

## KARAKTERISTIK MEKANIK KAYU KAMPER SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI

Kusnindar Abd. Chauf \*

### *Abstract*

*Mechanic characteristic is needed for efficiency and optimization of wood as structural member, so that it can be placed in order of construction. By conducting mechanics test referred to ISO 1975, it could be examined a mechanics characteristics of wood as a base of structural application. In this case the flexure strength capacity (MOR) is 89.989 MPa and flexure elasticity (MOE) is 13260 MPa. Parallel tension strength ( $\sigma_{//}$ ), parallel compression strength ( $\sigma_{k//}$ ), and shear strength ( $\tau_{//}$ ) are 126.913 MPa,  $0.4\sigma_{//}$  and 10,913 MPa respectively. The type of collapse is elastic linier; the brittle collapse will be happened in tension on the otherhand elastics and non linier collapse will be happened in flexure, compression as well as shear. Average mechanic intencity of Kamper will increase if the water content is decrease and the highest increasing on the parallel compression capacity, i.e. 50,5% if it is compared to dried and green condition.*

**Keyword:** *mechanic characteristic, kamper, construction material*

### 1. Pendahuluan

Peningkatan kebutuhan kayu sebagai bahan konstruksi menuntut upaya efisiensi dan optimalisasi, mengingat keterbatasan alam dalam menyediakan bahan baku. Dewasa ini pasokan kayu dari hutan alam sudah semakin menurun baik kualitas maupun kuantitasnya, sehingga cenderung dikembangkan pemanfaatan kayu berkualitas rendah yang disertai dengan efisiensi pemanfaatan kayu berkualitas tinggi. Hal ini memberikan konsekuensi bahwa harus ada metode yang tepat untuk mengefisienkan dan mengoptimalkan penggunaan kayu, khususnya dalam aplikasi struktur bangunan, tanpa mengabaikan syarat-syarat konstruksi yang harus dipenuhi. Untuk itu sangat diperlukan data mengenai karakteristik kayu, terutama sifat mekaniknya sehingga dapat ditentukan dimana konstruksi kayu dapat diposisikan dan dalam bentuk apa.

Dalam penelitian ini yang terutama ingin diperoleh adalah besaran-besaran mekanik kayu, yang dibatasi khusus pada jenis kayu kamper. Besaran-besaran itu akan menjadi dasar perhitungan struktur bangunan kayu, terutama untuk elemen tekan, tarik dan lentur. Besaran mekanik ini juga dapat dipakai sebagai data untuk mengklasifikasikan kayu kamper dalam kelompok kayu struktural atau non struktural.

### 2. Tinjauan Pustaka

#### 2.1 Sifat mekanik kayu

Kayu merupakan bahan bangunan yang sifatnya sangat variatif menurut jenis, zona penggergajian (gubal dan teras) serta arah irisan (radial, tangensial dan longitudinal). Oleh karena itu dalam aplikasi struktur sangat diperlukan data mengenai sifat fisik dan mekanik setiap jenis kayu, yang secara umum definisi dan formulasinya disajikan dalam Tabel 1 (Somayaji, 1995).

Sifat umum kayu berdasarkan intensitas mekaniknya adalah termasuk material bangunan dengan keruntuhan tarik yang bersifat getas dan keruntuhan tekan bersifat *classic ductile* (Barret dkk., 1995). Dalam hal ini intensitas kekakuan balok sangat ditentukan oleh deformasi vertikal akibat beban statik lateral. Secara matematis hubungan antara lendutan dan faktor kekakuan ( $EI$ ) untuk pembebanan empat titik dinyatakan dalam Persamaan 1:

$$\delta = \frac{P.a}{24.EI} . (3L^2 - 4a^2) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- $P$  = beban yang bekerja (kN)
- $\delta$  = defleksi balok (mm)
- $a$  = jarak beban terhadap tumpuan (mm)
- $L$  = bentang balok (mm)
- $EI$  = faktor kekakuan balok (konstanta)

