

# ANALISA *FATIGUE* PADA *CONTROLLABLE PITCH PROPELLER* MENGGUNAKAN *SOFTWARE ANSYS*

Mohammad Mizan Firmansyah<sup>1</sup>, Dwisetiono<sup>2</sup>

*Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya*

*Email : [Mizanfirmansyah782@gmail.com](mailto:Mizanfirmansyah782@gmail.com)*

## ABSTRAK

*Propeller* adalah salah satu bagian kapal yang digerakkan oleh mesin, yang mempunyai fungsi untuk mendapatkan gaya dorong bagi laju kapal sehingga *propeller* harus mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada *blade* akibat beban *hidrodinamik*. Masalah pada KMP. SALINDO MUTIARA 1 ini sering mengalami kerusakan pada bagian penghubung antara *blade* dan *propeller hub*. *Propeller* sering mengalami kelelahan/aus dibagian *hub propeller*. Kerusakan seperti ini terjadi setiap tahun pada KMP. SALINDO MUTIARA 1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui umur *fatigue life* dan *hotspot stress* yg dialami *propeller* pada saat beroperasi dan saat *pitch* mengalami perubahan sudut *pitch* dengan ukuran paling kecil sudut 10°, menengah sudut 15°, dan terbesar sudut 20°. Berdasarkan analisa simulasi CFD yang mendapatkan *maximum pressure* adalah *pitch* 20° sebesar 191.386 Kpa, pada *pitch* 15° sebesar 167 Kpa dan yang mendapatkan *pressure* terendah adalah *pitch* 10° sebesar 135 Kpa. Dari simulasi *Ansys static Structure* mendapatkan nilai *Stress* pada *pitch* 20° dengan nilai terbesar 30 MPa, pada *pitch* 15° adalah sebesar 28,725 Mpa dan yang terendah adalah 10° adalah 27.8 Mpa. Bagian *propeller* mengalami *hotspot stress* adalah bagian depan (*face*). Setelah didapat semua nilai siklus dan *stress*, dapat dilakukan perhitungan *fatigue life*. Diketahui bahwa umur *fatigue life* pada *pitch* 10°,15°,20° adalah 31,30,28 tahun.

Kata kunci : *Controllable pitch propeller (CPP), fatigue life, fatigue, pressure*

## Abstract

*The propeller is one part of the ship that is driven by the engine, which has a function to get the thrust for the speed of the ship so that the propeller must be able to withstand the forces acting on the blade due to hydrodynamic loads problem KMP. SALINDO MUTIARA 1 is often damaged in the connecting part between the blade and the propeller hub. Propeller often experiences fatigue wear on the propeller hub section. This kind of damage occurs every year to KMP. SALINDO MUTIARA 1. This study aims to determine the age of fatigue life and hotspot stress experienced by the propeller during operation and when the pitch changes the pitch angle with the smallest size angle of 10°, medium angle of 15°, and the largest angle of 20°. Based on the CFD simulation analysis, the maximum pressure is 20°. pitch of 191,386 Kpa, at pitch 15° of 167 Kpa and the lowest pressure is pitch 10° of 135 Kpa. From the simulation, Ansys Static Structure gets the stress value at a pitch of 20°. with the largest value of 30 MPa, at a pitch of 15° is 28,725 Mpa and the lowest is 10° is 27.8 Mpa. The part of the propeller experiencing hotspot stress is the face. After all the cycle and stress values are obtained, the fatigue life can be calculated. It is known that the age of fatigue life at a pitch of 10°, 15°, 20° is 31.30.28 years.*

*Keywords: Controllable pitch propeller (CPP), fatigue life, fatigue, pressure*

## I PENDAHULUAN

Pengerak atau *propeller* kapal penumpang berbagai macam salah satunya tipe *controllable pitch propeller (CPP)*. Prinsip kerja *controllable pitch propeller (CPP)* adalah *propeller* yang dapat mengubah/ mengatur *pitch* *propeller*nya. *Pitch propeller* adalah besaran *displacement* yang dibuat oleh *propeller* dalam satu kali putaran (360°). Hal itu dikarenakan *propeller* memiliki *blade* dengan sudut kemiringan yang tegak lurus dengan sumbu dari rotasi *propeller*. KMP. SALINDO MUTIARA 1 menggunakan *Controllable pitch propeller (CPP)* karena memerlukan *manuver* pada saat beroperasi namun *controllable pitch propeller (CPP)* juga memiliki kerugian dikarenakan biaya perawatan yg mahal [2].

Namun hal yang harus tetap diperhatikan ialah sebuah *propeller* harus mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada daunnya (*blade*). Gaya-gaya yang bekerja antara lain tekanan hidrostatik, gaya dorong (*thrust force*) pada masing-masing daun, torsi (*torque*) pada masing-masing daun dan gaya sentrifugal. Akibat gaya-gaya yang timbul tersebut, maka material *propeller* harus memiliki kekuatan yang cukup sehingga tidak akan melengkung melebihi batas yang diijinkan [11].

Apabila material mengalami tekanan yang melebihi tegangan maksimum secara terus-menerus, *propeller* pun pada akhirnya akan mengalami kelelahan (*fatigue*). Terjadinya benturan antara *propeller* dengan batu karang juga dapat mengakibatkan kerusakan pada *propeller*. *Propeller* bertipe *controllable pitch propeller* (CPP) pada KMP. SALINDO MUTIARA 1 ini mengalami kerusakan pada bagian *neck blade* dan *propeller hub*. Pada bagian *neck blade* dan *propeller hub* mengalami kelelahan (*fatigue*).

