

PENGARUH JARAK PAKU PADA KUAT LENTUR BALOK SUSUN KAYU KELAPA BERBENTUK KOTAK

Gerald Christian Arsjad Mandey

Ronny Pandaleke, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: gerrymandey.gm@gmail.com

ABSTRAK

Kayu merupakan bahan yang sudah sering digunakan manusia dalam ribuan tahun. kayu adalah salah satu bahan yang sudah lama dikenal dan telah dipakai untuk keperluan, termasuk menunjang pekerjaan konstruksi struktur. Sulawesi utara terdapat banyak pohon kelapa. kayu dari pohon kelapa sudah sering digunakan untuk menjadi bahan suatu bangunan ataupun rumah. Dari berbagai jenis kayu, kayu kelapa memiliki harga yang ekonomis dan mudah ditemukan. Penggunaan kayu kelapa dalam konstruksi berupa struktur atap, jembatan, kolom dan rumah yang banyak di temukan daerah minahasa. Suatu inovasi dalam penggunaan kayu adalah kayu yang disambung dengan alat penyambung berupa paku, pasak, yang sambung dengan alat penyambung, dengan maksud untuk mengurangi penggunaan kayu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak paku dengan pengujian kuat lentur sehingga mendapat nilai-nilai seperti tegangan, dan beban maksimum. Dan dalam penelitian ini juga bertujuan mengetahui nilai kadar air, kerapatan, berat jenis, dan modulus elastisitas dari balok susun yang memberikan gambaran tentang pengujian kuat lentur dilaboratorium.

Hasil yang didapat dari penelitian ini menggunakan acuan SNI didapat mutu kayu kelapa adalah E14 dan E15. Nilai kuat lentur kayu kampuh mendatar dengan nilai jarak paku paku 3 cm = 482,802 kg/cm²; jarak 6 cm = 256,064 kg/cm², 9 cm = 279,960 kg/cm² dan untuk kampuh tegak nilainya pada jarak paku 3 cm = 243,255 kg/cm²; 6 cm = 290,697 kg/cm²; 9 cm = 323,953 kg/cm². Kampuh tegak dengan nilai kuat lentur terbesar dengan jarak 9 cm dan untuk kampuh mendatar jarak paku 3 cm. Hal ini dikarenakan penggunaan balok susun kayu kelapa yang dipakai tidak seragam atau tidak sama.

Kata Kunci: Kayu Kelapa, Balok susun, Kuat Lentur, modulus elastisitas

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kayu merupakan bahan yang sudah sering digunakan manusia dalam ribuan tahun. kayu adalah salah satu bahan yang sudah lama dikenal dan telah dipakai untuk keperluan, termasuk menunjang pekerjaan konstruksi struktur. dalam perencanaan struktur bangunan. Kayu memiliki keunggulan seperti mudah dalam pelaksanaan dengan peralatan sederhana, struktur bangunan kayu lebih aman terhadap bahaya gempa, dan kuat terhadap gaya tarik.

Sulawesi Utara terdapat banyak pohon kelapa. kayu dari pohon kelapa sudah sering digunakan untuk menjadi bahan suatu bangunan ataupun rumah. Dari berbagai jenis kayu, kayu kelapa memiliki harga yang ekonomis dan mudah ditemukan.

Penggunaan kayu kelapa dalam konstruksi berupa struktur atap, jembatan, kolom dan rumah yang banyak di temukan daerah Minahasa. Suatu inovasi dalam penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi dalam bidang sambungan kayu dan penyambung adalah balok tersusun. Balok tersusun dibuat dengan berbagai macam bentuk penampang tertentu dalam hal ini untuk dibandingkan balok masif, mudah difabrikasi, lebih ringan, lebih efektif dalam pemakai kayu dan efisien dalam pemasangan dan sebagainya.

Balok tersusun ini merupakan balok yang dihubungkan satu sama lain dengan alat penyambung diantara lain adalah paku, perekat dan pasak secara menurus balok. Penyusunan balok bersusun dapat disesuaikan dengan balok kayu kekuatan atau ukuran balok kayu tersebut. Balok kayu yang kuat dapat diletakkan sesuai posisi yang

memerlukan kekuatan lebih dan balok kayu yang lemah diletakan pada posisi yang tidak memerlukan kekuatan lebih. Sehingga penggunaan balok kayu lebih ekonomis dan sederhana.

Rumusan Masalah

Pemeriksaan material kayu kelapa dan pengujian kuat lentur kayu kelapa dalam bentuk balok bersusun dengan variasi jarak paku.

Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Kayu Lokal (kayu kelapa)
2. Jenis kayu yang digunakan adalah kayu kelapa yang ada di pasaran dan di buat oleh tukang
3. alat sambung yang di pakai adalah paku ukuran 2"
4. Perhitungan dan parameter berdasarkan SNI Kayu
5. Variasi jarak paku : 3 cm, 6 cm, 9 cm

Tujuan Penelitian

Tujuan pengujian ini untuk memeriksa kekuatan kayu kelapa dan mengetahui nilai kuat lentur kayu kelapa dengan pengaruh variasi jarak paku.

Manfaat Penelitian

Menjadikan kayu kelapa sebagai alternatif sebagai penggunaan dalam bidang konstruksi bangunan Dan menjadi uji kompetensi dalam perencanaan struktur kayu.

