



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 4 Tahun 2024 Page 5397-5406

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Analisis Uji Long Immersing Time Dalam Pendinginan Copperized AISI 1006 Terhadap Pembentukan Struktur Mikro Dan Karakteristik Kekerasan

Saloom Hilton Siahaan^{1✉}, Muktar Bahruddin Panjaitan², Moses Novianus Purba³

Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia

Email : saloomhsiahaan@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Pengujian yang dilakukan pada penelitian berupa pengujian spektrometri untuk menganalisis unsur, pengujian x-ray diffraction untuk mengamati transformasi fasa yang terbentuk, pengujian metalografi untuk mengamati perubahan struktur mikro, pengujian SEM EDX untuk mengamati topologi dan persebaran dari atom tembaga, dan pengujian microhardness untuk menganalisis kekerasan fasa yang diperoleh dari sampel uji. Copperizing merupakan penambahan tembaga menggunakan teknik hot-dip. Penambahan tembaga dilakukan karena dapat meningkatkan kekerasan pada baja karbon rendah, dengan cara memperkecil ukuran butir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu celup dan pendinginan pada struktur mikro dan sifat kekerasan copperized AISI 1006 serta mekanisme penguatannya. Variasi waktu celup yang digunakan yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit serta pendinginan normal dan cepat (quench). Mekanisme penguatan yang terjadi pada AISI 1006 dengan metode copperizing adalah pengecilan butir ferrit untuk waktu celup 10 menit pendinginan normal dan quench, serta 20 menit pendinginan normal. Sedangkan sampel uji lainnya mengalami perubahan struktur mikro. Hasil penelitian terlihat bahwa telah terjadi perubahan struktur mikro dan sifat kekerasan. Struktur mikro yang diperoleh pada pendinginan normal dan waktu celup 10 menit; 20 menit; dan 30 menit adalah ferrit, ferrit, dan pro-eutectoid ferrit. Sedangkan struktur mikro yang diperoleh pada pendinginan quench dan waktu celup 10 menit; 20 menit; dan 30 menit adalah ferrit, martensit dan bainit. Nilai kekerasan maksimum diperoleh dengan pendinginan quench dan waktu celup 20 menit sebesar 309,97 HV dikarenakan terbentuknya struktur mikro martensit.

Kata kunci: *Long Immersing, kekerasan, tembaga.*

Abstract

Tests carried out in the research include spectrometry testing to analyze elements, x-ray diffraction testing to observe the phase transformations formed, metallographic testing to observe microstructural changes, SEM EDX testing to observe the topology and distribution of copper atoms, and microhardness testing to analyze hardness. phase obtained from the test sample. Copperizing is the addition of copper using the hot-dip technique. The addition of copper is done because it can increase the hardness of low carbon steel, by reducing the grain size. This research aims to determine the effect of dipping and cooling time on the microstructure and hardness properties of copperized AISI 1006 as well as its strengthening mechanism. Variations in dipping time used are 10 minutes, 20 minutes and 30 minutes as well as normal and fast cooling (quench). The strengthening mechanism that occurs in AISI 1006 using the copperizing method is the reduction of the ferrite grains for a dipping time of 10 minutes of normal cooling and quenching, and 20 minutes of normal cooling. Meanwhile, other test samples experienced changes in microstructure. The research results show that there has been a change in the microstructure and hardness properties. Microstructure obtained at normal cooling and immersion time of 10 minutes; 20 minutes; and 30 minutes are ferrite, ferrite, and pro-eutectoid ferrite. Meanwhile, the microstructure obtained by quench cooling and immersion time of 10 minutes; 20 minutes; and 30 minutes are ferrite, martensite and bainite. The maximum hardness value obtained by quench cooling and an immersion time of 20 minutes was 309.97 HV due to the formation of a martensite microstructure.

