

PENINGKATAN KEKUATAN MEKANIK PADUAN ALUMINIUM PADA INGOT VELG BEKAS DENGAN PENAMBAHAN TEMBAGA

Laila Yuni Septiarini¹, Catur Pramono², Nani Mulyaningsih³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jl. Jalan kapten Suparman 39 Magelang 56116

Email : laila.septia0409@gmail.com, caturpramono@untidar.ac.id,
nani_mulyaningsih@untidar.ac.id

ABSTRAK

Velg merupakan salah satu komponen penting dalam kendaraan bermotor. Velg berfungsi sebagai penopang roda dan badan kendaraan bermotor. Velg harus memenuhi sifat fisis dan mekanis tertentu seperti kekerasan. Bahan yang sering digunakan untuk membuat velg adalah aluminium yang dipadukan dengan silikon. Faktor terbesar yang mempengaruhi kerusakan velg adalah adanya beban berlebih dan kecepatan kendaraan yang tinggi ketika melewati jalan yang rusak, sehingga terjadi dampak yang mengakibatkan velg mengalami deformasi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan velg bekas sebagai alternatif bahan baku pembuatan rangka sepeda dengan penambahan 0% Cu, 3% Cu, 5% Cu, dan 7% Cu. Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan pengecoran metode *sand casting*. Pengujian meliputi uji komposisi kimia, uji kekerasan brinell, uji dampak charpy, dan uji struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tembaga dapat meningkatkan kekerasan. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada material velg bekas yang ditambah dengan 7% Cu yaitu sebesar 46,72 BHN. Hasil pengujian dampak menunjukkan nilai dampak semakin meningkat seiring dengan penambahan tembaga. Nilai dampak paling tinggi yaitu 0,047 J/mm² pada penambahan 7% Cu. Hasil struktur mikro material velg bekas yang ditambah tembaga menunjukkan adanya unsur Al-Si dan endapan Al₂Cu, dan porositas.

Kata kunci : velg, tembaga, kekerasan, dampak, struktur mikro

ABSTRACT

Wheels are one of the important components in motorized vehicles. Wheels work as a support for the wheels and body of a motorized vehicle. Wheels must meet certain physical and mechanical properties such as hardness. The material that is often used to make wheels is aluminum combined with silicon. The biggest factor that affects the damage to the wheels is the excess and excess speed of the vehicle when passing through the damaged road, resulting in a collision that causes the wheels to deform. This study aims to utilize used wheels as an alternative raw material for making bicycle frames with the addition of 0% Cu, 3% Cu, 5% Cu, and 7% Cu. The method used in this research is the method of giving sand. The tests include chemical composition test, brinell hardness test, charpy impact test, and microstructure test. The results showed that copper can increase hardness. The highest hardness value was obtained from the used wheel material which was added with 7% Cu, which was 46.72 BHN. The impact test results show that the impact value increases with the addition of copper. The highest impact value was 0.047 J/mm² at the addition of 7% Cu. The results of the microstructure of the used wheel material added with copper indicate the presence of Al-Si elements and Al₂Cu deposits, and porosity.

Keywords: wheel, copper, hardness, impact, microstructure.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, pemilihan bahan dan proses harus sesuai dengan fungsi dan tujuan dari produk yang diproduksi. Beberapa jenis material dapat digunakan, salah satunya adalah aluminium. Aplikasi aluminium tidak hanya

digunakan pada peralatan rumah tangga, tetapi juga untuk kebutuhan otomotif.

Aluminium adalah logam dengan kekuatan dan fleksibilitas yang relatif rendah. Aluminium adalah logam dengan ketahanan korosi yang baik dan konduktivitas listrik yang baik.

