

TUGAS AKHIR

ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 SETELAH *CARBURIZING* DENGAN LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2



Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi

Strata Satu Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:

WIBI PRAMANDA

D200130049

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul “ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 SETELAH CARBURIZING DENGAN LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2 ”, yang dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari penelitian atau skripsi yang sudah dipublikasi dan atau digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 2 Juli 2020

Yang menyatakan,

Wibi Pramanda

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir yang berjudul "ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 SETELAH *CARBURIZING* DENGAN LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2 " Disusun Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi Strata Satu Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **Wibi Pramanda**

NIM : **D200130049**

Telah disetujui dan disahkan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 2 Juli 2020

Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Ngafwan, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul "ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 SETELAH CARBURIZING DENGAN LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2 " telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan Sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh

Nama : **Wibi Pramanda**

Nim : **D200130049**

Diterima dan disetujui pada

Hari :

Tanggal:

Tim Penguji :

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

Anggota 1 : Ir. Agus Hariyanto, M.T.

Anggota 2 : Ir. Bibit Sugito, M.T.



Mengetahui

Dekan

Ketua Jurusan


Ir. H. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D
Ir. H. Subroto, M.T.



LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Fakultas Teknik 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 : Wibi Pramanda

No Induk : D200130049

Judul / Topik : Analisa Kekerasan Permukaan Baja ST 40 Setelah
Carburizing Dengan Luas Rata-rata Partikel Karbon
115,103 μm^2 dan 515,735 μm^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

“Lihatlah orang yang berada di bawah kalian dan janganlah kalian melihat orang yang berada diatas kalian, karena yang demikian itu lebih layak agar kalian tidak meremehkan nikmat Allah yang dikaruniakan kepada kalian”.

(Hr Al-Bukhari dan Muslim)

“Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik”.

(Evelyn Underhill)

Siapapun yang menempuh suatu jalan untuk mendapatkan ilmu, maka Allah akan memberikan kemudahan jalannya menuju surga

(H.R Muslim)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah dipanjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan Rahmat-Nya, beserta Rosulnya. Alhamdulillah penulis selalu bersyukur atas kemampuan yang dimiliki. Rasa bangga, terharu, serta bahagia atas karunia dan kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada

1. Ayah (M.Yusuf) dan Ibu (R. Widiastuti) yang dengan ikhlas dan sabar mengurus, membesarkan, membimbing serta selalu mendoakan aku selalu.
2. Kakak ku (Dimas) yang selama ini memberikan dukungan.
3. Keluarga besarku yang selalu memberikan dukungan dan doa.

ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 SETELAH CARBURIZING DENGAN LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2

Wibi Pramanda, Dr. Ir. Ngafwan, M.T.

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol POS 1 Pabelan, Kartasura

e-mail: wibipramanda95@gmail.com

Abstrak

Carburizing merupakan teknik pengerasan baja dengan cara menambahkan unsur karbon pada baja dengan temperatur austenit. Tujuan penelitian dilakukan adalah untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi serta perubahan nilai kekerasan permukaan pada baja.

Penelitian ini menggunakan Baja ST 40 dan karbon dengan luas partikel karbon 115,103 μm^2 dan 515,735 μm^2 . Baja dan karbon dimasukkan kedalam wadah, ditutup rapat dan dipanaskan pada suhu 780°C selama 4 jam. Pengujian spesimen carburizing diantaranya analisis partikel karbon, uji struktur mikro dan uji kekerasan vickers.

Setelah proses carburizing, terjadi pengurangan luas partikel karbon dari 115,103 μm^2 menjadi 110,051 μm^2 dan 515,735 μm^2 menjadi 440,058 μm^2 . pada pengujian struktur mikro, ferit dilambangkan α sedangkan perlit dilambangkan β . Raw material menghasilkan rata-rata kelarutan unsur dalam Fe ($\beta\%$) 5,99 %. Kelarutan unsur material carburizing dengan ukuran karbon 515,103 μm^2 sebesar 14,19%. Kelarutan unsur material carburizing dengan ukuran karbon 115,103 μm^2 sebesar 23,49%. Pada pengujian kekerasan, raw material menghasilkan kekerasan 263,3 Kg/mm². Carburizing menggunakan luas rata-rata partikel karbon 115,103 μm^2 menghasilkan kekerasan 249,68 Kg/mm², sedangkan carburizing menggunakan luas rata-rata partikel karbon 515,735 μm^2 menghasilkan kekerasan 193,7 Kg/mm²

Kata kunci: *Carburizing, partikel karbon 115,103 μm^2 , temperatur, struktur mikro, kekerasan*

SURFACE HARDNESS ANALYSIS OF ST 40 STEEL AFTER CARBURIZING WITH CARBON AVERAGE 115,103 μm^2 AND 515,735 μm^2

Wibi Pramanda, Dr. Ir. Ngafwan, M.T.

