

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PROSES PENDINGINAN UDARA
DAN PENDINGINAN AIR TERHADAP PERLAKUAN
PANAS MATERIAL *FERRO CARBON DUCTILE (FCD)***



Disusun :

TAUPAN ANDRIYANTO

NIM : D 200 00 0041

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

Maret 2011

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**“Pengaruh Proses Pendinginan Udara dan Pendinginan Air terhadap
Perlakuan Panas Material *Ferro Carbon Ductile (FCD)*”**

yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan /atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 1 Maret 2011

Yang menyatakan,

Taupan Andriyanto

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul “**Pengaruh Proses Pendinginan Udara dan Pendinginan Air terhadap Perlakuan Panas Material *Ferro Carbon Ductile (FCD)***”, telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Dipersiapkan oleh :

Nama : **TAUPAN ANDRIYANTO**

NIM : **D.200 00 0041**

Disetujui pada

Tanggal :

Hari :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Ir. Masyrukan, MT

Ir. Ngafwan, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “**Pengaruh Proses Pendinginan Udara dan Pendinginan Air terhadap Perlakuan Panas Material *Ferro Carbon Ductile (FCD)***” memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Dipersiapkan oleh :

Nama : **TAUPAN ANDRIYANTO**

NIM : **D 200 00 0041**

Disetujui pada

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Masyrukan, MT ()

Anggota 1 : Ir. Ngafwan, MT ()

Anggota 2 : Bambang. W. F, ST, MT ()

Dekan,

Ketua Jurusan,

Ir. Agus Riyanto, MT

Ir. Sartono Putro, MT

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nomor 0092 / A.3-II/FT/TA/II / 2007. Tanggal 20 Pebruari 2007.

dengan ini :

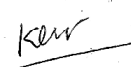
Nama : Ir. Masyrukan, MT.
Pangkat/Jabatan : Penata / Lektor.
Kedudukan : Pembimbing Utama / ~~Pembimbing Kedua~~
memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : TAUPAN ANDRIYANTO.
Nomor Induk : D 200 000 041.
NIRM : -
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : PENELITIAN METALURGI.
Rincian Soal/Tugas : PENGARUH PROSES PENDINGINAN UDARA DAN PENDINGINAN AIR TERHADAP HEAT TREATMENT MATERIAL FERRO CASTING DUCTILE (FCD).

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.
02 Maeret 2007.

Surakarta,

Pembimbing


Ir. Masyrukan, MT.

Cc. : Ir. Ngafwan, MT.
Penata Muda Tingkat I / Assisten Ahli.

Keterangan :
*) Coret salah satu
1. Warna biru untuk Kajur
2. Warna kuning untuk Pembimbing I
3. Warna merah untuk Pembimbing II
4. Warna putih untuk mahasiswa

MOTTO

“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, dan sesungguhnya ALLAH bersama orang-orang yang sabar “

(2: 153)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”

(94: 6-7)

“Tiga sifat manusia yang merusak adalah, kikir yang dituruti, hawa nafsu yang diikuti serta sifat mengagumi diri sendiri yang berlebihan”

(Nabi Muhammad SAW)

“Tidak ada satu obatpun yang dapat menyembuhkan sakit hati kecuali keikhlasan”

(Pepatah Arab)

PENGARUH PROSES PENDINGINAN UDARA DAN PENDINGINAN AIR TERHADAP PERLAKUAN PANAS MATERIAL *FERRO CARBON DUCTILE (FCD)*

Taufan Andriyanto, Masyrukan, Ngafwan
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A.Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura
Email : taufan.andriyanto@yahoo.com

ABSTRAKSI

Logam besi cor dapat diperlakukan panas untuk memperbaiki sifat-sifatnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan normalizing dan quenching terhadap sifat fisis dan mekanis besi cor grafit bulat.

Bahan yang dipakai ini berupa besi cor bergrafit bulat hasil pengecoran di salah satu pabrik cor Batur, Ceper. Pada penelitian diuji sifat fisis (komposisi kimia dan struktur mikro) dan sifat mekanis (kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan impak, dan nilai keausan).

