuhi syarat dan layak dipakai adalah kestabilan struktur yang bagus. Penampang hollow mempunyai lubang di badannya. Hal tersebut akan menimbulkan ketidakstabilan penampang. Salah satu jenisnya yaitu Stabilitas Local buckling. Local buckling adalah tekuk yang terjadi pada elemen batang. Besarnya local buckling harus dikontrol pada Pers. 6 sebagai berikut :

$$\frac{\sigma_{cr}}{\eta} = \frac{k\pi^2 E t h^2}{12(1 - \mu^2) h^2} \dots \dots \dots (6)$$

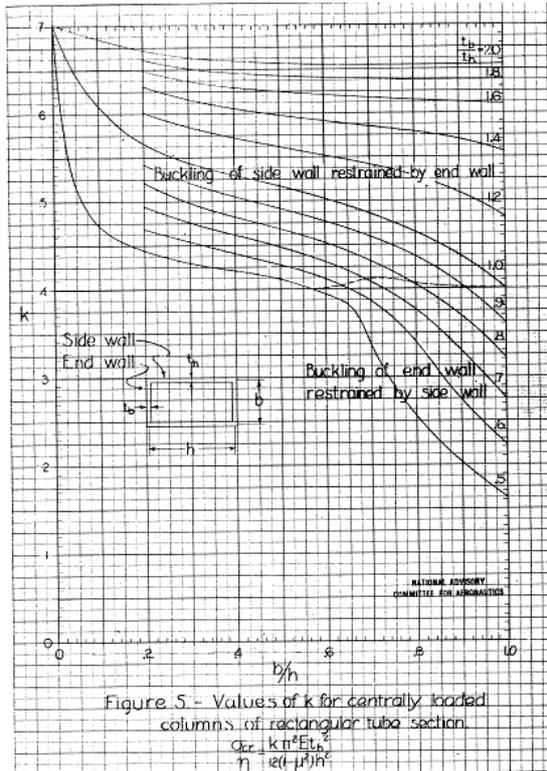
di mana :

σcr = tegangan tekuk kritis akibat local buckling

k = koefisien yang diperoleh dari grafik hasil dari th/tb

π = phi (22/7)

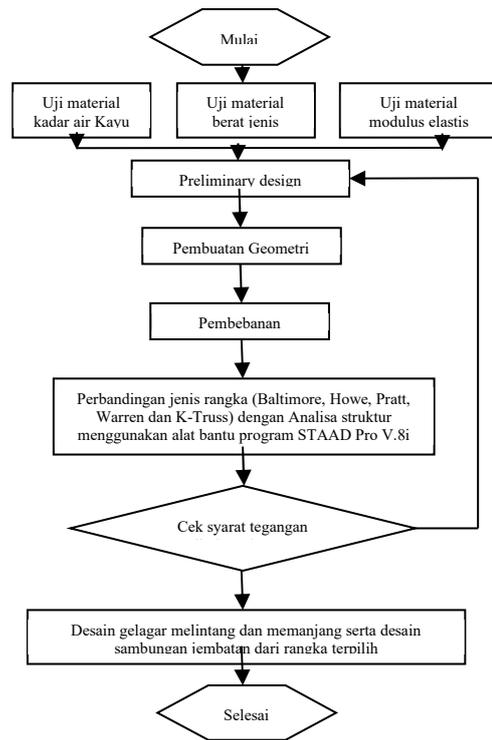
$E$  = modulus elastisitas bahan  
 $t_h$  = ketebalan pelat  
 $\mu$  = poisson ratio bahan  
 $h$  = lebar dari penampang  
 $\eta$  = koefisien dari reduksi modulus elastisitas = 1



**Gambar 4.** Nilai koefisien  $k$  dari penampang hollow persegi (Sumber : D. Kroll, Gordon P. Fisher and George J. Heimerl)

### 3. Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 5 di bawah ini.

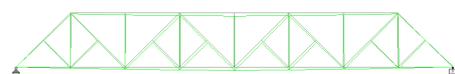


**Gambar 5.** Diagram alir tahapan penelitian

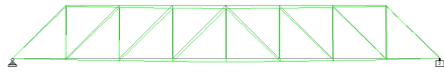
### Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan memodelkan struktur yang nyata dengan permodelan struktur dengan program bantu software Staad Pro V8i dalam membandingkan kekuatan jenis-jenis rangka yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui desain yang paling kuat dari beberapa jenis rangka serta untuk mengetahui desain sambungan buhul dalam jembatan dengan system hollow section truss. Output dari penelitian ini adalah pemilihan rangka yang paling kuat dan desain jembatan secara keseluruhan mulai dari gelagar melintang, gelagar memanjang, rangka batang dan sambungan titik buhulnya.

