

Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Paduan Al-Cu Proses *Semi-Solid Rheocasting*

Muhammad Rezki Fitri Putra¹⁾, Wahyono Suprpto²⁾, Achmad As'ad Sonief³⁾

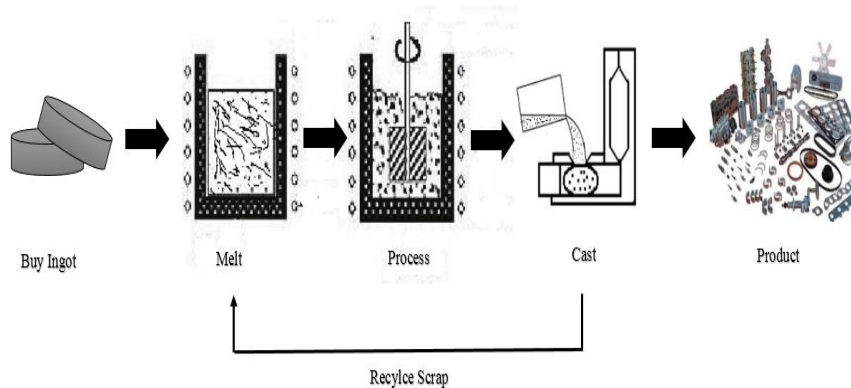
*^{1),2),3)}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang
Jl. M. T. Haryono Malang
Email : muh.rezkifp@gmail.com*

Abstrak. *Al-Cu umumnya digunakan untuk heavy-duty forging, aircraft fitting and truck frame. Sampai saat ini, kualitas dari hasil coran tersebut belum seluruhnya baik karena hasil coran masih tetap mengandung banyak porositas dan strukturnya disusun oleh struktur dendritik dan akibatnya sifat mekanik produk belum seluruhnya memadai. Berbagai usaha telah dilakukan termasuk penggunaan teknologi untuk menurunkan porositas dan mengubah struktur yang terbentuk dalam proses pengecoran. Salah satunya (rheocasting) adalah dengan mengubah bahan baku menjadi bahan setengah padat (semi-solid). Proses rheocasting (semi-solid) merupakan salah satu teknik pengecoran yang memiliki beberapa keunggulan yaitu bentuk coran mendekati hasil akhir (finishing), dapat meningkatkan sifat mekanik dan struktur mikro dari produk, dibandingkan dengan pengecoran konvensional. Proses rheocasting dilakukan dengan memanfaatkan agitasi solidifikasi sehingga merubah struktur dendritik menjadi globular dengan struktur mikro tersebut dapat meningkatkan sifat mekanik dari paduan. Hasil dari pengujian kekerasan dari proses rheocasting dengan kekerasan tertinggi yaitu; 115,6 BHN dan terjadi penurunan diameter butiran mencapai; 73,1 μm pada waktu 70s. Dapat disimpulkan diameter ukuran butiran yang semakin halus meningkatkan kekerasan dari paduan.*

Kata kunci: *kekerasan, strukturmikro, rheocasting, Al-Cu .*

1. Pendahuluan

Aluminium merupakan salah satu jenis logam non ferro yang paling banyak digunakan untuk komponen berbagai keperluan baik untuk komponen teknik maupun non teknik beberapa keunggulan yang dimiliki material ini yaitu ringan dan tahan korosi karena memiliki lapisan pasif sehingga memperlambat oksidasi terjadi. Aluminium murni memiliki kekuatan dan sifat mekanis yang rendah, maka untuk memperbaiki sifat-sifat mekanisnya harus dipadu dengan unsur lainnya [1]. Penambahan tembaga pada paduan Aluminium akan memperbaiki kekuatan dan kekerasan baik dengan proses cor ataupun perlakuan panas. Aluminium dengan penambahan konsentrasi 4% sampai dengan 6% tembaga akan meningkatkan kekuatan terhadap perlakuan panas [2]. Di sisi lain, penambahan tembaga pada paduan Aluminium akan menurunkan ketahanan korosi, ketahanan retak panas (*hot tear*), mengurangi keuletan bahan dan menurunkan mampu cor paduan sehingga material ini hampir dilupakan oleh para peneliti [3]. Al-Cu umumnya digunakan untuk *heavy-duty forging, aircraft fitting and truck frame* Sampai saat ini, kualitas dari hasil coran tersebut belum seluruhnya baik karena hasil coran masih tetap mengandung banyak porositas dan strukturnya disusun oleh struktur dendritik dan akibatnya sifat mekanik produk belum seluruhnya memadai. Berbagai usaha telah dilakukan termasuk penggunaan teknologi untuk menurunkan porositas dan mengubah struktur yang terbentuk dalam proses pengecoran. Salah satunya adalah dengan mengubah bahan baku menjadi bahan setengah padat (semi-solid) [4]. *Teknik pengecoran ini dikenal sebagai “pengecoran reo” (rheocasting).* Rheocasting merupakan teknik pengecoran yang memberikan geseran pada logam cair dari fasa cair berstruktur dendritik menjadi semisolid yang menghasilkan struktur non-dendritik (globular) selanjutnya langsung dibentuk menjadi produk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Semi-Solid Rheocasting

