

## PENGUJIAN KUAT LENTUR KAYU PROFIL TERSUSUN BENTUK KOTAK

Christin Siagian

Servie O. Dapas, Ronny Pandaleke

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: [christin.siagian@gmail.com](mailto:christin.siagian@gmail.com)

### ABSTRAK

*Kayu sebagai bahan bangunan mempunyai kelebihan dibanding bahan bangunan lainnya, tersedia hampir diseluruh dunia yang mudah diperoleh dalam berbagai bentuk dan ukuran. Namun, kayu solid sudah sangat susah ditemukan dengan ukuran yang diinginkan. Sehingga dibuatlah inovasi balok tersusun dengan cara menggabungkan beberapa kayu untuk mendapatkan variasi ukuran balok kayu yang diinginkan dan dibutuhkan. Dengan menggabungkan kayu menjadi balok tersusun digunakan berbagai macam jenis sambungan.*

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat karakteristik kayu dengan pengujian modulus elastisitas dan kekuatan lentur balok tersusun kayu. Balok tersusun dengan dimensi 130 mm x 150 mm x 1000 mm dengan ukuran paku 2 inch dan variasi jarak paku 3 cm, 6 cm, dan 9 cm, dengan sistem kampuh mendatar dan kampuh tegak dibuat untuk mengetahui kekuatan balok tersusun mana yang lebih kuat dan lebih efisien. Pengujian dilakukan dengan parameter SNI (Standar Nasional Indonesia).*

*Hasil penelitian menyatakan bahwa mutu kayu ditentukan oleh modulus elastisitas. Dalam hasil didapatkan bahwa kayu cempaka yang digunakan diperoleh hasil nilai E7, E8, E9, E10. Kuat lentur kayu didapat bahwa kampuh tegak memiliki kekuatan lentur yang lebih kuat dengan nilai 44,918 kN, 47,009 kN, 50,342 kN, dibandingkan dengan kampuh mendatar dengan nilai 44,061 kN, 43,339 kN, 32,505 kN. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kampuh tegak dengan jarak 9 cm mempunyai kekuatan yang lebih kuat. Kekuatan paku tidak dilihat dan ditentukan oleh jumlah paku.*

**Kata kunci : Kayu Cempaka, Balok Tersusun, Modulus Elastisitas, Kuat Lentur Balok Tersusun**

### PENDAHULUAN

#### Latar belakang

Kayu merupakan hasil alam yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Dalam kehidupan struktur bangunan, kayu merupakan bahan yang sangat sering dipergunakan untuk menunjang suatu pekerjaan konstruksi. Dalam bidang konstruksi, kayu memiliki beberapa keunggulan jika dilihat dari sisi artistik, pengeluaran biaya, serta kuat tarik. Profil kayu dengan ukuran yang cukup besar sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi baik sebagai kolom, kuda-kuda dan jembatan. Tingginya tingkat kebutuhan ukuran kayu dengan profil yang besar membuat semakin berkurang sumber bahan baku kayu dari hutan alam di Indonesia, maka perlu adanya suatu cara untuk

mengefisienkan pemakaian kayu dengan mencari alternatif penggantinya.

Berbagai macam jenis inovasi untuk merekayasa penampang kayu untuk menerima beban yang besar dilakukan oleh para peneliti, termasuk penelitian tentang Mechanically Laminated Lumber (Bonhoff, Williams, Cramer and Moody). Penampang kayu yang direkayasa terbentuk dari lapisan-lapisan balok kayu yang dihubungkan dengan paku. Salah satu perkembangan teknologi dalam penggunaan kayu juga adalah sebagai bahan konstruksi yang lebih rasional dalam bidang sambungan kayu dan alat penyambungannya dalam hal ini disebut balok tersusun.

Balok bersusun dapat disusun dengan balok kayu yang sama ukuran dan kekuatannya. Namun dapat juga disusun dengan balok kayu yang berbeda ukuran maupun kekuatannya. Penyusunan balok dengan

mutu ataupun ukuran berbeda lebih menguntungkan karena penggunaan balok kayu disesuaikan dengan kebutuhan balok. Balok kayu yang lebih kuat dapat diletakkan di posisi yang memerlukan kekuatan lebih dan demikian juga sebaliknya, balok kayu yang lebih lemah dapat diletakkan pada posisi yang tidak memerlukan kekuatan tinggi. Dapat dikatakan penggunaan kualitas kayu disesuaikan dengan diagram tegangan dan regangan, jadi lebih rasional dan ekonomis.

