

## EVALUASI KEKUATAN SAMBUNGAN BALOK KAYU SUSUN PROFIL “I” PADA KONSTRUKSI JEMBATAN SEDERHANA

Muhammad Al Faroqi<sup>1</sup>, Yulius Wahyu Prasetyo<sup>2</sup>, Maryadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1, Banyurojo, Kecamatan Metroyudan, Kab. Magelang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia

<sup>1</sup> faroky31@gmail.com, <sup>2</sup> prasetyoyulius59\_@mail.com, <sup>3</sup> maryadikenang74@gmail.com

### ABSTRAK

Perlunya jembatan sederhana dengan pengerjaan cepat menggunakan material kayu setempat, terkadang menimbulkan permasalahan tersendiri sekaligus menjadi tantangan dalam penyelesaian tugas latihan kemiliteran. Balok lebih ekonomis bila penampangannya sedemikian rupa sehingga bagian terbesar dari bahan diletakkan sejauh mungkin dari sumbu netral, salah satunya bentuk profil “I”. Pengujian terhadap kuat lentur dari dua benda uji berupa balok kayu tersusun dari bahan papan kayu pinus membentuk profil “I” yakni BU-A (jarak paku 20 cm) dan BU-B (jarak paku 15 cm). Selanjutnya dilakukan serangkaian proses perhitungan dan dianalisa sehingga diperoleh perbandingan kapasitas lentur keduanya. Hasil pengujian, kapasitas  $P_{max}$  BU-A sebesar 58 kN (5.91 Ton), lebih besar dibandingkan BU-B (jarak paku 15 cm) yakni 48 kN (4,89 Ton). Pada Inersia yang sama sebesar 19960 cm<sup>4</sup>, BU-A memiliki kapasitas kuat lentur lebih baik dengan  $\sigma$  14,166 MPa,  $\tau$  0,55 MPa dan  $M_{max}$  2175 kNcm, dibandingkan BU-B dengan  $\sigma$  11,723 MPa,  $\tau$  0,45 MPa dan  $M_{max}$  1800 kNcm. Intensitas kerusakan berupa pola keretakan lentur pada BU-B lebih tinggi dibandingkan BU-A sehingga BU-A (jarak paku 20 cm) terbukti memiliki kapasitas lentur yang lebih baik dibandingkan BU-B (jarak paku 15 cm).

**Kata-kunci:** *Balok Kayu Susun; Kekuatan Lentur; Sambungan Paku.*

### ABSTRACT

*Maintenance and upkeep are actions that are inherent in the establishment of a building so that the function and service life of the building can run as planned. The Sapta Marga Akmil Stadium has been renovated in 2022, especially the running track from 5 lanes to 8 lanes, so that it meets international running track standards. Considering that the renovation costs are not small, it is necessary to formulate a maintenance and upkeep formula for the Sapta Marga Akmil Stadium with an effective and efficient priority scale. This research method uses a qualitative method with discussion analysis using the AHP (Analytical Hierarchy Process) method regarding the optimization of maintenance and care mechanisms so that the Sapta Marga Akmil Stadium can be functionally functional and suitable for use and comfortable to use to support the teaching and learning process of the Cadet and Organic Academy. The results of the research show that based on the AHP method, in order to optimize maintenance and upkeep of the Sapta Marga Stadium, priorities or work sequences need to be implemented, including instilling concern for users, intervention from top command policies, routine maintenance management, and allocation of maintenance and upkeep budgets.*

**Keywords :** *Flexural Strength; Nail Connection; Wooden Beam Composed.*

## PENDAHULUAN

Perlunya jembatan sederhana dengan pengerjaan cepat menggunakan material kayu setempat, terkadang menimbulkan permasalahan tersendiri sekaligus menjadi tantangan dalam penyelesaian tugas latihan kemiliteran.

Kayu digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan untuk rumah tinggal, gedung, jembatan dll. Balok akan lebih ekonomis bila penampangnya sedemikian rupa sehingga bagian terbesar dari bahan diletakkan sejauh mungkin dari sumbu netral, dengan kata lain momen inersia harus diperbesar. Didalam konstruksi baja biasanya berbentuk profil I atau profil kanal. Pada konstruksi kayu dapat juga dibuat profil yang disusun dari beberapa bagian kayu yang dihubungkan dengan paku sehingga disebut balok tersusun (Matana dkk, 2017).