Dari penelitian diketahui bahan berupa besi cor bergrafit bulat dengan kadar Fe (92,5%), C (3,44%), Si (2,82%), Mn (0,337%), P (0,137%), Ni (0,130%), Cr (0,106%), Cu (0,087%), Mo (0,037%), Al (0,035%), Ti (0,034%), Mg (0,034%), V(0,031%), W(0,030%), Co(0,023%), Nb(0,017%), S(0,015%), dan Pb(0,0127%). Pada struktur mikro terdapat fasa perlit (bintik hitam) dan grafit bulat (gelap) pada logam yang di-normalizing dan fasa martensit dan grafit pada logam diquenching. Nilai kekerasan rata-rata 264,4 HBN (normalizing) dan 605,2 HBN (quenching). Sedangkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 61,01 kg/mm², dengan regangan 11,4% (quenching), dan 30,20 kg/mm², dengan regangan 6,25% (normalizing). Kekuatan impak sebesar 0,61 J/mm² (normalizing) dan 0,55 J/mm² (quenching). Nilai keausan sebesar $2,227 \times 10^{-7}$ mm²/kg (quenching) dan $2,830 \times 10^{-7}$ mm²/kg untuk normalizing.

Kata Kunci : besi cor nodular, quenching, normalizing

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan *Alhamdulillah*, segala puji kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam mudah-mudahan tetap pada junjungan kita Rosulullah Muhammad SAW , keluarga serta sahabat-sahabatnya.

Tugas Akhir berjudul “Pengaruh Proses Pendinginan Udara dan Pendinginan Air terhadap Perlakuan Panas Material *Ferro Carbon Ductile (FCD)*”, dapat terselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Agus Riyanto, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Ir. Sartono Putro, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ir. Sunardi Wiyono, MT, selaku Pembimbing Akademik.
4. Ir. Masyrukan, MT., selaku Pembimbing Utama Tugas Akhir ini.
5. Ir. Ngafwan, MT., selaku Pembimbing Pendamping Tugas Akhir ini.
6. Lilik Setyana, ST, MT selaku Pembimbing lapangan di UGM selama dalam penelitian.
7. Ayah (Alm) dan Ibu tercinta yang telah membesarkan, menjaga, membimbing, dan selalu mendoakan serta memberikan motivasi

dalam hidupku. Yang selalu berharap semoga kelak aku bisa menjadi insan yang berbakti kepada orang tua, agama, bangsa dan Negara.

8. Istri tercinta Puji Prihatin, yang selalu mendoakan, memberikan dukungan dan semangat untuk menywlesaikan kuliah.
9. Adik ku tercinta Bowo dan Rosyid, yang selalu memberikan dukungan jadilah insan yang tegar, semoga sukses dan selalu berbakti sama orang tua dan berguna untuk keluarga, agama, bangsa, Negara.
10. Temen - temen ku Mesin'00 Adi, Endi, Susilo, Awaludin, Anang, Kalian adalah sahabat terbaik ku

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, 24 Maret 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian Skripsi	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pengesahan	iv
Lembar Soal Tugas Akhir	v
Motto.....	vi
Abstraksi	vii
Kata Pengantar.....	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel.....	xvii
Daftar Simbol	xviii
Daftar Lampiran	xvix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Klasifikasi Besi Cor	7
a. Besi cor kelabu	8
b. Besi cor putih	8
c. Besi cor nodular	8
d. Besi cor mampu tempa	9
2.2.2. Besi Cor Paduan	9
2.2.3. Pengaruh Kandungan Unsur pada Struktur	
Besi Cor	10
a. Karbon dan silikon	10
b. Magnesium	11
c. Mangan	11
d. Fosfor	11
e. Belerang	12
e. Unsur lain	12
2.2.4. Diagram Fe-C	12
2.2.5. Diagram Transformasi untuk Pendinginan <i>CCT</i> (<i>Continuous Cooling Tranformation</i>).....	13
2.2.6. Struktur Mikro Besi Cor Nodular	14
a. Grafit	14
b. Ferit	14
c. Perlit	14
d. Martensit	15