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

Tabel 1. Definisi dan formulasi karakteristik kayu

A. DEFINISI	FORMULASI
Kadar air ( $w$ ) adalah prosentasi air yang terkandung dalam kayu Kerapatan ( $\rho$ ) merupakan rasio massa dan volume kayu pada kadar air tertentu	$w = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100\%$ $\rho = \frac{m_w}{V_w}$ $m_1$ = berat basah (g) $m_2$ = berat kering (g) $m_w$ = berat kayu pada kadar air $w$ (g) $V_w$ = volume kayu pada kadar air $w$ (cm <sup>3</sup> )
Kuat tekan, tarik atau geser merupakan gaya yang bekerja per satuan luas penampang dalam bidang tinjauan.	$\sigma_{tk//} = \frac{N_{max}}{A_g}$ $\sigma_{tk\perp} = \frac{N_{max}}{A_g}$ $\sigma_{tr//} = \frac{P_{max}}{A_g}$ $\tau_{//} = \frac{P_{max}}{A_g}$ $A_g$ = luas bidang (mm <sup>2</sup> ) $N_{max}$ = beban maks (N)
MOR merupakan kapasitas lentur dan MOE adalah modulus elastistas kayu dengan intensitas tergantung dari arah kerja beban terhadap arah serat kayu.	$MOR = \frac{3 \cdot P_{max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}, \dots MOE = \frac{P \cdot L^3}{48 \delta \cdot I}$ $P$ = beban (N) $h$ = tinggi balok (mm) $L$ = bentang (mm) $\delta$ = defleksi (mm)

Tabel 2. Klasifikasi kayu kamper

Spesies	Berat Jenis	Kelas Awet	Kelas Kuat
<i>D. aromatica</i>	0,81 (0,63 – 0,94)	II-III	II-I
<i>D. fusca</i>	0,84 (0,78 – 0,90)	II-III	II
<i>D. lanceolata</i>	0,74 (0,61 – 1,01)	III	II-(I)
<i>D. oocarpa</i>	0,59 (0,46 – 0,71)	IV	III-II
<i>D. rappa</i>	0,82 (0,76 – 0,91)	II-III	II

Tabel 3. Perhitungan berat jenis kayu menurut RSNI 2002

KONDISI	PERSAMAAN	KETERANGAN
$W = m\%$	$G_m = \rho / [1 + (m/100)]$	$G$ = berat jenis $\rho$ = kerapatan aktual $m$ = kadar air aktual $a = (30 - m)/30$
$W = 30\%$ (dasar)	$G_b = G_m / [1 + 0,265 a G_m]$	
$W = 15\%$	$G_{15} = G_b / (1 - 0,133 G_b)$	

2.2 Klasifikasi Kayu Kamper

Kayu kamper (*Dryobalanops sp*) terdiri dari lima spesies seperti pada Tabel 2. (Martawijaya dan Kartasujana, 1977) dengan berat jenis dapat ditentukan berdasarkan ketentuan dalam Tabel 3 (RSNI 2002). Kayu kamper digolongkan dalam kayu dengan kelas kuat II – III serta kelas awet II – III dengan berat jenis 0,62 - 0,91 tergantung spesiesnya (PKKI NI-5 1961).

Secara visual terlihat arah serat kayu terpadu dengan bau kamper yang tajam dan dapat dibedakan atau digolongkan menurut tekstur dan warna (Martawijaya dan Kartasurjana, 1977). Merah coklat atau merah kelabu untuk *D. aromatica*. Untuk *D. lanceolata* dan *D. oocarpa* berwarna lebih muda dengan kayu gubal berwarna hampir putih sampai coklat kuning muda. Tekstur agak kasar dan merata, permukaan kayu licin dan mengkilap dengan bau kamper yang sangat mencolok pada *D aromatica*. Untuk jenis *D. aromatica* memiliki berat jenis 0,69; pH 4,10; dan kadungan ekstraktif 0,98%.

Dalam hal ini kandungan ekstraktif menjadi satu hal yang perlu ditinjau, karena secara kimiawi akan mempengaruhi properties kayu dan cukup menentukan tingkat keawetan dan kemudahan pengerjaannya (Moredo dan Sakuna, 1993).

