

Analisis Proses Deep Cryogenic Treatment Temper Pada Paduan Fe-14,6Cr-10Mn Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketahanan Korosi

Simon Woko¹, Ratna Kartikasari^{2*}, Angger Bagus Prasetyo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl Babarsari Caturtunggal Depok Sleman Yogyakarta

*Corresponding author: ratna@itny.ac.id

Abstract

Fe-14.6Cr-10Mn alloy steel belongs to the austenitic stainless steel series. This alloy has the advantage of corrosion resistance, but the disadvantage is low toughness. The purpose of this research is to study the effect of DCT-Temper process on Fe-14.6Cr-10Mn alloy steel on microstructure, hardness, and corrosion resistance. The research stages started from specimen preparation by cutting Fe-14.6Cr-10Mn alloy. The DCT process was carried out by immersion in liquid nitrogen at -196°C with a time variation of 1 hour 2 hour 3 hour 4 hour 5 hours, followed by a tempering process at 300°C for 2 hours, and then cooled in air. Tests carried out include microstructure test, Vickers hardness test, and corrosion resistance test by weight loss method. Microstructure photos show Fe-14.6Cr-10Mn alloy steel consists of austenite and ferrite structures, belonging to the duplex stainless steel category. The test results show that the Fe-14.6Cr-10Mn alloy belongs to high-alloy steel with an initial hardness value of 243.9 kg/mm². After the DCT-Temper process, there was an increase in hardness and the highest hardness was found in the DCT-Temper specimen at a 5-hour immersion time of 291.5 kg/mm². The corrosion test results show that Fe-14.6Cr-10Mn alloy steel has a corrosion rate of 0.00217 MPY. After the DCT-Temper process, the corrosion rate tends to decrease, with a minimum value of 0.00102 MPY in the 1-hour immersion time DCT-Temper specimen, belonging to the excellent category.

Keywords: Deep Cryogenic Treatment- Temper, microstructure, hardness (Vickers), and corrosion resistance.

Abstrak

Baja paduan Fe-14,6Cr-10Mn termasuk dalam seri austenitic stainless steel. Paduan ini memiliki kelebihan yaitu ketahanan terhadap korosi, namun kekurangannya adalah ketangguhannya rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh proses DCT-Temper pada baja paduan Fe-14,6Cr-10Mn terhadap struktur mikro, kekerasan dan ketahanan korosi. Tahapan penelitian dimulai dari persiapan spesimen dengan memotong paduan Fe-14,6Cr-10Mn. Proses DCT dilakukan dengan perendaman dalam nitrogen cair pada suhu -196°C dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, dilanjutkan dengan proses temper pada suhu 300°C selama 2 jam, dan kemudian didinginkan di udara. Pengujian yang dilakukan meliputi uji struktur mikro, uji kekerasan Vickers, dan uji ketahanan korosi dengan metode kehilangan berat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa paduan Fe-14,6Cr-10Mn termasuk dalam baja paduan tinggi. Foto struktur mikro menunjukkan baja paduan Fe-14,6Cr-

10Mn terdiri atas struktur austenit dan ferit, termasuk kategori duplex stainless steel. Nilai kekerasan awal sebesar 243,9 kg/mm², Setelah proses DCT-Temper, terjadi peningkatan kekerasan dan kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen DCT-Temper pada waktu perendaman 5 jam sebesar 291,5 kg/mm². Hasil uji korosi menunjukkan bahwa baja paduan Fe-14,6Cr-10Mn memiliki laju korosi sebesar 0,00217 MPY. Setelah proses DCT-Temper, laju korosi cenderung turun, dengan nilai minimum sebesar 0,00102 MPY pada spesimen DCT-Temper waktu perendaman 1 jam, termasuk dalam kategori luar biasa baik.

Kata kunci: Deep Cryogenic Treatment- Temper, struktur mikro, kekerasan (Vickers), dan ketahanan korosi.