Keywords: *Long Immersing, hardness, copper.*

PENDAHULUAN

Baja merupakan paduan Fe-C yang selalu berkembang dari tiap periodenya, mulai dari baja karbon (rendah, menengah, dan tinggi), bukan baja (kadar karbon diatas 2%), dan baja paduan (Jaypuria, 2009). Dasar dari pengembangan baja paduan dikarenakan sifat dasar baja yang mudah terkorosi, keuletan yang rendah dan untuk mendapatkan beberapa sifat baja yang lain seperti formability, machinability. Banyak paduan yang dikembangkan untuk mendapatkan baja yang lebih baik, terutama pada paduan mikro (microalloying) dengan menghasilkan baja high-strength low-alloy steel untuk menyeimbangkan kekuatan dan keuletan (Skobir, 2011).

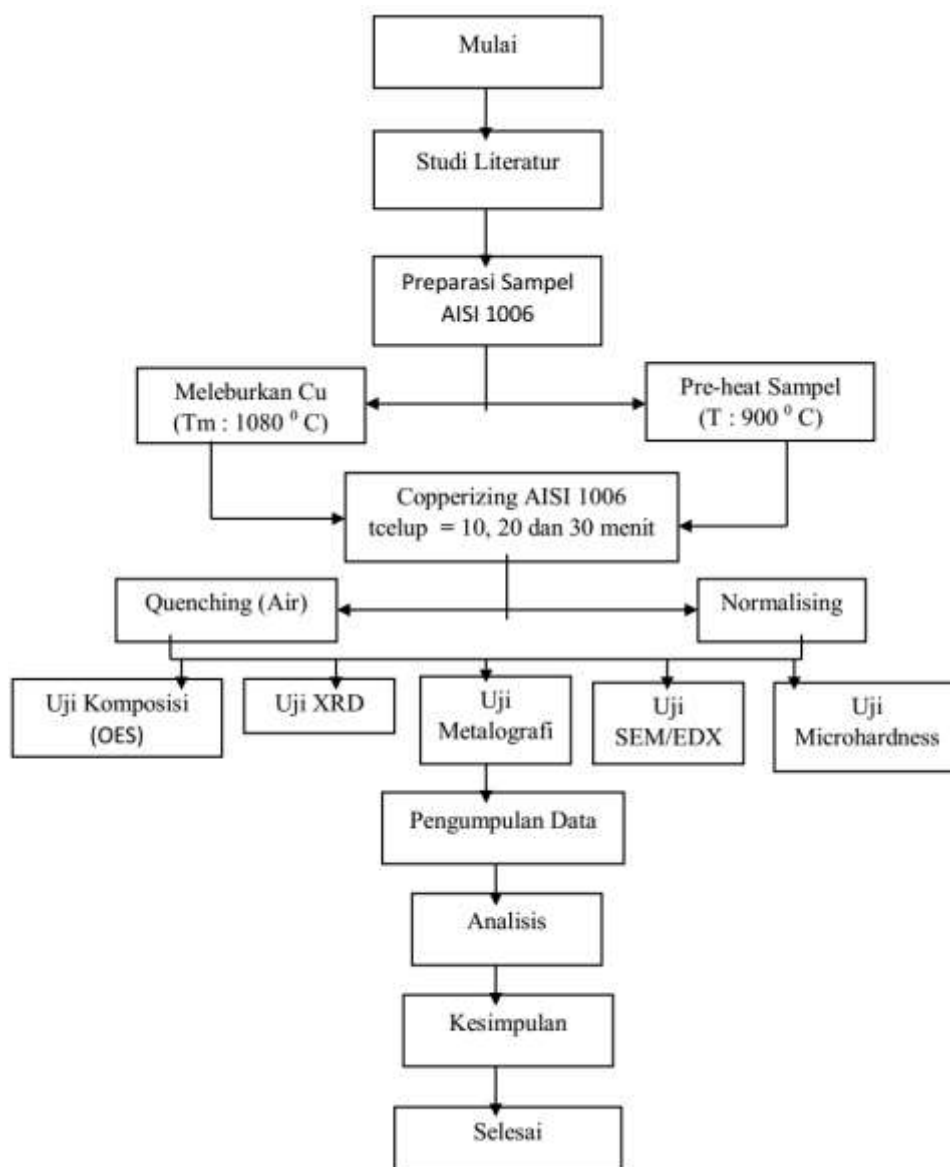
Tidak hanya dengan unsur paduan, namun dengan memberikan perlakuan pada baja tersebut dapat mendatangkan sifat mekanik yang diinginkan (Thelning, 2000). Berbagai macam perlakuan dapat diberikan pada baja tersebut seperti quenching, normalising, anil sempurna, dan sebagainya. Ketika baja sudah diberikan perlakuan dan unsur paduan, maka mekanisme penguatan akibat proses itu dapat menunjukkan sifat yang ditimbulkkan (Callister, 2007). Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh tembaga