Perencanaan struktur bertujuan untuk menghasilkan struktur yang stabil, kuat, dan awet serta memenuhi kemudahan dalam pelaksanaannya. Stabilitas balok dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kondisi pembebanan dan tumpuan, penampang komponen struktur, dan panjang tak tertumpu. Balok yang memiliki permukaan lebar akan menjadi lebih stabil jika dibandingkan dengan balok langsing. Balok yang langsing dan memiliki ukuran yang lebih panjang mengakibatkan balok tersebut mengalami puntiran, sehingga diperlukan tumpuan lateral agar balok menjadi lebih stabil ketika menerima beban (Hayatunnufus dkk, 2022).

Hayatunnufus dkk (2022) dalam penelitiannya bahwa nilai modulus elastisitas ( $E$ ) pada kayu daun jaum (agathis dan pinus) memiliki nilai yang lebih rendah dari nilai  $E$  pada kayu daun lebar. Adanya cacat-cacat kayu pada contoh uji berukuran penuh, menyebabkan kelas mutu masing-masing kayu menurun. Agathis dikategorikan ke dalam kelas mutu E6, pinus kelas mutu E5, meranti kelas mutu E8, dan mahoni kelas mutu E5 berdasarkan SNI 2013. Nilai stabilitas balok ( $CL$ ) mendekati 1 yang mengindikasikan bahwa balok stabil dan tidak mengalami puntiran.

Lapeantu dkk (2017) dalam penelitiannya bahwa keteguhan lengkung statis (MOE) nilai yang tertinggi yaitu pangkal 62.400,19 kg/cm<sup>2</sup>, tengah 60.716,01 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai terendah pada bagian ujung 59.479,52 kg/cm<sup>2</sup>. Keteguhan patah (MOR) nilai yang tertinggi yaitu pada bagian pangkal 464,80 kg/cm<sup>2</sup>, tengah 427,81 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai yang terendah pada bagian ujung 386,28 kg/cm<sup>2</sup>.

Matana dkk (2017) dalam penelitiannya bahwa untuk Kuat lentur kayu didapat kekuatan kampuh tegak lebih kuat dengan nilai jarak 3cm = 220,026 kg/cm<sup>2</sup>, 6cm = 245,768 kg/cm<sup>2</sup>, 9cm = 230,894 kg/cm<sup>2</sup> dibandingkan kampuh mendatar nilai jarak 3cm = 199,089 kg/cm<sup>2</sup>, 6cm = 170,501 kg/cm<sup>2</sup>, 9cm = 150,700 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan oleh kuat lekat pada paku yang menahan kayu tersebut. Pengujian ini menghasilkan benda uji kampuh tegak pada jarak 6 cm mempunyai kekuatan lebih kuat.

## METODE

Penelitian kuantitatif dengan pendekatan pengujian terhadap kuat lentur di Laboratorium dari dua benda uji berupa balok kayu tersusun bentuk profil “I”. Selanjutnya dilakukan serangkaian proses perhitungan dan dilakukan analisa sehingga diperoleh perbandingan kapasitas lentur keduanya.

### Alat, Bahan dan Skema Pengujian

1. Bahan. Bahan utama papan kayu pinus kelas kuat II-III dengan kelas awet kayu gubal 6-8 cm berwarna putih kekuning – kuning. Dimensi papan yakni 3x20 cm dan panjang 2,10 m.

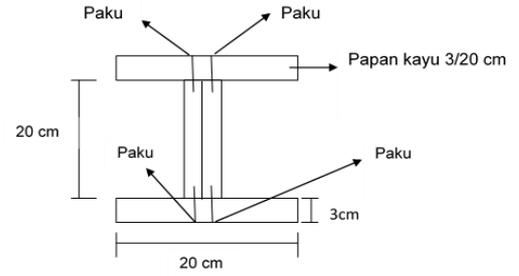
2. Alat yang digunakan.
- Table saw (*Sircular Saw*).
  - Gergaji kayu.
  - Palu kayu, besi dan karet/plastik.
  - Penggaris panjang, siku dan meteran.
  - Mesin uji kuat lentur (*Compression Test*).
  - Paku kayu ukuran 7 cm.
  - Klem besi.



