

TUGAS AKHIR

ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH ST 40 DENGAN PROSES CARBURIZING MENGGUNAKAN ARANG KAYU DENGAN ANALISIS PARTIKEL KARBON RATA-RATA 130,278 μm^2 DAN 515,735 μm^2



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

KHOIRUL NUR ROHMAN

D200140241

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN TOPIK TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa usulan tugas akhir **“Analisa Kekerasan Permukaan Baja Karbon Rendah ST 40 Dengan Proses *Carburizing* Menggunakan Arang Kayu Dengan Analisis Partikel Karbon rata-rata 130,278 μm^2 dan 515,735 μm^2 ”** Yang saya ajukan pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 3 Juli 2020

Yang menyatakan



Khoirul Nur Rohman

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul **“ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH ST 40 DENGAN PROSES CARBURIZING MENGGUNAKAN ARANG KAYU DENGAN ANALISIS PARTIKEL KARBON RATA-RATA 130,278 μm^2 DAN 515,735 μm^2 ”** Telah disetujui oleh pembimbing dan disahkan koordinator sebagai syarat untuk Seminar Tugas Akhir dan Ujian Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Khoirul Nur Rohman

NIM : D200140241

Disetujui pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 3 Juli 2020

Pembimbing

Tugas Akhir



Dr. Ir Ngafwan, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini berjudul **“ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH ST 40 DENGAN PROSES CARBURIZING MENGGUNAKAN ARANG KAYU DENGAN ANALISIS PARTIKEL KARBON RATA-RATA 130,278 μm^2 DAN 515,735 μm^2 ”** telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan Sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Khoirul Nur Rohman

NIM : D200140241

Diterima dan disetujui pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 13 Agustus 2020

Tim Penguji :

Ketua : Dr. Ir. Ngafwan, M.T

Anggota 1 : Ir. Sunardi Wiyono, M.T

Anggota 2 : Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah
Surakarta



Ir. Sunarjono, MT., Ph.D

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Ir. Subroto, MT.



LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta:

Nomor 116/II/2019 tanggal 19 Agustus 2019 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini:

Nama : Dr. Ir. Ngafwan, M.T.

Pangkat / Jabatan : III.C/Lektor

Sebagai Pembimbing Tugas Akhir memberikan soal tugas akhir kepada mahasiswa :

Nama : Khoirul Nur Rohman

No Induk : D200140241

Judul/Topik : "Analisis Kekerasan Permukaan Baja ST40 Dengan Proses *Carburizing* Menggunakan Arang Kayu Dengan Analisis Partikel Karbon Rata-rata $130,278 \mu\text{m}^2$ dan $515,735 \mu\text{m}^2$ "

Rincian Soal/Tugas : Luas area partikel karbon, kekerasan, Struktur mikro, kelarutan unsur dalam Fe.

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 3 September 2019

Pembimbing

Dr. Ir. Ngafwan, M.T.

Keterangan :

Dibuat Rangkap Tiga (3)

- 1. Untuk Kajur (Koordinator TA)*
- 2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir*
- 3. Untuk Mahasiswa.*

MOTTO

“Allah S.W.T tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Pendidikan mempunyai akar yang pahit tapi buahnya manis.”

(Aristoteles)

“Tujuan Pendidikan itu untuk mempertajam kecerdasan, memperkuat kemauan serta memperhalus perasaan.”

(Tan Malaka)

“Hanya Pendidikan yang bisa menyelamatkan masa depan, tanpa Pendidikan Indonesia tidak mungkin bertahan.”

(Najwa Shihab)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan penuh rahmat ridho Allah SWT, triringi persaan syukur dan sabar yang mendalam serta penghargaan yang tinggi, setelah melewati berbagai ujian dalam perjuangan yang tidak mengenal lelah. Saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta yang tiada henti untuk selalu berdoa, mendukung, dan memberi nasihat kepada penulis agar selalu bersemangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum. Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat izin-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir dengan judul **“Analisa Kekerasan Permukaan Baja Karbon Rendah ST 40 dengan Proses Carburizing Menggunakan Arang Kayu Dengan Analisa Partikel Karbon Rata-rata 130,278 μm^2 dan 515,735 μm^2 ”**. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT.,Ph.D.,IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. H. Subroto, M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Dr. Ir. Ngafwan, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan masa perkuliahan.
5. Ayah, Ibu, Saudara, Sahabat dan teman – teman yang selalu senantiasa memberikan dukungan baik moral maupun spiritual.
6. Seluruh staf dan karyawan yang telah memberikan pelayanan dan memfasilitasi hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin yang telah berjasa dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna.
Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat
diharapkan.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Surakarta, 3 Juli 2020

Khoirul Nur Rohman

**ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON
RENDAH ST 40 DENGAN PROSES CARBURIZING
MENGUNAKAN ARANG KAYU DENGAN ANALISIS
PARTIKEL KARBON RATA-RATA 130,278 μm^2 DAN 515,735
 μm^2**

