



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Teknis Kekuatan dan Perbandingan Biaya Material Poros Baling-Baling Kapal Nelayan Daerah Batang Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga

David Chandra<sup>1)\*</sup>, Untung Budiarto<sup>1)</sup>, Eng Hartono Yudo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Las dan Material Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*)</sup>e-mail:david.chandra5511@gmail.com

### Abstrak

Poros baling-baling kapal digunakan untuk menghasilkan gaya dorong pada kapal, poros tersebut menanggung berbagai jenis beban yang terjadi secara berulang-ulang yang akhirnya akan mengakibatkan kegagalan lelah pada material. Analisa dengan menggunakan Metode Elemen Hingga Pada Material Stainless Steel tipe 304 yang digunakan untuk pembuatan poros baling-baling kapal dilakukan untuk mensimulasikan pengujian hingga didapatkan perbandingan antara hasil simulasi dengan pengujian eksperimental sebelumnya. Dalam penelitian ini akan dilakukan uji tarik, uji puntir, dan uji kelelahan fatik dengan menggunakan metode elemen hingga dan akan dilakukan perhitungan secara numerik koreksi diameter dari poros propeller dibandingkan dengan biaya pembuatan poros. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SS304 memiliki kekuatan tarik 495,09 Mpa, kekuatan puntir 494,06 Mpa dan uji rotary bending didapatkan siklus 18401 cycle dengan beban 30 kg. Analisa perhitungan diameter menghasilkan koreksi diameter aktual sebesar 11,46 cm dapat diperkecil menjadi 8,07 cm sehingga perhitungan investasi pengadaan poros yang seharga Rp. 14.357.875,00 dapat diperkecil menjadi Rp. 7.157.915,00.

**Kata Kunci:** Stainless Steel 304, Metode Elemen Hingga, Tarik, Puntir, Kelelahan, Analisa Biaya

### 1. PENDAHULUAN

Industri galangan kapal perikanan tradisional di Batang, Jawa Tengah menunjukkan potensi yang sangat baik apabila dilakukan pengembangan lebih lanjut, dengan teknik produksi yang menggabungkan teknik manual dan teknologi modern dalam proses produksinya.[1]

Utamanya dalam pembuatan poros propeller. Terdapat banyak jenis baja yang biasa digunakan, namun berdasarkan rules Biro Klasifikasi Indonesia, Rules For Machinery Installations, vol. III Tahun 2019, Baja yang akan digunakan sebagai bahan poros baling-baling diharuskan memiliki kekuatan tarik (*tensile strength*) antara 400 - 800 N/mm<sup>2</sup>[2].

Poros propeller adalah komponen yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari mesin induk ke propeller untuk menghasilkan gaya dorong sebagai daya penggerak kapal. Saat bekerja, poros propeller menanggung berbagai jenis beban yang diakibatkan dari beberapa gaya yang bekerja, di antaranya beban tarik, beban lentur putar, dan beban puntir. Gaya-gaya tersebut terjadi secara berulang-ulang selama poros bekerja, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan lelah (*fatigue failure*) pada poros propeller [3].

Analisa perbandingan diameter terhadap harga material yang digunakan pada penelitian tentang Analisis Kekuatan Poros Propeller Kapal KMP. Pertiwi Nusantara Akibat Dikenai Torsi Dari Propeller menghasilkan perbandingan biaya yang lebih ekonomis pada poros propeller.[4]

Uji puntir atau torsion test adalah salah satu pengujian yang merusak untuk menentukan tingkat keplastisan dari suatu material seperti sifat-sifat batas luluh geser dari suatu material. Spesimen yang digunakan dalam uji ini adalah batang dengan penampang lingkaran dengan dua diameter berbentuk dogbone untuk mempermudah proses pengukuran specimen dan menyesuaikan dengan bentuk poros propeller. Beban puntiran hanya dikenakan pada satu ujung karena jika dilakukan pada kedua ujung akan mengakibatkan hasil sudut puntir yang diperoleh tidak akurat.[5]

Uji lentur putar adalah salah satu dari pengujian lelah (fatigue) yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan lelah dari suatu material.[6]

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai kekuatan material SS 304, pengujian kekuatan Tarik dan karakteristik XRD material SS 304 dan SS 304 L secara eksperimental menghasilkan kekuatan Tarik sebesar 466,7 Mpa[7]. Penelitian sebelumnya mengenai kekuatan puntir material secara eksperimental dengan dan tanpa perlakuan panas didapatkan tegangan geser sebesar 880,87 Mpa[8]. Sedangkan untuk pengujian *fatigue life* dengan *rotary bending machine* SS 304 memiliki jumlah siklus sebesar 19771 cycle dengan beban 30 kg[9].

