

INVESTIGASI PERBEDAAN SUHU TUANG TERHADAP SIFAT MEKANIK DENGAN PENGUKURAN KEKERASAN DAN IMPACT PADA PADUAN AL 2024

R. Syaputra¹, D.P Ali¹, R. Eko¹, H. Akhyar^{1,2}, P.T. Iswanto¹

¹Department of Mechanical and Industrial Engineering, Gadjah Mada University (UGM)
Jln. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281, Indonesia

²Department of Mechanical Engineering, Syiah Kuala University, Indonesia

Email: retno.syaputra@mail.ugm.ac.id

ABSTRACT

Aluminum alloys have high strength to weight ratio, tough enough, resist to fatigue crack propagation, easy to cast, corrosion resistant and recycle. High strength to weight ratio means an efficient, strong and capable of long-lived, economical and environmentally friendly. In the application as a frame structure, mechanical properties are something that must be considered. Therefore, the researchers tried to find the effect of pouring temperature differences in Aluminum 2024 through hardness test and impact test. For the investigation at three different temperatures of 688°C, 738°C, 788°C, the gravity casting method is used to produce a plate-shaped object. The test results showed an increase in hardness, with the highest value of 103.71 BHN at a temperature of 738°C and impact test results with the highest value of 4.9 Joule at temperatures of 738°C.

Keywords: aluminum alloy 2024, foundry, cast temperature

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material telah mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Kebutuhan aluminium terus meningkat seiring berkembangnya teknologi. Penggunaan unsur logam sebagai material dalam kebutuhan produksi saat ini sangat dibutuhkan. Aluminium adalah salah satu jenis logam yang memiliki ketahanan korosi baik, kekuatan mekanik yang baik dan memiliki berat yang lebih ringan dibanding logam *ferrous*. Aluminium pertama kali ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted pada tahun 1825 [1]. Aluminium merupakan material ringan dengan berat jenis rendah yaitu sekitar 2,7 gr/cm³ dan Beberapa paduannya memiliki kekuatan lebih tinggi dibanding baja ringan [2].

Dalam keadaan murni aluminium sangat lunak, ductile dan tidak begitu kuat. Aluminium murni memiliki kekuatan tegangan 49 MPa dan 700 Mpa. Aluminium memiliki warna perak mengkilap, warnanya berubah menjadi kelabu muda akibat pembentukan oksida apabila diletakkan di udara. Oksida ini sangat ulet dan tahan api. Dalam keadaan murni, temperatur leleh aluminium 660°C, untuk temperatur lebur paduannya antara 520°C sampai 660°C. Juga tidak baik untuk penguangan dan sukar di-machining. Karenanya aluminium murni jarang sekali dipakai. Untuk memperbaiki keadaan ini ke dalam aluminium sering ditambahkan tembaga, mangan,

magnesium silisium atau seng yaitu untuk mendapatkan kenaikan kekuatan dan kekerasan serta beberapa kebaikan lainnya [3].

Penguatan aluminium akan optimal apabila dipadukan dengan unsur lain dan diberi perlakuan panas, yang akan menyebabkan terbentuknya presipitat yang kecil (submikro) namun kuat, yang akan menghalangi terjadinya dislokasi.

Paduan aluminium 2024 adalah suatu paduan aluminium dengan tembaga dan magnesium sebagai paduan utamanya, dengan kadar tiap unsur Al 90.7–94.7%, Cu 3.8–4.9%, dan Mg 1.2–1.8%. Paduan ini banyak digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang memerlukan ketahanan leleh yang tinggi serta perbandingan kekuatan dan berat yang baik. Paduan ini memiliki *machinability* yang cukup baik, umumnya paduan ini dibentuk setelah di anil dan biasanya dilanjutkan dengan pemberian perlakuan panas. Pada paduan ini, partikel presipitat penguat yang terbentuk jika mengalami proses penuaan adalah Al₂CuMg [4].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui suhu penuangan terbaik untuk pengecoran logam aluminium 2024. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan bagi pihak yang ingin mendalami tentang pengecoran pada aluminium sehingga dapat diaplikasikan di dunia industri. Selain itu juga penelitian ini dapat memberi kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan sebagai bahan referensi bagi peneliti lain yang akan melakukan penelitian dengan bahan Al 2024.

