

ANALISA TEKNIS KONSTRUKSI KAPAL KAYU SESUAI RULES BKI (1996) DENGAN PENDEKATAN PEMODELAN STRUKTUR

Bagus Kusuma Aditya¹⁾, Hery Inprasetyobudi²⁾

¹ Teknik Produksi dan Material Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jl. Teknik Kimia, Sukolilo, Surabaya, 60111

² Teknik Manufaktur Kapal, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember-Banyuwangi KM 13, Labanasem, Kabat, Banyuwangi, 68461

E-mail: baguskusumaaditya@gmail.com, hery_ing@yahoo.com

Abstract

Wooden ships are one of the non-steel ships that are widely available in Indonesian waters, which are built using conventional methods. In this study, a survey was conducted to determine the dimensions of the construction elements on the ship's kasko from the keel to the main deck, the price of wood materials and the construction process using interview and observation methods. Existing ship data is analyzed according to the 1996 BKI Rule on wooden ships to determine the level of comparison for each element of ship construction. Existing ship construction data based on regulatory analysis is modeled to get the optimum reductions of construction dimensions. Based on the results of the technical and economic analysis of the three vessels, it is known that the two existing ships have heavier construction than the calculation according to the BKI Rules. This is influenced by differences in ivory spacing, deck beam distance, outer shell thickness and deck thickness. The size of the construction dimensions is proportional to its economic value. Therefore, to determine the optimum level of reduction in construction dimensions, structural modeling is used. In the modeling that is done, it is found that the value of the reduction in construction dimensions is 10%, 20% and 30%. This reduction was carried out because the magnitude of the stress of the three ships according to the BKI Rules was still far below the limit allowed according to BKI 12,75 N/mm². According to the results, the recommendation for the reduction in construction dimensions is up to 20%. The 30% reductions were not recommended because the stress value is over than the stress limit. The allowable stress is 12,75 N/mm².

Keywords: Construction, Wooden Ships, Structural Modeling, BKI Rules (1996)

Abstrak

Kapal kayu merupakan salah satu kapal non baja yang banyak terdapat di wilayah perairan Indonesia yang dibangun dengan metode konvensional. Dalam penelitian ini dilakukan survey untuk mengetahui dimensi elemen konstruksi pada kasko kapal dari lunas sampai dengan geladak utama, harga material kayu dan proses pembangunan dengan metode wawancara dan pengamatan. Data kapal Existing selanjutnya dianalisis dimensinya sesuai Rules BKI 1996 tentang kapal kayu guna mengetahui tingkat komparasi tiap elemen konstruksi kapal. Data konstruksi kapal Existing dan kapal secara analisis regulasi selanjutnya akan dimodelkan untuk bisa mendapatkan nilai pengurangan dimensi konstruksi yang lebih optimum. Dari hasil analisis teknis dan ekonomis tiga kapal, diketahui bahwa untuk dua kapal Existing memiliki konstruksi lebih berat dibandingkan dengan perhitungan menurut Rules BKI. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan jarak gading, jarak balok geladak, tebal pelat kulit luar serta tebal geladak. Besarnya dimensi konstruksi sebanding dengan nilai ekonomisnya. Maka dari itu, untuk mengetahui besaran tingkat pengurangan dimensi konstruksi secara optimum digunakan pemodelan struktur. Dalam pemodelan yang dilakukan didapatkan nilai pengurangan dimensi konstruksi sebesar 10%, 20% dan 30%. Pengurangan ini dilakukan karena besarnya tegangan ketiga kapal secara Rules BKI masih jauh di bawah batas yang diizinkan BKI sebesar 12,75 N/mm². Dari hasil pengurangan dapat direkomendasikan pengurangan dimensi konstruksi hanya sampai dengan 20%, sedangkan untuk pengurangan 30% tidak direkomendasikan karena nilai tegangan sudah melewati batas tegangan yang diijinkan yaitu sebesar 12,75 N/mm².

Kata Kunci: Konstruksi, Kapal kayu, Pemodelan Struktur, Rules BKI (1996).