Berat jenis kayu merupakan besaran yang sangat penting sebagai parameter karakteristik suatu jenis kayu. Dengan berat jenis dapat diprediksi besaran-besaran fisik dan mekanik kayu

yang lainnya (RSNI, 2002). Dalam hal ini terdapat hubungan yang linier antara berat jenis dengan kekuatan kayu, dalam arti makin tinggi berat jenis kayu, maka makin tinggi kelas kekuatannya.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen berdasarkan ISO 1975 terhadap kayu kamper. Jenis pengujian yang dilakukan berupa uji sifat fisik dan mekanik dengan ragam pengujian seperti yang disajikan dalam Gambar 1. Setiap ragam pengujian terdiri dari lima buah benda uji dengan instrument pengujian disajikan dalam Gambar 2. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban secara perlahan dan ditentukan deformasi setiap tahap pembebanan sampai dicapai beban maksimum, dimana kayu telah mengalami failure atau runtuh, seperti disajikan dalam Gambar 3.

Analisis data pengujian dilakukan dengan tahapan:

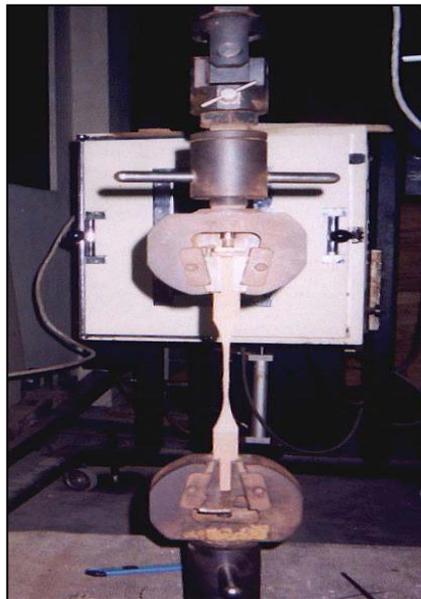
- a. Menentukan hubungan beban dan deformasi berdasarkan nilai rata-rata
- b. Menentukan hubungan tegangan regangan
- c. Penentuan intensitas besaran mekanis kayu solid berdasarkan formula yang telah ditetapkan.
- d. Menetapkan sifat dan karakteristik mekanik kayu berdasarkan besaran-besaran yang telah diperoleh.



Gambar 1. Ragam pengujian fisik dan mekanik kayu kamper



Gambar 2. Instrumen Pengujian (UTM -UNITED SFM-30 13 ton)



Gambar 3. Pelaksanaan pengujian

#### **4. Hasil dan Pembahasan**

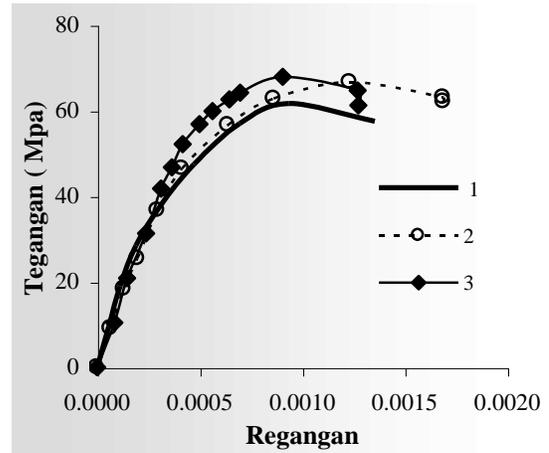
##### **4.1 Sifat fisik Kayu Kamper**

Dari hasil pengujian diperoleh fakta bahwa kadar air aktual kayu kamper (*Dryobalanops sp*) adalah 22,076%. Kondisi ini menggambarkan bahwa kayu masih berada dalam kondisi basah, sekaligus memberikan prasyarat bahwa kayu yang ada di pasaran umum masih harus diberi perlakuan berupa pengeringan terlebih dahulu sebelum

digunakan. Dalam hubungannya dengan penelitian ini, maka bahan kayu perlu dikondisikan pada kadar air 12%, agar diperoleh harga yang optimal. Kerapatan kayu kamper ( $\rho_{12}$ ) = 0,599 g/cm<sup>3</sup>. Kondisi ini masih memberi kemungkinan adanya peningkatan kerapatan melalui proses pengempaan, karena secara umum kerapatan kayu bisa mencapai 0,8 g/cm<sup>3</sup>.

