

PENGUJIAN KUAT LENTUR KAYU PROFIL TERSUSUN BENTUK I

Mega Nospita Matana

Ellen J. Kumaat, Ronny Pandaleke

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: megamatana@ymail.com

ABSTRAK

Kayu merupakan salah satu komoditi hasil hutan yang banyak dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan. Kayu digunakan sebagai bahan Konstruksi bangunan untuk rumah tinggal, gedung, jembatan, bantalan kereta api dan lain-lain. Kayu solid di pasaran semakin berkurang maka dibuatlah desain balok tersusun yang menggabungkan beberapa kayu untuk menghasilkan ukuran yang diinginkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak paku terhadap kekuatan lentur kayu, Untuk mendapatkan nilai-nilai dari : Beban, tegangan, modulus elastisitas, kadar air, berat jenis dari balok kayu yang bersangkutan dan memberikan gambaran tentang cara menguji kekuatan lentur.

Dari hasil penelitian dengan menggunakan acuan SNI didapat mutu kayu kayu cempaka adalah : E8.

Untuk Kuat lentur kayu didapat kekuatan kampuh tegak lebih kuat dengan nilai jarak 3cm = 220,026 kg/cm², 6cm = 245,768kg/cm², 9cm = 230,894 kg/cm² dibandingkan dengan kampuh mendatar dengan nilai 3cm = 199,089 kg/cm², 6cm = 170,501kg/cm², 9cm = 150,700kg/cm². 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.

Kata kunci : (Kayu cempaka, balok tersusun, modulus elastisitas, tegangan lentur)

PENDAHULUAN

Latar belakang

Kayu merupakan salah satu material Konstruksi yang kita dapatkan dari alam dan pertama kali digunakan dalam sejarah umat manusia. Heinz Frick juga menyatakan bahwa material kayu akan selalu dibutuhkan manusia karena sifat utama yang dimiliki yaitu kayu merupakan kekayaan alam (natural resources) yang tidak akan pernah habis dan mudah dalam pemrosesan (frick 1998).

Kayu digunakan sebagai bahan Konstruksi bangunan untuk rumah tinggal, gedung, jembatan, bantalan kereta api dan lain-lain. Salah satu kayu lokal yang digunakan di Sulawesi Utara adalah Kayu Cempaka. Kayu ini banyak digunakan sebagai bahan konstruksi, karena kayu tersebut ada di hutan daerah Sulawesi Utara, mudah dikerjakan, kuat dan awet. Rumah adat Minahasa banyak yang menggunakan Kayu Cempaka.

Kayu mempunyai sifat-sifat khas. Antara lain mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus atau sejajar arah seratnya, dan sifat elastis selain itu mudah dikerjakan, relatif murah, mudah diganti dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain seperti beton dan baja, berat yang rendah dibandingkan dengan konstruksi yang lainnya dan bersifat isolator.

Selain keuntungan kayu seperti yang telah disebutkan di atas, Kayu juga memiliki kekurangan antara lain sifat kurang homogen dengan adanya cacat kayu, mata kayu, beberapa bersifat kurang awet, dapat memuai dan menyusut dengan perubahan kelembaban meski tetap elastis dan terutama kayu mudah terbakar.

Salah satu perkembangan Teknologi penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi yang lebih rasional adalah dalam bidang sambungan kayu dan alat penyambungannya dalam hal ini adalah balok tersusun. Balok tersusun dibuat dengan bentuk penampang tertentu maksudnya untuk meminimalkan

penggunaan kayu, luas penampang yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan balok masif, mudah difabrikasi, lebih ringan dan efisien dalam pemasangan dan sebagainya.

Balok tersusun ini dihubungkan satu sama lain secara menerus sepanjang balok atau bentang. Penyambungan balok dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan paku, pasak dan perekat. Penyambungan pada balok menggunakan paku atau pasak tidak akan menyambung balok-balok kayu dengan sempurna.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka penulis membuat Penelitian tugas akhir ini dengan judul “Pengujian Kuat Lentur Kayu Profil Tersusun Bentuk I”

Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan masalah, maka dalam penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kayu Cempaka yang ada di pasaran dan dibuat oleh meubel kayu.
2. Pengaruh umur kayu dan kelas kayu tidak ditinjau dalam penelitian ini.
3. Balok I disambung menggunakan paku dengan sistem pemasangan paku yaitu kampuh mendatar dan kampuh tegak.
4. Ukuran paku yang digunakan yaitu 2.0”.
5. Variasi jarak paku yang diambil yaitu : 3 cm, 6 cm, 9 cm
6. Perhitungan berdasarkan SNI.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yaitu :

1. Meneliti pengaruh variasi jarak paku terhadap kekuatan lentur kayu
2. Untuk mendapatkan nilai-nilai dari : kadar air, kerapatan, berat jenis, modulus elastisitas, Beban, tegangan, dari balok kayu yang bersangkutan.
3. Memberikan gambaran tentang cara menguji kekuatan lentur.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi perencana dalam merencanakan konstruksi dengan material kayu profil tersusun I. Selain itu, penelitian

ini bermanfaat bagi penulis untuk memenuhi salah satu tugas di Fakultas Teknik, jurusan Teknk Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado.