**Rumusan Masalah**

Bagaimana kekuatan lenturan kayu pada balok tersusun setelah di paku dengan variasi jarak yang berbeda?

**Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu

1. Kayu Lokal.
2. Kayu yang dipakai dibuat dan dibentuk di meubel kayu.
3. Pemodelan balok tersusun menggunakan papan.
4. Alat sambung yang digunakan adalah paku.
5. Pelaksanaan penelitian, perhitungan menggunakan parameter SNI (Standar Nasional Indonesia).

**Tujuan Penelitian**

Tujuan pengujian pada tugas akhir ini untuk mengetahui pengaruh variasi jarak paku pada profil balok tersusun dengan ukuran paku yang sama.

**Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kuat lentur kayu dengan ukuran yang telah ditentukan.
2. Memberikan informasi tentang cara-cara pelaksanaan penelitian pengujian kuat lentur balok kayu.
3. Menjadi alternatif penggunaan profil kayu yang besar.

**LANDASAN TEORI**

**Kayu**

Kayu merupakan hasil hutan yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai

dengan kemajuan teknologi. Kayu merupakan bahan produk alam, hutan. Kayu merupakan bahan bangunan yang banyak disukai orang atas pertimbangan tampilan maupun kekuatan.

Dari aspek kekuatan, kayu cukup kuat dan kaku walaupun bahan kayu tidak sepadat bahan baja atau beton. Kayu mudah dikerjakan-disambung dengan alat relatif sederhana. Bahan kayu merupakan bahan yang dapat didaur ulang. Karena dari bahan alami, kayu merupakan bahan bangunan ramah lingkungan.

Tabel 1. Mutu Kayu

Macam kayu	Kelas Mutu A	Kelas Mutu B	Kelas Mutu C
Mata kayu terletak dimuka lebar		¼ lebar kayu	½ lebar kayu
Terletak dimuka sempit	1/8 lebar paku	1/6 lebar kayu	¼ lebar kayu
Retak	1/5 tebal kayu	1/6 tebal paku	½ tebal paku
Pinggul	1/10 tebal kayu	1/6 tebal kayu	½ tebal kayu
Arah serat	1 : 13	1 : 9	1 : 6
Saluran Damar	1/5 tebal kayu eksudasi tidak diperkenankan	2/5 tebal kayu eksudasi tidak diperkenankan	½ tebal kayu eksudasi tidak diperkenankan
gubal	diperkenankan	diperkenankan	diperkenankan
Lubang Serangga	Diperkenankan asal terpencair dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda-tanda serangga hidup	Diperkenankan asal terpencair dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda-tanda serangga hidup	Diperkenankan asal terpendar dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda-tanda serangga hidup
Cacat Lain	Tidak diperkenankan	Tidak diperkenankan	Tidak diperkenankan

### Fungsi dan Kegunaan Kayu

Penggunaan kayu sebagai bahan struktur seperti pada konstruksi kuda-kuda, rangka rumah, jembatan dan struktur lainnya, telah lama dikenal oleh masyarakat. Kayu dipilih sebagai bahan struktur karena ringan dan memerlukan peralatan yang sederhana dalam proses pengerjaannya.

### Kadar Air atau Kadar Lengas

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 :

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

Dimana :

m = Kadar Lengas atau Kadar Air (%)

Wd = Berat Kayu Kering Oven

Wg = Berat Kayu Basah

### Berat Jenis

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. Perhitungan berat jenis banyak disederhanakan 1 cm<sup>3</sup> air beratnya tepat 1gr.

Berdasarkan golongan kelas mutu kayu, maka penggolongan mutu kayu tidak lagi berdasarkan jenis kayu seperti yang sudah diketahui masyarakat, melainkan berat jenis yang menentukan mutu kayu tersebut.