Analisa *Controllable pitch propeller* (CPP) dengan jumlah *blade* tiga dan mengambil sudut *pitch* 10°, 15°, 20° menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) untuk mengetahui *pressure*, digunakan untuk menganalisa *fatigue life* dan letak dari *hotspot stress* yang terjadi pada setiap *pitch* yang diambil. Sehingga dapat diketahui *lifetime* (masa kerja) *Controllable pitch propeller* (CPP) kapal KMP. Salindo Mutiara 1.

## II DASAR TEORI

### ***Controllable Pitch Propeller (CPP)***

*Controllable Pitch Propeller* (CPP) di sisi lain, adalah alternatif untuk peningkatan efisiensi, terutama dalam kebutuhan berbagai tingkat dorong dan beban, sambil mempertahankan kecepatan poros yang optimal. Selain itu, ini memungkinkan penghematan ruang dan berat, karena membalikkan *persneling* tidak diperlukan. Namun, sistem CPP menyajikan biaya yang lebih tinggi, karena membutuhkan bagian-bagian khusus seperti poros, *hidroliks*, dan kontrol jembatan. Dalam desain CPP, dimungkinkan untuk memutar bilah di sekitar porosnya, dengan perubahan pada *pitch* dan kecepatan, dari kecepatan penuh ke depan ke kecepatan penuh ke belakang [1].

### ***Hidrodinamika Propeller***

Dalam membuat bentuk dasar *propeller* dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yaitu yang dinamakan hidrofoil dimana menghasilkan suatu *lift* yang lebih besar dibandingkan dengan *dragnya*. Pergerakan dari *hidrofoil* ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika. Hidrodinamika adalah peristiwa dimana kecepatan antara bagian atas dan bawah hidrofoil terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas *airfoil* melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan. Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah hidrofoil lebih pelan bila dibandingkan bagian atas *hidrofoil*, perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena *lift* atau gaya angkat itu. Perhitungan kekuatan daun baling baling bertujuan untuk mengetahui kemampuan daun baling-baling untuk menahan beban dari gaya-gaya yang bekerja pada daunnya. Pengaruh tipis daun baling-baling sangat mempengaruhi kekuatan dari daun baling-baling tersebut.

### ***Fatigue***

Sebuah beban yang dilakukan berulang-ulang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan atau kegagalan, salah satunya ialah *fatigue*. Sekitar 90% dari kerusakan pada material yang paling sering terjadi disebabkan oleh kegagalan. Tegangan yang terjadi akibat *fatigue* dapat dibedakan menjadi tiga siklus umum, yaitu yang pertama adalah fluktuasi tegangan terjadi mulai

dari tegangan rata-rata nol dengan amplitude yang konstan [14]. *Fracture* merupakan tahap akhir dari proses *fatigue* dimana bahan tidak dapat menahan. tegangan dan regangan yang ada sehingga patah menjadi dua bagian atau lebih.

Modus kegagalan struktur dibedakan menjadi 2 katagori yaitu:

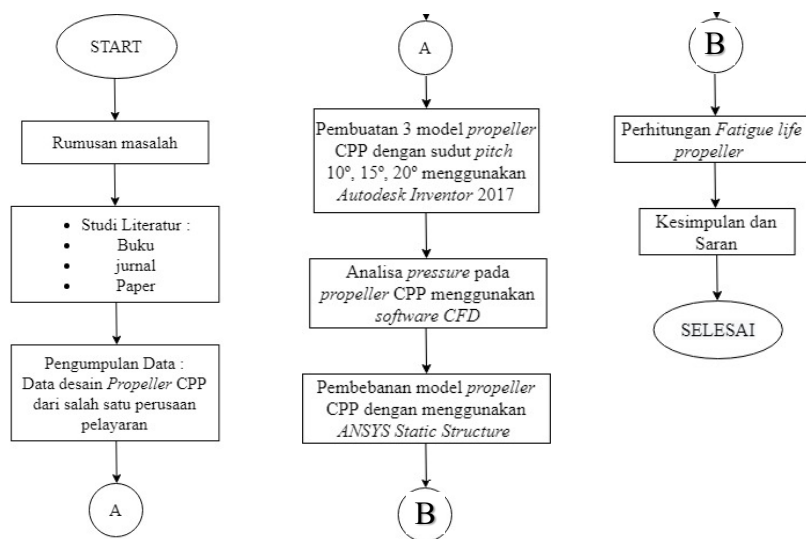
- 1) Modus kegagalan quasi statik. Modus kegagalan dinyatakan dengan kekuatan. Jenis-jenis modus kegagalan statik yaitu:
  - Kegagalan akibat tegangan tarik (*tensile stress*).
  - Kegagalan akibat tegangan tekan (*compressive stress*).
  - Kegagalan akibat tegangan geser (*shear stress*).
- 2) Modus kegagalan yang tergantung pada waktu. Modus kegagalan dinyatakan dengan umur atau *life time*. Jenis-jenis modus kegagalan yang tergantung pada waktu yaitu:
  - Kelelahan.
  - Mulur.
  - Keausan.
  - Korosi [11]

Faktor - faktor yang mempengaruhi umur material yaitu :

- Pembebanan (Jenis beban : uniaksial, lentur, puntir), (pola beban : periodik, random), besar beban (besar tegangan), frekuensi siklus beban.
- Kondisi material (ukuran butir, kekuatan, penguatan dengan larutan padat, penguatan dengan fasa ke-dua, penguatan regangan, struktur mikro, kondisi permukaan (*surface finish*), ukuran komponen).
- Proses pengerjaan (proses pengecoran, proses pembentukan, proses pengelasan, proses pemesinan, proses perlakuan panas).
- Temperatur operasi.
- Kondisi lingkungan

### III METODE PENELITIAN

Berdasarkan alur penelitian, penelitian ini sebagian besar dilakukan dengan menggunakan simulasi *CFD* dan *Ansys Static Structure* terlebih dahulu mempelajari studi literatur terhadap materi yang terkait.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### Rumusan masalah

Rumusan Masalah meliputi penelitian dan penyelesaian suatu masalah yang dialami oleh suatu perusahaan.

