



PENGARUH PENAMBAHAN TEMBAGA PADA PENGECORAN ALUMINIUM LIMBAH RUMAH TANGGA TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN UJI TARIK

Rizki Dwi Ardika¹⁾, Deddy Dwisetia Laksono¹⁾, Fadelan¹⁾, Yoyok Winardi¹⁾, Munaji¹⁾, Nanang Suffiadi Akhmad¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No. 10, Ronowijayan, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur, Kode Pos 63471

e-mail: rizkidwardika@umpo.ac.id

ABSTRAK

Aluminium merupakan material untuk membuat sebuah produk yang banyak digunakan oleh masyarakat, namun karena sering menjadi limbah ketika sudah mengalami kerusakan, maka limbah dari aluminium akan mengalami penumpukan yang akan merugikan, karena limbah aluminium tidak mudah terurai maka diperlukan penanganan. Pengecoran ulang bisa menjadi upaya alternatif untuk mengurangi limbah. Dalam penelitian ini, digunakan aluminium dari panci dan wajan yang tidak terpakai dan tembaga serbuk. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pembuatan spesimen dengan variasi Al 500 gr Cu 0 gr, Al 500 gr Cu 10 gr, dan Al 500 gr Cu 15 gr. Proses pengecoran menggunakan cetakan pasir, serta pengujian tarik dan pengujian struktur mikro. Kekuatan tarik menurun seiring dengan penambahan tembaga, di mana spesimen dengan variasi Al 97% Cu 3% memperoleh nilai terendah dengan nilai rata-rata 78,328 Mpa, dan kekuatan tarik tertinggi diperoleh spesimen dengan variasi Al 100% Cu 0% dengan nilai rata-rata 100,769 Mpa. Analisis struktur mikro menunjukkan perubahan struktur butir pada setiap spesimen, dimana aluminium yang belum dipadukan dengan tembaga memiliki butir yang lebih rapat daripada aluminium yang sudah dipadukan dengan tembaga. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan tembaga berpengaruh pada pengecoran ulang aluminium limbah rumah tangga karena dapat menurunkan hasil pada coran, dari segi kekuatan tarik pada pengujian tarik, dan berpengaruh terhadap struktur butir pada pengujian struktur mikro.

Kata Kunci: Aluminium, Penambahan Tembaga, Pengecoran Ulang, Kekuatan Tarik, Struktur Mikro.

ABSTRACT

Aluminum is a material for making products that are widely used by the public, but because it often becomes waste when it is damaged, aluminum waste will accumulate which will be detrimental, because aluminum waste does not decompose easily, so it needs to be handled. Recasting can be an alternative effort to reduce waste. In this research, aluminum from unused pots and pans and powdered copper were used. The methods used in this research include making specimens with variations of Al 500 gr Cu 0 gr, Al 500 gr Cu 10 gr, dan Al 500 gr Cu 15 gr, casting processes using sand molds, as well as tensile testing and microstructure testing. The tensile strength decreased with the addition of copper, where the specimen with the Al 97% Cu 3% variation obtained the lowest value with an average value of 78.328 Mpa, and the highest tensile strength was obtained by the specimen with the Al 100% Cu 0% variation with an average value of 100.769 Mpa. Microstructural analysis shows changes in the grain structure of each specimen, where aluminum that has not been combined with copper has denser grains than aluminum that has been combined with copper. So it can be concluded that the addition of copper has an effect on the re-casting of household waste aluminum because it can reduce the results of the castings, in terms of tensile strength in tensile testing, and affects the grain structure in microstructure testing.

Keywords: Aluminum, Copper Addition, Recasting, Tensile Strength, Microstructure.