Penelitian kekuatan material dengan menggunakan metode elemen hingga pada jurnal yang berjudul "*Explicit Dynamic Analysis of Tensional & Torsional Propagations on Composite Material with Dog Bone Shaped Testing Specimen*" menggunakan model dengan konfigurasi aluminium untuk mendapatkan kekuatan Tarik dan kekuatan puntir pada model material.[10]

Dengan demikian, kekuatan poros propeller dengan material *stainless steel* 304 akan dianalisa dalam penelitian ini dengan menerapkan metode elemen hingga. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari apakah tingkat akurasi dari hasil analisa menggunakan metode elemen hingga dapat menyerupai atau mendekati hasil dari metode eksperimental. Dalam penelitian ini juga akan dilakukan analisa terhadap perbandingan estimasi biaya pada poros propeller dengan variasi diameter menggunakan perhitungan secara matematis.

## 2. METODE

### 2.1 Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dengan metode elemen hingga dengan menggunakan *Software Ansys Explicit*

*Dynamic* dan *Static Structural* yang merupakan *Software* yang dapat melakukan Analisa perubahan bentuk material akibat berbagai macam bentuk pembebanan[10].

Pengumpulan data diperoleh dari jurnal, buku-buku referensi, modul, artikel, internet, dan studi lapangan secara langsung karena dapat memberikan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan.

Objek yang diteliti pada penelitian ini adalah *Stainless Steel* type 304. Salah satu logam tahan karat yang umum digunakan sebagai material untuk konstruksi. SS 304 merupakan baja dengan komposisi Cr, Mn, Ni, C, dan N.



Gambar 1. *Stainless Steel* tipe 304

Poros propeller pada gambar 1 merupakan salah satu propeller yang diproduksi di bengkel bubut yang berada di daerah batang.

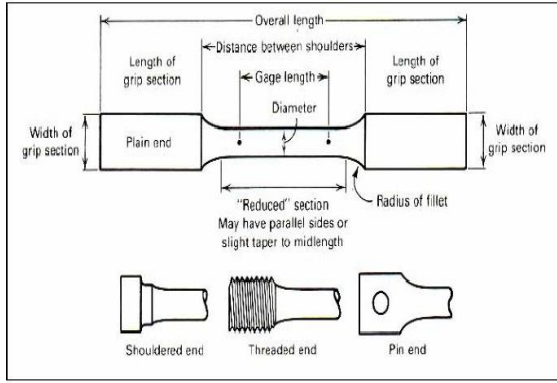
Tabel 1. Kandungan Material *Stainless Steel* 304

No	Sifat Mekanik	Nilai
1	<i>Poisson's Ratio</i>	0,29
2	<i>Modulus Of Elasticity</i>	193 Gpa
3	<i>Density</i>	8000 Kg/m <sup>3</sup>
4	<i>Yield Stress</i>	215 Mpa
5	<i>Elongation at Break</i>	40%
6	<i>Tensile Strength</i>	505 Mpa

Sifat mekanik pada tabel 1 dibutuhkan *software* untuk menentukan sifat material yang akan diuji.

Pengujian tarik ialah suatu pengujian untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material dengan cara memberikan gaya tarik pada material tersebut. Pengujian ini menggunakan tegangan tarik aktual

eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Prinsip pengujian ini yaitu memberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar pada setiap ujung spesimen hingga putus sambil dihitung pertambahan panjangnya. Hasil yang didapat dalam pengujian ini yaitu berupa kurva yang menunjukkan hubungan antara pertambahan panjang benda dan gaya yang diterima oleh benda tersebut atau dapat disebut sebagai kurva tegangan-regangan (*stress-strain curve*).



Gambar 2. spesimen Uji Puntir

Uji puntir pada gambar 2 adalah suatu uji untuk menentukan batas luluh geser suatu material. Uji puntir menggunakan spesimen berbentuk penampang lingkaran, karena merupakan bentuk yang paling sederhana untuk diukur, pengujian dilakukan hanya pada salah satu batang penampang, karena jika dilakukan pada kedua penampang akan memberikan ketidakseimbangan sudut puntir. Pada uji puntir dilakukan pengukuran momen dan sudut puntir, yang kemudian di konversikan menjadi grafik momen puntir menjadi sudut puntir.

Uji Lelah fatik merupakan pengujian Lelah material yang akan mengindikasikan umur dari material dengan bentuk siklus yang dapat tahan material sampai material tersebut patah Ketika diberikan beban dengan jumlah tertentu secara berulang-ulang. Uji Lelah fatik dapat dikonversikan menjadi grafik perbandingan jumlah total tegangan yang diberikan dengan jumlah siklus yang dapat diterima beban tersebut hingga patah.