Peneliti Terdahulu

Matana (2017) meneliti tentang pengujian kuat lentur profil susun bentuk I dengan material kayu cempaka. Dari hasil pengujian kuat lentur didapat model kampuh mendatar dengan nilai jarak paku 3cm = 199,089 kg/ cm², 6cm = 170,501kg/ cm², 9cm = 150,700kg/cm² dan Kampuh tegak dengan nilai jarak paku 3cm = 220,026 kg/ cm², 6cm = 245,768kg/cm², 9cm = 230,894 kg/ cm². Disimpulkan bahwa dari hasil penelitian kekuatan kampuh tegak lebih kuat dibandingkan dengan kampuh mendatar. Hal ini disebabkan oleh kuat lekat pada paku yang menahan kayu tersebut, dan cara pemasangan paku dari samping kekuatan

lekatnya selain dari sisi kayu yang menahan, paku juga menahan balok pada saat ditekan. Pada benda uji kampuh tegak jarak 6 cm mempunyai kekuatan lebih kuat.

Siagian (2017) meneliti pengujian kuat lentur kayu profil tersusun bentuk kotak dengan material model penampang bentuk I dan kotak. Dari hasil penelitian Dari hasil penelitian ditemukan bahwa kampuh tegak mempunyai nilai kuat lentur yang lebih kuat dibanding dengan kampuh mendatar. Kampuh tegak lebih kuat dengan nilai jarak 3 cm = 44,918 kN, jarak 6 cm = 47,009 kN, 9 cm = 50,342 kN, dibandingkan dengan kampuh mendatar dengan nilai 3 cm = 44,061 kN, 6 cm = 43,339 kN, 9 cm = 32,505 kN. Hal ini disebabkan oleh kuat lekat pada paku yang menahan kayu tersebut. Jika dipaku dari samping kekuatan lekatnya selain dari sisi kayu yang menahan, paku juga menahan balok pada saat ditekan. Berbeda dengan kampuh mendatar, yang hanya ditahan saja dengan kayu tersebut, karena paku dipasang sejajar dengan penahan kayu. Kekuatan kayu tidak tergantung oleh jumlah pakunya. Karena pada benda uji kampuh tegak, kayu dengan jarak 9 cm mempunyai kekuatan lebih kuat.

LANDASAN TEORI

Kayu Kelapa

Kayu kelapa adalah salah satu sumber kayu alternatif baru yang berasal dari perkebunan, kelapa yang sudah tidak menghasilkan lagi (berumur 60 tahun keatas) sehingga harus ditebang untuk diganti dengan bibit pohon yang baru. Sebenarnya pohon kelapa termasuk jenis palem. Semua bagian dari pohon kelapa adalah serat/fiber yaitu berbentuk garis pendek-pendek. Tidak menemukan alur serat lurus dan serat mahkota pada kayu kelapa karena semua bagiannya adalah fiber. Pohon kelapa tumbuh subur di sepanjang pantai Indonesia. Namun, yang paling terkenal dengan warnanya yang coklat gelap adalah dari Sulawesi.

Sifat Fisis Kayu

Kadar Lengas atau Kadar Air Kadar air kayu adalah banyaknya air yang terkandung

dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering ovennya. Untuk mendapatkan kadar air, dapat dihitung dengan rumus:

$$m = \frac{Wg - Wd}{Wd} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

M = Kadar Lengas atau Kadar Air (%)

Wd = Berat Kayu kering-oven

Wg = Berat Kayu Basah

Berat jenis diperoleh dari perbandingan antara berat suatu volume kayu tertentu berdasarkan berat kayu kering tanur atau kering udara dan volume kayu pada posisi kadar air. Menentukan Berat jenis (SNI 03-xxxx-2000 hal. 4)

Menentukan berat jenis pada kadar air m% (Gm)

$$Gm = \frac{\rho}{(1.000(1 + \frac{m}{100}))} \quad (2)$$

Dimana:

ρ = kerapatan kayu (kg/m^3)

m = kadar air (m%)

Gm = Berat jenis pada kadar air m%

$$a = \frac{30 - m}{30} \quad (3)$$

$$Gb = \frac{Gm}{(1 + 0,265 * a * Gm)} \quad (4)$$

Menentukan berat jenis pada kadar air 15%

$$G = \frac{Gb}{(1 - 0,133 Gb)} \quad (5)$$

Dimana:

G= berat jenis pada kadar air 15%

Gb= Berat jenis dasar

Kerapatan suatu benda yang homogen adalah massa atau berat persatuan volume, sehingga kerapatan selalu dinyatakan dengan satuan $gram/cm^3$ atau kg/m^3 . Kerapatan Kayu (ρ) kg/m^3 .

$$\rho = \frac{Wg}{Vg} \quad (6)$$

Dimana:

ρ = kerapatan kayu (kg/m^3)

Wg = berat kayu basah

Vg = volume kayu basah

Modulus Elastisitas

Untuk menentukan modulus elastisitas mutu kayu dipakai Standar Nasional Indonesia (SNI).