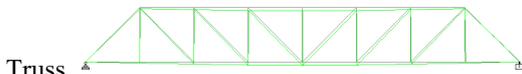
Untuk lebih jelasnya jenis-jenis rangka yang akan dibandingkan dapat dilihat pada Gambar 6 sampai dengan 10 sebagai berikut.



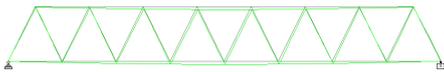
**Gambar 6.** Tipe jembatan dengan model Baltimore Truss



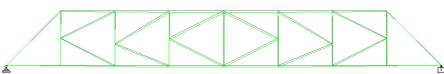
Gambar 7. Tipe jembatan dengan model Howe



Gambar 8. Tipe jembatan dengan model Pratt Truss



Gambar 9. Tipe jembatan dengan model Warren Truss



Gambar 10. Tipe jembatan dengan model K-Truss

4. Analisis dan Pembahasan

Salah satu unsur kekokohan dalam jembatan adalah kekakuan yang di dalamnya ada lendutan. Berdasarkan perhitungan simulasi dari ke lima rangka dengan dimensi yang sama dapat dilihat lendutan seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil analisa bentuk-bentuk rangka jembatan

Model Jembatan	Panjang (l)	Lendutan (displacement)	Rasio (l x d)
	m	mm	
Baltimore	47,60	1,182	56,26
Howe	39,56	1,294	51,19
Pratt	39,56	1,235	48,86
Warren	39,56	1,178	46,60
K-Truss	44,48	0,925	41,14

Dari tabel di atas, jembatan yang terbaik adalah jembatan yang memiliki rasio yang terkecil yaitu mempunyai lendutan terkecil dengan berat struktur yang ringan. Rasio adalah perkalian antara panjang dimensi batang dan lendutan yang terjadi. Maka kami menggunakan sistem rangka K-Truss, karena sistem K-Truss mempunyai rasio terkecil karena memiliki lendutan terkecil dengan panjang dimensi yang relatif ringan.

Dari sistem rangka K Truss di atas, kami mengoptimalkan bahan dengan memakai

bahan kayu dengan lubang di tengahnya (sistem hollow) karena dengan sistem hollow tersebut, bahan akan dapat dioptimasi tetapi lendutan masih memenuhi rencana. Berdasarkan perhitungan perbandingan rasio massa dan lendutan dari model K truss konvensional dan K Truss HST dapat dilihat pada tabel berikut:

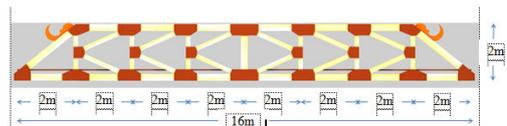
Tabel 2. Perbandingan rasio antara K Truss Konvensional dan K Truss (Hollow Section Truss/ HST)

Model Jembatan	Bahan	Massa (Kg)	Lendutan (Mm)	Rasio (Massa x Lendutan)
K Truss Konvensional	Kayu solid	4.082,83	4,114	16.796,763
K Truss (Hollow Section Truss/ HST)	Kayu hollow	2.837,86	5,253	14.907,279

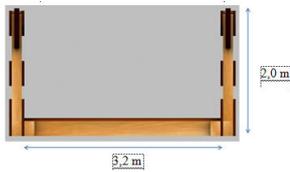
Dari tabel di atas dapat dianalisis bahwa jembatan K Truss (Hollow Section Truss) dengan sistem hollow memiliki kekuatan yang hampir sama dengan jembatan dengan rangka K Truss konvensional dengan berat yang jauh lebih ringan dari pada jembatan K Truss konvensional.



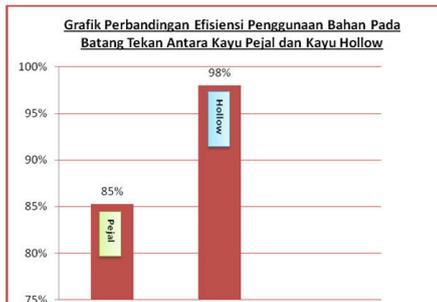
Gambar 11. Perspektif jembatan HST



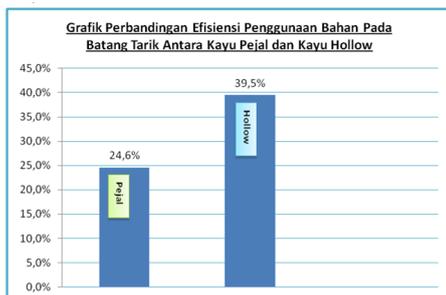
Gambar 12. Tampak depan jembatan HST



**Gambar 13.** Tampak samping jembatan HST



**Gambar 14.** Grafik Perbandingan rasio efisiensi bahan kayu pejal dan kayu hollow pada batang tekan



**Gambar 15.** Perbandingan rasio efisiensi bahan kayu pejal dan kayu hollow pada batang tarik

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, didapatkan analisa bahwa kayu dengan bahan hollow mempunyai tingkat rasio efisiensi bahan yang lebih tinggi dari pada kayu pejal baik dari segi kuat tekan maupun kuat tarik. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa pemakaian kayu hollow dengan dimensi yang sama dengan kayu pejal memiliki tingkat efisiensi penghematan bahan yang lebih.

