



Buletin Utama Teknik

VOLUME 5 NO. 2

APRIL 2001

DAFTAR ISI

	Hal
- Pengaruh Tempering Terhadap Sifat Mekanik Besi Core Nodular (BCN) <i>H. Iqbal Nasution dan Batu Mahadi Siregar</i>	59
- Metode Perhitungan Tarikan Perjalanan dan Efisiensi Parkir pada Gedung Perkantoran <i>Hamidun Batubara dan Bangun Pasaribu</i>	66
- Paten Sebagai perangkat Humkum untuk Melindungi Hasil Penemuan di Bidang Industri <i>Effendi Tanjung</i>	71
- Perhitungan Rugi-rugi Inti dengan Pengujian Trafo Satu Fasa pada Keadaan Tanpa Beban <i>Suhardi Napid</i>	75
- Pengujian Balok Beton Bertulang Rangka dengan Kehancuran Under Reinforced <i>Marwan Lubis</i>	79
- Menentukan Arus Mula Motor Induksi dengan Regresi Polinom Orde Tinggi <i>Raja Harahap</i>	84
- Material Bahan Bakar dan Ruang Bakar Turbin Gas <i>H. Yunan Hasibuan</i>	88
- Aplikasi Superkonduktor pada Sistem Tenaga <i>Sorinaik Batubara</i>	92
- Penggunaan Inti pada Pengecoran Logam <i>Abdul Haris Nasution</i>	96
- Proses Pelumasan pada Mesin-mesin <i>Muslih Nasution</i>	101

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA**



Buletin Utama Teknik

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA

**BULETIN UTAMA TEKNIK ADALAH MEDIA PUBLIKASI ILMIAH
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA
TERBIT SEKALI DALAM 3 (TIGA) BULAN**

VOL. 5 NO. 2

2001

Pelindung	: Rektor UISU
Pimpinan / Penanggung Jawab	: Dekan Fakultas Teknik UISU
Dewan Redaksi	: Ir. H. Adiwijaya Ir. H. Iqbal Nasution Ir. H. Thalib Pasaribu Ir. Hamid Siagian Ir. Ruslan R Ir. H. Mawardi Lubis Ir. H. Luthfi Parinduri
Staf Ahli	: 1. Prof. DR. H.M. Yacub, M.Ed 2. Prof. DR. H.M. Ridwan Lubis 3. Drs. H. Sabaruddin Ahmad 4. H.M. Ichwan Nasution, MSc 5. Ir. Gus Armein, MT 6. Ir. Sorinaik BB, MT 7. Ir. Penerangan, MT 8. Ir. Tri Hernawati, M.Si 9. Ir. Armansyah, MT
Staf Sekretariat	: 1. Effendi Tanjung, SH 2. Ir. Abdul Haris Nasution 3. Raja Muda Harahap, SE 4. Riswandi Hsb 5. Khairuddin 6. Soejadi
Alamat Redaksi	: Fakultas Teknik UISU Jl. Sisingamangaraja Telp. 7869920 M e d a n E-Mail : ft-uisu@indosat.net.id
Penerbit	: Fakultas Teknik UISU

Isi Diluar Tanggung Jawab Percetakan

PENGARUH TEMPERING TERHADAP SIFAT MEKANIK BESI CORE NODULAR (BCN)

Oleh :

Ir. H. Iqbal Nasution* dan Ir. Batu Mahadi Siregar**

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UISU

** Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UISU

ABSTRAK :

Dengan melakukan beberapa proses diantaranya proses carburasi, deoksidasi, desulfurisasi, inokulasi dan nodularisasi serta dilanjutkan pada proses perlakuan panas, maka sifat-sifat mekanik dari besi tuang dapat ditingkatkan baik kekerasannya, keuletannya dan keliatannya. Besi cor nodular memiliki grafit yang berbentuk bulat dan sifatnya mampu machining yang baik, liat dan ulet. Untuk keperluan dan penggunaan tertentu, maka besi cor nodular dapat dikembangkan lebih lanjut dengan proses Heat Treatment tertentu yang akan menghasilkan besi tuang yang lebih keras lagi dan diharapkan dapat menjadi material alternatif sebagai pengganti baja tempa khusus.

