

# ANALISIS STRUKTUR KAPAL KAYU MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN

## PERATURAN BIRO KLASIFIKASI INDONESIA

Lukki Priantomo Raharjo

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

[priantomo.raharjo@gmail.com](mailto:priantomo.raharjo@gmail.com)

**Kata kunci :** kapal kayu, metode elemen hingga, struktur kapal

Kapal Layar Motor (gambar 1) merupakan jenis kapal yang banyak dibuat di Indonesia. Kapal Layar Motor adalah kapal yang menggunakan material kayu sebagai komponen utama strukturnya serta pergerakannya dibantu oleh layar dan mesin. Di Indonesia, berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan, setiap kapal memiliki kewajiban untuk memiliki sertifikasi dari lembaga yang diakui oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam rangka mengurangi tingkat kecelakaan transportasi laut. Peraturan BKI yang membahas mengenai pembangunan kapal berkonstruksi kayu adalah Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia Part 3 Volume 6 tahun 1996 “Peraturan Kapal Kayu” selain analisis struktur menggunakan teori-teori yang berlaku.



**Gambar 1.** Kapal Layar Motor

Tujuan dari penelitian ini adalah menilai kelayakan struktur Kapal Layar Motor KM 31 berdasarkan peraturan klasifikasi yang diterbitkan Biro Klasifikasi Indonesia serta menggunakan metode elemen hingga untuk melakukan analisis tegangan pada struktur ketika mengalami kondisi *sagging* dan *hogging* pada gelombang dengan panjang 30 meter dan tinggi 4,6 meter dan juga kondisi *grounding* pada air tenang.

## Kapal

Pada dasarnya kapal adalah benda yang dapat mengapung di air, mampu untuk membawa barang/muatan, serta memiliki kemampuan untuk menggerakkan dirinya (*thrust*). Untuk melakukan fungsinya, sebuah kapal wajib memenuhi kriteria-kriteria teknis dasar, yaitu: kekuatan struktur, kestabilan, kemampuan bermanuver dan bergerak, serta layak laut (*seaworthiness*).

Bagian-bagian kapal secara garis besar dibagi menjadi dek dan lambung. Lambung kapal memiliki fungsi untuk memberikan gaya apung dan kestabilan pada suatu kapal. Sedangkan dek sendiri secara dasar memiliki fungsi sebagai tempat untuk menempatkan muatan maupun sumber penggerak dari kapal. Semakin kompleks dan besar suatu struktur kapal maka komponen-komponen struktural dari kapal tersebut akan semakin kompleks. Kapal dapat digolongkan menjadi struktur *semi-monoque* oleh karena kulit dari kapal memiliki fungsi sebagai komponen struktural dan terdapat rangka-rangka yang memberikan dukungan terhadap kulit tersebut.

## Metode Elemen Hingga

Pada dasarnya, langkah awal pada setiap simulasi menggunakan elemen hingga adalah membagi (*to discretize*) geometri dari struktur sesungguhnya menggunakan sekumpulan elemen-elemen yang berhingga. Sekumpulan titik nodal dan suatu elemen hingga disebut dengan *mesh*. Banyaknya elemen per satuan panjang, area, atau pada suatu *mesh* disebut dengan *mesh density*.

Perumusan suatu perhitungan kondisi struktur ditentukan oleh penurunan-penurunan dari teori-teori yang ada. Dalam metode elemen hingga, terdapat beberapa cara penurunan rumusan perhitungan

$$\boxed{[K]\{r\} = [R]} \quad (2.58)$$

dimana

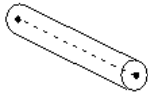
$\{r\}$  : matriks perpindahan global (*global displacements*) untuk setiap titik

$[K]$  : matriks kekakuan global (*global stiffness*) untuk setiap titik

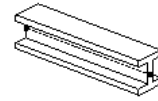
$[R]$  : matriks beban total global (*global stiffness*) untuk setiap titik

Pada dasarnya, dalam menganalisis suatu geometri menggunakan metode elemen hingga adalah membagi geometri menjadi elemen-elemen kecil dengan suatu jumlah tertentu/berhingga (*finite*). Suatu analisis menggunakan elemen hingga merupakan analisis pendekatan sehingga hasil yang didapatkan bukanlah suatu hasil analitis/tepat. Menurut dimensinya, jenis elemen hingga

dalam analisis struktur dibagi menjadi elemen 0 dimensi; elemen 1 dimensi (gambar 3 dan 4); elemen 2 dimensi, (gambar 5 dan 6); elemen 3 dimensi.



