

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Kayu

2.1.1 Sifat Mekanis Kayu

Sifat mekanis atau kekuatan kayu adalah kemampuan kayu untuk menahan muatan dari luar. Muatan dari luar adalah gaya-gaya di luar benda yang mempunyai kecenderungan untuk mengubah bentuk dan besarnya benda. Kekuatan kayu memegang peranan penting dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan. Sifat mekanis kayu menurut Edi (1989) dibedakan menjadi

1. Kekuatan Tarik

Yaitu kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha menarik kayu itu. Kekuatan tarik terbesar pada kayu ialah sejajar arah serat. Sedangkan kekuatan tarik tegak lurus arah serat lebih kecil dibandingkan kekuatan tarik sejajar arah serat

2. Kekuatan Tekan/Kompresi

Kekuatan tekan suatu jenis kayu ialah kekuatan kayu untuk menahan muatan jika kayu itu dipergunakan untuk penggunaan tertentu. Dalam hal ini dibedakan menjadi 2 macam kompresi, yaitu kompresi tegak lurus arah serat dan kompresi sejajar arah serat. Keteguhan kompresi tegak lurus arah serat dan kompresi sejajar arah serat. Keteguhan kompresi tegak lurus arah serat menentukan ketahanan kayu terhadap beban. Keteguhan kompresi tegak lurus arah serat lebih besar dari keteguhan kompresi sejajar arah serat.

Dalam pembangunan kapal kayu maka bila kayu yang digunakan untuk menahan tarikan harus dirancang dengan membuat sejajar arah serat dan untuk menahan

konstruksi yang memberikan tekanan maka arah serat kayu dibuat tegak lurus terhadap beban.

2.1.2 Kayu dalam Pembangunan Kapal Kayu

Sesuai dengan namanya, kapal kayu memiliki konstruksi yang sebagian besar terbuat dari kayu. Penggunaan kayu menurut *Bureau of Ship Department of Navy* (1983) sebagai bahan utama pembuatan kapal kayu dikarenakan kayu memiliki kelebihan antara lain;

1. Kayu memiliki modulus elastisitas yang lebih kecil dibandingkan dengan material logam.
2. Kayu memiliki density yang lebih kecil dibandingkan dengan material logam, sehingga berat kayu lebih ringan daripada logam dan menyebabkan daya apungnya lebih besar dibandingkan material logam.
3. Kayu tidak berkarat dan menghasilkan karat seperti logam(*metal*) ataupun *ferrocement*.
4. Dalam proses pengerjaan, untuk membentuk konstruksi kayu tidak memakai peralatan-peralata/mesin-mesin berat.

Menurut I. Ketut Dunia (1985) penggunaan kayu untuk konstruksi dibedakan menjadi

1. Kelas I dan II

Kayu pada kelas ini digunakan untuk keperluan konstruksi berat yang selalu terkena pengaruh-pengaruh buruk seperti terus menerus berada di dalam tanah yang basah atau terkena panas matahari, hujan dan angin.

2. Kelas III

Kayu pada kelas ini digunakan untuk keperluan konstruksi berat yang terlindung misalnya berada di bawah atap dan berada tidak berhubungan dengan tanah basah.

3. Kelas IV

Kayu pada kelas ini digunakan untuk konstruksi ringan yang terlindung yang berada di bawah atap.

4. Kelas V

Kayu pada kelas ini digunakan untuk konstruksi yang tidak permanen.

Tabel 1. Kelas Awet Kayu

Kelas Awet	I	II	III	IV	V	
a	Selalu berhubungan dengan tanah lembab Hanya terbuka terhadap angin dan iklim tetapi terlindung terhadap pemasukan air dan kelembasan	8 tahun	5 tahun	3 tahun	Sangat Pendek	Sangat Pendek
b	Di bawah atap tidak berhubungan dengan tanah lembab dan dilindungi terhadap kelembasan	20 tahun	15 tahun	10 tahun	Beberapa tahun	Sangat pendek
c	Seperti pada c. Tetapi dipelihara yang baik dengan selalu dicat	Tak terbatas	Tak terbatas	Sangat lama	Beberapa tahun	Pendek
d	Serangan oleh rayap	Tak terbatas	Tak terbatas	Tak terbatas	20 tahun	20 tahun
e	Serangan oleh bubuk kayu kering	Tidak	Jarang	Agak cepat	Sangat cepat	Sangat cepat
f		Tidak	Tidak	Hampir Tidak	Tak seberapa	Sangat Cepat

