

**ANALISA VARIASI MEDIA SERBUK KARBURISASI
TEMPERATUR 800°C TERHADAP KEDALAMAN
PENGKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 4140**

SKRIPSI



DISUSUN OLEH :

NAMA : BILAL ARIF WAHYUDI

NIM : 20.11.054

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2024

**ANALISA VARIASI MEDIA SERBUK KARBURISASI TEMPERATUR
800°C TERHADAP KEDALAMAN Pengerasan DAN STRUKTUR
MIKRO BAJA AISI 4140**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik (ST)

Program Studi Teknik Mesin S-1

DISUSUN OLEH :

NAMA : BILAL ARIF WAHYUDI

NIM : 2011054

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA VARIASI MEDIA SERBUK KARBURISASI TEMPERATUR
800°C TERHADAP KEDALAMAN Pengerasan dan Struktur
MIKRO BAJA AISI 4140**



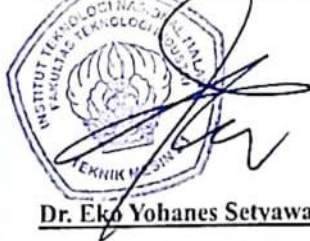
Disusun Oleh :

Nama : Bilal Arif Wahyudi

NIM : 2011054

Program Studi : Teknik Mesin S-1

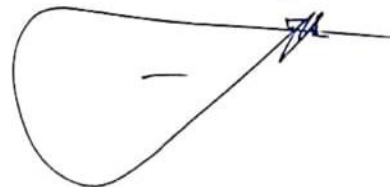
Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1



Dr. Eko Yohanes Setvawan, ST., MT.

NIP. P. 1031400477

Diperiksa / Disetujui
Dosen Pembimbing



Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

NIP. Y 1030400405



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Bilal Arif Wahyudi

NIM : 2011054

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : **ANALISA VARIASI MEDIA SERBUK KARBURISASI**

TEMPERATUR 800°C TERHADAP KEDALAMAN

PENGERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 4140

Dipertahankan dihadapan tim penguji skripsi jenjang Strata 1 (S-1) Pada :

Hari/Tanggal : Selasa/13 Agustus 2024

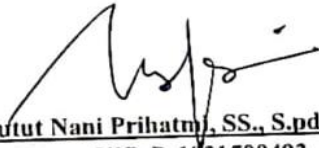
Dengan Nilai : 89,00 (A)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua



Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP. P. 1031400477

Sekretaris



Tutut Nani Prihatni, SS., S.pd., M.pd.
NIP. P. 1031500493

Anggota Penguji

Penguji 1


Gerald Aditvo Pohan, ST., M.Eng.
NIP. P. 1031500492

Penguji 2


Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP. P. 1031400477

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bilal Arif Wahyudi

NIM : 2011054

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul **“ANALISA VARIASI MEDIA SERBUK KARBURISASI TEMPERATUR 800°C TERHADAP KEDALAMAN Pengerasan dan Struktur Mikro BAJA AISI 4140”** adalah skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumber aslinya.

Malang, 21 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



[Handwritten Signature]
Bilal Arif Wahyudi

NIM 2011054

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Bilal Arif Wahyudi

NIM : 2011054

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : **Analisa variasi Media Serbuk Karburisasi Temperatur 800°C Terhadap Kedalaman Pengerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 4140**

Dosen Pembimbing : **Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT**

No.	Materi Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1.	Pengajuan Judul Skripsi	04 April 2024	
2.	Konsultasi BAB I	23 April 2024	
3.	Konsultasi BAB II	25 April 2024	
4.	Konsultasi BAB III	30 April 2024	
5.	Pendaftaran Seminar Proposal	04 Juni 2024	
6.	Seminar Proposal	05 Juni 2024	
7.	Konsultasi BAB IV Dan BAB V	10 Juni 2024	
8.	Konsultasi BAB IV Dan BAB V	25 Juni 2024	
9.	Konsultasi BAB IV Dan BAB V	08 Juli 2024	
10.	Konsultasi BAB IV Dan BAB V	22 Juli 2024	
11.	Konsultasi BAB IV Dan BAB V	29 Juli 2024	
12.	Pendaftaran Seminar Hasil	31 Juli 2024	
13.	Seminar Hasil	02 Agustus 2024	
14.	Persetujuan Komprehensif	08 Agustus 2024	
15.	Pendaftaran Komprehensif	09 Agustus 2024	
16.	Ujian Komprehensif	13 Agustus 2024	