**Gambar 3.** Elemen Rangka Batang



**Gambar 4.** Elemen Balok (*Beam*)



**Gambar 5.** Elemen Membran



**Gambar 6.** Elemen Cangkang

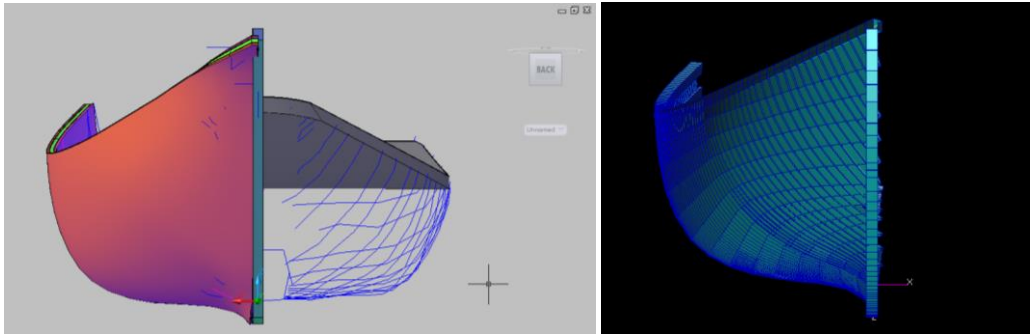
Pada tugas akhir ini, langkah awal penelitian adalah mendapatkan model kapal yang akan diteliti dengan melakukan pengukuran kapal yang ada di lapangan (eksisting) dengan menggunakan teodolit digital (gambar 7). Kapal Layar Motor KM 31 dibuat pada galangan pembuatan kapal tradisional di Desa Tanah Beru, Kabupaten Bulukumba, Provinsi Sulawesi Selatan yang dimiliki oleh Haji Abdullah. Pada saat penulis melakukan pengukuran, tahap konstruksi struktur dari lambung, dek, dan kabin utama telah selesai dilakukan. Total titik yang diambil dalam pengukuran adalah sebanyak 203 titik. Total waktu yang dipakai untuk mengukur geometri dari Kapal Layar Motor KM 31 adalah sekitar 8 jam kerja.



**Gambar 7.** Pengukuran Geometri Kapal Layar Motor KM 31

Kemudian data yang didapatkan dimodelkan pada perangkat lunak CAD lalu model yang telah selesai dibuat akan dipakai pada perangkat lunak MSC PATRAN (gambar 8). Dilakukan tes uji tarik material kayu yang dibawa dari lokasi untuk memverifikasi jenis kayu bitti (*vitex cofassus*) yang digunakan (gambar 9). Tegangan kapal yang terjadi pada beberapa kondisi dianalisis

menggunakan MSC NASTRAN/PATRAN. Seiring dengan hal tersebut, dilakukan perhitungan struktur kapal sesuai dengan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia Bagian 3 Volume 6 tahun 1996 tentang “Peraturan Kapal Kayu”. Setelah itu dilakukan interpretasi hasil perhitungan dengan meninjau pemenuhan syarat setiap elemen struktur terhadap persyaratan yang diatur.



