

SKRIPSI

PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES AUSTEMPERING TERHADAP KEKUATAN TARIK, FATIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA HQ 705

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**SUGIARTO
03051281419083**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

SKRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES
AUSTEMPERING TERHADAP KEKUATAN TARIK,
FATIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA
HQ 705**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh:

**SUGIARTO
03051281419083**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES AUSTEMPERING TERHADAP KEKUATAN TARIK, FATIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA HQ 705

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

**SUGIARTO
03051281419083**



**Diperiksa dan disetujui,
Pembimbing Skripsi**

Ir. Helmy Alian, M.T

NIP. 195910151987031006

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "**PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES AUSTEMPERING TERHADAP KEKUATAN TARIK, FATIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA HQ 705**" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Juli 2019.

Indralaya, Agustus 2019

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. Nukman M.T.

(.....)

NIP. 19590321 198703 1 001

Anggota :

2. Astuti, S.T., M.T.

(.....)

NIP. 19721008 199802 2 001

(.....)

3. Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T., M.T.

(.....)

NIP. 19891117 201504 2 003



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Irvadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19711225 199702 1 001

Dosen Pembimbing



Ir. Helmy Alian, M.T.
NIP. 19591015 198703 1 006

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :
:

SKRIPSI

NAMA : SUGIARTO
NIM : 03051281419083
MATA KULIAH : MATERIAL TENIK, TEKNIK
PENGELASAN
JUDUL : PENGARUH TEMPERATUR PADA
PROSES AUSTEMPERING TERHADAP
KEKUATAN TARIK, FATIK DAN
STRUKTUR MIKRO PADA BAJA HQ
705
DIBERIKAN : FEBRUARI 2019
SELESAI : JULI 2019

Mengetahui,



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sugiarto

Nim : 03051281419083

Judul : Pengaruh Temperatur pada Proses Austempering Terhadap Kekuatan Tarik, Fatik dan Struktur Mikro pada Baja HQ 705

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi saya ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari manapun juga.



Indralaya, 6 Agustus 2019

Penulis,



Sugiarto

NIM.03051281419083

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sugiarto

Nim : 03051281419083

Judul : Pengaruh Temperatur pada Proses Austempering Terhadap Kekuatan Tarik, Fatik dan Struktur Mikro pada Baja HQ 705

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis koresponden (Corresponding author).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun juga.

Indralaya, 5 Agustus 2019
Penulis



Sugiarto
NIM. 03051281419083

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yesus Kristus atas berkat, karunia dan kebaikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul ***"Pengaruh Temperatur pada Proses Austempering Terhadap Kekuatan Tarik, Fatik Dan Struktur Mikro pada Baja HQ 705"***.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Kedua Orang Tua ku Koentoro dan Elianita San Kaunang, dan adikku Immanuel Rio Pranoto yang telah memberikan semangat, motivasi dan dukungan doa kepada penulis.
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Dyos Santoso, M.T selaku dosen Pembimbing Akademik selama kuliah di Jurusan Teknik Mesin.
5. Bapak Ir. Helmy Alian, M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu selama proses penyelesaian skripsi.
6. Seluruh staf pengajar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, untuk semua ilmunya selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
7. Para Karyawan dan staff Jurusan Teknik Mesin, Kak Yatno, Kak Yan, Kak Sapril, Kak Guntur yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Gembala sidang GPDI Betlehem bapak Pdt. Ernes J Silaen danistrinya tante Dian Hanoy Kumulontang, beserta keluarga pastori tante gem, kak epi, kak nita, kak nonce, kak hana yang telah mendoakan setiap hari.
9. Seluruh Youth Betlehem terima kasih buat dukungan yang telah kalian berikan.
10. PKK ku bang Dedy Sinambela, teman satu KK ku Somame, dan adik-adik kelompok kecilku Morrys dan Chang.
11. Seluruh Pengurus PO Teknik yang telah mendukung penulis selama ini.
12. Sahabat-sahabat ku Soldier Mesin 2014 Helena, Leo, Jefri, Andre, Indra, Yudha, Bentar, dan lain-lain. Trima kasih buat segala canda tawa yang kalian semua berikan.
13. Rajawali Team serta seluruh kerabat yang bertugas, Bravo Rajawali!
14. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Indralaya, Juli 2019

Penulis,

Sugiarto

NIM. 03051281419083

RINGKASAN

PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES AUSTEMPERING TERHADAP KEKUATAN TARIK, FATIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA HQ 705