PENDAHULUAN

Sifat-sifat khas bahan industri perlu dikenal secara baik karena bahan tersebut di pergunakan untuk berbagai macam keperluan dan berbagai keadaan. Sifat-sifat suatu bahan seperti sifat mekanik, sifat fisik dan sifat kimia di tentukan oleh komposisinya (Surdia, 1995). Bahan-bahan logam dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu logam besi (ferrous) dan logam bukan besi (non ferrous). Logam besi yaitu logam paduan yang terdiri dari bahan dasar besi (Fe) dengan carbon (C). Sedangkan logam bukan besi adalah suatu logam paduan yang tidak menggunakan besi (Fe) sebagai bahan utama.

Baja adalah paduan besi karbon yang mengandung unsur paduan yang lain dengan konsentrasi Fe yang cukup besar. Berdasarkan kadar karbonnya baja di klasifikasikan menjadi tiga, yaitu baja karbon rendah, menengah dan tinggi. Semakin banyak kadar karbonnya maka sifat baja akan semakin kuat dan keras namun keuletan menurun (Baxter, 2008). Baja karbon rendah merupakan baja dengan kadar karbon kurang dari 0,25% C. Baja ini memiliki kekuatan tarik 365 Mpa dan kekerasan 96 HB. Dengan sifat mekanik yang relatif rendah, perlu ada unsur paduan untuk meningkatkan sifat mekanis baja karbon rendah. Salah satu unsur yang bisa dijadikan pilihan adalah pemaduan baja karbon rendah adalah kromium. Kromium adalah salah satu unsur yang mampu meningkatkan kekerasan baja karbon. Selain mampu meningkatkan kekerasan pada baja, kromium juga dapat meningkatkan ketahanan korosi. Baja paduan Fe-Cr-Mn adalah salah satu paduan baja tahan karat (Sinta dkk., 2018). Paduan Fe-Cr-Mn adalah salah satu baja paduan tahan karat yang termasuk dalam baja tahan karat austenit. Paduan ini dikatakan baja tahan karat karena austenit memiliki fasa austenit pada temperatur kamar. Keberadaan unsur mangan menjadi faktor utama penstabil austenit. Kelebihan baja tahan karat austenit yaitu memiliki kekuatan yang tinggi pada temperatur yang tinggi (ASM, 2005).

Salah satu unsur yang bisa di jadikan pilihan adalah pemaduan baja karbon rendah adalah kromium. Kromium adalah salah satu unsur yang mampu meningkatkan kekerasan baja karbon. Selain mampu meningkatkan kekerasan pada baja, kromium juga dapat meningkatkan ketahanan korosi. Baja paduan Fe-Cr-Mn adalah salah satu paduan baja tahan karat (Avery, 1990). Baja tahan karat mengandung kromium minimal 10,5% Cr. Kromium bersifat unik, di mana dia dapat membentuk lapisan pasif pada permukaan baja. Hal tersebut dapat memberikan perlindungan dari karat. Paduan Fe-Cr-Mn adalah salah satu paduan baja tahan karat yang termasuk dalam baja tahan karat austenit. Keberadaan unsur mangan menjadi faktor utama penstabil austenit. Kelebihan baja tahan karat austenit yaitu memiliki kekuatan yang tinggi pada temperatur yang tinggi (Avner, 1974).

Deep Cryogenic Treatment (DCT) adalah proses perlakuan spesimen pada suhu cryogenic (-196°C). Proses ini bertujuan untuk meningkatkan *wear resistance* (ketahanan aus) dan mengurangi residual stress (tegangan sisa). DCT ini menggunakan nitrogen cair dalam mencapai suhu kerja. Dalam pengembangannya, metode DCT ini dapat meningkatkan ketahanan korosi dengan penambahan karbida pada permukaan material.