Rheocasting menjadi tren baru dalam teknologi manufaktur khususnya pengecoran dengan beberapa keunggulan yaitu bentuk coran mendekati hasil akhir (finishing), dapat meningkatkan sifat mekanik dan struktur mikro dari produk, dibandingkan dengan pengecoran konvensional atau penempaan [5]. Dalam penelitian ini, percobaan dilakukan untuk mempelajari pengaruh parameter pengadukan (waktu pengadukan) dalam pengolahan paduan aluminium tembaga (Al-Cu) terhadap struktur mikro dan sifat mekanik.

Bahan baku dari penelitian ini adalah plat aluminium dan tembaga hasil daur ulang yang sudah dipotong-potong kemudian dilebur ulang kedalam tungku dan selanjutnya hasil coran di tuang ke cetakan permanen sebagai ingot as-cast untuk pengecoran selanjutnya. Komposisi dari paduan ingot dapat dilihat dari tabel 1.

Tabel 1. Komposisi paduan ingot Al-Cu

Unsur	Al	Cu	Fe	Si	Mn	Zn	Mg	Ni
%	92.4	7.09	0.35	0.091	0.073	0.013	0.007	0.004

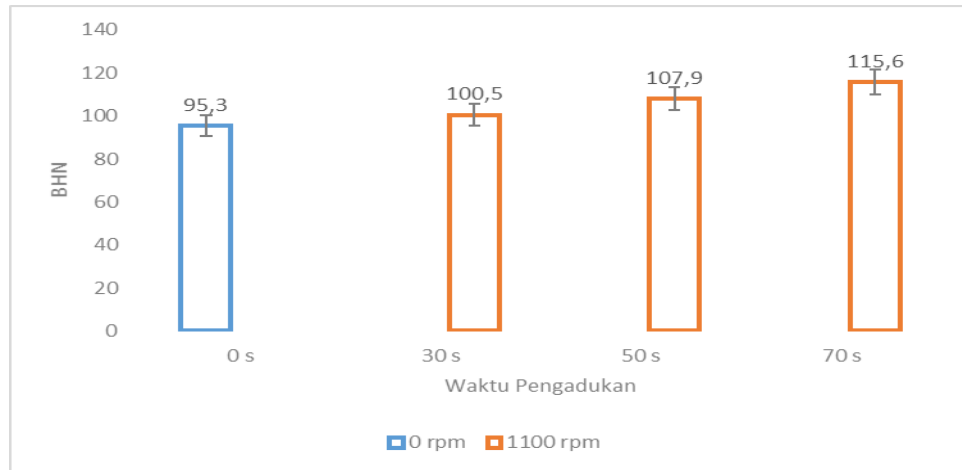
Ingot *as-cast* Al-Cu disiapkan (± 500 gram). Bahan paduan Al-Cu dilebur hingga suhu $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ menggunakan tungku induksi. Pada suhu $610\text{ }^{\circ}\text{C}$ paduan Al-Cu diaduk menggunakan batang pengaduk dengan waktu 30, 50 dan 70 detik, dan kecepatan putaran 1100. Paduan Al-Cu yang telah di proses setelah itu dituangkan ke cetakan logam yang sudah dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu $\pm 300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kemudian membongkar cetakan dan spesimen hasil *casting* dipersiapkan untuk pengujian kekerasan dan analisa struktur mikro, hasil dari pengujian akan di bandingkan dengan pengecoran konvensional.

2. Pembahasan

Kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan penekanan pada bidang benda uji dengan menggunakan indenter dan beban tertentu [7]. Alasan diperlukannya pengujian kekerasan karena di dalam aplikasi manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu [8]. Pengujian ini menggunakan pengujian brinell dan pengujian ini juga memerlukan permukaan benda uji yang datar dan halus agar lebih mudah dalam melakukan pengujian dengan persamaan mengikuti aturan ASTM E-10 [9] yaitu :