1. Pendahuluan

Aluminium merupakan bahan yang ringan, mudah dibentuk, tahan korosi, mampu menghantarkan panas dan listrik dengan baik. Aluminium sering digunakan dalam paduan atau dibuat dari aluminium itu sendiri karena sifatnya

yang mudah dibentuk. Aluminium murni memiliki sifat lunak sehingga biasanya dipadukan atau dicampurkan dengan bahan lain agar menjadi material yang lebih keras dan lebih dunia transportasi, bahan lain yang digunakan sebagai unsur pemadu antara lain tembaga (Cu), magnesium (Mg), seng

(Zn), mangan (Mn), dan lain-lain [1]. Karena memiliki sifat dan karakteristik baik maka tidak heran jika aluminium sudah dipergunakan secara luas oleh industry bahan material logam, industry otomotif, dan juga industry rumah tangga. Produk yang dihasilkan dari bahan aluminium sekarang sangatlah beragam dan mudah kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya panci dan wajan. Walaupun terbuat dari material yang baik, tapi semakin lama penggunaannya juga akan mengalami kerusakan dikarenakan termakan waktu. Saat sudah mengalami kerusakan umumnya para ibu rumah tangga membeli produk yang baru sehingga produk lama yang sudah rusak menjadi limbah.

Pengecoran ulang adalah cara untuk melakukan daur ulang limbah aluminium. Pengecoran ulang juga menjadi pilihan alternative bagi industri kecil, karena bisa menghemat biaya produksi. Perlu diketahui bahwa dibutuhkan banyak tenaga dan biaya untuk mengubah bijih logam menjadi aluminium. Karena industri kecil memiliki batasan, sehingga mereka melebur kembali sisa aluminium atau bahan bekas dari pengecoran sebelumnya. Pengecoran ulang dilakukan karena dapat menurunkan biaya produksi dan pemborosan bahan baku [2]. Dalam beberapa tahun terakhir banyak dilakukan penelitian tentang pengecoran ulang aluminium ataupun penelitian tentang pengecoran aluminium dengan berbagai teknik dan variasi.

Beberapa peneliti yang melakukan penelitian tersebut H. Purwanto & Mulyonorejo [3], meneliti tentang bagaimana pengecoran ulang memperoleh menggunakan cetakan pasir mempengaruhi kekerasan dan kekuatan tarik aluminium cor. Dan kesimpulan pengecoran ulang menyebabkan penurunan kekuatan tarik, rata-rata penurunan dari pengecoran ulang I ke pengecoran ulang III sebesar 6,4% dan pengecoran ulang juga menurunkan regangan. dari pengecoran ke I sampai pengecoran ke III rata-rata penurunannya adalah 11%.

R. Sadiana, dkk [4], meneliti tentang analisis kekuatan tarik paduan Al-Cu-Mg untuk digunakan sebagai dudukan peredam kejut (shock absorber) pada sepeda motor. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil nilai kekuatan tarik tertinggi adalah dengan nilai 150 Mpa, dan untuk nilai kekuatan tarik terendah adalah dengan nilai 126 Mpa.

R. Andika, dkk [5], melakukan penelitian tentang coran aluminium yang digunakan untuk sepatu rem (brake shoe) dengan penambahan mangan (Mn), dianalisis kekerasan dan struktur mikronya. Selain itu, ditentukan bahwa meskipun penambahan mangan (Mn) pada tingkat 0,5% hingga 1% menurunkan kekerasan material, tetapi pada penambahan mangan (Mn) pada tingkat hingga 1,2% meningkatkan nilai kekerasan.

R. A. Ardiansyah, dkk [6], melakukan penelitian tentang pengaruh terhadap kualitas coran logam dari penggunaan bubuk dry cell sebagai pengikat terak. Selain itu, fluiditas terbaik diperoleh ketika 0,1% bubuk dry cell ditambahkan ke pengecoran. Sedangkan hasil coran dengan penambahan serbuk dry cell 0,3% mengalami cacat terendah.

