

**ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR KARBURISASI  
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN Pengerasan  
PADA BAJA PADUAN RENDAH AISI 4140**

**SKRIPSI**



**Disusun oleh:**

**Nama : Naufal Rafid Rizqullah**

**NIM : 2011907**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

**MALANG**

**2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI**

**ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR KARBURISASI  
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN Pengerasan  
PADA BAJA PADUAN RENDAH AISI 4140**



Disusun Oleh :

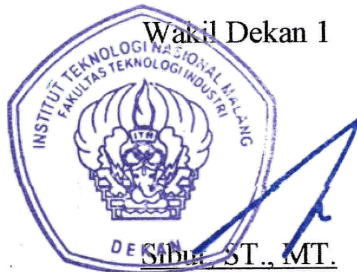
Nama : Naufal Rafid Rizqullah

NIM : 2011907

Jurusan : TEKNIK MESIN S-1

Mengetahui

Wakil Dekan 1



NIP. Y. 1030300379

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

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

NIP. Y. 1030400406



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK N.IGA MALANG

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 : Naufal Rafid Rizqullah  
NIM : 2011907  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR  
KARBURISASI TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN  
KEDALAMAN Pengerasan PADA BAJA PADUAN  
RENDAH AISI 4140

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

Hari/Tanggal : 14 Februari 2022

Telah dievaluasi dengan nilai : 82,55 (A)

**Panitia Penguji Skripsi**

Ketua

Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP.Y. 1030400405

Sekretaris

Febi Rahmadianto, S.T., M.T.  
NIP.P. 1031500490

**Anggota Penguji**

Penguji 1

Sibut, S.T., M.T.  
NIP.Y. 1030300379

Penguji 2

Febi Rahmadianto, S.T., M.T.  
NIP.P. 1031500490

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Naufal Rafid Rizqullah  
NIM : 2011907  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknologi Industri  
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR KARBURISASI TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN Pengerasan pada Baja Paduan Rendah AISI 4140”** adalah skripsi yang disusun atas dasar penelitian yang saya lakukan sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 22 Februari 2022

Penulis



Naufal Rafid Rizqullah

NIM. 2011907

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Naufal Rafid Rizqullah  
NIM : 2011907  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR  
KARBURISASI TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN  
KEDALAMAN Pengerasan pada Baja Paduan  
RENDAH AISI 4140  
Dosen Pembimbing : Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
Tanggal Pengajuan Skripsi : 4 Februari 2022  
Tanggal Penyelesaian Skripsi : 14 Februari 2022  
Telah diselesaikan dengan nilai : 82,55 (A)

Malang, 14 Februari 2022












Dosen Pembimbing



Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP.Y. 1030400405

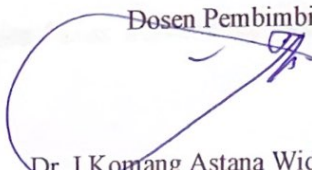
## LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Naufal Rafid Rizqullah  
NIM : 2011907  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Karburisasi Terhadap Struktur Mikro dan Kedalaman Pengerasan pada Baja Paduan Rendah Aisi 4140  
Dosen Pembimbing : Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

No.	Materi Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1	Pengajuan Judul Skripsi	3 Oktober 2021	
2	Konsultasi Bab I dan Bab II	18 Oktober 2021	
3	Revisi Bab I dan Bab II	22 Oktober 2021	
4	Konsultasi Bab III	26 Oktober 2021	
5	Revisi Bab III	10 November 2021	
6	Konsultasi Seminar Proposal	26 November 2021	
7	Konsultasi Bab IV dan Bab V	15 Desember 2021	
8	Revisi Bab IV dan Bab V	1 Januari 2021	
9	Konsultasi Seminar Hasil	29 Januari 2022	
10	Konsultasi Ujian Skripsi	5 Januari 2022	
11	ACC Laporan Skripsi	20 Januari 2022	

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

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

NIP. Y. 1030400405

**ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR KARBURISASI  
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN Pengerasan  
PADA BAJA PADUAN RENDAH AISI 4140**