**Gambar 1.** Penyiapan Alat *Compression Test* dan Bahan Uji Papan Kayu Pinus  
(Sumber: Data Primer, 2023)

3. Benda Uji. Dua jenis balok papan kayu susun Profil “I” panjang 2,10 m sebagai benda uji dengan jenis sambungan dan jarak:

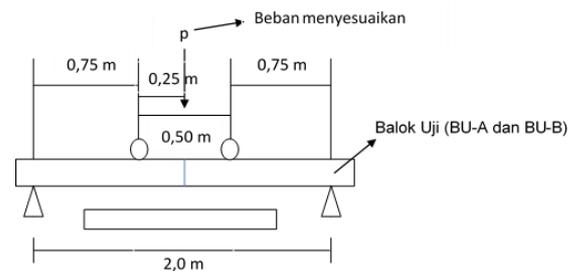
- Paku jarak 20 cm (BU-A).
- Paku jarak 15 cm (BU-B).



**Gambar 2.** Pembuatan Benda Uji BU-A dan BU-B  
(Sumber: Data Primer, 2023)

4. Skema Pengujian.

Papan kayu yang sudah disusun tersebut akan di uji pada mesin uji lentur dengan skema:



**Gambar 3.** Skema Pengujian Benda Uji BU-A dan BU-B  
(Sumber: Data Primer 2023)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilaksanakan dengan memberi batas maksimum yang dapat diterima oleh balok papan kayu profil “I”, sehingga beban maksimum yang dapat dilewati oleh jembatan tersebut dapat diketahui. Tinjauan dalam fungsi militer, diharapkan tidak memberikan dampak kerugian yang besar dalam membantu manuver mendukung pasukan kawan. Setelah melakukan

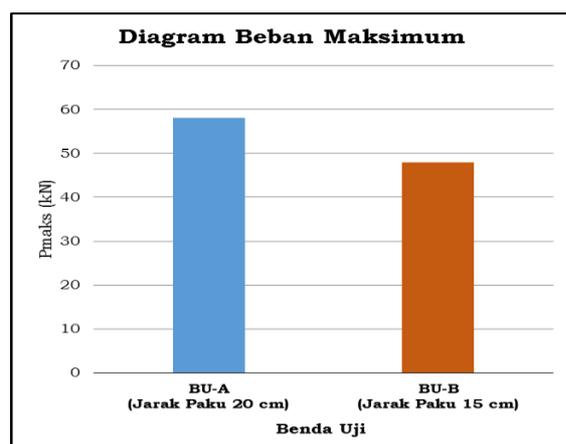
Uji Tekan dengan *Compression Test* maka diperoleh data dan disajikan dalam tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Uji Kuat Lentur Terhadap BU-A dan BU-B

Benda Uji	Jarak Paku (cm)	P (kN)	$M_{max}$ (kNcm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\sigma$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
BU-A	20	58	2175	19960	14,166	0,55
BU-B	15	48	1800	19960	11,723	0,45

(Sumber: Data Primer, 2023)

Berdasarkan gambar 4 dapat dijelaskan bahwa perbedaan jarak paku pada kedua benda uji memperlihatkan perbedaan beban maksimum yang mampu diterima. Balok papan kayu susun profil “I” dengan jarak sambungan paku 20 cm (BU-A) mampu menahan beban lebih besar sebesar 58 kN (5.91 Ton) dibandingkan jarak sambungan paku 15 cm (BU-B) senilai 48 kN (4,89 Ton). Dengan kata lain, guna mendukung mobilisasi aktivitas harian warga sipil setempat mampu dioperasionalkan secara aman dengan batas maksimum terkecil 4,89 Ton.