PENDAHULUAN

Regulasi pembangunan kapal secara umum diatur dan diawasi oleh badan klasifikasi atau biro klasifikasi. Badan klasifikasi yang ada Indonesia yakni Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Kegiatan klasifikasi merupakan kegiatan penggolongan kapal berdasarkan konstruksi lambung, mesin, dan listrik kapal dengan tujuan memberikan salah satu penilaian laik laut kapal untuk berlayar. Regulasi kapal berbahan kayu diatur pada Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, Peraturan Kapal Kayu 1996. Pada gambar 1 yang menampilkan ukuran konstruksi kapal kayu yang cukup besar



Gambar 1. Konstruksi Gading dan Ukuran Balok Kayu
(Widodo, 1998)

Konstruksi yang cukup besar ini akan menyebabkan berat kapal menjadi besar dan menurunkan kapasitas muat dari kapal, sehingga mempengaruhi jumlah muatan kapal kayu ini. Hal ini tentunya membuat kapal kayu kurang optimal. Maka dari itu, penulis melakukan penelitian dengan mengangkat permasalahan dengan judul “Studi Teknis Dan Ekonomis Dimensi Konstruksi Kapal Kayu Berdasarkan BKI”, dengan menggunakan aturan BKI Peraturan Kapal Kayu tahun 1996.

TINJAUAN PUSTAKA

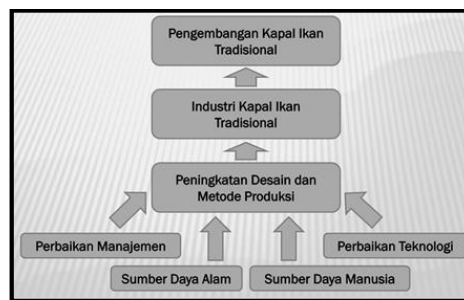
Umum

Terdapat beberapa pertimbangan-pertimbangan prinsip yang harus diperhatikan dalam pemilihan kayu yang meliputi kekuatan, daya tahan, dan ketersediaan dalam hal mutu, jumlah dan ukuran yang diinginkan (Fyson & FAO, 1985). Material kayu harus memiliki kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap air laut serta serangan organisme laut. Proses pengerjaannya, pembangunan kapal dengan material kayu cenderung lebih mudah dibandingkan dengan bahan lain dan tidak membutuhkan tingkat teknologi yang cukup tinggi, sehingga potensi pengembangan usaha menengah bagi masyarakat terbuka lebar.

Hal ini adalah salah satu alasan yang menjadikan kayu lebih unggul untuk digunakan sebagai material kapal dibandingkan dengan bahan lain untuk pembangunan kapal.

Kapal Kayu

Kapal kayu merupakan kapal yang sebagian maupun secara keseluruhan baik dari lambung (*shell*), geladak (*deck*), serta konstruksi dan beberapa komponennya berbahan kayu yang terhubung dengan pengeleman, pembautan atau pemasakan. Karakteristik dari pembangunan kapal kayu yang terdapat di Indonesia diantaranya adalah tanpa adanya perencanaan yang matang pembangunannya dan dibuat berdasarkan keahlian turun temurun. Transformasi pembangunan kapal kayu di Indonesia bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Transformasi Pembangunan Kapal Kayu (Nugroho & Widodo, 1998)

Jenis kapal berbahan kayu yang banyak ditemui ini diantaranya adalah: 1.Kapal ikan berbahan kayu, 2.Kapal pelayaran rakyat, 3.Kapal wisata, 4.Kapal penyeberangan sungai

Rules BKI (1996) Tentang Kapal Kayu

Peraturan tentang kayu yang digunakan pada pembangunan kapal kayu di Indonesia menurut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dijabarkan pada beberapa terbitan diantaranya:

1. BKI– Peraturan Untuk Material – Non Metal (Bagian 2-Kayu / 2006).
2. BKI – Peraturan Kapal Kayu (1996)

Dalam penentuan dimensi konstruksi kapal kayu yang dibangun akan mengacu pada dimensi utama kapal dan menyesuaikannya dengan nilai angka penunjuk yang ada di tabel yang sudah disediakan. Untuk nilai yang berada diantara nilai yang ada, maka perlu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan besaran dimensi konstruksi kapal.

