



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST 41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Quenching

Ali Mustofa¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾, Ari Wibawa Budi S.¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email: alimustofa67@rocketmail.com

Abstrak

Dalam penelitian ini akan dilakukan uji komposisi, uji tarik, uji lentur putar, uji puntir, dan uji metalografi untuk material baja karbon ST41 guna untuk bahan poros baling-baling kapal setelah proses *quenching*. Tujuannya untuk mengetahui apakah baja ST41 memenuhi persyaratan BKI ditinjau dari aspek kekuatan tarik dan komposisi materialnya. Sedangkan untuk uji puntir dan lentur putar adalah untuk menganalisa kelelahan material. Poros baling-baling (*propeller shaft*) adalah salah satu komponen kapal yang berfungsi untuk memindahkan/menyalurkan daya dari mesin induk ke baling-baling menjadi gaya dorong untuk menggerakkan sebuah kapal. Dalam berputarnya/bekerjanya poros baling-baling untuk menghasilkan gaya dorong, poros tersebut menanggung berbagai jenis beban akibat dari kombinasi berbagai bentuk gaya. Beban tersebut diantaranya adalah beban tarik, beban lentur putar dan beban puntir, dimana beban-beban tersebut terjadi secara berulang-ulang yang akhirnya akan mengakibatkan kegagalan lelah (*fatigue failure*) pada material. Untuk mendapatkan ketahanan destruktif yang tinggi dan kekuatan material yang baik perlu dilakukan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Pada penelitian ini dilakukan proses perlakuan panas *quenching* dengan menggunakan media pendingin pelumas Mesran SAE 20W – 50. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik tarik, lentur putar, puntir dan struktur metalografi pada material baja ST 41 setelah proses *quenching*. Hasil penelitian ini berupa nilai kekuatan material yang kemudian dibandingkan dengan nilai minimum persyaratan *rules* BKI. Beberapa hasil penelitian seperti penampang patahan juga dapat mewakili karakter keuletan material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja ST 41 perlakuan panas *quenching* memiliki kekuatan tarik 393 Mpa, kekuatan puntir 448,65 Mpa dan untuk uji lentur putar diperoleh nilai batas aman 149,14 Mpa dengan 2074300 siklus.

Kata Kunci: Baja ST 41, *Quenching*, Uji Tarik, Uji Lentur Putar, Uji Puntir.

1. PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu logam ferro yang paling banyak digunakan dalam berbagai bidang, terutama di bidang rancang bangun dan rekayasa. Seiring dengan perkembangan teknologi ditemukan banyaknya kegagalan mekanis, perkembangan ilmu pengetahuan dan banyaknya penemuan baru, menyebabkan faktor-faktor

perancangan mulai bertambah. Salah satu contohnya misalnya faktor kelelahan logam. Pada saat faktor kelelahan belum diketahui, perencanaan suatu komponen hanya didasarkan pada pembebanan statik. Namun dalam praktiknya kemudian ditemukan banyak masalah seperti patahnya poros kereta api, poros roda mobil, rusaknya rivet pada kabin pesawat, dan peristiwa

patahnya poros baling-baling kapal (*Propeller Shaft*). Dengan adanya fenomena tersebut, menuntut para ahli untuk menciptakan produk yang memiliki sifat-sifat lebih unggul, yang dikhususkan untuk penerapan tertentu. Dalam penggunaannya bahan atau material dituntut harus memiliki nilai kekerasan, sifat keuletan, serta ketangguhan yang baik. Salah satu tujuan pengembangan material atau bahan ini adalah untuk mencari dan menentukan sifat-sifat fisik material khususnya baja jenis ST 41 untuk mengetahui baik tidaknya apabila digunakan sebagai bahan poros baling-baling kapal (*propeller shaft*). Dalam penggunaan material untuk sebuah poros baling-baling kapal harus memenuhi standar tertentu. Berdasarkan BKI material untuk sebuah poros harus memiliki kekuatan tarik (*tensile strenght*) antara 400-800 N/mm² (*Vol.3 Rules for Machinery Installation 2006 sec.4*) dan material yang digunakan adalah stainless steel dan baja karbon.

Terdapat berbagai jenis perlakuan panas yang ada dan sering digunakan. Dalam hal ini proses yang digunakan adalah *quenching* terhadap baja ST 41. *Quenching* adalah proses pemanasan baja karbon hingga suhu *austenit*, kemudian didinginkan secara cepat akan membentuk struktur yang *martensit* yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari struktur *perlite* dan *ferrite*.

1.1 Perumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka penelitian ini diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Pengaruh beban tarik yang terjadi terhadap kekuatan lelah pada material poros setelah diberikan perlakuan panas *quenching*.
2. Pengaruh beban lentur putar yang terjadi terhadap kekuatan lelah pada material poros setelah diberikan perlakuan panas *quenching*.
3. Pengaruh beban puntir yang terjadi terhadap kekuatan lelah pada material poros setelah diberikan perlakuan panas *quenching*.
4. Jenis perlakuan panas yang diberikan kepada material logam dapat memenuhi standar yang digunakan.
5. Mengetahui struktur metalografi pada material baja ST 41 setelah dilakukan perlakuan panas *quenching* dibandingkan dengan material baja ST 41 yang belum mengalami perlakuan panas.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan proposal tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan adalah :

1. Proses perlakuan panas yang digunakan adalah *quenching*, dengan media pendingin oli mesin SAE 20W-50
2. Pemanasan dilakukan pada suhu 850°C.
3. Pengujian kekuatan yang dilakukan dengan menggunakan spesimen setelah dilakukan perlakuan panas tanpa dilakukan takik terlebih dahulu.
4. Uji material yang dilakukan adalah dengan Uji Puntir (*Torsion*), Uji Lentur Putar (*Rotary Bending*), uji Tarik (*Tensile Strength*), dan uji metalografi.
5. Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 41 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society for Testing and Material*).
6. Analisa tidak membahas tentang getaran, perubahan struktur mikro yang terjadi pada spesimen selama pengujian.
7. Penelitian hanya dilakukan dengan pengujian tanpa analisa dengan *software*.

1.3 Tujuan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) dari baja ST 41 setelah dilakukan perlakuan panas *quenching*.
2. Mengetahui nilai kekuatan lentur putar (*rotary bending*) dari baja ST 41 setelah dilakukan perlakuan panas *quenching*.
3. Mengetahui nilai kekuatan puntir (*torsion*) dari baja ST 41 setelah dilakukan perlakuan panas *quenching*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja Karbon

Baja karbon adalah baja dengan karbon sebagai campuran *interstisial* utama berkisar 0,1-2,0%. Disamping itu, baja karbon juga mengandung unsur campuran lainnya seperti S, P, S dan Mn. Ketika persentase kandungan karbon meningkat, baja akan semakin keras dan kuat dengan perlakuan panas (*heat treatment*), namun keuletannya akan berkurang [1].

2.2 Baja ST 41

Baja St.41 adalah baja yang memiliki kadar

karbon 0,16 %, karena kadar karbonnya kurang dari 0,30 % maka baja ini termasuk golongan baja karbon rendah dan mempunyai regangan sebesar 36-24 % . Makna dari penamaan St.41 sendiri adalah dari St memiliki arti baja (Stahl), angka 41 dalam baja ini menunjukkan bahwa minimum ketangguhan putus-tarik adalah 41 kg/mm². Ketangguhan tarik juga dibatasi keatas yaitu umumnya $St.41 \leq 50 \text{ kg/mm}^2$.

2.3 Hardening

Hardening adalah suatu proses perlakuan panas dengan cara pemanasan sampai suhu austenite dan dengan pendinginan cepat (*quenching*). Tujuan dari dilakukan hardening adalah meningkatkan kekerasan, kekuatan dan *fatigue limit* [4].

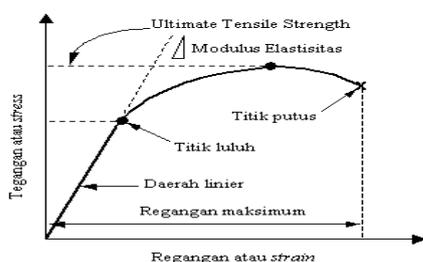
2.4 Quenching

Quenching adalah suatu proses perlakuan panas dengan cara memanaskan logam sampai suhu *austenite*, kemudian didinginkan secara cepat dengan berbagai media yang dimana akan membentuk struktur *martensit* yang memiliki kekerasan yang lebih dari *ferrite* dan *perlite*. Tujuan dari *quenching* adalah meningkatkan kekerasan, kekuatan, dan *fatigue limit* [7].

2.5 Pengujian Tarik

Uji Tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji[8].

Proses terjadinya deformasi pada bahan hingga putus, dapat dievaluasi melalui tahapan pembebanan tarik. Hasil pengukuran dari pengujian tarik adalah suatu kurva yang memberikan hubungan antara gaya yang dipergunakan dan perpanjangan yang dialami oleh spesimen.



Gambar 1 kurva hasil pengujian tarik

2.6 Pengujian Lentur Putar

Uji lentur putar merupakan salah satu dari pengujian lelah (*fatigue*) yang berfungsi untuk menganalisa/ mengetahui ketahanan lelah dari suatu bahan/ material [6]. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pengujian ini adalah variabel-variabel sebagai berikut :

- Pemilihan jenis bahan/ material yang akan diuji.
- Dimensi dari benda uji (spesimen).
- Pembebanan yang akan diberikan ketika di proses pengujian berlangsung.
- Perlakuan terhadap spesimen (panas/ heat treatment, pemberian takik sebagai pengkodisian cacat material,dll)

2.7 Pengujian Puntir

Uji puntir pada suatu spesimen dilakukan untuk menentukan keplastisan suatu material. Spesimen yang digunakan pada pengujian puntir adalah batang dengan penampang lingkaran karena bentuk penampang ini paling sederhana sehingga mudah diukur. Spesimen tersebut hanya dikenai beban puntiran pada salah satu ujungnya karena dua pembebanan akan memberikan ketidakkonstanan sudut puntir yang diperoleh dari pengukuran.

Pengukuran yang dilakukan pada uji puntir adalah momen puntir dan sudut puntir. Pengukuran ini kemudian dikonversikan menjadi sebuah grafik Momen Puntir terhadap Sudut Puntir (dalam putaran). Namun, pada daerah plastis hubungan antara momen puntir dengan sudut puntir tidak linear lagi, sehingga diperlukan rumus yang berbeda pula untuk mencari tegangan geser.

2.8 Pengujian Metalografi

Uji Metalografi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro sebuah logam atau paduan. Melalui Proses ini kita dapat mengetahui struktur dari suatu logam atau paduan dengan memperjelas batas-batas butir logam sehingga dapat langsung dilihat dengan menggunakan mikroskop dan diambil gambarnya. Pengujian mikrografi dimaksudkan untuk melihat perubahan struktur pada sebuah logam atau paduan setelah dilakukan pengelasan dari logam murni.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari buku buku, majalah, modul, artikel, jurnal dan melalui internet. Sehingga dapat mempelajari karakteristik material

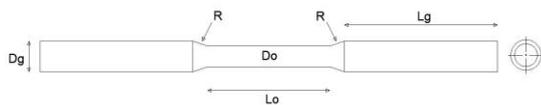
baja ST 41, *heat treatment*, serta mempelajari pengujian tarik, lentur putar, puntir, dan metalografi.

3.2 Pemilihan Benda Uji

Berdasarkan BKI Volume III *Rules for Machinery Installation 2006 sec. 4*, bahan material yang digunakan untuk proses pembuatan poros baling-baling (*shaft propeller*) adalah *stainless steel* dan *carbon steel*. Dalam hal ini pemilihan bahan uji yang digunakan sebagai objek penelitian poros baling-baling (*shaft propeller*) adalah *low carbon steel* yaitu baja ST 41.

3.3 Spesimen Uji Tarik

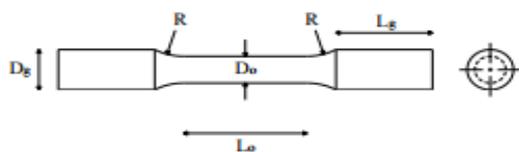
Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 41 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society of Testing and Material*) tipe E-8 (*Test Method for Tension Testing of Metallic Materials*).



Gambar 2 spesimen pengujian tarik

3.4 Spesimen Uji Lentur Putar

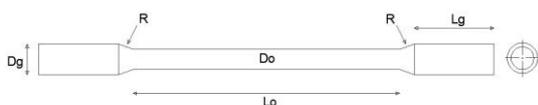
Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 41 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society of Testing and Material*) tipe E-466 (*Test Method for Tension Testing of Metallic Materials*).



Gambar 3 spesimen pengujian lentur putar

3.5 Spesimen Uji Puntir

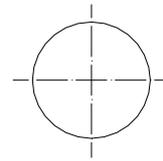
Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 41 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society of Testing and Material*) tipe E-143 (*Standard Test Method for Shear Modulus at Room Temperatures*).



Gambar 4 spesimen pengujian puntir

3.6 Spesimen Uji Metalografi

Dimensi spesimen pengujian metalografi menggunakan tabung silindris dengan tebal 22 mm.



Gambar 5 spesimen pengujian metalografi

4. HASIL PENGUJIAN

4.1 Uji Komposisi

Uji komposisi ini bertujuan untuk mendeteksi secara detail jenis dan kadar dari unsur-unsur kimia penyusun sebuah material. Sehingga dapat diketahui unsur-unsur apa saja dan berapa besar jumlahnya yang terkandung dalam material baja ST 41.

Berdasarkan data hasil pengujian dan data Rules BKI Volume V 2006 For Material Sec.5 maka dapat diketahui perbandingan persentase komposisi baja ST 41 perlakuan panas *quenching*. Perbandingan persentase komposisi baja ST 41 perlakuan panas *quenching* antara rules BKI dengan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 1 Hasil uji komposisi

Batas Komposisi Kimia			Hasil Pengujian
Baja Karbon (%)			
Unsur Kimia		Standar BKI	
C	Karbon	Max. 0,50	0,100
Mn	Mangan	0,3 – 1,70	0,3030
Si	Silikon	Max. 0,45	0,1213
P	Fosfor	Max. 0,035	0,0189
S	Sulfur	Max. 0,035	0,0247

Apabila dibandingkan dengan hasil uji komposisi material baja ST 41 pada Tabel 4.1, maka dari kelima komposisi kimia yang dipersyaratkan BKI menunjukkan bahwa material baja ST 41 memenuhi persyaratan BKI Volume V "*Rules for Materials*" tahun 2006 Section 5, sebagai material/ bahan pembuatan poros baling-baling kapal.

4.2 Uji Tarik

Pada umumnya, pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi dasar dari kekuatan tarik, kekuatan luluh, persen perpanjangan dan nilai regangan.

Tabel 2 Hasil uji tarik

Spes. Uji	Teg. Luluh (Mpa)	Teg. Max (MPa)	Regangan (%)
1	265.33	384.03	50.6
2	282.81	388.45	47.8
3	285.4	399.56	43.3
4	222.28	387.19	44.3
5	237.62	403.23	42.1

Berdasarkan tabel diatas, maka dapat diketahui nilai modulus *young* adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} \quad (1)$$

$$E = \frac{393}{0,456}$$

$$E = 861,84 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan hasil pengujian, juga dapat diketahui nilai poisson number adalah sebagai berikut:

$$\nu = \frac{\text{Tegangan transversal}}{\text{Tegangan longitudinal}} \quad (2)$$

$$\nu = \frac{0,36}{0,45}$$

$$\nu = 0,81$$

Selanjutnya, berhubung modulus young E adalah 861,84 Mpa, dan poisson number ν adalah 0,81 maka nilai modulus geser G adalah sebagai berikut:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (3)$$

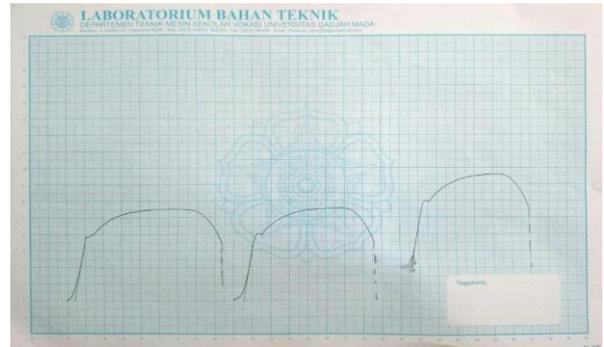
$$G = \frac{861,84 \text{ Mpa}}{2(1 + 0,81)}$$

$$G = 238,07 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan uji tarik yang telah dilakukan terhadap baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching*, maka dapat diketahui karakteristik baja ST 41 sebagai berikut:

1. Baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching* memiliki nilai tegangan luluh sebesar 285.68 Mpa.

2. Baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching* memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 392,49 Mpa.



Gambar 6 Kurva tegangan regangan uji tarik baja st 41 setelah *quenching*

4.3 Uji Lentur Putar

Pengujian lentur putar bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ketahanan dari suatu material ketika menerima beban statis. Dalam pengujian ini besarnya beban yang ditanggung dan pemasangan yang tepat spesimen uji pada alat akan sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian.