Tabel 1. Modulus Elastisitas

Kode Mutu	Nilai Desain Acuan (MPa)					Modulus Elastisitas Acuan (MPa)	
	F _b	F _t	F _c	F _v	F _{cl}	E	E _{min}
E25	26.0	22.9	22.9	3.06	6.11	25000	12500
E24	24.4	21.5	21.5	2.87	5.74	24000	12000
E23	23.2	20.5	20.5	2.73	5.46	23000	11500
E22	22.0	19.4	19.4	2.59	5.19	22000	11000
E21	21.3	18.8	18.8	2.50	5.00	21000	10500
E20	19.7	17.4	17.4	2.31	4.63	20000	10000
E19	18.5	16.3	16.3	2.18	4.35	19000	9500
E18	17.3	15.3	15.3	2.04	4.07	18000	9000
E17	16.5	14.6	14.6	1.94	3.89	17000	8500
E16	15.0	13.2	13.2	1.76	3.52	16000	8000
E15	13.8	12.2	12.2	1.62	3.24	15000	7500
E14	12.6	11.1	11.1	1.48	2.96	14000	7000
E13	11.8	10.4	10.4	1.39	2.78	13000	6500
E12	10.6	9.4	9.4	1.25	2.50	12000	6000
E11	9.1	8.0	8.0	1.06	2.13	11000	5500
E10	7.9	6.9	6.9	0.93	1.85	10000	5000
E9	7.1	6.3	6.3	0.83	1.67	9000	4500
E8	5.5	4.9	4.9	0.65	1.30	8000	4000
E7	4.3	3.8	3.8	0.51	1.02	7000	3500
E6	3.1	2.8	2.8	0.37	0.74	6000	3000
E5	2.0	1.7	1.7	0.23	0.46	5000	2500

Keterangan

E : Modulus Elastisitas Lentur

F_b : Kuat Lentur

F_t// : Kuat Tarik Sejajar Serat

F_c// : Kuat Tekan Sejajar Serat

F_v : Kuat Geser

F_c⊥ : Kuat Tekan Tegak Lurus Serat

Nilai modulus elastisitas lentur (E_w) dalam satu MPa dapat diperkirakan dengan persamaan dibawah ini dimana G adalah berat jenis kadar air standar (15%)

Tabel 2. Estimasi kuat acuan berdasarkan atas berat jenis pada kadar air 15%

Kuat Acuan	Rumus estimasi
Modulus Elastisitas Lentur, E _w (MPa)	16.000G ^{0,71}

Sumber: SNI 03-xxxx-2000

Nilai desain untuk modulus elastisitas, E, diestimasi dari nilai rata-rata untuk spesies dan mutu material. Modulus elastisitas acuan untuk stabilitas balik dan kolom E_{min} didasarkan atas persamaan berikut:

$$E_{min} = E (1 - 1,645COV_E)(1,03)/1,66 \quad (7)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas acuan

1,03 = faktor koreksi untuk mengoreksi nilai E ke basis lentur murni

1,66 = faktor keamanan

CVO_E = koefisien variasi modulus elastisitas

E_{min} mempresentasikan nilai penge-luaran bahwa 5 persen pada modulus elastisitas lentur murni, ditambah faktor keamanan 1,66.

Tabel 3. Tabel COV

	COV _E
Kayu gergajian yang dipilah secara visual	0,25
Kayu yang dievaluasi secaramekanis (MEL)	0,15
Kayu yang dipilah tegangannya secara mekanis (MRS)	0,11
Kayu glulam struktural	0,10

Sumber: SNI 7973- 2013

Sambungan kayu menggunakan paku

Paku digunakan untuk lekatkan dua bahan atau lebih membuat profil penampang sesuai yang akan diteliti. Berikut adalah peraturan jarak paku minimum:

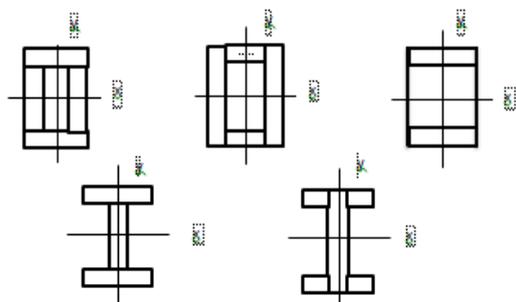
Tabel 4. Jarak minimum paku

	Komponen Struktur Sisi Kayu		
	Tidak dibor dahulu	Dibor dahulu	
Jarak Tepi	2,5d	2,5d	
Jarak Ujung	Beban tarik paralel serat	15d	10d
	Beban tekan paralel serat	10d	5d
Jarak antar pengencang dalam satu baris.	Paralel serat	15d	10d
	Tagak lurus serat	10d	5d
Jarak antar baris pengencang	Segaris	5d	3d
	Zig-zag	2,5d	2,5d

Tata Sumbu Balok Bersusun Dengan Paku

Menurut sumbu utamanya balok tersusun dibedakan atas dua bagian:

1. Balok tersusun dengan kedua sumbu utamanya simetris.



Gambar 1. Balok tersusun dua sumbu simetris

2. Balok tersusun dengan salah satu sumbu utamanya simetris. Penampang ini terdiri dari dua bagian.



Gambar 2. Balok susun satu sumbu simetris

Harga K dan Y

γ adalah index bebas bahan. Umumnya harga $\gamma < 1$ Karena penampang tersusun umumnya terdiri dari papan yang dibentuk dan $\gamma = 1$ untuk penampang yang solid.

