PENENTUAN FAKTOR KEAMANAN MATERIAL GANJAL KAPAL UNTUK DOK GALANGAN KAPAL

Mochamad Yusuf Santoso^{1✉}, Kartika Indira Putri², Rina Sandora³

¹ Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Kota Surabaya, 60111.
^{2,3} Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Kota Surabaya, 60111
 ✉ e-mail : yusuf.santoso@ppns.ac.id

Abstract

Docks at the shipyard company have the potential danger due to failure in the ship shocks. It causes damage to the ship and accidents on ship repair and maintenance work because the entire weight of the ship fully rests on the docking blocks. One of the reasons for the failure of the docking blocks is the error in the selection of materials used, so it is not strong to support the ship hull on it. Therefore, this research was conducted to provide recommendations for docking block wood type for docks at shipyards. Recommendations are made by comparing the wood used today with the wood that has a higher strength level according to PKKI 1961 and making comparisons with SNI 7973-2013 regarding design specifications for wood construction to determine the mechanical properties of each wood. Mechanical property values are used as material properties for loading simulation using Ansys software. There are three observed parameters: von mises stress value, total deformation and safety factor. Based on the results, the strongest and the safest woods for docking blocks are Ironwood, Bangkirai wood, Meranti wood and tamarind wood, respectively.

Keywords : Docking Blocks, Wood Strength, Total Deformation, Safety Factor.

Abstrak

Dok di perusahaan galangan kapal memiliki potensi bahaya akibat kegagalan pada ganjal kapal. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan kapal dan kecelakaan pada pekerjaan perbaikan dan pemeliharaan kapal karena seluruh berat kapal sepenuhnya bertumpu pada ganjal tersebut. Salah satu penyebab kegagalan ganjal kapal adalah kesalahan dalam pemilihan material yang digunakan sehingga tidak kuat menopang beban kapal yang ada di atasnya. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi kayu ganjal kapal untuk dok pada galangan kapal. Rekomendasi dilakukan dengan cara membandingkan kayu yang digunakan saat ini dengan kayu yang memiliki kelas kuat di atasnya menurut PKKI 1961 dan melakukan komparasi dengan SNI 7973-2013 tentang spesifikasi desain untuk konstruksi kayu, untuk mengetahui nilai sifat mekanik dari masing-masing kayu. Nilai sifat mekanik digunakan sebagai material properti untuk simulasi pembebanan menggunakan software Ansys. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah nilai von mises stress, total deformasi dan faktor keamanan. Berdasarkan hasil komparasi kelas kuat kayu pada PKKI 1961 dengan SNI 7973-2013 serta simulasi pembebanan Ansys dapat disimpulkan bahwa rekomendasi jenis kayu secara berurutan dari yang paling kuat dan aman untuk material ganjal kapal adalah kayu ulin, bangkirai, meranti dan trembesi.

Kata kunci : Ganjal Kapal, Kekuatan Kayu, Deformasi Total, Faktor Keamanan.

Pendahuluan

Sebelum proses pemeliharaan dan perbaikan, kapal dipindahkan dari air ke atas dok dengan bantuan fasilitas galangan kapal. Kapal dipindahkan ke dok dengan tujuan agar dapat melakukan perbaikan pada bagian lambung kapal. Untuk itu dok dilengkapi dengan ganjal

sehingga memiliki akses untuk memperbaiki bagian lambung kapal [1]. Keadaan paling berbahaya dalam proses *docking* terjadi ketika penyangga kapal tidak diatur dengan benar, karena seluruh berat kapal sepenuhnya bertumpu pada ganjal tersebut [2]. Ganjal akan menopang kapal selama berada di dalam