4.2 Kapasitas dan Elastisitas lentur Kayu Kamper

Berdasarkan Tabel 4, maka kapasitas lentur (MOR) rata-rata kayu kamper mengalami peningkatan sebesar 40,4% dari kondisi basah ( $w = 22\%$ ) hingga kondisi kering udara ( $w = 12\%$ ). Demikian halnya dengan elastisitas lentur kayu, dimana terjadi peningkatan intensitas sebesar 15,1%. Peningkatan elastisitas lentur ini relatif kecil, karena sangat dipengaruhi karakter dasar kayu yang diuji, termasuk kandungan cacat alami ataupun cacat yang ditimbulkan oleh perlakuan yang diberikan sebelum pengujian. Dengan harga *MOE* sebesar 13260 MPa menunjukkan bahwa kayu kamper tergolong dalam kategori kayu struktural. Dalam hal ini keruntuhan terjadi pada tegangan maksimum 89,989 MPa.



Gambar 3. Diagram tegangan-regangan lentur kayu kamper

Tabel 4. Kapasitas dan elastisitas lentur kayu kamper

Sampel	$P_{max}$ (N)	$B$ (mm)	$h$ (mm)	$L$ (mm)	$MOR$ (MPa)	$MOR_{12}$ (MPa)	$MOE$ (MPa)	$MOE_{12}$ (MPa)
1	1272	18,600	21,800	280	60,448	84,869	11165	12856
2	1426	19,300	21,800	280	65,304	91,687	10808	12445
3	1275	18,600	20,800	280	66,532	93,411	12574	14479
Rata-rata	1324	18,833	21,467	280	64,095	89,989	11516	13260

Tabel 5. Kapasitas tarik sejajar serat kayu kamper

Sampel	$P_{max}$	$b$	$h$	$\sigma_{tr//}$	$\sigma_{tr//12}$
	(N)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)
UTS.I	1127	3,200	3,630	97,036	121,538
UTS.II	1227	3,400	3,940	91,602	114,732
UTS.III	1636	3,600	3,940	115,345	144,470
$\sigma_{tr//}$				101,328	126,913

Dari segi tipe keruntuhan, material kayu kamper termasuk dalam bahan konstruksi yang daktail dengan tipe keruntuhan elastis nonlinier. Hal ini ditunjukkan dengan bentuk kurva tegangan regangan yang non-linier seperti disajikan pada Gambar 3. Nonlinieritas lentur kayu kamper adalah akibat dari sifat kayu yang anisotropis dan

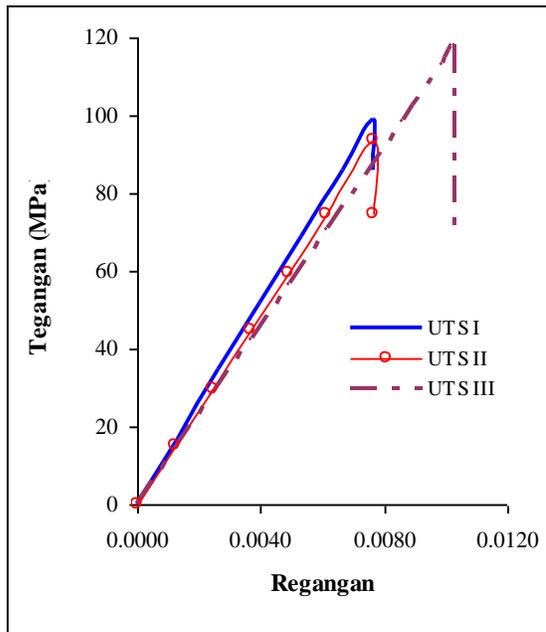
strukturnya yang terdiri dari formasi serat-serat yang bersifat daktail dan liat.

