

**ANALISA FATIGUE LIFE PROPELLER PADA KAPAL LATIH
MALAHAYATI ACEH**
***PROPELLER FATIGUE LIFE ANALYSIS ON THE MALAHAYATI ACEH
TRAINING SHIP***

Alberto¹, Dedi Kurniawan^{2*}, Salfauqi Nurman³, Agus Herlambang⁴

¹Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, Makassar, Indonesia

²Program Studi Sistem Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh besar, Indonesia

³Program Studi Permesinan Kapal, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh besar, Indonesia

⁴Program Studi Nautika, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh besar, Indonesia

*email: dedikurniawan@poltekelaceh.ac.id

ABSTRAK

Propeller merupakan salah satu komponen penting karena tanpanya sebuah kapal tidak akan bisa melakukan fungsi dan kegunaannya. Namun, sebuah baling-baling kapal harus memiliki kemampuan yang cukup dalam menopang gaya-gaya yang bekerja terhadapnya secara terus-menerus, yang dapat mengakibatkan terjadinya keretakan dan akhirnya mengalami kepatahan. Analisa fatigue life propeller pada Kapal Latih Malahayati Aceh diperlukan untuk dapat mengetahui batas waktu sehingga dapat menghindari ter-jadinya deformasi dan juga kemungkinan kecelakaan kerja pada saat kapal latih tersebut beroperasi. Pem-bebanan yang diberikan didapat dari hasil contour pressure pada analisa CFD terlebih dahulu yang kemudian di-running dengan menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH) untuk mendapatkan Hot Spot Stress. Hasilnya didapatkan Hot Spot Stress sebesar $3,515 \times 10^{11}$ Pa yang berlokasi di daerah root suction back propeller akibat perbedaan tekanan yang cukup signifikan pada bagian face dan back propeller. Nilai tegangan tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan life cycle minimum sebesar $3,32 \times 10^9$ cycle yang kemudian didapatkan umur dari material selama 32,21 tahun.

Kata kunci: propeller; fatigue life cycle;

ABSTRACT

The propeller is an important component because without it a ship will not be able to carry out its functions and uses. However, a ship's propeller must have sufficient ability to support the forces acting on it continuously, which can result in cracking and ultimately breaking. Fatigue life analysis of the propeller on the Malahayati Aceh Training Ship is needed to be able to determine the time limit so as to avoid deformation and also the possibility of work accidents when the training ship is operating. The applied load is obtained from the contour pressure results in the CFD analysis first which is then run using the Finite Element Method (MEH) to obtain the Hot Spot Stress. The results showed that the Hot Spot Stress was 3.515×10^{11} Pa which was located in the root suction area of the back propeller due to the significant pressure difference on the face and back propeller. This stress value can be used to obtain a minimum life cycle of 3.32×10^9 cycles, which then results in a material life of 32.21 years.

Keyword: propeller; fatigue life cycle;

1. Pendahuluan

Kapal Latih Politeknik Pelayaran Malahayati merupakan salah satu kapal yang dimiliki oleh institusi Pendidikan tinggi Perhubungan Laut Badan Pengembangan Sumber

Daya Manusia dibawah Kementerian Perhubungan yang digunakan untuk keperluan pelatihan dan Pendidikan bagi mahasiswa taruna atau per-wira siswa yang belajar di bidang kelautan dan pelayaran. Kapal latih Politeknik

Pelayaran Malahayati dirancang dan dilengkapi untuk memberikan pengalaman praktis kepada para mahasiswa taruna dan per-wira siswa dalam mengoperasikan, merawat, dan mengelola kapal. Kapal Latih ini memiliki fasilitas dan peralatan yang sesuai dengan standar maritim termasuk navigasi, komunikasi, sistem penggerak dan perlengkapan keselamatan laut.

Tujuan dari penggunaan Kapal Latih Politeknik Pelayaran Malahayati ini adalah untuk mengintegrasikan teori dengan praktek, memperdalam pemahaman siswa tentang operasi dan manajemen kapal, serta mengembangkan keterampilan praktis di lingkungan maritim dimana para siswa akan terlibat dalam kegiatan pelayaran seperti praktek navigasi, manuver kapal, prosedur keamanan, pemeliharaan mesin dan tugas sehari-hari di atas kapal selain itu juga digunakan untuk mengadakan program pelatihan tambahan seperti kursus sertifikasi dan pelatihan khusus untuk mempersiapkan mahasiswa taruna dalam memenuhi persyaratan pekerjaan di industri maritim setelah lulus. Kapal Latih Politeknik Pelayaran Malahayati merupakan sarana penting dalam membentuk calon profesional maritim yang kompeten dan siap menghadapi tantangan di sektor kelautan dan pelayaran.