Mechanical Engineering, Faculty of Engineering

University of Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol POS 1 Pabelan, Kartasura

E-mail: wibipramanda95@gmail.com

Abstract

Carburizing is a steel hardening technique by adding carbon to the steel with austenite temperature. The purpose of this research is to look at changes in microstructure that occur as well as changes in the value of surface hardness in steel.

This research uses ST 40 steel and carbon with 115.103 μm^2 and 515,735 μm^2 carbon particles. Steel and carbon are put into a container, tightly closed and heated at 780 ° C for 4 hours. Carburizing specimens testing include carbon particle analysis, microstructure test and vickers hardness test.

After the carburizing process, there was a reduction in the area of carbon particles from 115,103 μm^2 to 110,051 μm^2 and 515,735 μm^2 to 440,058 μm^2 . in microstructure testing, ferrite is alpha (α) while pearlite is symbolized (β). Raw material produces an average solubility of elements in Fe ($\beta\%$) 5.99%. The solubility of the carburizing material with a carbon size of 515,103 μm^2 was 14.19%. Solubility of the carburizing material with a carbon size of 115.103 μm^2 by 23,49%. In hardness testing, raw material produces 263.3 kg/mm² hardness. Carburizing uses an average area of 115.103 μm carbon particles resulting in a hardness of 249,68 kg / mm², while carburizing uses an average area of carbon particles 515.735 μm^2 producing a hardness of 193.7 Kg / mm².

Keywords: carburizing, carbon particle area 115.103 μm^2 , temperature, microstructure, hardness

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur saya ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya serta bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak akhirnya saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul "ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 SETELAH CARBURIZING DENGAN LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2 ". Selama penulisan laporan ini penulis tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. H. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
2. Bapak Ir. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir dan Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Ir. Ngafwan, M.T. selaku Dosen Pembimbing utama Tugas Akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Laboraturium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta dan POLMAN Ceper yang telah memberikan pengalaman yang bermanfaat.
6. Ayah dan Ibu yang telah memberikan dorongan, semangat dan doa
7. Rekan-rekan Teknik Mesin yang telah membantu dalam penelitian penulisan Laporan Tugas Akhir.

Semoga Allah SWT melimpahkan segala rahmat dan kasih sayang-Nya kepada Bapak, Ibu dan Teman-teman. Dengan kerendahan hati, saya akan mempertimbangkan kritik dan saran agar laporan ini bisa lebih baik.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk kita semua.

Wassalammu'alaikum Wr,Wb.

Surakarta,.....2020

Wibi Pramanda

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL.....	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR SIMBOL	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Baja	10
2.2.2 <i>Carburizing</i>	11
2.2.3 Difusi.....	13
2.2.4 Mekanisme Difusi	14
2.2.5 Penjabaran Matematis.....	16
2.2.6 Diagram Fase	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Kerangka Teoritis	19
3.2 Karbon.....	19
3.3 Konsep <i>Carburizing</i>	20
1.4 Rancangan Penelitian	24
1.5 Tahapan Penelitian	25
1.6 Waktu dan Tempat Penelitian	25
1.7 Bahan dan Alat Penelitian	25
1.7.1 Bahan	25
1.7.2 Alat	27
1.8 Langkah-langkah Pengerjaan <i>Carburizing</i>	33
1.9 Proses Pemolesan dan Pengetsaan	35
1.10 Perlengkapan Alat Uji.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Pengamatan Partikel Karbon 515,735 μm^2 dan 115,103 μm^2 .	39
4.1.1 Pembahasan Perubahan Area Partikel Karbon Sebelum dan Sesudah Digunakan <i>Carburizing</i>	40
a. Analisis Area Partikel Karbon 115,103 μm^2	40
b. Analisis Area Partikel Karbon Pembanding 515,735 μm^2	41