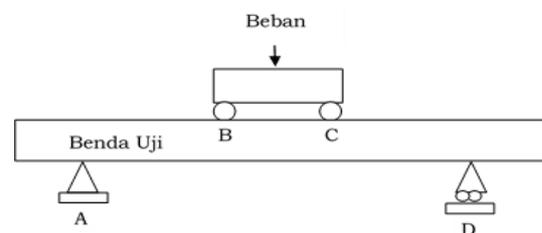


**Gambar 4.** Diagram Beban Maksimum pada BU-A dan BU-B  
(Sumber: Data Primer 2023)

Pada manuver personel pasukan bidang militer, berat rata-rata seorang personel dengan

perlengkapan tempur taktis terlatih rata-rata 100 Kg. Kendaraan Truk personel 3 Ton mampu menampung 12 orang dengan jumlah berat 1200 Kg. Sehingga total berat 1 unit Truk personel dengan isi yakni 4200 Kg (4,2 Ton). Ditinjau kapasitas maksimum bawah 4,89 Ton, maka desain jembatan sederhana dengan struktur balok papan kayu profil “I” dapat digunakan sebagai alternatif manuver pasukan kawan.

### Kapasitas Lentur Benda Uji



**Gambar 5.** Skema Uji Lentur Benda Uji  
(Sumber: Data Primer, 2023)

1. Benda Uji A dengan jarak paku 20 cm (BU-A), Beban Maks = 58 kN.

a. Reaksi Gaya.

Diagram Gaya Normal (*Normal Force Diagram, NFD*)

$$\Sigma FH = 0; RAH = 0$$

Diagram Gaya Geser (*Shear Force Diagram, SFD*)

$$\Sigma FV = 0$$

$$\Sigma MA = 0; RDV = 29 \text{ kN}$$

$$\Sigma MD = 0; RAV = 29 \text{ kN}$$

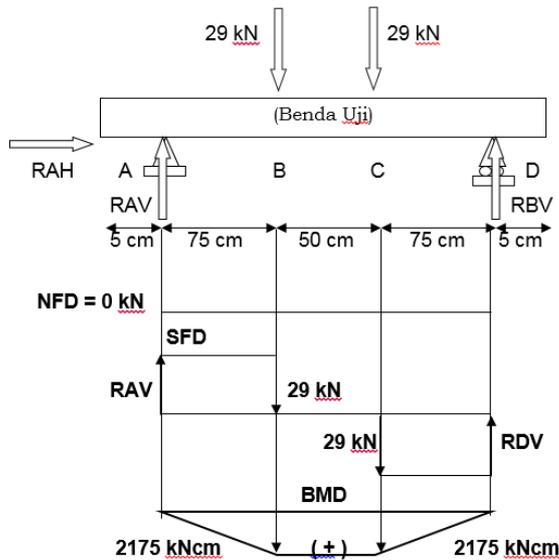
Diagram Momen Lentur (*Bending Moment Diagram, BMD*)

$$MB = 2175 \text{ kNcm};$$

$$MC = -2175 \text{ kNcm}$$

$$M_{max} = 2175 \text{ kNcm}$$

b. Bidang Reaksi Gaya.



**Gambar 6.** Bidang Reaksi Gaya Benda Uji Saat  $P_{maks}$

(Sumber: Data Primer, 2023)

c. Momen Inersia

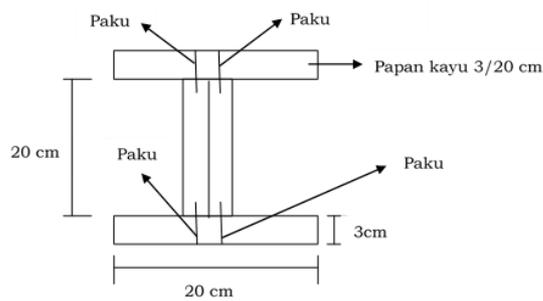
$$H = 26 \text{ cm} \rightarrow d = 10 \text{ cm} + 1,5 \text{ cm} = 11,5 \text{ cm}.$$

$$B = 20 \text{ cm}; A = 26 \text{ cm}$$

$$t = 6 \text{ cm}; Q = 26 \times 11,5 = 299 \text{ cm}^3$$

Momen Inersia,  $I$

$$= \frac{1}{12} BH^3 - 1/12 (B-2t) (H-2t)^3 = 19960 \text{ cm}^4$$



**Gambar 7.** Penampang Profil “I” Benda Uji dengan Sambungan Paku

(Sumber: Data Primer, 2023)