4.3 Kapasitas Tarik sejajar serat

Berdasarkan Tabel 5, kapasitas tarik sejajar serat ( $\sigma_{tr//}$ ) rata-rata kayu kamper mengalami peningkatan sebesar 25,25% dari kondisi basah

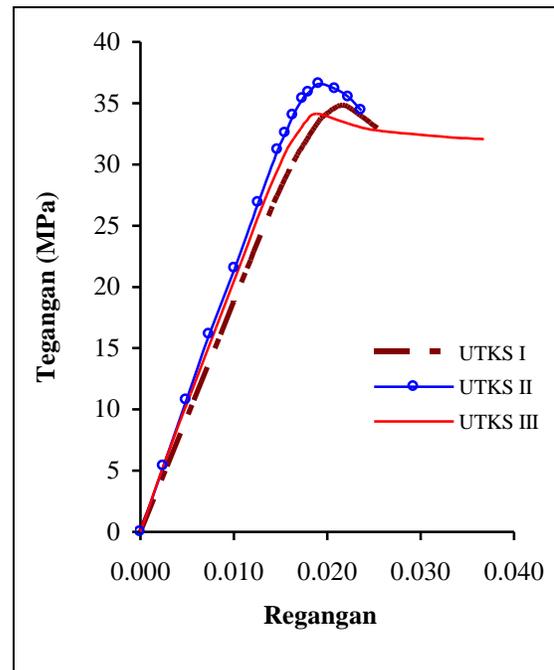
(w=22%) hingga kondisi kering udara (w=12%) dengan tipe keruntuhan yang getas dan linier elastis seperti disajikan pada Gambar 4. Dalam hal ini keruntuhan terjadi pada tegangan 126,913 MPa.

Harga keruntuhan tarik yang demikian setara dengan 1,4 kali besar tegangan lentur, sehingga dapat dinyatakan bahwa intensitas lentur kayu kamper sebagian besar ditentukan juga oleh intensitas tekannya. Hal ini bisa terjadi karena keruntuhan lentur merupakan kombinasi dari tarik dan tekan pada serat kayu.



Gambar 4. Diagram tegangan regangan tarik sejajar serat

keruntuhan elastis nonlinier. Keruntuhan tekan didahului oleh *crushing effect* atau tekuk lateral pada serat yang justru sedikit menambah kekuatan kayu. Failure terjadi pada tegangan tekan 51,538 MPa untuk kondisi kering udara. Kekuatan tekan kayu kamper 50% di bawah kapasitas tarik sejajar, sehingga dapat dinyatakan bahwa keruntuhan lentur terjadi pada tegangan di antara kapasitas tarik dan kapasitas tekan. Daerah elastis linier berada pada tegangan rata-rata 30 MPa dan mulai memasuki daerah nonlinier pada tegangan lebih dari 30 MPa.



Gambar 5. Diagram tegangan-regangan tekan sejajar kayu kamper

#### 4.4 Kapasitas Tekan sejajar serat

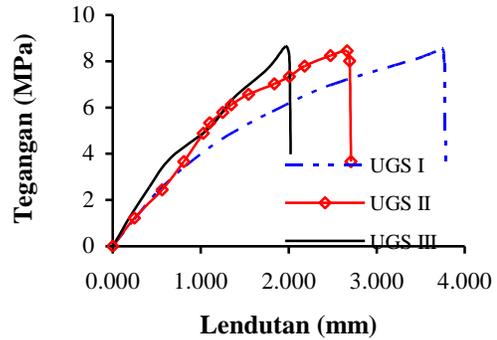
Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 5, kapasitas tekan sejajar serat ( $\sigma_{tk//}$ ) kayu kamper meningkat 50,5% dari kondisi basah (w=22%) hingga kondisi kering udara (w=12%) dan kayu kamper termasuk bahan daktail dengan tipe