N. Yuono & R. Siswanto [7], meneliti tentang pengaruh suhu pengecoran terhadap porositas, struktur mikro, dan kekerasan aluminium wajan nagara dan jawa menggunakan

pengecoran evaporatif. Dari penelitian ini memperoleh hasil kesimpulan yaitu hasil penelitian porositas pada temperatur tuang 650°C wajan nagara berada di angka 0,36% sedangkan wajan jawa berada di angka 1,48%, kemudian pada temperatur 700°C wajan nagara 2,22% dan wajan jawa 4,25%, pada temperatur 750°C wajan nagara 0,73%, dan wajan jawa 0,22%, selanjutnya pada temperatur tuang 800°C wajan nagara 0,73% dan wajan jawa 0,037%.

R. M. A. Maulana [8], meneliti tentang analisis sifat fisik dan mekanik hasil pengecoran ulang aluminium limbah otomotif. Dan memperoleh hasil rata-rata nilai kekerasan sebelum dicor ulang adalah 6,49 BHN, dan setelah dicor ulang adalah 4,44 BHN.

Selain sebagai cara untuk mendaur ulang limbah aluminium, manfaat lain dari pengecoran ulang adalah untuk memperbaiki sifat aluminium atau untuk memperoleh sifat yang lebih baik dengan mencampurkan bahan lain seperti tembaga (Cu), magnesium (Mg), mangan (Mn), seng (Zn), dan lain-lain. Akan tetapi belum ditemukan peneliti yang meneliti tentang daur ulang limbah rumah tangga dengan penambahan tembaga.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperlukan penelitian tentang pengaruh penambahan tembaga pada pengecoran ulang aluminium limbah rumah tangga terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro. Kekuatan tariknya akan diuji, dan struktur mikronya akan diamati dalam penelitian ini.

2. Metode

2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gerinda potong, timbangan digital, tungku peleburan beserta kelengkapannya, cetakan pasir, jangka sorong, amplas dan mesin bubut

2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium dari panci dan wajan bekas dengan komposisi kimia yang ditunjukkan oleh Tabel 1 dan tembaga serbuk.

Tabel 1. Komposisi kimia panci dan wajan bekas (wt%)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Al
0.3	0.7	0.25	1.5	1.3	0.25	Bal

2.3. Prosedur Penelitian

Proses pengecoran dimulai dengan mempersiapkan tungku peleburan dan pembuatan cetakan pasir, selanjutnya pembersihan bahan dari sisa kotoran yang ada dengan di amplas dan di sikat lalu pemotongan aluminium limbah rumah tangga agar bisa masuk pada tungku peleburan, lalu menimbang aluminium dan tembaga dengan timbangan digital agar sesuai dengan komposisi. Pada penelitian ini menggunakan variasi komposisi yang ditunjukkan oleh tabel 2. Aluminium yang telah dilebur atau dicairkan, kemudian dibersihkan dari kotoran yang muncul saat aluminium

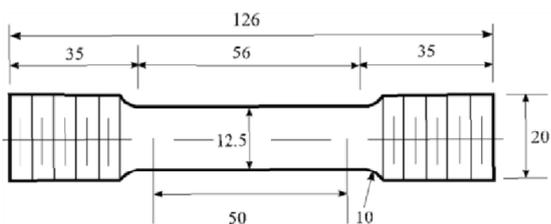
mencair. Setelah itu tembaga yang sudah di timbang dimasukkan pada tungku lalu dilakukan pengadukan dan menunggu beberapa menit dan melakukan pengadukan ulang agar tembaga bisa tercampur secara merata, selanjutnya logam yang sudah mencair dituangkan pada cetakan pasir yang telah dibentuk dengan spesimen pengujian, kemudian menunggu hingga hasil coran mulai mengeras dan dingin.

Tabel 2. Parameter penelitian

No	Variasi	Al (gr)	Cu (gr)
1	Variasi 1	500	0
2	Variasi 2	500	10
3	Variasi 3	500	15

Pengamatan struktur mikro menggunakan mesin OLYMPUS SZ2 ILST stereo zoom microscope. Prosedur standar pengamatan struktur mikro yang dilakukan adalah pembungkaihan, pemolesan dengan amplas mulai dari tingkat kekasaran 300-2000 dan pengetsaan. Komposisi cairan etsa yang digunakan dalam penelitian ini adalah HNO₃ 2,5 ml, HCl 1,5 ml, HF 1 ml dan Water 95 ml.

