

PENINGKATAN KETAHANAN KOROSI PADA PERMUKAAN Cu40Zn DENGAN PROSES SHOT PEENING VARIASI TEKANAN TEMBAK

Bambang Hari Priyambodo^{1*}, Sugeng Slamet², Suhartoyo³, Sriyanto⁴

^{1,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Akademi Teknologi Warga Surakarta
Jalan Raya Solo - Baki No.81C, Kwarasan, Grogol, Sukoharjo, Jawa Tengah 57552

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus
Gondangmanis, PO Box 53, Bae, Kudus 59352

*Email: bambanghp@atw.ac.id

Abstrak

Cu40Zn adalah logam dengan matrik tembaga yang mempunyai sifat mampu cor, mampu tempa dan mempunyai ketahanan korosi yang baik. Cu40Zn biasa dikenal dengan nama logam kuningan. Kuningan banyak digunakan industri untuk membuat berbagai komponen logam. Perlakuan permukaan pada kuningan bertujuan memperbaiki sifat fisis dan mekanis yang dimiliki. Kuningan untuk komponen mesin harus mampu menahan beban statis dan dinamis. Propeller kapal dari bahan kuningan harus mampu menahan beban aksial dan memiliki ketahanan korosi yang tinggi. Metode shot peening dilakukan dengan menembakkan bola-bola baja berdiameter 0,5 mm dengan kekerasan 40-50 HRC, jarak tembak antar nozle dengan spesimen 100 mm, selama 6 menit. Tekanan tembak shot peening divariasi sebesar 7, 8 dan 9 Bar. Uji korosi sesuai standar ASTM G5-94 yang dilakukan di dalam larutan 3,5% NaCl, sebagai larutan pengganti air laut. Hasil penelitian terjadi peningkatan ketahanan korosi optimal pada tekanan tembak 8 Bar sebesar 0,032 mpy, yaitu 238% dibandingkan raw material.

Kata kunci: Kuningan; Laju Korosi; NaCl; Shot Peening; Waktu Tembak

1. PENDAHULUAN

Paduan kuningan Cu-Zn banyak digunakan sebagai bahan utama pembuatan *propeller* untuk kapal karena mempunyai ketahanan korosi yang baik. Komposisi 30% Zn digunakan sebagai saluran pipa untuk menyalurkan air dalam kegiatan industri. Produk korosi yang terbentuk pada paduan Cu-Zn akibat interaksi dengan ion Cl⁻ dapat menurunkan efisiensi kerja alat (Febriyanti, dkk, 2015).

Produk propeller kapal pada industri besar maupun industri kecil dikerjakan dengan teknik pengecoran logam. Metode ini mempunyai keunggulan antara lain prosesnya sederhana, biaya produksi murah, sesuai untuk produk dengan ukuran besar dan produk massal. Kelemahan teknik pengecoran logam adalah besarnya penyusutan dan terbentuknya rongga pada permukaan dan di dalam produk cor. Material *non ferro* seperti paduan aluminium dan tembaga dipilih karena mempunyai sifat mampu cor, mampu tempa dan ketahanan terhadap korosi. Komposisi dan temperatur tuang paduan sangat menentukan kemampuan alir dan isi logam cair di dalam cetakan/fluiditas (Slamet, dkk, 2017).

Logam kuningan Cu-Zn banyak diaplikasikan dalam berbagai industri, dikarenakan memiliki sifat yang unggul yaitu ketahanan terhadap korosi dalam lingkungan atmosfer, konduktivitas panas dan konduktivitas listrik serta mampu dimesin dengan baik. Komponen industri yang diproduksi dengan bahan kuningan antara lain konduktor listrik, saluran pipa, peralatan industri perairan, aplikasi di lingkungan air laut, pipa penukar panas dan sistem penyerapan refrigerator (Joseph, dkk, 2012). Kelemahan tembaga dan paduannya yaitu mudah bereaksi, terlarut dan terkorosi dalam kondisi air laut, khususnya di dalam larutan yang mengandung ion-ion klorida dan bromida sehingga mendorong terjadinya pelarutan pada tembaga dan paduannya (H. Ma, dkk, 2002). Produk korosi yang dihasilkan memiliki efek negatif terhadap nilai perpindahan panas sehingga menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi dalam alat pemanas dan pendingin. Penurunan efisiensi menyebabkan sifat mekanis dan ketahanan korosi paduan menurun.