Baling-baling adalah alat penggerak kapal, salah satu bentuknya yang paling umum ialah baling-baling ulir. Baling-baling ini memiliki daun yang berjumlah dua atau lebih dengan posisi yang menjorok dari hub atau boss. Daun baling-baling tersebut dapat merupakan bagian yang menyatu dengan hub, atau merupakan bagian yang dapat dilepas dari dan dipasang pada hub atau merupakan daun yang dapat dikendalikan (controllable pitch propeller). Sedangkan hub baling-baling ini diposisikan pada poros agar dapat digerakkan oleh mesin penggerak kapal.

Hal yang harus tetap diperhatikan ialah sebuah baling-baling kapal harus memiliki kemampuan yang cukup dalam menopang gaya-gaya yang bekerja terhadapnya seperti gaya dorong (thrust) yang dihasilkan itu sendiri, benturan maupun tekanan pada daun baling-baling dan juga torsi (torque) yang ditimbulkan. Apabila mengalami benturan gayagaya seperti yang sudah disebutkan secara terus-menerus, baling-baling kapal pun pada akhirnya akan mengalami keretakan dan akhirnya mengalami kepatahan. Peninjauan yang akan dilakukan oleh penulis ini yaitu melakukan analisa fatigue life propeller dipakai pada baling-baling kapal juga memiliki pengaruh yang besar terhadap batas waktu kemampuan (kelelahan) bal-ing-baling sebelum

mengalami deformasi dan kepatahan. Terjadinya sebuah deformasi pada propeller kapal merupakan suatu kerugian yang cukup besar karena propeller merupakan salah satu komponen cukup penting. Oleh karena itu, seorang desainer kapal harus bisa menentukan batas waktu atau fatigue life suatu kompartemen atau komponen di kapal salah satunya propeller sehingga dapat menghindari terjadinya de-formasi dan juga kemungkinan kecelakaan kerja pada saat kapal beroperasi.

Pokok-pokok pikiran dan permasalahan dalam perumusan penelitian ini, antara lain dengan :

1. Data Propeller diambil dari Kapal Latih Malahayati Aceh.
2. Kecepatan putaran aliran yang digunakan adalah kecepatan putaran baling-baling pada saat kecepatan advance kapal (V_a).
3. Material yang akan dianalisa belum terdapat crack atau cacat lainnya.
4. Kondisi propeller akan dianalisa pada keadaan statis dengan putaran aliran yang dikehendaki.

Sesuai dengan permasalahan penelitian sebagaimana telah dirumuskan diatas maka tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui titik paling rawan terjadi kelelahan pada propeller Kapal Latih Malahayati Aceh dan mengetahui nilai umur kelelahan (fatigue life) pada propeller Kapal Latih Malahayati Aceh.

Adapun manfaat dalam penelitian ini dapat dilihat manfaat akademik dan praktisi, sebagaimana dijelaskan berikut ini:

1. Untuk menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi penulis dalam menentukan *life cycle* sebuah *propeller* dengan hasil dari penelitian
2. Dapat menjadi bahan referensi penelitian-penelitian selanjutnya terutama berkaitan dengan *life cycle* sebuah propeller.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode pemodelan menggunakan soft-ware *PropCad* dan *Solid Work*. Objek penelitian adalah sebuah poros propeller dari Kapal Latih Malahayati Aceh yang dimiliki oleh Politeknik Pelayaran Malahayati Aceh Badan Pengembangan SDM Perhubungan. Data yang didapatkan berupa ship particular, data sistem propulsi dan lebih detil dari poros propeller yang ditunjukkan pada tabel 1, 2 berikut :

Tabel 1. Particular Kapal Latih Malahayati Aceh (Dokumen BPSDMP, 2017)

| Ship Particular Kapal Latih Malahayati Aceh | |
|---|---|
| Nama Kapal | KL Malahayati |
| Tipe Kapal | Permesinan kapal |
| Flag | Indonesia |
| Owner | Poltekel Malahayati Aceh BPSDM |
| Builder | PT. Steadfast Marine – |
| Hull No | Indonesia |
| Length (LOA) | 071215-063 |
| Length | 63.000 M |
| Perpendiculars | 59.160 M |
| Breadth (MLD) | 12.000 M |
| Draft (MLD) | |
| Draft | 04.000 M |
| (Extreme) | 02.800 M |
| LWT | |
| DWT | 899.619 TONS 483.361 TONS @ DRAFT 2.800 M 529.016 TONS @ DRAFT |
| Main Engine | 2.863 M 2 x Mitsubishi Diesel Engine – Model S6R2-T2MPKTL 3L |
| Main | Output Power 7 |
| Generator | 3 x Mitsubishi Diesel Generator – Model S6B3 – |
| Estimated | T2MPTK |
| Speed | 12 Knots |