LANDASAN TEORI

Kayu Cempaka

Kayu cempaka dengan nama latin *Michelia champaca*, adalah kayu yang pada mulanya berasal dari india. Kayu cempaka kemudian menyebar ke berbagai negara tropis. Kayu cempaka memiliki karakter warna putih kekuningan dan hijau. Kayu cempaka merupakan salah satu jenis kayu komersil primadona di sulawesi utara. Jenis kayu ini merupakan unsur kayu yang wajib ada pada sebuah rumah adat Minahasa.

Tabel 1. Kelas kuat kayu berdasarkan berat jenisnya

Kelas kuat	Berat jenis kering udara	Kuat Lentur (Kg/cm ²)	Kuat desak (Kg/cm ²)
I	≥ 0,90	≥ 0,90	≥ 650
II	0,90 – 0,60	1100 – 725	650 - 425
III	0,60 – 0,40	725 – 500	425 – 300
IV	0,40 – 0,30	500 – 360	300 – 215
V	≤ 0,30	≤ 360	≤ 215

Tabel 2. Kelas Awet Kayu Berdasarkan Umurnya

Kelas Awet	I	II	III	IV	V
Selalu berhubungan dengantanah lembab	8 tahun	5 tahun	3	Sangat pendek	Sangat pendek
Kayu tidak terlindung terhadap angin dan iklim, tetapi dilindungi terhadap air.	20 tahun	15 tahun	10 tahun	Beberapa tahun	Sangat pendek
Kayu ditempatkan di tempat terlindung.	Tidak terbatas	Tidak terbatas	Sangat lama	Beberapa tahun	Pendek
Kayu ditempatkan di tempat terlindung tapi dirawat, di cat, dsb.	Tidak terbatas	Tidak terbatas	Tidak terbatas	20 tahun	10 tahun
Kayu termakan/ terserang rayap	tidak	jarang	Agak cepat	Sangat cepat	Sangat cepat
Kayu termakan oleh bubuk kayu, rayap dan serangga lain.	tidak	tidak	Hampir tidak	Tidak seberapa	Sangat cepat

Tabel 3. Sifat dan Kegunaan beberapa jenis kayu perdagangan Indonesia

No	Jenis kayu	B.J. Rata-rata	Kelas Awet	Kelas Kuat	Kuat Lentur	Kuat Desak
1	cempaka	-	II	III,IV	725-500, 500-360	425-300, 300-215
2	cendana	0,84	II	II,I	1100-725 ≥1100	650-425, ≥650
4	jati	0,70	I,II	II	1100-725	650-425
5	kenari	0,55	IV	III	725-500	425-300
6	matoa	0,77	III,IV	II,I,III	1100-725, ≥1100, 725-500	650-425, ≥650, 425-300
7	Meranti m.	0,55	III,IV	II,IV	1100-725, 500-360	650-425, 300-215

Tabel 4. Cacat maksimum untuk setiap kelas mutu kayu

Macam Cacat	Kelas Mutu A	Kelas Mutu B	Kelas Mutu C
Mata kayu :			
Terletak di muka lebar	1/6 lebar kayu	½ lebar kayu	½ lebar kayu
Terletak di muka sempit	1/8 lebar kayu	1/6 lebar kayu	½ lebar kayu
Retak	1/5 tebal kayu	1/6 tebal kayu	½ tebal kayu
Pingul	1/10 tebal atau lebar kayu	1/6 tebal atau lebar kayu	¼ tebal atau lebar kayu
Arah serat	1 : 13	1 : 9	1 : 6
Saluran damar	1/15 tebal kayu eksudasi tidak diperkenankan	2/5 tebal kayu	½ tebal kayu
Gubal	Diperkenankan	Diperkenankan	Diperkenankan
Lubang serangga	Diperkenankan asal terpancar dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda-tanda serangga hidup	Diperkenankan asal terpancar dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda serangga hidup	Diperkenankan asal terpancar dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda-tanda serangga hidup
Cacat lain(lapuk, hati rapuh, retak melintang)	Tidak diperkenankan	Tidak diperkenankan	Tidak diperkenankan