4.2	Pengujian Struktur Mikro dan Kekerasan Baja ST 40	42
4.2.1	Pengujian Struktur Mikro	43
a.	Analisis Kelarutan Unsur Dalam Fe ($\beta/\text{Fe}_3\text{C}$) Hasil Uji Struktur Mikro	47
a)	Analisis Area Kelarutan Unsur Dalam Fe ($\beta/\text{Fe}_3\text{C}$) Pada Raw Material.....	49
b)	Analisis Area Kelarutan Unsur Dalam Fe ($\text{B}/\text{Fe}_3\text{C}$) Pada Baja ST 40 Di <i>Carburizing</i> Dengan Rata-rata Area Partikel $515,735 \mu\text{m}^2$..	50
c)	Analisis Area Kelarutan Unsur Dalam Fe ($\text{B}/\text{Fe}_3\text{C}$) Pada Baja ST 40 Di <i>Carburizing</i> Dengan Rata-rata Area Partikel $115,103 \mu\text{m}^2$..	51
4.2.2	Pengujian Kekerasan <i>Vickers Microhardness</i>	52
a.	Pembahasan Pengujian Kekerasan	53
a)	Hasil Pengujian Kekerasan Raw Material Baja ST 40	54
b)	Hasil Pengujian Kekerasan Baja ST 40 Di <i>Carburizing</i> Dengan Rata-rata Area Partikel Karbon Pembanding $515,735 \mu\text{m}^2$	55
c)	Hasil Pengujian Kekerasan Baja ST 40 Diproses <i>Carburizing</i> Dengan Rata-rata Area Karbon $115,103 \mu\text{m}^2$	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....		60
LAMPIRAN.....		63

DAFTAR SIMBOL

C	= Karbon	Ni	= Nikel
S	= Sulfur	Q	= Eenergi aktivasi
F	= Fosfor	T	= Temperatur
Si	= Silikon	K	= Konstanta laju reaksi
Mn	= Mangan	π	= Pi (3,14)
Cr	= Krom	Mm	= Millimeter
cm	= Sentimeter	VHN	=Vickers Hardness Number
F	= Gaya	A	= Luas permukaan
D	= diameter	α	= Ferit
β	= Perlit		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja 304	4
Tabel 3.1 Properties Karbon.....	20
Tabel 3.2 <i>Body Centered Cubic</i>	22
Tabel 3.3 <i>Face Centered Cubic</i>	22
Tabel 3.4 Komposisi Baja ST 40	26
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Laporan Pengujian Struktur Mikro Raw Material.....	63
Lampiran 2. Laporan Pengujian <i>Vickers</i> Raw Material	64
Lampiran 3. Laporan Pengujian Struktur Mikro Baja ST 40 Setelah <i>Carburizing</i> Dengan Luas Partikel Karbon 515,735 μm^2 ...	65
Lampiran 4. Laporan Pengujian <i>Vickers</i> Baja ST 40 Setelah <i>Carburizing</i> Dengan Luas Partikel Karbon 515,735 μm^2 ...	66
Lampiran 5. Laporan Pengujian Struktur Mikro Baja ST 40 Setelah <i>Carburizing</i> Dengan Luas Partikel Karbon 115,103 μm^2 ...	67
Lampiran 6. Laporan Pengujian <i>Vickers</i> Baja ST 40 Setelah <i>Carburizing</i> Dengan Luas Partikel Karbon 115,103 μm^2 ...	68
Lampiran 7. Sertifikat Baja ST 40	69
Lampiran 8. Analisis Partikel Karbon 515,735 μm^2 Sebelum Dipakai <i>Carburizing</i>	70
Lampiran 9. Analisis Partikel Karbon 515,735 μm^2 Setelah Dipakai <i>Carburizing</i>	77
Lampiran 10. Analisis Partikel Karbon 115,103 μm^2 Sebelum Dipakai <i>Carburizing</i>	83
LAMPIRAN 11. Analisis Partikel Karbon 110,051 μm^2 Sesudah Dipakai <i>Carburizing</i>	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Mengalami <i>Carburizing</i> Padat Pada Suhu 975°C Untuk (a) 5 Jam, (b) 7 Jam dan (c) 9 Jam	5
Gambar 2.2 Hubungan Antara Kekerasan Dan Ukuran Partikel Energizer Setelah 4 Jam Pada 950°C	6
Gambar 2.3 Spesimen Diberi <i>V-Notch</i>	7
Gambar 2.4 Struktur Mikro Material Setelah <i>Carburizing</i>	7
Gambar 2.5 Profil Kekerasan Material Setelah <i>Carburizing</i>	8
Gambar 2.6 Peta 3D Hasil Pemindaian Pengukuran Mikroskop Laser Dan SEM Mikrograf Permukaan: a-b) 800 Grit, c- d) 120 Grit, e-f) Sikat Kawat-2, g-h) Sikat Kawat-1, dan i-k) Sampel <i>Sandblasted</i>	9
Gambar 2.7 Fluks Karbon Total Dan Koefisien Perpindahan Massa Sebagai Fungsi: a) Area Relatif Pada Skala 2 μm^2 , dan b) Kekasaran Permukaan Puncak Ke Lembah Awal	9
Gambar 2.8 Konsentrasi Karbon Pada Permukaan Setelah <i>Carburizing</i>	10
Gambar 2.9 Skema Antarmuka Antara Atmosfer Gas Dan Baja Selama	12
Gambar 2.10 Mekanisme Difusi Dalam Kristal: (1) Pertukaran Langsung, (2) Pertukaran Siklik, (3) Lowongan, (4) Pengantara, (5) Pengantara, (6) Kerumunan	14