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Bilal Arif Wahyudi

NIM : 2011054

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : “Analisa Variasi Media Serbuk Karburisasi temperatur 800°C Terhadap Kedalaman Pengerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 4140”

Dosen Pembimbing : Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT


Tanggal Pengajuan Skripsi : 04 April 2024

Tanggal Penyelesaian Skripsi : 21 Agustus 2024

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 89,00 (A)

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing



Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT.

NIP.Y. 1030400405

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala, atas rahmat karunia serta hidayah yang telah diberikan. Sholawat serta salam juga penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad shallallahu alaihi wasallam beserta para sahabat dan keluarganya. Dengan rahmat Allah subhanahu wa ta'ala, penulis sebagai mahasiswa Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul "ANALISA VARIASI MEDIA SERBUK KARBURISASI TEMPERATUR 800°C TERHADAP KEDALAMAN Pengerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 4140" sebagai syarat kelulusan dan sebagai penerapan ilmu selama masa perkuliahan.

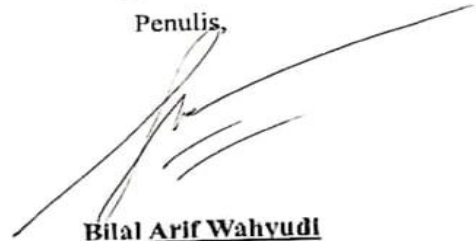
Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu saya sebagai penyusun skripsi ini ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang,
2. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang,
3. Bapak Dr. Eko Yohanes Setyawan, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang,
4. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T. Sebagai Koordinator Keahlian Material dan Dosen Pembimbing Skripsi,
5. Bapak Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T. Sebagai Kepala Laboratorium Pengujian Bahan dan Metalurgi,
6. Bapak Dosen Penguji I dan Penguji II Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang,
7. Kedua Orang Tua dan Keluarga yang senantiasa ikut serta mendoakan dan memberikan dukungan baik terhadap anaknya dalam penyusunan skripsi sebagai syarat kelulusan sarjana Teknik mesin S-1,
8. Dan rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang yang selalu membantu terkait penyusunan skripsi maupun penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Untuk itu penulis harapkan kritik dan saran dari bapak/ibu dosen yang dapat menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun bagi pembaca dalam melakukan setiap studi dan penelitian.

Malang, 05 April 2024

Penulis,



Bilal Arif Wahyudi
NIM. 2011054

ANALISA VARIASI MEDIA SERBUK KARBURISASI TEMPERATUR 800°C
TERHADAP KEDALAMAN Pengerasan DAN STRUKTUR MIKRO
BAJA AISI 4140

Bilal Arif Wahyudi¹, I komang Astana Widi²

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email : bilalarifwahyudi@gmail.com

ABSTRAK

Dengan berkembangnya industri manufaktur, konstruksi infrastruktur, dan otomotif, baja menjadi material penting karena kekerasan, ketangguhan, dan kemampuannya menahan beban tanpa deformasi. Salah satu metode peningkatan kualitas baja adalah karburisasi, yang melibatkan pemanasan baja di atas suhu A1 (>723°C) dalam suasana karbon, seperti pada baja AISI 4140 pada suhu 800°C dalam fase austenit untuk difusi karbon yang efektif.

Proses karburisasi dengan tungku *fluidized bed furnace* memungkinkan gas karbon diserap oleh permukaan baja, meningkatkan kekerasan dan ketangguhannya. Limbah batok kelapa, diubah menjadi arang dengan kandungan karbon tinggi, digunakan sebagai media campuran dengan gas (metana, propana) untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja. Faktor seperti waktu, lamanya perlakuan, media serbuk pemanas, dan suhu mempengaruhi ketebalan lapisan karbon. Serbuk alumina sebagai katalis, serta serbuk toner dan limbahnya sebagai media pemanas, juga membantu efisiensi karburisasi.