Aluminium murni merupakan logam yang ringan, tahan lama, dan lunak. Aluminium memiliki kekuatan tarik sebesar 90 Mpa, sedangkan pada aluminium paduan kekuatan tariknya 200-600 Mpa. Sifat aluminium yaitu ringan, kekuatan mekaniknya dapat ditingkatkan, dan tahan terhadap korosi pada berbagai lingkungan. Aluminium memiliki densitas 2.7 g/cm^3 [8]. Material ini juga mudah dibentuk dan tingkat konduktivitasnya tinggi, baik konduktivitas panas maupun listrik. Tingkat cair paduan aluminium silikon (Al – Si) sangat baik, permukaannya yang baik, dan bagus untuk paduan coran. Silikon juga memiliki ketahanan korosi yang baik, ringan, dan koefisien muainya kecil, serta sebagai penghantar listrik yang baik. Oleh karena itu, aluminium paduan sangat banyak digunakan [7].

Penambahan unsur-unsur lain pada aluminium dapat diterapkan untuk mendapat sifat material yang lebih baik. Contoh unsur yang dapat ditambahkan yaitu Silikon (Si), Magnesium (Mg), Tembaga (Cu), dan lain-lain. Semua jenis paduan aluminium memiliki dua atau lebih unsur kimia yang mempengaruhi sifat mekaniknya [3].

Tembaga adalah salah satu unsur yang biasa ditambahkan pada paduan aluminium. Unsur ini ditambahkan pada paduan aluminium untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan, ketahanan lelah dan mulur, serta mampu mesinnya. Selain itu, paduan Al-Cu memiliki tingkat korosi yang paling rendah diantara paduan aluminium utama lainnya. Paduan Al-Cu memiliki matriks larutan padat yang secara mekanis lebih tangguh daripada matriks aluminium murni. Hal ini dikarenakan unsur tembaga merupakan salah satu unsur yang memiliki kelarutan relatif tinggi dalam paduan aluminium [1].

Selama sepuluh tahun terakhir, penggunaan aluminium telah meningkat sekitar 3%, sehingga memerlukan peningkatan simultan 4% dalam pemulihan aluminium [9]. Hal ini dikarenakan pengolahan bijih aluminium (bauksit) menjadi aluminium membutuhkan banyak energi. Selain itu, sumber bauksit juga semakin berkurang. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan daur ulang, termasuk peleburan

kembali sisa aluminium (remelting). Hasil peleburan dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk komponen otomotif atau produk lainnya [6].

Salah satu komponen yang terbuat dari material paduan aluminium adalah rangka sepeda. Rangka ini berfungsi sebagai dudukan dari semua komponen sepeda dan penopang untuk pengendara [4]. Material rangka sepeda modern biasanya terbuat dari besi atau campuran aluminium, karbon dan titanium. Material ini akan membuat rangka sepeda menjadi lebih ringan.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penulis ingin melakukan penelitian untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan struktur mikro paduan aluminium pada ingot velg bekas melalui penambahan tembaga 3% Cu, 5% Cu, dan 7% Cu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai material alternatif pembuatan rangka sepeda.

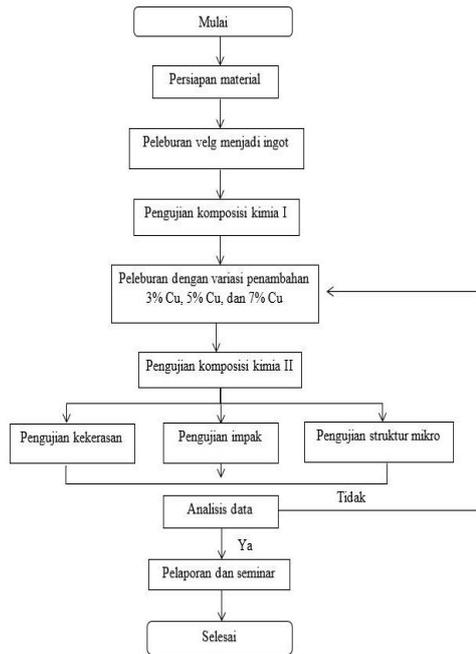
METODE

Penelitian diawali dengan persiapan metode penelitian yang akan digunakan kemudian tahap selanjutnya melakukan studi literatur terkait berdasarkan referensi buku, jurnal ilmiah atau penelitian terdahulu.