Gambar 2.11 Lompatan Atom Dari Pengantara Kosong (a) Dalam Logam Kondisi FCC dan (b) Dalam Logam Kondisi BCC	15
Gambar 2.12 Ilustrasi Difusi Kondisi Mantap	16
Gambar 2.13 Diagram Fase Fe-C.....	17
Gambar 2.14 Struktur Atom Dalam (a) <i>Face Centred Cubic</i> (austenit) dan (b) <i>Body Centred Cubic</i> (ferit)	18
Gambar 3.1 Tabel Periodik	19
Gambar 3.2 Elektron Tidak Dalam Kondisi Penuh Pada Sub Kulit.....	20
Gambar 3.3 Ikatan Karbon	20
Gambar 3.4 Pelepasan Atom C Dari Permukaan Partikel.....	21
Gambar 3.5 Struktur Kristal BCC	21
Gambar 3.6 Struktur Kristal FCC.....	22
Gambar 3.7 Skema Difusi Atom Proses <i>Carburizing</i>	23
Gambar 3.8 Diagram Alir Proses <i>Carburizing</i>	24
Gambar 3.9 Arang Kayu.....	26
Gambar 3.10 Baja ST 40.....	26
Gambar 3.11 Parutan	27
Gambar 3.12 Pot.....	27
Gambar 3.13 Ayakan; A) Mesh 100, B) Mesh 200, Dan C) Mesh 500.....	28
Gambar 3.14 Gotri Atau Bola Baja Berukuran $\frac{1}{4}$ "	28

Gambar 3.15 <i>Shaker Mill</i>	29
Gambar 3.16 Kompor Listrik.....	29
Gambar 3.17 <i>Thermo Control</i>	30
Gambar 3.18 Suntikan	30
Gambar 3.19 Alkohol.....	31
Gambar 3.20 Botol Filter	31
Gambar 3.21 Selang Air	32
Gambar 3.22 Timbangan Digital.....	32
Gambar 3.23 <i>Oven</i>	33
Gambar 3.24 Mesin Poles	33
Gambar 3.25 Proses Persiapan Baja	34
Gambar 3.26 Karbon Hasil Mesh 500	34
Gambar 3.27 Permukaan baja setelah <i>carburizing</i>	35
Gambar 3.28 Mikroskop Metalografi	36
Gambar 3.29 <i>Vickers Microhardness</i>	37
Gambar 4.1 Foto Karbon; a) Karbon Mesh 500 Basah Atas Dengan Luas Rata-rata Area Partikel 115,103 μm^2 , b) Karbon Pembanding Mesh 100 Kering Dengan Luas Rata-rata Area Partikel 515,735 μm^2	39
Gambar 4.2 Hasil Analisis Area Partikel Karbon Dengan Aplikasi Imagej; a) Sebelum Dipakai <i>Carburizing</i> Rata-rata Area Partikel 115,103 μm^2 , b) Sesudah Dipakai <i>Carburizing</i> Rata-rata Area Partikel 110, 051 μm^2	40