Untuk membangun kapal dengan menggunakan material yang terbuat dari kayu, maka Biro Klasifikasi Indonesia (BKI, 1996) selaku badan pengawasan dan pembangunan kapal di Indonesia memberikan regulasi pada kayu tersebut di mana

setiap kayu yang digunakan di dalam kapal harus memenuhi kelas kuat dan kelas awetnya (Tabel 1.).

BKI memberikan pengelompokan kelas awet kayu ini karena pada struktur bangunan kapal fungsi kayu yang digunakan dalam sebuah konstruksi kapal berbeda-beda. Kayu untuk konstruksi di atas air dan yang di bawah air memiliki kekuatan dan fungsi kayu berbeda. Untuk penggunaan kayu seperti hal tersebut maka Tabel 2.2 dibuat menjadi acuan. BKI kapal kayu juga menjelaskan kekuatan kayu pada masing-masing kelasnya (Tabel 2.).

Tabel 2. Kelas kuat kayu

Kelas Kuat	Berat Jenis Kering (kg/m ³)	Kukuh Lentur Mutlak (kg/cm ²)	Kukuh Tekanan Mutlak (kg/cm ²)
I	≥ 0,90	≥ 1100	≥ 650
II	0,90-0,60	1100-725	650-425
III	0,60-0,40	725-500	425-300
IV	0,40-0,30	500-260	300-215
V	≤ 0,30	≤ 360	≤ 215

Dengan memperhatikan Tabel 2.1 maka setiap jenis kayu yang akan digunakan dalam pembangunan kapal dapat diperiksa kelas kuatnya. Hal ini bisa memberikan informasi apakah kayu yang digunakan dalam konstruksi kapal memenuhi atauran atau tidak.

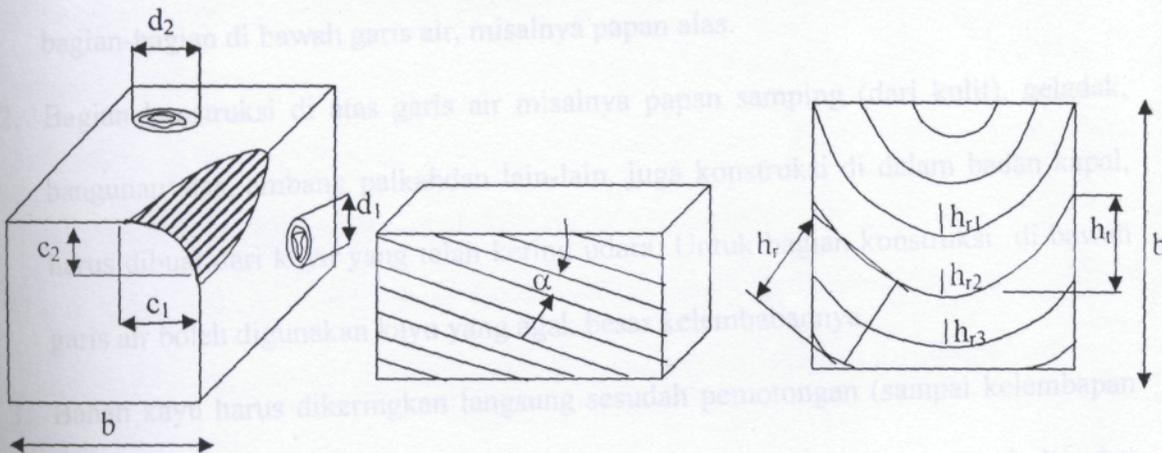
2.1.3 Mutu Kayu

Mutu kayu dibedakan berdasarkan kadar air, cacat kayu dan arah serat. Mutu kayu dibedakan menjadi dua yaitu kayu bermutu A dan kayu bermutu B. Perbedaan kedua

mutu kayu ini terletak pada batasan maksimum kadar air, cacat kayu dan kemiringan arah serat kayu. Menurut Felix Yap (1991), persyaratan mutu kayu adalah