$$\gamma = \frac{1}{1+k} \tag{8}$$

Harga K untuk penampang yang terdiri dari > 2 bagian dan bentuknya simetri terhadap sumbu yang ditinjau, (Kotak dan I) maka:

$$k = \frac{\pi^2 E_{\parallel} F_1 e'}{l^2 C} \tag{9}$$

$$e' = \frac{e}{n} \tag{10}$$

dimana:

F_1 = luas bagian flens terhadap sumbu bebas bahan (cm²)

e' = Jarak Paku (cm)

n = jumlah baris pada paku flens

C = modulus pergeseran dari sambungan

L = panjang bentang (cm)

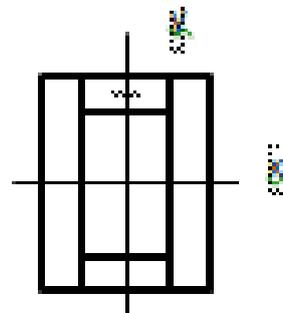
E_{\parallel} = modulus elastisitas sejajar serat (kg/cm²)

Tabel 5. modulus geser (C)

Pemasangan Paku	Modulus Pergeseran (kg/cm)	
	Kedudukan Paku Tegak Lurus Sumbu (x-x)	Kedudukan Paku Sejajar Sumbu (y-y)
Satu Irisan	600	900
Dua Irisan	1400	1800

Sumber: Tjondro, 2011.

Momen Inersia Penampang Kotak Balok Tersusun



Gambar 3. Penampang Balok

Inersia penampang diatas

$$I_g = \sum I_i + y. \sum (F_i \cdot a_i^2) \quad (11)$$

Dimana

I_g= inersia gabungan

I= momen inersia

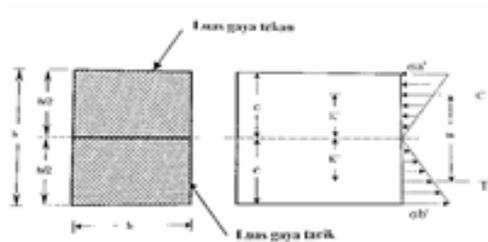
F_i= Luas Penampang yang ditinjau

a_i= jarak dari sumbu y ke garis netral

y= index bebas bahan

Tegangan Lentur

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (12)$$



Gambar 4. Blok tegangan lentur

dimana:

σ = Tegangan lentur (kg/cm²)

M = Momen lentur maksimum (kg.cm)

W = Modulus penampang (cm³)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pengujian. Dimulai dengan persiapan bahan, pembuatan benda uji, seting alat pengujian dan pengujian. Setiap tahap pengujian berpedoman pada parameter/standar yang berlaku pada SNI 03-3959-1995 dan fasilitas yang tersedia di laboratorium.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat digambarkan pada Gambar 5 berikut.

Persiapan Benda Uji

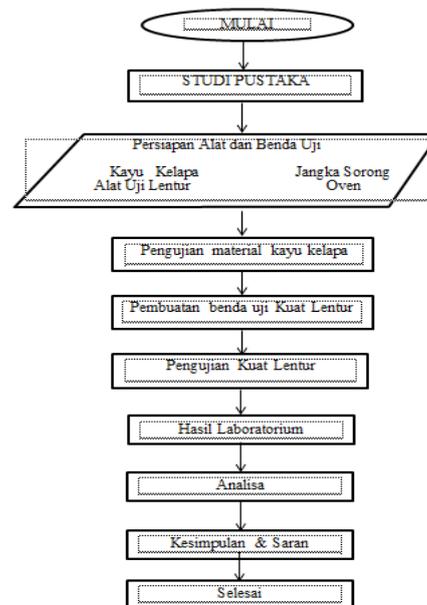
Kayu yang akan dipakai dalam penelitian diambil secara acak dari tempat penjualan kayu (*sawmill*). Kayu yang diambil berupa balok berukuran 5cm x 20cm dan 4cm x 18cm. kemudian kayu tersebut dibuat benda-benda uji. Ada beberapa pengujian dengan benda-benda uji seperti kubus dan balok susun.

Pembuatan dan pelaksanaan pengujian

1. Kubus dengan jumlah 42 benda uji untuk pengujian kadar air yang dimasukan kedalam oven selama 1x24jam. Sebelum dimasukan kedalam oven, benda uji timbang dan diukur dengan sigmat digital untuk menghitung volume dan berat basah dari benda uji. Sesudah benda uji dikeluarkan dari oven, benda uji di timbang untuk mendapatkan berat kering.
2. Benda uji dibuat menjadi dua (2) model yaitu kampuh mendatar dan tegak. Dengan masing-masing ukuran. untuk kampuh mendatar ukuran flens atas dan bawah 12cm x 3cm x 100cm untuk web 4cm x 9cm x 100cm.

Untuk penampang kampuh tegak dengan flens atas dan bawah 4cm x 3cm x 100 dan web 4cm x 15cm x 100cm.