e. Sementit	15
2.2.7. Sifat Fisis pada Besi Cor Nodular.....	16
a. Komposisi Kimia	16
b. Struktur Mikro	17
2.2.8. Sifat Mekanis pada Besi Cor Nodular	18
a. <i>Hardness</i> (kekerasan)	18
b. <i>Ductility</i> (keuletan)	19
c. <i>Elasticity</i> (elastisitas)	19
d. <i>Strength</i> (kekuatan)	19
e. <i>Strain</i> (regangan)	19
f. <i>Stress</i> (tegangan)	19
g. <i>Toughness</i> (ketangguhan)	19
h. <i>Brittleness</i> (kegetasan)	20
i. <i>Weldability</i> (mampu las)	20
f. <i>Machinability</i> (mampu mesin)	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian	21
3.2. Penyiapan Bahan Baku.....	22
3.3. Penyiapan spesimen	22
a. Pembuatan Spesimen Komposisi Kimia, Struktur	
Mikro, Kekerasan dan Keausan	23
b. Pembuatan Spesimen Tarik	24
c. Pembuatan Spesimen <i>Impact</i>	25
3.4. Perlakuan Panas yang Dilanjutkan Variasi Pendinginan.	26
3.5. Pelaksanaan Pengujian	28

a. Pengujian Komposisi Kimia	28
b. Pengamatan Struktur Mikro	30
c. Pengujian Kekerasan	31
d. Pengujian Tarik	34
e. Pengujian Impak (<i>Impact</i>)	36
f. Pengujian Keausan	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Komposisi Kimia	41
4.1.1. Hasil uji komposisi kimia	41
4.1.2. Pembahasan Pengujian Komposisi Kimia	42
4.2. Pengujian Struktur Mikro	43
4.2.1. Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro	43
4.2.2. Pembahasan Pengujian Struktur Mikro	44
a. Struktur mikro besi cor nodular hasil <i>normalizing</i>	44
b. Struktur mikro besi cor nodular hasil <i>quenching</i>	44
4.3. Data Hasil Pengujian Kekerasan	45
4.3.1. Data Hasil Pengujian Kekerasan	45
4.3.2. Pembahasan Pengujian Kekerasan	46
a. Kekerasan besi cor nodular hasil <i>normalizing</i> ...	46
b. Kekerasan besi cor nodular hasil <i>quenching</i>	46
4.4. Pengujian Tarik	47
4.4.1. Data Hasil Pengujian Tarik	47
4.4.2. Pembahasan Pengujian Tarik	48
a. Kekuatan tarik besi cor nodular <i>normalizing</i>	48
b. Kekuatan tarik besi cor nodular <i>quenching</i>	48

4.5. Pengujian Impak	49
4.5.1. Data Hasil Pengujian Impak	49
4.5.2. Pembahasan Pengujian <i>Impact</i>	50
a. Hasil <i>impact</i> besi cor nodular dengan <i>normalizing</i>	50
b. Hasil <i>impact</i> besi cor nodular dengan <i>quenching</i>	50
4.6. Pengujian Keausan	51
4.6.1. Data Hasil Pengujian Keausan	51
4.6.2. Pembahasan Pengujian Keausan	51
a. Besi cor nodular hasil <i>normalizing</i>	52
b. Besi cor nodular hasil <i>quenching</i>	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Diagram Fe-C	12
Gambar 2.2.	Diagram CCT untuk besi cor nodular	13
Gambar 2.3.	Proses terjadinya foto mikro	18
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2.	Bahan besi cor nodular (FCD)	22
Gambar 3.3.	Ukuran spesimen uji tarik standar ASTM E 8 M	25
Gambar 3.4.	Spesimen uji tarik standar ASTM E 8 M	25
Gambar 3.5.	Ukuran spesimen uji <i>impact</i> standar ASTM E 23	26
Gambar 3.6.	Spesimen uji <i>impact</i> standar ASTM E 23	26
Gambar 3.7.	Dapur pemanas	27
Gambar 3.8.	Grafik proses <i>quenching</i> dan <i>normalizing</i>	28
Gambar 3.9.	Spesimen uji komposisi kimia	29
Gambar 3.10.	Alat uji komposisi kimia	30
Gambar 3.11.	<i>Olympus Metallurgical Microscope</i> dan <i>Olympus Photo- micrographic System</i>	31
Gambar 3.12.	Alat uji kekerasan Brinell	32
Gambar 3.13.	Spesimen uji kekerasan	32
Gambar 3.14.	Alat Uji Tarik UTM (<i>Universal Test Machine</i>)	36
Gambar 3.15.	Alat uji <i>impact</i>	37
Gambar 3.16.	<i>Oogoshi Abrasive Wear Test</i>	39
Gambar 3.17.	Spesimen keausan	40
Gambar 4.1.	Foto struktur mikro besi cor nodular setelah di- <i>normali- zing</i> dari temperatur 900 °C	43