Gambar 4.3 Hasil Analisis Area Partikel Karbon Pembanding Dengan Aplikasi Imagej; a) Sebelum Dipakai <i>Carburizing</i> Luas Rata-rata Area Partikel 515,735 μm^2 , b) Sebelum Dipakai <i>Carburizing</i> Luas Rata-rata Area Partikel 444,058 μm^2	42
Gambar 4.4 Ilustrasi Titik Pengujian Baja ST 40	43
Gambar 4.5 Struktur Mikro Raw Material; a) Pengujian Titik Satu Pada Jarak 0,5 mm Dari Tepi, b) Pengujian Titik Dua Pada Jarak 1 mm Dari Titik Satu, c) Pengujian Titik Tiga Pada Jarak 1,5 mm Dari Titik Dua, d) Pengujian Titik Empat Pada Jarak 1,75 mm Dari Titik Tiga, e) Pengujian Titik Lima Pada Jarak 2 mm Dari Titik Empat ..	44
Gambar 4.6 Struktur Mikro Hasil <i>Carburizing</i> ST 40 Menggunakan Area Partikel Karbon 515,735 μm^2 Dari Arang Kayu Di Pasar; a) Pengujian Titik Satu Pada Jarak 0,5 mm Dari Tepi, b) Pengujian Titik Dua Pada Jarak 1 mm Dari Titik Satu, c) Pengujian Titik Tiga Pada Jarak 1,5 mm Dari Titik Dua, d) Pengujian Titik Empat Pada Jarak 1,75 mm Dari Titik Tiga, e) Pengujian Titik Lima Pada Jarak 2 mm Dari Titik Empat	45
Gambar 4.7 Struktur Mikro Hasil <i>Carburizing</i> ST 40 Menggunakan Area Partikel Karbon 115,103 μm^2 Dari Arang Kayu Di Pasar; a) Pengujian Titik Satu Pada Jarak 0,5 mm Dari Tepi, b) Pengujian Titik Dua Pada Jarak 1 mm Dari Titik Satu, c) Pengujian Titik Tiga Pada Jarak 1,5 mm Dari Titik Dua, d) Pengujian Titik Empat Pada Jarak 1,75 mm Dari Titik Tiga, e) Pengujian Titik Lima Pada Jarak 2 mm Dari Titik Empat	46

Gambar 4.8 Kelarutan Unsur Dalam Fe Titik Satu Sampai Lima Pengujian Struktur Mikro.....	47
Gambar 4.9 Kelarutan Unsur Dalam Fe Pada Raw Material	49
Gambar 4.10 Struktur Mikro Baja Di <i>Carburizing</i> Karbon 515,735 μm^2	50
Gambar 4.11 Struktur Mikro Baja Di <i>Carburizing</i> Karbon 115,103 μm^2	51
Gambar 4.12 Hasil Pijakan Uji <i>Vickers</i> Titik Satu Dari Pinggir Sampai Titik Lima; a) Raw Material, b) Karbon Pembanding Dengan Rata-rata Area Partikel 515,735 μm^2 , c) Karbon Dengan Rata-rata Area Partikel 115,103 μm^2	52
Gambar 4.13 Pengujian Kekerasan Titik 1-5.....	53
Gambar 4.14 Pengujian Kekerasan Raw Material.....	54
Gambar 4.15 Pengujian Kekerasan Baja ST 40 Di <i>Carburizing</i> Karbon Pembanding Ukuran Rata-rata Area Partikel 515,735 μm^2	55
Gambar 4.16 Pengujian Kekerasan Baja ST 40 Di <i>Carburizing</i> Karbon Pembanding Ukuran Rata-rata Area Partikel 115,103 μm^2	56
Gambar 4.17 Hubungan Kekerasan Terhadap Kelarutan Baja ST 40 Setelah <i>Carburizing</i> Dengan Area Rata-rata Partikel Karbon 115,103 μm^2	57