### Menentukan Berat jenis (Sumber SNI 03-xxxx-2000 hal. 4 )

Menentukan berat jenis pada kadar air m% (Gm)

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

Dimana :  $\rho$  = kerapatan kayu (kg/m<sup>3</sup>)

m = kadar air (m%)

Gm = Berat jenis pada kadar air m%

$$Gb = \frac{a = \frac{30 - m}{Gm}}{(1 + 0,265 * a * Gm)}$$

Menentukan berat jenis pada kadar air 15%

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

Dimana : G = berat jenis pada kadar air 15%

Gb = Berat jenis dasar

### Kerapatan Kayu

Kerapatan suatu benda yang homogen adalah massa atau berat persatuan volume, sehingga kerapatan selalu dinyatakan dengan satuan gram/cm<sup>3</sup> atau kg/m<sup>3</sup>. 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). Berat jenis tidak bersatuan (unitless) karena merupakan perbandingan berat benda terhadap berat dari volume air yang sama dengan volume benda yang diukur. Kebanyakan sifat mekanik kayu sangat berhubungan dengan berat jenis dan kerapatan.

### Kerapatan Kayu( $\rho$ ) Kg/m<sup>3</sup>

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

dimana :

$\rho$  = kerapatan kayu (kg/m<sup>3</sup>)

Wg = berat kayu basah

Vg = volume kayu basah

### Balok Tersusun

Dua balok atau lebih yang disusun sedemikian rupa sehingga balok menjadi satu kesatuan dalam menerima beban luar. Balok susun ini diharapkan stabil dalam tegangan maupun lenturan atau :

$F_{max} \leq f \rightarrow f = \text{Lenturan}$

$\tau_{max} \leq \tau \rightarrow \tau = \text{Tegangan geser}$

### Pemasangan Paku pada Balok

Hanya terdapat guratan pada leher paku dan penampang kepala paku. Guratan pada kepala paku berfungsi agar martil tidak tergelincir pada waktu

memasukkan paku dan guratan pada leher paku berfungsi untuk menambah daya ikat paku ke dalam kayu setelah seluruh badan paku terbenam. Dan dengan alat bantu tangan saat ini, dalam hitungan detik kita bisa membenamkan beberapa paku sekaligus. Tidak perlu dibuat lubang 'pre-drilling' karena paku lebih mudah dibenamkan.

Kelebihan memakai paku pada konstruksi kayu :

- Mempunyai efisiensi yang lebih besar
- Memberi perlemhan yang lebih kecil yaitu kira-kira 10% yang sering kalo di abaikan saja
- Kekuatan tidak tergantung arah serah dan pengaruh cacat-cacat kayu juga kurang
- Lebih kaku
- Beban-beban pada penampang lebih merata
- Untuk kayu yang tidak terlalu keras dan bila kayu harus disambung tidak terlalu tebal, maka tidak perlu dibor, sehingga dikerjakan oleh setengah tukang.

Tabel.2 Peraturan Jarak Paku Minimal (SNI 7973-2013)

	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
- Tegak lurus serat	10d	5d
Jarak antar baris pengencang		
- Segaris	5d	3d
- Zig-zag	2,5d	2,5d

### Modulus Elastisitas

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 dan mengamati penunjukan oleh garis rambut sebagai regangan. Penentuan mutu kayu pada umumnya diklasifikasikan menurut jenis kayu tersebut. Namun, parameter SNI (Standar Nasional Indonesia) modulus elastisitas dipakai untuk menentukan mutu kayu, bukan terhadap jenisnya tapi pada setiap balok dan potongan kayu tersebut.

Tabel.3 Modulus Elastisitas (SNI 7973-2013)

Kode Mutu	Nilai Desain Acuan (MPa)					Modulus Elastisitas Acuan (MPa)	
	F <sub>b</sub>	F <sub>t</sub>	F <sub>c</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>d</sub>	E	E <sub>min</sub>
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

Nilai modulus elastisitas lentur (E<sub>w</sub>) dalam satuan MPa dapat diperkirakan dengan persamaan dibawah ini dimana G adalah berat jenis kadar air standar (15%)

Tabel 4. Estimasi kuat acuan berdasarkan atas berat jenis pada kadar air 15% (Sumber : SNI 03-xxxx-2000 hal. 4)