Tabel 2. Data Sistem Propulsi Kapal Latih Malahayati Aceh (Dokumen BPSDMP, 2017)

| Main Propulsion Engine Particular Kapal Latih Malahayati Aceh | |
|---|---------------|
| Power | 691/940 kW/HP |
| Rotation | 1400 RPM |
| Shaft Length | 6000 mm |
| Shaft Diameter | 177.08.00 mm |

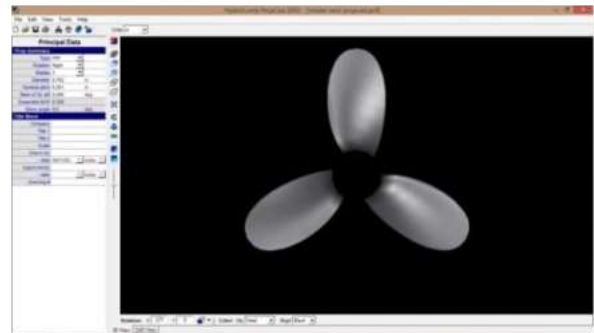
Setelah model propeller dari data-data yang ada telah dibuat maka model propeller dilakukan proses running menggunakan software CFD sehingga timbul contour pressure terhadap gaya-gaya maupun beban hidrodinamis yang dialaminya. Dengan begitu bisa ditentukan letak beserta nilai kekuatan dari hotspot stress

dari model propeller tersebut. Penentuan letak beserta nilai hot spot stress tertinggi yang telah didapat bisa dianalisa kelelahannya pada model yang di running kemudian nilai tersebut dikonversi menjadi jumlah siklus material.

3. Hasil dan Pembahasan.

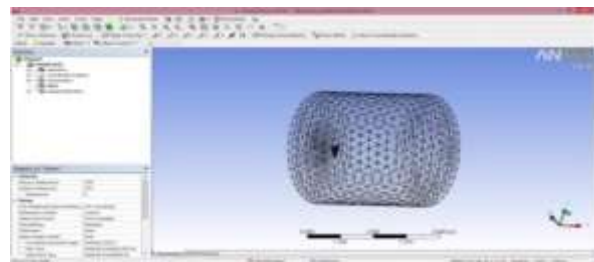
3.1 Pembuatan model.

Menggunakan data ukuran utama propeller yang telah didapatkan maka akan digunakan sebagai input data pada software PropCad dan berikut adalah hasil desain geometri pada software ProCad.



Gambar 1. Hasil Visualisasi Propeller

Langkah selanjutnya ialah *meshing*. dalam melakukan *meshing* metodenya bisa berupa ukuran *mesh* yang diinginkan atau menggunakan pilihan yang disediakan



Gambar 2. Hasil Proses *Messing*

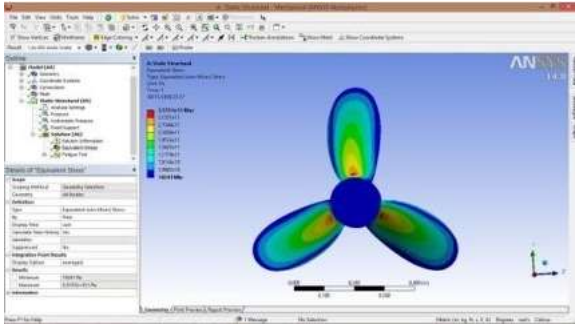
Hasil dari proses meshing yang telah dilakukan ialah berupa statistik ukuran serta jumlah node dan elemen, antara lain sebagai berikut:

1. Number of Nodes : 69182 nodes
2. Number of Elements : 379738 elements
3. Minimum Size : 0,0044485 m
4. Maximum Size : 0,88970 m

3.2 Hot Spot Stress.

Pada tahapan ini merupakan tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu menemukan

besarnya nilai *hot spot stress* atau dengan kata lain titik paling rawan terjadinya kelelahan pada model *propeller* yang dianalisa. Hasil dari proses *running* yaitu didapat *hot spot stress* sebesar $3,515 \times 10^5$ MPa yang berlokasi pada bagian *root* dari *blade propeller*.



Gambar 2. Hasil *Hot Spot Stress* pada Model *Propeller*.

3.3 Analisa kelelahan *propeller*.

Hasil analisa kekuatan harus diuraikan menjadi empat (4) kondisi tegangan menjadi kondisi tegangan maksimal, tegangan minimal, tegangan rata-rata dan tegangan amplitudo supaya bisa dianalisa kelelahannya. Berikut adalah rinciannya:

Tabel 3. Rekap Hasil Analisa Tegangan.

| Kondisi Beban | Tegangan Maksimal (Pa) |
|---------------|--------------------------|
| Maksimal | $3,515 \times 10^{11}$ |
| Minimal | $7,424 \times 10^4$ |
| Rata-rata | $1,75785 \times 10^{11}$ |
| Amplitudo | $1,75784 \times 10^{11}$ |

Dari penguraian tegangan seperti di atas maka bisa dibuat kurva tegangan bolak-balik dari model *propeller*. Kemudian dari kurva tersebut bisa didapatkan kurva S-N yang digunakan untuk memahami fenomena kelelahannya. Pada software, bisa dilakukan proses *running* dengan cara menambahkan opsi *Fatigue Tool* pada tab *Solution*. Kemudian hasilnya bisa dilihat bahwa siklus terpendek dari *hot spot stress* sebesar $3,32 \times 10^9$ siklus.