Langkah pelaksanaan pada pengujian kuat lentur, pertama siapkan benda dengan ketentuan ukuran kedua hidupkan mesin dan biarkan beberapa untuk pemanasan. Ketiga beri nomor kode atau untuk setiap jenis kayu dalam setiap pengujian, sebelum dipasang pada alat uji, ukur lebar dan tinggi benda uji kemudian tempatkan benda uji pada alat perletakan dengan jarak tumpuan 90 cm. Jalankan mesin uji kemudiancatat beban maksimumnya Dan hitung kuat lentur dari benda uji.



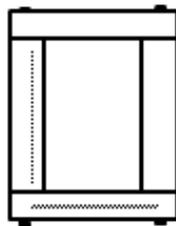
Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

Pada jarak paku balok tersusun dibuat sesuai dengan syarat-syarat SNI 7973-2013.

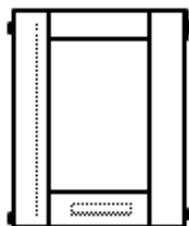
Tabel 6. Spasi minimum paku yang digunakan

	Jarak Paku minimal SNI (Standar nasional Indonesia)	
	Dibor dahulu	Jarak digunakan dalam penelitian
Jarak Tepi	2,5d = 0,75 cm	1,5 cm & 2 cm
Jarak Ujung	15d = 4,5 cm	5 cm
Jarak antar paku dalam satu baris	10d = 3 cm	3 cm, 6 cm, 9 cm

Sampel dikelompokkan menjadi dua model yaitu kampuh mendatar dan kampuh tegak. Model balok dengan ukuran (b) 120mm x (d) 150mm x (L) 1000mm dan benda uji menggunakan alat sambung paku 2 inci.

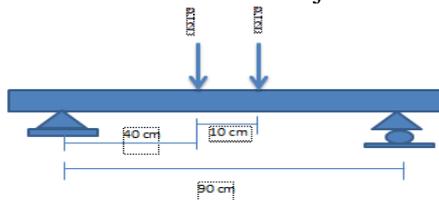


Gambar 6. Pemakuan sisi bagian atas



Gambar 7. Pemakuan dari samping

Sistem Pembebanan Benda Uji



Gambar 8. Sistem Pembebanan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kerapatan, Kadar Air dan Berat Jenis

Penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar air, kerapatan kayu dan berat jenis kayu. Benda uji yang dibentuk kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm, dari ketiga sampel dibuat dengan setiap ukurannya sama. waktu pengeringan berbeda yang dimana ada 3 proses pengeringan pertama tidak melewati proses pengeringan, 1 minggu pengeringan dan 2 minggu lama waktu pengeringan, bertujuan untuk kayu kering udara sebelum dibawa ke laboratorium.

Berikut adalah hasil penelitian yang disajikan dalam tabel bawah ini:

Tabel 7. Kerapatan kayu

Sampel	No	Volume Kayu Basah (mm ³)	Berat Kayu Basah (gr)	Kerapatan Kg/m ³
A	1	133346,05	149,30	1119,64
	2	128314,26	145,30	1132,38
	3	132977,88	150,70	1133,27
B	1	131032,41	146,70	1119,57
	2	130680,99	148,70	1137,89
	3	134754,85	148,40	1101,26
C	1	131980,35	131,80	998,63
	2	137745,65	127,70	927,07
	3	141051,03	138,60	982,62
D	1	131050,86	135,70	1035,48
	2	128181,10	126,80	989,23
	3	126798,90	127,60	1006,32
E	1	130026,95	137,30	1055,93
	2	130974,73	141,20	1078,07
	3	131044,05	135,00	1030,19
F	1	127687,59	141,10	1105,04
	2	128160,92	138,10	1077,55
	3	131711,51	136,20	1034,08
G	1	124362,80	111,50	896,57
	2	129717,02	116,50	898,11
	3	129821,21	105,70	814,20
H	1	129672,46	117,10	903,04
	2	125380,17	120,70	962,67
	3	127772,75	119,30	933,69
J	1	124752,81	76,50	613,21
	2	124253,27	78,10	628,55
	3	125589,43	121,70	969,03
K	1	127778,19	78,80	616,69
	2	130730,93	119,30	912,56
	3	127082,48	124,40	978,89
L	1	130731,78	86,90	664,72
	2	135844,64	94,40	694,91
	3	136354,65	90,30	662,24
M	1	138136,96	97,00	702,20
	2	132292,54	91,70	693,16
	3	127451,43	89,90	705,37
X	1	137143,36	136,50	995,31
	2	122246,94	127,10	1039,70
	3	121862,52	126,20	1035,59
Y	1	126628,03	139,20	1099,28
	2	121761,93	120,30	987,99
	3	115160,15	110,70	961,27