Pengujian struktur mikro menggunakan *microscope optic* untuk menentukan lapisan karbon yang masuk sangat mempengaruhi sifat mekanis material. Pengujian kedalaman pengerasan menggunakan *micro vickers hardness tester machine* membantu menilai efektivitas karburisasi. Analisis lanjut dengan SEM-EDX memberikan informasi tentang komposisi unsur kimia dalam sampel. Variasi serbuk toner fotokopi + arang batok kelapa memiliki tebal lapisan karbon tertinggi (23,733 µm) dibandingkan limbah fotokopi + arang batok kelapa (15.648 µm), dan alumina (19.038 µm) Variasi serbuk toner fotokopi + arang batok kelapa memiliki nilai kekerasan tertinggi (795,9 HV) dibandingkan alumina (654.6 HV), dan limbah fotokopi + arang batok kelapa (784.9 HV) Variasi serbuk limbah fotokopi memiliki kadar karbon tertinggi (67.857%) dibandingkan alumina (19,529%), dan toner fotokopi + arang batok kelapa (19,691%).

Kata Kunci : Karburisasi gas, *Fluidized bed furnace*, Baja AISI 4140, Temperatur 800°C, Arang batok kelapa, Serbuk alumina, Toner fotokopi.

ANALYSIS OF 800°C POWDER CARBURISATION MEDIA VARIATION ON
HARDENING DEPTH AND MICROSTRUCTURE OF AISI 4140 STEEL

Bilal Arif Wahyudi¹, I Komang Astana Widi²

*Mechanical Engineering Study Programme S-1 Faculty of
Industrial Technology National Institute of Technology Malang*

Email : bilalarifwahyudi@gmail.com

ABSTRACT

With the development of manufacturing, infrastructure construction, and automotive industries, steel has become an important material due to its hardness, toughness, and ability to withstand loads without deformation. One method of improving steel quality is carburisation, which involves heating steel above A1 temperature (>723°C) in a carbonaceous atmosphere, such as in AISI 4140 steel at 800°C in the austenite phase for effective carbon diffusion.

The fluidised bed furnace carburisation process allows carbon gas to be absorbed by the steel surface, increasing its hardness and toughness. Waste coconut shells, converted into charcoal with high carbon content, are used as a mixed medium with gas (methane, propane) to increase the surface hardness of steel. Factors such as time, length of treatment, powder heating medium, and temperature affect the thickness of the carbon layer. Alumina powder as a catalyst, and toner powder and its waste as a heating medium, also help the carburisation efficiency.

Microstructure testing using an optical microscope to determine the incoming carbon layer greatly affects the mechanical properties of the material. Testing the depth of hardening using a micro vickers hardness tester machine helps assess the effectiveness of carburisation. Further analysis with SEM-EDX provided information on the chemical elemental composition of the samples. The photocopy toner powder + coconut shell charcoal variation had the highest carbon layer thickness (23.733 µm) compared to photocopy waste + coconut shell charcoal (15.648 µm), and alumina (19.038 µm). The photocopy toner powder + coconut shell charcoal variation had the highest hardness value (795.9 HV) compared to alumina (654.6 HV), and photocopy waste + coconut shell charcoal (784.9 HV). The photocopy waste powder variation had the highest carbon content (67.857%) compared to alumina (19.529%), and photocopy toner + coconut shell charcoal (19.691%).

Keywords : Gas carburisation, fluidised bed furnace, AISI 4140 steel, Temperature 800°C, Coconut shell charcoal, Alumina powder, Copier toner.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI	v
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI	vi
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GRAFIK	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Baja	7
2.1.1 Klasifikasi Baja	8
2.1.2 Pengaruh Unsur Paduan	8
2.1.3 Struktur Mikro Baja	10