Kadar Lengas atau Kadar Air

Apabila nilai G yang diketahui bukan pada kadar air standar tetapi pada kadar air m% (m sebaiknya lebih kecil dari pada 30%), maka prosedur berikut ini dapat dilakukan untuk menentukan berat jenis kayu pada kadar air 15% (SNI -5, 2000). Seperti persamaan (1)

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

dimana :

m = Kadar Lengas atau Kadar air (%)

Wd =Berat kayu kering-oven

Wg = Berat kayu basah

Kerapatan Kayu (ρ)

Kerapatan suatu benda yang homogen adalah massa atau berat persatuan volume, sehingga kerapatan selalu dinyatakan dengan satuan gram/cm³ atau kg/m³. Massa atau berat dan volume pada perhitungan kerapatan kayu dapat menggunakan berbagai macam kondisi kayu (kondisi segar/basah, kering udara, kadar air tertentu dan kering tanur)

$$\rho = \frac{Wg}{Vg} \quad (2)$$

dimana :

ρ = Kerapatan kayu (Kg/m³)

Wg = Berat kayu basah

Vg = Volume kayu basah

Berat Jenis

Berat jenis rencana (G) harus didasarkan pada berat dan volume kering oven. Berat jenis berbanding lurus dengan kekuatan, kekerasan, kepadatan. Untuk mendapat Berat Jenis dengan kadar air m% (m < 30) menurut (SNI 03 - xxxx – 2000 hal 4)

Menentukan berat jenis dasar (Gb)

$$Gb = \frac{Gm}{(1+0,265*a*Gm)} \quad (3)$$

dimana :

Gm = berat jenis pada kadar air m%

$$a = \frac{30-m}{30}$$

Menentukan berat jenis pada kadar air 15%

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

(4)

dimana :

G = berat jenis pada kadar air 15%

Gb = berat jenis dasar

Menentukan berat jenis pada kadar air m%

$$Gm = \frac{\rho}{(1.000(1+\frac{m}{100}))} \quad (5)$$

dimana :

ρ = Kerapatan kayu (Kg/m³)

m = kadar air (m%)

Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan

Modulus elastisitas (E) merupakan pengukuran kemampuan kayu untuk menahan perubahan bentuk atau lentur yang terjadi sampai dengan batas elastisnya. Semakin besar bebannya, semakin tinggi tegangan yang timbul dan semakin besar perubahan bentuk yang terjadi sampai batas elastis. Modulus elastis kayu dapat dihitung melalui pemberian beban sebagai tegangan yang diberikan pada kayu .

Tabel 5. Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan

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	18.0	3.06	6.11	25000	12500
E24	24.4	21.5	17.4	2.87	5.74	24000	12000
E23	23.2	20.5	16.8	2.73	5.46	23000	11500
E22	22.0	19.4	16.2	2.59	5.19	22000	11000
E21	21.3	18.8	15.6	2.50	5.00	21000	10500
E20	19.7	17.4	15.0	2.31	4.63	20000	10000
E19	18.5	16.3	14.5	2.18	4.35	19000	9500
E18	17.3	15.3	13.8	2.04	4.07	18000	9000
E17	16.5	14.6	13.2	1.94	3.89	17000	8500
E16	15.0	13.2	12.6	1.76	3.52	16000	8000
E15	13.8	12.2	12.0	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	10.000	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

Nilai modulus elastisitas lentur (E) dalam satuan MPa dapat diperkirakan dengan Persamaan (2.6) dimana G adalah berat jenis kayu pada kadar air standar (15%).

Tabel 6. Cacat maksimum untuk setiap kelas mutu kayu

Kuat Acuan	Rumus estimasi
Modulus Elastisitas Lentur E (Mpa)	16000G ^{0,71}

$$E = 16.000G^{0,71} \tag{6}$$

Nilai desain untuk modulus elastisitas, E, diestimasi dari nilai rata-rata untuk spesies dan mutu material. Modulus elastisitas acuan untuk stabilitas balok dan kolom, Emin didasarkan atas persamaan (7)

$$E_{min} = E(1 - 1,645COV_E)(1,00)/1,66 \tag{7}$$

Perilaku Balok Lentur

Kayu yang sejajar serat-serat mempunyai kekuatan tarik yang lebih besar dari pada kekuatan tekan. Tetapi dari pengujian-pengujian balok-balok yang terlentur yang telah diukur dengan electrical resistance gauges, ternyata bahwa bukan kekuatan tekan yang menentukan kekuatan lentur . Lebih tingginya kekuatan lentur disebabkan karena serat-serat tidak ditekan sama. Serat-serat yang lebih dekat garis netral, dengan tegangan-tegangan tekan yang lebih rendah, tidak akan menekuk bahkan mendukung serat-serat ujung yang karena itu memperlihatkan kekuatan tekan lebih besar.