Keyword : Teknik peleburan, Metode inokulasi dan modularisasi, Heat Treatment, pengujian sifat mekanik dan mikrostruktur.

1. PENDAHULUAN

Untuk memenuhi permintaan pasar akan suatu produk yang berkualitas baik sebagai alternatif bahan pengganti agar lebih efisien dan ekonomis serta memiliki kemampuan yang lebih baik.

Menjawab hal tersebut diatas, maka perlulah melakukan suatu modifikasi bahan (sifat bahan) melalui beberapa proses perlakuan panas. Dalam hal ini yaitu memperbaiki sifat Besi Cor Nodular (BCN) menjadi Austempered Ductile Iron (ADI) yang sifat mekaniknya lebih baik lagi.

Maksud dan tujuannya adalah meningkatkan kemampuan suatu produk coran Besi Tuang Kelabu (BTK) yang telah di Nodularisasikan menjadi Besi Cor Nodular (BCN) terhadap gesekan, bahan kejut dan ultimate strength

melalui perlakuan panas sehingga menjadi Austempered Ductile Iron (ADI).

Beberapa hal yang menjadi pokok bahasan pada kegiatan ini, yaitu :

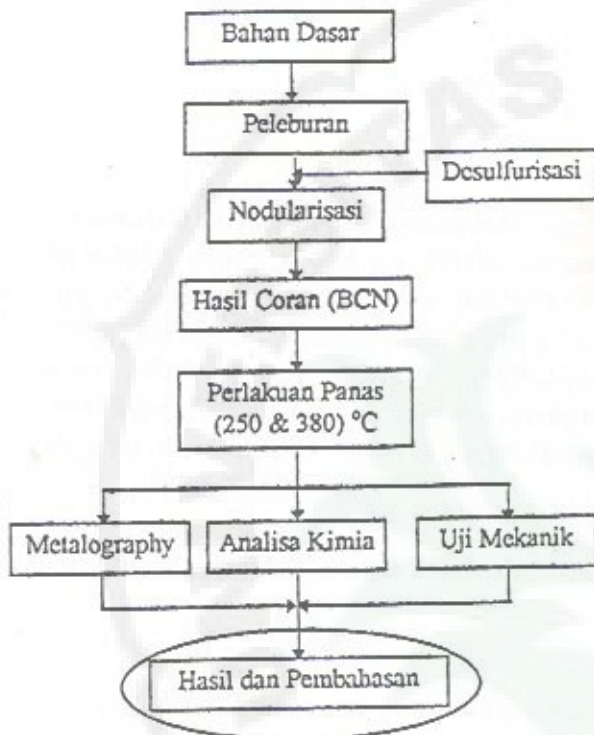
- a. Pengembangan BCN menjadi ADI didasarkan pada pokok-pokok kesimpulan bahwa konfigurasi dan distribusi grafit dapat dimanipulasi dengan ;
 - Komposisi kimia,
 - Pemaduan,
 - Laju pendinginan,
 - Modus pembekuan.
- b. Dengan melakukan tempering diharapkan transformasi fase austenit dapat terjadi.
- c. Pengujian sifat fisis maupun mekanis dari coran yang dihasilkan baik secara makro maupun mikro.

Jadi alasan utama percobaan ini dilakukan

adalah untuk :

- Melihat sejauh mana proses pembuatan ADI mencapai-target/sasaran yang diinginkan.
- Mengetahui metode pelaksanaan proses tempering yang baik.

Skema percobaan, dapat dilihat dibawah :



2. METODE PERCOBAAN

Langkah-langkah atau metodologi yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah :

- Study pustaka
- Eksperimen
- Pengujian secara makro maupun mikro
- Validasi data
- Analisa data
- Hasil dan kesimpulan

2.1. Landasan Teori1.2)

Besi austempered ductile iron dibuat dengan melakukan perlakuan panas pada besi cor nodular, dimana besi cor nodular itu sendiri dibuat

berdasarkan pembulatan grafit pada besi tuang kelabu.