1. Kayu Bermutu A

- a. Kayu harus kering udara, kadar lengas 12-18%, rata-rata 15%
- b. Besar mata kayu (Gambar 2.1) tidak melebihi $1/6$ lebar balok dan tidak boleh lebih dari 3,5 cm ($d_1 \leq 1/6h$, $d_2 \leq 1/6b$, dan $d_1 \leq 3,5$ cm, $d_2 \leq 3,5$ cm)
- c. Balok tidak boleh mengandung wanvlak yang lebih besar dari $1/10$ tinggi balok ($c_1 \leq 1/10b$, $c_2 \leq 1/10h$)
- d. Miring arah serat $\tan \alpha$ tidak boleh lebih dari $1/10$ ($\tan \alpha \leq 1/10$)
- e. Retak-retak arah radial tidak boleh lebih dari $1/4$ tebal kayu dan retak menurut lingkaran tumbuh tidak melebihi $1/5$ tebal kayu ($h_r \leq 1/4b$, $h_t \leq 1/5b$)



Gambar 1. Petunjuk ukuran cacat kayu

2. Kayu Bermutu B

- a. Kadar lengas kayu $\leq 300\%$
- b. Besar mata kayu $1/4$ lebar balok dan tidak lebih dari 5 cm.

- c. Balok tidak boleh mengandung wanvlak yang lebih besar dari $1/10$ tinggi balok.
- d. Miring arah serat tan α tidak boleh lebih dari $1/7$
- e. Retak-retak arah radial tidak boleh lebih dari $1/3$ tebal kayu dan retak menurut lingkaran tumbuh tidak melebihi $1/4$ tebal kayu.

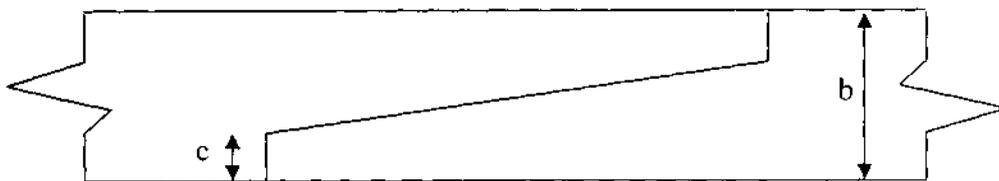
Pada BKI Peraturan Kapal Kayu Bab 2 mengisyaratkan:

1. Untuk konstruksi yang penting harus dipergunakan kayu dengan mutu minimum kelas kuat III dan kelas awet III. Kayu yang dipergunakan untuk konstruksi harus baik, sehat, tidak ada celah dan cacat yang membahayakan. Kayu yang tidak tahan air, cuaca, jamur dan serangga tidak boleh dipergunakan. Kayu yang kurang tahan terhadap perubahan basah dan kering yang permanen hanya boleh digunakan untuk bagian-bagian di bawah garis air, misalnya papan alas.
2. Bagian konstruksi di atas garis air misalnya papan samping (dari kulit), geladak, bangunan atas, ambang palkahdan lain-lain, juga konstruksi di dalam badan kapal, harus dibuat dari kayu yang telah kering udara. Untuk bagian konstruksi di bawah garis air boleh digunakan kayu yang agak besar kelembabannya.
3. Bahan kayu harus dikeringkan langsung sesudah pemotongan (sampai kelembapan kurang dari 20%) dan harus dijaga supaya tetap kering selama pengangkutan dan penyimpanan.
4. Bahan untuk pengangkut kayu tidak boleh menyebabkan korosi pada baja atau bahan logam lain yang digunakan dan tidak boleh memberi pengaruh buruk pada lem.