Tegangan Lentur

Rumus untuk balok yang menahan tegangan lentur ialah persamaan (8)

$$\sigma = \frac{M}{W} \tag{8}$$

dimana : σ = Tegangan lentur (kg/cm²)

M = Momen lentur maksimum (kg.cm)

W = Modulus penampang (cm³)

Balok Tersusun yang di hubungkan dengan Paku

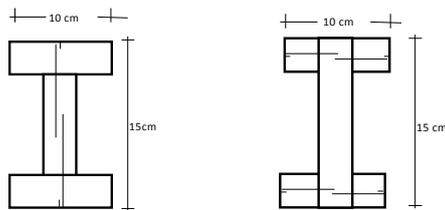
Pada balok dengan penampang yang berbentuk persegi panjang, hanyalah serat-serat tepi atas dan bawah saja yang dibebani tegangan besar, sedang serat-serat disebelah tegangan dalam tegangannya semakin kecil. Balok semacam itu tidak ekonomis. Balok itu akan lebih ekonomis apabila penampangnya sedemikian rupa, sehingga bagian terbesar dari pada bahan diletakkan sejauh mungkin dari sumbu netral. Dengan kata lain momen inersianya harus diperbesar. Didalam konstruksi baja biasanya kita mengambil profil I atau profil kanal.

Pada konstruksi kayu dapat juga dibuat profil seperti pada konstruksi baja. Tetapi profil kayu disusun dari beberapa

bagian kayu yang dihubungkan dengan paku. Profil ini disebut balok tersusun.

Cara pemakuannya ada dua macam, yaitu pakunya mendatar sehingga terdapat kampuh tegak, atau pakunya tegak sehingga terdapat kampuh mendatar. Paku dipasang menerus sehingga terdapat jarak yang sama sepanjang balok.

Seperti telah diterangkan di atas, dengan penampang huruf I itu, momen inersia dan modulus penampang akan menjadi semakin besar. Tetapi hubungan antara badan dan flens, itu tidak sempurna dan geseran kecil akan timbul. Disamping itu akibat lubang-lubang paku luas penampang akan berkurang. Berhubung dengan itu didalam menghitung tegangan dan lendutan, maka kita tidak boleh mengambil nilai momen inersia (I) dan modulus penampang (W) yang kita hitung menurut teori.



Kampuh Mendatar Kampuh Tegak

Gambar 1. Penampang Balok Tersusun dengan paku

Tabel 7. Spasi 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 antara pengencang dalam satu baris		
— paralel serat	15d	10d
— tegak lurus serat	10d	5d
Jarak antara baris pengencang		
— se garis	5d	3d
— zig-zag	2,5d	2,5d

Momen Inersia Balok Tersusun dengan Paku

Untuk penampang tersusun apabila perhitungan lentur dilakukan terhadap suatu sumbu yang tidak memotong satupun atau tidak memotong semua bagian-bagian penampang balok (sumbu bebas bahan), maka inersia harus dipakai persamaan (9) dan (10)

$$I_w = \sum I_i + \sum (F_i \cdot a_i^2) \quad (9)$$

Gambar 2. Balok tersusun kampuh mendatar

$$I_w = \sum I_i + \sum (F_i \cdot a_i^2) \quad (10)$$

Gambar 3. Balok tersusun kampuh tegak

METODOLOGI PENELITIAN

Umum

Metode yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan dengan penelitian yang dilaksanakan di Labortorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratuangi.

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa langkah prosedur penelitian dengan parameter SNI 03-3959-1995. Diawali dengan penyiapan benda uji, pemeriksaan kerapatan, berat jenis, kadar air, modulus elastisitas, uji lentur. Tahapan-tahapan penelitian tersebut diatas, dilaksanakan dengan berdasarkan standar peraturan kayu yang di sesuaikan dengan kondisi laboratorium.

Persiapan Benda Uji

Kayu yang akan dipakai dalam penelitian diambil secara acak dari tempat penjualan kayu. Kayu yang diambil papan berukuran 4cm x 30cm dan balok 5cm x 10cm. selanjutnya kayu tersebut dibuat menjadi benda-benda uji.