2.2. Perlakuan Peleburan

Perlakuan peleburan dibagi menjadi tiga bagian yang perlu mendapatkan perhatian, yaitu: inokulasi, suhu peleburan dan suhu penuangan.

a. Inokulasi

Pada umumnya bahan inokulasi menggunakan Si sebagai bahan utama. Mekanisme kerja inokulasi adalah dengan efek pembentukan kecambah dari inokulan, maka resiko terbentuknya karbid dapat dihindari, dimana inokulasi berfungsi sebagai kecambah bagi pembentukan grafit.

Inokulasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

- inokulasi bersama curahan cairan.
- inokulasi dalam ladle
- inokulasi dalam cetakan (inmold)

b. Suhu peleburan

Suhu peleburan adalah sekitar 100°C diatas suhu liquidus dipengaruhi oleh konsentrasi cairan. Suhu peleburan tinggi, maka :

- logam menjadi lebih encer
- kemungkinan terjadi pembekuan dingin terhindar.
- daya kerja bahan inokulasi menjadi lebih singkat.

c. Suhu penuangan

Pada prinsipnya suhu pengecoran diusahakan setinggi mungkin, dengan harapan agar tidak terjadi cacat tuang pada permukaan dan tidak terjadi pembekuan dingin.

Logam cair harus memiliki sifat-sifat pembekuan yang terencana, antara lain :

- * Pembekuan struktur dasar, disamping ketebalan tuangan ditentukan pula oleh beberapa elemen yang dikandungnya.
- * Kristalisasi grafit terjadi terutama karena

adanya elemen asing yang secara sengaja disebar didalam cairan melalui inokulasi.

- * Bentuk dari pertumbuhan grafit ini terutama sangat dipengaruhi oleh O_2 maupun S.

Temperatur serta homogenisasi cairan yang baik sangat diharapkan, bila terjadi penyimpangan dari kedua hal tersebut maka secara langsung akan berpengaruh terhadap usia pakai tuangan karena adanya perbedaan kekerasan pada bagian-bagiannya atau pada sambungan.

Temperatur penuangan juga banyak mempengaruhi kualitas coran, jika temperatur terlalu rendah maka pembekuan pendek dan cairan yang buruk menyebabkan cacat coran seperti rongga penyusutan, rongga udara. Begitu juga bila temperatur penuangan terlalu tinggi.

2.3. Pembulatan grafit

Proses pembulatan grafit atau nodularisasi dilakukan dengan tujuan untuk mengubah struktur mikro dengan menambahkan unsur nodularizer (Mg, Cr, Ca dan Ba). Nodularizer yang paling banyak digunakan adalah jenis Mg, karena ekonomis dan sangat efektif dalam pembulatan grafit.

Metode yang lazim dilakukan pada proses nodularisasi ialah : Open ladle, sandwich, plunging, porous plug, injeksi, in mold dan vortex.

2.4. Pembuatan ADI

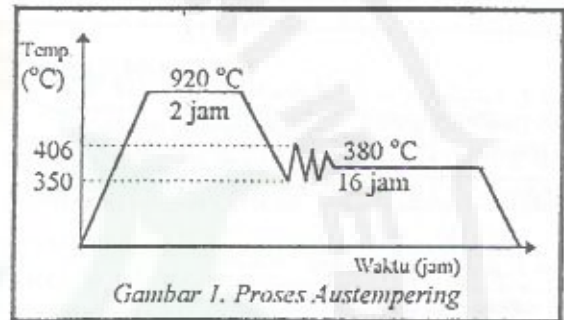
Pengembangan BCN menjadi ADI adalah dengan peningkatan struktur antara bainit dan martensit akan diperoleh dari transformasi fasa austenit dengan cara tempering, proses semacam ini disebut austempering.

Proses ini sepenuhnya dipengaruhi oleh temperatur dan waktu penahanan selama proses austempering. Secara skematis terlihat dibawah ini.

