



TUGAS AKHIR - TM 091486

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
TEMPERATUR DAN HOLDING TIME PERLAKUAN
PANAS AUSTEMPERING TERHADAP STRUKTUR
MIKRO, IMPACT STRENGTH SERTA KEKERASAN
FCD 600**

**FAISAL FEBRIANTO
NRP 2110 100 140**

**Dosen Pembimbing
Indra Sidharta ST, .MSc**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT - TM 091486

**EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF
TEMPERATURE AND HOLDING TIME VARIATION AT
AUSTEMPERING HEAT TREATMENT'S EFFECT INTO
MICRO STRUCTURE, IMPACT STRENGTH AND
HARDNESS OF FCD 600**

**FAISAL FEBRIANTO
NRP 2110 100 140**

Advisor
Indra Sidharta ST, .MSc

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
TEMPERATUR DAN HOLDING TIME PADA
PERLAKUAN PANAS AUSTEMPERING TERHADAP
STRUKTUR MIKRO, IMPACT STRENGTH SERTA
KEKERASAN FCD 600**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FAISAL FEBRIANTO

Nrp. 2110 100 140

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Indra Shidarta, ST.MSc(Pembimbing)
2. Dr. Ir. Soeharto, DEA(Penguji I)
3. Ir. Hari Subiyanto, MSc(Penguji II)
4. Putu Suwarta, ST.MSc(Penguji III)

SURABAYA

NOVEMBER, 2015

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN HOLDING TIME PADA PERLAKUAN PANAS AUSTEMPERING TERHADAP STRUKTUR MIKRO, IMPACT STRENGTH SERTA KEKERASAN FCD 600

Nama Mahasiswa : Faisal Febrianto
NRP : 2110 100 140
Dosen Pembimbing : Indra Sidharta ST.,MSc

Abstrak

Austempered Ductile Iron (ADI) merupakan material yang memiliki keunggulan pada kombinasi sifat mekanik, massa jenis dan machinability. ADI diperoleh dari ductile iron yang diberi perlakuan panas austempering. Struktur mikro serta sifat mekanik pada ADI ditentukan oleh variasi temperatur austempering dan holding time.

Pada perlakuan panas austempering, mula-mula material dipanaskan sampai temperatur 900°C kemudian ditahan selama 1 jam. lalu material dipindahkan ke dapur salt bath untuk proses austempering pada temperatur 275°C, 325°C dan 400°C dengan holding time masing-masing selama 30 menit, 60 menit dan 120 menit

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa presentase karbon pada material melebihi standar yang telah ditentukan. Dengan perlakuan panas austempering, material FCD 600 mengalami perubahan struktur mikro dan sifat mekanik. Material FCD 600 yang telah mengalami perlakuan panas austempering memiliki struktur matriks penyusun bainitic ferrite. Nilai impact strength dan kekerasan mengalami kenaikan dibandingkan dengan material as cast. Seiring kenaikan temperatur austempering dan holding time akan menyebabkan kenaikan nilai impact strength serta penurunan nilai kekerasan pada material setelah perlakuan.

Keyword : *Austempered ductile iron, Austempering, FCD 600, Bainitic ferrite*

**EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF
TEMPERATURE AND HOLDING TIME VARIATION
AT AUSTEMPERING HEAT TREATMENT'S EFFECT
INTO MICROSTRUCTURE, IMPACT STRENGTH
AND HARDNESS OF FCD 600**

Name : Faisal Febrianto
Student ID : 2109 100 091
Academic Supervisor : Indra Sidharta ST, MSc

Abstract

Austempered Ductile Iron (ADI) is material that has advantages such as combination of mechanical properties, density and machinability. ADI obtained from ductile iron that had been austempering heat-treated. Its microstructure and mechanical properties are determined by variations of austempering temperature and holding time.