terhadap struktur mikro dan sifat kekerasan plain carbon steel yang dipadukan dengan metode copperizing dan variasi pendinginan. Penelitian yang dilaksanakan juga menganalisis mekanisme strengthening pada baja melalui proses copperizing.

Tembaga memiliki konduktivitas termal dan listrik yang sangat baik, kekuatan dan formability yang baik, ketahanan korosi dan fatigue yang luar biasa, dan secara umum non-magnetik (CDA, 2010). Penambahan tembaga pada baja karbon rendah dapat meningkatkan kekuatan dan juga memperbaiki sifat kekerasan, serta menurunkan daerah terbentuknya struktur bainit dan martensit pada perlakuan aging (Wilson, 1990).

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Studi ini memiliki beberapa tahapan. Gambar 1 menampilkan diagram alir penelitian. Studi dimulai dengan studi literatur high strength low alloy steel (HSLA) dari beberapa jurnal. Setelah itu dilakukan preparasi plat plain carbon steel dengan dimensi 3x5x0.3 cm dan tembaga sebagai bahan dalam penelitian ini. Plat yang telah di preparasi dipanaskan (pre-heat) dalam muffle furnace sampai temperatur 900 oC, dilakukan bersamaan dengan meleburkan tembaga menggunakan vacuum furnace pada temperatur 1080 oC. Setelah tembaga melebur dengan sempurna, plat dicelupkan ke dalam vacuum furnace dengan variasi waktu celup 10, 20, dan 30 menit, serta dilakukan variasi pendinginan dengan pendinginan normal dan cepat (quench). Sampel kemudian diuji komposisi (OES), X-Ray Diffraction (XRD), metalografi, dan SEM EDX, serta microhardness. Data dari hasil pengujian dianalisis lalu dibuat kesimpulan.

B. Metode Penelitian

Hasil sampel tersebut akan di uji dengan menggunakan beberapa metode pengujian untuk menganalisis pengaruh waktu celup dan pendinginan pada sampel tersebut. Analisis yang dilakukan adalah analisis komposisi kimia menggunakan pengujian OES, analisis XRD, analisis struktur mikro menggunakan mikroskop optik, dan analisis SEM EDX menggunakan instrumen FEI INSPECT S50, serta analisis kekerasan dilakukan dengan micro hardness testing machine Wilson Instrument lalu dibandingkan dengan rentang kekerasan sesuai sampel kontrol.

Sebelum penelitian dilaksanakan, dilakukan preparasi sampel dengan cara memotong dan menggosok permukaan dari material yang akan dicelup untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Setelah proses preparasi material selesai. Material plat dimasukkan kedalam muffle furnace, sedangkan tembaga dileburkan pada vacuum furnace. Metode pembuatan spesimen uji dilakukan dengan mencelup plat pada tembaga cair. Sampel yang telah dicelup kemudian di variasikan pendinginan.

