

**PENGARUH DIAMETER MATERIAL DAN WAKTU TAHAN  
PROSES *INDUCTION HARDENING* TERHADAP  
KEKERASAN PADA BAJA AISI 1045 UNTUK  
APLIKASI *SPROCKET GEAR***

**SKRIPSI**

Dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari  
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD RAJA FADHIL HARAHAHAP**

**3334141902**

**JURUSAN TEKNIK METALURGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH DIAMETER MATERIAL DAN WAKTU TAHAN  
PROSES *INDUCTION HARDENING* TERHADAP  
KEKERASAN PADA BAJA AISI 1045 UNTUK  
APLIKASI *SPROCKET GEAR***

**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II



Suryana, ST., M.Si

NIP. 197402162001121001



Indah Uswatun Hasanah S.Si., M.T

NIP. 199012142019032022

**LEMBAR PERSETUJUAN**

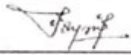

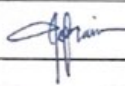
**PENGARUH DIAMETER MATERIAL DAN WAKTU TAHAN  
PROSES *INDUCTION HARDENING* TERHADAP  
KEKERASAN PADA BAJA AISI 1045 UNTUK  
APLIKASI *SPROCKET GEAR*  
SKRIPSI**

Disusun dan diajukan oleh :

**MUHAMMAD RAJA FADHIL HARAHAP**

**3334141902**

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 24 Januari 2021

	Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
Penguji I	: <u>Suryana, ST., M.Si</u>	
Penguji II	: <u>Indah Uswatun Hasanah S.Si., M.T</u>	
Penguji III	: <u>Prof Alfirano S.T., M.T, Ph.D</u>	

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi

  
Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.

NIP. 197804102003121001



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut :

Judul : Pengaruh Diameter Material dan Waktu tahan Proses  
*Induction Hardening* terhadap Kekerasan pada Baja AISI  
1045 untuk aplikasi *Sprocket Gear*.

Nama Mahasiswa : Muhammad Raja Fadhil Harahap

NIM : 3334141902

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seuruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 24 Januari 2021



**Muhammad Raja Fadhil Harahap**

**3334141902**

## ABSTRAK

Baja AISI 1045 merupakan jenis baja karbon menengah dengan kandungan karbon 0,45%. Karena sifatnya yang cukup ulet, tangguh dan relatif mudah diberi perlakuan, AISI 1045 menjadi pilihan utama terutama untuk komponen mesin, *Gear Sprocket* menjadi salah satu contohnya pada industri otomotif. Pada baja AISI 1045 memiliki kekerasan yang tergolong rendah sedangkan untuk aplikasi *Aplikasi Gear Sprocket* diharuskan memiliki sifat mekanik yang baik terutama pada kekerasan dan ketahanan aus dikarenakan penggunaannya yang selalu bergesekan dengan mata rantai. Maka bagian permukaan harus dilakukan *surface hardening* atau pengerasan pada bagian permukaan. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan nilai kekerasan dari permukaan *Gear Sprocket*. Salah satu metode untuk mengeraskan permukaan baja yaitu pengerasan secara induksi (*induction hardening*). Pada proses *induction hardening* ini memiliki beberapa variabel yang mempengaruhi prosesnya seperti waktu tahan pemanasan dan ukuran diameter benda kerjanya. Pada percobaan ini variabel yang digunakan adalah 5, 7, dan 9 detik sedangkan diameter benda kerjanya adalah 20 mm, 25 mm, dan 32 mm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel terhadap kekerasan dan kedalaman kekerasan dari baja AISI 1045. Pada percobaan ini menghasilkan bahwa semakin lama waktu dan semakin besar ukuran diameter benda kerja maka semakin besar *case depth* yang ditemui, semakin besar diameter material semakin besar nilai kekerasannya, sedangkan waktu tahan tidak terlalu mempengaruhi nilai kekerasan akhir. Kekerasan terbesar terjadi pada spesimen 32 mm dengan waktu tahan 9s dengan titik indentasi 2 mm dari permukaan sebesar 845,57 HV.