ABSTRAK

Pack carburizing merupakan metode pengerasan baja dengan cara menambahkan unsur karbon pada baja. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menganalisis struktur mikro dan kekerasan permukaan baja ST 40 setelah di carburizing dengan temperatur 780°C selama 4 jam. Arang kayu yang digunakan adalah arang kayu campuran dengan ukuran luas rata-rata partikel 130,278 μm^2 dan 515,735 μm^2 . Terjadi penurunan jumlah partikel karbon setelah dilakukan proses carburizing. Karbon dengan luas rata-rata area partikel 130,278 μm^2 hilang sebanyak 27,66%, sedangkan karbon dengan luas rata-rata partikel 515,735 μm^2 hilang sebanyak 2,67%. Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui fase yang dimiliki baja setelah mengalami proses carburizing. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui perubahan tingkat kekerasan material yang digunakan.

Kata kunci: *Carburizing, temperatur, struktur mikro, kekerasan*

**ANALYSIS of LOW CARBON STEEL SURFACE HARDNESS
ST 40 WITH CARBURIZING PROCESS USING WOOD
CHARCOAL WITH ANALYSIS of AVERAGE CARBON
PARTICLES 130,278 μm^2 AND 515,735 μm^2**

ABSTRACT

Carburizing pack is a method of hardening steel by adding a carbon element to the steel. The purpose of this study was to analyze the microstructure and surface hardness of ST 40 steel after carburizing with a temperature of 780°C for 4 hours. The wood charcoal used is mixed wood charcoal with an average particle size of 130,278 μm^2 and 515,735 μm^2 . There was a decrease in the number of carbon particles after the carburizing process. Carbon with an average particle area of 130.278 μm^2 was lost by 27.66%, while carbon with an average particle area of 515.735 μm^2 was lost by 2.67%. Microstructure testing aims to determine the phase that the steel has after experiencing the carburizing process. Hardness testing aims to determine changes in the level of hardness of the material used.

Keywords : *Carburizing, temperature, microstructure, hardness*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sitematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Baja.....	6
2.2.2 <i>Carburizing</i>	8
2.2.3 Difusi	8
2.2.4 Diagram Fasa.....	9

2.3 Pengujian	10
2.3.1 Uji Struktur Mikro.....	10
2.3.2 Uji Kekerasan.....	10
2.4 Kerangka Teoritis	11
2.5 Kerangka Konsep.....	12

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir	16
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	22
3.3 Tahapan Penelitian.....	24
3.3.1 Persiapan Karbon	24
3.3.2 Persiapan Spesimen.....	24
3.3.3 Persiapan <i>Carburizing</i>	25
3.4.4 Pengujian Spesimen	25
3.4 Instalasi Pengujian.....	25
3.4.1 Pengamatan Karbon	25
3.4.2 Pengujian Struktur Mikro.....	26
3.4.3 Pengujian Kekerasan.....	26
3.5 Lokasi Penelitian.....	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengamatan Partikel Karbon.....	29
4.2.1 Analisa Partikel Karbon 130,278 μm^2	30
4.2.2 Analisa Partikel Karbon 515,735 μm^2	31
4.2 Pengujian Struktur Mikro	32
4.2.1 Struktur Mikro <i>Raw Material</i>	33
4.2.2 Struktur Mikro Spesimen <i>Carburizing</i> dengan Luas rata-rata Karbon 515,735 μm^2	35
4.2.3 Struktur Mikro Spesimen <i>Caburizing</i> dengan Luas rata-rata ukuran Karbon 130,278 μm^2	37
4.3 Pengujian Kekerasan Vickers	41
4.3.1 Hasil Pengujian Kekerasan Raw Material	43

4.3.2 Hasil Pengujian kekerasan Spesimen <i>Carburizing</i> dengan Luas rata-rata Karbon 515,735 μm^2	44
4.3.3 Hasil Pengujian kekerasan Spesimen <i>Carburizing</i> dengan Luas rata-rata Karbon 130,278 μm^2	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	48

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi skematis dari (a) difusi kekosongan dan (b) difusi interstitial (William D. Callister, 2014)	9
Gambar 2.2 Diagram Fasa.....	11
Gambar 2.3 Tabel Periodik Unsur	11
Gambar 2.4 Kerangka Konsep	12
Gambar 2.5 Struktur Kristal BCC	12
Gambar 2.6 Struktur Kristal FCC.....	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2 Stellan Pot.....	17
Gambar 3.3 Mesh dengan ukuran berbagai ukuran	17
Gambar 3.4 <i>Shaker Mill</i>	18
Gambar 3.5 Filter Toples Plastik	18
Gambar 3.6 Dinolyte	18
Gambar 3.7 Tanur Vakum atau <i>vacuum furnace</i>	19
Gambar 3.8 Timbangan Digital.....	19
Gambar 3.9 Amplas	20
Gambar 3.10 Mesin Poles	20
Gambar 3.11 Alat Uji Struktur Mikro	21
Gambar 3.12 Alat Uji Kekerasan (Vickers)	21
Gambar 3.13 Karbon.....	22
Gambar 3.14 Baja ST 40.....	22
Gambar 3.15 Alkohol	23
Gambar 3.16 Autosol	23
Gambar 3.17 Alat Uji Metalografi	26
Gambar 3.18 Alat Uji Kekerasan (Vickers)	26

