

**PENGARUH MEDIA ARANG KAYU JATI, ARANG BAMBU DAN ARANG
TEMPURUNG KELAPA PADA PROSES KARBURISING YANG DISERTAI
PROSES *QUENCHING* TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK
RANTAI JANGKAR KAPAL**

TESIS

**Disusun Untuk Sebagian Persyaratan Memcapai Gelar
Magister Teknik
Pada Program Studi Magister Teknik Mesin**



Oleh:

ARIF DARMAWAN

U100160047

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

NOTA PEMBIMBING 1

Ir.Tri Widodo Besar Riyadi., M.Sc.Ph.D

Program Studi Teknik Mesin

Sekolah Pascasarjana

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas

Hal: Tesis Saudara ARIF DARMAWAN

Kepada Yth.

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Sekolah Pascasarjana

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, mengoreksi dan mengadakan perbaikan terhadap tesis saudara:

Nama : ARIF DARMAWAN

NIM : U 100160024

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Konsentrasi : Konversi Energi

Judul : **“Pengaruh Media Arang Kayu Jati, Arang Bambu Dan Arang Tempurung Kelapa Pada Proses Karburising Yang Disertai Proses Quenching Terhadap Struktur Mikro Dan sifat Mekanik Rantai Jangkar Kapal”**

Dengan ini kami menilai tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis pada Program Studi Teknik Mesin , Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wassalamu 'alaikum wr. wb

Surakarta, 26 Februari 2020

Pembimbing,



Ir.Tri Widodo Besar Riyadi., M.Sc.Ph.D

NOTA PEMBIMBING 2

Ir. Agus Dwi Anggono, ST., M.Eng., Ph.D

Program Studi Teknik Mesin

Sekolah Pascasarjana

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas

Hal: Tesis Saudara ARIF DARMAWAN

Kepada Yth.

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Sekolah Pascasarjana

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, mengoreksi dan mengadakan perbaikan terhadap tesis saudara:

Nama : ARIF DARMAWAN

NIM : U 100160024

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Konsentrasi : Konversi Energi

Judul : **“Pengaruh Media Arang Kayu Jati, Arang Bambu Dan Arang Tempurung Kelapa Pada Proses Karburising Yang Disertai Proses Quenching Terhadap Struktur Mikro Dan sifat Mekanik Rantai Jangkar Kapal”**

Dengan ini kami menilai tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis pada Program Studi Teknik Mesin , Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Surakarta, 26 Februari 2020

Pembimbing,



Ir. Agus Dwi Anggono, ST., M.Eng., Ph.D

**PENGARUH MEDIA ARANG KAYU JATI, ARANG BAMBU DAN ARANG
TEMPURUNG KELAPA PADA PROSES KARBURISING YANG DISERTAI
PROSES QUENCHING TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK
RANTAI JANGKAR KAPAL**

TESIS

Oleh
ARIF DARMAWAN

U100160047

Pembimbing	Nama	Tanda tangan	Tanggal persetujuan
Pembimbing Utama	<u>Ir. Tri Widodo Besar Riyadi,</u> <u>ST, M.Sc, Ph.D</u> NIDN : 0627017202		4 maret 2020
Pembimbing Pendamping	<u>Ir . Agus Dwi Anggono.,ST,</u> <u>M.Eng, Ph. D</u> NIDN : 0617067602		4 Maret 2020

Telah dinyatakan memenuhi syarat untuk diujikan
pada tanggal 4 Maret 2020

Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin
Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta



Ir . Tri Widodo Besar Riyadi.,ST, M.Sc, Ph.D
NIDN : 0627017202

**PENGARUH MEDIA ARANG KAYU JATI, ARANG BAMBU DAN ARANG
TEMPURUNG KELAPA PADA PROSES KARBURISING YANG DISERTAI
PROSES QUENCHING TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK
RANTAI JANGKAR KAPAL**

TESIS

Oleh
ARIF DARMAWAN
U100160047

TIM PENGUJI

Tim Penguji	Nama	Tanda tangan	Tanggal revisi
Ketua Penguji	<u>Ir. Tri Widodo Besar Riyadi.,ST.</u> <u>M.Sc, Ph.D</u> NIDN : 0627017202		5 maret 2020
Anggota 1	<u>Ir. Agus Dwi Anggono.,ST.</u> <u>M.Eng. Ph.D</u> NIDN : 0617067602		5 Maret 2020
Anggota 2	<u>Prof. Marwan Effendy.ST.</u> <u>M.Eng. Ph.D</u> NIDN : 0612107101		5 Maret 2020

Telah dipertahankan di hadapan tim penguji dan telah memenuhi syarat kelulusan
pada hari Kamis, tanggal 5 Maret 2020

Direktur Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta



Prof. Dr. Bambang Sumardjoko
NIDN : 0014056201

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 26 Februari 2020

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke at the end.