Benda uji dibuat dua macam yaitu :

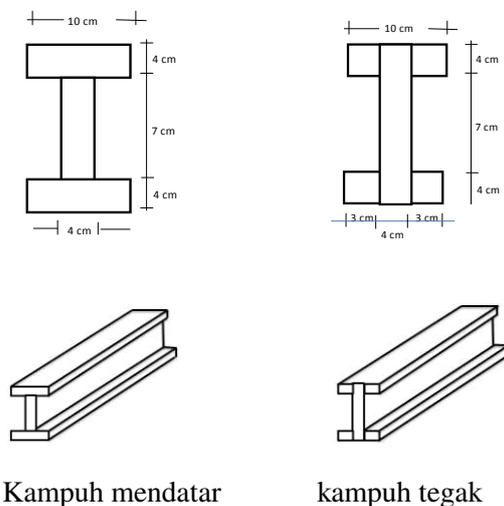
1. Balok kayu tersusun dengan penampang berbentuk **I** kampuh mendatar dihubungkan dengan paku. Dimana benda uji yaitu :
 - a. untuk flens atas dan bawah 10cm x 4cm x 100cm.
 - b. untuk web 4cm x 7cm x 100cm.
2. Balok kayu tersusun dengan penampang berbentuk **I** kampuh tegak dihubungkan dengan paku. Dimana benda uji yaitu :

- a. untuk flens atas dan bawah 3cm x 4cm x 100cm.
 - b. untuk web 4cm x 15cm x 100cm.
3. jarak paku

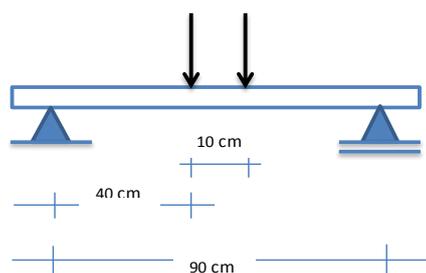
Untuk pembuatan balok tersusun, penyambungan dengan paku dilakukan sesuai dengan syarat-syarat SNI 7973 - 2013.

Tabel 8. Spasi Minimum Paku yang digunakan

	Tidak dibor dahulu	diameter paku 2"
		Ø 0,3 cm (d)
Jarak tepi	2,5d	0,75
Jarak ujung *Beban tekan paralel serat	10d	3
Jarak antara pengencang dalam satu bar *Tegak lurus serat	10d	3
Jarak antara baris pengencang *segaris	5d	1,5



Gambar 4. Sketsa benda uji



Gambar 5. Perletakan benda uji

Pengujian Kuat Lentur

- a. Tujuan
 1. Untuk memperoleh nilai kuat lentur kayu
- b. Peralatan yang digunakan

1. Mesin uji lentur Digimax Smart-Line Semi Automatic Consol
2. Benda uji profil dengan ukuran 100cm x 10cm x 15cm
- c. Langkah pelaksanaan
 1. Siapkan benda dengan ketentuan ukuran
 2. Hidupkan mesin dan biarkan beberapa untuk pemanasan.
 3. Beri nomor kode atau untuk setiap jenis kayu dalam setiap pengujian, sebelum dipasang pada alat uji, ukur lebar dan tinggi benda uji
 4. Tempatkan benda uji pada alat perletakan dengan jarak tumpuan 90 cm.
 5. Jalankan mesin uji kemudian catat beban maksimumnya.
 6. Hitung kuat lentur dari benda uji .

Pemeriksaan Kerapatan Kayu

Kerapatan suatu benda yang homogen adalah massa atau berat persatuan volume, sehingga kerapatan selalu dinyatakan dengan satuan gram/cm³ atau kg/m³

- a. Tujuan
 1. untuk mengetahui sifat karakteristik setiap bahan murbi kayu.
- b. Peralatan yang digunakan
 1. Benda uji berbentuk persegi 4cm x 4cm
 2. Jangka Sorong
 3. Timbangan
- c. Langkah Pelaksanaan
 1. Benda uji kayu yang akan diukur ditimbang untuk mengetahui berat awalnya (Wg)
 2. benda uji diukur untuk mengetahui pajang, lebar dan tinggi menggunakan jangka sorong.
 3. Kadar air dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{Wg}{Vg}$$

Pemeriksaan Kadar Air

Kadar air merupakan banyak air yang terdapat dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanurnya. Kayu bersifat higroskopis, artinya kayu memiliki daya tarik terhadap air, baik dalam bentuk uap maupun cairan. Kemampuan kayu untuk mengisap air atau mengeluarkan air tergantung pada suhu dan kelembaban udara tergantung pada suhu dan kelembaban

udara di sekelilingnya. Sehingga banyak air dalam kayu selalu berubah-ubah tergantung menurut keadaan udara atau atmosfer sekelilingnya. Semua sifat fisika kayu sangat dipengaruhi oleh kadar air.