Kuningan dengan komposisi Cu40Zn mempunyai ketangguhan yang tinggi dan mampu menahan tegangan bending. Komposisi lebih dari 40%Zn akan menyebabkan penurunan kekuatan dimana unsur seng lebih mudah menguap. Paduan merah kekuning-kuningan adalah paduan dengan 40%Zn, sedangkan yang kuning kemerah-merahan adalah paduan dengan 30%Zn. Paduan ini mempunyai ketahanan terhadap korosi dan aus kurang baik dibandingkan dengan *brons*.

Peningkatan ketahanan korosi pada kuningan dapat dilakukan dengan berbagai metode. Pelapisan material Cu-Zn selain bertujuan dekoratif juga melindungi substrat dari media korosif meliputi alkali kuat dan lingkungan asam yang menyebabkan menurunnya umur pakai dan performan alat (Mehmet, dkk, 2016). Korosi dan perilaku erosi akibat kavitasi pada material nikel aluminium *bronze* (NAB) dan magnesium-nikel aluminium *bronze* (MAB) pada media korosi 3,5% NaCl menunjukkan laju korosi, porositas dan kehilangan massa NAB lebih besar dibandingkan MAB (Qining, dkk, 2017). Penambahan konsentrasi anion permangan dan phosphate dapat menurunkan laju korosi pada material Cu-Zn yang mengindikasikan adanya pengaruh dari konsentrasi *inhibitor* (Rafaey, dkk, 2007). Gambar 1. menunjukkan korosi pada *propeller* kapal.



Gambar 1. Korosi pada propeller kapal (<http://mgduff.co.uk/cathodic-protection>)

Sifat mekanis kuningan dapat diperbaiki dan ditingkatkan melalui proses penghalusan butir. Metode ini didapatkan sifat mekanis kuningan yang tinggi terutama kekuatan luluh dan kekerasannya. Penghalusan butir melalui *Thermomechanical Controlled Processed* (TMCP) digunakan untuk menghaluskan butir pada paduan Cu30Zn (Febriyanti, dkk, 2015). Nilai kekerasan dan kekuatan yang tinggi akan berdampak pada menurunnya keuletan dan ketangguhan material. Peningkatan sifat mekanis dapat juga dilakukan melalui pengaturan laju pendinginan melalui teknik pembekuan searah (Slamet, 2016). Peningkatan komposisi Cu, Pb dan Sn dilanjutkan dengan perlakuan panas pada temperatur 400°C ditahan selama 1 jam dan divariasikan dengan media pendingin dapat meningkatkan kekerasan material(Taufikurrahman, dkk, 2005). Teknik *shot peening* yang dilakukan dengan cara menembakkan peluru baja dengan diameter tertentu dan pengaturan tekanan meningkatkan sifat mekanis kekuatan dan ketahanan *fatigue* (Yaqin, dkk, 2017; Iswanto, dkk, 2017; Wibowo, dkk, 2017). Tujuan dari penelitian ini adalah menginvestigasi pengaruh perlakuan permukaan/*shot pinning* pada material kuningan Cu40Zn dengan variasi tekanan tembak dengan media korosi 3,5% NaCl.

2. METODOLOGI

2.1. Preparasi Spesimen

Material Cu40Zn digunakan dalam penelitian ini dibuat menggunakan proses *sand casting* berbentuk silinder berdiameter 18 mm. Material tersebut kemudian dilakukan proses permesinan untuk mendapatkan dimensi spesimen berbentuk kepingan diameter 14 mm dan tebal 3 mm. Permukaan spesimen dihaluskan menggunakan amplas grade 600, 1000 dan 2000 secara bertahap.