ARIF DARMAWAN

U100160047

ABSTRAK

Kekayaan alam Indonesia terhadap bahan bakar kayu mempunyai potensi besar untuk menghasilkan berbagai jenis arang yang dapat digunakan sebagai media untuk proses peningkatan kadar karbon pada bahan logam. Rantai jangkar kapal merupakan salah satu komponen konstruksi yang banyak dijumpai di daerah pelabuhan. Komponen ini mendapat beban berat terhadap beban Tarik dan gesek. Perlakuan karburasi telah banyak digunakan untuk meningkatkan kadar karbon sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik permukaan logam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanik rantai jangkar kapal melalui proses karburasi menggunakan media arang, yaitu arang kayu jati, arang bambu, dan arang tempurung kelapa, dan untuk mengetahui karakteristik dan senyawa yang terbentuk dari baja rantai jangkar kapal yang telah mengalami proses karburising dan *quenching*. Specimen yang digunakan untuk karburasi dipotong dari rantai kapal, dan selanjutnya dimasukkan dalam oven dengan wadah media arang. Suhu pemanasan proses karburising pada tungku pemanas mencapai suhu austenite (850 °C) dan ditahan sekitar 60 menit. Setelah itu specimen di *quenching* atau didinginkan secara cepat. Produk karburasi selanjutnya diuji dengan pengujian komposisi kimia, kekerasan Vickers, pengujian SEM dan pengujian XRD. Hasil pengujian kimia bahan rantai jangkar kapal menunjukkan bahwa kandungan paling dominan adalah Fe (iron) sebesar 98.92%, kandungan Mn sebesar 0.522% dan kandungan karbon sebesar 0.201% dan termasuk golongan baja karbon rendah.

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa proses karburasi pada media arang menghasilkan kekerasan tertinggi dibanding dengan media arang bambu dan tempurung kelapa. Nilai kekerasan hasil *karburising* yang menggunakan arang kayu jati sebesar 487.9 VHN, arang bambu sebesar 438.1 VHN arang tempurung kelapa sebesar 385.6 VHN. Hal ini berkaitan dengan besar butir yang paling kecil berdasarkan uji SEM. Sedangkan hasil uji XRD membuktikan terbentuknya fase baja karbon atau Fe, Fe₃C, dan Fe₃O₄, dimana specimen dengan media arang kayu jati memiliki kadar Fe₃O₄ terbesar.

Kata Kunci : Karburisasi, rantai jangkar kapal, arang kayu jati, arang bambu, dan arang tempurung kelapa.

ABSTRACT

Indonesia's natural wealth of wood fuel has great potential to produce various types of charcoal which can be used as a medium for the construction component has heavy burden on tensile and friction loadscarburizing has been widely used to increase carbon content so as to improve the mechanical properties of ship anchor chains through the carburizing process using charcoal media, namely teak charcoal, bamboo charcoal and coconut shell charcoal, and to find out its characteristics and compoundsformed from steel anchor chains that have undergone carburizing and quenching processes. The specimen used for carburizing is cut from the ship chain, and then put into an oven with a charcoal media container. The heating temperature of the carburizing process in the furnace reaches a temperature austenite (850 °C) and held for about 60 minutes. After that the specimens are quenched or cooled quickly. Carburizing products are then tested by chemical composition testing, hardness vickers, SEM testing and XRD testing. Chemical testing results of ship anchor chain materials showthat the most dominant content Fe (iron) of 98.92 % Mn content of 0.522 % and carbon content of 0.201 % and belongs to the low carbon steel group.

The result of hardness testing showed that the carburizing process in the charcoal media produced the highest hardness compared to bamboo charcoal and coconut shell media. The hardness value of carburizing results using teak charcoal is 487.9 VHN, bamboo charcoal is 438.1 VHN shell charcoal coconut of 385.6 VHN. This relates to the smallest grain size based on SEM test. While the XRD test results prove the formation of carbon steel phases or Fe, Fe₃C, Fe₃O₄, where specimen with teak charcoal media have the largest Fe₃O₄ content.

Keywords : carburizing, ship anchor chain, teak charcoal, bamboo charcoal, coconut shell charcoal.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan Puji Syukur Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah Nya, Serta dengan usaha yang sungguh-sungguh, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tesis ini sebagaimana yang diharapkan.