Tahap selanjutnya adalah menentukan proses penelitian yang akan dilakukan. Bahan baku yang digunakan adalah velg mobil bekas. Proses peleburan bahan baku menjadi ingot dilakukan pada suhu peleburan 750°C kemudian dituangkan pada cetakan pasir yang sudah disiapkan. Ingot hasil peleburan kemudian dilakukan pengujian komposisi kimia untuk mengetahui unsur apa saja yang terdapat pada ingot velg bekas.

Ingot velg bekas kemudian dileburkan kembali untuk ditambahkan unsur Cu sebanyak 3% Cu, 5% Cu, dan 7% Cu. Hasil coran kemudian dicetak menggunakan cetakan pasir. Setelah hasil coran membeku dan dingin, kemudian dilakukan pengujian komposisi kimia untuk mengetahui unsur penyusun hasil coran.

Hasil coran kemudian dipreparasi untuk proses pengujian kekerasan brinell, pengujian impak charpy, dan pengujian struktur mikro kemudian dilakukan analisis data hasil penelitian. Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian peleburan velg mobil bekas yang ditambahkan dengan unsur tembaga dengan variasi 3%, 5%, dan 7% meliputi pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan brinell, pengujian impak charpy, dan pengujian struktur mikro.

Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia ingot velg bekas dengan dimensi spesimen 60 mm × 50 mm × 16 mm. Hasil uji komposisi kimia ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil uji komposisi kimia

Bahan	Unsur (%)									
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti
Raw material	95,14	4,005	0,257	0,0060	0,0027	0,125	0,0024	<0,00050	0,0096	0,178
Al-Si-3 Cu	94,67	4,137	0,182	0,550	0,0060	0,135	<0,0020	0,0091	0,023	0,104
Al-Si-5 Cu	93,42	4,331	0,230	1,565	0,0044	0,159	0,0021	0,0058	0,013	0,095
Al-Si-7 Cu	93,16	4,113	0,169	2,125	0,0047	0,135	<0,0020	0,0056	0,0049	0,094

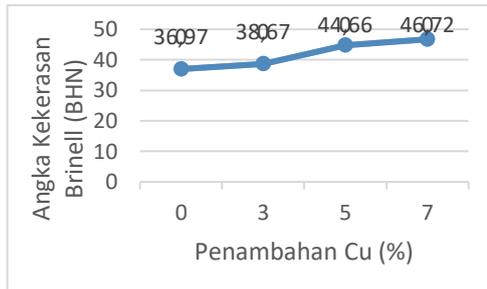
Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat beberapa perbedaan hasil pengujian komposisi kimia pada spesimen sebelum proses peleburan dan setelah proses peleburan. Unsur Al mengalami pengurangan, hal ini terjadi karena unsur Al mengalami oksidasi selama proses peleburan sehingga membuat jumlah komposisi Al mengalami penurunan dari persentase jumlah komposisi ingot velg. Jumlah

unsur aluminium yang berkurang juga disebabkan oleh unsur lain yang tercampur kedalam paduan Al-Si sehingga unsur utama Al mengalami pengurangan.

Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan brinell dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan spesimen uji dengan alat uji kekerasan Brinell O.M.A.G. Affri Italy MOD 100 MR dengan indenter bola

baja berdiameter 5 mm, beban 125 kg, dan loading time 30 detik. Hasil pengujian kekerasan brinell dapat dilihat pada gambar 2.



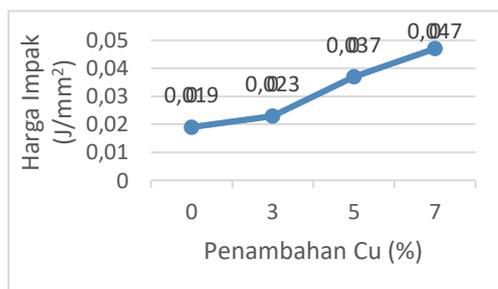
Gambar 2 Hubungan nilai kekerasan Brinell terhadap variasi tembaga

Nilai kekerasan meningkat seiring dengan penambahan tembaga yang dilakukan. Nilai kekerasan tertinggi didapat pada penambahan 7% Cu dengan nilai 46,72 BHN.