2.2. Shot Peening

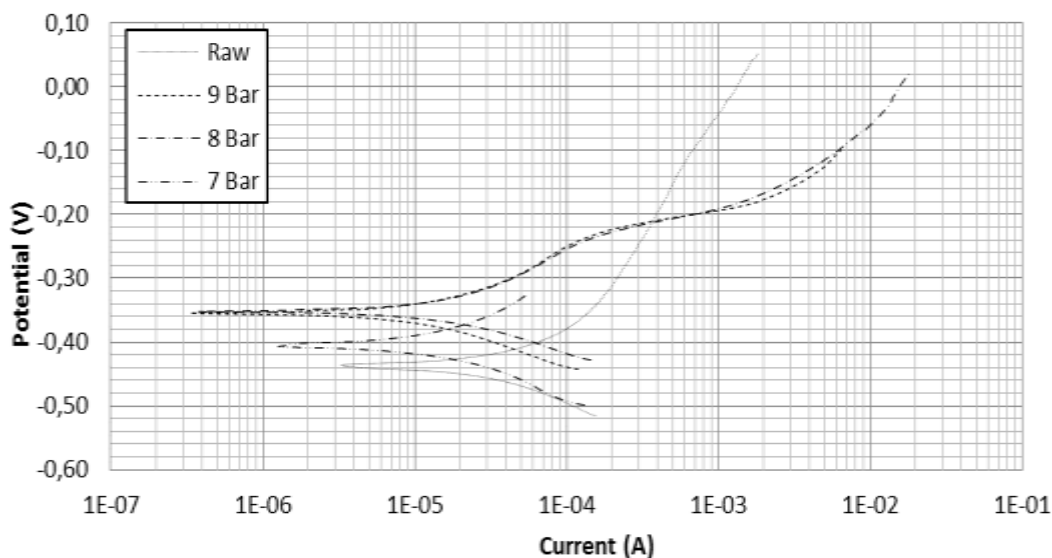
Proses *shot peening* pada penelitian ini menggunakan tiga variasi tekanan penembakan yaitu 7, 8, dan 9 Bar dengan cara mengatur katup tekanan kompresor selama 6 menit. Partikel yang digunakan untuk penembakan adalah bola baja berdiameter 0,5 mm dengan kekerasan 40-50 HRC. Jarak tembak permukaan spesimen diatur konstan sejauh 100 mm.

2.3. Pengujian Spesimen

Pengujian korosi dilakukan dengan alat uji korosi dengan merk *Ametek* tipe *Versastat 4* sesuai dengan standard ASTM G5-94. Media korosif yang dipakai menggunakan 3,5% NaCl sebagai larutan pengganti air laut. Pengujian korosi dilakukan pada spesimen raw material dan material yang telah dilakukan proses *electroplating*. Nilai laju korosi ditentukan dengan nilai I_{corr} , dimana nilai laju korosi suatu logam akan sebanding dengan harga I_{corr} . Data I_{corr} yang diperoleh merupakan hubungan antara beda potensial yang diinputkan dengan besarnya arus yang terjadi (Priyambodo, 2018).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tafel potensio dinamik hasil uji korosi ditunjukkan pada Gambar 2. Spesimen raw material Cu40Zn dan spesimen yang telah dilakukan *shot peening* terlihat perbedaan kecenderungan nilai potensial korosi dan arus korosinya. Pengaruh permukaan spesimen akibat proses *shot peening* menyebabkan peningkatan tafel. Peningkatan nilai potensial terjadi karena pengaruh tekanan tembak *shot peening* dari -436 mV menuju -404 mV. Material yang dilakukan proses *shot peening* akan semakin anodik dibandingkan nilai potensial korosi material *non-treatment (raw)*. Kurva tafel yang bergerak ke atas menunjukkan ke arah potensial nobel yang artinya lebih tahan korosi.



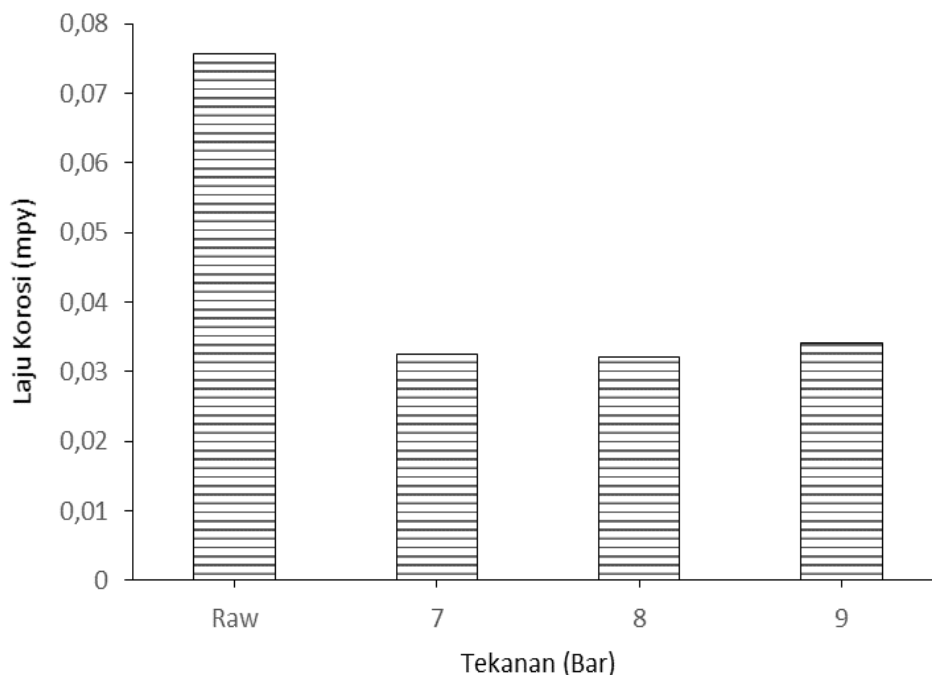
Gambar 2. Tafel polarisasi resistant material kuningan non-treatment (raw) dan material kuningan setelah dilakuan proses *shot peening* tekanan tembak 7, 8, dan 9 Bar