**Naufal Rafid Rizqullah**

*Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota  
Malang, Indonesia*

*Email: [naufalrafidr@gmail.com](mailto:naufalrafidr@gmail.com)*

**ABSTRAK**

Baja AISI 4140 merupakan salah satu *low alloy steel* (baja paduan rendah) yang biasa diaplikasikan untuk *shaft, gear, bolts, tools join, piston pin* dan lain-lain. Aplikasi-aplikasi tersebut biasanya digunakan pada beban-beban yang cukup besar dan mesin berputar. Oleh karena itu baja ini harus memiliki kekerasan yang diinginkan, ketangguhan terhadap tekanan, tahan korosi dan tahan aus. Karburisasi merupakan salah satu metode perlakuan panas yang bertujuan meningkatkan kualitas sifat ketahanan logam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur mikro dan kedalaman pengerasan pada baja AISI 4140 dengan karburisasi dengan variasi temperature 700°C, 800°C, dan 900°C dengan waktu penahanan 3 jam dan menggunakan media pendingin *coolant radiator*. Nilai kekerasan pada kedalaman 15 µm pada spesimen yang telah diproses karburisasi pada temperatur 700°C mengalami peningkatan 22% dengan kedalaman pengerasan sedalam 180 µm, sedangkan pada temperatur 800°C mengalami peningkatan 57% dengan kedalaman pengerasan sedalam 345 µm, dan pada temperatur 900°C mengalami peningkatan 80% dengan kedalaman pengerasan sedalam 705 µm. Semakin tinggi temperatur karburisasi maka difusi atom karbon semakin dalam. Dari pengujian SEM dan pengamatan optik dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur karburisasi maka akan mengalami kenaikan kandungan karbon dan presentase struktur martensit, sehingga membentuk lapisan karbida yang membuat material semakin keras.

***Kata kunci: Perlakuan Panas, Karburisasi, Baja AISI 4140***

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas rahmat karunia, bimbingan, dan penyertaan-Nya selama ini. Dengan ketekunan dan juga pendampingan-Nya, saya sebagai mahasiswa Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul **“ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR KARBURISASI TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEDALAMAN Pengerasan pada Baja Paduan Rendah AISI 4140”** yang tentunya 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 Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang,
2. Bapak Dr. F. Yudi Limpraptono, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang,
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang,
4. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing Penyusunan Skripsi,
5. Bapak Ir. Teguh Rahardjo, M.T. Sebagai Koordinator Bidang Metalurgi dan Material,
6. Bapak Dosen Penguji I dan Penguji II Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang,
7. Kedua orang tua dan sanak saudara yang selalu memberikan dukungan baik melalui doa maupun kebutuhan finansial penyusun,
8. Dan rekan-rekan mahasiswa teknik mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang yang telah banyak membantu terkait dengan penyusunan skripsi maupun dalam penelitian.



Penyusun menyadari sebagai manusia biasa, pasti tidak akan pernah bisa sempurna. Maka dari itu, masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran dari bapak/ibu dosen yang berguna untuk menyempurnakan isi skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun bagi pembaca dalam melakukan setiap penelitian dan studi.

Malang, 22 Februari 2022

Penyusun



Naufal Rafid Rizqullah

## Daftar Isi

<b>LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>ix</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>xi</b>
<b>Daftar Tabel.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Baja Paduan.....	5
2.1.1 Baja Paduan Rendah .....	5
2.1.2 Baja Paduan Menengah.....	5
2.1.3 Baja Paduan Tinggi .....	5
2.2 Baja AISI 4140.....	6
2.3 Perlakuan Panas ( <i>Heat Treatment</i> ).....	7
2.3.1 Klasifikasi Perlakuan Panas .....	8
2.3.2 Carburizing.....	14
2.4 Struktur Mikro Baja .....	17
2.5 Diagram Fasa Baja Fe-Fe <sub>3</sub> C.....	21
2.6 Difusi Atom.....	23
2.5 Fluidised Bed Furnace.....	24
2.5.1 Keunggulan dan Kelemahan Fluidised Bed .....	24