### Studi Literatur

Tahap ini di lakukan proses studi literatur untuk di jadikan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian serta data yang di ambil,dalam hal ini yang akan di jadikan sumber untuk tinjauan pustaka dari internet, buku-buku penunjang perancangan,jurnal serta para dosen pembimbing guna untuk mengumpulkan data dan bahan yang di butuhkan dalam melakukan penelitian.

### Pengumpulan Data

**Tabel 1.** data ukuran utama desain *propeller*

No	Data Propeller	Ukuran propeller	Satuan
1.	<i>Diameter Propeller</i>	2000	mm
2.	RPM	365	mm
3.	<i>Pitch</i>	800	mm
4.	<i>Pitch Ratio</i>	0,400	mm
5.	<i>Number of Blade</i>	3	

## IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Model *Propeller*

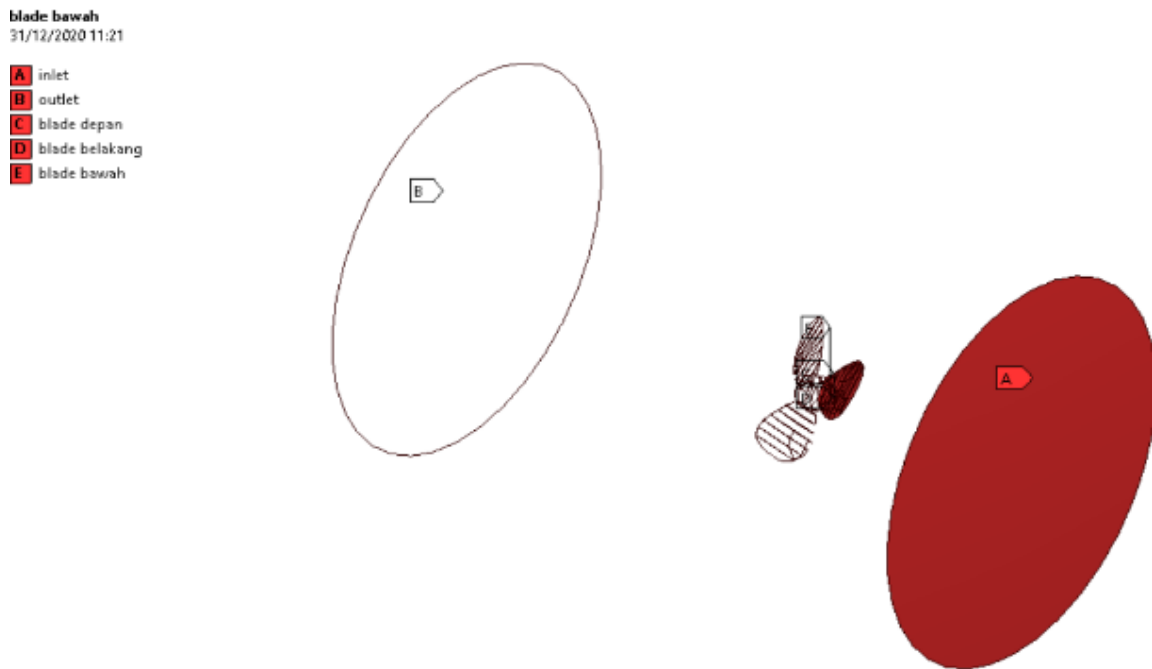
Tahap ini, dilakukan dengan pembuatan 3 model *propeller Controllable pitch propeller* (CPP) dengan sudut *pitch* paling kecil sebesar  $10^\circ$ , menengah dengan sudut  $15^\circ$ , dan terbesar dengan sudut  $20^\circ$ .



**Gambar 2.** model *Propeller Pitch*  $20^\circ$  tampak samping

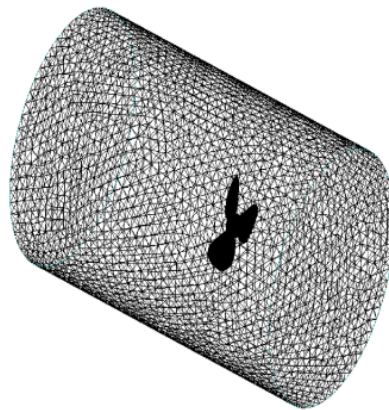
### Analisa Pressure Menggunakan Software CFD

Model *Controllable pitch propeller* (CPP) yang telah dibuat kemudian *diimport* ke software *Ansys Workbench* dan kemudian dibuat suatu *boundary building* yang berbentuk silinder sebagai tempat untuk fluida. *Inlet* adalah tempat masuknya aliran fluida, *Outlet* adalah tempat keluarnya aliran fluida, dan *Wall* adalah batas aliran disekeliling model yang berbentuk silinder.



**Gambar 3.** Lokasi *inlet* dan *outlet* domain fluida

Tahap selanjutnya adalah *meshing* pada model. *Meshing* merupakan tahapan dimana objek dan *boundary buliding* dibuat menjadi elemen-elemen kecil. *Domain* yang dibuat memiliki fitur-fitur yang sederhana, sehingga dipilih *mesh* tipe *tetrahedral* untuk memperoleh hasil yang memiliki resolusi tinggi, lebih cepat komputasinya serta lebih penggunaan elemennya. Ukuran *mesh* dibuat maksimum 100 mm pada seluruh *domain*.