In the Austempering Heat Treatment of the Ductile Iron FCD 600, the material is initially heated up to the austenitization temperature, which is 900° Celsius, the heating up is then held for an hour. Afterward, the material is then moved into the salt bath furnace for getting the austempering process at 275°, 325°, and 400° Celsius with the holding time for 30, 60, and 120 minutes respectively.

From the test result showed that the percentage of carbon in the material exceeds from JIS G5502. FCD 600 that has undergone austempering heat-treated has a matrix structure with a bainitic ferrite. Impact strength and hardness value of austempered material increased in comparison with the as cast material. As the austempering temperature and holding time rise will cause impact strength increasing and hardness in material impairment after treatment.

Keywords: Austempered ductile Iron, Austempering, FCD 600, Bainitic ferrite

KATA PENGANTAR

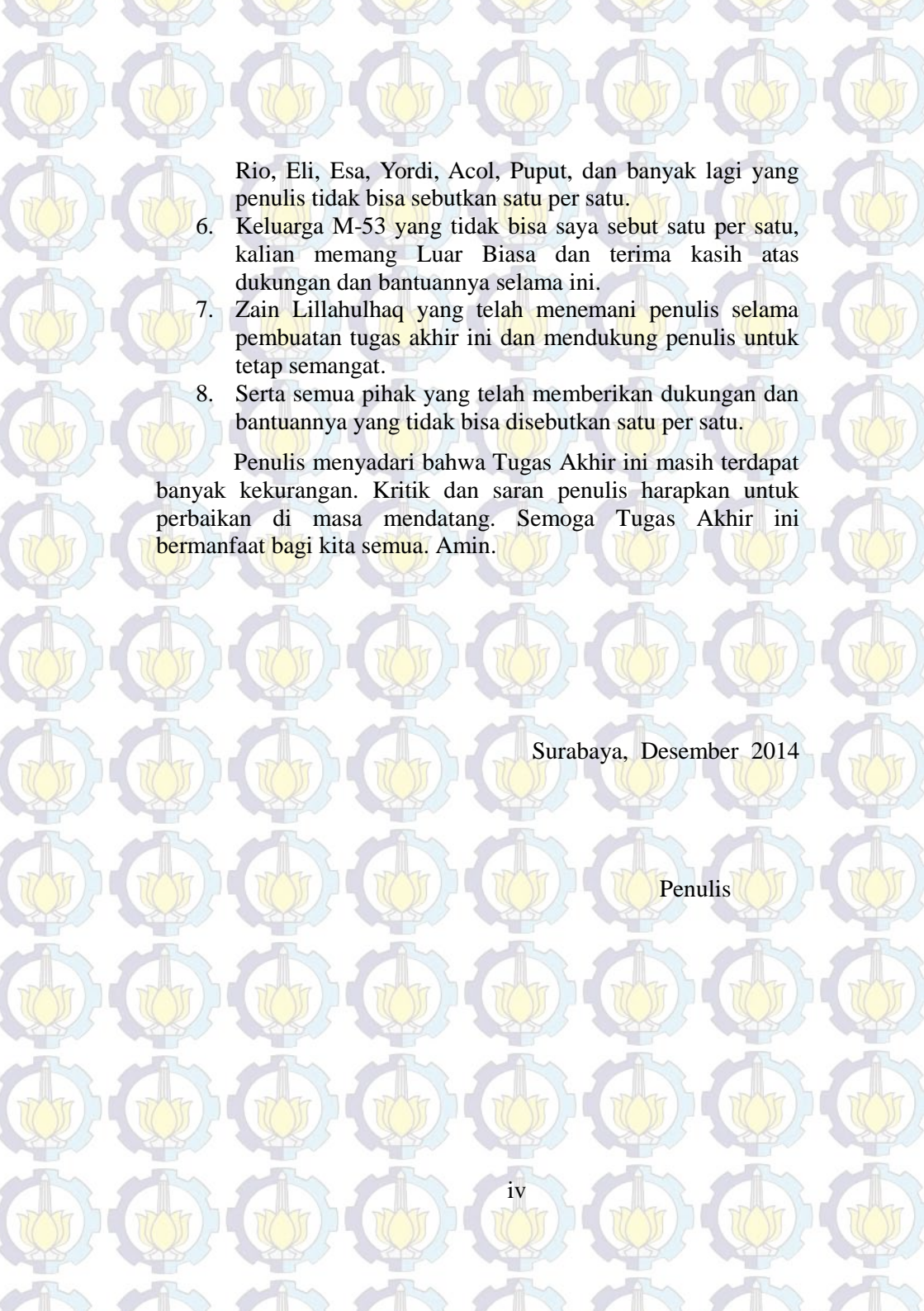
Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT karena hanya dengan bimbingan, petunjuk, dan kasih sayang-Nya akhirnya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

“STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN HOLDING TIME PERLAKUAN PANAS AUSTEMPERING TERHADAP STRUKTUR MIKRO, IMPACT STRENGTH DAN KEKERASAN FCD 600”

Penulis berharap dari tugas akhir ini dapat diambil suatu manfaat, meskipun masih banyak kekurangan pada pembuatan tugas akhir ini.

Akhirnya pada kesempatan ini penulis ingin berterima kasih kepada orang-orang di sekitar penulis yang secara langsung maupun tidak langsung ikut terlibat dalam penulisan tugas akhir ini. Secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu penulis (Hari Santoso dan Rusmini) terima kasih telah banyak berkorban untuk penulis hingga penulis menjadi seperti sekarang ini.
2. Bapak Indra Sidharta ST, M.Sc selaku dosen pembimbing. Bapak Dr.Ir.Soeharto DEA, Bapak Ir. Hari Subiyanto MT, dan Bapak Putu Suwarta ST M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak kritik dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
3. Ibu Dr. Ir. H.C Kis Agustin DEA selaku dosen wali selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin ITS.
4. Pak Mantri, pak Endang, pak Gatot, pak Budi dan mas Agus terima kasih atas bantuannya selama ini.
5. Saudara dan saudari Laboratorium Metallurgy Raya : Bilal, Upil, Iwak, Fira, Budhita, Bustan, Zahrah, Galang,

- 
- Rio, Eli, Esa, Yordi, Acol, Puput, dan banyak lagi yang penulis tidak bisa sebutkan satu per satu.
6. Keluarga M-53 yang tidak bisa saya sebut satu per satu, kalian memang Luar Biasa dan terima kasih atas dukungan dan bantuannya selama ini.
 7. Zain Lillahulhaq yang telah menemani penulis selama pembuatan tugas akhir ini dan mendukung penulis untuk tetap semangat.
 8. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuannya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Kritik dan saran penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak	i
Abstract	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
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.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Besi Tuang (<i>Cast Iron</i>).....	6
2.2.1.1 Komposisi Besi Tuang.....	6
2.2.1.2 Macam - Macam Besi Tuang.....	8
2.2.2 <i>Austempered Ductile Iron</i>	11

2.2.2.1	Proses <i>Austempering</i>	12
2.2.2.2	Struktur mikro pada <i>Austempered Ductile Iron</i>	17
2.2.2.2.1	Bainitic Ferrite	18
2.2.2.2.2	Austenit Kaya Karbon.....	18
2.2.2.2.3	<i>Blocky Austenite</i>	18
2.2.3	Aplikasi <i>Austempered Ductile Iron</i> dalam dunia industri	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Flowchart Penelitian.....	23
3.2	Material.....	24
3.2.1	Material yang digunakan	24
3.2.2	Bentuk Spesimen Uji.....	24
3.3	Alat-alat yang digunakan.....	26
3.3.1	Dapur Pemanas.....	26
3.3.2	Dapur <i>Austempering</i>	26
3.3.3	Peralatan <i>Grinding</i> dan <i>Polishing</i>	27
3.3.4	Peralatan pengujian etsa (Etching)	27
3.3.5	Peralatan pengamatan struktur mikro	28
3.3.6	Mesin uji <i>impact</i>	29
3.3.7	Peralatan Kekerasan	29
3.4	Langkah-langkah percobaan.....	30
3.4.1	Perlakuan panas <i>Austempering</i>	30
3.4.2	Pengamatan metalography.....	32
3.4.3	Pengujian <i>impact</i>	33