Gambar 4.2.	Foto struktur mikro besi cor nodular setelah di- <i>quenching</i> dari temperatur 900 °C	43
Gambar 4.3.	Histogram perbandingan distribusi harga kekerasan rata-rata spesimen besi cor nodular	45
Gambar 4.4.	Histogram kekuatan tarik spesimen besi cor nodular	47
Gambar 4.5.	Histogram perbandingan harga <i>impact</i> rata-rata	49
Gambar 4.6.	Histogram perbandingan rata-rata keausan.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Urutan penyiapan dan jumlah spesimen	22
Tabel 4.1. Data hasil uji komposisi kimia besi cor nodular	41
Tabel 4.2. Hasil pengujian kekerasan spesimen besi cor nodular	45
Tabel 4.3. Hasil uji tarik spesimen besi cor nodular hasil <i>quenching</i> dan <i>normalizing</i>	47
Tabel 4.4. Hasil uji <i>impact</i> spesimen besi cor nodular.....	49
Tabel 4.5. Data hasil pengujian keausan	51

DAFTAR SIMBOL

α	= sudut ayun awal pada uji impak	($^{\circ}$)
β	= sudut ayun sisa pada uji impak	($^{\circ}$)
σ	= kekuatan tarik	(N/mm ²)
ε	= regangan	(%)
ΔL	= deformasi / perpanjangan pada spesimen tarik	(mm)
A	= luas penampang spesimen tarik	(mm ²)
B	= lebar piringan pengaus pada uji keausan	(mm)
b_0	= lebar keausan pada benda uji keausan	(mm)
D	= Diameter <i>penetrator</i> pada uji Brinell	(mm)
d	= diameter injakan indentor pada uji Brinell	(μ m)
E_{serap}	= energi yang diserap	(Joule)
g	= percepatan gravitasi	(m/s ²)
HB	= kekerasan Brinell	(kg/mm ²)
HI	= kekuatan / harga <i>impact</i>	(Joule/mm ²)
l_0	= jarak tempuh pada proses pengausan	(kg)
h_1	= tinggi ayun awal pada uji impak	(m)
h_2	= tinggi ayun sisa pada uji impak	(m)
L_0	= panjang mula-mula	(mm)
L_1	= panjang setelah putus	(mm)
m	= massa beban palu pada uji impak	(kg)
P_0	= gaya tekan pada proses keausan berlangsung	(kg)
R	= panjang lengan	(m)
r	= jari-jari piringan pengaus	(mm)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel Data Hasil Uji Komposisi Kimia
- Lampiran 2. Tabel Data Hasil Uji Kekerasan Brinell
- Lampiran 3. Tabel Data Hasil Uji Tarik
- Lampiran 4. Tabel Data Hasil Uji Impak
- Lampiran 5. Tabel Data Hasil Uji Keausan
- Lampiran 6. Standar ASTM E 3 - 01
- Lampiran 7. Standar ASTM E 10 - 01
- Lampiran 8. Standar ASTM E 8M
- Lampiran 9. Standar ASTM E 23