**Kata Kunci:** Baja AISI 1045, *induction hardening*, *Gear Sprocket*, *surface hardening*, waktu tahan.

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Dalam pembuatan skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Adhitya Trenggono, ST., M.Se. sebagai ketua jurusan Teknik Metalurgi UNTIRTA
2. Bapak Adhitya Trenggono, ST., MT. sebagai koordinator skripsi Teknik Metalurgi UNTIRTA
3. Suryana, ST., M.Si. sebagai Pembimbing I dan Ibu Indah Uswatun H. S.Si., M.T sebagai Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
4. Pak Anang dan Tim Laboratorium HSM Plant PT. Krakatau Steel Indonesia, yang telah membantu dan membimbing saya dalam pengambilan data penelitian
5. Orang tua, adik, serta teman-teman Metalurgi semua jurusan yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan bantuannya.
6. Untuk Yasmine Azmi Syafawani Kurnia.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak terutama bagi penulis dan pembaca.

Cilegon, Januari 2021

**Muhammad Raja Fadhil Harahap**  
**3334141902**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Hipotesa Awal.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Baja AISI 1045.....	5
2.2 Induction Hardening.....	6
2.3 Faktor yang Mempengaruhi <i>Induction Hardening</i> .....	10
2.4 Pengujian Kekerasan.....	11
2.5 Pengujian Kekerasan .....	13
2.5.1 Uji Kekerasan Brinell.....	14
2.5.2 Uji Kekerasan Vickers .....	15
2.5.3 Uji Kekerasan <i>Rockwell</i> .....	16

2.6	Quenching .....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>22</b>
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	22
3.2	Alat dan Bahan.....	23
3.2.1	Alat yang Digunakan.....	23
3.2.2	Bahan yang Digunakan .....	24
3.3	Prosedur Percobaan.....	24
3.3.1	Preparasi Sampel.....	24
3.3.2	Persiapan <i>Induction Electromagnetic Furnace</i> .....	24
3.3.3	Karakterisasi dan Pengujian Sampel.....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>28</b>
4.1	Karakterisasi Awal struktur mikro menggunakan <i>Optical Microscope</i> .....	28
4.2	Pengujian kekerasan dengan <i>Vicker's hardness test</i> .....	29
4.2.1	Pengaruh Diameter terhadap Nilai Kekerasan & <i>Case Depth</i>	29
4.2.2	Pengaruh Waktu Tahan terhadap Nilai Kekerasan & <i>Case Depth</i> .....	33
4.3	Analisa Struktur Mikro .....	39
4.3.1	Analisa Struktur Mikro Sampel 20 mm 5 detik (Sampel A)...	40
4.3.2	Analisa Struktur Mikro Sampel 32 mm 5 detik (Sampel B)...	42
4.3.3	Analisa Struktur Mikro Sampel 32 mm 7 detik (Sampel C)...	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>49</b>
5.1	Kesimpulan .....	49



5.2	Saran.....	50
-----	------------	----

**DAFTAR PUSTAKA**

<b>LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN .....</b>	<b>55</b>
--	-----------

<b>LAMPIRAN B DATA HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>57</b>
--	-----------

<b>LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN.....</b>	<b>61</b>
--	-----------

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Kimia Baja AISI 1045 ( <i>Standart</i> AISI 1045).....	5
<b>Tabel 2.2</b> Parameter Termal Baja Karbon Rendah ( <i>Dong et al</i> , 2019).....	7
<b>Tabel 4.1</b> Komposisi Kimia Baja AISI 1045 .....	27
<b>Tabel 4.2</b> Nilai Kekerasan Awal Baja AISI 1045.....	27
<b>Tabel 4.3</b> Data Kekerasan Hasil Perlakuan Panas Diameter 20 mm.....	29
<b>Tabel 4.4</b> Data Kekerasan Hasil Perlakuan Panas Diameter 25 mm.....	29
<b>Tabel 4.5</b> Data Kekerasan Hasil Perlakuan Panas Diameter 32 mm.....	29
<b>Tabel 4.6</b> Data Kekerasan Hasil Perlakuan Panas Waktu Tahan 5s.....	33
<b>Tabel 4.7</b> Data Kekerasan Hasil Perlakuan Panas Waktu Tahan 7s.....	33
<b>Tabel 4.8</b> Data Kekerasan Hasil Perlakuan Panas Waktu Tahan 9s. ....	33
<b>Tabel 4.9</b> Penyebaran Fasa Sampel A.....	40
<b>Tabel 4.10</b> Penyebaran Fasa Sampel B.....	43
<b>Tabel 4.11</b> Penyebaran Fasa Sampel C.....	44
<b>Tabel B.1</b> Komposisi Kimia Baja AISI 1045.....	57
<b>Tabel B.2</b> Nilai Kekerasan Awal Baja AISI 1045.....	57
<b>Tabel B.3</b> Data Kekerasan Hasil Perlakuan Panas Diameter 20 mm.....	57