Nilai kekerasan dapat meningkat karena saat penambahan Cu, Si cenderung membentuk kelompok menjadi sebuah dendrite dan sebagian tersebar didalam matriks. Masuknya silikon kedalam matriks menyebabkan matriksnya menjadi lebih keras, hal ini juga disebabkan karena silikon merupakan unsur yang lebih keras dibanding aluminium. Unsur Cu yang ditambahkan akan membentuk fasa Al_2Cu . Fasa ini akan memasuki tempat diantara atom-atom aluminium sehingga susunan atom akan menjadi lebih rapat dan membuat ikatan yang lebih kuat [2].

Pengujian Impak Charpy

Uji impak digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Pengujian dilakukan dengan sudut α sebesar 30° dan berat pendulum 23,87 kg. Hasil pengujian impak dapat dilihat pada gambar 3.



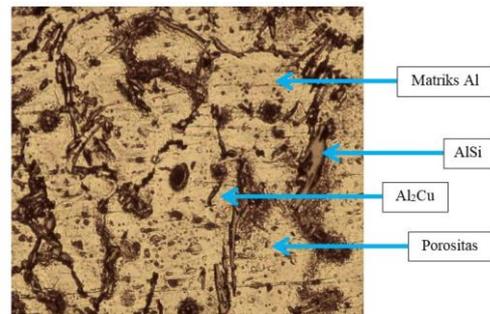
Gambar 3 Hubungan harga impak dengan variasi penambahan tembaga

Grafik menunjukkan hubungan antara harga impak dengan penambahan unsur tembaga. Harga impak meningkat seiring dengan bertambahnya unsur tembaga yang ditambahkan meskipun dengan selisih yang tidak banyak. Peningkatan harga impak yang paling signifikan terjadi pada penambahan 5% Cu dibanding dengan jumlah variasi penambahan sebelumnya.

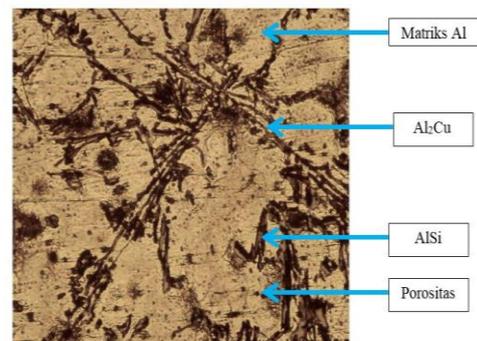
Peningkatan harga impak dapat terjadi karena pada proses pendinginan, endapan tembaga dan silikon yang terbentuk memperkuat matriks aluminium dengan menekan kisi atom dan membuat gerakan dislokasi sulit sehingga meningkatkan kekuatan impak [5].

Pengujian Struktur Mikro

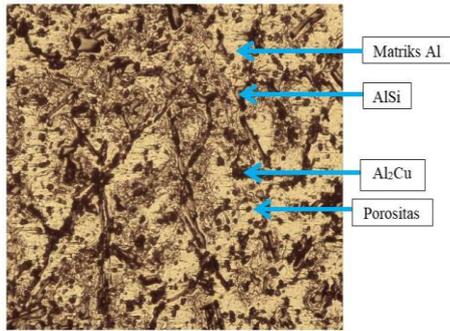
Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui dan membandingkan hasil pada permukaan benda uji setelah proses pengecoran dengan perubahan penambahan tembaga. Diuji menggunakan *Olympus Metallurgical Microscope* dengan perbesaran 100x. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar. 4 hingga gambar 7.