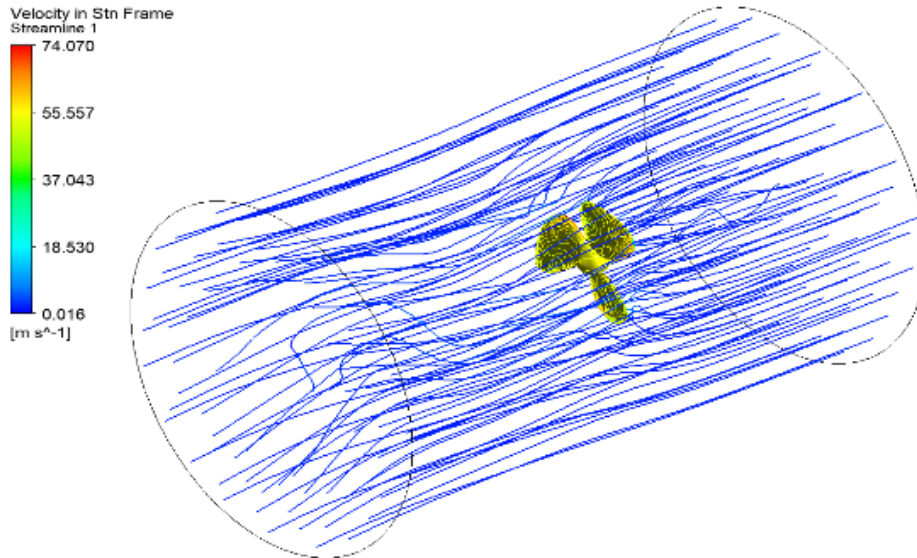
**Gambar 4.** Hasil *meshing* CFD.

Analisa tekanan dilakukan untuk mendapatkan nilai tekanan yang diterima oleh *propeller* akibat beban hidrodinamik. *Domain* fluida yang digunakan adalah *water*. Berikut adalah kondisi distribusi aliran yang dilakukan pada penelitian ini.

**Tabel 2.** Hasil simulasi Distribusi Aliran

No	Model	Velocity (m/s)
1	Pitch 10 <sup>0</sup>	3,08667
2	Pitch 15 <sup>0</sup>	3,60111
3	Pitch 20 <sup>0</sup>	3,702

Maka hasil dari simulasi *velocity* aliran tertinggi adalah Pitch 20°. Gambar 5 dibawah ini menunjukkan *velocity* aliran pada *pitch* 20°.



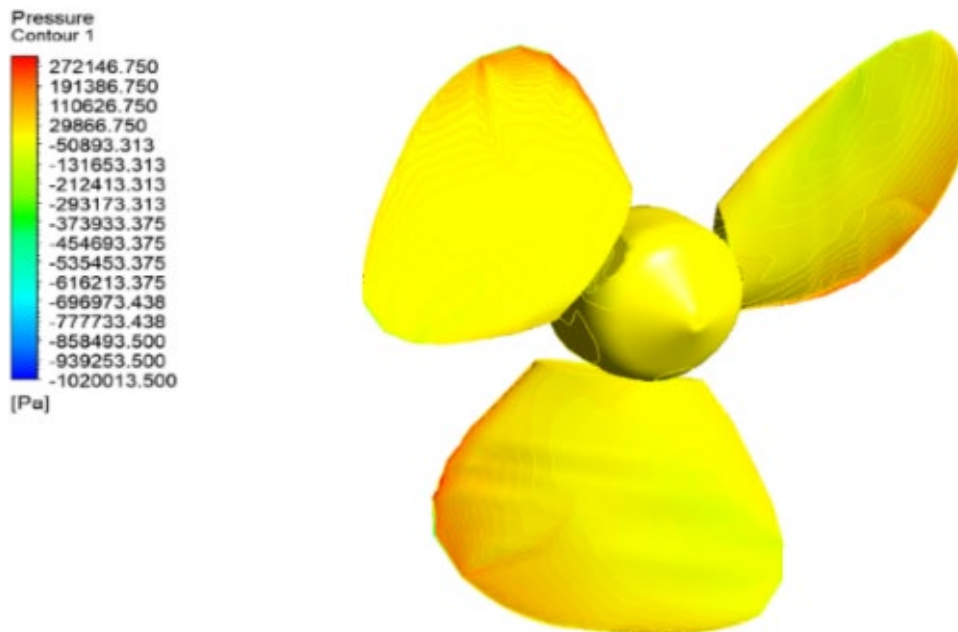
**Gambar 5.** Distribusi *streamline* propeller *pitch* 20°

Setelah simulasi untuk menentukan *Velocity* Aliran pada *Boundary Building*. Maka pada tahap ini melakukan proses *running* untuk mendapatkan nilai *contour pressure*.

**Tabel 3.** Hasil simulasi *Contour Pressure*

No	Model	Pressure (Kpa)
1	<i>Pitch</i> 10°	135
2	<i>Pitch</i> 15°	167
3	<i>Pitch</i> 20°	191.386

Maka hasil dari simulasi *Contour pressure* tertinggi adalah *Pitch* 20°. Gambar 6 dibawah ini menunjukkan distribusi *Contour pressure* pada *pitch* 20°.