2.1.4 Baja Karbon AISI 4140	15
2.1.5 Sifat Mekanis Baja	17
2.2 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	18
2.2.1 Urutan Proses <i>Heat Treatment</i>	19
2.3 Karburisasi	23
2.3.1 Proses Karburisasi	23
2.4 <i>Fluidized Bed Furnace</i>	25
2.4.1 Distribusi Gas Reaktor <i>Fluidized Bed Furnace</i>	26
2.4.2 Media Pemanasan <i>Fluidized Bed Furnace</i>	26
2.4.3 Karakteristik <i>Fluidized Bed Furnace</i>	27
2.4.4 Parameter <i>Fluidized Bed Furnace</i>	27
2.5 Media Variasi Serbuk Karburisasi	28
2.5.1 Serbuk Alumina	28
2.5.2 Arang Batok Kelapa	28
2.5.3 Toner Fotokopi	31
2.6 Laju Aliran Gas	32
2.7 Waktu Penahanan (<i> Holding Time</i>)	32
2.8 <i>Quenching</i>	33
2.9 Uji Kekerasan	34
2.9.1 Uji Kedalaman Pengerasan <i>Micro vickers</i>	34
2.9.2 Keuntungan Dari Uji Kekerasan <i>Micro vickers</i>	36
2.10 Uji SEM-EDX (<i>Scanning Electrone Microscopy</i>)	37
2.10.1 Skema dan Prinsip kerja Uji SEM	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Hipotesa	39
3.2 Diagram Alir Penelitian	40

3.3 Penjelasan Dari Diagram Alir	41
3.3.1 Studi Literatur	41
3.3.2 Bagian Dari Penyiapan Alat dan Bahan	41
3.3.3 Variabel Dalam Proses Penelitian	50
3.3.4 Pembuatan Sampel	51
3.3.5 Karburisasi	53
3.3.6 Tahap Uji Spesimen	54
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Data Hasil Pengujian.....	55
4.1.1 Data Hasil Uji Mikroskop Optik (Lapisan Karbon).....	55
4.1.2 Data Hasil Uji <i>Micro Vickers</i> (Distribusi Kedalaman Pengerasan)	61
4.1.3 Data Hasil Uji SEM-EDX (Komposisi Baja).....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN 1 BIODATA PENULIS	80
LAMPIRAN 2 SURAT KETERANGAN DOSEN PEMBIMBING	81
LAMPIRAN 3 SURAT BUKTI PENELITIAN STRUKTUR MIKRO	82
LAMPIRAN 4 HASIL UJI STRUKTUR MIKRO (LAPISAN KARBON).....	83
LAMPIRAN 5 SURAT BUKTI PENELITIAN <i>MICRO VICKERS</i>	84
LAMPIRAN 6 HASIL UJI <i>MICRO VICKERS</i>.....	85
LAMPIRAN 7 HASIL UJI SEM EDX	93
LAMPIRAN 8 SERTIFIKAT KEASLIAN BAJA AISI 4140	96
LAMPIRAN 9 DOKUMENTASI PROSES KARBURISASI	97
LAMPIRAN 10 DOKUMENTASI PENELITIAN.....	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Mikro Austenit	14
Gambar 2. 2 Struktur Mikro Martensit	15
Gambar 2. 3 Daerah ketangguhan	18
Gambar 2. 4 Urutan Perlakuan Panas	19
Gambar 2. 5 Prinsip Utama Perlakuan Panas Melalui Reaksi Termokimia.....	22
Gambar 2. 6 Proses Terjadinya Difusi Secara Interstisi, Dan Substitusi	24
Gambar 2. 7 Skema <i>Fluidized Bed Furnace</i>	26
Gambar 2. 8 Tempurung Kelapa Yang Dihaluskan	29
Gambar 2. 9 Uji Kedalaman Pengerasan <i>Micro Vickers</i>	35
Gambar 2. 10 Skema Prinsip Kerja Uji SEM	37
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 3. 2 Sarung Tangan	42
Gambar 3. 3 Gergaji besi/ <i>Hacksaw</i>	42
Gambar 3. 4 Mesin Bubut	43
Gambar 3. 5 <i>Fluidized Bed Furnace</i>	43
Gambar 3. 6 Seling.....	44
Gambar 3. 7 Mesh Ukuran 120	44
Gambar 3. 8 Ember/Kaleng.....	45
Gambar 3. 9 Jangka Sorong	45
Gambar 3. 10 Mesin Poles	46
Gambar 3. 11 Mikroskop Optik <i>E100</i>	46
Gambar 3. 12 Mesin <i>Micro Vickers Hardness Tester Machine TH715</i>	47
Gambar 3. 13 Peralatan dan Larutan Nital.....	47
Gambar 3. 14 Alat Uji SEM-EDX <i>FEI Inspect S50</i>	48
Gambar 3. 15 Baja AISI 4140	48
Gambar 3. 16 Gas LPG	49
Gambar 3. 17 Gas Nitrogen	49
Gambar 3. 18 Serbuk Fotokopi, Arang Batok Kelapa	50
Gambar 3. 19 Spesimen Uji Kedalaman Pengerasan.....	51