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Agustus 2019

Sugiarto; Dibimbing Oleh Ir. Helmy Alian, M.T

THE EFFECT OF TEMPERATURE ON AUSTEMPERING PROCESS FOR TENSILE STRENGTH, FATIGUE AND MICRO STRUCTURE ON HQ 705 STELL

xxvi + 36 halaman, 15 gambar, 6 tabel, 20 lampiran

Ringkasan

Dalam penggunaannya di bidang teknik pemilihan bahan logam yang sesuai dengan keperluan aplikasi dalam hal kekuatan, kekerasan, kekuatan lelah, ketahanan korosi dan sebagainya sehingga dalam pemakaiannya akan memberikan hasil yang optimal sangatlah penting. Sifat-sifat yang diperlukan di dalam aplikasi sangat dipengaruhi oleh struktur bahan tersebut, sedangkan struktur yang terbentuk dipengaruhi oleh komposisi kimia, teknik atau proses pembuatan serta proses perlakuan panas yang diberikan kepada logam tersebut. Salah satu proses untuk menghasilkan logam yang sesuai kebutuhan yaitu *austempering*.

Proses *austempering* adalah transformasi isothermal dari baja pada temperatur diantara fase perlit dan fase martensit. Temperatur transformasi isotermal lebih rendah dari pada temperatur perlit tetapi lebih besar dari temperatur awal martensit. Perlakuan panas menghasilkan berbagai jenis struktur mikro bainit, tergantung pada temperatur dan waktu perawatan. Proses *austempering* bertujuan untuk meningkatkan kekuatan logam dan mempertahankan sifat keuletan logam. Proses *austempering* yang dilakukan menggunakan variasi temperatur 320°C, 350°C dan 380°C. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pada proses austempering terhadap kekuatan tarik, fatik dan struktur mikro material.

Hasil penelitian menunjukan bahwa variasi temperatur pada proses *austempering* mempengaruhi kekuatan tarik, fatik dan struktur mikro pada baja HQ 705. Hasil pengujian tarik menunjukan setelah proses *austempering* nilai kekuatan tarik semakin meningkat sedangkan renggangannya semakin menurun. Pada pengujian fatik, siklus yang dihasilkan setelah proses *austempering* semakin menurun dibandingkan sebelum dilakukan proses *austempering*. Pengamatan struktur mikro setelah dilakukan proses *austempering* terlihat fase bainit terbentuk dengan presentase yang berbeda-beda. Pada suhu 380°C presentase fase bainit terbentuk sebesar 68,82%.

Kata Kunci : *austempering*, baja HQ 705, variasi temperatur, sifat mekanik, struktur mikro.

Kepustakaan : 14 (1991 – 2014)

SUMMARY

THE EFFECT OF TEMPERATURE ON AUSTEMPERING PROCESS FOR TENSILE STRENGTH, FATIGUE AND MICRO STRUCTURE ON HQ 705 STEEL

Scientific papers such as theses, September 2016

Sugiarto; Supervised by Ir. Helmy Alian, M.T

PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES AUSTEMPERING TERHADAP KEKUATAN TARIK, FATIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA HQ 705

xxvi + 36 pages, 15 pictures, 6 tables, 20 attachments

Summary

In its use in the field of metal selection techniques in accordance with application requirements in terms of strength, hardness, fatigue strength, corrosion resistance and so that in its use it will provide optimal results is very important. The properties required in the application are greatly influenced by the structure of the material, while the structure formed is influenced by the chemical composition, technique or manufacturing process and the heat treatment process given to the metal. One of the processes to produce metal that is needed is austempering.

The austempering process is the isothermal transformation of steel at temperatures between the pearlite phase and the martensite phase. The isothermal transformation temperature is lower than the pearlite temperature but is greater than the initial temperature of the martensite. The heat treatment produces various types of bainite microstructure, depending on the temperature and time of treatment. The austempering process have purpose to increase the strength of the metal and maintain the metal's ductility. The austempering process is carried out using temperature variations of 320°C, 350°C dan 380°C. The purpose of this study was to determine the effect of temperature variations on the austempering process on tensile strength, fatigue and microstructure of the material.

The results showed that variations of temperature in the austempering process affect the tensile strength, fatigue and microstructure of HQ 705 steel. Tensile test results show that after the austempering process the value of tensile strength increases while the strain decreases. In fatigue testing, the cycle generated after the austempering process decreases compared to before the austempering process. Observation of the microstructure after the austempering process is seen the bainite phase is formed with different percentages. At 380 ° C the percentage of bainite phase was formed at 68.82%.

Keywords : austempering, HQ 705 Steel, variations of temperature, mechanical properties, micro structure.