3.4.4 Pengujian kekerasan	33
3.5 Tabel Rancangan Penelitian	33
BAB IV DATA HASIL PENELITIAN.....	35
4.1 Data Pengujian Material awal FCD 600.....	35
4.2 Struktur Mikro Hasil <i>Austempering</i>	36
4.3 Pengaruh Terhadap <i>Impact Strength</i>	42
4.4 Pengaruh Terhadap Kekerasan	43
4.5 Data Hasil <i>Scaning Electro Microscope (SEM)</i>	44
BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	47
5.1 Pengaruh Holding Time dan Temperatur Terhadap Struktur Mikro.....	48
5.2 Pengaruh <i>Holding Time</i> dan <i>Temperature</i> Terhadap Kekuatan Tarik.....	51
5.3 Pengaruh <i>Holding Time</i> dan <i>Temperature</i> Terhadap Kekerasan	53
5.4 <i>Austempered Ductile Iron</i> FCD 600 Sebagai Material <i>Crankshaft</i> Mesin Sinjai	54
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
6.1 Kesimpulan.....	57
6.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi Kimia FCD 600.....	24
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian.....	34
Tabel 4.1 Data hasil pengujian unsur kimia material FCD 600.....	35
Tabel 4.2 Data hasil pengujian sifat mekanik material as cast FCD 600.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafit pada besi cor : a)flake, b)layer ferrite-cementite, c)rosettes, d)nodular.....	9
Gambar 2.2 <i>Range</i> komposisi dan skematik besi cor.....	10
Gambar 2.3 Skema perlakuan panas <i>Austempering</i>	13
Gambar 2.4 Struktur mikro ADI.....	15
Gambar 2.5 <i>Isothermal transformation</i> untuk <i>ductile iron</i>	16
Gambar 2.6 Pengaruh temperatur <i>austempering</i> terhadap ketangguhan.....	17
Gambar 2.7 Pertumbuhan butir perlit dengan inti Fe ₃ C dan bainitic ferrit dengan inti ferrit.....	18
Gambar 2.8 Blocky austenite pada mikrostruktur bainitic.....	19
Gambar 2.9 Struktur mikro blocky austenit.....	19
Gambar 2.10 Distribusi pasar penggunaan ADI.....	20
Gambar 2.11 Crankshaft Mesin SINAS (Sinjai Nasional).....	20
Gambar 2.12 ADI hypoid pinion and ring gear pair.....	20
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Y – Block JIS 5502 [8].....	24
Gambar 3.3 Bentuk Sepesimen Uji <i>Impact JIZ Z 2202</i>	25
Gambar 3.4 Spesimen Uji Metalografi.....	25
Gambar 3.5 Dapur pemanas.....	26
Gambar 3.6 Dapur <i>Austempering</i>	26
Gambar 3.7 Mesin <i>grinding / Polishing</i>	27