d. Tegangan Lentur,  $\sigma$

$$\sigma = \frac{My}{I} = 141,658 \text{ kg/cm}^2 = 14,166 \text{ MPa}$$

e. Tegangan Geser Lentur,  $\tau$

$$\tau = \frac{VQ}{Ib} = 55 \times 10^{-3} \text{ kN/cm}^2 = 0,55 \text{ MPa}$$

2. Benda Uji B dengan jarak paku 15 cm (BU-B), Beban Maks = 48 kN.

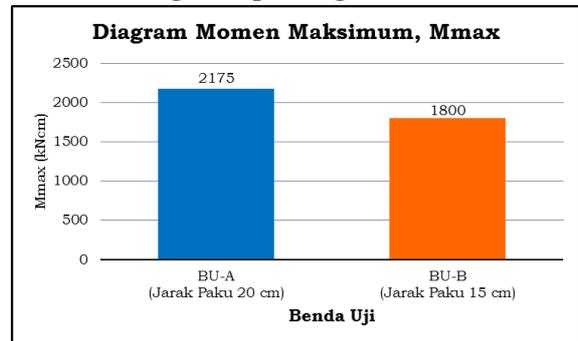
Perhitungan kapasitas lentur BU-B menggunakan cara yang sama dengan BU-A, maka rekapitulasi kapasitas lentur dari kedua benda uji disusun dalam tabel 2.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Kapasitas Lentur BU-A dan BU-B

Benda Uji	Jarak Paku (cm)	$P$ (kN)	$M_{max}$ (kNcm)	$I$ (cm <sup>4</sup> )	$\sigma$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
BU-A	20	58	2175	19960	14,166	0,55
BU-B	15	48	1800	19960	11,723	0,45

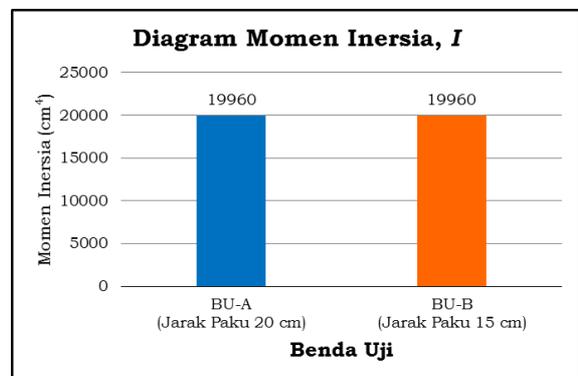
(Sumber: Data Primer, 2023)

Selanjutnya rekapitulasi hasil kapasitas lentur disajikan dalam bentuk diagram pada gambar 8-10.



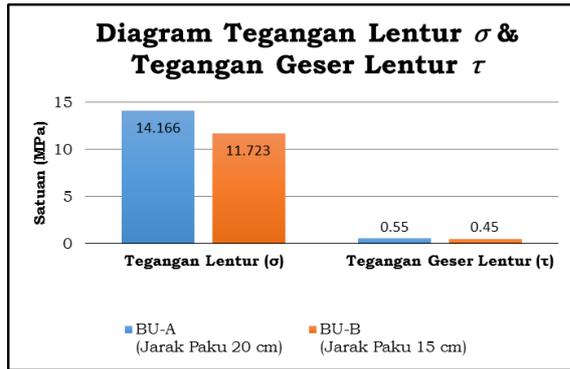
**Gambar 8.** Diagram Momen Maksimum pada BU-A dan BU-B

(Sumber: Data Primer 2023)



**Gambar 9.** Diagram Momen Inersia pada BU-A dan BU-B

(Sumber: Data Primer 2023)



**Gambar 10.** Diagram Tegangan Lentur dan Tegangan Geser Lentur pada BU-A dan BU-B

(Sumber: Data Primer 2023)

Pada diagram kapasitas lentur (gambar 8-10), dimana kapasitas lentur dari kedua benda uji BU-A (jarak paku 20 cm) dan BU-B (jarak paku 15 cm) membuktikan bahwa balok papan kayu tersusun profil “I” dari benda uji BU-A memiliki kapasitas lentur yang lebih baik dibandingkan benda uji BU-B.