Tempering adalah proses pemanasan kembali baja yang telah dikeraskan sampai temperatur dibawah temperatur kritis terendah aluminium (Al), lalu didinginkan pada laju yang diinginkan. Proses ini bertujuan untuk mengembalikan sebagian keuletan, ketangguhan yang berakibat turunnya kekerasan, dan melepas tegangan dalam untuk memperoleh keuletan yang lebih baik Bain, 1936). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu proses DCT (Deep Cryogenic Treatment)-Temper pada paduan Fe-14,6Cr-10Mn.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari proses pemotongan (*cutting*) bahan baja paduan Fe-14,6Cr-10Mn menggunakan water jet cutting milik Citra Jogja Kreasi berjumlah 13 spesimen dengan ukuran setiap spesimen $\varnothing 12\text{mm}$ dan tinggi 5mm. Salah satu spesimen dilakukan pengujian komposisi kimia di PT. Itokoh Ceperindo menggunakan alat spectrometer. Proses Deep Cryogenic Treatment dilakukan pada spesimen uji yang berjumlah 10 dengan variasi waktu yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Alat yang digunakan pada proses *Deep Cryogenic Treatment* adalah tabung nitrogen cair GT 3 dan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta. Proses pemanasan dengan waktu tahan selama 2 jam pada temperatur 300°C dilanjutkan pendinginan di udara. Setelah proses DCT selesai, dilakukan persiapan spesimen yang meliputi pengamplasan, pemolesan dan pengetsaan. Selanjutnya sampel diuji untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi. Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan *vickers*. Pengujian ketahanan korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat ke dalam larutan NaCl 3,5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia paduan Fe-14,6Cr-10Mn.

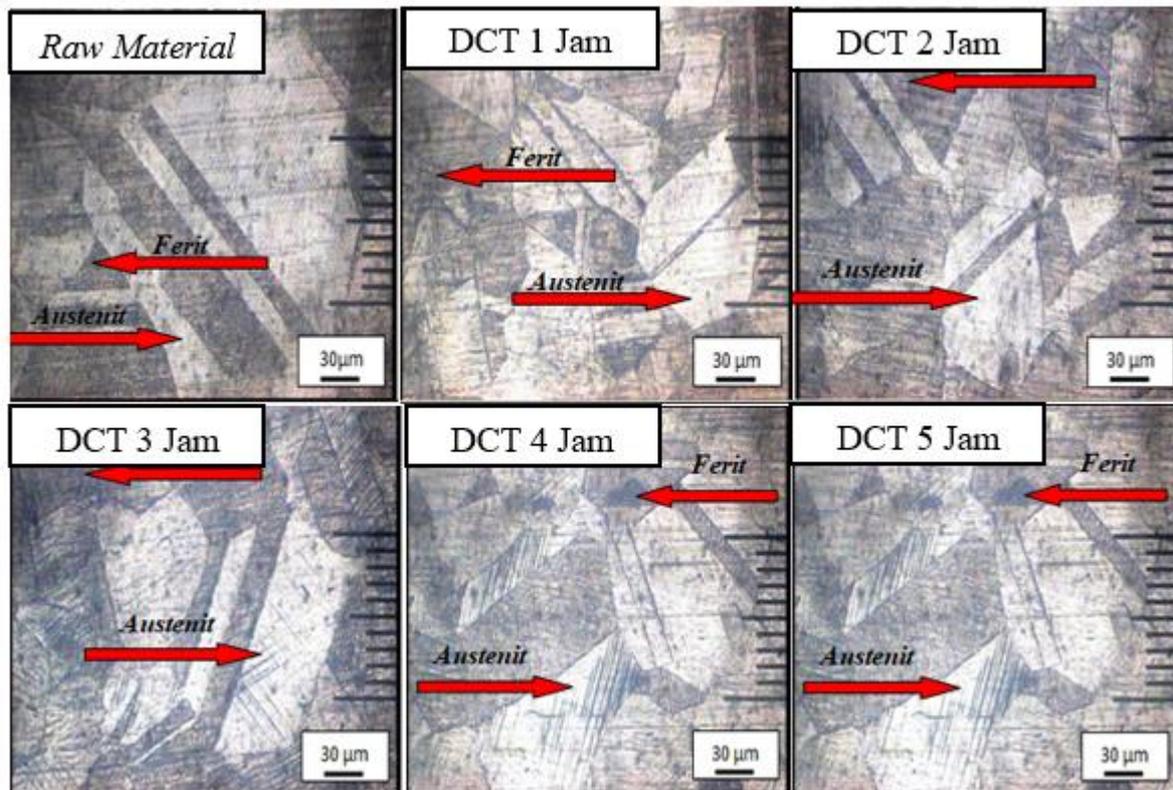
Unsur	%Berat
Fe	72,92
Cr	0,63
Mn	0,44
Cu	1,18
N	0,10
C	0,10
Ni	0,37
Si	0,21
P	0,21
Mo	0,05
Sb	0,01
Co	0,04
V	0,03
Nb	0,01
S	0,01
Total	100