Beberapa hal yang menjadi perhatian dalam

perlakuan austempering dari bahan BCN, adalah :

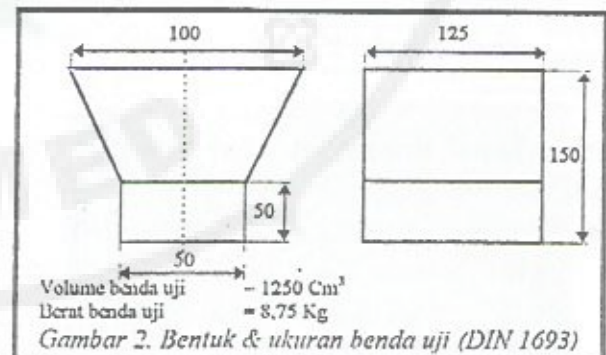
- Austempering pada temperatur 400°C selama 100 menit akan menghasilkan persentase martensit yang banyak.
- Deformasi plastis yang besar akan mengubah austenit tersebut menjadi martensit.
- Akibat selanjutnya adalah adanya kenaikan kekerasan yaitu akibat pengerasan regangan dan transformasi martensit.



Gambar 1. Proses Austempering

3. PROSEDURE PERCOBAAN

Bentuk dan ukuran benda tuangan dibuat sedemikian rupa sehingga mempermudah dalam melakukan pengujian terhadap sifat mekaniknya.



Gambar 2. Bentuk & ukuran benda uji (DIN 1693)

Alat yang digunakan :

- Tungku induksi kapasitas 30 kg.
- Cetakan tuangan dan Ladle.
- Termometer & Kawat thermokopel
- Mufle furnace
- Alat pengujian lainnya

Bahan :

- a. Besi Tuang Kelabu
- b. Inokulasi
- c. Nodularizer (Mg)

3.1. Proses pengecoran

Perhitungan material

Tabel 1. Komposisi material utama

Material	Komposisi kimia (%)				
	C	Si	Mn	P	S
Skrap Balik BTN	3,6	2,3	0,4	0,02	0,02
Skrap baja	0,05	0,019	0,18	0,014	0,009
Fe = Balance					

Tabel 2. Komposisi material pembulat grafit (MCR-8)

Material	Komposisi kimia (%)				
	Mg	Ca	Si	Re	Fe
MCR-8	7-9	3-4,5	43-50	2-2,9	Balance

Tabel 3. Komposisi material Inokulan

Material Inokulan	Komposisi kimia (%)						
	Si	Ca	Ba	C	Al	P	S
Toyoharon	73-88	2,5	0,27	-	1,8	-	-
FeSi	75	-	-	0,2	-	0,05	0,03

Tabel 4. Komposisi material penambah

Material Tambahan	Komposisi kimia (%)					
	C	Si	Mn	Fe	Cu	S
Fe-Si	-	75	-	25	-	-
Fe-Mn	-	-	75	25	-	-
Carburiser	85	-	25	-	-	-
Skrap tembaga	-	-	-	-	99,9	-

Perhitungan muatan dari komposisi diatas, adalah :

- Skrap baja = 15 Kg
 - kg C = 0,05 % x 15 kg = 0,0075 kg
 - kg Si = 0,019 % x 15 kg = 0,00285 kg
 - kg Mn = 0,18 % x 15 kg = 0,027 kg
 - kg P = 0,014 % x 15 kg = 0,0021 kg
 - kg S = 0,009 % x 15 kg = 0,00135 kg
- Skrap balik = 15 Kg
 - kg C = 3,6 % x 15 kg = 0,54 kg
 - kg Si = 2,3 % x 15 kg = 0,345 kg
 - kg Mn = 0,4 % x 15 kg = 0,06 kg
 - kg P = 0,02 % x 15 kg = 0,003 kg
 - kg S = 0,02 % x 15 kg = 0,003 kg

Jadi jumlah masing-masing unsur dari kedua material tersebut adalah :

- C = 0,5475 kg = 54,75 gram
- Si = 0,34785 kg = 34,785 gram
- Mn = 0,087 = 8,7 gram
- P = 0,0051 kg = 0,51 gram
- S = 0,00435 kg = 0,435 gram

Target komposisi kimia di tungku, adalah :

- % C = 3,6%
- % Si = 1,2%
- % Mn = 0,4%
- % P = 0,02%
- % S = 0,02%
- % Cu = 0,4%

Urutan peleburan

- a. Pembuatan material dalam tungku
- b. Pemanasan dilakukan sampai 1430°C.
- c. Pengambilan terak dengan slex type C-25
- d. Pemanasan lanjut, agar mencapai temperatur tuang 1500 - 1510 °C
- e. Proses inokulasi dilakukan di dalam ladle, selama 4 menit dan diaduk hingga homogen.
- f. Proses nodularisasi dilakukan di dalam cetakan, pada temperatur logam cair ± 1450 °C.