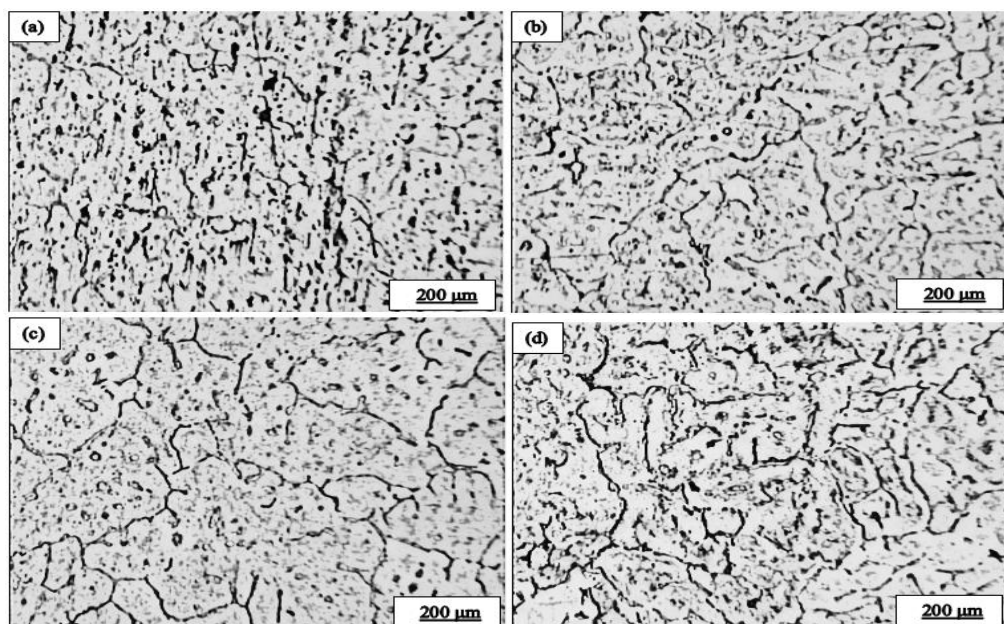
$$BHN = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana P adalah beban yang diberikan (kgf), D diameter indenter (mm), dan d adalah diameter bekas pijakan indenter (mm).



Gambar 2. Nilai kekerasan proses rheocasting

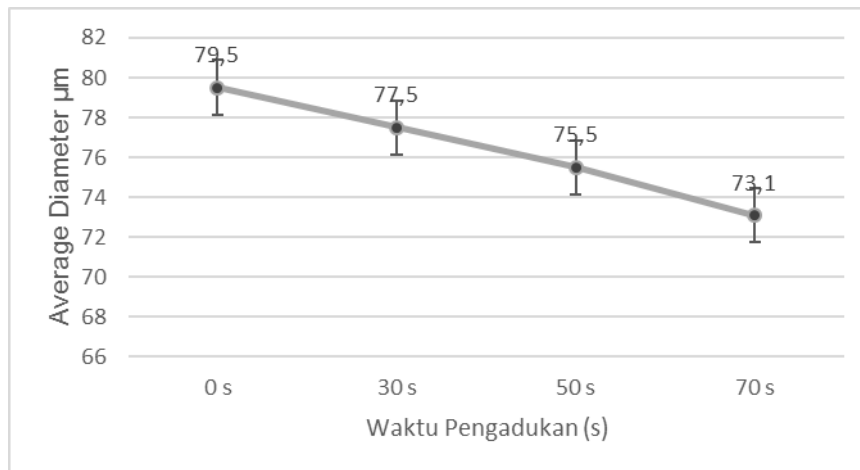
Pada Gambar 2 terdapat nilai kekerasan dari proses pengecoran konvensional mendapatkan nilai 95,3 BHN, selanjutnya nilai kekerasan tertinggi pada 1100 rpm didapatkan 115 BHN 70 s. dari Gambar 2 menjelaskan kekerasan meningkat seiring meningkatnya waktu pengadukan dari proses rheocasting. Peningkatan waktu pengadukan dari 0-70 s menyebabkan peningkatan kekerasan sebesar 21%. Dari hasil ini diketahui bahwa proses pengecoran Rheocasting (*semi-solid*) meningkatkan kekerasan paduan. Hal ini dapat dikaitkan dengan adanya fase Al₁₅ (CuFeMn) ₃Si₂ yang tidak larut dan distribusi homogen fase CuAl₂ pada batas butir seperti yang dinyatakan oleh peneliti sebelumnya oleh Rahimi et. al [10].