Gambar 3.8 Peralatan pengamatan struktur mikro.....	28
Gambar 3.9 Peralatan uji <i>impact</i>	29
Gambar 3.10 Mesin uji kekerasan.....	30
Gambar 3.11 Skema perlakuan panas <i>Austempering</i>	31
Gambar 3.12 Ilustrasi spesimen uji kekerasan.....	33
Gambar 4.1 Struktur mikro awal FCD 600 (a)perbesaran 200X (b) perbesaran 500X.....	36
Gambar 4.2 Struktur mikro hasil perlakuan panas <i>austempering</i> FCD 600 pada 275 °C dengan holding time 30 menit perbesaran 500X.....	37
Gambar 4.3 Struktur mikro hasil perlakuan panas <i>austempering</i> FCD 600 pada 275 °C dengan holding time 60 menit perbesaran 500X.....	37
Gambar 4.4 Struktur mikro hasil perlakuan panas <i>austempering</i> FCD 600 pada 275 °C dengan holding time 120 menit perbesaran 500X.....	38
Gambar 4.5 Struktur mikro hasil perlakuan panas <i>austempering</i> FCD 600 pada 325 °C dengan holding time 30 menit perbesaran 500X.....	39
Gambar 4.6 Struktur mikro hasil perlakuan panas <i>austempering</i> FCD 600 pada 325 °C dengan holding time 60 menit perbesaran 500X.....	39
Gambar 4.7 Struktur mikro hasil perlakuan panas <i>austempering</i> FCD 600 pada 325 °C dengan holding time 120 menit perbesaran 500X.....	40
Gambar 4.8 Struktur mikro hasil perlakuan panas <i>austempering</i> FCD 600 pada 400 °C dengan holding time 30 menit perbesaran 500X.....	41

Gambar 4.9 Struktur mikro hasil perlakuan panas austempering FCD 600 pada 400 °C dengan holding time 60 menit perbesaran 500X.....	41
Gambar 4.10 Struktur mikro hasil perlakuan panas austempering FCD 600 pada 400 °C dengan holding time 120 menit (a) perbesaran 200X (b) perbesaran 500X.....	42
Gambar 4.11 Pengaruh <i>holding time</i> terhadap nilai <i>impact strength</i>	43
Gambar 4.12 Pengaruh <i>holding time</i> terhadap nilai kekerasan (HBN).....	44
Gambar 4.13 Hasil pengujian SEM pada penampang pola patahan <i>As Cast</i>	45
Gambar 4.14 Hasil pengujian SEM pada penampang pola patahan temperatur austempering 275°C.....	45
Gambar 4.15 Hasil pengujian SEM pada penampang pola patahan temperatur austempering 400°C.....	45
Gambar 5.1 Persentase karbon dan silikon untuk besi tuang nodular.....	48
Gambar 5.2 Struktur <i>Blocky austenite</i>	49
Gambar 5.3 Struktur <i>retained austenite</i>	50
Gambar 5.4 Crankshaft FCD 600 Mesin Sinjai PT. Merak Megah Steel.....	55
Gambar 5.5 Analisa tegangan maksimal pada crankshaft mesin Sinjai.....	55

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa data dan pembahasan, bisa diambil beberapa kesimpulan sebaga berikut :

1. Material *as cast* FCD 600 memiliki struktur mikro *ferrite*, *pearlite* dan grafit nodular mengalami perubahan struktur mikro setelah mengalami proses *austempering* menjadi struktur mikro *bainitic ferrite*, austenit kaya karbon, *blocky austenite*, dan *retained austenite*.
2. Setelah proses perlakuan panas *austempering*, material FCD 600 mengalami peningkatan harga *impact strength* dibandingkan dengan material *as cast*.
3. Nilai *impact strength* material setelah melalui proses perlakuan panas *austempering* meningkat seiring kenaikan temperatur *austempering* dan *holding time*.
4. Setelah proses perlakuan panas *austempering*, material FCD 600 mengalami peningkatan harga kekerasan dibandingkan dengan material *as cast*.
5. Nilai kekerasan material setelah melalui proses perlakuan panas *austempering* menurun seiring kenaikan temperatur *austempering* dan *holding time*.
6. Presentase kandungan karbon pada material FCD 600 sebesar 5,67% melebihi standar yang telah ditentukan oleh JIS G5502 sebesar 3,6%.