Sumber: Hasil Pengujian

Tabel 8. Kadar air

Proses Lama pengeringan	Sampel	Berat Kayu Basah (Wg)			
		(gr)	Wd (gr)	M (%)	
tidak ada	A	1	149,3	91,9	62,46
		2	145,3	93,6	55,24
		3	150,7	94,3	59,81
	B	1	146,7	89,1	64,65
		2	148,7	94	58,19
		3	148,4	92,8	59,91
tidak ada	C	1	131,8	62,7	110,21
		2	127,7	50,7	151,87
		3	138,6	64	116,56
	D	1	135,7	71,4	90,06
		2	126,8	55,9	126,83
		3	127,6	65,7	94,22
1 minggu	E	1	137,3	89,3	53,75
		2	141,2	97,9	44,23
		3	135	69	95,65
	F	1	141,1	93,8	50,43
		2	138,1	91	51,76
		3	136,2	91,7	48,53
1 minggu	G	1	111,50	57,00	95,61
		2	116,50	66,10	76,25
		3	105,70	55,90	89,09
	H	1	117,10	66,80	75,30
		2	120,70	63,90	88,89
		3	119,30	61,00	95,57
2 minggu	J	1	76,50	47,9	59,71
		2	78,10	47,5	64,42
		3	121,70	96,10	26,64
	K	1	78,80	47,30	66,60
		2	119,30	93,30	27,87
		3	124,40	100,20	24,15
2 minggu	L	1	86,90	60,30	44,11
		2	94,40	65,90	43,25
		3	90,30	60,50	49,26
	M	1	97,00	64,60	50,15
		2	91,70	63,90	43,51
		3	89,90	61,90	45,23
2 minggu	X	1	136,50	107,00	27,57
		2	127,10	92,90	36,81
		3	126,20	94,80	33,12
	Y	1	139,20	108,80	27,94
		2	120,30	90,90	32,34
		3	110,70	97,90	13,07

Sumber: Hasil Pengujian

Pada tabel kadar air kayu kelapa diatas nilai tertinggi adalah 151,87 %, sedangkan nilai terendah 13,07 %. Nilai kadar air yang melebihi 100% adalah kayu yang semua rongga pori mengandung air dan sel kayu tersebut penuh dengan air, sedangkan nilai kadar air 30 % – 10 % kayu tersebut yang rongga pori sudah kering dan serat kayu bebas atau bisa disebut kering tanur. Pengambilan sampel juga berpengaruh pada nilai kadar air. Pada sampel A sampai D sampel diambil dibagian tengah diameter kayu yang dimana bagian yang mengandung banyak air dan permukaannya seperti spons.

Tabel 9. Berat jenis

No	Kerapatan	Kadar air	Berat jenis pada kadar air m%
	(Kg/m ³)	(%)	
A1	1119,64	62,46	0,68918425
A2	1132,38	55,24	0,729459037
A3	1133,27	59,81	0,709140503
B1	1119,57	64,65	0,679984455
B2	1137,89	58,19	0,719308918
B3	1101,26	59,91	0,688657954
C1	998,63	110,21	0,475070715
C2	927,07	151,87	0,368069688
C3	982,62	116,56	0,45373649

Lanjutan tabel 9.

D1	1035,48	90,06	0,544826629
D2	989,23	126,83	0,436101736
D3	1006,32	94,22	0,518143279
E1	1055,93	53,75	0,686780725
E2	1078,07	44,23	0,747472408
E3	1030,19	95,65	0,526540514
F1	1105,04	50,43	0,734605469
F2	1077,55	51,76	0,710044817
F3	1034,08	48,53	0,696218599
G1	896,57	95,61	0,458336413
G2	898,11	76,25	0,509570756
G3	814,20	89,09	0,430592193
H1	903,04	75,30	0,515144064
H2	962,67	88,89	0,509649969
H3	933,69	95,57	0,477410106
J1	613,21	59,71	0,383959296
J2	628,55	64,42	0,382283713
J3	969,03	26,64	0,765191765
K1	616,69	66,60	0,370172716
K2	912,56	27,87	0,713679614
K3	978,89	24,15	0,788464313
L1	664,72	44,11	0,461249754
L2	694,91	43,25	0,485112978
L3	662,24	49,26	0,443695918
M1	702,20	50,15	0,467651817
M2	693,16	43,51	0,483020434
M3	705,37	45,23	0,485675215
X1	995,31	27,57	0,780205495
X2	1039,70	36,81	0,759937207
X3	1035,59	33,12	0,777925833
Y1	1099,28	27,94	0,859209445
Y2	987,99	32,34	0,746538743
Y3	961,27	13,07	0,850120471

Sumber: Hasil Pengujian

Tabel 10. Modulus elastisitas

No	Ew(Mpa)	Emin
A1	15654,03	7316,35
A2	15832,10	7399,57
A3	15844,57	7405,40
B1	15650,69	7314,79
B2	15907,51	7434,82
B3	15404,63	7199,79
C1	13552,31	6334,05
C2	11956,20	5588,06
C3	13235,26	6185,87
D1	14295,33	6681,32
D2	13246,84	6191,28
D3	13815,17	6456,91
E1	14826,38	6929,52
E2	15157,61	7084,33
E3	14172,68	6624,00
F1	15477,83	7234,00
F2	15117,75	7065,70
F3	14581,67	6815,15
G1	12175,58	5690,60
G2	12468,02	5827,28
G3	11129,20	5201,54
H1	12548,71	5864,99
H2	13216,17	6176,95
H3	12713,64	5942,08
J1	9114,60	4259,96
J2	9204,17	4301,83

Lanjutan tabel 10.