Proses Austempered

Seperti telah diperlihatkan pada gambar 1, proses Austempering pada 380 °C dan 250 °C, dilakukan dengan tahapan :

- a. Tungku pemanas di Set pada temperatur 920 °C, ditahan selama 2 jam. Kemudian diturunkan pada 380 °C ditahan selama 16 jam.
- b. Didinginkan secara tiba-tiba pada media pendingin air.
- c. Demikian pula halnya untuk austempering pada 250 °C, tungku pemanas di Set pada temperatur 920 °C, ditahan selama 2 jam. Selanjutnya diturunkan pada 250 °C, ditahan selama 16 jam.

d. Didinginkan secara tiba-tiba pada media pendingin air.

Dari hasil yang diperoleh, maka dilakukan beberapa pengujian secara makro maupun mikro untuk melihat sejauh mana hasil yang diperoleh dari pengembangan BCN menjadi ADI, adapun pengujian yang dilakukan berupa pengujian kekerasan, pengujian tarikan dan pengujian mikro struktur.

4. DATA PERCOBAAN

Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh data sebagai berikut :

Pengujian kekerasan

Kekerasan diukur dengan alat uji Brinnel Hardness Tester menggunakan beban 3000 Kg dengan diameter penetrator (D) = 10 mm.

Tabel 5. Data uji kekerasan

No.	Angka Kekerasan BHN		
	BCN	ADI Aus. 250 °C	ADI Aus. 380 °C
1	217	364	286
2	212	375	286
3	212	375	277
4	212	375	277
5	223	364	277
6	223	351	277
7	223	351	277
8	228	364	286
9	217	364	286
10	217	364	277
R	218,4	364,7	280,6

Pengujian tarik

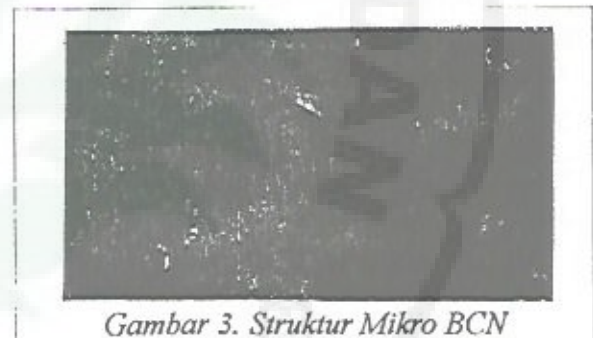
Kekuatan tarik diukur dengan menggunakan alat Tensile Testing Machine dengan ukuran spesimen, yaitu L = 120 mm; L1 = 98,7 mm; D = 12,5 mm; dan d = 10 mm.

Tabel 6. Data uji tarik

No.	σ_{max} (kg/mm ²)		
	BCN	ADI Aus. 250 °C	ADI Aus. 380 °C
1	63,58	130,5	129,5
2	64,78	130,5	128,5
3	62,65	131,5	129,0
4	63,75	129,5	129,0
5	63,80	129,5	129,0
6	62,95	129,0	128,0
7	64,85	131,0	130,0
8	63,70	131,0	130,0
9	63,56	130,5	128,5
10	63,45	130,0	128,5
R	63,71	130,35	129

Struktur Mikro

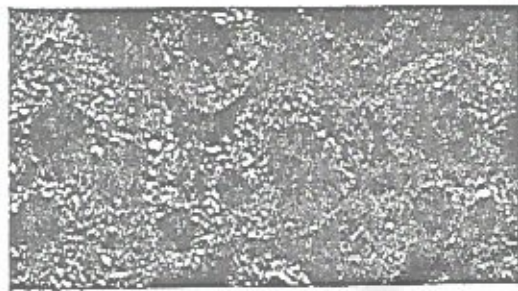
Pengujian struktur mikro menggunakan alat Mikroskop optik pada pembesaran 200 x dan spesimen dietcha dengan; Pickrit acid + ethanol absolut.