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Mekanisme Induction Hardening.....	6
<b>Gambar 2.2</b> Zona-Zona pada Material Proses Induction Hardening.....	7
<b>Gambar 2.3</b> Struktur mikro pada (a) Martensit di hardened zone (b) Martensit-perlit di transition zone (c) Perlit di unhardened zone.....	8
<b>Gambar 2.4</b> Diagram Tulang Ikan Parameter Proses Induction Hardening.....	12
<b>Gambar 2.5</b> Kelas Konsistensi.....	14
<b>Gambar 2.6</b> Kurva TTT Pada Baja AISI 1045 (Totten <i>et al</i> , 2002).....	19
<b>Gambar 2.10</b> Diagram CCT Untuk Baja AISI 1045 (Totten <i>et al</i> , 2002)..	20
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	22
<b>Gambar 3.2</b> Skema Pengambilan Sampel .....	24
<b>Gambar 3.3</b> Indentasi metode vickers (Barsom et al 2000) .....	26
<b>Gambar 4.1.</b> AISI 1045 Non treatment .....	28
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Pengaruh Diameter terhadap Kekerasan. Waktu Tahan 5s ..	30
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Pengaruh Diameter terhadap Kekerasan. Waktu Tahan 7s...	31
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Pengaruh Diameter terhadap Kekerasan. Waktu Tahan 9s...	31
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Pengaruh Waktu Tahan terhadap Kekerasan. Diameter 20 mm.....	34
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Pengaruh Waktu Tahan terhadap Kekerasan. Diameter 25 mm.....	35

<b>Gambar 4.7</b> Grafik Pengaruh Waktu Tahan terhadap Kekerasan. Diameter 32 mm.....	36
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Pengaruh Waktu Tahan terhadap Kekerasan. Sampel 20mm 5s, 32 mm 5s. dan 32mm 7s .....	37
<b>Gambar 4.9.</b> AISI 1045 Non treatment.....	39
<b>Gambar 4.10</b> Struktur mikro Sampel A. A). Bagian Permukaan, B). Bagian Perantara C). <i>Base Metal</i> .....	40
<b>Gambar 4.11</b> Penyebaran Ukuran Butir Martensit Sampel A.....	41
<b>Gambar 4.12</b> Struktur mikro Sampel B. A). Bagian Permukaan, B). Bagian Perantara C). <i>Base Metal</i> .....	43
<b>Gambar 4.13</b> Penyebaran Ukuran Butir Martensit Permukaan Sampel B.....	43
<b>Gambar 4.14</b> Struktur mikro Sampel B. A). Bagian Permukaan, B). Bagian Perantara C). <i>Base Metal</i> .....	45
<b>Gambar 4.15</b> Penyebaran Ukuran Butir Martensit Permukaan Sampel C.....	47
<b>Gambar 4.16</b> Rata-rata.Kekerasan Permukaan & Ukuran Butir.....	46
<b>Gambar B.1</b> Langkah – Langkah Menggunakan Software ImageJ Untuk Mendapatkan Fraksi Volume.....	59
<b>Gambar B.2</b> Struktur Mikro Sebelum Dilakukan Induction Treatment .....	61
<b>Gambar C.1</b> Induction Electromagnetic Furnace.....	61
<b>Gambar C.2</b> Air Es.....	61
<b>Gambar C.3</b> Ethanol.....	61
<b>Gambar C.4</b> Pasta Alumina.....	61
<b>Gambar C.5</b> Larutan Nital 2%.....	61