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik (MT) pada Program Pasca MTM di Universitas Muhammadiyah Surakarta yang mempunyai arti penting bagi penulis. Selain sebagai mata kuliah wajib, juga untuk menerapkan ilmu yang dipelajari selama ini. Dengan mengerjakan Tesis ini membuat penulis untuk berfikir kritis, obyektif, dan rasional. Harus disadari bahwa disiplin ilmu yang dipelajari di bangku kuliah bukanlah definisi Akhir yang merefleksikan keseluruhan potensi yang dimiliki mahasiswa. Diperlukan aktualisasi secara nyata yang diwujudkan dalam penyusunan Tesis .

Dalam penyusunan Tesis ini, penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Tri Widodo Besar Riyadi ST., M.Sc,Ph.D selaku Pembimbing Utama atas bimbingan dan pengarahan mulai dari penelitian hingga terselesaikannya Tesis ini.
2. Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D selaku Pembimbing Pendamping atas bimbingan dan pengarahannya.
3. Staf Laboratorium terpadu Universitas Diponegoro Semarang atas bantuan dalam melakukan penelitian.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam membuat Tesis ini serta pengetahuan yang penulis miliki. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun terhadap Tesis ini sehingga dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
NOTA PEMBIMBING 1	ii
NOTA PEMBIMBING 2	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Urutan Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2. Landasan Teori	7
2.3. Klasifikasi Baja Karbon	10
2.4. Pengaruh Unsur Paduan Baja	11
2.5. Sifat-sifat Mekanis Baja	13
2.6 Definisi Struktur Mikro	15
2.7. Heat Treatment	19
2.8. Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	21
2.9. <i>(X-Ray Powder Diffraction</i> (XRD)	22
2.10. Pengujian Kekerasan Vickers (<i>Vickers Hardness Test</i>).....	22
2.11. Proses Pembuatan Rantai jangkar Kapal	23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Penelitian	25
3.2 Persiapan Penelitian	26
3.3 Persiapan Bahan dan Alat	27
3.4 Pembuatan Spesimen	27
3.5 Langkah-Langkah pengujian	29

BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil pengujian Kekerasan dengan Metode Vickers	37
4.2. Hasil Pengujian Foto SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	37
4.3 Hasil Pengujian XRD	44
4.4 Analisa Data dan Pembahasan	45

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fasa Pada Baja	19
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 diagram Tegangan-Regangan	14
Gambar 2.2 diagramKeseimbangan Fe-C	15
Gambar 2.3 Struktur Mikro baja karbon rendah	16
Gambar 2.4 diagram CCT untuk Baja	21
Gambar 2.5 Gambar Pengujian Kekerasan Vickers	22
Gambar 3.1 Flow Chart penelitian	26
Gambar 3.2 Bahan Uji Rantai jangkar Kapal	27
Gambar 3.3 Bahan Uji Kekerasan Vickers	28
Gambar 3.4 Arang Kayu Jati, Arang bambu, Arang Tempurung Kelapa	30
Gambar 3.5 Heatreatmen	30
Gambar 3.6 Heatreatmen setelah Karburising	31
Gambar 3.7 Proses Pengeluaran Spesimen	31
Gambar 3.8 Spesimen yang sudah terkarburasing	32
Gambar 3.9 Mesin Uji Vickers	33
Gambar 3.10 Alat Uji SEM	34
Gambar 3.11 Alat Uji SEM 2.....	34
Gambar 3.12 Alat Uji XRD	36
Gambar 4.1 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang kayu jati dengan pembesaran 2000x.....	38
Gambar 4.2 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang bambu dengan pembesaran 2000x.....	38
Gambar 4.3 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang tempurung kelapa dengan pembesaran 2000x.....	39
Gambar 4.4 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang kayu jati dengan pembesaran 5000x.....	39
Gambar 4.5 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang bambu dengan pembesaran 5000x.....	40
Gambar 4.6 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang tempurung kelapa dengan pembesaran 5000x....	40
Gambar 4.7 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang kayu jati dengan pembesaran 7500x.....	41

Gambar 4.8 Hasil pengujian foto SEM hasil carburizing dengan menggunakan arang bambu dengan pembesaran 7500x.....	41
Gambar 4.9 Hasil pengujian foto SEM hasil carburizing dengan menggunakan arang tempurung kelapa dengan pembesaran 7500x...	42
Gambar 4.10 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang kayu jati dengan pembesaran 10000x	42
Gambar 4.11 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang bambu dengan pembesaran 10000x.....	43
Gambar 4.12 Hasil pengujian foto SEM hasil karburising dengan menggunakan arang tempurung kelapa dengan pembesaran 10000x...	43
Gambar 4.13 Grafik hasil pengujian dan analisa XRD.....	44