J3	14027,82	6556,29
K1	9010,16	4211,15
K2	13375,56	6251,44
K3	14166,85	6621,28
L1	10104,81	4722,77
L2	10493,90	4904,62
L3	9956,00	4653,21
M1	10428,78	4874,18
M2	10466,63	4891,87
M3	10576,69	4943,31
X1	14310,71	6688,51
X2	14737,71	6888,08
X3	14717,44	6878,61
Y1	15465,20	7228,10
Y2	14176,45	6625,76
Y3	14117,37	6598,15

Sumber: Hasil Pengujian

Dari nilai tabel 10, sampel kadar airnya memenuhi untuk menentukan mutu kayu adalah sampel J3, K2, K3, X1, Y1, dan Y3. Mutu kayu yang didapat dari hasil penelitian berdasarkan tabel SNI 7973- 2013 hal.29 adalah E14 dan E15.

Tabel 11. Ukuran dimensi kampuh mendatar

Tipe Paku	Benda uji	Dimensi Penampang (cm)		Beban(kN)	Benda uji	Dimensi Penampang (cm)		Beban(kN)	Jarak Paku(cm)
		Lebar Flens (b)	Tebal Flens (tf)			Lebar Flens (b)	Tebal Flens (tf)		
2"	A1	Lebar Flens (b)	12,007	58,571	C1	Lebar Flens (b)	12,182	38	3
		Tebal Flens (tf)	3,278			Tebal Flens (tf)	3,334		
		Tinggi Web (hw)	8,917			Tinggi Web (hw)	8,951		
		Tebal Web (tw)	3,940			Tebal Web (tw)	4,118		
		Tinggi Total (h)	15,570			Tinggi Total (h)	15,625		
	A2	Lebar Flens (b)	12,192	44,6	C2	Lebar Flens (b)	12,306	46,2	6
		Tebal Flens (tf)	3,276			Tebal Flens (tf)	3,029		
		Tinggi Web (hw)	8,940			Tinggi Web (hw)	9,082		
		Tebal Web (tw)	4,076			Tebal Web (tw)	4,100		
		Tinggi Total (h)	15,402			Tinggi Total (h)	15,386		
	A3	Lebar Flens (b)	12,224	33	C3	Lebar Flens (b)	12,117	37,9	9
		Tebal Flens (tf)	3,295			Tebal Flens (tf)	3,188		
		Tinggi Web (hw)	8,863			Tinggi Web (hw)	8,744		
		Tebal Web (tw)	4,120			Tebal Web (tw)	4,027		
		Tinggi Total (h)	15,507			Tinggi total (h)	15,393		

Tabel 12. Ukuran dimensi kampuh tegak

Tipe Paku	Benda uji	Dimensi Penampang (cm)		Beban (kN)	Benda uji	Dimensi Penampang (cm)		Beban (kN)	Jarak Paku(cm)
		Lebar Flens (bf)	Tebal Flens (tf)			Lebar Flens (bf)	Tebal Flens (tf)		
2"	B1	Lebar Flens (bf)	3,703	59,286	D1	Lebar Flens (bf)	3,936	41	3
		Tebal Flens (tf)	3,173			Tebal Flens (tf)	3,102		
		Tinggi Web (h)	15,921			Tinggi Web (h)	15,100		
		Tebal Web (tw)	3,824			Tebal Web (tw)	4,322		
		Lebar Penampang (b)	12,079			Lebar Penampang (b)	12,323		
	B2	Lebar Flens (bf)	3,781	48	D2	Lebar Flens (bf)	3,628	46,8	6
		Tebal Flens (tf)	2,921			Tebal Flens (tf)	3,068		
		Tinggi Web (h)	15,037			Tinggi Web (h)	15,168		
		Tebal Web (tw)	3,828			Tebal Web (tw)	3,977		
		Lebar Penampang (b)	12,332			Lebar Penampang (b)	12,135		
	B3	Lebar Flens (bf)	3,769	64,286	D3	Lebar Flens (bf)	4,038	71,4285	9
		Tebal Flens (tf)	3,077			Tebal Flens (tf)	3,197		
		Tinggi Web (h)	15,006			Tinggi Web (h)	15,060		
		Tebal Web (tw)	4,155			Tebal Web (tw)	4,060		
		Lebar Penampang (b)	12,254			Lebar Penampang (b)	12,238		