C. Material

Selain itu kandungan karbon yang rendah pada baja dipilih untuk mentiadakan proses carbon decarburization. Menganalisis struktur mikro hasil paduan, maka diperlukan cairan etsa. Dalam penelitian ini menggunakan bahan etsa ASTM E407 yang merupakan campuran dari HNO₃ dan methanol. Cairan etsa didapatkan dari CV. Sumber Ilmiah Persada. Material awal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja karbon rendah AISI 1006, tembaga (Cu) 99,99% dan bahan etsa ASTM E407. Baja karbon rendah diperoleh dari scrap

metal berbentuk plat dengan tebal 3 mm. Baja dipilih sebagai logam dasar dalam paduan ini karena dalam paduan ini mengandung sedikitnya 70% Fe.

D. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah vatembaum furnace, muffle furnace, krusibel grafit, gergaji, gelas ukur 250 ml, beaker glass, timbangan, kertas amplas, gergaji mesin, alat uji kekerasan, Optical Emission Spectroscopy (OES), XRD, mesin grinding & polishing, dan mikroskop metalurgi. Vatembaum furnace ini digunakan untuk meleburkan tembaga yang akan dijadikan paduan. Furnace ini merupakan buatan sendiri, dengan menggunakan kawat Fe-Cr sebagai penghantar panas dari listrik. Vacuum furnace yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.2. Wadah yang digunakan untuk meleburkan tembaga dan proses pencelupan adalah krusibel berbahan grafit. Ukuran krusibel yang digunakan sebesar 150 gram.

Memotong bahan serta hasil paduan, diperlukan gergaji, dan gergaji mesin. Gelas ukur dengan kapasitas 250 ml digunakan untuk mengukur bahan saat pembuatan larutan etsa. Wadah untuk mencampur bahan etsa digunakan beaker glass. Mengukur massa tembaga yang akan dilebur digunakan timbangan elektrik dengan ketelitian hingga 0.01 gram. Kertas amplas dengan grade 80 hingga 2000 digunakan untuk grinding spesimen pada uji metalografi.

Pada penelitian ini menggunakan kertas amplas bermerk toho. Untuk mempermudah grinding dan polishing dalam uji metalografi, pada penelitian ini juga menggunakan mesin grinding dan polishing buatan jurusan teknik material dan metalurgi. Struktur mikro yang terdapat pada material paduan dapat dilakukan menggunakan mikroskop metalurgi ber-merk Olympus dengan perbesaran hingga 500x. Topografi dari sampel uji dapat dianalisis menggunakan analisis SEM EDX dengan instrumen FEI INSPECT S50.

Menganalisis kekerasan pada hasil paduan, maka menggunakan mesin Micro Hardness Tester Wilson Instrument yang terdapat dalam jurusan teknik material dan metalurgi. Sedangkan untuk mengetahui komposisi paduan, digunakan alat OES yang terdapat pada politeknik negeri perkapalan Surabaya. Alat uji X-Ray Diffraction digunakan pada spesimen ini untuk mengetahui sistem kristal, struktur kristal, dan fasa-fasa yang terdapat dalam paduan. Mesin XRD yang digunakan bermerk PAN Analytical yang terdapat pada jurusan teknik material dan metalurgi.



Gambar 2. Vacuum Furnace

E. Prosedur Percobaan

Preparasi spesimen dilakukan dengan memotong plat sebesar 3x5x0.3 cm, kemudian menggosok bagian permukaan dari plat menggunakan kertas gosok grade 80. Menimbang tembaga dengan alat timbang elektrik sebesar 1,8 kg sesuai kapasitas dari krusibel yang digunakan. Meleburkan tembaga pada vacuum furnace hingga temperatur 1080 oC dengan menginjeksikan gas Ar untuk meminimalisir terjadinya decarburisasi. Dilakukan secara bersama dengan memanaskan plat pada muffle furnace hingga temperatur 900 oC.

Kemudian mencelupkan plat pada tembaga cair dengan variasi waktu calup selama 10, 20 dan 30 menit. Setelah itu, memberikan variasi pendinginan pada sampel dengan pendinginan normal dan cepat (quech) media air. Hasil tersebut dilanjutkan dengan beberapa pengujian untuk mendapatkan data- data agar dapat dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan makro pada sampel menunjukkan adanya reduksi ketebalan. Reduksi ketebalan yang terjadi sebanding dengan waktu celup. Makro penampang specimen terhadap pendinginan Normalizing menunjukkan bahwa semakin lama waktu celup dan juga pendinginan yang diberikan, maka berpengaruh terhadap ketebalan dari sampel tersebut dalam hal pemaduan (Thelning, 2000).