dok sampai pelaksanaan perbaikan dan pemeliharaan kapal selesai dan dilakukan proses *undocking* kapal. Kesalahan dalam pemasangan ganjal dapat mengakibatkan kapal miring dan terguling sehingga menyebabkan kecelakaan pada pekerja yang sedang melakukan pemeliharaan dan perbaikan kapal, seperti kecelakaan yang telah terjadi pada kapal INS *Betwa* tahun 2016 [3]. Oleh karena itu sangat penting bagi perancang yang bekerja di galangan kapal untuk mengetahui proses, perhitungan, dan memahami cara membaca rencana *docking* hingga *undocking* [1]. Rencana *docking* memuat tentang rancangan ganjal yang akan dipasang pada dok mulai dari pemilihan material ganjal hingga tata letak ganjal pada dok [4]. Namun setelah dilakukan pengamatan langsung pada beberapa dok kapal di Surabaya, peneliti menemukan banyak kayu yang mengalami kerusakan sehingga dapat menyebabkan ganjal gagal dalam menopang kapal. Berdasarkan permasalahan tersebut di atas maka perlu dilakukan penelitian terkait pemilihan material ganjal untuk dok pada galangan kapal. Dengan begitu tujuan dari penelitian ini adalah memilih material kayu ganjal kapal untuk dok pada galangan kapal.

Metode Penelitian

Pemilihan kayu yang dibutuhkan untuk ganjal kapal dilakukan dengan cara mengetahui kelas kuat kayu berdasarkan PKKI 1961 [5] yang kemudian dikomparasi dengan nilai desain acuan pada SNI 7973-2013 [6] untuk mengetahui sifat mekanik masing-masing kayu, seperti nilai modulus elastisitas (E), kuat lentur (F_b), kuat tarik (F_t), kuat tekan sejajar serat ($F_{c//}$), kuat tekan tegak lurus serat ($F_{c\perp}$), dan kuat geser (F_v). Kemudian nilai tersebut digunakan sebagai material properti pada simulasi pembebanan setiap jenis kayu dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS

untuk mengetahui kemampuan setiap jenis kayu ganjal dalam menahan beban. Kayu yang dibutuhkan untuk ganjal kapal adalah kayu yang kuat menerima beban sesuai dengan pembagian kekuatan area dok pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa besar kekuatan ganjal yang dibutuhkan tiap balok ganjal pada area dok adalah 25 ton/blok untuk ganjal pada zona A atau seluruh area *pre-erection* yang biasa digunakan untuk pengedokan kapal dengan ukuran relatif kecil sehingga kapal yang ditopang ganjal tidak terlalu berat, 45 ton/blok untuk ganjal pada zona B atau zona yang digunakan untuk meletakkan *keel blocks* (ganjal tengah) bagian depan hingga sepertiga kapal yang lebih ringan dibandingkan dengan bagian belakang kapal, dan 60 ton/blok untuk ganjal pada zona C atau zona yang menerima beban paling berat karena digunakan untuk meletakkan *keel blocks* bagian belakang kapal. Pada bagian belakang kapal terdapat komponen berat, seperti poros, kemudi, baling-baling, beberapa mesin kapal, dan tentunya kargo barang muatan kapal sehingga menjadi bagian paling berat yang akan ditopang oleh ganjal diantara bagian kapal yang lain.

Jenis kayu yang saat ini digunakan untuk ganjal kapal oleh galangan kapal adalah kayu Trembesi sedangkan kayu yang akan direkomendasikan adalah kayu Meranti, kayu Bangkirai, dan kayu Ulin. Komparasi nilai modulus elastisitas berdasarkan kelas kuat dari masing-masing kayu pada PKKI 1961 [5] dengan kode mutu kayu pada SNI 7973-2013 [6] disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan kode mutu kayu dari hasil komparasi pada Tabel 1 dapat diketahui nilai desain kuat acuan pada SNI 7973-2013 [6], yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Karakteristik bahan dari masing-masing kayu yang selanjutnya digunakan untuk simulasi pembebanan diberikan pada Tabel 3. Dimensi balok ganjal kapal yang digunakan adalah $300 \times 300 \times 1200 \text{ mm}^3$. Simulasi pembebanan dilakukan sesuai

dengan beban yang dibutuhkan (25 ton/m², 45 ton/ m² dan 60 ton/ m²) pada bagian atas penampang balok kayu ganjal dengan luasan 300×1200 mm².