Uji Lelah fatik membutuhkan S-N curve sebagai dasar untuk software memprediksi kerusakan material yang dapat dicari menggunakan rumus-rumus sebagai berikut[11].

$$a \cdot N^b = \sigma A \quad (1)$$

Dimana a merupakan Konstanta kurva S-N rata-rata, N adalah jumlah siklus, b adalah koefisien S-

N Curve, dan  $\sigma A$  merupakan jumlah tegangan total yang diterima.

Nilai b dapat dicari dengan menggunakan rumus

$$b = \frac{\log \frac{Sm}{Se}}{\log 10^3 - \log 10^6} \quad (2)$$

Dimana Sm merupakan *Strength of a thousand cycle* atau kekuatan material pada 1000 siklus. Dan Se merupakan *Endurance Strength* dari material. Sm dapat dihitung menggunakan rumus

$$Sm = 0,75 \times S_{ult} \quad (3)$$

Dimana  $S_{ult}$  merupakan *Ultimate Tensile strength* dari material.

Analisa ekonomi dilakukan dengan mempertimbangkan diameter dari poros propeller yang didapat di daerah batang dengan perhitungan secara numerik berdasarkan perhitungan elemen mesin[12].

$$Ds = \left[ \frac{5,1}{\tau a} \times Kt \times Cb \times T \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Dimana Ds adalah diameter poros, T merupakan kebutuhan torsi, KT merupakan konstanta untuk beban kejutan atau tumbukan memiliki nilai diantara 1,5 sampai 3. Cb yang merupakan koefisien perkiraan adanya beban lentur yang bernilai diantara 1,2 sampai 2,3.

T dapat didapat dengan mencari daya rencana terlebih dahulu, daya rencana dapat didapat dengan persamaan.

$$Pd = f_c \times P(kW) \quad (5)$$

Dimana P merupakan nilai dari daya nominal motor penggerak Dan  $f_c$  merupakan faktor dari koreksi daya.

P yang merupakan daya nominal motor penggerak harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi kW dengan dikalikan 0,735. Sedangkan faktor koreksi daya rata-rata yang diperlukan dapat diambil berdasarkan tabel 2.

Tabel 2. Nilai faktor koreksi daya[12]

No	$f_c$	Nilai
1	Daya rata-rata yang diperlukan	1,2-2,0
2	Daya maksimum yang diperlukan	0,8-1,2
3	Daya normal	1,0-1,5

Setelah mendapat daya perencanaan, nilai T dapat di dapat dengan persamaan.

$$T = 9,74 \times 10^5 \left( \frac{Pd}{N} \right)$$

Dimana N adalah putaran mesin atau RPM dari mesin.

Langkah selanjutnya adalah menghitung tegangan yang diizinkan ( $\tau a$ ) yang dapat dicari dengan rumus.

$$\tau a = \frac{\sigma_b}{(sf_1 \times sf_2)} \quad (7)$$

Dimana  $sf_1$  bernilai sebesar 6 (untuk material baja paduan karbon) dan  $sf_2$  bernilai diantara 1,3 sampai dengan 3 untuk perhitungan ini diambil nilai 1,5.

$\sigma_b$  yang merupakan *tensile strength* dari material poros yang digunakan yang pada penelitian ini merupakan jenis material SS 304.

## 2.2 Tahap Penelitian

Pada penelitian simulasi pengujian spesimen ini terdapat tahap-tahap yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

### 1) Pembuatan Model Spesimen

Pembuatan model spesimen disesuaikan dengan pengujian yang akan dilakukan dengan menggunakan *software Rhinoceros 3D*, untuk uji Tarik Model disesuaikan dengan ASTM-E8, Untuk uji Puntir disesuaikan dengan ASTM-E143 dan untuk uji kelelahan material disesuaikan dengan ASTM E-466.

### 2) Perhitungan Data Konfigurasi Material

Konfigurasi material tambahan selain berdasarkan *Mechanical Properties* dibutuhkan sesuai dengan jenis pengujian. Untuk pengujian Tarik, dibutuhkan viscoplastisitas material dengan memilih *stress flow model* yang pada simulasi ini digunakan *stress flow model* dari Steinberg-guinan *strength*. Sedangkan untuk simulasi uji lentur putar dibutuhkan S-N *curve* pada material yang akan diuji.

### 3) Memasukan Konfigurasi Material ke Engineering Data.

Data-data yang telah didapat dimasukkan ke *engineering data* pada *software Ansys* sesuai dengan pengujian.

### 4) Meshing pada Model Spesimen.

Meshing dilakukan dengan *Element Size* sebesar 2 mm dan metode *meshing* yang digunakan adalah tipe *multizone*.