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur kimia dalam spesimen yang akan di uji. Hasil pengujian komposisi kimia paduan Fe-14,6Cr-10Mn (Tabel 1) menunjukkan bahwa jumlah kadar unsur utama Besi (Fe) sebesar 72,92%, unsur paduan utama *Chromium* (Cr) 14,64%, Mangan (Mn) 9,95% dan Karbon (C) 0,141%. Jumlah unsur

paduan penyusun lainnya sebesar 24,731%, sehingga jenis baja ini dikategorikan kedalam baja paduan tinggi (Baxter, 1936).

Penambahan unsur kromium (Cr) sebagai pembentuk dan penstabil ferit kedalam paduan Fe-14,6Cr-10Mn berfungsi untuk meningkatkan ketahanan korosi dan penambahan unsur Mangan (Mn) yang merupakan unsur pembentuk dan penstabil austenit dalam sistem paduan membuat butiran lebih halus sehingga baja menjadi semakin kuat dan ulet (Cardarelli, 2008). Unsur karbon (C) dalam paduan ini sangat kecil menyebabkan paduan ini mudah dibentuk karena kekuatannya relatif rendah (Smallman, 1991).

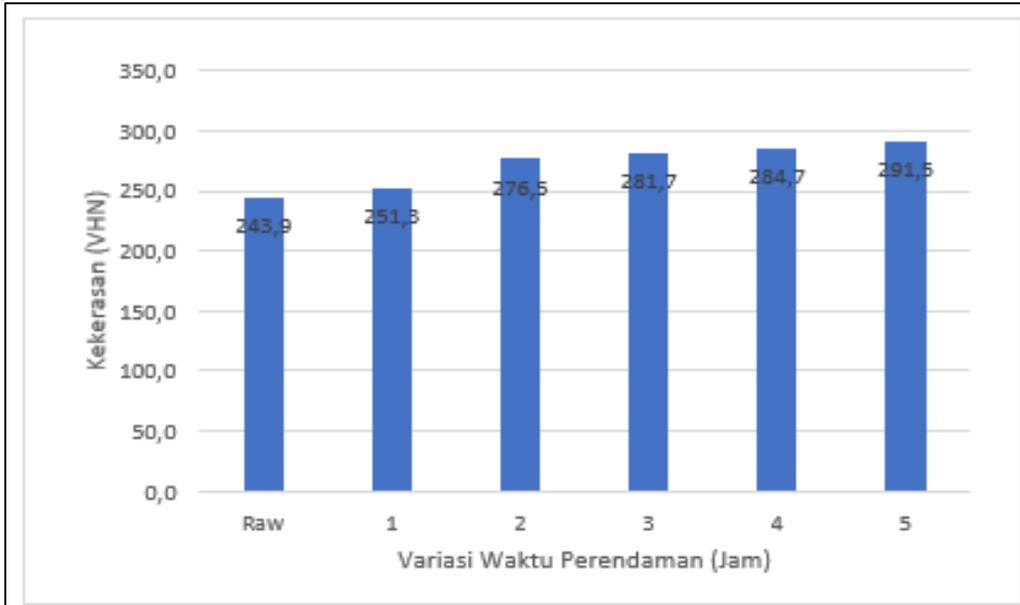
Pengujian Struktur Mikro



Gambar 1. Struktur Mikro Paduan Fe-14,6Cr-10Mn

Hasil foto struktur mikro pada baja paduan Fe-14,6Cr-10Mn (Gambar 1) menunjukkan bahwa spesimen *raw material* berstruktur austenit dan ferit, dimana terdapat struktur austenit berwarna putih terang sedangkan ferit berwarna lebih gelap. Semakin lama waktu perendaman spesimen DCT-Temper menunjukkan pertumbuhan butir ferit semakin besar sehingga membuat struktur austenit menjadi lebih kecil karena laju pertumbuhan