Perhitungan beban batas aman spesimen:

$$P = \frac{2.M}{a} \quad (4)$$

$$P1 = \frac{2 \times 7493,29}{200}$$

$$P1 = 74,93 \text{ N}$$

Perhitungan tegangan tiap-tiap beban:

$$\frac{P.a}{2} = \frac{\sigma_a \cdot \pi \cdot d^3}{32} \quad (5)$$

$$\sigma_a = \frac{32.P.a}{2 \cdot \pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_a = \frac{16.P.a}{\pi \cdot d^3} \text{ Mpa}$$

Tabel 3 Hasil uji lentur putar

ST 41	Do(mm)	P(Newton)	Siklus	Stress(Mpa)
Spesimen 1	8	74,93	2074300	149,14
Spesimen 2	8	125	802600	248,80
Spesimen 3	8	175	105100	348,32

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan uji lentur putar yang telah dilakukan terhadap baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching*, maka :

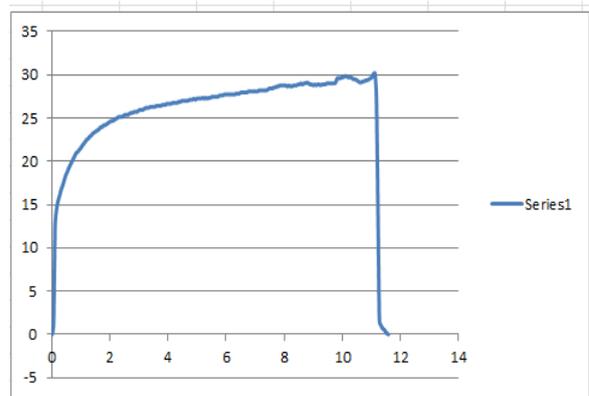
1. Spesimen pertama dengan diberi beban 74,93 N mendapatkan jumlah siklus sebesar 2074300 tanpa ada patah.
2. Spesimen ke dua dengan diberi beban 125 N mendapatkan jumlah siklus sebesar 802600 N dan terjadi sedikit bengkak.
3. Spesimen ke tiga dengan diberi beban 175 N mendapatkan jumlah siklus sebesar 105100 dan terjadi bengkak.

4.4 Uji Puntir

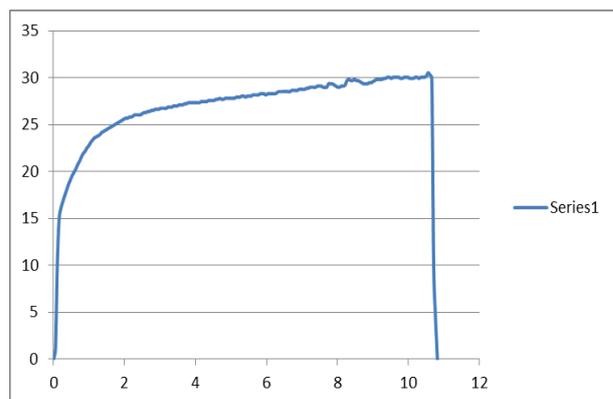
Uji puntir merupakan suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat seperti modulus elastisitas geser, kekuatan luluh puntir dan modulus pecah.

Tabel 4 Hasil uji puntir

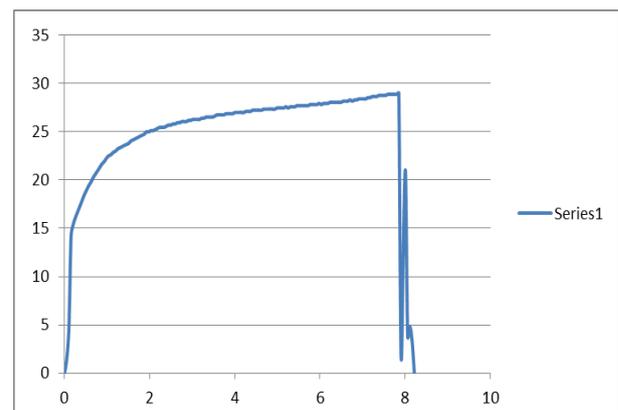
Putaran	Torsi (N.m)			Rata-rata
	Spes. 2	spes. 3	spes. 4	
0.5	18.74	19.56	18.97	19.09
1	21.8	23.09	22.51	22.47
1.5	23.45	24.51	23.8	23.92
2	24.63	25.68	25.1	25.14
2.5	25.33	26.17	25.68	25.73
3	25.92	26.74	26.27	26.31
3.5	26.27	27.11	26.64	26.67
4	26.64	27.34	26.99	26.99
4.5	26.99	27.58	27.23	27.27
5	27.23	27.81	27.46	27.5
5.5	27.46	28.05	27.7	27.74
6	27.71	28.29	27.81	27.94
6.5	27.93	28.52	28.05	28.17
7	28.05	28.76	28.4	28.4
7.5	28.4	29.11	28.76	28.76
8	28.76	28.99	-	28.88
8.5	28.87	29.7	-	29.29
9	28.87	29.7	-	29.29
9.5	28.99	29.93	-	29.46
10	29.71	29.93	-	29.82
10.5	29.35	30.17	-	29.76
11	29.7	-	-	29.7
max	30.17	30.53	28.99	30.02