<b>Gambar C.6</b> Mesin Polishing.....	61
<b>Gambar C.7</b> Bakelit.....	62
<b>Gambar C.8</b> Alat Grinding.....	62
<b>Gambar C.10</b> Alat Cutting.....	62
<b>Gambar C.9</b> Mesin Mounting.....	62
<b>Gambar C.11</b> Mikroskop Optik.....	62
<b>Gambar C.12</b> Alat tekan.....	62
<b>Gambar C.13</b> Alat Pengering.....	63
<b>Gambar C.14</b> Tang Tangan.....	63
<b>Gambar C.15</b> Uji Kekerasan <i>Micro vickers</i> .....	63
<b>Gambar C.16</b> Oli.....	63

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Baja AISI 1045 merupakan jenis baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebanyak 0,43%-0,50 % dan termasuk golongan baja karbon menengah (Glyn.et.al, 2001). Salah satu contoh aplikasi baja AISI 1045 adalah untuk *gear sprocket*. Tetapi dikarenakan nilai kekerasan yang belum memenuhi standar, maka harus di lakukan perlakuan tambahan, untuk meningkatkan kekerasannya.

*Gear sprocket* adalah salah komponen yang akan selalu bersinggungan dengan rantai, sehingga *gear sprocket* rentan mengalami keausan maupun pengikisan. Sedangkan *wear resistance* berbanding lurus dengan nilai kekerasan logam. Sehingga permukaan dari *gear sprocket* harus memiliki nilai kekerasan yang tinggi, tetapi juga memiliki nilai ketangguhan yang tinggi.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu diadakan penelitian tentang metode-metode untuk meningkatkan nilai kekerasan AISI 1045. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkat permukaan baja yaitu adalah pengerasan secara induksi (*induction hardening*), dimana induksi elektromagnetik yang terbentuk dari aliran listrik pada solenoid dapat merubah fasa permukaan logam. *Induction hardening* digunakan karena laju pemanasannya yang cepat dibandingkan dengan metode pengerasan permukaan konvensional, *Induction hardening* memiliki kelebihan yaitu, dapat memanaskan baja pada titik tertentu, optimal untuk benda kerja dengan geometri kompleks, serta relatif lebih ekonomis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui parameter yang optimal, sehingga dapat meningkatkan kekerasan baja AISI 1045 dari 200 HV menjadi 500 HV dan *case depth* paling baik sebesar 1,5-2 mm, dengan menggunakan proses *induction hardening* dengan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti diameter spesimen dan waktu tahan pemanasan pada metode *induction hardening*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh diameter spesimen terhadap kekerasan dan kedalaman kekerasan (*case depth*) dari baja AISI 1045 yang telah melalui proses *Induction Hardening*.
2. Mengetahui pengaruh waktu tahan terhadap kekerasan dan kedalaman kekerasan (*case depth*) dari baja AISI 1045 yang telah melalui proses *Induction Hardening*.

## 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian, material yang digunakan adalah baja AISI 1045 yang dilakukan proses *induction hardening*. Material disiapkan dengan variabel ukuran 20, 25, dan 32 mm dengan tebal 10 mm. Variabel kedua adalah lama waktu pemanasan, 5, 7, dan 9 detik. Lalu material diletakkan diantara *coil solenoid* yang

telah dibuat. Lalu dilakukan *quenching* dengan menggunakan air es. Karakterisasi struktur mikro dan *case depth* dilakukan dengan *Optical Microscope*. Uji kekerasan dilakukan menggunakan uji kekerasan mikro Vicker's. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Metalurgi FT UNTIRTA dan untuk pengambilan data kekerasan dan struktur mikro di Lab Krakatau Steel.

### **1.5 Hipotesa Awal**

Hipotesis awal dari penelitian ini adalah semakin besar ukuran diameter spesimen, maka *case depth* juga akan semakin bertambah besar. Lalu semakin tinggi waktu tahan yang digunakan maka nilai kekerasan baja AISI 1045 dan *case depth* juga akan bertambah.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri atas lima bab. Bab I menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian. Bab II menjelaskan teori yang mendukung penelitian ini seperti teori tentang baja secara umum, penjelasan mengenai baja AISI 1045, penjelasan tentang *induction hardening*, faktor-faktor yang mempengaruhi, serta penjelasan tentang pengujian sifat mekanik yang berkaitan dengan sifat yang harus dimiliki bahan untuk *gear sprocket* yaitu pengujian kekerasan. Bab III menjelaskan mengenai diagram alir penelitian, prosedur penelitian, serta standar pengujian yang digunakan dalam penelitian. Bab IV menjelaskan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan pembahasannya berdasarkan data hasil pengujian, lalu



membandingkannya dengan penelitian sebelumnya. Bab V kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang didapatkan serta memberi saran kepada pembaca dan untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

Kohli et al, 2011, *Optimization of Processing Parameters in Induction Hardening Using Response Surface Methodology*, Indian Academy of Science, Vol 36, pp. 141-152

Arai. et al. (1998) “*Heat Treating.*” *ASM Metal Handbook vol 4*. USA: ASM International.