3.4 Perkiraan Umur Material *Propeller*

Hasil siklus terpendek dari *running* menggunakan software bisa dipergunakan untuk

mengetahui umur material *propeller* yang dianalisa menggunakan rumus *first-order fatigue cycle*. Berikut adalah rumusnya:

$$\text{First-order fatigue cycle} = \text{rpm} \times 60 \text{ minutes} \times 24 \text{ hours} \times \text{operating days one year} [9]$$

$$\text{First-order fatigue cycle} = 696 \times 60 \times 24 \times 300 = 3,006 \times 10^8$$

Maka didapat *fatigue cycle*-nya sebagai berikut:

Tabel 4. Rekap Hasil Analisa Tegangan

| First Order Fatigue Cycle | |
|---------------------------|-----------------|
| Time | Number of Cycle |
| 1 st Hour | 4,18E+04 |
| 1 st Day | 1,00E+06 |
| 1 st Month | 3,01E+07 |
| 1 st Year | 3,01E+08 |
| 2 nd Year | 6,01E+08 |
| 10 th Year | 3,01E+09 |
| 15 th Year | 4,51E+09 |
| 20 th Year | 6,01E+09 |
| 25 th Year | 7,52E+09 |

Berdasarkan hasil *running* didapat bahwa siklus terpendek pada *hot spot stress* sebesar $3,32 \times 10^9$ siklus dan jika dibandingkan pada *First-order Fatigue Cycle* maka berada pada tahun ke- 11,04.

Hasil dari analisa kelelahan menggunakan software bisa diperkirakan berdasarkan tabel *fatigue cycles* di atas dengan cara keterangan :
Design Life = 25 tahun sesuai aturan kualifikasi
DM = cumulative fatigue damage = NL / NI
NL = Total jumlah siklus yang direncanakan untuk 25 tahun

Ni = Jumlah siklus hasil Analisa = $0,85TL / 4\log L$
TL = Umur material *propeller* selama 25 tahun
sebesar $7,52 \times 10^9$ siklus

L = Lpp Kapal

Maka, nilai DM yang didapat ialah 0,776 sehingga *fatigue life* dari *propeller* yang dianalisa yaitu sebesar 32,21 tahun

4. Simpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut, Analisa *fatigue life*

propeller pada Kapal Latih Malahayati diperlukan untuk dapat mengetahui batas waktu sehingga dapat menghindari terjadinya deformasi dan juga kemungkinan kecelakaan kerja pada saat kapal beroperasi. Pembebanan yang diberikan didapat dari hasil *contour pressure* pada analisa CFD terlebih dahulu yang kemudian di-running dengan menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH) untuk mendapatkan *Hot Spot Stress*. Hasilnya didapatkan *Hot Spot Stress* sebesar $3,515 \times 10^{11}$ Pa yang berlokasi di daerah *root suction back propeller* akibat perbedaan tekanan yang cukup signifikan pada bagian *face* dan *back propeller*. Nilai tegangan tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan life cycle minimum sebesar $3,32 \times 10^9$ cycle yang kemudian didapatkan umur dari material selama 32,21 tahun.

Daftar Pustaka

Harvald, SV, AA. 1983. Resistance And Propulsion Of Ships. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Manik, Parlindungan, 2008, Buku Ajar Propulsi Kapal, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang .

Simbolon, Herbet. 2015, Analisa Nilai Maximum Thrust Propeller B-Series dan Kaplan Series Pada kapal Tugboat Ari 400 HP dengan Variasi Diameter, Jumlah Daun, Sudut Rake Menggunakan CFD, Tugas akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP : Semarang.

Ridho, M. 2015, Analisa Fatigue Propeller Tugboat Ari 400 HP Dengan Metode Elemen Hingga, Tugas Akhir, Program Studi S1 Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro UNDIP: Semarang.

Harsokoesoemo, Darmawan. Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, “Kriteria Patah Lelah Untuk Perancangan Elemen Mesin”. Diktat Kuliah MS-515 Kriteria Patah Lelah Semester I.

Akuan, Abrianto, Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, “Kelelahan Logam”. Diktat Kuliah.

Volume II. 2013. “Rules For The Classification and Construction. Part 1. Seagoing Ships”. Biro Klasifikasi Indonesia. Indonesia