2.5.2 Suplay Gas dalam Fluidised Bed .....	25
2.5.3 Fluidised Medium .....	26
2.5.4 Karakteristik Fluidised Bed.....	26
2.5.5 Parameter dan Proses Fluidised Bed .....	26
2.5.6 Kecepatan Fluidisasi Gas .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Diagram Alir Pengerjaan.....	28
3.2 Grafik Proses Karburisasi .....	29
3.3 Alat dan Bahan .....	30
3.3.1 Alat yang Digunakan.....	30
3.3.2 Bahan Penelitian.....	32
3.4 Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
3.5 Prosedur Penelitian.....	33
3.5.1 Sampel Penelitian.....	33
3.5.2 Proses Perlakuan Panas Karburisasi .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Data Hasil Penelitian.....	34
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kedalaman Pengerasan Permukaan .....	34
4.1.2 Analisis Struktur Mikro .....	37
4.1.3 Data Hasil Uji SEM-EDX/EDS .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>50</b>

## Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Klasifikasi Perlakuan Panas .....	8
Gambar 2. 2 Normalizing.....	9
Gambar 2. 3 Diagram CCT (Continuous Cooling Transformation) .....	10
Gambar 2. 4 Struktur Mikro Perlit Pembesaran 500x.....	18
Gambar 2. 5 Struktur Mikro Ferrit Pembesaran 1000x .....	18
Gambar 2. 6 Struktur Mikro Martensit Pembesaran 500x .....	19
Gambar 2. 7 Struktur Mikro Bainit Pembesaran 500x.....	20
Gambar 2. 8 Struktur Mikro Sementit Pembesaran 500x .....	20
Gambar 2. 9 Struktur Mikro Austenit Pembesaran 200x.....	21
Gambar 2. 10 Diagram Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	22
Gambar 2. 11 Ilustrasi Difusi Atom.....	23
Gambar 2. 12 Ilustrasi Suplai Gas dalam Fluidised Bed Furnace.....	25
Gambar 3. 1 Grafik Proses Karburisasi.....	29
Gambar 3. 2 Fluidised Bed Furnace.....	30
Gambar 3. 3 Mesin Bubut .....	30
Gambar 3. 4 Mesin Poles .....	31
Gambar 3. 5 Micro Vickers.....	31
Gambar 3. 6 Mesin SEM-EDS.....	31
Gambar 3. 7 Mikroskop Optik .....	32
Gambar 3. 8 Spesimen Penelitian .....	32
Gambar 3. 9 Coolant Radiator Sebagai Media Pendingin .....	33
Gambar 4. 1 Tabel Kedalaman Pengerasan Spesimen Awal.....	34
Gambar 4. 2 Grafik Kedalaman Pengerasan Spesimen Setelah Proses Karburisasi Pada Variasi Temperatur 700 °C, 800 °C, dan 900°C ...	36
Gambar 4. 3 Lokasi Pengambilan Struktur Mikro Spesimen Karburisasi .....	38
Gambar 4. 4 Sampel yang diambil pada perlakuan karburasi 700°C dengan waktu penahanan selama 3 jam.....	42
Gambar 4. 5 Sampel yang diambil pada perlakuan karburasi 800°C dengan waktu penahanan selama 3 jam.....	43
Gambar 4. 6 Sampel yang diambil pada perlakuan karburasi 900°C dengan waktu penahanan selama 3 jam.....	44

Gambar 4. 7 Grafik Persentase Karbon Pada Tiap Permukaan Spesimen Uji dan  
Persentase Struktur Martensit Pada Tiap Spesimen Uji..... 45

## Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 4140 .....	6
Tabel 4. 1 Kekerasan Permukaan Spesimen Tanpa Perlakuan Panas .....	34
Tabel 4. 2 Tabel Kedalaman pengerasan Spesimen Setelah Proses Karburisasi 700°C.....	35
Tabel 4. 3 Tabel Kedalaman Pengerasan Spesimen Setelah Proses Karburisasi 800°C.....	35
Tabel 4. 4 Tabel Kedalaman Pengerasan Setelah Proses Karburisasi 900°C .....	36
Tabel 4. 5 Perubahan Nilai Kekerasan dan Kedalaman Pengerasan Spesimen Uji.....	37
Tabel 4. 6 Tabel Hasil Pengamatan Optik .....	39
Tabel 4. 7 Tabel Komparasi Persentase Fasa Spesimen Tanpa Perlakuan dan Variasi Karburisasi dengan Temperatur 700°C, 800°C, dan 900°C dengan Nilai Kekerasan .....	40
Tabel 4. 8 Komposisi Kimia Tiap Variasi Perlakuan Karburisasi .....	45