Walaupun memiliki Inersia,  $I$  yang sama sebesar  $19960 \text{ cm}^4$ , BU-A memiliki kapasitas kuat lentur lebih baik dengan Tegangan Lentur,  $\sigma$  14,166 MPa, Tegangan Geser Lentur,  $\tau$  0,55 MPa dan Momen max 2175 kNcm, dibandingkan BU-B dengan  $\sigma$  11,723 MPa,  $\tau$  0,45 MPa dan  $M_{\max}$  1800 kNcm.

### Kerusakan Benda Uji

BU-A dan BU-B mengalami kerusakan saat mencapai beban tekan statis maksimumnya dengan pola retak lentur.



**Gambar 11.** Pola Retakan pada BU-A dan BU-B

(Sumber: Data Primer, 2023)

Pada BU-B (jarak paku 15 cm), intensitas retak lebih besar karena area pada retak lentur memiliki sejumlah mata kayu dimana merupakan titik terlemah dari kayu, sehingga kekuatan lentur balok papan kayu lebih kecil daripada benda uji BU-A (jarak paku 20 cm). Keretakan pada BU-B (jarak paku 15 cm) makin lebar dan meluas seiring bertambahnya beban uji dan menghasilkan patah pada papan bagian atas (area yang terkena beban).

Indikasi kerusakan berupa keretakan tersebut berbanding lurus dengan kapasitas lentur yang dihasilkan dari analisa Momen max dan Tegangan lentur. Sehingga pada jarak paku 20 cm terbukti lebih memiliki kapasitas lentur yang lebih baik dibandingkan jarak paku 15 cm.

## KESIMPULAN

1. BU-A (jarak paku 20 cm) mempunyai kemampuan menahan  $P_{max}$  lebih besar yakni 58 kN (5.91 Ton), dibandingkan BU-B (jarak paku 15 cm) sebesar 48 kN (4,89 Ton). Maka, dukungan mobilisasi aktivitas harian warga sipil dan manuver 1 unit Truk personel militer beserta isinya sebesar 4200 Kg (4,2 Ton) mampu dioperasikan secara aman dari batas  $P_{max}$  terkecil 4,89 Ton.
2. Walaupun memiliki Inersia yang sama sebesar 19960 cm<sup>4</sup>, BU-A memiliki kapasitas kuat lentur lebih baik dengan  $\sigma$  14,166 MPa,  $\tau$  0,55 MPa dan  $M_{max}$  2175 kNcm, dibandingkan BU-B dengan  $\sigma$  11,723 MPa,  $\tau$  0,45 MPa dan  $M_{max}$  1800 kNcm.
3. Intensitas kerusakan berupa pola keretakan lentur pada BU-B lebih tinggi dibandingkan BU-A sehingga BU-A (jarak paku 20 cm) terbukti memiliki kapasitas lentur yang lebih baik dibandingkan BU-B (jarak paku 15 cm).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak yang telah mendukung terlaksananya kegiatan Penelitian sehingga dapat berjalan sesuai tujuan dan waktu yang ditetapkan.

## DAFTAR PUSTAKA

Christianto, E., Budisetyono, T., Ruslan, Dj., 2015. Perbandingan Perencanaan Sambungan Kayu dengan Baut dan Paku Berdasarkan PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013. Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, Vol. 4 No.2 (2015):1-8.

Hayatunnufus, A., Nugroho, N., Bahtiar, E.T., 2022. Faktor Stabilitas Balok Kayu pada Konfigurasi Pembebanan Terpusat. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Volume 07, No.2, Agustus 2022:129-146.

Kaselle, H., Trisnawathy, Fattah, A., 2022. Perancangan Struktur Kayu Berdasarkan SNI 7973 2013. Nas Media Pustaka.

Kementrian PUPR, 2016. Jembatan Sederhana. Jakarta.

Lapeantu, S.K., Hapid, A., Muthmainnah., 2017. Sifat Mekanika Kayu Pinus (*Pinus Merkusii* Jungh Et De Vriese) Asal Desa Taende Mori Atas Morowali Utara Sulawesi Tengah. Warta Rimba, Volume 5, Nomor 1, Maret 2017: 121-126.

Matana, M.N., Kumaat, E.J., Pandaleke, R., 2017. Pengujian Kuat Lentur Kayu Profil Tersusun Bentuk I. Jurnal Sipil Statik, Vol. 5 No.2, April 2017: 103-112.

SNI 7973:2013, 2013 Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.