### 5) Pemberian gaya-gaya pada spesimen

Pengaturan disesuaikan dengan jenis pengujian, pemberian beban gaya pada

spesimen dilakukan di *analysis setting*. Simulasi uji Tarik diberikan *Displacement* pada ujung material sebesar 45 mm hingga material mengalami patah, untuk uji puntir diberikan *Rotational Displacement* sebesar 90° sampai dengan 1280° pada spesimen, dan untuk uji lentur putar diberikan beban sebesar 30 kg secara terus menerus hingga terjadi kerusakan pada material.

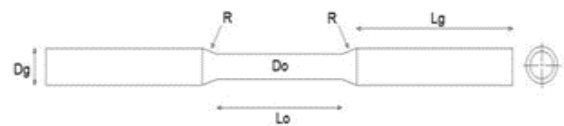
### 6) Simulasi Pengujian Pada Model

Setelah Langkah-langkah diatas telah dilakukan, Simulasi pengujian dapat dilaksanakan dengan menekan *solve* dan hasil simulasi dapat dikonversi menjadi dalam bentuk kurva.

## 2.3 Parameter Penelitian

### 1) Parameter Tetap

Pada penelitian ini parameter tetap adalah spesimen SS 304, dimensi ukuran spesimen sebagai berikut:



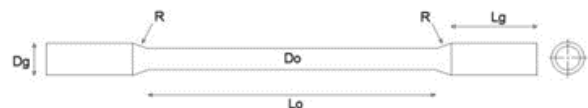
Gambar 3. Bentuk Spesimen Uji Tarik

Bentuk spesimen uji Tarik pada gambar 3 ditentukan berdasarkan ASTM E-8 dengan bentuk silinder

Tabel 3. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Keterangan	Panjang
Do	8 mm
Lo	60 mm
R	15 mm
Dg	12 mm
Lg	60 mm

Tabel 3 menunjukkan nilai dimensi pada bentuk spesimen uji Tarik pada gambar 3.



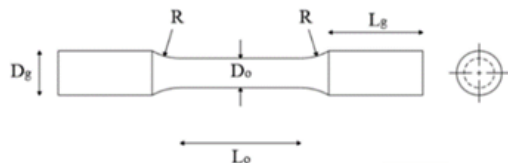
Gambar 4. Bentuk Spesimen Uji Puntir

Bentuk spesimen uji puntir pada gambar 4 diambil berdasarkan ASTM E-143 dengan bentuk silinder.

Tabel 4. Dimensi Spesimen Uji Puntir

Keterangan	Panjang
Do	8 mm
Lo	32 mm
R	15 mm
Dg	12 mm
Lg	25 mm

Tabel 4 menunjukkan nilai dimensi pada bentuk spesimen uji puntir pada gambar 4.



Gambar 5. Bentuk Spesimen Uji Kelelahan

Bentuk spesimen uji lentur putar pada gambar 5 diambil berdasarkan ASTM E-466 dengan bentuk silinder

Tabel 5. Dimensi Spesimen Uji Kelelahan

Keterangan	Panjang
Do	8 mm
Lo	32 mm
R	15 mm
Dg	12 mm
Lg	25 mm

Tabel 5 menunjukkan nilai dimensi pada bentuk spesimen uji lentur putar pada gambar 5 sedangkan untuk analisa biaya material poros propeller membutuhkan data-data teknis yang diperoleh dari galangan kapal di Batang. Data yang dibutuhkan ditunjukkan pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Data Teknis Poros Propeller Kapal

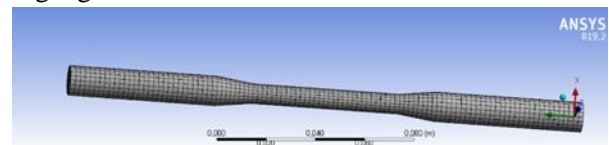
Keterangan	Nilai
Main Engine	RE10 Nissan
Power Raing	370 PS/ 2200 RPM
Diameter Poros Asli	11,43 cm
Panjang Poros	350 cm
Jenis Material	SS 304

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Simulasi Uji Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian menggunakan model spesimen baja SS 304 dengan standar ASTM E8 yang akan diuji kekuatan Tarik melalui simulasi dengan bantuan *software*.

Pengujian ini dilakukan dengan ANSYS *Explicit Dynamic* yang akan menganalisa kekuatan Tarik material hingga model yang diuji mengalami kondisi patah dengan menggunakan simulasi dan data yang dihasilkan akan berupa grafik tegangan-regangan.