Reduksi ketebalan yang didapati dapat dihubungkan dengan banyak tembaga yang terdeposit pada permukaan yang di tampilkan. Setiap sampel uji memiliki deposit tembaga di permukaannya yang ditampilkan dengan warna orange pada Makro penampang specimen terhadap pendinginan Normalizing. Jika pada Tabel Makro penampang specimen terhadap pendinginan Normalizing lamanya waktu celup akan mereduksi ketebalan dari sampel, sedangkan lamanya waktu celup tidak bisa membuat deposit tembaga semakin bertambah. Reduksi ketebalan yang terjadi dikarenakan erosi.

Erosi yang terjadi dikarenakan tembaga cair. Erosi ini dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor mulai dari temperatur, waktu dan jumlah dari tembaga cair. Dikarenakan pengaruh waktu exposure yang lama pada temperatur leburnya tembaga dengan jumlah tembaga yang lebih banyak dibanding sampel uji. Disebut erosi dikarenakan terjadi pengurangan ketebalan yang signifikan.

Sampel yang tereduksi larut pada tembaga cair tersebut (AWS, 2007). Sehingga jika lapisan/ deposit Tembaga semakin tebal dapat menyebabkan kekuatan tarik yang rendah (Sharma et.al, 2014). Jika reduksi area yang terjadi, maka dapat meningkatkan kekerasan (Thelning, 2000).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu celup dan variasi pendinginan terhadap perubahan struktur mikro dan sifat kekerasan dari baja AISI 1006. Waktu celup yang dilakukan terhitung tembagakup lama yaitu 10, 20 dan 30 menit. Variasi pendinginan yang diberikan berupa pendinginan normal dan cepat (quench) media air. Hasil penelitian menjelaskan beberapa data seperti ketebalan, komposisi, spektrum XRD, dan struktur mikro serta kekerasan dari sampel. Hasil sampel penelitian pun dibandingkan dengan sampel kontrol yang disesuaikan dengan metode penelitian.

Hasil pengujian XRD terjadi peluasan puncak (peak brodening) dari fasa-fasa yang memiliki intensitas tertinggi sebagaimana ditunjukkan Pelebaran Peak terhadap pendinginan (a) Normalizing dan (b) Quenching. Peak broadening ini menunjukkan secara grafis adanya penambahan unsur yang berakibat pada pengecilan butir dari Struktur Mikro pendinginan normal perbesaran 200 kali dan Struktur Mikro pendinginan Quench Perbesar 200 kali. Terjadi pergeseran 2θ pada hasil XRD, hal ini dapat disebabkan adanya atom yang berdifusi ke sampel uji. Diffusi yang terjadi tidak merubah atau membentuk fasa. Selain terjadi pergeseran 2θ , terjadi pula regangan (micro strain) dari FWHM yang diperoleh setelah pengujian XRD.

Regangan yang terjadi semakin membesar sebanding dengan penambahan unsur yang dilakukan. Melakukan copperizing berarti menambahkan tembaga secara mikro (microalloying), dengan tembaga memiliki pengaruh untuk mengecilkan butir (Tohidi, 2012). Menurut ASM Handbook (1990) tembaga yang terlarut di dalam baja dapat mengecilkan ukuran butir, bahkan penambahannya dalam kadar tertentu dapat menurunkan ukuran butir dengan ekstrim oleh karena itulah tembaga sering disebut juga dengan ultra grain refinement agent pada baja. Dijelaskan pula bahwa pengecilan ukuran butir Ferrite karena penambahan Tembaga terjadi akibat adanya Tembaga yang menghambat rekristalisasi austenite dan menghambat transformasi austenite ke ferrite. Penambahan tembaga pun berpengaruh terhadap kekerasan (Wilson, 1990).