Gambar 3. 20 Spesimen Uji SEM-EDX	52
Gambar 4. 1 sampel Raw Material Baja AISI 4140.....	55
Gambar 4. 2 Sampel Serbuk Alumina Temperatur 800°C	56
Gambar 4. 3 Sampel TFK + ABK Temperatur 800°C	57
Gambar 4. 4 Sampel LFK + ABK Temperatur 800°C	58
Gambar 4. 5 Penempatan Titik Uji <i>Micro Vickers</i>	61
Gambar 4. 6 SEM Raw Material Baja AISI 4140.....	68
Gambar 4. 7 SEM Variasi Serbuk Alumina	69
Gambar 4. 8 SEM Variasi TFK + ABK.....	71
Gambar 4. 9 SEM Variasi LFK + ABK.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Baja Paduan Rendah AISI 4140	16
Tabel 2. 2 Sifat Mekanik Baja Paduan AISI 4140	17
Tabel 2. 3 Analisis proksimat	29
Tabel 2. 4 Analisis Akhir	30
Tabel 4. 1 Lapisan karbon Baja AISI 4140 Serbuk Alumina	56
Tabel 4. 2 Lapisan karbon Baja AISI 4140 TFK + ABK	57
Tabel 4. 3 Lapisan karbon Baja AISI 4140 LFK + ABK	59
Tabel 4. 4 Nilai Kedalaman Pengerasan Raw Material.....	61
Tabel 4. 5 Nilai Kedalaman Pengerasan Serbuk Alumina	62
Tabel 4. 6 Nilai Kedalaman Pengerasan TFK + ABK	64
Tabel 4. 7 Nilai Kedalaman Pengerasan LFK + ABK	65
Tabel 4. 8 Kandungan Komposisi Raw Material Baja AISI 4140	69
Tabel 4. 9 Jumlah Kandungan Komposisi Variasi Serbuk Alumina	70
Tabel 4. 10 Jumlah Kandungan Komposisi Variasi TFK + ABK.....	72
Tabel 4. 11 Jumlah Kandungan Komposisi Variasi LFK + ABK.....	73
Tabel 4. 12 Perbandingan Jumlah Komposisi Raw Material dan 3 Variasi	74

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2. 1 Diagram Fasa Fe ₃ C	10
Grafik 2. 2 Diagram TTT (<i>Time Temperature Transformation</i>).....	11
Grafik 2. 3 Perubahan fasa Austenit ke Ferit dan Sementit terjadi melalui difusi.	11
Grafik 2. 4 Diagram CCT (<i>Continous Cooling Time</i>).....	12
Grafik 2. 5 Pendinginan Langsung.....	34
Grafik 4. 1 Perbandingan Ketebalan Lapisan Karbon	59
Grafik 4. 2 Hubungan Kedalaman Pengerasan dan Jarak Raw Material	62
Grafik 4. 3 Hubungan Kedalaman Pengerasan dan Jarak Serbuk Alumina.....	63
Grafik 4. 4 Hubungan Kedalaman Pengerasan dan Jarak TFK + ABK.....	64
Grafik 4. 5 Hubungan Kedalaman Pengerasan dan Jarak LFK + ABK.....	65
Grafik 4. 6 Perbandingan Nilai Pengerasan Raw Material dan 3 Variasi	66
Grafik 4. 7 Komposisi dengan Variasi Serbuk Alumina	70
Grafik 4. 8 Komposisi dengan variasi TFK + ABK.....	71
Grafik 4. 9 Komposisi dengan variasi LFK + ABK.....	73
Grafik 4. 10 Perbandingan Tinggi Kadar Karbon dan Besi	74