Gambar 6. Model spesimen uji tarik

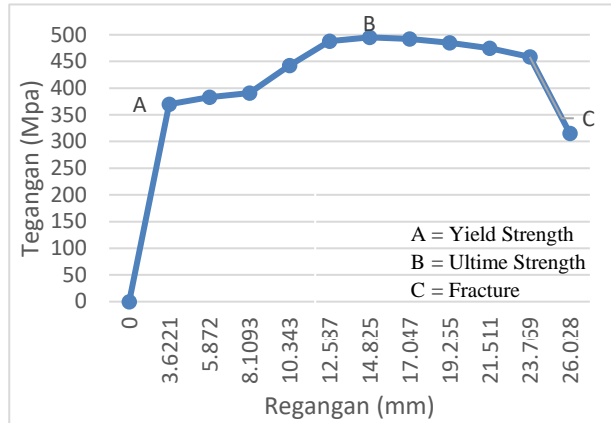
Setelah memasukan model simulasi ke *geometry Ansys* seperti pada gambar 6, dapat dilakukan simulasi pengujian pada spesimen uji Tarik. Berdasarkan hasil simulasi pengujian didapatkan hasil tegangan dan regangan pada model spesimen uji Tarik dengan sifat material SS 304 adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Simulasi Uji Tarik

Equivalent Stress [MPa]	Equivalent Plastic Strain [mm/mm]	Deformation [mm]
0,	0,	0,
370,07	0,13806	3,6221
495,16	0,35051	14,825
315,48	1,3545	26,028
342,43	1,3545	28,276

Dari tabel 7, dapat dilihat bahwa material mulai mengalami deformasi plastis Ketika tegangan Tarik mencapai 370,07 Mpa. *Equivalent plastic strain* yang mengindikasikan pertambahan Panjang plastis elemen model mencapai nilai tertinggi di angka 1,3545 dan berhenti bertambah Ketika *deformation* yang menunjukkan jarak penarikan material yang diukur dari sumbu longitudinal pada material mencapai 26,028 mm yang berarti menunjukkan bahwa material mengalami kepatahan ketika mencapai titik tersebut.

Apabila dinilai berdasarkan presetase uji simulasi ini memiliki perbedaan nilai sebesar 6.1% apabila dibandingkan dengan uji eksperimen sebelumnya yang sebesar 466.67 Mpa[7] dan memiliki presentase perbedaan nilai sebesar 1,9% apabila dibandingkan dengan *mechanical properties*.



Gambar 7. Kurva tegangan-regangan

Pada gambar 7, Garis linier yang berada pada titik 0 hingga Titik A yang merupakan titik luluh material menunjukkan keadaan elastis material. Sedangkan kurva dari titik A-B dan B-C merupakan daerah plastis material. Titik B menunjukkan nilai Tegangan tertinggi yang dapat diterima material dan titik C menandakan kepatahan model spesimen.

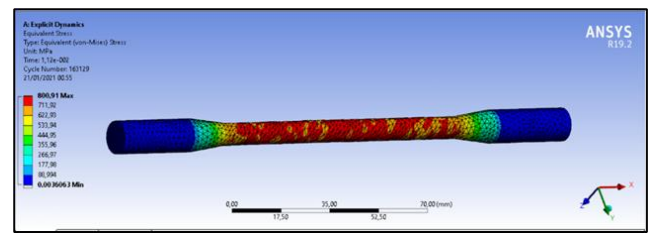
Berdasarkan hasil pengujian maka didapatkan informasi mengenai nilai tegangan Tarik maksimal yang terjadi yang terjadi adalah 495,16 Mpa dan material mengalami kepatahan Ketika regangan material mencapai 26,028 mm. Berdasarkan *mechanical properties* material memiliki nilai tegangan Tarik sebesar 505 Mpa. Sedangkan pengujian eksperimen pada kekuatan Tarik Material SS 304 yang pernah dilakukan memiliki nilai 466,7 Mpa[7]. Apabila dinilai berdasarkan presetase uji simulasi ini memiliki perbedaan nilai sebesar 1,97% apabila dibandingkan dengan *Mechanical Properties* dan sebesar 6,07% apabila dibandingkan dengan uji eksperimen sebelumnya.

### 3.2 Hasil Simulasi Uji Puntir (*Torsion Test*)

Pengujian puntir ini menggunakan model dengan dimensi spesimen baja SS 304 sesuai standar ASTM E-143.

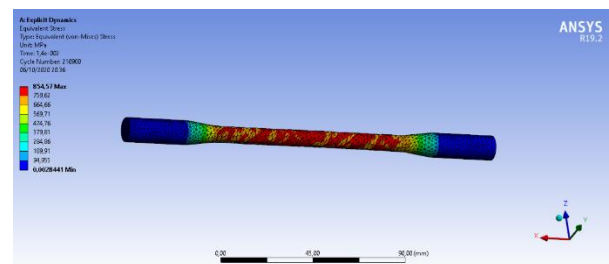
Pengujian ini dilakukan dengan ANSYS Workbench yang menganalisa kekuatan puntir

material dengan menggunakan simulasi yang dihasilkan akan berupa Stress-Strain dari material.