- a. Tujuan
 - untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat pada kayu
- b. Peralatan yang digunakan
 - 1. Benda uji berbentuk persegi 4cm x 4cm
 - 2. Jangka Sorong
 - 3. Timbangan
 - 4. Oven
- c. Langkah Pelaksanaan
 - 1. Benda uji kayu yang akan diukur kadar airnya ditimbang untuk mengetahui berat awalnya (Wg)
 - 2. Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu 105c selama 1 hari.
 - 3. Keluarkan dari oven kemudian ditimbang (Wd)
 - 4. Kadar air dihitung dengan rumus :

$$m = \frac{Wg - Wd}{Wd} \times 100\%$$

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan Kayu

Dalam penelitian ini digunakan ukuran benda uji 40 mm x 40 mm x 40 mm. Dari tiap sampel dibuat tiga benda uji dengan ukuran tiap benda uji sama dan terdiri dari dua kampuh, kampuh mendatar dan tegak. Hasil dari pengujian kerapatan kayu digunakan untuk mencari nilai berat jenis kayu. Data-data dari pengujian kerapatan kayu disajikan dalam tabel-tabel berikut :

Tabel 9. Nilai kerapatan kampuh mendatar

NO Benda Uji	Jumlah	Rata-rata
kampuh mendatar	(kg/m ³)	(kg/m ³)
1	1472,470	490,823
2	1348,314	449,438
3	1263,712	421,237
4	1443,665	481,222
5	1079,041	359,680
6	1366,971	455,657
7	1106,919	368,973
8	1153,109	384,370
9	1244,896	414,965

Tabel 10. Nilai kerapatan kampuh tegak

NO Benda Uji	Jumlah	Rata-rata
kampuh Tegak	(kg/m ³)	(kg/m ³)
10	1016,882	338,961
11	1406,960	468,987
12	1406,114	468,705
13	1328,977	442,992
14	1080,223	360,074
15	1307,625	435,875
16	1261,560	420,520
17	1394,944	464,981
18	1197,854	399,285

Kadar Air

Pengujian kadar air merupakan pengujian untuk mengetahui banyaknya kandungan air pada kayu, dengan sampel yang sama dari pengujian kerapatan kayu timbang benda uji untuk mendapatkan berat kayu basah dan berat kayu kering oven. Hasil pengujian kadar air sebagai berikut:

Tabel 11. Nilai kadar kampuh mendatar

NO Benda Uji	Jumlah	Rata-rata
kampuh mendatar	(kg/m ³)	(kg/m ³)
1	36,653	12,218
2	33,934	11,311
3	23,921	7,974
4	31,945	10,648
5	33,433	11,144
6	33,490	11,163
7	31,925	10,642
8	29,789	9,930
9	31,362	10,454

Tabel 12. Nilai kadar air kampuh tegak

NO Benda Uji	Jumlah	Rata-rata
kampuh Tegak	(kg/m ³)	(kg/m ³)
10	28,663	9,554
11	31,267	10,422
12	31,461	10,487
13	33,505	11,168
14	29,874	9,958
15	31,643	10,548
16	30,007	10,002
17	33,301	11,100
18	31,740	10,580

Berat Jenis

Berdasarkan penggolongan kelas kayu atau mutu, maka nama kayu perdagangan tidak lagi dapat digunakan sepenuhnya sebagai penentu kelas kayu. Tetapi nilai berat jenislah yang sangat menentukan. Hasil pengujian berat jenis sebagai berikut :

Tabel 13. Berat Jenis

NO	kerapatan kayu (ρ)	kadar air	Berat jenis pada kadar air m%	a	Berat jenis dasar	Berat jenis pada kadar air 15%
	(kg/m ³)	(%)	(Gm)		(G)	(G)
1	490,623	12,218	0,437	0,593	0,409	0,433
2	446,498	11,311	0,404	0,623	0,379	0,399
3	421,237	7,974	0,390	0,734	0,363	0,361
4	481,222	10,648	0,435	0,645	0,405	0,428
5	359,680	11,144	0,324	0,629	0,307	0,320
6	455,657	11,163	0,410	0,628	0,384	0,404
7	398,973	10,642	0,333	0,645	0,315	0,329
8	384,370	9,930	0,350	0,669	0,329	0,344
9	414,965	10,454	0,376	0,652	0,352	0,370
10	338,961	9,554	0,309	0,682	0,293	0,305
11	468,967	10,422	0,425	0,653	0,386	0,418
12	468,705	10,487	0,424	0,650	0,385	0,417
13	442,962	11,168	0,388	0,628	0,374	0,393
14	380,074	9,958	0,327	0,668	0,310	0,323
15	435,875	10,548	0,384	0,648	0,369	0,388
16	420,520	10,002	0,382	0,667	0,358	0,376
17	464,981	11,100	0,419	0,630	0,391	0,413
18	399,385	10,580	0,361	0,647	0,340	0,356
Jumlah	7626,745	189,304	6,899	11,690	6,469	6,798
Rata-rata	429,708	10,517	0,383	0,649	0,359	0,378