Gambar 3. Struktur mikro rheocasting dengan waktu: (a) 0 s; (b) 30 s; (c) 50 s; dan (d) 70 s pada 1100 rpm

Analisa struktur mikro dilakukan pada 1100 rpm dengan waktu pengadukan 30, 50, dan 70 s. Foto hasil struktur mikro dengan perbesaran 200x menggunakan mikroskop ditunjukkan oleh

gambar 3. Hasil foto struktur mikro menunjukkan adanya perbedaan struktur akibat waktu pengadukan yang berbeda. Gambar 3(a) menunjukkan struktur mikro paduan Al-Cu yang diproduksi tanpa *rheocasting*, terlihat struktur terdiri dari butiran dendrit. dengan proses *rheocasting* struktur mikro bertransformasi dari dendrit ke globular seperti yang ditunjukkan Gambar 3(b)- 3(d). Pengaruh dari waktu pengadukan terhadap ukuran butir juga ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diameter butir 1100 rpm dengan waktu pengadukan

Pada Gambar 4 dapat diamati pula diameter butir menurun seiring dengan meningkatnya waktu pengadukan. Pada pengecoran tanpa proses *rheocasting* (konvensional) menghasilkan ukuran butir 79,5 μm, seiring meningkatnya waktu pengadukan ukuran butir menurun hingga 73,1 μm pada waktu pengadukan 70s. Penurunan ukuran butir dari waktu pengadukan 0-70s mencapai 8%. Hal ini juga ditunjukkan oleh peneliti sebelumnya dimana terdapat peningkatan fragmentasi dendrit dengan meningkatkan gaya geser pada logam cair sehingga menghasilkan ukuran butiran yang kecil [11]. Dalam proses pengecoran logam diupayakan untuk mendapatkan ukuran butir yang kecil karena dapat memperbaiki sifat mekanik paduan tersebut. Ukuran butir kecil, distribusi homogen dan mempercepat laju nuklasi dapat diperoleh dengan penambahan inoculen kedalam logam cair. Bentuk inti padat didalam transformasi pendinginan logam merupakan proses pertumbuhan inti utuh dari pada pengintian itu sendiri. Kualitas dari sifat mekanik pengecoran dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu; sistem komposisi (paduan) dan kecepatan pendinginan. Artinya dengan adanya penambahan unsur paduan dan kecepatan pendinginan tertentu sifat mekanik coran tersebut akan meningkat.[12].

3. Kesimpulan

Kekerasan dari paduan Al-Cu yang diproses dengan *rheocasting* mendapatkan kekerasan tertinggi pada waktu 70 s dengan nilai 115,6 BHN. Hasil dari foto struktur mikro terjadi perubahan bentuk butiran dari paduan dan dengan meningkatkan waktu pengadukan menghasilkan penurunan ukuran butir pada waktu 70 s dengan nilai 73,1 μm. Semakin halus ukuran butir kekerasan dari paduan meningkat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Kepala Lab αβγ Metal Casting Specialist Landungsari Malang serta jajaran stafnya.

Daftar Pustaka

- [1]. T. Surdia and S. Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*, vol. cet 4, no. pengetahuan bahan teknik. 1999.
- [2]. V. 2 ASM International Handbook, *Properties and selection: Nonferrous alloys and special-purpose materials*, vol. 2. 1990.
- [3]. M. Di Sabatino and L. Arnberg, "Castability of aluminium alloys," *Trans. Indian Inst. Met.*, vol. 62, no. 4–5, pp. 321–325, 2009.
- [4]. W. Suprpto, "Teknologi Pengecoran Logam," Malang: UB Press, 2017 ISBN 978-602-432-289-2.
- [5]. R. B. L. Ivanchev, D. Wilkins, G. Govender, W. Du Preez, "A New Technology For Manufacturing Automotive And Aerospace Components."
- [6]. S. P. Midson and A. Jackson, "A Comparison of Thixocasting and Rheocasting," pp. 1–10.
- [7]. S. H. Avner, *Introduction To Physical Metallurgy Second Edition*. 1974.
- [8]. J. G. Kaufman and E. L. Rooy, *Aluminum Alloy Castings: Properties , Processes , and Applications*. 2004.
- [9]. A. B. Hardness, V. Hardness, S. Hardness, K. Hardness, L. Hardness, and A. Bodies, "Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials 1," no. June, 2015.
- [10]. B. Rahimi, H. Khosravi, and M. Haddad-Sabzevar, "Microstructural characteristics and mechanical properties of Al-2024 alloy processed via a rheocasting route," *Int. J. Miner. Metall. Mater.*, vol. 22, no. 1, pp. 59–67, 2015.
- [11]. M. Reisi and B. Niroumand, "Effects of stirring parameters on rheocast structure of Al – 7 . 1wt .% Si alloy," vol. 470, no. 6, pp. 413–419, 2009.
- [12]. W. Suprpto, "The Fluidity Characteristics of Liquid Duralumin by Piece Test Methode on Permanent Mold in Low Pressure," vol. 3, no. 1, pp. 268–275, 2012.