Hasil mapping menunjukkan persebaran tembaga hanya berada pada lapisan permukaan. Namun, pada sampel dengan kondisi normal beberapa tembaga masuk ke Fe. Masuknya tembaga ke Fe tidak terlalu dalam dan berjumlah sedikit, serta terpenetrasi di bagian batas butir. Hal yang dilakukan oleh Xu et al, bahwa beberapa tembaga dapat bedifusi di sepanjang batas butir ferrit dan di butir ferrit. Jika dihubungkan dengan hasil OES yang menunjukkan bahwa kadar tembaga terlihat fluktuatif, sehingga tidak menandakan adanya signifikansi dari tembaga yang berdifusi.

Nilai kekerasan yang didapatkan dikarenakan perlakuan yang diberikan. Perlakuan normalising membuat struktur lebih homogen respon baik terhadap kekerasan (Callister, 2007). Sedangkan perlakuan quench membuat struktur tidak homogen. Perlakuan quench cenderung membuat struktur martensit dan kecil sekali untuk terjadinya bainit. Nilai kekerasan untuk struktur bainit cenderung setengah kali struktur martensit dan diatas nilai kekerasan dari struktur pearlite (Thelning, 2000). Jika dibandingkan dengan kekerasan yang terjadi akibat pengecilan butir, jauh lebih besar nilai kekerasan martensit (Juristry, 2013). Oleh karena itu, nilai kekerasan tertinggi diperoleh saat perlakuan pendinginan quench dan waktu celup 20 menit dengan struktur martensit.

Hasil pengamatan mikro, didapatkan struktur mikro yang berbeda. Banyaknya unsur yang ditambahkan, maka butir akan semakin kecil dan tak berbeda dengan struktur mikro sampel tanpa perlakuan (Tohidi, 2012). Pada Struktur Mikro pendinginan normal perbesaran 200 kali (30 menit) diperoleh struktur mikro proeutectoid ferrit. Proeutectoid ini merupakan mikrostruktur dimana ferrit- α bernukleasi dengan matriks austenit- γ . Dapat terjadi jika baja dipanaskan pada temperatur 1200 °C selama 30 menit, kemudian dilakukan pendinginan dan mberada pada zona $\alpha+\gamma$. Proeutectoid atau α -primary dapat terjadi pada baja dengan unsur 0,12 %C (Tamura, 1988). Pada Gambar 3.5 (c) memiliki struktur martensit, dan Gambar (d) memiliki struktur bainit. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan penambahan paduan dapat menurunkan temperatur Ms dan Bs. Struktur martensit dan bainit dapat terjadi jika sebelumnya dilakukan pemanasan pada temperatur γ . Kemudian dilakukan pendinginan hingga mencapai Ms dan Bs/ Hal inilah yang membuat austenit terdeformasi. Struktur ini dapat terbentuk meskipun memiliki 0,06 %C (Wilson, 1990).

SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis data dan pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode copperizing dengan pendinginan normal dan parameter waktu celup 10 menit memiliki struktur mikro ferrit dengan kadar 0,06%Cu, 20 menit struktur mikro ferrit dengan kadar 0,03%Cu, dan 30 menit struktur mikro proeutectoid ferrit dengan kadar 0,06%Cu.
2. Metode copperizing dengan pendinginan cepat (quench) dan parameter waktu celup 10 menit memiliki struktur mikro ferrit dengan kadar 0,05%Cu, 20 menit struktur mikro martensit dengan kadar 0,44%Cu, dan 30 menit struktur mikro bainit dengan kadar 0,04%Cu. Penyimpangan %Cu pada waktu celup 20 menit dikarenakan tingkat kebersihan sebelum pengujian OES.
3. Nilai kekerasan maksimum diperoleh dengan pendinginan cepat dan waktu celup 20 menit sebesar 309,97 HV dikarenakan struktur mikro yang terbentuk adalah martensit.
4. Mekanisme penguatan yang terjadi pada AISI 1006 dengan metode copperizing adalah pengecilan butir ferrit untuk waktu celup 10 menit pendinginan normal dan quench, serta 20 menit pendinginan normal. Sedangkan sampel uji lainnya mengalami perubahan struktur mikro.