Tabel 13. Tegangan lentur kampuh mendatar

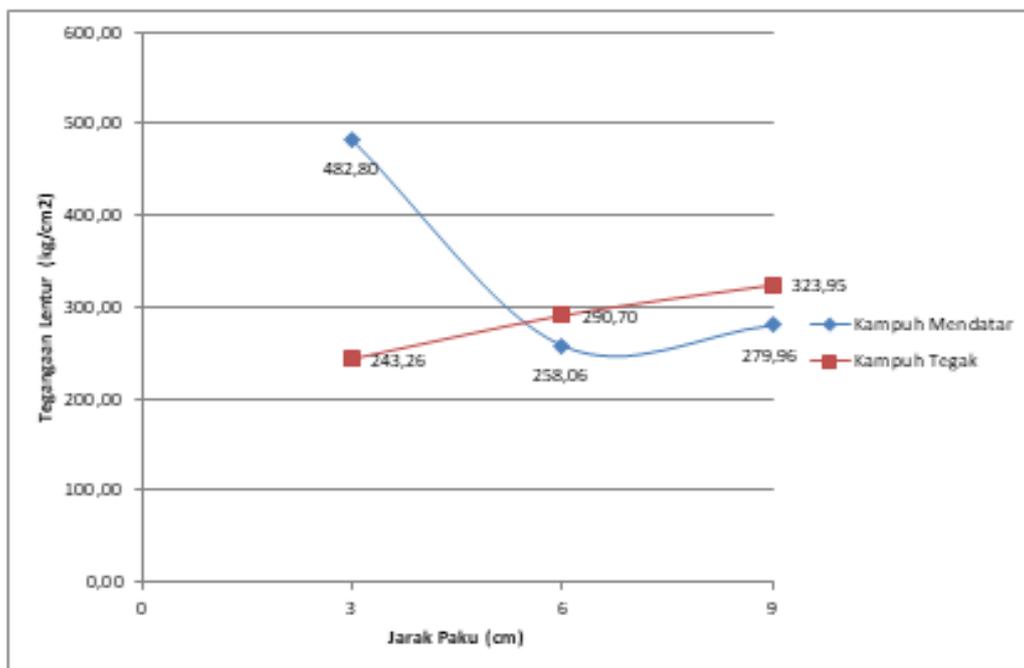
Benda Uji	Beban	Beban Maksimum (P)	Momen Lentur Maksimum (M)	Modulus Penampang (W)	Tegangan Lentur (Fb)	Nilai rata-rata	Jarak Paku
	kN	kg	kg.cm	cm ³	kg/cm ²		cm
A1	58,57	5857,10	117142,00	180,315	649,652	482,802	3
C1	59,29	5928,60	118572,00	375,285	315,952		
A2	38,00	3800,00	76000,00	294,143	258,378	258,064	6
B2	41,00	4100,00	82000,00	318,139	257,749		
A3	44,60	4460,00	89200,00	416,035	214,405	279,960	9
C3	48,00	4800,00	96000,00	277,847	345,514		

Sumber: Hasil Pengujian

Tabel 14. Tegangan lentur kampuh tegak

Benda Uji	Beban kN	Beban Maksimum (P)	Momen Lentur Maksimum (M)	Modulus Penampang (W)	Tegangan Lentur (Fb)	Nilai rata-rata	Jarak Paku
	kN	kg	kg.cm	cm ³	kg/cm ²		cm
B1	46,20	4620,00	92400,00	381,386	242,275	243,255	3
D1	46,80	4680,00	93600,00	383,236	244,236		
B2	33,00	3300,00	66000,00	324,591	203,333	290,697	6
D2	64,29	6428,60	128572,00	340,083	378,061		
B3	37,90	3790,00	75800,00	338,590	223,870	323,953	9
D3	71,43	7142,85	142857,00	336,898	424,036		

Sumber: Hasil Pengujian



Gambar 7. Grafik kampuh mendatar dan kampuh tegak

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian material kayu dapat diambil kesimpulan bahwa, hasil penelitian terhadap kayu (kayu kelapa) yang memenuhi untuk menentukan nilai mutu kayu seperti pada tabel dalam satu ujung kayu saja masuk dalam beberapa nilai E. Pada tabel 4.4 menjelaskan hasil dari pengujian modulus elastisitas yang didapat dalam nilai E bervariasi antara E14 dan E15.
2. Pada variasi jarak paku nilai tegangan lentur rata-rata untuk model penampang kampuh mendatar adalah jarak paku 3 cm = 482,802 kg/cm²; jarak 6 cm = 256,064 kg/cm², 9 cm = 279,960 kg/cm² dan untuk kampuh tegak nilainya pada jarak paku 3 cm = 243,255 kg/cm²; 6 cm = 290,697 kg/cm²; 9 cm = 323,953 kg/cm².

Kampuh tegak dengan nilai kuat lentur terbesar dengan jarak 9 cm dan untuk kampuh mendatar jarak paku 3 cm. Hal ini dikarenakan penggunaan balok susun kayu kelapa yang dipakai tidak seragam atau tidak sama.

Saran

- Adapun saran yang didapat pada penelitian ini, agar dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yaitu: Perlu adanya penelitian menggunakan jenis kayu, pengujian benda uji, variasi bentuk penampang dan alat penyambung yang berbeda, agar dapat dibandingkan dengan penelitian ini.
- Pada saat melakukan penelitian dihimbau agar lebih teliti lagi dalam pemilihan kayu, adanya proses pengeringan khusus, pembuatan dimensi benda uji dan umur kayu yang berpengaruh pada nilai kadar air yang dapat memenuhi dalam perhitungan modulus elastisitas untuk menentukan mutu kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-xxx-2000 *Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu untuk Bangunan Gedung*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional., 1995. SNI 03-3959-1995 *Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu Untuk Bangunan Gedung*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional., 2013. SNI 7973-2013 *Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu*. Jakarta.
- Frick, Heinz. 1999. *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Matana, M. N., Kumaat, E.J. and Pandaleke, R. E., 2017. *Pengujian Kuat Lentur Kayu Profil Tersusun Bentuk I*, Jurnal Sipil Statik, Vol 5. No 2. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Siagian, C., Dapas, S. O. and Pandaleke, R. E., 2017. *Pengujian Kuat Lentur Kayu Profil Tersusun Bentuk Kotak*. Jurnal Sipil Statik, Vol 5. No 2. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Tjondro, J. A., 2011. *Balok Dan Kolom Papan Kayu Laminasi-Paku*. Research Report-Engineering Science, 1.