austenit terhalang oleh daerah butir ferit yang semakin dominan. Paduan Fe-14,6Cr-10Mn setelah dilakukan proses *Deep Cryogenic Treatment-Temper* menunjukkan paduan baja yang termasuk kategori *duplex stainless steel*, dibuktikan dengan terbentuknya dua fasa struktur mikro yaitu struktur austenit dan juga struktur ferit.

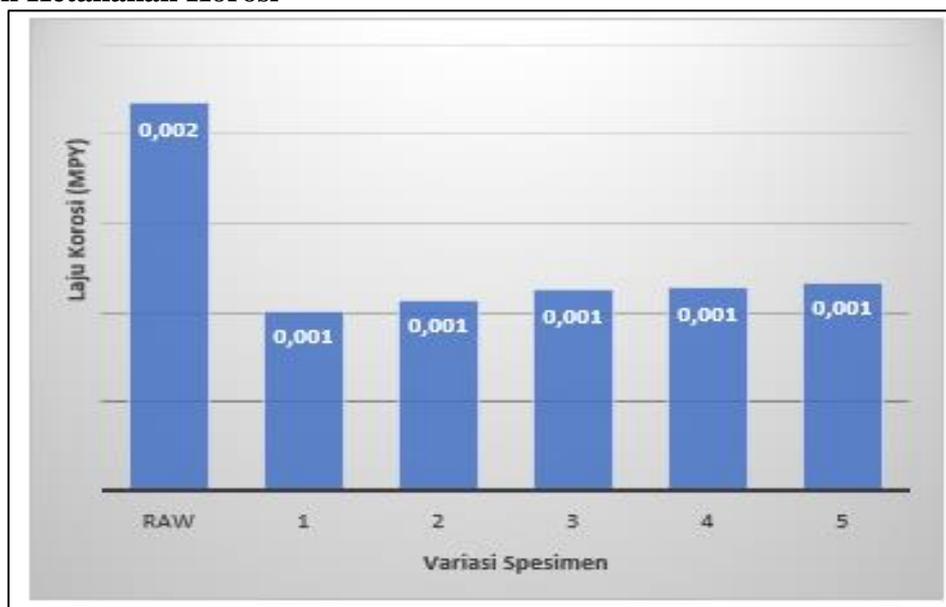
Pengujian Kekerasan



Gambar 2. Diagram rata-rata kekerasan paduan Fe-14,6Cr-10Mn

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *vickers* dengan pembebanan 40 kgf, setiap spesimen dilakukan pengujian pada 3 titik berbeda yang diatur secara berurutan. Raw material memiliki nilai kekerasan sebesar 249,3 kg/mm² setelah DCT- Temper selama waktu perendaman 1 jam memperoleh angka kekerasan 251,3 kg/mm², dimana angka ini mengalami kenaikan kekerasan sebesar 7,4 kg/mm² (3%) dari spesimen *raw material*. Hasil uji kekerasan terhadap spesimen uji dari paduan Fe-14,6Cr-10Mn (Gambar 2) diperoleh harga kekerasan tertinggi pada DCT-Temper 5 Jam dengan angka kekerasan 291,5 kg/mm². Diamati dari struktur mikro kenaikan kekerasan ini disebabkan oleh proses DCT-Temper yang menyebabkan austenit terbentuk dengan butiran-butiran yang lebih padat. Perubahan nilai kekerasan yang signifikan terjadi pada waktu perendaman selama 2 jam yaitu terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 25,2 kg/mm² (9%). Semakin lama proses *Deep Cryogenic Treatment* maka nilai kekerasan akan semakin meningkat.