Tabel 1 menunjukkan bahwa permukaan yang dihasilkan proses *shot peening* berpengaruh terhadap nilai laju korosi. Terlihat bahwa nilai laju korosi semakin menurun dengan adanya proses *shot peening*. Nilai terbaik laju korosi terjadi pada tekanan tembak 8 Bar. Hal tersebut disebabkan adanya peningkatan kerapatan struktur mikro, sehingga lapisan permukaan tersebut dapat melindungi *substrat* dari serangan korosi.

Tabel 1. Nilai laju korosi raw material dengan material yang telah dilakukan proses *shot peening* tekanan tembak 7, 8, dan 9 Bar

Tekanan (Bar)	I_{corr} (μA)	E_{corr} (mV)	Densitas ($gram/cm^3$)	Berat Equivalen	Laju Korosi (mpy)
Raw	22,271	-435,628	-435,628	0,230	0,076
7	9,566	-431,886	-387,460	0,230	0,033
8	9,456	-404,256	-399,644	0,230	0,032
9	10,044	-387,460	-392,855	0,230	0,034

Gambar 3 terlihat tren penurunan laju korosi material Cu40Zn pengaruh dari variasi tekanan tembak *shot peening*. Semakin bertambah tekanan tembak, mengakibatkan penurunan laju korosi. Namun demikian, nilai laju korosi optimal terjadi pada tekanan 8 Bar. Apabila tekanan ditambahkan lagi, maka laju korosi cenderung meningkat kembali. Hal tersebut terjadi karena kepadatan pada permukaan material sudah mulai jenuh, dan apabila ditambahkan tekanan tembak dapat terjadi *over shot peening* yang dapat meningkatkan laju korosi.



Gambar 3. Nilai laju korosi material kuningan *non-treatment* (raw) dan material kuningan setelah dilakuan proses *shot peening* tekanan tembak 7, 8, dan 9 Bar

Hasil uji korosi dapat diklasifikasikan dengan nilai ketahanan korosi relatif berdasarkan *range* nilai laju korosinya (Jones, 1991). Cu40Zn setelah dilakukan proses *shot peening* masuk dalam kategori *outstanding*, karena mempunyai nilai laju korosi kurang dari 1 mpy. Nilai ketahanan korosi relatif disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan ketahanan korosi dalam mpy dan metric (Jones, 1991)

Relative Corrosion Resistance	mpy	$\frac{mm}{yr}$	$\frac{\mu m}{yr}$	$\frac{nm}{yr}$	$\frac{pm}{yr}$
<i>Outstanding</i>	< 1	< 0.02	< 25	< 2	< 1
<i>Excelent</i>	1-5	0.02-0.10	25-100	2-10	< 1
<i>Good</i>	5-20	0.10-0.50	100-500	10-50	20-50
<i>Fair</i>	20-50	0.50-1.00	500-1000	50-150	20-150
<i>Poor</i>	50-200	1.00-5.00	1000-5000	150-500	50-200
<i>Unaccetable</i>	> 200	> 5.00	> 5000	> 500	> 200