**Gambar 8.** Tampak Depan Model Lambung Kapal Layar Motor KM 31 yang Selesai Dimodelkan



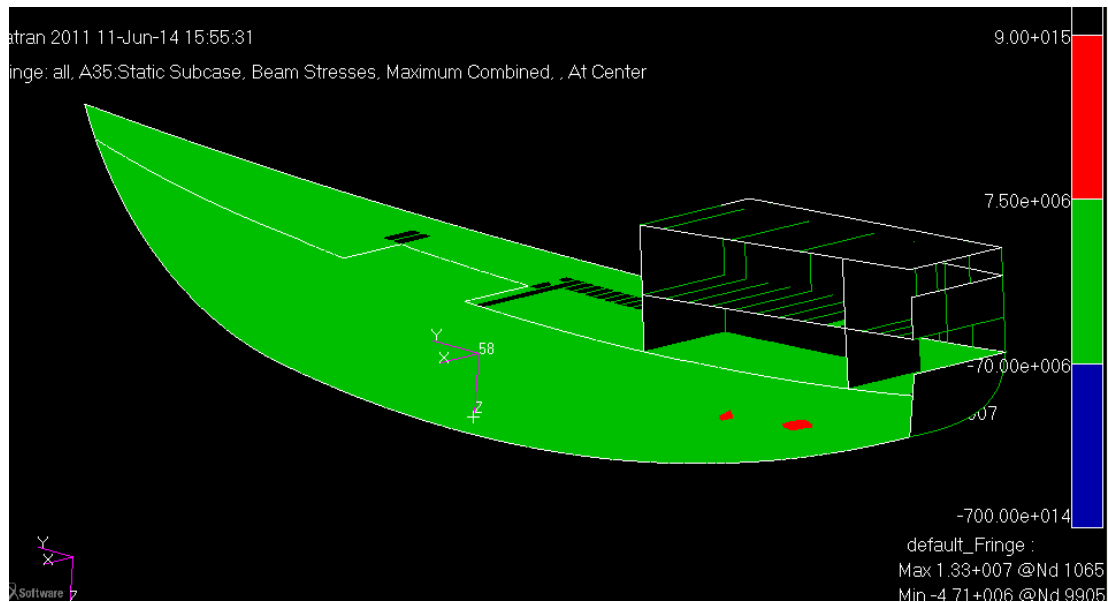
**Gambar 9.** Pengujian Spesimen Kayu Bitti

## Hasil Perhitungan dan Kesimpulan

Sebanyak 13 poin dari 25 poin persyaratan yang dihitung, tidak memenuhi peraturan Biro Klasifikasi Indonesia yang terdapat pada Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, Volume VI: Peraturan Kapal Kayu tidak dipenuhi oleh Kapal KM 31.

Pada saat kapal kandas serta berada pada kondisi sagging dan hogging, terdapat tegangan yang melebihi batas kekuatan mekanis dari material kayu (gambar 10) sehingga terdapat bagian dari struktur kapal mengalami kegagalan. Berikut rangkuman dari analisis tegangan statis yang terjadi pada kapal:

Kasus Pembebanan	Jenis Tegangan (Jenis Elemen)	Nilai Tegangan Terbesar (MPa)	Arah Tegangan
<i>Sagging</i>	<i>Min Combined (Beam)</i>	19.10	Tekan
<i>Hogging</i>	<i>Min Combined (Beam)</i>	10.10	Tekan
Kandas	<i>Min Combined (Beam)</i>	43.70	Tekan



**Gambar 10.** Tegangan pada Kapal (merah: melebihi kekuatan mekanis material kayu bitti)

## Daftar Pustaka

- 1) Balitbang SNI. 1995. *SNI 03-3958-1995: Metode Pengujian Kuat Tekan Kayu di Laboratorium*. Jakarta: Balitbang SNI
- 2) Beer, Ferdinand P. et. al. 2006. *Mechanics of Materials*. Singapore: McGraw-Hill Asian
- 3) BKI . 1996. *Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, Volume VI: Peraturan Kapal Kayu*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia
- 4) Comstock, John P. 1986. *Principles of Naval Architecture*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers
- 5) FPL. 2010. *General Technical Report FPL-GTR-190 : Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*. Washington: Forest Product Laboratory
- 6) Hibbeler, R. C. 2011. *Mechanics of Material*. USA: Pearson Prentice Hall
- 7) Kuilen dan Ravenshorst (2002), *Joint Committee on Structural Safety: Bending Strength and Stress Wave Grading of Hardwoods*
- 8) Kuntjoro, Wahyu. 2005. *An Intoduction to The Finite Element Method*. Singapore: McGraw-Hill Asian
- 9) Martin, Harold C. dan Carey, Graham F. 1973. *Introduction to Finite Element Analysis*. New Delhi: Tata McGraw-Hill
- 10) Tawekal, Ricky Lukman. 2012. *Catatan Kuliah KL 4131 Dasar-Dasar Teknik Perkapalan*. Bandung: Penerbit ITB