**5. Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

- a. Jembatan tipe K-Truss memiliki rasio kekuatan dan penggunaan bahan yang terkecil yaitu sebesar 41,40 dibandingkan dengan tipe rangka

yang lain (Howe, Pratt, Baltimore, Warren).

- b. Dengan inovasi K-Truss Hollow Section Truss (HST) dapat mengefisiensi bahan sebesar 13% untuk batang tekan dan 14,90% untuk batang tarik.

**6. Daftar Pustaka**

Chauf, Kusnindar. 2005. Karakteristik Mekanik Kayu Kamper Sebagai Bahan Konstruksi. Majalah Ilmiah Mektek, Tahun VII, No. 1: 41-47.

Chauf, Kusniandar Abd. 2012. Pengaruh Posisi Sambungan Lamina Terhadap Kapasitas Lentur Balok Kayu Laminasi. Jurnal Infrastruktur, 2 (1) : 26 : 35.

Mufida, Etik. 2007. Struktur Rangka Batang (Truss). Bahan Ajar. Sleman : Prodi S1 Teknik Arsitektur.

Eva, Arifi., Hendro Suseno, M. Taufik Hidayat & Hafidz Emirudin G. 2016. Pengaruh Konfigurasi Rangka Dan Optimasi Profil Terhadap Kinerja Pada Struktur Jembatan Rangka Baja. Jurnal REKAYASA SIPIL, Vol. 10, No. 3: 187-193.

Jahromi, Ali Bahdori. 2010. Development and evaluation of composite insulated beams. Edinburg: Napier University

Karyadi, Sri Murni Dewi, Agoes Soehardjono Md, 2013. Experimental Investigation on Characteristics of Mechanics of Box-Section Beam Made Of Sliced-Laminated Dendrocalamus Asper under Torsion. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), 3 (4) : 2614-2619.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Informasi Statistik Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2015. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Kompas.com. (2015, 16 April). "Judesa" Cocok Dibangun di Desa Terpencil. Diperoleh 1 Juni 2017, dari <http://properti.kompas.com/read/2015/04/16/092900421/Judesa.Cocok.Dibangun.di.Desa.Terpencil>

Manu, I. Agus. 1995. Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.  
 Moody, Russel C., Roland Hernandez & Jen Y. Liu. 1999. Glued Structural Members: Wood Handbook Wood As An Engineering Material. Madison: Forest Products Laboratory USDA Forest Service  
 Oka, M. G. 2005. Analisis Rasio Antara Tinggi dan Lebar Balok Terhadap Perilaku Lentur Kayu Kamper. Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 1: 24-31.

PU-net. (2014, 14 September). "Teknologi Jembatan Judesa Lebih Cepat dan Ekonomis". Diperoleh 1 Juni 2017, dari <http://www.pu.go.id/berita/11593/Teknologi-Jembatan-Judesa-Lebih-Cepat-dan-Ekonomis>

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH). 2008. Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia-A Handbook of Selected Indonesian Wood Species. Jakarta: Indonesian Sawmill And Woodworking Association (ISWA).

Supriyadi, B. & Agus S. 2007. Jembatan. Yogyakarta: Betta Offset.

Suryoatmono, B. 2013. Kayu Rekayasa Sebagai Masa Depan Struktur Kayu Indonesia. Makalah disajikan dalam The 2nd Indonesian Structural Engineering And Materials Symposium, Jurusan Teknik Sipil Universitas Parahyangan, Bandung 7-8 November.

Tjondro, Adhijoso, 2011. Balok Dan Kolom Papan Kayu Laminasi- Paku. Bandung: Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.

Tjondro, Johannes, Adhi & Facmi, 2009. Kuat Lentur Balok Penampang Tersusun Box Dari Papan Kayu Sengon. Makalah disajikan dalam Prosiding Simposium Nasional I Forum Teknologi Hasil Hutan (FTHH), Forum Teknologi Hasil Hutan, Bogor 30-31 Oktober.

Wikibuku. (2012, 29 Maret). Rekayasa Lalu Lintas/Jembatan. Diperoleh 26 Mei 2017, dari [https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa\\_Lalu\\_Lintas/Jembatan/](https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa_Lalu_Lintas/Jembatan/)

YLPMB, 1978. Peraturan konstruksi kayu Indonesia NI-5 PKKI 1961, Jakarta.

: