

**ANALISA KEKUATAN MATERIAL TAHAN KARAT SHAFT
PROPELLER KAPAL BEKAS DENGAN VARIASI SUHU
PERLAKUAN PANAS**

SKRIPSI

BIDANG MATERIAL TEKNIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AHSIN KHULUQI
NIM. 171210330

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONTIANAK
2021**

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA KEKUATAN MATERIAL TAHAN KARAT SHAFT
PROPELLER KAPAL BEKAS DENGAN VARIASI SUHU
PERLAKUAN PANAS

SKRIPSI

BIDANG MATERIAL TEKNIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AHSIN KHULUQI
NIM. 171210330

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal Maret 2021

Dosen Pembimbing I

Dr. Doddy Irawan, M.Eng.
NIDN. 1121108001

Dosen Penguji I

Gunarto, S.T., M.T.
NIDN. 0009097301

Dosen Pembimbing II

Fuazen, S.T., M.T.
NIDN. 1122077301

Dosen Penguji II

Eko Sarwono, S.T., MT.
NIDN. 0018106901

Mengetahui
Ketua Jurusan/Ketua Program Studi

Eko Julianto, S.T., M.T.
NIDN. 201602110286047

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisa Kekuatan Material Tahan Karat Shaft Propeller Kapal Bekas dengan Variasi Suhu Perlakuan Panas”. Penelitian ini disusun sebagai acuan untuk melakukan penelitian.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua, Bapak Muchlas dan Ibu Muniroh yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan, motivasi, kasih sayang, serta inspirasi sehingga penulis dapat menyelesaikan rencana penelitian ini.
2. Dr. Doddy Irawan, S.T., M.Eng., selaku Rektor sekaligus pembimbing akademik, Fuazen, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak, Eko Julianto, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Muhammadiyah Pontianak.
3. Gunarto, S.T., M.Eng., Waspodo, S.T., M.T., Eko Sarwono, S.T., M.T., dan Ir. Achmad Kuntadi, S.T., M.Eng., selaku dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak yang telah membantu dan mendidik selama proses menimba ilmu. Serta serta seluruh Staff akademisi yang tidak disebutkan satu persatu.
4. Saudara serta teman-teman yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta doa.

Terlepas dari semua itu, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu, dengan senang hati penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar bisa memperbaiki penyusunan rencana penelitian ini.

Pontianak, 02 April 2020

Ahsin Khuluqi
NIM. 171210330

DAFTAR ISI

	halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Poros Baling-Baling	6
2.2.2 Reparasi Poros Baling-Baling Kapal.....	8
2.2.3 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia.....	9
2.2.4 Klasifikasi Logam.....	9
2.2.4.1 Baja Paduan Rendah.....	11
2.2.4.2 Baja Paduan Tinggi	16
2.2.5 Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>)	16
2.2.5.1 Diagram Fase.....	18
2.2.5.2 Baja Tahan Karat Austenitik	22
2.2.5.3 Perlakuan Panas.....	25
2.3 Pengujian Sifat Mekanik.....	28
2.3.1 Pengujian Kekerasan	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	37
3.2 Landasan Perencanaan	37
3.3 Bahan dan Alat.....	37
3.4 Tahapan Penelitian.....	38
3.4.1 Tahap Persiapan	38
3.4.2 Tahap Perlakuan Panas	38
3.4.3 Tahap Pengujian.....	39
3.4.4 Metode Pengambilan dan Analisis Data	39
3.5 Diagram Aliran Penelitian.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Perlakuan Panas	43
4.2 Pengamatan Struktur Mikro	45
4.2.1 Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....	45
4.2.2 Analisa dan Pembahasan Uji Struktur Mikro.....	47
4.3 Pengujian Kekerasan.....	47
4.3.1 Hasil Uji Kekerasan Tanpa Perlakuan Panas	48
4.3.2 Hasil Uji Kekerasan Perlakuan Panas 400 °C.....	49
4.3.3 Hasil Uji Kekerasan Perlakuan Panas 600 °C.....	50
4.3.4 Hasil Uji Kekerasan Perlakuan Panas 990 °C.....	51
4.3.5 Analisa dan Pembahasan Uji Kekerasan	51
BAB V PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR GAMBAR

	halaman
2.1 Propulsi kapal	7
2.2 Detail system poros	7
2.3 Proses pelurusan poros baling-baling.....	8
2.4 Empat komponen disiplin ilmu teknik material dan keterkaitannya	10
2.5 Skema klasifikasi <i>metal alloys</i>	11
2.6 Diagram Biner Iron-Chromium equilibrium.....	19
2.6 Isotermal Equilibrium Diagram pada Fe-Ni-Cr	20
2.7 Skema Isotermal Diagram Equilibrium pada Fe-Cr-Mo.....	21
2.8 Diagram Schaeffler untuk baja tahan karat	22
2.9 Struktur BCC dan FCC	24
2.10 Terbentuknya karbida pada batas butir	25
2.11 Batas butir pengendapan M ₂₃ C ₆ pada baja tahan karat austenitic ...	26
2.12 Perlakuan dan transformasi termal utama yang terjadi pada baja tahan karat Austenitik	27
2.13 Uji Vickers indentor pyramid	32
2.14 Uji Knoop indentor piramid	33
3.1 Detail pengambilan sampel dan titik pengujian.....	41
3.2. Diagram alir penelitian poros baling-baling kapal bekas	42
4.1 Kurva waktu pemanasan	44
4.2 Perbedaan warna setelah perlakuan panas	44
4.3 Proses pengamplasan permukaan dan hasil pengamplasan	45
4.4 Pemberian cairan kimia H ₂ SO ₄	45
4.5 Struktur baja tahan karat austenitik poros baling-baling kapal bekas tanpa perlakuan panas	46
4.6 Struktur baja tahan karat austenitik poros baling-baling kapal bekas perlakuan panas 400 °C.....	46
4.7 Struktur baja tahan karat austenitik poros baling-baling kapal bekas perlakuan panas 600 °C.....	46
4.8 Struktur baja tahan karat austenitik poros baling-baling kapal bekas	

perlakuan panas 990 °C.....	47
4.9 Proses pengujian dan detail titik pengujian per diameter Inch	42
4.10 Grafik angka kekerasan hasil pengujian	52

DAFTAR TABEL

	halaman
2.1a Komposisi baja karbon rendah	12
2.1b Sifat mekanik baja karbon rendah.....	13
2.2a Komposisi baja karbon sedang.....	14
2.2b Sifat mekanik baja karbon sedang	15
2.3 Komposisi baja perkakas karbon tinggi	16
2.4 Fase dominan baja tahan karat	17
2.5 Pengaruh unsur paduan baja tahan karat.....	18
2.6 Diagram Biner Iron-Chromium equilibrium.....	19
2.7 Komposisi kimia pada baja tahan karat Austenitik.....	23
2.8 Beban dan identasi dari test kekerasan Rockwell	31
2.9a Konversi angka kekerasan	35
2.9b Konversi angka kekerasan.....	36
3.1. Bahan dan Alat.....	38
3.2. Data pengujian shaft propeller bekas	40
4.1 Waktu pemanasan Thermo Scientific model 104	44
4.2 Data pengujian Kedalaman bahan uji tanpa perlakuan panas	48
4.3 Data pengujian bahan uji tanpa perlakuan panas	49
4.4 Data pengujian Kedalaman bahan uji perlakuan panas 400 °C	49
4.5 Data pengujian bahan uji perlakuan panas 400 °C	50
4.6 Data pengujian Kedalaman bahan uji perlakuan panas 600 °C	50
4.7 Data pengujian bahan uji perlakuan panas 600 °C	51
4.8 Data pengujian Kedalaman bahan uji perlakuan panas 990 °C	51
4.9 Data pengujian bahan uji perlakuan panas 990 °C	52

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1 Proses pemotongan bahan uji	57
Lampiran 2 Proses perlakuan panas bahan uji	58
Lampiran 3 Proses menghaluskan permukaan bahan uji	59
Lampiran 4 Proses pengamatan struktur mikro	60
Lampiran 5 Proses uji kekerasan metode rockwell skala C	61
Lampiran 5 Proses pengukuran kedalaman uji kekerasan	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seperti yang kita ketahui *Propeller Shaft* atau poros baling-baling merupakan salah satu instrumen penting dalam permesinan kapal yang berfungsi untuk meneruskan tenaga yang dihasilkan dari mesin induk ke baling-baling sehingga mendapat daya dorong. Seiring dengan vitalnya instrument ini maka pemilihan material dalam perencanaan kapal haruslah diperhatikan. Dalam sebuah berputarnya/bekerjanya poros baling-baling, poros tersebut menanggung berbagai jenis beban akibat dari kombinasi berbagai bentuk gaya. Beban yang terjadi pada waktu berputarnya/bekerjanya poros baling-baling antara lain adalah beban puntir, beban lentur putar, beban tekan dan beban tarik, dimana beban-beban tersebut terjadi secara berulang-ulang yang akhirnya akan terjadi kegagalan lelah (*fatigue failure*) pada material.

Dalam industri perkapalan banyak ditemukan poros baling-baling mengalami deformasi (*fatigue failure*) yang harus di perbaiki kembali dengan cara pengelasan maupun pemanasan, tidak jarang armada kapal-kapal mengalami insiden maupun telah mencapai usia konstruksi (plat) yang mengharuskan pemilik kapal memilih untuk menjual kapal dengan harga jual besi bekas, tidak mereparasi kapalnya dengan alasan biaya terlalu mahal. Efisiensinya adalah memilih beberapa komponen yang dirasa masih bisa digunakan kembali dan salah satunya adalah komponen penggerak kapal berupa poros baling-baling. Untuk mengetahui apakah poros tersebut masih layak digunakan kembali atau tidak, maka diperlukan beberapa pengujian terutama pada kondisi kekuatan material yang mengacu pada ketentuan kemaritiman dalam negeri yaitu aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dengan ketentuan kekuatan *tensile* material antara 400 – 800 N/mm² (*Rule BKI Vol III Sec 4*).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengetahui kekuatan material tahan karat pada poros baling-baling kapal bekas sehingga dapat digunakan kembali dimana mengacu pada regulasi yang berlaku.

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini masalah dibatasi sebagai berikut :

1. Material tahan karat austenitik poros baling-baling bekas.
2. Variasi suhu perlakuan panas 400°, 600° dan 990° C.
3. Pendinginan menggunakan suhu ruangan.
4. Pengujian menggunakan uji kekerasan dan pengamatan struktur mikro.

1.4. Tujuan

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka tujuan penelitian kekuatan material poros baling-baling kapal yaitu sebagai berikut :

1. Seberapa kuat nilai *tensile strength* material bekas dengan perlakuan panas yang berbeda.
2. Mengetahui struktur mikro pada variasi suhu perlakuan panas masing-masing specimen material.
3. Menentukan apakah kekuatan material poros baling-baling bekas masih layak digunakan kembali untuk poros baling-baling sesuai persyaratan material poros Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *Rule Volume III Section 4*.

1.5. Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan salah satu referensi yang berguna dalam analisis kekuatan material.
2. Dapat mengetahui perubahan struktur mikro pada perlakuan suhu panas yang berbeda.

3. Dapat memperhitungkan kelayakan poros baling-baling bekas sesuai regulasi yang berlaku.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah mengetahui sisi dari proposal penelitian ini maka sistematika penulisan disajikan dalam tulisan yang terdiri dari :

BAB I : Merupakan Pendahuluan yang berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat, dan Sistematika Penulisan.

BAB II : Merupakan Tinjauan Pustaka yang terdiri dari landasan teori yang berkaitan dengan teori ilmu bahan.

BAB III : Merupakan Metodologi Penelitian yaitu yang menjelaskan tentang tempat dan pelaksanaan penelitian, peralatan yang digunakan, langkah-langkah percobaan dan pengambilan data.

BAB IV : Pembahasan.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan mengenai material poros bekas kapal berbahan baja tahan karat akibat variasi pemanasan terhadap struktur mikro dan kekerasan material, yang menggunakan variasi suhu temperature ruang, 400 °C, 600 °C, dan 990 °C dapat disimpulkan bahwa:

- Kekuatan material poros baling-baling kapal bekas untuk semua variasi suhu, angka kekerasaan tertinggi pada nilai 13 HRC setara Tensile Strength 660 N/mm² dan terendah pada nilai kekerasaan 3 HRC setara Tensile Strength 545 N/mm².
- Struktur mikro masih tetap pada fase Austenit, dikarenakan baja tahan karat Austenit merupakan *non heatreable* atau tidak bisa diubah signifikan dan ditingkatkan kekerasannya hanya menggunakan pemanasan, *annealing solution* digunakan untuk melunakkan baja tahan karat agar lebih mudah saat meluruskan poros baling-baling dan melarutkan fase yang telah mengendap selama pemrosesan termomekanis atau pemakaian dari material, terutama karbida kaya kromium yang menyebabkan korosi intergranular (fenomena sensitisasi).
- Berdasarkan ketentuan *rule and standard* Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *Rule Volume III Section 4* rentang tensile strength untuk bahan poros baling-baling kapal adalah 400 – 800 N/mm², material ini masih dalam kelayakan dipakai kembali.

Kesimpulan ini bersifat tidak mutlak mengikat yang dapat digunakan untuk semua material poros bekas meskipun berbahan sama, kesimpulan ini adalah kesimpulan obyektif yang didasarkan pada penelitian hasil percobaan. Dikarenakan pada setiap poros kapal bekas bisa mendapatkan faktor-faktor beragam yang mengakibatkan kelelahan material yang mempengaruhi kekuatan material.

5.2. Saran

Pada penelitian eksperimen ini tentu tidak sepenuhnya memberikan suatu hasil yang sempurna dalam penyelesaian masalah. Terlepas dari tepat atau kurangnya penelitian maka penulis memberikan beberapa saran untuk melengkapi dan menyempurnakan penelitian kedepannya:

- Pengujian Scanning Electron Microscope dan Energy Dispersive X-Ray (SEM - EDS) untuk mengetahui detail struktur mikro pada material.
- Pengujian kekuatan dapat ditambah berbagai metode pengujian agar bisa mendapatkan variable lebih pada kekuatan material seperti uji Tarik dan uji Puntir.
- Pengujian komposisi kimia agar dapat diketahui persentase unsur-unsur pada material.
- Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut sampai sejauh apa material bekas dapat bertahan hingga mempengaruhi kelelahan material.

DAFTAR PUSTAKA

- BKI. 2019. *“Rule for Classification and Construction”, Part I Seagoing Ships, Vol III Rule for Machinery Installation*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Mika Seltovirta. 2013. *“Handbook of Stainless Steel”*. Sweden: Research Stainless Outokumpu.
- William D. Callister, Jr. dan David G. Rethwisch. 2009. *“Material Science and Engineering Intruduction, Eight Edition”*, Newyork.
- George E. Totten, Ph.D., FASM. 2006. *“Steel Heat Treatment Metallurgy and Technologies, Second Edition”*. Prtland, Oregon: Portland State University.
- Alokesh Pramanik dan Animesh Kumar Basak. 2015. *“Stainless Microstructure, Mechanical Properties and Methods of Application”*. Newyork.
- Ewa Suganda dan Rahmawaty. 2013. *“Uji Kekuatan Material Stainless Steel 304 dengan Perlakuan Panas dan Tanpa Perlakuan Panas”*. Makasar: Sekolah Tinggi Teknik Harapan.
- Abdul Rahman Ramadhan. 2010. *“Perancangan Poros Baling-baling Kapal dengan Menggunakan Baja Tahan Karat 304”*. Jakarta: Gunadarma
- Vury Ayu Setyowati dan Eriek Wahyu Restu W. 2017. *“Analisa Kekuatan Tarik dan Karakteristik XRD pada Material Stainless Steel dengan Kadar Karbon yang Berbeda”*. Surabaya: Institut Teknik Adhitama Surabaya.
- Arga Jeremia Sinaga, Sultan L.M.H Simanjuntak dan Charles S.P Manurung. 2020. *“Analisa Laju Korosi dan Kekerasan pada Stainless Steel 316 L dalam Larutan 10% NaCl dengan Variasi Waktu Perendaman”*. Medan: Universitas HKBP Nommensen.
- Joelianto. 1996. Tesis *“Analisa Penggunaan Kembali Poros Baja Karbon Bekas ditinjau dari Fracture Mechanics”*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

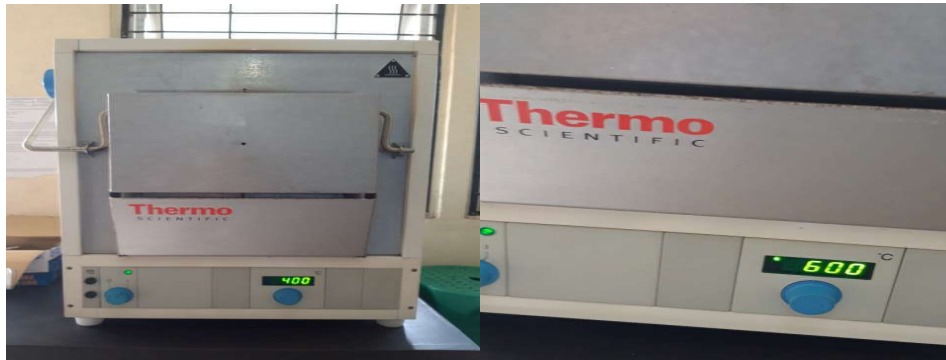
LAMPIRAN 1

PROSES PEMOTONGAN BAHAN UJI



LAMPIRAN 2

PROSES PERLAKUAN PANAS BAHAN UJI



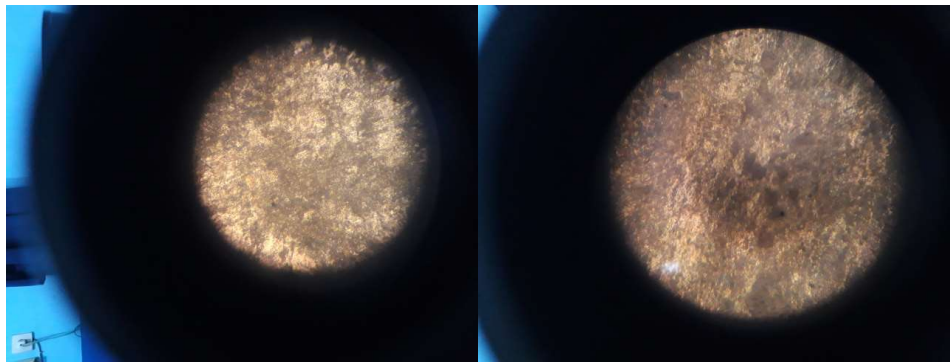
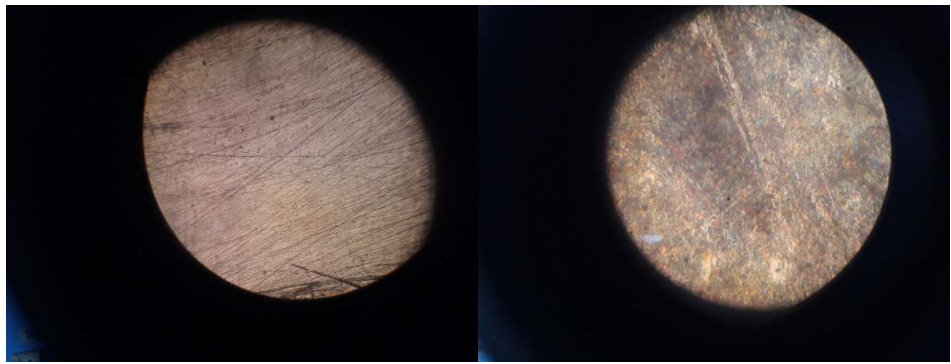
LAMPIRAN 3

PROSES MENGHALUSKAN PERMUKAAN BAHAN UJI



LAMPIRAN 4

PROSES PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO



LAMPIRAN 5

PROSES UJI KEKERASAN METODE ROCKWELL SKALA C



LAMPIRAN 6

PROSES PENGUKURAN KEDALAMAN UJI KEKERASAN