Tabel 6. Kapasitas tekan sejajar serat kayu kamper

Sampel	$P_{max}$ (N)	$l$ (mm)	$H$ (mm)	$\sigma_{tk//}$ (MPa)	$\sigma_{tk//12}$ (MPa)
Utk//. I	12702	18,600	20,000	34,144	51,387
Utk//.II	13333	18,600	20,500	34,967	52,625
Utk//.III	12447	18,400	20,120	33,622	50,602
$\sigma_{tk//}$ rata-rata				34,244	51,538

4.5 Kapasitas geser sejajar serat

Keteguhan geser sejajar serat untuk kayu kamper adalah sebesar 10,913 MPa seperti dinyatakan dalam Tabel 7. Harga ini setara dengan kurang lebih 10% tegangan tarik sejajar. Artinya bahwa kayu kamper bersifat lebih lemah terhadap beban geser daripada beban tarik, sehingga dalam aplikasi struktur sedapat mungkin konstruksi kayu ditempatkan pada elemen struktural dengan beban geser yang minimum, misalnya pada balok atau kolom. Dalam hal ini bentuk keruntuhan yang terjadi adalah elastis non linier seperti yang disajikan dalam Gambar 6, dengan peningkatan keteguhan geser adalah 30,3% bila dibandingkan dengan keteguhannya geser pada kondisi basah.



Gambar 6. Diagram beban dan defleksi geser kayu kamper

Tabel 7. Kapasitas geser kayu kamper

Sampel	$P_{max}$ (N)	B (mm)	l (mm)	$\sigma_{//}$ (MPa)	$\sigma_{//12}$ (MPa)
Ugs.I	3595	20,580	20,900	8,359	10,891
Ugs.II	3387	20,150	20,300	8,279	10,788
Ugs.III	3310	20,000	19,500	8,488	11,060
	$\square_{//rata-rata}$			8,375	10,913

5. Kesimpulan

Kapasitas lentur (MOR) kayu kamper adalah 89,989 MPa dengan Elastisitas lentur (MOE) sebesar 13260 MPa dan tipe keruntuhan elastis non linier. Kapasitas tarik sejajar serat ( $\sigma_{//}$ ) sebesar 126,913 MPa dengan keruntuhan elastis linier dan getas. Kapasitas tekan sejajar ( $\sigma_{tk//}$ ) kayu kamper adalah 51,538 MPa atau sekitar 0,4  $\sigma_{tk//}$  dengan keruntuhan daktail dan telah memasuki area plastis. Demikian halnya dengan bentuk keruntuhan geser, yang mengalami failure pada tegangan sebesar 10,913 MPa. Rata-rata besaran mekanik kayu kamper mengalami peningkatan intensitas seiring dengan berkurangnya kadar air. Peningkatan terbesar terjadi pada kapasitas tekan sejajar sebesar 50,5% bila dibandingkan antara kondisi kering udara dan kondisi basah. Berdasarkan kondisi ini maka kayu kamper dapat diklasifikasikan ke dalam kelas E26 menurut SNI3 tahun 2002, meskipun jika ditinjau dari segi elastisitas bahan, kayu kamper termasuk dalam kategori E11. Dengan demikian kayu kamper layak untuk dimanfaatkan sebagai elemen struktur yang langsung memikul beban konstruksi.

6. Daftar Pustaka

Barrett, J., F. Lam., dan W. Lau. 1995. Size effect in Visually Graded Softwood Structural Lumber. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 7 (1): 19-30.

Blass, H.J., P. Aune, B.S. Choo, R. Gortlacher, D.R., Griffiths., dan G. Steck. 1995. *Timber Engineering Step I*. Centrum Hout, The Nederland.

Martawijaya, A., dan I. Kartasujana. 1977. *Ciri Umum Sifat dan Kegunaan Jenis-jenis Kayu Indonesia*. Badan Pengembangan dan Penelitian Pertanian. Lembaga Penelitian Hasil Hutan No,41, Bogor.

Somayaji, S. 1995. *Civil Engineering Materials*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.