2.2 Sambungan Lambung Kapal Kayu

Kulit lambung kapal adalah dinding papan yang dipasang memanjang dari bagian depan sampai ke belakang pada arah sisi kanan dan kiri kapal. Kulit lambung kapal disangga oleh gading yang mengikuti bentuk badan kapal. Pada BKI Kapal Kayu (1996) jarak gading dipengaruhi oleh faktor $L(\frac{B}{3} + H)$ dan berkisar antara 350 mm sampai dengan 650 mm. Untuk kulit luar digunakan papan yang harus sepanjang mungkin. Sambungan papan harus dibagi secara merata di kulit luar. Jarak antara sambungan dari papan yang bersisian sekurang-kurangnya 3 kali jarak gading dan bila ada 2 lajur di antaranya, sekurang-kurangnya harus 1 kali jarak gading. Sambungan tersebut dapat dibuat di tengah-tengah gading. Sambungan papan kulit luar yang terletak pada satu gading-gading yang sama harus mempunyai minimal 3 lajur papan kulit luar di antaranya. Peraturan yang sama juga diberikan oleh Det Norske Veritas Rules (1990).

Menurut Bakri (1986), ada beberapa jenis sambungan yang dipakai pada lunas luar, lunas dalam, senta-senta, papan geladak, bagian tepi geladak, kulit luar dan kulit dalam kapal. Salah satu sambungan yang dipakai adalah sambungan ujung berpapasan miring (*scarf joint*). Untuk sambungan berpapasan miring panjang gigi (*c*) harus $\frac{1}{4}$ lebar (*b*).



Gambar 2. Dimensi planking kayu untuk kulit kapal

2.3 Beban pada Struktur Kapal

Kapal dalam berlayar di perairan akan mengalami berbagai beban (Daniel Mohammad Rosyid, 2000) yaitu:

1. Beban Statis, yaitu beban-beban yang berubah hanya apabila berat total kapal berubah sebagai akibat bongkar muat, pemakaian bahan bakar atau perubahan pada kapal itu sendiri. Terdiri dari
 - a. berat kapal beserta seluruh isinya
 - b. gaya tekan ke atas statis saat diam atau bergerak
 - c. beban suhu (*thermal*) akibat perbedaan suhu *non linear* dalam lambung
 - d. beban terpusat akibat *dry docking* dan kandas.
2. Beban-beban Dinamis Berfrekwensi Rendah, yaitu beban-beban yang berubah besarnya dalam waktu dengan periode beberapa detik sampai ke menit dan oleh karena itu terjadi pada frekuensi-frekuensi yang cukup rendah, yang bila dibandingkan dengan frekuensi-frekuensi respon getaran lambung dan bagian-bagiannya, tidak menyebabkan pembesaran resonansi yang signifikan pada tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur kapal. Beban ini terutama disebabkan oleh gelombang kapal selama kapal bergerak. Yang termasuk dalam beban ini adalah :
 - a. Variasi tekanan pada lambung akibat gelombang.
 - b. Variasi tekanan pada lambung akibat gerakan osilatri kapal.
 - c. Reaksi-reaksi inersia akibat percepatan massa kapal beserta isinya.
3. Beban-beban Dinamis Berfrekuensi Tinggi, yaitu beban-beban yang berubah dalam waktu dengan frekuensi tinggi untuk menimbulkan respon getaran pada

struktur kapal. Beban jenis ini mungkin kecil namun karena pembesaran resonansi, beban ini dapat mengakibatkan tegangan-tegangan dan lendutan yang berlebihan. Yang tergolong dalam beban ini adalah :

- a. Beban hidrodinamis pada lambung akibat propeller kapal.
 - b. Beban-beban pada lambung kapal akibat permesinan di dalam kapal.
 - c. Beban hidroelastis akibat adanya interaksi komponen-komponen tonjolan kapal (kemudi dsb) dengan aliran fluida di sekeliling kapal.
4. Beban tumbuk, yaitu beban-beban akibat *slamming* atau pukulan gelombang pada lunas dan lambung haluan atau bagian lainnya termasuk pengaruh siraman air di atas geladak (*deck wetness*). Beban tumbuk ini dapat menimbulkan getaran transient pada lambung (*whipping*).