Gambar 9. Model simulasi uji puntir

Setelah memasukan model simulasi ke *geometry Ansys* seperti pada gambar 9, dan dilakukan simulasi pengujian puntir terhadap baja SS 304 maka didapatkan nilai tegangan geser dan sudut puntir sebagai berikut:



Gambar 10. Hasil Simulasi Uji Puntir

Hasil dari simulasi uji puntir ditunjukkan pada gambar 10 diatas yang memperlihatkan pengaruh tegangan puntir yang diberikan pada material.

Tabel 8. Hasil Simulasi Uji Puntir

Equivalent Stress [MPa]	Angle°
0	0
527,89	180
621,73	360
672,68	540
734,74	720
785,76	900
829,5	1080
854,57	1280

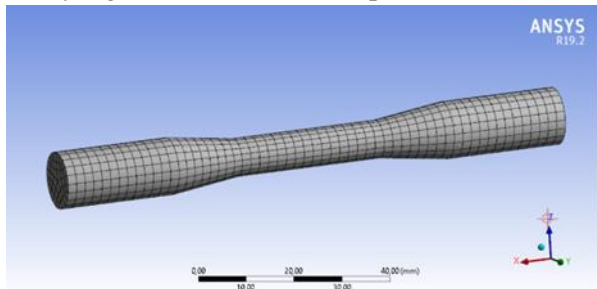
Berdasarkan hasil simulasi pengujian maka didapatkan informasi dari tabel 8 mengenai nilai tegangan geser pada setiap sudut puntir dan tegangan geser maksimal yang terjadi adalah 854,57 Mpa Ketika material diberikan beban puntiran hingga 1280°.

Apabila dinilai berdasarkan presetase uji simulasi ini memiliki perbedaan nilai sebesar 2,6% apabila dibandingkan dengan uji eksperimen sebelumnya yang sebesar 880,87 Mpa pada sudut 1280°[8].

### 3.3 Hasil Pengujian Kelelahan Material (*Fatigue Strength*)

Pengujian menggunakan model spesimen baja SS 304 dengan standar ASTM E-466 yang akan diuji kelelahannya melalui simulasi dengan bantuan *software*.

Pengujian ini dilakukan dengan *ANSYS Static Structural* yang akan menganalisa kelelahan material hingga model yang diuji mengalami kondisi patah dengan menggunakan simulasi dan data yang dihasilkan akan berupa *S-N curve*.



Gambar 11. Model Spesimen uji Fatik

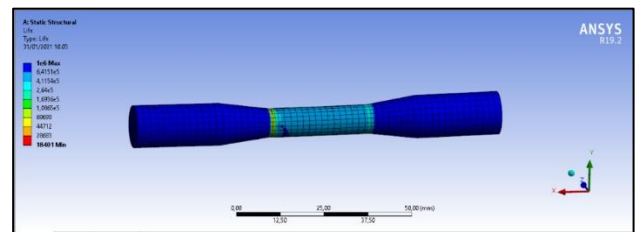
Setelah memasukan model spesimen ke ansys, data seperti pada gambar 11. Tabel kurva S-N dibutuhkan untuk simulasi setelah dihitung secara numerik dengan bantuan *excel* adalah sebagai berikut.

Tabel 9. Hasil perhitungan S-N curve

No	Siklus	Tegangan
1.	10	120411
2.	100	81329
3.	1000	54931
4.	10000	37102
5.	50000	28202
6.	100000	25059
7.	200000	22267
8.	500000	19048
9.	1000000	16926

Pada tabel 9, Hasil perhitungan merupakan tegangan yang dapat diterima oleh material untuk 10 sampai dengan 1 juta siklus. Siklus menandakan umur material dan tegangan menandakan jumlah tegangan yang dapat diterima material hingga mengalami kegagalan. 1 juta siklus dapat disamakan dengan prediksi material mengalami *infinite life* atau tidak akan mengalami kegagalan atau kerusakan.

Berdasarkan simulasi pengujian fatik pada Baja SS 304 maka didapat data sebagai berikut:



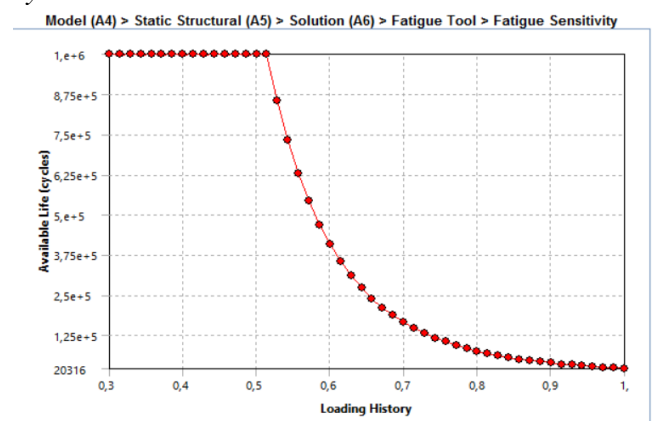
Gambar 12. Hasil Simulasi Uji Fatik SS 304

Gambar 12 merupakan hasil simulasi uji lentur putar pada model spesimen yang memperlihatkan siklus terendah yang dapat diterima model material adalah 18401 cycle.

Tabel 10. Siklus Uji Fatik SS 304

Minimum	Maximum	Average
18401	1,e+006	9,1031e+005

Pada tabel 10, Siklus minimum merupakan prediksi minimum siklus yang dapat diterima material. Data inilah yang dapat digunakan sebagai acuan. Ketika diberikan beban sebesar 30 kg secara terus menerus, hasil simulasi menunjukkan jumlah siklus yang dapat diterima material adalah 18401 *cycle*.



Gambar 13. Kurva Diagram S-N SS 304

Kurva sensitivitas kelelahan material pada gambar 13, garis horizontal pada titik 1 juta siklus *vertical axis* menandakan material dalam fase *infinite life* dan garis menurun setelahnya menunjukkan *finite life* dari material. Simulasi pengujian merupakan simulasi fase LCF (*Low Cycle Fatigue*) test yang dimana material diberikan beban tegangan yang besar sehingga menghasilkan siklus yang kecil.

Berdasarkan hasil pengujian dari gambar 12, didapatkan informasi mengenai jumlah siklus yang terjadi yang terjadi apabila diberikan beban sebesar 30 kg adalah 18.401 *cycle*. Apabila dinilai berdasarkan presentase uji simulasi ini memiliki perbedaan nilai sebesar 6,64% apabila dibandingkan dengan uji lentur putar secara eksperimental yang pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya menghasilkan siklus sebesar 19711 *cycle* dan tegangan total sebesar 102,6786 Mpa ketika dikenakan beban sebesar 30 kg.[9]

### 3.4 Hasil Analisa Perbandingan Biaya Poros Propeller Berdasarkan Diameter

Analisa perbandingan biaya dilakukan berdasarkan informasi yang didapat dari salah satu galangan kapal yang ada di Batang. Data yang didapat akan digunakan untuk menghitung perbedaan diameter poros propeller sesuai perhitungan elemen mesin dengan diameter asli poros propeller[12].

Berdasarkan dari Tabel 4 dan Tabel 2 daya perencanaan dapat didapat dengan memasukan nilai-nilai kedalam rumus elemen mesin.

$$Pd = 1,2 \times (370 \text{ PS} \times 0,735)$$

$$Pd = 326,562 \text{ kW}$$

Setelah mendapat daya perencanaan, sehingga didapat nilai kebutuhan torsi adalah sebagai berikut :

$$T = 9,74 \times 10^5 \left( \frac{326,562 \text{ kW}}{2200 \text{ RPM}} \right)$$

$$T = 144577,9 \text{ kg/mm}$$

Setelah mendapat nilai kebutuhan torsi, yang dibutuhkan selanjutnya adalah nilai tegangan yang diizinkan yang perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\tau a = \frac{50,5}{6 \times 1,5} = 5,61 \text{ kg/mm}^2$$

Setelah didapat nilai  $\sigma_b$  maka nilai koreksi diameter dapat dicari dengan memasukan persamaan awal sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$Ds = \left[ \frac{5,1}{5,61} \times 2 \times 2 \times 144577,9 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$Ds = 80,70388 \text{ mm} = 8,07 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil perbedaan diameter poros dari hasil perhitungan dengan diameter poros asli. Perbandingan harga pada poros propeller dapat

dicari dengan mencari berat total dari poros propeller dan dikalikan dengan harga material per kilogramnya yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 11. Harga Material SS 304

Berat	Harga	Harga/Kg
213,03 kg	RP. 10.665.000,00	Rp. 50.000,00

Data pada tabel 11 menunjukkan nilai material SS 304 diperkirakan memiliki harga Rp. 50.000,00 per kilogram. Berdasarkan hasil perbedaan diameter poros dari hasil perhitungan dengan diameter poros asli. Perbandingan harga pada poros propeller adalah sebagai berikut.

Tabel 12 . Perhitungan Harga Poros Propeller.