Metode Produksi Kapal Kayu

Pembangunan kapal kayu ini sangat minim teknologi dan hanya didasarkan pada keahlian dan pengalaman para pengrajin kayu. Dengan berbekal peralatan perkayuan sederhana, mereka melakukan proses produksi kapal kayu dengan menggunakan material

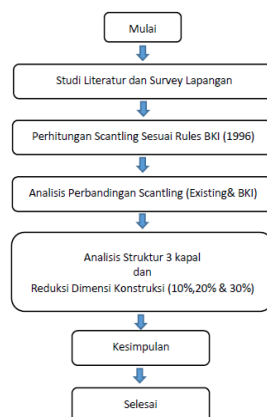
yang banyak dan umum didaerah pengrajin itu sendiri. Pada proses pembangunan kapal kayu, setiap konstruksi kapal kayu secara umum memiliki jenis kayu yang berbeda. Penggunaan kayu sebagai konstruksi kapal juga memperhatikan kesediaan jenis kayu yang ada di daerah tempat pembuatan kapal. Proses produksi kapal kayu memiliki beberapa tahapan yaitu: 1.Adanya *owner* (pemesan kapal), 2.Perencanaan gambar, 3.Persiapan, 4.Pembuatan komponen utama kapal, 5.*Assembly* (penggabungan), 6.Sistem permesinan, 7.Sistem kelistrikan, 8.Sistem bahan bakar minyak dan perpipaan, 8.Akomodasi dan *out fitting*, 9.*Finishing*, 10.*Launcing and sea trial*

Pemodelan Struktur dengan *Finite Elemen Method* (FEM)

Permodelan *Finite Element Analysis* untuk kekuatan batas kapal *hull girder* meliputi properti material, tipe elemen, ukuran *mesh*, panjang model dan kondisi batas. Hasil yang paling akurat mengenai penilaian *ultimate strength* dapat diperoleh dengan menggunakan analisis *Non Linier Finite Elemen Method* (NLFEM) dari keseluruhan model struktural, yang memungkinkan simulasi dan evaluasi respon struktural non-linier untuk berbagai tingkat pembebanan. Analisis NLFEM sering digunakan untuk derivasi dan verifikasi berbagai formulasi sederhana dari respons elasto-plastik dari komponen struktural yang dikenakan dengan berbagai jenis muatan murni atau gabungan (Kitarovic & Zanic, 2014).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini berikut digambarkan skema diagram alir, sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Survey Kapal Eksisting

Penelitian ini dilaksanakan pada kapal kayu yang telah dibangun oleh nelayan tradisional. Secara umum metode pembangunannya menggunakan metode konvensional. Studi lapangan/survei dalam penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel pada kapal yang sedang dibangun dan hampir selesai pada galangan berikut :

Tabel 1
 Ukuran Utama Kapal

Item	Kapal A [m]	Kapal B [m]	Kapal C [m]
Panjang	16,40	16,00	16,50
Lebar	05,50	05,50	06,00
Tinggi	02,10	01,60	01,40
Sarat	01,00	01,00	08,00

Analisis Perbandingan Ukuran Konstruksi Kapal Existing dan Menurut Perhitungan Secara Rules BKI (1996)

Hasil berdasarkan survey maupun rules BKI menunjukkan terdapat perbedaan ukuran konstruksi yang cukup signifikan. Adapun perbandingan ukuran dan volume konstruksi antara kapal Existing dan berdasarkan penentuan dimensi secara Rules BKI 1996 dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 2.
 Perbandingan Ukuran dan Volume Konstruksi

Member konstruksi	Kapal A [%]		Kapal B [%]		Kapal C [%]	
	Web	Face	Web	Face	Web	Face
Lunas	+166	+108,6	+142,8	0	+148,5	+118,18
Linggi Haluan	+24	-29,5	+10	-47,2	+48,6	-32,5
Linggi Buritan	+12	-43,2	-2,5	-66,7	+41,4	-50
Gading	+28	-55	-5,83	-2,5	+29,4	-36,7
Wrang	+20	-32,9	+26,7	-36,7	+45	-173,3
Galar	-106,7	-6,7	-55,6	+27,5	-20,5	-3,3
Balok Kim	-63,3	+6,7	-27,8	-10	-4,5	+8,3
Lutut Balok Geladak	-80	+18,3	-44,4	+8	-18,18	+23,3
Balok Geladak	+52	-180	+42,5	-37,5	-15	+8,3
Penegar	+60	+37,5	+46,7	0	+60	+58,3
Jarak Gading	+7,5		-13,4		+43,3	
Pelat Kulit Luar	-2,5		+24		+5	
Jarak Balok Geladak	+10		+9,3		+43,3	
Tebal Geladak	-60		+8		-53,3	
Tebal Sekat	0		-14,29		+20	
Volume	-7,5		+11,2		-9,1	