**Gambar 6.** *pressure* Tertinggi hasil simulasi CFD pada propeller *pitch* 20°

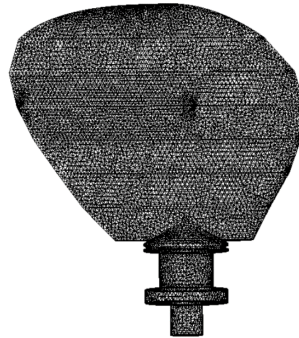
### Analisa *Fatigue* Pada *Propeller*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai *stress*, tegangan tertinggi, dan *fatigue life* dari material dan mendapatkan letak dari *hotspot stress* akibat tekanan yang didapatkan pada saat *running* pada *software* CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Pada penelitian kali ini material yang digunakan ialah material kuningan (Cu-Zn). Sifat material pada kuningan (Cu-Zn) antara lain:

- *Density* : 8.400 Kg/m<sup>3</sup>
- *Modulus Elasticity* : 10,1 x 10<sup>4</sup> Mpa
- *Shear Modulus* : 3,7 x 10<sup>4</sup> Mpa
- *Poisson Ratio* : 0,35 [5].

### *Meshing*

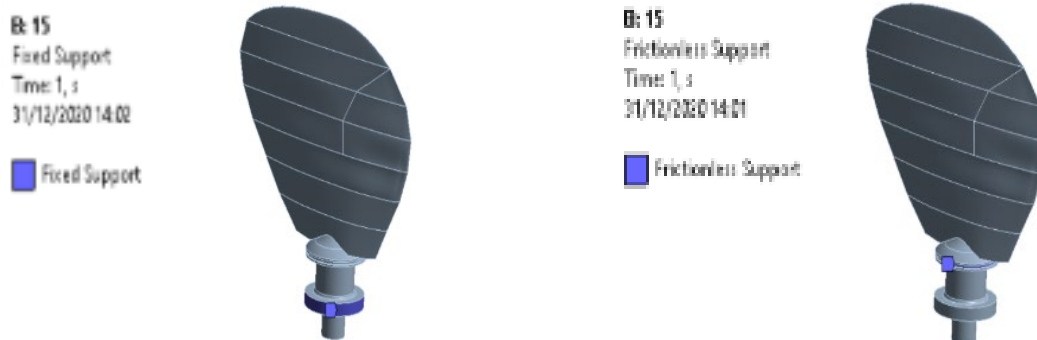
Pada tahap selanjutnya ialah *meshing model*. Metode *meshing* yang disediakan oleh *software*. Perbedaannya pada analisa sebelumnya hanya terletak pada *boundary building* yang pada tahap ini tidak diperlukan atau hanya model *propeller* saja. Ukuran mesh dibuat maksimum 100 mm pada seluruh *domain*:



Gambar 7. Hasil *meshing*

### Penentuan *Boundary Condition*

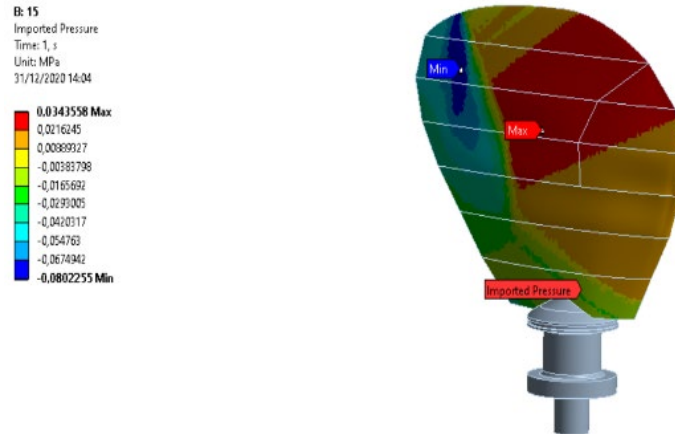
Penentuan *boundary condition* pada *propeller* yaitu dengan menjadikan *half joint* sebagai *fixed support* dan *full joint* sebagai *Frictionless supports*. Bertujuan tidak bergerak pada saat model *propeller* nanti diberikan pembebanan. *fixed supports* adalah Setingan yang digunakan untuk membatasi Gerakan dari landasan *bending* baik translasi maupun rotasi kearah X, Y maupun Z. Sedangkan *Frictionless supports* Tumpuan geser yang dapat menerima reaksi beban ke arah normal terhadap permukaan gesek tetapi dapat terjadi slip ke arah *tangensial* dengan permukaan gesek yang digunakan untuk merepresentasikan derajat kebebasan berputar.



Gambar 8. Lokasi *Fixed Supports* Dan *Frictionless Supports*

**Imported Pressure**

Tekanan (*Pressure*) yang didapatkan dari analisa CFD (*Computational Fluid Dynamics*) kemudian di *import* ke dalam *software ANSYS Static Structural*. Pada gambar tersebut *pressure* tertinggi terletak pada bagian depan (*face*) dengan nilai *pressure* tertinggi sebesar 0,0344 MPa sedangkan *pressure* terendah dengan nilai sebesar -0,08022 MPa.