Modulus Elastisitas

Tabel 14. Berat Jenis

NO	Berat jenis pada kadar air 15%	Modulus Elastisitas	
	(G)	(E)	(Emin)
1	0,433	8828,836	3225,251
2	0,399	8327,296	3042,034
3	0,381	8064,175	2945,914
4	0,428	8756,650	3198,881
5	0,320	7127,063	2603,578
6	0,404	8412,566	3073,184
7	0,329	7271,454	2656,326
8	0,344	7505,190	2741,711
9	0,370	7901,131	2886,352
10	0,305	6884,630	2515,016
11	0,418	8607,705	3144,470
12	0,417	8602,021	3142,393
13	0,393	8247,915	3013,035
14	0,323	7169,229	2618,982
15	0,388	8174,509	2986,220
16	0,376	7989,333	2918,573
17	0,413	8534,755	3117,820
18	0,356	7687,027	2808,138
Jumlah	6,798	144091,486	52637,878
Rata-rata	0,378	8005,083	2924,327

Tabel 15. Ketepatan Benda Uji kampuh mendatar

No Benda uji	Lebar Flens	Tinggi Web	Tebal Flens	Tebal Web	Tinggi Penampang	Luas Penampang	Momen Inersia	Modulus Penampang	jarak paku
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	
1	30,077	6,937	4,06	4,29	15,132	306,788	2687,797	357,491	3 cm
2	9,954	6,963	4,096	4,29	15,205	108,502	2621,716	326,146	
3	9,994	6,966	4,038	4,058	15,124	108,980	2667,279	354,644	
4	9,939	6,969	4,042	4,065	15,206	108,676	2699,401	333,838	6 cm
5	9,884	6,944	4,012	4,04	15,169	107,363	2599,058	347,282	
6	10,044	6,936	4,058	4,066	15,179	109,719	2688,129	337,179	
7	9,963	6,965	4,032	3,987	15,129	108,111	2650,113	332,667	9 cm
8	9,952	6,962	4,04	4,034	15,14	108,059	2607,309	348,991	
9	10,05	6,984	4,046	4,055	15,122	109,625	2698,418	338,023	

Tabel 16. Ketepatan Benda Uji kampuh tegak

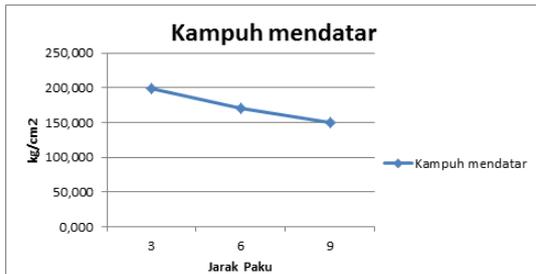
No Benda uji	Lebar Flens	Tinggi Web	Tebal Flens	Tebal Web	Tinggi Penampang	Luas Penampang	Momen Inersia	Modulus Penampang	jarak paku
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	
10	2,969	14,929	4,007	3,971	14,87	106,870	2583,900	346,158	3 cm
11	2,979	14,99	4,005	3,999	15,05	107,669	2625,965	350,362	
12	2,955	14,97	3,977	4	14,978	106,888	2600,409	347,416	
13	2,973	14,961	4,02	3,982	15,063	107,381	2606,260	348,407	6 cm
14	2,924	14,921	4,019	3,999	14,923	106,675	2547,028	344,083	
15	2,983	15,024	3,985	3,993	14,92	107,540	2639,890	351,428	
16	2,892	14,964	3,983	4,033	14,953	106,425	2576,015	344,295	9 cm
17	2,99	14,951	4,046	3,995	14,916	108,107	2617,118	350,093	
18	3	14,999	3,979	4,02	14,965	108,044	2643,030	352,428	