Gambar 7 kurva hasil pengujian puntir spes. 2



Gambar 8 kurva hasil pengujian puntir spes. 3



Gambar 9 kurva hasil pengujian puntir spes. 4

Berdasarkan tabel 4.4, maka dapat diketahui bahwa nilai rata-rata momen puntir / torsi pada putaran maksimum baja ST 41 perlakuan panas *quenching* adalah 30,02 N.m. Sehingga didapat tegangan geser maksimum adalah sebagai berikut:

$$\tau_g = \frac{16.T_{max}}{\pi.d^3} \quad (6)$$

$$\tau_g = \frac{16 \cdot 30200}{3.14.7^3}$$

$$\tau_g = 448,65 \text{ Mpa}$$

Setelah didapatkan nilai tegangan maksimum, maka dapat dicari nilai modulus geser menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G = 303,24 \text{ Mpa} \quad (7)$$

$$G = \frac{448,65 \cdot 100}{235,6 \cdot 0,628}$$

$$G = 303,24 \text{ Mpa}$$

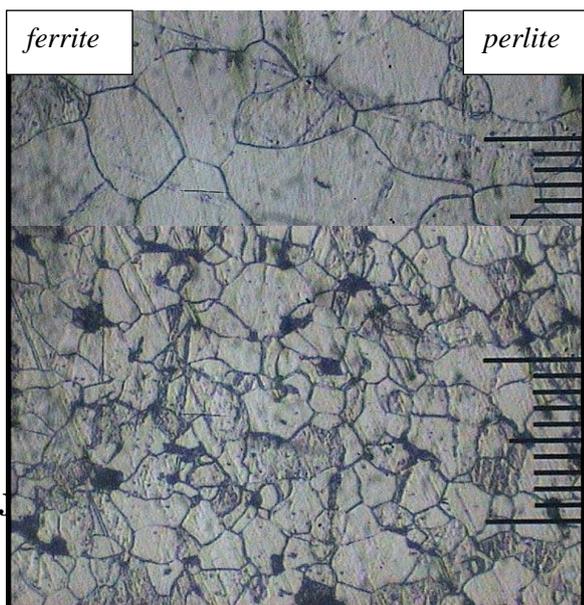
Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan uji puntir yang telah dilakukan terhadap baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching*, maka dapat diketahui karakteristik baja ST 41 sebagai berikut:

1. Baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching* memiliki nilai torsi maksimum sebesar 30,02 N.m.
2. Baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching* memiliki nilai tegangan geser maksimum sebesar 448,65 Mpa.

4.5 Uji Metalografi

Pengujian metalografi ini dilakukan pada dua jenis spesimen yaitu; baja ST 41 tanpa perlakuan panas, dan baja ST 41 perlakuan panas *quenching*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dan membandingkan perubahan struktur mikro baja ST 41 karena mendapat proses perlakuan panas (*heat treatment*).

Berdasarkan pengujian metalografi yang telah dilakukan maka didapatkan data sebagai berikut:



Gambar 10 Struktur mikro raw material ST 41
1 Struktur mikro proses *quenching* *ferrite* *perlite*

Fasa yang terlihat pada kedua foto diatas ialah *ferrite* yang berwarna putih dan *perlite* yang berwarna hitam (gelap). Fasa *ferrite* hanya bisa diperoleh jika kandungan karbon dalam baja adalah rendah. *Ferrite* merupakan fasa yang memiliki kekuatan rendah namun memiliki kekuatan ulet yang tinggi. Fasa *perlite* merupakan campuran dari *ferit* dan *sementit*, dimana 2 fasa ini adalah hasil transformasi dari fasa *austenit*.