Kuat Acuan	Rumus esrimasi
Modulus Elastisitas Lentur, Ew (MPa)	$16.000G^{0,71}$

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 :

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

Dimana :

E = Modulus elastisitas acuan

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

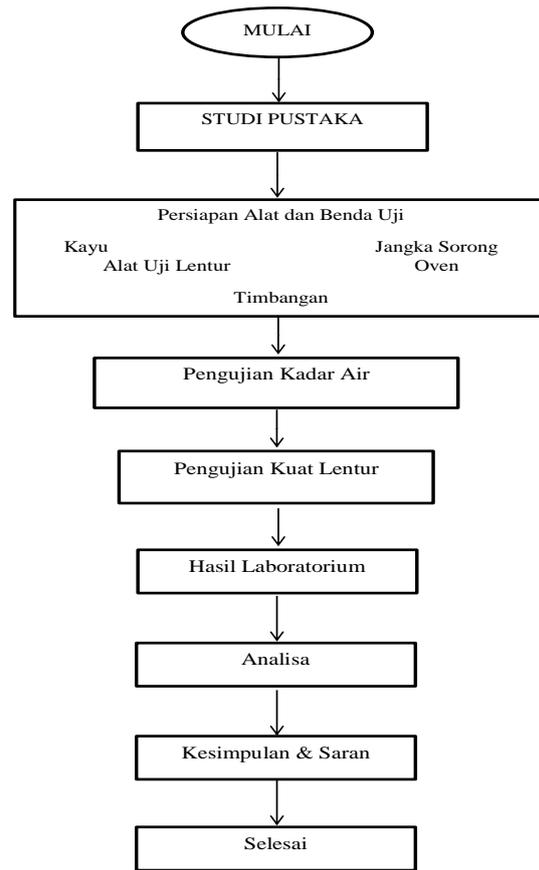
1,66 = faktor keamanan

$COV_E$  = koefisien variasi modulus elastisitas

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

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kerapatan dan Kadar Air

Sampel pengujian berat jenis diambil dari satu ujung papan yang sama setiap sampelnya. Setiap satu benda uji dibuat tiga perlakuan guna melihat jika ada kesalahan dan lebih mudah melihat perbandingannya. Sampel diambil dengan ukuran 3 cm x 3 cm, setelah ditimbang berat awal, lalu sampel dimasukkan oven selama 1 x 24 jam dilaboratorium. Setelah benda dikeluarkan dari oven, benda uji didinginkan dahulu sebelum menimbang, guna mencari berat tetap setelah suhu benda uji menjadi tetap. Dari hasil yang ditemukan bahwa kadar air kayu cempaka tertinggi adalah sebesar 13,28 %, dan kadar air terendah adalah 9,77 %. Kadar air 0 % - 25 % ialah air terdapat didalam dinding sel dan dalam serat sel tidak jenuh air, kondisi ini penting untuk konstruksi. Kadar air yang bervariasi ini disebabkan oleh faktor yang ada didalam

kandungan kayu tersebut, tempat pertumbuhan kayu tersebut.

Tabel 5. Hasil Kerapatan dan Berat Jenis

No	Kerapatan Kayu ( $\rho$ )	Kadar air	Berat Jenis Pada Kadar Air m%	a	Berat Jenis Dasar	Berat Jenis Pada Kadar air 15%
	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(Gm)		(G0)	(G)
1	444,36215	13,28018	0,39227	0,55733	0,370787	0,39002
2	369,49424	12,70704	0,32695	0,57643	0,311397	0,32485
3	462,59866	11,51314	0,41484	0,61623	0,388518	0,40969
4	561,69016	12,82429	0,49785	0,57252	0,462882	0,49325
5	604,13639	12,80187	0,53557	0,57327	0,495276	0,53020
6	536,93870	11,18576	0,47393	0,62714	0,493924	0,46659
7	447,46790	11,34438	0,40188	0,62185	0,378916	0,39681
8	390,85138	11,04040	0,35199	0,63199	0,332395	0,34777
9	485,26567	11,66749	0,43456	0,61108	0,405993	0,42917
10	423,24647	9,77302	0,38557	0,67423	0,360716	0,37889
11	374,06876	10,85130	0,33745	0,63829	0,319230	0,33338
12	445,42849	10,68268	0,40244	0,64391	0,376578	0,39643
13	403,51399	10,60493	0,36482	0,64650	0,343363	0,35979
14	385,05359	12,68626	0,34166	0,57679	0,324701	0,33936
15	342,81934	10,69314	0,30970	0,64956	0,294165	0,30614
16	488,26584	10,61625	0,44141	0,64613	0,410389	0,43408
17	475,43792	9,96987	0,43233	0,66767	0,401614	0,42428
18	501,67693	11,65312	0,44932	0,61156	0,418820	0,44353