Pengujian Ketahanan Korosi



Gambar 3. Diagram Laju Korosi paduan Fe-14,6Cr-10Mn

Hasil pengujian laju korosi (Gambar 3) menunjukkan spesimen raw material setelah proses *Deep Cryogenic Treatment*-Temper pada waktu perendaman 1 jam mengalami penurunan laju korosi yang signifikan. Laju korosi spesimen proses DCT-Temper dengan waktu perendaman selama 1 jam diperoleh 0,00102 MPY, mengalami penurunan sebesar 0,00115 MPY (53%) dibandingkan dengan spesimen *raw material*. Sedangkan spesimen proses *Deep Cryogenic Treatment*-Temper dengan variasi waktu perendaman 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam rata-rata mengalami peningkatan laju korosi yang hampir sama. Spesimen proses DCT-temper mengalami perubahan batas butir ferit yang lebih kecil sedangkan struktur austenit yang terbentuk dengan batas butir yang semakin membesar dan menyebar secara merata (Calister, 2001) pada Tabel 4.4) spesimen Fe-14,6Cr-10Mn masuk dalam kategori luar biasa baik (MPY <1).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa paduan Fe-14,6Cr-10Mn mengandung unsur utama Besi (Fe) sebesar 72,92%, unsur paduan utama Chromium (Cr) 14,64%, Mangan (Mn) 9,95% dan Karbon (C) 0,141%. Jumlah unsur paduan utamanya sebesar 24,731%, sehingga paduan Fe-14,6Cr-10Mn termasuk baja paduan tinggi.
2. Struktur mikro baja paduan Fe-14,6Cr-10Mn terdiri atas struktur austenit dan ferit sehingga termasuk kategori duplex stainless steel. Proses *Deep Cryogenic Treatment*-Temper menyebabkan terjadinya perubahan besar butir struktur austenit dan ferit. Semakin lama waktu perendaman *Deep Cryogenic Treatment*-Temper maka pertumbuhan butir ferit semakin besar.
3. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa baja paduan Fe-14,6Cr-10Mn memiliki nilai kekerasan sebesar 243,9 kg/mm². Setelah proses DCT-Temper nilai kekerasan cenderung naik, nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen DCT-Temper pada waktu perendaman 5 jam dengan nilai kekerasan sebesar 291,5 kg/mm².
4. Hasil uji korosi menunjukkan bahwa baja paduan Fe-14,6Cr-10Mn memiliki laju korosi sebesar 0,00217 MPY. Setelah proses DCT-Temper laju korosi cenderung turun, nilai minimum sebesar 0,00102 MPY pada spesimen DCT-Temper pada waktu perendaman 1 jam termasuk dalam kategori luar biasa baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prodi Teknik Mesin ITNY dan seluruh pihak yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini

REFERENSI

- Surdia, Tata. 1995. Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Baxter R., 2008, Effects of Heat Treatment and Chemical Composition on Microstructure and Mechanical Properties of Hadfield Steels.
- Sinta, dkk. 2018. Analisis Laju Korosi dan Kekerasan pada Stainless Steel 304 dan Baja Nikel Laterit dengan Variasi Kadar Ni (0, 3, dan 10%) dalam Medium Korosif. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, Vol. 06, No. 01. <https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/jtaf/article/view/1822/1346>
- ASM Metal Handbook, 2005, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys. The Materials Information Company, Volume 1.
- Avery, H. S., Swansiger, A.E., 1990, Austenitic Manganese Steel, ASM International Metals, Tenth Ed., Vol. 1. Hal 822-80.

- Avner, S.H., 1974, Introduction to Physical Metallurgy, McGraw Hill International Book Company, Inc., New York.
- Bain, E. C. 1936. Comments on Low Alloy Structural Steels. Watertown Arsenal Lab MA ADA953829.
- Baxter R., 2008, Effects of Heat Treatment and Chemical Composition on Microstructure and Mechanical Properties of Hadfield Steels.
- Smallman, R.E. 1991. Metalurgi Fisik Modern. Edisi Keempat Gramedia, Jakarta.
- Callister, W. D., 2001, Material Science and Engineering, John Wiley & Sons, Inc. New York.