Diameter Poros	Berat Poros	Harga
8,07 cm	143,1582902 kg	Rp. 7.157.915,00
11,43 cm	287,1574902 kg	Rp. 14.357.875,00

Data pada Tabel 12 menunjukkan diameter asli dengan diameter 11,43 cm memiliki harga Rp. 14.357.875,00 sedangkan diameter dengan perhitungan dengan diameter 8,07 cm memiliki harga Rp. 7.157.915,00 yang apabila dibandingkan secara presentase, diameter perhitungan memiliki harga 50,1% lebih rendah dibandingkan diameter asli.

## 4. KESIMPULAN

Dari simulasi menggunakan metode elemen hingga yang dilakukan dalam penelitian ini didapatkan hasil sebagai berikut, tegangan Tarik material SS 304 sebesar 495,16 Mpa dengan selisih 6,07% jika dibandingkan dengan hasil penelitian secara eksperimental yang dilakukan sebelumnya, dan 1,97% jika dibandingkan dengan data *mechanical properties* pada modul material. Tegangan geser sebesar 854,57 Mpa dengan selisih 2,7% jika dibandingkan dengan hasil uji eksperimental yang pernah dilakukan sebelumnya. Dan kelelahan material sebesar 18.401 *cycle* dengan beban sebesar 30 kg dengan selisih 6,64% dari hasil eksperimental pada pengujian yang pernah dilakukan pada penelitian terdahulu.

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dapat ditasrik kesimpulan simulasi menggunakan



metode elemen hingga pada penelitian ini memiliki hasil yang mendekati pengujian secara eksperimental.. Berdasarkan perhitungan secara numerik, diameter awal yang sebesar 11,46 cm dapat diperkecil menjadi 8,07 cm sehingga biaya pembuatan poros propeller yang awalnya seharga Rp. 14.357.875,00 dapat diperkecil menjadi Rp. 7.157.915,00.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Triharyanto, “STUDI POTENSI UNGGULAN DAERAH BIDANG INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH KABUPATEN BATANG JAWA TENGAH,” *J. Ilm. Kabupaten Batang*, vol. Volume I, no. 1, pp. 1–16, 2016.
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules For Machinery Installation Volume 3 Section 11*. BKI, 2015.
- [3] A. Mustofa, S. Jokosisworo, and A. W. Budi Santosa, “Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar Dan Kekuatan Puntir Baja St 41 Sebagai Bahan Poros Baling-Baling Kapal (Propeller Shaft) Setelah Proses Quenching,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 1, pp. 199–206, 2018.
- [4] A. . Satriananta, M.G ; Hartono , Yudo; dan Berlian, “Studi Analisis Kekuatan Poros Propeller Kapal KMP. Pertiwi Nusantara Akibat Dikenai Torsi Dari Propeller,” *Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 1, pp. 421–430, 2019.
- [5] I. Kurniawan, U. Budiarto, I. Pujo Mulyatno, and ], “Analisa Kekuatan Puntir, Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja St 60 Sebagai Bahan Poros Baling-Baling Kapal (Propeller Shaft) Setelah Proses Tempering,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 1, pp. 313–322, 2018.
- [6] S. Jatmiko and S. Jokosisworo, “Analisa Kekuatan Puntir Dan Kekuatan Lentur Putar Poros Baja St 60 Sebagai Aplikasi Perancangan Bahan Poros Baling-Baling Kapal,” *Kapal*, no. 1, pp. 42–51, 2012, doi: 10.12777/kpl.5.1.42-51.
- [7] V. A. Setyowati and E. Widodo, “Analisis Kekuatan Tarik dan Karakteristik XRD pada Material Stainless Steel dengan Kadar Karbon yang Berbeda,” no. April, pp. 0–6, 2018.
- [8] E. Suganda and Rahmawaty, “Uji Kekuatan Puntir Material Stainless Steel 304 Dengan Perlakuan Panas,” pp. 1–6, 2017.
- [9] M. M and R. Septiawan, “Analisa Pengujian Lelah Material Stainless Steel 304 Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 64–73, 2018, doi: 10.30596/rmme.v1i1.2437.
- [10] Y. G. Rao, M. R. S. Nataraj, and P. Srinivas, “Explicit Dynamic Analysis of Tensional & Torsional Propagations on Composite Material with Dog Bone Shaped Testing Specimen,” *SSRN Electron. J.*, vol. 5, no. August, 2019, doi: 10.2139/ssrn.3443709.
- [11] H. Herrmann and H. Bucksch, “Endurance Limit,” *Dict. Geotech. Eng. Geotech.*, pp. 470–470, 2014, doi: 10.1007/978-3-642-41714-6\_51134.
- [12] Sularso and K. Suga, “Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin,” p. 5, 2004.