Perincian dari fisik kayu yaitu mengenai kerapatan dan berat jenis digunakan untuk menerangkan massa suatu bahan per satuan volume. Kerapatan kayu didalam suatu spesies atau jenis kayu ditemukan bervariasi dengan sejumlah faktor yang meliputi letaknya di dalam pohon, letak dalam kisaran jenis tersebut, kondisi tempat tumbuh, dan sumber sumber genetik

**Modulus Elastisitas**

Tabel 6. Modulus Elastisitas dan Emin

E	Emin
8277	2970
7283	2613
8567	3074
9756	3500
10262	3682
9384	3367
8378	3006
7639	2741
8850	3175
8111	2910
7416	2661
8372	3004
7823	2807
7509	2694
6987	2507
8921	3201
8780	3150
9057	3249

Seperti yang diketahui, bahwa penentuan mutu kayu pada umumnya adalah dengan mengklasifikasikan jenis yang sama dalam satu mutu kayu tersebut. Namun, pada SNI (Standar Nasional Indonesia) mutu

ditentukan dengan modulus elastisitas dengan melakukan pengujian kayu di laboratorium. Benda uji yang sudah dilakukan penelitian masuk dalam Modulus Elastisitas E7, E8, E9, dan E10. Dalam satu ujung kayu yang berukuran 4 meter, ditemukan hasil yang bervariasi, dalam satu jenis kayu (kayu cempaka) dalam beberapa jenis nilai E. Contohnya, dalam satu ujung kayu cempaka yang digunakan berada dalam nilai E7 dan E8. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa penetapan mutu kayu, tidak hanya dikelompokkan dalam satu jenis kayu saja, melainkan harus melakukan Uji modulus elastisitas.

Dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) modulus elastisitas selain ada nilai E, ada juga nilai Emin. Emin adalah nilai paling minimum yang dipakai untuk toleransi segi keamanan dianggap sebagai kondisi terburuk.

**Analisa Kuat Lentur**

Benda uji untuk pengujian kuat lentur kayu dibuat dengan dua model yaitu kampu mendatar dan kampu tegak. Dengan ukuran balok kampu mendatar dan kampu tegak lebar (b) 130 mm, tinggi (h) 150 mm, dan panjang (L) 1000 mm. Benda uji di sambung menggunakan paku 2 inch. Kayu disambung guna untuk memperoleh ukuran dan bentuk yang dibutuhkan dalam bidang konstruksi. Balok diletakkan pada mesin penguji yang mempunyai dua perletakan. Diatur jarak perletakan yaitu 90 cm.

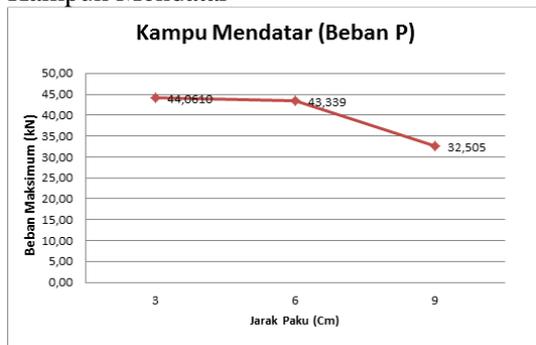
Cara pemakuan dibuat dengan dua cara yaitu dari sisi atas benda uji dan dari sisi samping benda uji. Cara pemakuan dibuat dengan dua cara guna melihat kekuatan kayu yang lebih efisien. Sistem penentuan jarak ujung, jarak tepi, dan jarak antar paku dalam satu baris diambil dari perturan yang tertulis pada SNI (standar Nasional Indonesia). Ukuran paku yang digunakan adalah 2 inch dengan diameter 0,3 cm,