Tegangan Lentur

PENUTUP

Tabel 17. Tegangan Lentur Benda Uji kempuh mendatar

No Benda Uji	Beban uji Maksimum (P)	Beban uji Maksimum (P)	Momen lentur maksimum (M)	Modulus penampang (I)	Tegangan lentur σ	Nilai rata-rata tegangan lentur	Jarak paku
	(kN)	kg	kg cm	cm ⁴	kg/cm ²	kg/cm ²	cm
1	25,878	2.688	55.756	337.451	150.170	199,089	3
2	34,855	3.486	69.710	393.146	199,089		
3	27,000	2.700	54.000	354.944	152.205		
4	28,798	2.880	57.596	353.338	163,085	170,501	6
5	31,406	3.141	62.812	347.382	180,067		
6	29,937	2.994	59.874	357.179	167.630		
7	28,067	2.807	56.134	362.467	156.179	150,700	9
8	34,895	2.487	49.730	346.951	143.467		
9	26,559	2.655	53.058	338.023	150.432		



Gambar 7 Grafik Tegangan Lentur Kempuh Mendatar

Tabel 18. Tegangan Lentur Benda Uji kempuh tegak

No Benda Uji	Beban uji Maksimum (P)	Beban uji Maksimum (P)	Momen lentur maksimum (M)	Modulus penampang (I)	Tegangan lentur σ	Nilai rata-rata tegangan lentur
	(kN)	kg	kg cm	cm ⁴	kg/cm ²	kg/cm ²
10	38,087	3.808	76.154.000	346.159	220.076	220,026
11	36,878	3.688	73.750.000	350.842	2.83.514	
12	28,508	2.851	57.016.000	347.416	166.417	
13	40,493	4.049	80.986.000	348.407	232.446	245,768
14	44,574	4.457	89.148.000	344.063	259.089	
15	36,842	3.684	77.238.000	351.426	239.514	
16	39,433	3.943	78.866.000	344.739	239.089	230,894
17	32,241	3.224	64.482.000	350.099	166.185	
18	41,009	4.101	82.038.000	352.428	232.723	



Gambar 8 Grafik Tegangan Lentur Kempuh Mendatar

Kesimpulan

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

1. Untuk menentukan mutu kayu tidak lagi dengan mengklasifikasi satu jenis kayu melainkan dilakukan penelitian Modulus Elastisitas dari hasil penelitian dengan menggunakan acuan SNI didapat mutu kayu cempaka nilai E adalah E8.
2. Dari hasil penelitian kekuatan kempuh tegak lebih kuat dibandingkan dengan kempuh mendatar. Hal ini disebabkan oleh kuat lekat pada paku yang menahan kayu tersebut. Kempuh tegak dengan nilai jarak paku 3cm = 220,026 kg/ cm², 6cm = 245,768kg/cm², 9cm = 230,894 kg/ cm² cara pemasangan paku dari samping kekuatan lekatnya selain dari sisi kayu yang menahan, paku juga menahan balok pada saat ditekan. Berbeda dengan kempuh mendatar dengan nilai jarak paku 3cm = 199,089 kg/ cm², 6cm = 170,501kg/ cm², 9cm = 150,700kg/cm² yang kekuatan lekat hanya pada kayu karena paku dipasang sejajar dengan penahan kayu. Pada benda uji kempuh tegak jarak 6 cm mempunyai kekuatan lebih kuat.

Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan kayu, variasi bentuk, penyambungan yang berbeda dari penelitian ini dan lebih teliti lagi dalam membuat ketepatan benda uji. Untuk penerapan dilapangan penulis mensarankan modulus elastisitas (E) diambil nilai rata-rata sehingga hanya ada satu nilai E yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Spesifikasi Desain Untuk Bangunan Konstruksi Kayu* (SNI 7973-2013). Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-xxx-2000). Jakarta.

Badan Standarisasi. 1995. *Metode Pengujian Kuat Lentur Kayu di Laboratorium* (SNI-03-3959-1995). Jakarta

Chudnoff, Martin. 1980. *Tropical Timber Of The World*.

Dapas, Servie. 2015. *Catatan Kuliah Struktur Kayu*. Manado : Universitas Sam Ratulangi.

Frick, Heinz. 1999. *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Malonda, Joel W. E.V. 1997. *Faktor Reduksi Kekuatan Penampang Pada Balok Tersusun Berdasarkan Uji Lentur*. Universitas Sam Ratulangi.

Tuegeh, Stephen. 1998. *Kekuatan Sambungan Perekat Pada Rangka Kayu Berdasarkan Uji Lentur*. Universitas Sam Ratulangi.