Pembentukan fasa *perlite* memerlukan pendinginan lambat dari daerah *austenit* dan juga tergantung dari komposisi yang terkandung dalam baja.

Berdasarkan pengujian metalografi baja ST 41 yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses perlakuan panas (*heat treatment*) akan mengubah struktur mikro pada material.
2. Baja ST 41 tanpa perlakuan panas memiliki keuletan dan ketangguhan lebih baik dibandingkan dengan baja ST 41 perlakuan panas *quenching*, hal tersebut dikarenakan baja ST 41 tanpa perlakuan panas memiliki fasa *ferrite* yang lebih dominan dibandingkan dengan baja ST 41 yang telah mengalami perlakuan (*panas heat treatment*).
3. Baja ST 41 perlakuan panas *quenching* memiliki kekerasan lebih baik dibandingkan dengan baja ST 41 tanpa perlakuan panas, hal tersebut dikarenakan baja ST 41 perlakuan panas *quenching* memiliki fasa *perlite* yang lebih dominan dibandingkan dengan baja ST 41 tanpa perlakuan panas.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari uraian-uraian yang telah dibahas di bab IV, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian tarik yang telah dilakukan, baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching* memiliki nilai tegangan luluh sebesar 285.68 Mpa, dan memiliki

- nilai tegangan maksimum sebesar 393 Mpa. Sehingga baja ST 41 perlakuan panas *quenching* untuk tegangan luluh belum memenuhi syarat, dan untuk tegangan maksimum sudah memenuhi syarat.
2. Berdasarkan pengujian lentur putar yang telah dilakukan, baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching* memiliki nilai ketahanan umur sangat baik.
 3. Berdasarkan pengujian puntir yang telah dilakukan, baja ST 41 dengan perlakuan panas *quenching* memiliki nilai torsi maksimum sebesar 30,02 N.m, dan memiliki nilai tegangan geser maksimum sebesar 448,65 Mpa.

5.2 Saran

1. Apabila ingin melakukan penelitian tentang poros baling-baling kapal bisa ditambahkan pengujian seperti pengujian aus.
2. Apabila ingin melakukan penelitian tentang pengujian material sebaiknya dilakukan pemeriksaan spesimen terlebih dahulu apakah spesimen memiliki cacat material akibat pembuatan spesimen di mesin bubut, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengujian.
3. Apabila mengambil penelitian tentang pengujian material sebaiknya dilakukan pemeriksaan mesin uji terlebih dahulu untuk mengetahui apakah mesin uji telah dilakukan kalibrasi atau belum.
4. Prosedur pemasangan benda uji pada mesin *rotary bending* juga sangat perlu diperhatikan. Pemasangan yang tidak sesuai dengan prosedur bisa merusak material uji sesaat setelah mesin dihidupkan.

- [4] Djafri, Sriati. 1990. “*Dasar Metalurgi untuk Rekayasa*”. Terjemahan dari *Essential Metallurgy for Engineers*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Eddys. 2015. *Klasifikasi Baja Teknologi Bahan*
- [6] Jokosisworo, Sarjito. 2009. *Analisa Kekuatan Puntir, Lentur Putar dan Kekerasan Baja ST 60 untuk Poros Propeller setelah diquenching*. Jurnal Teknik Perkapalan Undip Volume 11 Nomor 2 Fakultas Teknik – Universitas Diponegoro.
- [7] Miftakhuddin, Nur. 2006. *Pengaruh Temper dengn Quench Media Oli Mesran SAE 20W – 50 terhadap Karakteristik Medium Carbon Steel*. Skripsi sarjana FT Universitas Negeri Semarang :tidak diterbitkan
- [8] Santoso. 2008. *Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Impak Pada Baja ST 41*. <http://e-journal.upstegal.ac.id/index.php/Oseatek/article/view/210>

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amanto Hari dan Daryanto, 1999. *Ilmu Bahan*, Jakarta Smar Grafika Offset.
- [2] ASM, 2004, *Metallography and microstructures, ASM Handbook Committee, Metal Park, Amerika*.
- [3] Biro Klasifikasi Indonesia. 2001, “*Rules for Materials, Vol.V*”.