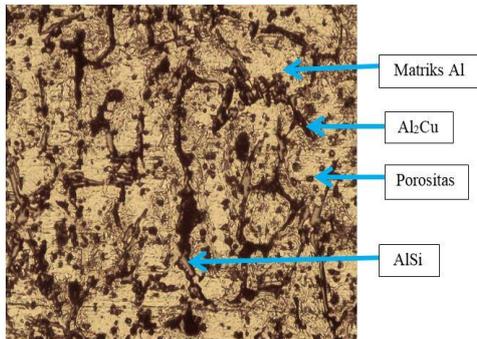
Gambar 4 Struktur mikro variasi 0% Cu perbesaran 100 kali



Gambar 5 Struktur mikro variasi 3% Cu perbesaran 100 kali



Gambar 6 Struktur mikro variasi 5% Cu perbesaran 100 kali



Gambar 7 Struktur mikro variasi 7% Cu perbesaran 100 kali

Hasil foto struktur mikro dari pengecoran menghasilkan matriks berwarna terang (Al) dan kelabu terang (AlSi), dan kelabu kehitam-hitaman (Al₂Cu). Semakin banyak variasi Cu yang ditambahkan struktur mikro semakin halus. Matriks kelabu terang yang mendominasi pada struktur mikro variasi 0% Cu semakin terlihat samar pada variasi penambahan Cu berikutnya. Porositas terlihat paling banyak terjadi pada struktur mikro dengan penambahan 7% Cu.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai peningkatan kekuatan mekanik paduan aluminium pada ingot velg bekas dengan penambahan tembaga dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengecoran velg bekas yang akan dijadikan bahan baku pengecoran lebih lanjut diketahui memiliki kandungan utama aluminium sebesar 95,14% dan unsur dengan komposisi terbesar kedua adalah silikon dengan presentase 4,005%.
2. Nilai kekerasan brinell meningkat seiring dengan peningkatan persentase tembaga

yang ditambahkan. Hasil coran velg bekas dengan penambahan 7% Cu memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu 46,72 BHN.

3. Harga impak meningkat seiring dengan peningkatan persentase tembaga yang ditambahkan. Hasil coran velg bekas dengan penambahan 7% Cu menghasilkan harga impak tertinggi yaitu 0,047 J/mm².
4. Hasil pengujian struktur mikro pada paduan aluminium silikon dengan penambahan 0% Cu, aluminium silikon terlihat lebih dominan. Fase kelabu kehitaman semakin terlihat jelas pada penambahan tembaga 3% Cu, 5% Cu, dan 7% Cu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.E. Al- Rawajfeh and S.M.A. Al- Qawabah Investigation of copper Addition on the Mechanical properties and corrosion Resistance of Commercially pure Aluminum, TaRila Technical university, PO Box 179, 66110 TaRila, Jordan Email: aiman@yahoo.com.
- [2] Alfiana, Fitri, Sigit Mujiarto, and Sri Widodo. "Pengaruh variasi penambahan tembaga terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada remelting piston." Jurnal Teknik Mesin MERC (Mechanical Engineering Research Collection) 2.2 (2019).
- [3] ASM Handbook, 2004, Metallographic and Microstructures. ASM International Handbook Committee, Volume : 9
- [4] LIN, Chien-Cheng; HUANG, Song-Jeng; LIU, Chi-Chia. Structural analysis and optimization of bicycle frame designs. Advances in Mechanical Engineering, 2017, 9.12: 1687814017739513.
- [5] Mizhar, S., & Fauzi, R. (2016). Pengaruh penambahan magnesium terhadap kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro pada aluminium paduan (Al-Si) dengan metode lost foam casting. MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 2(2).
- [6] Raharjo, W.P., 2008. Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Coran Paduan Al-Mg-Si. Mekanika, 7(1).

[7] Septiadi, A., Triyono, T. and Triyono, J., 2018. Analisa pengaruh variasi media quenching dan penambahan silikon pada paduan al-si remelting velg sepeda motor terhadap sifat fisik dan mekanis. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 11(2), pp.66-71.

[8]Sultan, A.Z. and Hamzah, N., 2019, December. Pengaruh Solution Treatment dan Artifial Aging Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Paduan Aluminium A383. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (pp. 68-77).

[9]Vigeland, P., 2001. Aluminium recycling: the commercial benefits, the technical issues and the sustainability imperative. *Hydro Aluminium Recycling*