Pemodelan dan Analisis Struktur

Pemodelan yang dimaksud pada bab ini adalah pemodelan struktur dengan metode *Finite Elemen* menggunakan *software ANSYS APDL versi 18.2*. *Finite Elemen* ini mewakili semua karakter dan spesifikasi yang dimiliki oleh struktur, meliputi hal-hal sebagai berikut:

Jenis Material	= <i>Orthotropic</i>
Berat jenis , γ	= 520 kg/m ³
Modulus Elongation- sumbu X	= 70,1.10 ³ kg/cm ²
Modulus Elongation- sumbu Y	= 68,7.10 ³ kg/cm ²
Modulus Elongation- sumbu Z	= 66,4.10 ³ kg/cm ²
Shear Force-sumbu X	= 97 kg/cm ²
Shear Force-sumbu Y	= 111 kg/cm ²
Shear Force-sumbu Z	= 97 kg/cm ²
Poison ration	= 0.2

Proses pemodelan *finite element* dilakukan menjadi beberapa tahapan , yaitu:

1. Buat pemodelan untuk struktur utama dan lambung.
2. Masukkan konstrain pada model finite elemennya. Tinjauan konstrain yang dipergunakan dalam analisis ini adalah sebagai berikut: (a). *Side hull* dikonstrains seperti tumpuan sederhana, di mana *side hull* dikonstrains untuk tidak bergerak ke arah translasi sumbu Z dan rotasi sumbu Z, (b). *Bottom* dalam kondisi bebas, (c). Kulit sisi atas dikonstrains tidak bergerak semua arah.
3. Beban/gaya luar yang bekerja pada struktur ditentukan oleh besarnya tekanan air yang bekerja pada lambung kapal kayu dan beban dari geladak kapal sebagai *Eksternal Load*.
4. Lakukan *running* dengan *ANSYS APDL*

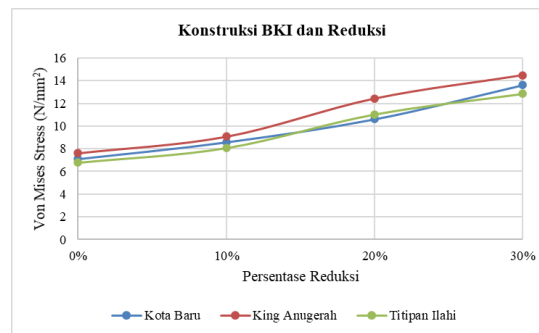
Hasil *Running* Analisis Struktur (Teknis)

Dari hasil rekapitulasi perhitungan didapatkan bahwa Kapal Kota Baru II memiliki tegangan *eksisting* sebesar 7,827 N/mm², sedangkan tegangan berdasarkan BKI sebesar 7,112 N/mm². Kapal King Anugerah, memiliki tegangan *eksisting* sebesar 6,608 N/mm² dan tegangan menurut BKI sebesar 7,617 N/mm². Kapal ketiga yaitu Kapal Titipan Ilahi, memiliki tegangan *eksisting* 8,142 N/mm² dan berdasarkan BKI sebesar 6,765 N/mm².

Secara keseluruhan, semua tegangan kapal tersebut masih dibawah batas maksimal yang disyaratkan oleh BKI sebesar $12,75 \text{ N/mm}^2$.

Analisis Hasil dan Rekomendasi Dimensi Konstruksi Kapal Kayu berdasarkan Analisis Struktur

Dari hasil analisis tegangan pada ketiga kapal, kemudian pada tahapan berikutnya dilakukan asumsi dengan pengurangan ukuran material untuk mengetahui optimum kekuatan kapal yang masih dalam tegangan yang diijinkan, dengan ukuran material yang ringan/tidak terlalu besar. Nilai asumsi pengurangan ini ditentukan sebesar 10%, 20% dan 30% dari nilai dimensi konstruksi kapal sesuai analisis *rules* BKI yang meliputi besaran *Web* dan besaran *face* dari konstruksi itu sendiri. berikut adalah hasil dari variasi pengurangan ukuran terhadap tegangan yang dihasilkan.