Literature : 14 (1991 – 2014)

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
BAB 1 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	3
1.6 Metode Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Baja	5
2.1.1 Baja Karbon	5
2.1.2 Metalografi Baja Karbon.....	6
2.2 Sifat Mekanik Baja.....	10
2.3 Baja HQ 705.....	11
2.4 Austempering	11
2.4.1 Temperatur Martensite-Start (M_s).....	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Diagram Alir	15
3.2 Metode Penelitian.....	16
3.3 Studi Literatur	16
3.4 Persiapan Spesimen.....	16
3.5 Alat dan Bahan.....	17
3.5.1 Alat.....	17
3.5.2 Bahan.....	17
3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	17

3.6.1	Proses Pemotongan	17
3.6.2	Proses Austenisasi	18
3.6.3	Proses Austempering	18
3.6.4	Pengujian Metalografi	18
3.6.5	Pengujian Tarik	19
3.6.6	Pengujian Fatik	21
3.7	Analisa Data dan Pembahasan	21
	BAB 4 PEMBAHASAN	23
4.1	Hasil Pengujian Komposisi Kimia	23
4.2	Hasil Pengujian Tarik	24
4.3	Hasil Pengujian Fatik	26
4.3.1	Data hasil pengujian Fatik	28
4.4	Hasil Pengujian Struktur Mikro	29
4.5	Analisa Data	32
	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran	36
	DAFTAR RUJUKAN	i
	LAMPIRAN	i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	9
Gambar 2.2 Diagram Transformasi Isotermal Siklus Austempering	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Mikroskop Optik Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.....	19
Gambar 3.3 Mesin Uji Tarik <i>Hydraulic Universal Material Tester</i>	20
Gambar 3.4 Grafik Hasil Pengujian Tarik.....	20
Gambar 3.5 Mesin Uji Fatik Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.....	21
Gambar 4.1 Grafik Tegangan Maksimum Setiap Benda Uji Sebelum dan Setelah Proses Austempering Dengan Variasi Temperatur.....	25
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Patah Setiap Benda Uji Sebelum dan Setelah Proses Austempering Dengan Variasi Temperatur	25
Gambar 4.3 Grafik Regangan Sebelum dan Setelah Proses Austempering Dengan Variasi Temperatur Berbeda	26
Gambar 4.4 Grafik Siklus Hasil Pengujian Fatik	29
Gambar 4.5 Baja HQ 705 Sebelum Proses Austempering Pembesaran 500X	30
Gambar 4.6 Baja HQ 705 Setelah Proses Austempering Pada Temperatur 320 °C Pembesaran 500X	31
Gambar 4.7 Baja HQ 705 Setelah Proses Austempering Pada Temperatur 350 °C Pembesaran 500X	31
Gambar 4.8 Baja HQ 705 Setelah Proses Austempering Pada Temperatur 380 °C Pembesaran 500X	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Fisik Baja Karbon	6
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Baja HQ 705	11
Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Kimia Baja HQ 705.....	23
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik Baja HQ 705.....	24
Tabel 4.3 Waktu hasil Pengujian Fatik Baja HQ 705	26
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Fatik Baja HQ 705	29

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Besi dan baja merupakan sumber yang paling banyak dipakai sebagai bahan industri, ditinjau dari sisi nilai ekonominya, tidak hanya itu yang paling penting adalah sifat besi dan baja yang bervariasi, yaitu bahwa besi dan baja sendiri mempunyai sifat dari yang paling lunak dan mudah diproses sampai yang paling keras dan tajam pun digunakan untuk menghasilkan berbagai macam kebutuhan dapat dibuat dengan berbagai bentuk. Dari unsur besi dan baja bentuk-bentuk struktur logam dapat diubah, inilah penyebabnya mengapa besi dan baja disebut material yang kaya dengan bermacam-macam sifat. Pembahasan awalnya adalah struktur mikro besi dan baja, dimana unsur paduan utamanya adalah karbon (Surdia & Saito, 2000).

Dalam penggunaannya di bidang teknik pemilihan logam agar sesuai dengan keperluan dengan penggunaannya dalam hal kekuatan lelah, kekuatan, ketahanan korosi, kekerasan dan lainnya sehingga dalam pemanfaatannya dapat memberikan hasil yang optimal sangatlah penting. Dalam pengaplikasianya struktur bahan logam menentukan sifat-sifat bahan logam, sedangkan untuk struktur yang terbentuk dipengaruhi oleh teknik pembentukan atau proses pembuatan, struktur kimia serta proses-proses perlakuan panas yang dilakukan kepada logam tersebut.

Perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan suatu proses dimana material dipanaskan dan didinginkan untuk mengubah struktur mikro pada material tersebut, hal ini berkaitan dengan sifat mekanik yang akan berubah seiring berubahnya struktur mikro material. Salah satu proses perlakuan panas yang biasa digunakan untuk merubah struktur mikro material adalah *austempering* (Hayrynen, K.L., Brandenberg.K.R. and Keeough., 2002).

Austempering adalah suatu proses transformasi isothermal yang terjadi pada baja di temperatur diantara fase martensite dan fase perlit. Pada penelitian kali ini akan dilihat sifat mekanik kekerasan dari proses *austempering*, maka akan divariasikan temperatur *austempering* pada penelitian ini. Maka penelitian ini akan mengangkat judul “**Pengaruh Temperatur pada Proses Austempering Terhadap Kekuatan Tarik, Fatik dan Struktur Mikro pada Baja HQ 705**”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi temperatur saat proses *austempering* terhadap kekuatan Tarik, Fatik dan struktur mikro material.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan – batasan masalah yang penulis batasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Spesimen yang digunakan adalah HQ 705.
2. Variasi temperatur *austempering* (320°C , 350°C , 380°C).
3. Waktu *austempering* 60 menit.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memahami dan menganalisa perubahan sifat mekanik baja HQ 705 setelah melalui proses *austempering* dengan variasi temperatur.

2. Membandingkan nilai tahanan fatik, kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja HQ 705 setelah dan sebelum melalui proses *austempering*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan oleh penulis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai kontribusi pengetahuan untuk mahasiswa khususnya teknik mesin dan civitas akademika untuk mengetahui perubahan sifat mekanik baja HQ 705 setelah proses *austempering*.
2. Memberikan mahasiswa bekal untuk menghadapi dunia kerja yang akan datang.

1.6 Metode Penelitian

Metode penulisan yang digunakan dalam proses penulisan skripsi ini adalah:

1. Studi Literatur
2. Perancangan dan Pembuatan
3. Pengujian Laboratorium
4. Analisa Data.

1.7 Sistematika Penulisan

Pada penelitian skripsi ini, sistematika penulisan yang ada terdiri dari bab – bab yang berkaitan satu sama lain dimana pada masing – masing bab tersebut

terdapat uraian dan gambaran yang mencakup seluruh pembahasan pada penelitian ini. Adapun bab – bab tersebut diantaranya:

BAB 1**Pendahuluan**

Membahas latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2**Tinjauan Pustaka**

Membahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.

BAB 3**Metodologi Penelitian**

Membahas mengenai diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini dan prosedur penelitian.

BAB 4**Pembahasan**

Membahas pengolahan data yang didapat dari penelitian serta menganalisa data hasil penelitian tersebut.

BAB 5**Kesimpulan dan Saran**

Membahas kesimpulan yang didapat dari analisa pengolahan data setelah melakukan penelitian, serta memberikan saran untuk kedepannya.

DAFTAR RUJUKAN

- ASM HANDBOOK, 1991. *Volume 4: Heat Treating*. USA: ASM International.
- ASM HANDBOOK, 1993. *Volume 6: Welding, Brazing, and Soldering*. USA: ASM International.
- ASM HANDBOOK, 2000. *Volume 8: Mechanical Testing and Evaluation*. USA: ASM International.
- Callister, W. and Rethwisch, D., 2007. *Materials science and engineering: an introduction*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- D. Gandy., 2007. *Carbon Steel Handbook*. California: Electric Power Research Institute Inc.
- Hayrynen, K.L., Brandenberg.K.R. and Keeough., 2002, *Application of Austempered Cast Iron*, American Foundry Society.
- Kenneth G. Budinski., 1996 *Engineering Materials, Properties and Selection*, fifth edition. USA: Prentice Hall International Inc.
- Murtiono, A., 2012. Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Permanen Sawit. *e-Dinamis*, II(2).
- Najeeb, N., Salman, N. & Aqueel, S., 2014. *Austempering Heat Treatment of AISI 4340 Steel and Comparative Analysis of Various Physical Properties at Different Parameters*. Volume V, pp. 6-11.
- Surojo, E., Raharjo, W. P. & Purwanto, H., 2007. *Pengaruh Temperatur dan Waktu pada Proses Austempering Besi Cor Nodular FCD 40*. Volume X, pp. 16-18.
- Surdia, T. & Saito, S. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Smallman, R.E. and BiShop, R.J., 1999. Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering. *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*, pp.320–350.
- Wiryosumarto., 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Yescas-Gonzales, M. A., 2001. *Modelling the Microstructure and Mechanical Properties of Austempered Ductile Irons*. Volume I, pp. 8-13.