Pengujian Mesin uji universal SANS berkapasitas 10 ton digunakan untuk melakukan uji tarik. Tiga spesimen uji tarik digunakan untuk setiap variasi. Bentuk dimensi spesimen uji tarik ditunjukkan oleh Gambar 1.

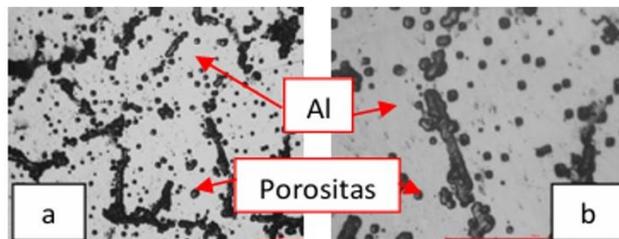


Gambar 1. Spesimen uji tarik ASTM E8M (mm)

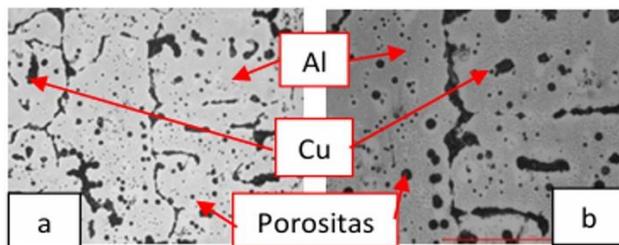
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil pengujian struktur mikro

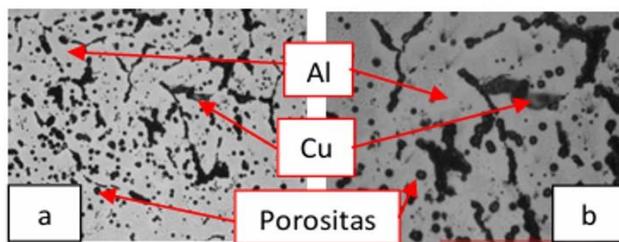
Pengamatan mikrostruktur digunakan untuk mengamati struktur mikro pada pengecoran paduan AlCu. Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro semua variasi menunjukkan bahwa Al merupakan unsur yang paling dominan dan tersebar secara merata, dan unsur Cu merupakan unsur yang bisa di bilang sedikit tetapi merata yang ditunjukkan oleh Gambar 2–4.



Gambar 2. Al 500 gr, Cu 0 gr



Gambar 3. Al 500 gr, Cu 10 gr



Gambar 4. Al 500 gr, Cu 15 gr

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa pada kandungan Al 500 gr dan tidak adanya kandungan Cu memiliki tingkat kerapatan butir yang tinggi sedangkan pada Gambar 4 Al 500 gr yang dipadu dengan Cu 15 gr memiliki butir yang cenderung tidak rapat. Hal ini dipengaruhi karena adanya perubahan kerapatan butir setelah dilakukannya penambahan unsur Cu. Semakin banyak penambahan Cu maka akan berpengaruh terhadap berkurangnya tingkat kerapat struktur butirnya [9].

Selain terlihatnya kerapatan struktur butir pada hasil pengujian struktur mikro, terlihat juga adanya peningkatan porositas yang terjadi pada setiap variasi penambahan unsur Cu. Aluminium dengan kandungan Cu yang tinggi akan memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium dengan kandungan Cu yang sedikit [10].