**Gambar 9.** *Import pressure pada propeller blade*

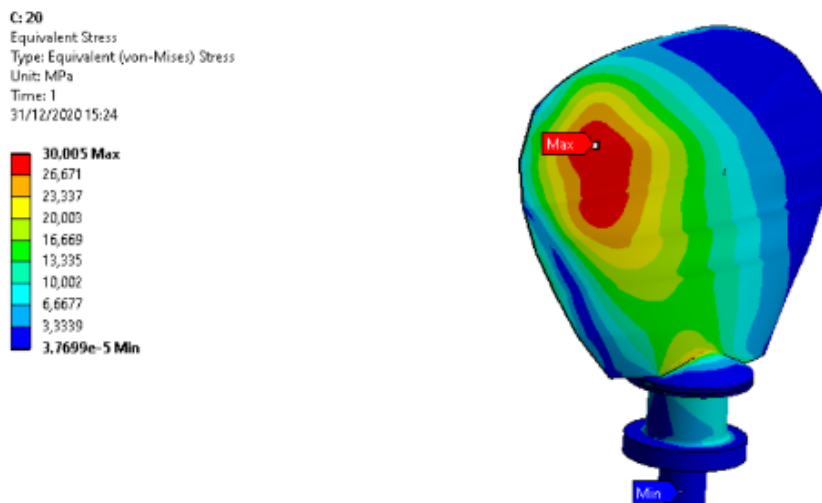
**Hotspot Stress**

Pada tahap ini, akan didapatkan hasil dari *running calculation* menggunakan *Software Ansys Static Structure* untuk mendapatkan nilai distribusi tegangan *von mises* dan nilai distribusi deformasi, lokasi tegangan tertinggi dari 3 model *propeller Controllable pitch propeller (CPP)* dengan sudut *pitch* 10°, 15°, 20°.

**Tabel 4.** Hasil simulasi Tegangan

No	Model	Tegangan (Mpa)
1	Pitch 10°	27,8
2	Pitch 15°	28,725
3	Pitch 20°	30

Maka hasil dari simulasi Tegangan *Von mises* tertinggi adalah Pitch 20°. Gambar 10 dibawah ini menunjukkan distribusi tegangan *Von mises* pada *pitch* 20°.



**Gambar 10.** Distribusi Tegangan Pada Propeller Pitch 20°

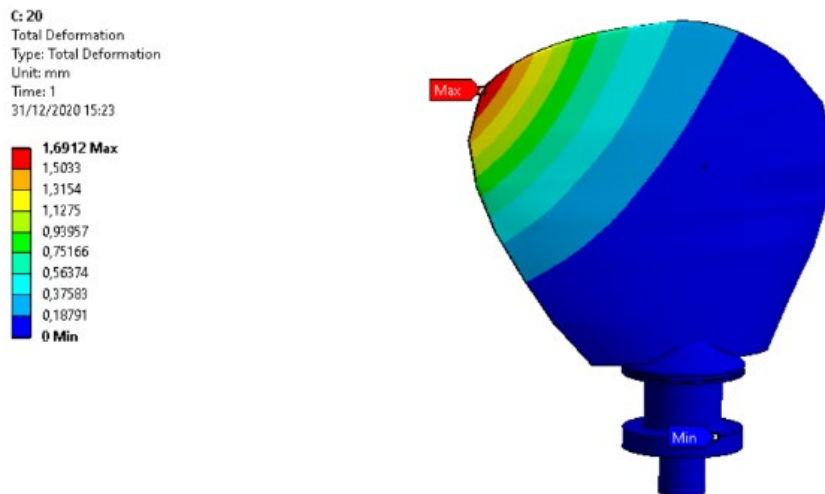


Pada tahap selanjutnya dapat menentukan Distribusi deformasi. Deformasi dapat terjadi saat material mengalami *fatigue* dan mengalami *pressure* yang besar/tidak beraturan. Nilai distribusi deformasi diambil dari beban/*pressure* yang dialami *propeller*. Maka Hasil dari simulasi distribusi deformasi adalah :

**Tabel 5.** Hasil Simulasi Distribusi Deformasi

No	Model	Deformasi (mm)
1	<i>Pitch 10<sup>0</sup></i>	1,59
2	<i>Pitch 15<sup>0</sup></i>	1,638
3	<i>Pitch 20<sup>0</sup></i>	1,691

Maka hasil nilai dari distribusi deformasi tertinggi adalah *Pitch 20<sup>0</sup>*. Gambar 11 dibawah ini menunjukkan distribusi deformasi pada *pitch 20<sup>0</sup>*.



**Gambar 11.** Distribusi deformasi pada simulasi *propeller* dengan *pitch 20<sup>0</sup>*

**Safety Factor**

*Safety factor* merupakan sebuah aspek dalam dunia keteknikan yang digunakan untuk mengukur atau menilai batas kemampuan suatu bahan akibat beban dari luar (*external load*) (seperti beban tekan dan juga beban tarik) yang bekerja terhadapnya. Perhitungan *Safety factor* digunakan untuk mengevaluasi hasil *hotspot stress* pada *propeller*. Besarnya tegangan yang terjadi harus bernilai lebih kecil dari pada tegangan yang diijinkan terjadi (*allowable stress*). Hasil dari perhitungan *safety factor* diatas dapat diketahui dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$FS = \frac{Yield\ Point\ stress}{Design\ Stress} \geq 1$$

Pada perbandingan yang ditunjukkan di atas kemudian dikenal dengan faktor keamanan (*factor of safety*) dan diharuskan memiliki nilai lebih besar atau sama dengan satu [8]. Perhitungan *safety factor* menggunakan *propeller Controllable pitch propeller* (CPP) dengan sudut *pitch 10<sup>0</sup>*, *15<sup>0</sup>*, *20<sup>0</sup>*.