Gambar 4.1 Foto Karbon hasil ImageJ; a.) karbon dengan partikel rata-rata 515,735 μm^2 , b.) karbon dengan partikel rata-rata 130,278 μm^2	29
Gambar 4.2 Hasil analisis area partikel karbon spesimen uji dengan aplikasi ImageJ; a) rata-rata area partikel karbon sebelum <i>carburizing</i> 130,278 μm^2 , b) rata-rata area partikel sesudah <i>carburizing</i> 114,164 μm^2	30
Gambar 4.3 Hasil analisis area partikel karbon spesimen uji dengan aplikasi Imagej; a) rata-rata area partikel karbon sebelum <i>Carburizing</i> 515,735 μm^2 , b) rata-rata area partikel sesudah <i>Carburizing</i> 444,056 μm^2	31
Gambar 4.4 Posisi titik uji struktur mikro dan Vickers	32
Gambar 4.5 Struktur Mikro <i>Raw Material</i>	33
Gambar 4.6 Grafik Fe ₃ C (% β) pada <i>Raw Material</i>	34
Gambar 4.7 Struktur Mikro Spesimen <i>Carburizing</i> dengan luas rata-rata partikel karbon 515,735 μm^2	35
Gambar 4.8 Grafik Fe ₃ C (% β) pada spesimen <i>carburizing</i> dengan luas partikel karbon rata-rata 515,735 μm^2	36
Gambar 4.9 Struktur Mikro Spesimen <i>Carburizing</i> dengan luas rata-rata partikel karbon 130,278 μm^2	37
Gambar 4.10 Grafik Fe ₃ C (% β) pada spesimen <i>carburizing</i> dengan luas partikel karbon rata-rata 130,278 μm^2	38
Gambar 4.11 Grafik Fe ₃ C (% β) titik satu sampai lima pengujian struktur mikro.....	39
Gambar 4.12 Posisi titik pengujian Kekerasan Vickers.....	43
Gambar 4.13 Hasil Uji Kekerasan Vickers.....	43
Gambar 4.14 Grafik Pengujian Kekerasan <i>Raw Material</i>	43
Gambar 4.15 Grafik Pengujian Kekerasan spesimen <i>carburizing</i> dengan luas partikel karbon rata-rata 515,735 μm^2	44
Gambar 4.16 Grafik Pengujian Kekerasan spesimen <i>carburizing</i> dengan luas partikel karbon rata-rata 130,278 μm^2	45

Gambar 4.17 Histogram Kekerasan Rata-rata semua spesimen.....46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Properties Carbon</i>	11
Tabel 4.1 Kelarutan unsur penyusun dalam Fe dan nilai kekerasan Vickers	40

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Hasil Uji Struktur Mikro <i>Raw Material</i> Baja ST 40	51
LAMPIRAN 2	Hasil Uji Kekerasan <i>Raw Material</i>	52
LAMPIRAN 3	Hasil Uji Struktur Mikro Spesimen <i>Carburizing</i> menggunakan Luas Partikel Karbon rata-rata 515,735 μm^2	53
LAMPIRAN 4	Hasil Uji Kekerasan Spesimen <i>Carburizing</i> menggunakan Luas Partikel Karbon rata-rata 515,735 μm^2	54
LAMPIRAN 5	Hasil Uji Struktur Mikro Spesimen <i>Carburizing</i> menggunakan Luas Partikel Karbon rata-rata 130,278 μm^2	55
LAMPIRAN 6	Hasil Uji Kekerasan Spesimen <i>Carburizing</i> menggunakan Luas Partikel Karbon rata-rata 130,278 μm^2	56
LAMPIRAN 7	Sertifikat Baja Karbon ST 40	57
LAMPIRAN 8	Analisis Partikel Karbon 515,735 μm^2 sebelum <i>carburizing</i>	58
LAMPIRAN 9	Analisis Partikel Karbon 515,735 μm^2 sesudah <i>carburizing</i>	65
LAMPIRAN 10	Analisis Partikel Karbon 130,278 μm^2 sebelum <i>carburizing</i>	71
LAMPIRAN 11	Analisis Partikel Karbon 130,278 μm^2 sesudah <i>carburizing</i>	84