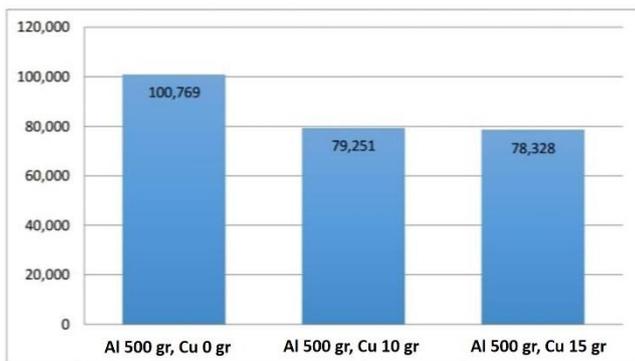
3.2. Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari spesimen hasil pengecoran. Tabel hasil pengujian tarik dari masing masing spesimen ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian tarik

Komposisi	Spesimen	Load (kN/s)	Tensile Strength (MPa)	Rata - Rata
(Al) 100%	1	10	104,273	
(Cu) 0%	2	10	94,827	100,769
	3	10	103,207	
(Al) 98%	1	10	124,674	
(Cu) 2%	2	10	49,703	79,251
	3	10	63,377	
(Al) 97%	1	10	51,244	
(Cu) 3%	2	10	82,691	78,328
	3	10	101,048	

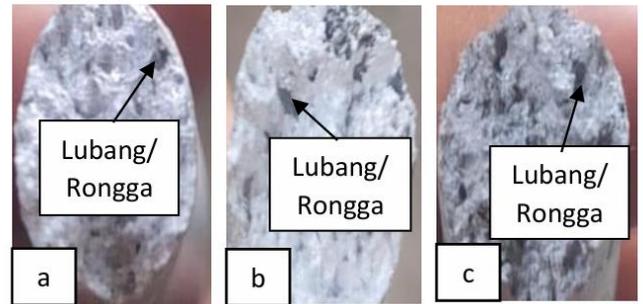
Hasil yang diperoleh dari masing masing pengujian spesimen kemudian dirata rata yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil pengujian tarik variasi Al 500 gr Cu 0 gr memiliki nilai rata-rata 100,7 Mpa kemudian terjadi penurunan pada variasi Al 500 gr Cu 10 gr dengan nilai rata - rata 79,2 Mpa dan pada variasi Al 500 gr Cu 15gr terjadi penurunan yang signifikan dengan nilai rata-rata 78,3 Mpa. Turunnya kekuatan tarik disebabkan karena turunnya tingkat kerapatan butir yang disebabkan karena penambahan unsur tembaga. Selain itu, terdapat faktor lain yang bisa mempengaruhi berkurangnya kekuatan nilai tarik yaitu adanya cacat porositas. Aluminium dengan kandungan Cu yang tinggi akan memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium dengan kandungan Cu yang sedikit [3] [10].



Gambar 6. Hasil pengujian uji tarik

Gambar patahan uji tarik diilustrasikan oleh Gambar 6. Patahan pada variasi Al 500 gr dan Cu 0 gr terdapat necking, dimple dan berserabut sehingga dikatakan patahan bertipe ductile sedangkan pada variasi Al 500 gr dan Cu 15 gr patahannya mempunyai karakter yang lebih rata, granular dan terang. Patahan yang mempunyai bentuk rata digolongkan dalam jenis patahan brittle [11]. Selain itu pada patahan spesimen uji tarik terdapat juga karakteristik lain yang muncul pada setiap spesimen yaitu terdapat sebuah lubang atau rongga yang biasa disebut dengan cacat pengecoran. Peristiwa ini bisa terjadi karena pada saat penuangan terdapat udara yang terjebak didalam cairan logam. Udara tersebut di duga berasal dari gas amoniak yang keluar dari cetakan pasir. Dengan adanya rongga tersebut

maka terjadi peningkatan konsentrasi tegangan pada hasil pengecoran, sehingga kekuatan tarik hasil coran menurun [12].