**Tabel 6.** Perhitungan *Safety Factor*

Model	Tegangan terjadi (Mpa)	Yield Strength ( Mpa)	Safety Factor	Keterangan
<i>Pitch 10<sup>0</sup></i>	27,8	90	3,237	Memenuhi
<i>Pitch 15<sup>0</sup></i>	28,725	90	3,133	Memenuhi
<i>Pitch 20<sup>0</sup></i>	30	90	3	Memenuhi

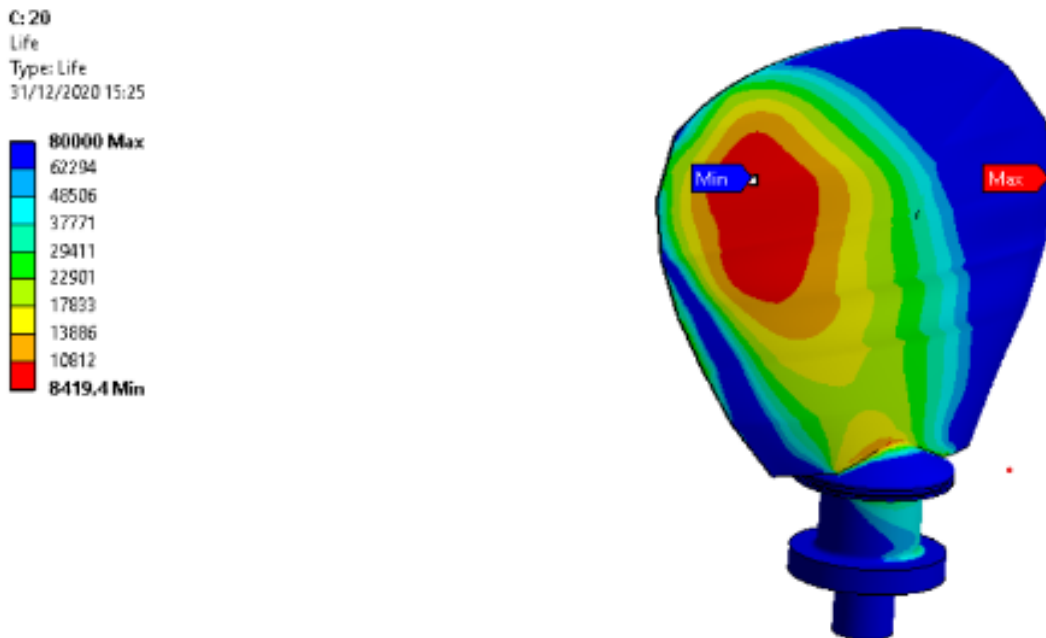
**Fatigue Life Analysis**

Analisa kelelahan dilakukan untuk menentukan siklus terpendek dari *propeller pitch* 10°, 15°, 20° saat mengalami *hotspot stress*. Analisa kelelahan menggunakan *software ANSYS Static Structural* untuk mendapatkan jumlah siklus terpendek dari *hotspot stress*. Maka Hasil dari simulasi *Fatigue Life* adalah :

**Tabel 7.** Hasil Simulasi *Fatigue Life*

No	Model	<i>Fatigue Life</i> (siklus)
1	<i>Pitch</i> 10°	9039,6
2	<i>Pitch</i> 15°	8772,2
3	<i>Pitch</i> 20°	8419,4

Maka hasil dari simulasi *Fatigue Life* dengan nilai tertinggi adalah *Pitch* 20°. Gambar 12 dibawah ini menunjukkan distribusi *Fatigue Life* pada *pitch* 20°.



**Gambar 12.** *Fatigue Life* Dengan *Pitch* 20°

**Perhitungan *Fatigue Life***

Tahap ini merupakan hasil dari analisa menggunakan *software* yang nantinya didapatkan umur material dalam tahun. Setelah dilakukannya perhitungan *First-order fatigue cycles* dapat ditentukan nilai siklus terendah *fatigue life*, maka perkiraan umur material dapat ditentukan dengan :

$$\text{First – order fatigue cycle} = \text{Rpm} \times 60\text{minutes} \times 24\text{hours} \times \text{operating days one year}$$

Berdasarkan rumus diatas, maka :

$$\text{First-order fatigue cycle} = 365 \times 60 \times 24 \times 3600$$

maka *First-order fatigue cycle* 25 th berdasarkan total jumlah siklus yang direncanakan.

**Tabel 8.** Perhitungan *First-order fatigue cycle*

<i>First-Order fatigue cycle</i>		
No	<i>Time</i>	<i>Number Of cycle</i>
1	<i>1st Hours</i>	$5.26 \times 10^5$
2	<i>1st Day</i>	$6.3 \times 10^6$
3	<i>1st Month</i>	$1.31 \times 10^7$
4	<i>1st Year</i>	$1.58 \times 10^8$
5	<i>2nd Year</i>	$3.15 \times 10^8$
6	<i>10th Year</i>	$1,58 \times 10^9$
7	<i>15th Year</i>	$2,37 \times 10^9$
8	<i>25th Year</i>	$3,94 \times 10^9$

Berdasarkan tabel *fatigue cycle* diatas dan jumlah siklus terendah *fatigue life* pada penelitian yang dilakukan adalah  $3,94 \times 10^9$  siklus, maka perhitungan perkiraan umur material adalah

$$Fatigue\ life = \frac{Desain\ life}{DM} \times years$$

Dimana :

*Desain life* : 25 tahun, menurut klasifikasi *Common Structural Rules* [12].