Hal - hal yang perlu diperhatikan untuk melakukan penelitian selanjutnya terkait metode copperizing adalah:

1. Penggunaan krusibel yang tidak berbahan dasar grafit, karena dapat menimbulkan carburizing selama proses copperizing.
2. Penggunaan vacuum furnace yang sesuai standar, agar tidak terkontaminasi dengan gas O₂.
3. Metode pengambilan sampel saat pemindahan dari muffle furnace ke vacuum furnace perlu diperbaiki.
4. Pastikan tembaga cair secara sempurna, untuk mengurangi kontaminasi menempel pada permukaan dan memastikan tembaga terdifusi secara sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W.D., 2007. *Material Science and Engineering - An Introduction* 7th Ed. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Copper Development Association (CDA) Inc., 2012. *The Copper Advantage: A Guide to Working With Copper and Copper Alloys*. New York, NY: International Copper Association.
- Jaypuria, K.S., 2009. *Project Report on Heat Treatment of Low Carbon Steel*. India, National Institute of Technology Rourkela.
- Juristry, Jerry. 2013. *Studi Distribusi Besar Butir Ferrit dan Pengaruhnya Terhadap Kekerasan Pada Proses Termomekanik Baja HSLA dengan Variasi Reduksi Pada Temperatur 800 oC*. Depok: Repository UI.
- Kundig, K.J.A. & Cowie, J.G., 2006. Chapter 4: Copper and Copper Alloys. In Kutz, M. *Mechanical Engineers' Handbook: Materials and Mechanical Design, Volume 1, Third Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. pp.117-220.
- Moore, D.M. & Reynolds, R.C. 1997. *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford Univ. Press/CMS.
- Sekunowo, O.I., Durowaye, S.I. & Gbenebor, O.P., 2014. Effect of Copper on Microstructure and Mechanical Properties of Construction Steel. *International Journal of Chemical, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering* Vol:8, No:8, pp.805-09.
- Sharma, Tanu. 2014. Properties of Electroless Tembaga Films Optimized for Horizontal Plating as a Function of Deposit Thickness. *Microelectril Engineering* 140 pp: 38-46
- Skobir, A.D, 2011. High-Strength Low-Alloy (HSLA) Steels. *Review Article Materials and Technology*, ISSN 1580-2949, pp. 295-300.
- Tohidi, A.A., 2012. Nanograined Ti-NB Microalloy Steel Achieved by Actembagamulative Roll Bonding (ARB) Process. *Materials Science and Engineering A577* pp: 43-47
- Xu, Y., Wang, D., Jin, Q. & Zhou, Y., 1993. Diffusion Behaviour of Fe-Tembaga Interface of Copper Brazed Double-wall Steel Tubes. *Material Science Technology*, Vol: 9, pp. 279- 282.
- Zhou, W.H. et al., 2014. Copper Precipitation and Its Impact on Mechanical Properties in A Low Carbon Microalloyed Steel Processed by A Three-Step Heat Treatment. *Materials and Design*, Vol: 63, pp.42-49.
- Ghosh, A. et al., 2005. Structure and Properties of a Low Carbon Tembaga bearing High Strength Steel. *Materials Science and Engineering A396* pp. 320-332.
- Tamura, Imao. 1988. *Thermomechanical of High-strength Low-alloy Steel*. London: BH Press
- Thelning, Karl-Erik. 2000. *Steel and Its Heat Treatment*. Sweden: BH Press
- Wilson, A.D. 1990. *Properties and Microstructures of Copper Precipitation Aged Plate Steels*. USA: Lukens Steel Company.
- <http://www.shimadzu.com> [Dikunjungi pada 14 September 2015]