Aggen.et al (1993). “*Properties and selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys,*” *ASM Metal Handbook vol 1*, ASM nternational.

Barsom J. 2000. *Mechanical Testing and Evaluation*. ASM Handbook Volume 8 USA: ASM International.

Aubin R. 2004. *ASM Handbook Volume 9 –Metallography and Microstructures*. USA: ASM International.

Calister D. William. 2007. *Materials Science and Engineering*. Edisi 7,Departement of Metallurgical Engineering University of Utah.

Glyn, M., 2001, *Physical Metallurgy of Steel, Class Notes and Lecture Material*, ForMSE 651.01.

Huyett, 2014, *Engineering Hanbook*, Steelmaking: Materials, Attributes, and Manufacturing Processes , second edition.

Thelning, 1984, *Steel and its heat treatment*, 2nd edition, Butterworths, Great Britain.

Koswara, E., 1999, *Pengujian Logam*, Humaniora Utama, Bandung

Onan, M., 2015, *Determining the Influence of process parameters on the induction hardening of AISI 1040 steel by an experimental design method*, *Indian Journal of Engineering & Material Science*, Vol 22, pp. 513-520

Spuzic.S, 1994, *Wear Of Hot Rolling Mill Rolls: An Overview*, Volume No 176.

Abbaschian, R., L. and Reed-hill, R. (2009) *Physical Metallurgy Principles*. fourth. Edited by J. Dinsmore. USA: cengage learning.

Kobasko *et al.* (2011) *Correlation Between Chemical Composition of Steel, Optimal Hardened Layer, and Optimal Residual Stress Distribution*. Journal of ASTM international

Valery, R., Don, L., Raymond, L., 2017, *Handbook of Induction Heating*, 2<sup>nd</sup> Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Newyork

Anggri Abdi Rullah, 2019, Analisis Karakteristik Roda Gigi Miring Pada Transmissi Kendaraan Roda Empat

Munawar Chalil, 2017, Toyota Indonesia, Pt. Toyota Motor Manufacturing Indonesia

Septyan . D dan Aries . W, 2012, Studi Numerik 2D dan Uji Eksperimen tentang Karakteristik Aliran dan Unjuk Kerja Helical Savonius Blade dengan Variasi Overlap Ratio 0,1 ; 0,3 dan 0,5, Vol 1 No. 1

Tejas G. Patil, 2014, *A Critical Review On Different Coil Configurations Used For Induction Heating System, International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications (IJEBEA)*.

Groover, Mikell P. *Fundamentals of Modern Manufacturing 4<sup>th</sup> Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc. 2010.

Kadhim D (2016). *Effect of Quenching Media on Mechanical Properties for Medium Carbon Steel*, Journal of Engineering Research and Application Vol 6, PP. 26-34.

Subramanian *et al* (2019), *Hardness Property Measurement, Grain Size Reduction and Heat Treatment of AA6061+CuO Composite with and without*

*TiB2 Addition*, *Revue des Composites et des Materiaux Avances* vol. 29, PP. 33-37

Yopi Handoyo, (2015)” *Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45c Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft* “ *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, Vol. 3, No.2 Universitas Islam

Atkins. M 1977, *Atlas of Continuous Transformation Diagrams for Engineering Steels*, British Steel Corporation, Sheffield.

Dong, H., Zhao, Y., Yuan, H., Hu, X. and Yang, Z., 2019. A Simplified Calculation Method of Heat Source Model for Induction Heating.

TRZASKA, J., 2016. CALCULATION OF CRITICAL TEMPERATURES BY EMPIRICAL FORMULAE. *Arch. Metall. Mater*, 61, pp.981-986.