**Pengujian Kuat Lentur**

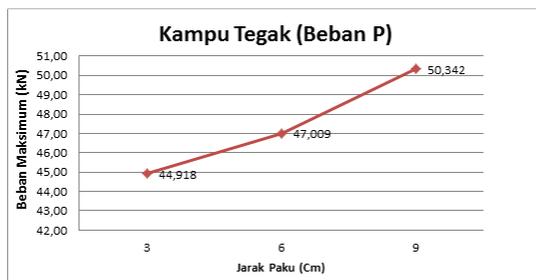
Pengujian kuat lentur menggunakan mesin tes lentur tipe CONTROLS. Benda uji

ukuran (130x150x1000)mm. Variasi yang ada adalah sistem pemakuan pada benda uji, pemakuan dari sisi atas benda uji (kampuh mendatar) dan pemakuan dari sisi samping benda uji (kampuh tegak). Pengertian kampuh sendiri adalah cara penyatuan benda uji.

Grafik 1. Hasil Pengujian Benda Uji Kampuh Mendatar



Grafik 2. Hasil Pengujian Benda Uji Kampuh Mendatar



Untuk keseluruhan pada kedua benda uji, cara pemakuan dari sisi samping mempunyai kekuatan lebih kuat dibanding dengan cara pemakuan dari sisi atas. Kekuatan yang ditemukan adalah ketika memakai jumlah paku yang lebih sedikit. Dari beberapa benda uji yang ada, telah ditemukan kayu yang kurang ketepatan ukuran benda uji. Dalam hal ini juga, diperhatikan bahwa pembuatan benda uji harus diperhatikan karena beberapa kayu terdapat mata kayu pada bentang. Dimana mata kayu adalah sisi paling lemah pada sifat mekanik kayu, sehingga ketika dilakukan pengujian benda uji sangat cepat hancur hingga terbelah.

## Tegangan Lentur (Kg/cm<sup>2</sup>)

Grafik 1. Tegangan Lentur Kampuh Mendatar



Grafik 2. Tegangan Lentur Kampuh Tegak



## PENUTUP

### Kesimpulan

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

1. Menyatakan mutu kayu tidak dengan mengklasifikasikan dalam satu jenis kayu tersebut. Melainkan menentukan mutu kayu harus dilakukan penelitian modulus elastisitas. Karena dari hasil penelitian terhadap satu jenis kayu (kayu cempaka) didapat bahwa dalam satu ujung kayu saja masuk dalam beberapa nilai E. Pada tabel 4.3 menjelaskan hasil dari pengujian modulus elastisitas yang didapat adalah dalam nilai E bervariasi antara E7,E8, E9, E10. Kayu cempaka tidak satu nilai mutu dalam modulus elastisitas pada SNI.
2. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa kampuh tegak mempunyai nilai kuat lentur yang lebih kuat dibanding dengan kampuh mendatar. 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.

#### **Saran**

Dari hasil penelitian dan kesimpulan yang ada maka :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan variasi bentuk dan jarak paku yang berbeda.
2. Membuat menda uji harus diperhatikan ketepatan jarak pada benda uji.

#### **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 Nasional. 2000. Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu Untuk Bangunan Gedung ( SNI 03-3959-1995). Jakarta.
- Dapas, Servie. 2015. Catatan Kuliah Struktur Kayu. Manado : Universitas Sam Ratulangi.
- Frick, Heinz. 1999. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Indriyanto, M.P. 2012. Dendrologi Suatu Teori & Praktik Menyidik Pohon. Penerbit Lembaga Penelitian Universitas Lampung 2012.
- Tjondro Johannes Adhijoso, 2011. Balok dan Kolom Papan Kayu Laminasi-Paku. Universitas Katolik Pahrayangan.
- Tuegeh, Stephen. 1998. Kekuatan Sambungan Perekat Pada Rangka Kayu Berdasarkan Uji Lentur. Universitas Sam Ratulangi.