Oleh karena itu kapal harus mampu menahan beban-beban di atas supaya tidak terjadi kegagalan struktur. Beban-beban tersebut juga dialami oleh lambung kapal.

2.4 Modulus Elastisitas

Agar pengujian kekuatan kayu semakin mendekati hasil yang akurat maka diperlukan nilai modulus elastisitas kayu spesimen uji tersebut. Untuk mengetahui modulus elastisitas kayu maka dilakukan pengujian tarik dengan bantuan alat ekstensiometer dan amplifier. Uji tarik kayu ada 2 macam yaitu sejajar arah serat dan tegak lurus arah serat.

Pengujian yang dilakukan adalah yang sejajar arah serat karena lebih mudah dan lebih umum dilakukan serta kekuatan yang dihasilkan lebih besar. Selain itu ekstensiometer bisa bekerja dan dibaca di amplifier.

Besar modulus elastisitas dihitung dengan menggunakan persamaan:

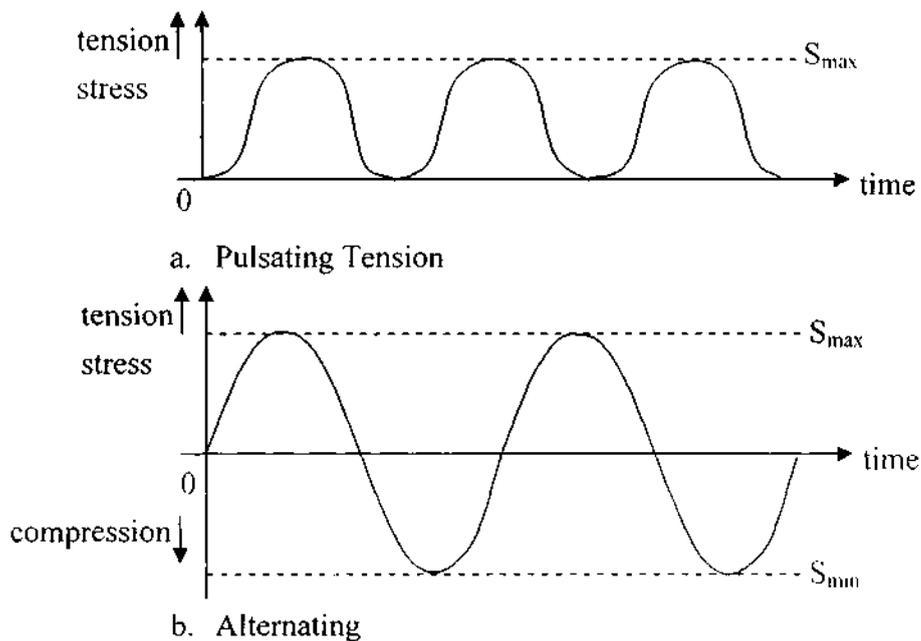
$$E = \frac{\Phi}{\varepsilon} \text{ (Pa), di mana}$$

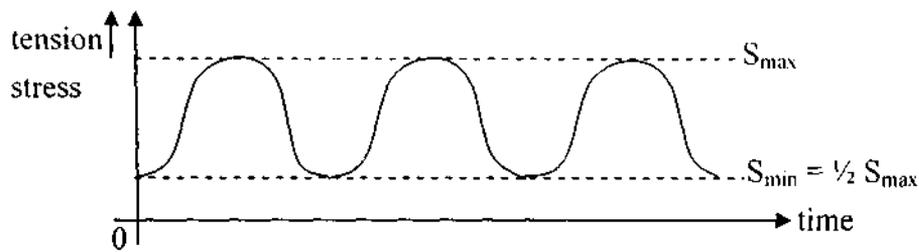
σ = Tegangan (N/m²)

ε = Regangan

2.5 Kelelahan (*Fatigue*) pada Kayu

Kelelahan pada kayu tidak memiliki aturan yang baku. Oleh karena itu prinsip kelelahannya mengacu pada material logam. Untuk mengetahui kelelahan, maka *input* yang diperlukan adalah jenis pembebanan dan besar pembebanan, amplitudo, *range*, frekuensi, jenis *cycle* tegangan dan *stress ratio* (R) yang digunakan (T.R Gurney, 1998). Jenis pembebanan terdiri dari tekan dan tarik. Amplitudo adalah besar beban yang digunakan, *range* adalah besar pembebanan dikali dua (dua kali amplitudo) serta jenis *cycle* tegangan (*wave form*) yang digambarkan sebagai berikut.