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *Finite Element Method* (FEM). FEM adalah suatu cara untuk menyelesaikan permasalahan *engineering* dengan cara membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan nodal (*node*). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*. Simulasi pembebanan yang dijalankan adalah *von mises stress* (VMS) untuk mengetahui nilai stress yang diterima oleh kayu, *total deformation* untuk mengetahui besar deformasi yang terjadi pada kayu, dan *safety factor* untuk mengetahui faktor keamanan dari kayu.

Hasil dan Pembahasan

Simulasi pembebanan dilakukan untuk mengetahui parameter *von mises stress* (VMS), *Total Deformation* dan *Safety Factor*. Gambar 2 menunjukkan satu hasil simulasi equivalent stress untuk keempat jenis kayu. Berdasarkan Gambar 2 ditunjukkan bahwa *stress* menyebar keseluruh bagian kayu setelah menerima *pressure* dari permukaan atas menuju ke segala arah. Konsentrasi *stress* atau titik maksimum *stress* diprediksi akan terjadi pada bagian bawah pojok kayu. Hal itu terjadi karena menurut perhitungan secara *general state of stress*, bagian bawah kayu menerima beban dan menahan beban lebih besar. Hasil simulasi VMS untuk semua pembebanan pada keempat jenis kayu disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan hasil pada Tabel 4, ditunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka akan semakin besar

nilai *stress* yang dihasilkan. Berdasarkan nilai VMS, kayu yang paling kuat menahan beban secara berurutan, adalah kayu ulin, bangkirai, meranti dan trembesi. Material properti yang mempengaruhi nilai *equivalent VMS* adalah *shear modulus*.

Hasil simulasi *total deformation* untuk setiap jenis kayu ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, dapat ditunjukkan bahwa bagian kayu yang terdeformasi semakin kebawah semakin kecil, dan deformasi terbesar terjadi pada bagian atas pojok kayu karena memiliki area yang terbatas dan merupakan bagian yang kritis. Nilai total deformation masing-masing kayu pada tiap pembebanan diberikan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang diberikan maka akan semakin besar deformasi yang terjadi. Sehingga, urutan jenis kayu yang akan mengalami deformasi yang paling kecil adalah kayu ulin, bangkirai, meranti dan trembesi. Material properti yang mempengaruhi *total deformation* adalah *young modulus* dan *poisson ratio*.

Salah satu hasil simulasi *safety factor* ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat besar nilai *safety factor* diseluruh bagian kayu. Nilai *safety factor* yang minimum terdapat pada bagian bawah kayu karena pada bagian tersebut kayu menerima *stress* lebih besar. Tabel 6 menyajikan nilai *safety factor* masing-masing kayu pada tiap pembebanan. Berdasarkan hasil pada Tabel 6, dapat dikatakan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka nilai *safety factor* akan semakin kecil dan semakin kecil tingkat keamanannya. Jadi, urutan kayu yang paling aman jika digunakan untuk ganjal kapal adalah kayu ulin, bangkirai, meranti dan trembesi.

KESIMPULAN

Hasil analisa menunjukkan bahwa kayu Trembesi tidak memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang beban kapal. Hal itu ditunjukkan dengan nilai *equivalent* VMS dan *total deformation* yang besar, serta nilai *safety factor* yang kecil sehingga kayu memiliki potensi besar untuk mengalami kerusakan. Sehingga kayu ganjal sebaiknya diganti dengan kayu yang telah direkomendasikan. Urutan rekomendasi jenis kayu dari yang paling kuat adalah kayu Ulin, kayu Bangkirai, dan Kayu Meranti. Urutan tersebut disusun berdasarkan hasil simulasi dengan melihat nilai *equivalent* VMS yang kecil, nilai *total deformation* yang kecil dan nilai *safety factor* yang besar.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini

Daftar Pustaka

- [1] S. Chakraborty, "Dry Docking of Ships – Understanding Stability And Docking Plan," 2020. [Online]. Available: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/dry-docking-ships-understanding-stability-docking-plan/>. [Accessed: 05-May-2020].
- [2] S. C. Kim, C. Ryu, J. H. Lee, and K. S. Lee, "Grillage Method Applied to the Planning of Ship Docking," *J. Adv. Res. Ocean Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 150–157, 2016.
- [3] A. Singh, "Anatomy of an Accident: Why INS Betwa Tipped Over," 2016. .
- [4] D. House, *Dry Docking and Shipboard Maintenance: A Guide for Industry*. Routledge, 2015.
- [5] D. J. C. Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*. Indonesia, 1961.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, *Spesifikasi Desain untuk Kontruksi Kayu SNI 7973:2013*. Indonesia, 2013.

Gambar 1. Aerial View of Dock

Tabel 1. Komparasi Kelas Kuat pada PKKI 1961[5] dengan Kode Mutu Kayu pada SNI 7973-2013[6]

Jenis Kayu	PKKI 1961		SNI 7973-2013	
	Kelas Kuat	E (Kg/cm ²)	E (MPa)	Kode Mutu
Trembesi	III	80000	7845,32	E8
Meranti	II-IV	80000	7845,32	E8
Bangkirai	I-II	112500	11032,48	E11
Ulin	I	125000	12258,31	E12

Tabel 2. Nilai Desain Acuan Kayu berdasarkan SNI 7973-2013[6]

Jenis Kayu	Kode Mutu	E (Mpa)	E _{min} (MPa)	f _b (Mpa)	f _t (Mpa)	f _c // (Mpa)	f _c ⊥ (Mpa)	f _v (Mpa)
Trembesi	E8	8000	7040	13.97	13.23	11.76	2.17	1.87
Meranti	E8	80000	7040	13.97	13.23	11.76	2.17	1.87
Bangkirai	E11	112500	9680	23.11	21.60	19.20	3.56	3.05
Ulin	E12	125000	10560	26.92	25.38	22.56	4.18	3.60

Tabel 3. Material Properti Kayu

Mechanical Properties	Jenis Kayu			
	Trembesi	Meranti	Bangkirai	Ulin
Young's Modulus (MPa)	7040	7040	9680	10560
Poisson's Ratio	0.45	0.35	0.33	0.24
Bulk Modulus (MPa)	23467	6902	9490.2	6769.2
Shear Modulus (MPa)	2427.6	2300.7	3639.1	4258.1
Compressive Ultimate Strength (MPa)	11.76	11.76	19.2	22.56
Compressive Yield Strength (MPa)	7.62	5.74	15.37	17.45
Tensile Ultimate Strength (MPa)	13.23	13.23	21.6	25.38

(a)

(b)

(c)

(d)

Gambar 2. Simulasi VMS: (a) Kayu Trembesi; (b) Kayu Meranti; (c) Kayu Bangkirai; (d) Kayu Ulin**Tabel 4.** Nilai *Equivalent* VMS

Jenis Kayu	Beban (Ton/m ²)		
	25	45	60
Trembesi	1.276	2.296	3.062
Meranti	1.071	1.929	2.571
Bangkirai	1.036	1.865	2.487

Ulin 0.089 1.604 2.138

Gambar 6. Simulasi *Total Deformation*: (a) Kayu Trembesi; (b) Kayu Meranti; (c) Kayu Bangkirai; (d) Kayu Ulin

Gambar 7. Simulasi *Safety Factor*: (a) Kayu Trembesi; (b) Kayu Meranti; (c) Kayu Bangkirai; (d) Kayu Ulin

Tabel 5. Nilai *Total Deformation*

Jenis Kayu	Beban (Ton/m ²)		
	25	45	60
Trembesi	0.030	0.054	0.072
Meranti	0.028	0.050	0.067
Bangkirai	0.020	0.036	0.048
Ulin	0.017	0.031	0.042

Tabel 6. Nilai *Safety Factor*

Jenis Kayu	Beban (Ton/m ²)		
	25	45	60
Trembesi	6.43	3.57	2.68
Meranti	8.00	4.44	3.33
Bangkirai	13.63	7.57	5.68
Ulin	15.00	15.00	8.18