4. KESIMPULAN

Proses *shot peening* pada permukaan material kuningan Cu40Zn dapat meningkatkan ketahanan korosi dalam media 3,5%NaCl. Ketahanan korosi dapat meningkat sekitar 238% dibandingkan *raw material* yaitu sebesar 0,032 mpy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Muria Kudus atas kesempatan yang diberikan untuk publikasi penelitian ini. Terimakasih juga kepada Akademi Teknologi Warga Surakarta dan Universitas Gadjah Mada atas fasilitas penunjang penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM G5-94, (1999), Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurement, 1999.
- Febriyanti, E., Priadi, D., Riastuti, R., (2015), *Pengaruh Thermomechanical Controlled Processed (TMCP) terhadap penghalusan butir dan sifat mekanik paduan Cu-Zn 70/30*, Metalurgi (2015) 3. LIPI, Jakarta pp. 141-148.
- <http://mgduff.co.uk/cathodic-protection>
- H. Ma, S.Chen, L. Niu, S. Zhao, S.Li, D. Li., (2002), Inhibition of Copper Corrosion by Several Shifts Bases in Aerated Halide Solution, *J. Appl. Electrochem*, Vo. 32, pp. 65-72.
- Iswanto, P.T., Malau, V., Priyambodo, B.H., Wibowo, T.N., Amin, N., (2017), *Effect of Shot-Peening on Hardness and Pitting Corrosion Rate on Load-Bearing Implant Material AISI 304*, Materials Science Forum, Vol. 901.
- Jones, D.A., 1991, Principles and Prevention of Corrosion, *Mc Milman Publishing Company*, New York.
- Joseph Raj Xavier, Rajendran Nallaiyan, S. Nanjundan., (2012), Electrochemical Absorption Properties and Inhibition of Brass Corrosion in Natural Seawater by Thiadiazole Derivatives : Exprimental and Theorical Investigation, *Industry Engineering Chemistry*, Vol. 51 pp. 30-42.
- Majanasastra, S.B.R., (2016), *Analisis sifat mekanik dan struktur mikro hasil proses hydroforming pada material tembaga (Cu) C84800 dan aluminium (Al) 6063*, Jurnal ilmiah teknik mesin, Vol. 4 No. 2, Universitas Islam 45 Bekasi.
- Mehmet, Y.H., Metin Bedir, Abdulcabbar Y., (2016), Structural and corrosion study of uncoated and Zn-Cu coated Magnesium-Based alloy, *Metal* 6, 322 doi:10.3390/met6120322.
- Priyambodo, B.H dan Yaqin, R. I., (2018), *Studi Durasi Electroplating Ni-Cr pada AISI 316L terhadap Laju Korosi dalam Media 3,5% NaCl*, Konferensi Ilmiah Teknologi Texmaco 1, pp. 99-103.

- Qining Song, Nan Xu, Ye Feng Bao, Yong Feng Jiang, Wei Gu, Yu Gui Zheng, Yan Xin Qiao, (2017), Corrosion and cavitation erosion behaviors of two marine propeller materials in clean and sulfide polluted 3,5% NaCl solutions, *Acta Metall. Sin.*, 30(8), doi:10.1007/s40195-017-0602-7, pp. 712-720,
- Refaey, S.A.M., Abd El Malak. A.M., Abdel Fatah, H.T.M., Taha, F., (2007), *Corrosion and inhibition of Cu-Zn alloys in NaCl solution by using permanganate and phosphate anions*, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2 pp. 563-571.
- Slamet, S.,(2016), *The effect of Cu concentration on unidirectional solidification process for micro structure of Al-Cu Alloy*, ISSN: 1979-6870, thesis, Universitas Gadjah Mada.
- Slamet, S., Suyitno, (2017), Pengaruh komposisi dan temperatur tuang terhadap fluiditas paduan perunggu timah melalui investment casting, Prosiding SNATIF ke-4, ISBN: 978-602=1180-50-1, Universitas Muria Kudus.
- Taufikurahman, Safei, Hardianto I., (2005), *Analisa sifat mekanik bahan paduan tembaga-seng sebagai alternatif pengganti bantalan gelinding pada lori pengangkut buah sawit*, *Jurnal teknik mesin Vol.7 No. 2*, Univesitas Petra Surabaya, pp. 77-84.
- Wibowo, T.N., Iswanto, P.T., Priyambodo, B.H., Amin, N., (2016), *Pengaruh Variasi Waktu Shot Peening terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Permukaan Pada Material Implan Aisi 304*, *Jurnal Rotor*, pp. 70-73.
- Yaqin, R. I., Iswanto, P. T., Priyambodo, B.H., Kondi Maliwemu, E. U. (2017). *Pengaruh durasi shot peening terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan pada AISI 316L*, *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK)*, III, 0–4. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.28989/senatik.v3i0.120>