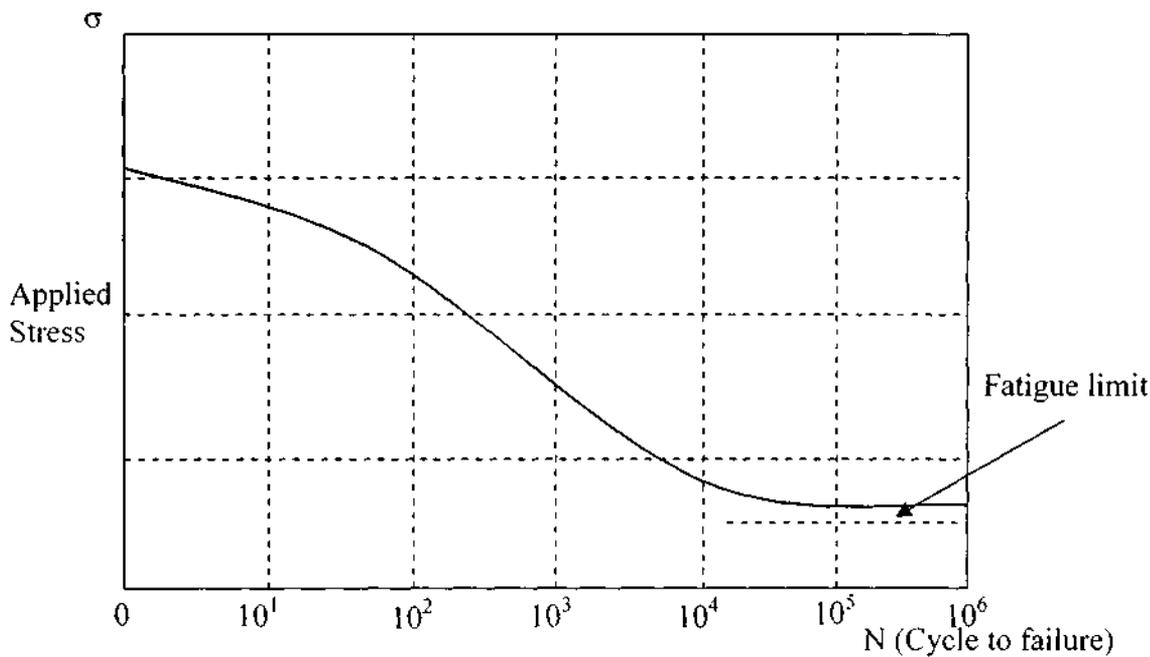




c. Half Tensile

Gambar 3. Jenis *cycle* tegangan

Jenis *Cycle* yang dipilih adalah *alternating*, karena kondisi lambung yang disangga gading pada saat di lapangan menerima beban tarik dan tekan. Setelah itu dicari kelelahan pada model dengan pemberian beban 50% beban statis sebagai beban minimum, 90% beban statis sebagai beban maksimum dan beban diantaranya.



Gambar 4. S-N Diagram

Untuk material logam biasanya beban minimumnya 30% beban statis dan *cycle* yang dibutuhkan untuk mencapai failure lebih kecil dibandingkan dengan kayu. Hal ini dikarenakan pengaruh serat yang ada pada kayu. Setelah semua input diperoleh maka

output yang diperoleh adalah grafik S-N diagram. (The Gougeon Brothers, 1985).

Semua material memiliki *fatigue limit*, yaitu batasan yang tidak akan menyebabkan material rusak cycle berapa pun pada suatu harga beban tertentu.