Gambar 3. Struktur Mikro BCN



Gambar 4. Struktur Mikro ADI Aus 250 °C

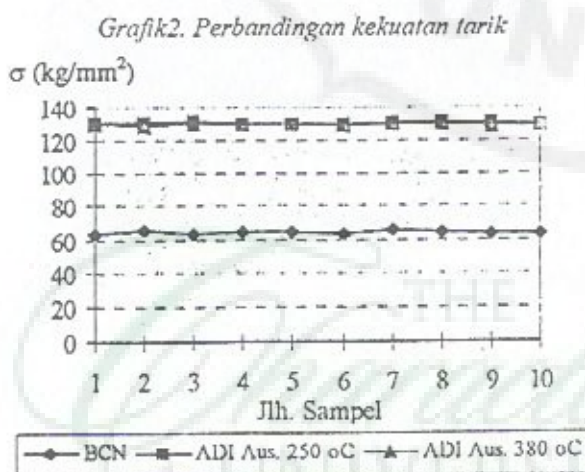
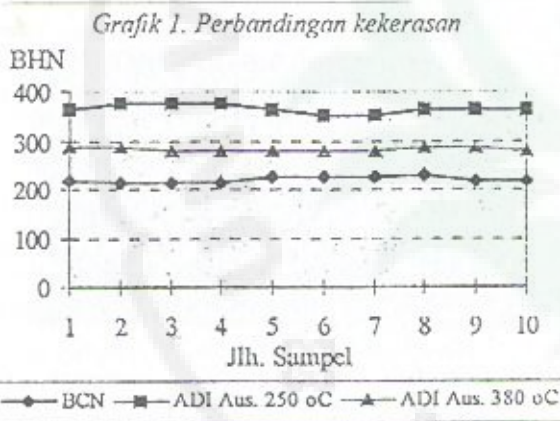


Gambar 5. Struktur Mikro Adi Aus 380°C

5. ANALISA DAN DISKUSI

Analisa hasil penelitian diambil berdasarkan perbandingan data antara bahan utama BCN dengan hasil percobaan.

Dari data maka dapat digambarkan dalam bentuk grafik perbandingan kekuatan tarik maupun kekerasan.



Dari kurva perbandingan kekerasan pada besi cor Austempered Ductile Iron (ADI) sangat dipengaruhi oleh temperatur austempering, lamanya waktu penahanan (holding time) pada temperatur tertentu dan kecepatan proses pendinginan.3)

Peningkatan kekuatan tarik juga jelas terlihat pada kurva perbandingan kekuatan tarik dipengaruhi oleh temperatur austempering, lamanya waktu penahanan (holding time) pada temperatur tertentu dan kecepatan proses pendinginan.3,4)

Dari kedua kurva ini diperjelas kembali pada gambar struktur mikro yang mencerminkan pendistribusian struktur semakin homogen dengan ukuran yang lebih besar, dari hal ini juga terlihat bahwa deformasi plastis yang besar akan mengubah austenit tersebut menjadi martensit.5,6)