$DM = Cumulative\ fatigue\ damage$

$$DM = \frac{N_L}{N_I}$$

Dimana :

$N_L = total\ jumlah\ siklus\ yang\ direncanakan\ untuk\ 25\ th$

$$N_L = \frac{0,85 T_L}{4LogL}$$

$$N_L = \frac{0,85 T_L}{4LogL}$$

$$N_L = \frac{0,85 \times 3,94 \times 10^9}{4LogL}$$

$$N_L = 7234.4563$$

$N_I = jumlah\ siklus\ hasil\ analisa$

$T_L = Umur\ material\ propeller\ selama\ 25\ tahun$

$L = 64,00\ M$

Perhitungan nilai  $DM$  (*Cumulative fatigue damage*) didapatkan menggunakan rumus dibawah ini.

$$DM = \frac{N_L}{N_I}$$

Maka perhitungan  $DM$  (*Cumulative fatigue damage*) pada *pitch*  $10^0$ ,  $15^0$ ,  $20^0$  adalah :

**Tabel 9.** perhitungan  $DM$  (*Cumulative fatigue damage*)

No	Model	DM
1	<i>Pitch</i> $10^0$	0.80031
2	<i>Pitch</i> $15^0$	0.8247
3	<i>Pitch</i> $20^0$	0,85926

Setelah mendapat nilai  $DM$  dapat melakukan perhitungan pada *fatigue life*. Maka perhitungan perkiraan umur material menggunakan rumus.

$$Fatigue\ life = \frac{Desain\ life}{DM} \times years$$

Hasil dari perkiraan umur material dengan menggunakan rumus diatas adalah :

**Tabel 10.** Perhitungan *Fatigue Life*

No	Model	<i>Fatigue Life</i> (Tahun)
1	<i>Pitch 10<sup>0</sup></i>	31,2379
2	<i>Pitch 15<sup>0</sup></i>	30,31405
3	<i>Pitch 20<sup>0</sup></i>	28,00807

## V KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tentang analisa *fatigue* pada *controllable pitch propeller* menggunakan *software ANSYS* pada KMP. Salindo Mutiara 1, kesimpulan yang didapatkan adalah:

1. Dari simulasi CFD didapatkan hasil *pressure* tertinggi pada *pitch 20<sup>0</sup>* dengan *maximum pressure* 191.386 Kpa selanjutnya *pitch 15<sup>0</sup>* dengan *maximum pressure* 167 Kpa, selanjutnya *pitch 10<sup>0</sup>* dengan *maximum pressure* 135 Kpa. Terlihat bahwa semakin besar *pitch* maka *pressure* yang dialami *propeller* juga meningkat.
2. Pada hasil simulasi distribusi tegangan menunjukkan bahwa setiap *pitch* mengalami tegangan tertinggi (*hotspot stress*) yang hampir sama pada bagian depan (*face*) *Propeller*. Sedangkan nilai tegangan tertinggi yang didapat dari hasil simulasi Pada *pitch 10<sup>0</sup>* mengalami tegangan sebesar 27,8 Mpa, *pitch 15<sup>0</sup>* mengalami peningkatan tegangan sebesar 28,725 Mpa dan *pitch 20<sup>0</sup>* mengalami tegangan tertinggi sebesar 30 Mpa.
3. Pada perhitungan *fatigue life* pada *pitch 10<sup>0</sup>* adalah 31 tahun, *fatigue life* untuk *pitch 15<sup>0</sup>* adalah 30 tahun, dan *fatigue life pitch 20<sup>0</sup>* adalah 28 tahun. Terlihat terjadi penurunan usia (*life*) dengan bertambahnya *pitch* karena mengalami peningkatan tegangan.

## VI SARAN

Dari pembahasan tentang analisa *fatigue* pada *controllable pitch propeller* menggunakan *software ANSYS* pada KMP. Salindo Mutiara 1 ada saran yang perlu ditindak lanjuti yaitu:

1. Ketelitian yang maksimal dalam analisa kelelahan sebaiknya dilakukan dengan pengujian contoh spesimen pada menggunakan alat uji/ secara *experiment*.
2. Menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi akan membantu memperlancar proses simulasi CFD dan bisa menghemat waktu ketika pengerjaan dan *running*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Araujo, L. S. *et al.* (2014) 'Failure of a concentric pipe for a controllable pitch propeller system', *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 14(1), pp. 55–60. doi: 10.1007/s11668-013-9761-7.
- Firmansyah, A. D., Santoso, A. and Djatmiko, E. (2012) 'Perancangan Controllable Pitch Propeller Pada Kapal Offshore Patroli Vessel 80 (OPV80)', *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), pp. G230–G235.
- Forsyth, C. (2005) 'Restorative materials.', *Dental update*, 32(2), pp. 350–360.
- Hardianto, L. F. and Winarno, A. (2019) 'Analisa Aliran Air Pada Controllable Pitch Propeller (Cp) Kapal Offshore Patroli Vessel 80 (Opv80)', *Prosiding Seminakel*, pp. 1–9. Available at:

<http://prosidingseminakel.hangtuah.ac.id/index.php/ps/article/view/155>.

- International, A. (1998) *ASM Handbook Vol 15*. 9th Editio. ASM International.
- Kurniawan. A (2015) *Kelelahan Pada Blade Kompresor*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nur, A. S. M. (2018) *Perancangan Mesin-Mesin Industri*.
- Prodjosoewito, B. D. (2017) 'No Title', in *Teknologi reparasi Motor Kapal. Surabaya*. Surabaya.
- Rahmatullah, R. and Ahmad, R. (2018) 'Analisa Pengujian Lelah Material Bronze Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine', *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 1(1), pp. 1–11. doi: 10.30596/rmme.v1i1.2430.
- Ridho M, Zakki Fauzan Ahmad, manik P. (2015) 'Fatiguepropeller tugboat', 3(1), pp. 110–117.
- Rules, C. S. (2014) 'Bulk Carriers and Oil Tankers 1'.
- Sagala, R. dan (2016) 'Landasan Teori', *Landasanteori.Com*, (2012), pp. 1–17. Available at: <http://www.landasanteori.com/2015/09/pengertian-kreativitas-definisi-aspek.html>.
- Salam, H. A. H. (2017) 'Jurnal teknik perkapalan', 5(1), pp. 243–252.