Gambar 6. Patahan uji tarik (a) 500 gr Al Cu 0 gr, 500 gr Al Cu 10 gr, 500 gr Al Cu 15 gr

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh setelah dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian tarik menunjukkan adanya penurunan pada setiap presentase penambahan Cu. Dimana nilai kekuatan tarik dengan unsur Cu 0% mendapat nilai rata – rata 100,7 Mpa, Cu 2% dengan nilai rata – rata 79,2 Mpa, lalu pada Cu 3% mendapatkan nilai rata – rata 78,3 Mpa.
2. Hasil dari pengujian struktur mikro menunjukkan Cu tersebar secara menyeluruh pada matriks Al. Dimana setelah dilakukannya penambahan Cu terdapat perbedaan kerapatan butir.

Daftar Pustaka

- [1] Muhayat, N., Ardika, R. D., Kadir, A. M., Budiana, E. P., & Triyono, T. (2023). Simultaneous Enhancement of Welder Health and Aluminum Weld Joint Quality Using Controlled Welding Room Condition. *Safety*, Vol 10 No 1, pp. 1-15. 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/safety10010002>
- [2] M. Mandala, E. Siradj, and S. Djamil, “Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Aluminium (Al-Si) Pada Proses Pengecoran Menggunakan Cetakan Logam, Cetakan Pasir Dan Cetakan Castable,” *Poros*, vol. 14, no. 2, p. 88, 2017, doi: 10.24912/poros.v14i2.841.
- [3] H. Purwanto and Mulyonorejo, “Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Aluminium Cor Dengan Cetakan Pasir,” *Pros. Semin. Nas. UNIMUS*, pp. 273–277, 2010.
- [4] R. Sadiana, D. Putra, and W. Hidayat, “Analisis Kekuatan Tarik Logam Paduan Al-Cu-Mg Sebagai Dudukan Shock Absorber Sepeda Motor,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 67–72, 2020, doi: 10.33558/jitm.v8i2.2184.
- [5] R. Andika, K. Hastuti, and Syawaldi, “Analysis Of Hardness And Micro Structure Of Used Aluminium

Casting On Brake Soe With Addittion Of Manganese Elements (Mn)," vol. 02, no. 02, pp. 81–91, 2019, doi: 10.25299/jrem2019.1.1.2423.

- [6] R. A. Ardiansyah, J. T. Mesin, F. Teknik, U. N. Malang, and P. Logam, "Pengaruh penggunaan serbuk dry cell sebagai pengikat terak pada pengecoran logam terhadap kualitas hasil coran," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2016.
- [7] R. Siswanto, N. Yuono, "Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Porositas, Struktur Mikro Dan Kekerasan Dari Aluminium Wajan Nagara Dan Wajan Jawa Menggunakan Pengecoran Evaporatif," ISSN 2745-6331 page 51-62, vol. 4, no. 1, pp. 51 62, 2022.
- [8] R. M. Andhika maulana, "Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Hasil Pengecoran Ulang Alumunium Limbah Otomotif," Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2021.
- [9] M. A. Zuliansyah, "Pengaruh Penambahan Unsur Tembaga Pada Pengecoran Ulang Alumunium Limbah Otomotif Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Bahan, *AutoMech Jurnal Teknik Mesin*," vol. 01, pp. 30–40, 2023.
- [10] D. Prayitno, M. Fatahillah, and K. Shodiqi, "Studi Pengaruh Penambahan Tembaga Pada Porositas Aluminium," *Pros. Semin. Nas. XI "Rekayasa Teknol. Ind. dan Inf. 2016 Sekol. Tinggi Teknol. Nas. Yogyakarta Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 287–297, 2016.
- [11] Pineau A, Benzerga AA, Pardoen T. Failure of metals I: Brittle and ductile fracture. *Acta Materialia*. 2016 Apr Vol 1. No 107. Pp. 424-83. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2015.12.034>
- [12] Susan, D. F., T. B. Crenshaw, and J. S. Gearhart. "The effects of casting porosity on the tensile behavior of investment cast 17-4PH stainless steel." *Journal of Materials Engineering and Performance*. Vol. 24 (2015): pp. 2917-2924. <https://doi.org/10.1007/s11665-015-1594-y>