6.2 Saran

1. Penentuan komposisi material pada saat pengecoran disesuaikan dengan standart yang ada untuk masing masing material.

2. Nilai kandungan karbon masih terlalu tinggi sehingga menyebabkan material tersebut menjadi gatas.
3. Perlu dilakukan pengujian mekanik lainnya seperti pengujian *fatigue* untuk mengetahui material FCD 600 tersebut layak atau tidak digunakan untuk material *crankshaft* mesin Sinjai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Avner, Sydney H, introduction to physical Metallurgy, second edition McGraw-Hill International Book Company, Tokyo, 1982.
2. Callister, Materials Science and Engineering An Introduction, seventh edition.
3. Web page for ADI the information available online at <http://www.ductile.org/>
4. Evaluation of Impact and Fatigue properties of Austempered Ductile Iron Marco DC, Evaluation of Impact and Fatigue properties of Austempered Ductile Iron, Department of Materials and Manufacturing Technology Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden 2009
5. Available online at <http://www.msm.cam.ac.uk/phase/trans/2001/adi/cast.iron.html>
6. Austempered ductile-iron castings- advantages, production, properties and Specifications, MATERIALS & DESIGN Vol. 13 No. 5 1992
7. Bahmani, M., Elliot, R., Varahram, N., “The Austempering Kinetics and Mechanical Properties of an Austempered Cu–Ni–Mo–Mn Alloyed Ductile Iron”, Journal of Material Science, 32, pp. 4783-4791, 1997.
8. JIS Hand Book Vol 6, 2006, Tokyo, Japan.
9. ASM Hand Book Hand Vol 4
10. Bagus Sarwo A, “Pengaruh Holding Time Proses Austempering Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan Material FCD 50”, Surabaya, 2007.
11. G. I. Rees and H. K. D. H. Bhadeshia, “Bainite transformation kinetics part 2 Non-uniform distribution of carbon”, Department of Materials Science and

- Metallurgy, University of Cambridge, Cambridge, 1992.
12. NILI AHMADABADI, M. "Bainitic Transformation in Austempered Ductile Iron with Reference to Untransformed Austenite Volume Phenomenon", Faculty of Engineering, Tehran University, Iran, 1996.
 13. Bosnjak, Branka, et al, "Microstructural and Mechanical Characteristic of Low Alloyed Ni-Cu-Mo Austempered Ductile Iron", ISIJ International, Vol40 No. 12, pp. 1246-1252, 2000
 14. M.R Adli, "Study Eksperimental Pengaruh Temperatur Austempering Terhadap Pembentukan Matriks Bainitic-Ferrite Pada FCD 50", Surabaya, 2007.
 15. Sofyan Moh, "Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Austempering Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan serta Struktur Mikro FCD 600", Surabaya, 2014.
 16. ASM Hand Book Hand Vol 15

BIODATA PENULIS



Faisal Febrianto, dilahirkan di Surabaya 15 Februari 1992. Merupakan anak pertama dari pasangan Hari Santoso dan Rusmini. Penulis mengenyam pendidikan dasar di SDN Kebraon 2 Surabaya. Jenjang pendidikan selanjutnya di SMPN 16 Surabaya dan SMAN 9 Surabaya.

Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan Jurusan Teknik Mesin dengan NRP 2110100140, dimana penulis mengambil bidang studi metalurgi. Selama kuliah penulis aktif dalam akademik dan kemahasiswaan. Dalam bidang kemahasiswaan penulis aktif berkecimpung menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Mesin dan menjabat sebagai Kepala Biro Usaha Mandiri (2012-2013). Dalam bidang akademik penulis aktif sebagai asisten laboratorium metalurgi dan pernah menjabat sebagai koordinator praktikum pengetahuan bahan teknik pada tahun 2013 serta koordinator praktikum metalurgi 2 pada tahun 2014.

Untuk semua informasi dan masukan dapat menghubungi penulis melalui email dono.krawu@gmail.com