Gambar 4. Tegangan Aktual pada variasi reduksi ukuran

Dari hasil tersebut diatas dapat dilihat bahwa semakin besar reduksi ukuran konstruksi yang dilakukan, maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. Tegangan akan berbanding terbalik dengan ukuran konstruksi yang ada. Hal itu berlaku untuk semua jenis kapal yang diteliti.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perbandingan dimensi konstruksi kapal kayu *Existing* hasil *survey* dan kapal menurut analisis *rules* BKI, ada dua kapal yaitu kapal A (Kota Baru II) dan kapal C (Titipan Ilahi) yang memiliki dimensi konstruksi lebih berat menurut perhitungan *Rules* BKI. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor dalam perhitungan BKI antara lain perbedaan jarak gading, jarak balok geladak, tebal pelat kulit luar serta tebal geladak. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa besarnya tegangan pada lambung dan geladak kapal ketiga kapal secara *Rules* BKI masih jauh di bawah batas yang diizinkan BKI yaitu sebesar $12,75 \text{ N/mm}^2$. Setelah dilakukan pemodelan struktur

berdasarkan karakteristik pembebanan dengan *software ANSYS APDL versi 18.2*, pada kapal kayu A (Kota baru II) didapatkan tegangan sebesar $8,588 \text{ N/mm}^2$, pada kapal kayu B (King Anugerah) didapatkan tegangan sebesar $9,076 \text{ N/mm}^2$, pada kapal kayu C (Titipan Ilahi) didapatkan tegangan sebesar $8,061 \text{ N/mm}^2$. Berdasarkan hasil analisis pemodelan struktur dengan *ANSYS APDL versi 18.2* diketahui bahwa dimensi konstruksi bisa direduksi sampai dengan 10% sehingga secara ekonomis mampu mengurangi biaya material kasko badan kapal hingga 10% dari nilai awal dan semua pengurangan sebesar 20% tidak direkomendasikan karena sudah mendekati batas yang dipersyaratkan dan reduksi 30% tidak direkomendasikan karena sudah melebihi batas ijin BKI.

DAFTAR PUSTAKA

- Biro Klasifikasi Indonesia. (1996). *Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, Peraturan Tentang Kapal Kayu*. Jakarta.
- Dumanauw, J. F. (1990). *Mengenal Kayu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fengel, D. (1995). *Kimia Kayu Ultrastruktur dan Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: UGM Press.
- Fyson, J. F., & FAO. (1985). *Design of Small Fishing Vessels*. England: Farnham.
- Haygreen, J. G., & Bowyer, J. L. (1996). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Kitarovic, S., & Zanic, V. (2014). Approximate approach to progressive collapse analysis of the monotonous thin-walled structures in vertical bending. *ResearchGate*, 255–286.
- Nugroho, N. Y., & Widodo, A. B. (1998). *Kapal Non Ferro*. Surabaya: Teknik Perkapalan Universitas Hang Tuah.
- Purnomo, A., & Supomo, H. (2014). Analisis Kekuatan Kapal Bambu Laminasi dan Pengaruhnya Terhadap Ukuran Konstruksi dan Biaya Produksi. *Jurnal Teknik POMITS Vol. 2, No.1*.
- Rachman, A., Misbah, N. M., & Wartono, M. (2012). Kesesuaian Konstruksi Kapal Kayu Nelayan di Pelabuhan Nelayan (PN) Gresik Menggunakan Aturan Biro Klasifikasi Indonesia. *Jurnal Teknik POMITS Vol. 1. No.1*.
- Sebayang, R. P., Hutauruk, R. M., & Bustari. (2016). Analisis Ukuran Konstruksi Kapal di Galangan Kapal Kota Bagan Siapi-api Menggunakan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia Kapal Kayu. *Jurnal Online Mahasiswa Vol. 3, No.2*.
- Suman Kar, D. G., Sarangdhar, & Chopra, G. S. (2008). Analysis of Ship Structures Using ANSYS. *SeaTech Solutions International (S) Pte Ltd*.
- Suryono, & Bakoh. (2009). Penentuan Biaya Pembangunan Kapal Kayu dengan Fungsi Produksi Cobb Douglas. *Tesis Teknologi Produksi dan Material Kelautan ITS*.
- Van-Vu, H. (2005). Prediction the Ultimate Strength of Intact Ship by Finite Element Method. *International Journal of Mechanical Engineering and Applications (IJMEA).X*