5. KESIMPULAN

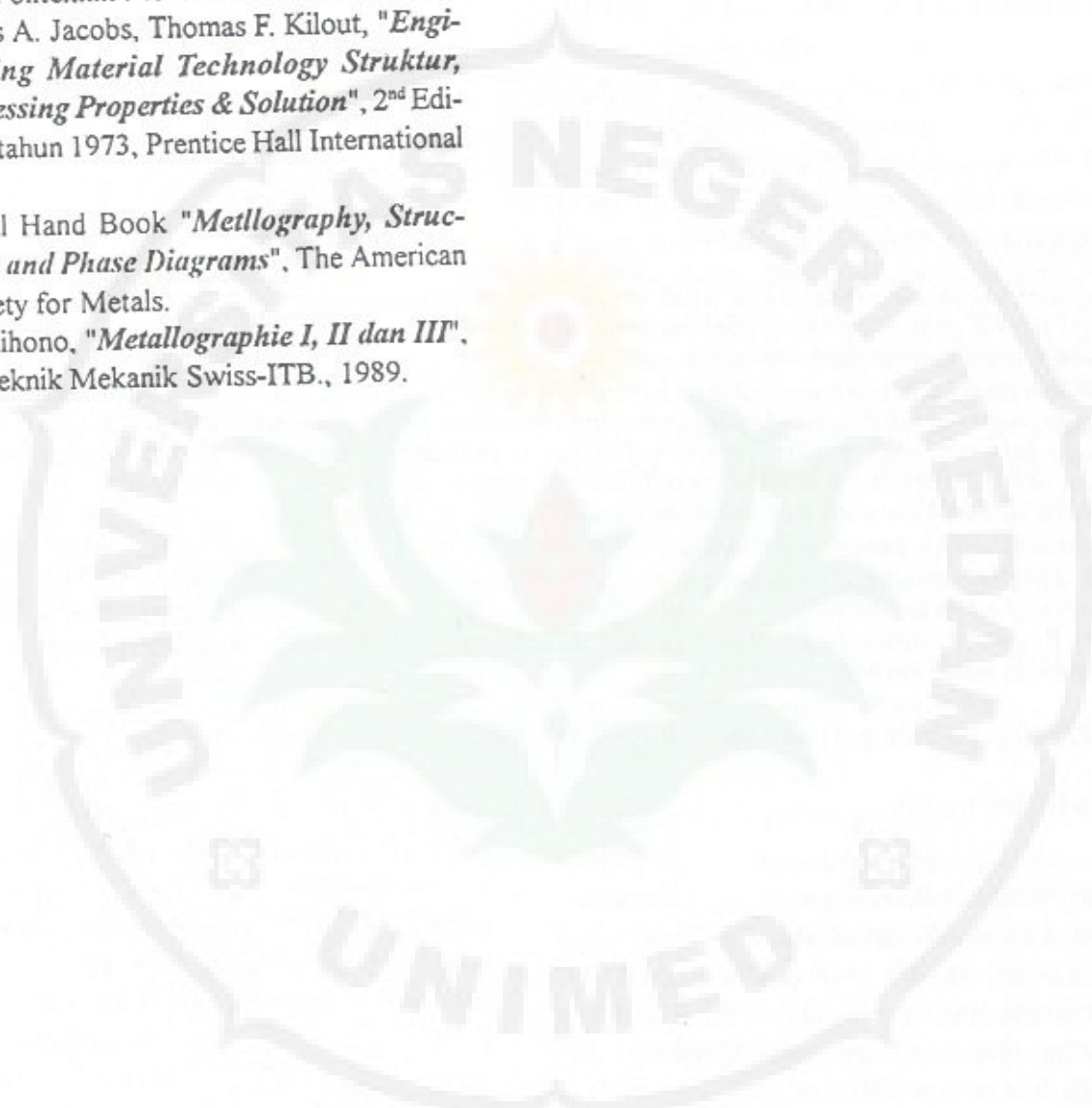
Setelah melakukan percobaan dan menganalisa hasil percobaan maka diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

- Kekerasan meningkat pada penahanan temperatur 250 °C selama 16 jam dibandingkan dengan temperatur penahanan 380 °C selama 16 jam.
- Sifat tarik besi cor ADI meningkat dibandingkan dengan BCN yaitu ± 85 % dari 63,71 kg/mm² menjadi 130,35 kg/mm².
- Dengan proses austempered ini maka telah dapat dibuat besi cor yang memiliki kualitas yang lebih baik dan dapat dimanfaatkan membuat prototif roda gigi untuk transmisi daya dimana material ADI ini diharapkan juga akan dapat menjadi alternatif pengganti baja tempa khususnya pada skala produksi yang relatif kecil.

6. DAFTAR BACAAN

1. Tata Surdia M.S.Met.E., Dr. Kenji Chijirwa "Teknik Pengecoran Logam" Edisi kedua, 1976.

2. Donald S. Clark, Ph.D. and Varney, W.R., M.S. "*Physical Metallurgy For Engineers*"
3. R. Widodo: "*Teknik Pengecoran Logam III*", Politeknik Mekanik Swiss-ITB., 1992.
4. James A. Jacobs, Thomas F. Kilout, "*Engineering Material Technology Struktur, Processing Properties & Solution*", 2nd Edition, tahun 1973, Prentice Hall International Inc.
5. Metal Hand Book "*Metllography, Structures and Phase Diagrams*", The American Society for Metals.
6. Soedihono, "*Metallographie I, II dan III*", Politeknik Mekanik Swiss-ITB., 1989.



THE
Character Building
UNIVERSITY