METODELOGI PENELITIAN

Bahan dan Peralatan yang digunakan dalam pengamatan antara lain :

- Aluminium paduan AL-2024,
- Furnance untuk melebur paduan aluminium,
- Cetakan specimen benda uji (*steel mould*),
- Amplas ukuran 120 – 2000 *mesh* untuk menghaluskan permukaan spesimen,
- Autosol metal polish untung finishing permukaan spesimen,
- Mikroskop optic,
- Komputer,
- Kamera,
- Alat tulis,
- Furnance,
- Gergaji besi,
- Etsa (H_2SO_4 & Aquades),
- Resin dan katalis,
- Alat uji tarik,
- Alat uji kekerasan,
- Alat uji *impact*.

Proses Penelitian

Peleburan dan Pengecoran

Pengecoran logam aluminium 2024 dilakukan di laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten. Logam aluminium 2024 ditimbang dan dilakukan peleburan logam di dalam *furnace* dalam suhu yang diinginkan yaitu 688, 738, 788 °C. Kemudian dituang ke dalam cetakan logam Temperatur tuang konstan serta temperatur cetakan 220 °C untuk seluruh kondisi pengecoran. Temperatur diukur dengan thermometer yang berada pada furnace.

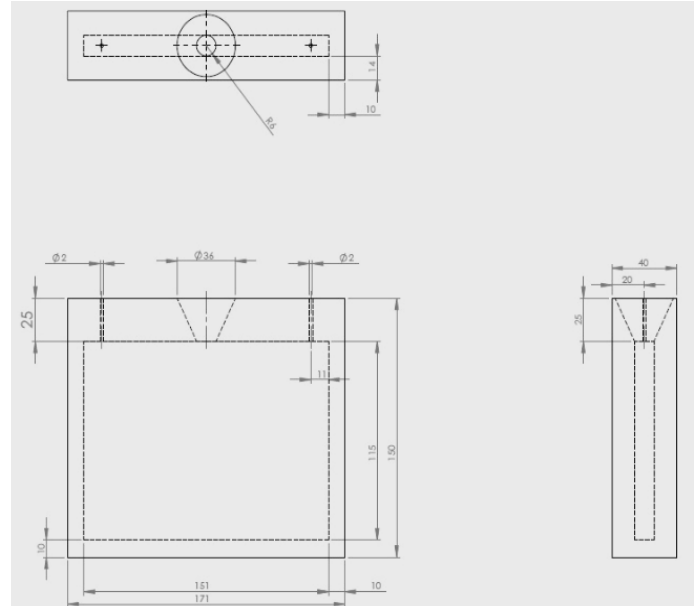
Cetakan Permanen *Steel Mould*

Cetakan logam untuk mencetak (membuat) specimen logam Al-2024. Bahan cetakan yang akan digunakan adalah baja karbon EMS/17330 dengan pertimbangan bahan ini mampu untuk menahan aluminium cair (karena titik leburnya diatas Al). Cetakan logam untuk mencetak spesimen untuk kebutuhan pengujian kekuatan produk cor paduan. Pengujian tersebut diantaranya adalah uji *impact*, uji kekerasan, Uji tarik, dan struktur mikro (cetakan yang digunakan adalah seperti terlihat pada Gambar 1).

Komposisi Kimia dan Metalografi

Analisis komposisi kimia untuk komposisi specimen cor aluminium Al-2024 akan diperoleh menggunakan *Spectroscopy*. Analisis mikroskop optik dan ukuran butiran dilakukan setelah dietsa dengan H_2SO_4 10 ml, 4 ml Aquades dan *digerinding* serta dipolis. Permukaan yang terbentuk diamati dengan menggunakan mikroskop optik. dan komposisi kimia paduan

pada titik tertentu diamati menggunakan *energy dispersive spectroscopy* (EDS). Pengukuran butiran menggunakan *quantitative image analyzer* (*ImageJ software*) yang mengikuti standar ASTM E647.



Gambar 1. Cetakan trapesium untuk specimen pengujian

Pemotongan dan Persiapan Benda Uji

Spesimen untuk pengujian dibuat di Laboratorium Teknologi Mekanik dan Proyek Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Bentuk dan ukuran spesimen dibuat berdasarkan standar ASTM sesuai dengan jenis pengujiannya. Hasil cor aluminium yang berbentuk plat tebal dengan ukuran 151 mm x 115 mm x 12 mm dipotong-potong sesuai dengan kebutuhan untuk benda uji. Kemudian dilakukan proses permesinan sampai terbentuk spesimen sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Pengujian

Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur dari Aluminium 2024 dalam keadaan sudah diampas 2000x dan di etsa. Pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, UGM. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dan alat optilab seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pengamatan gambar dilakukan dengan perbesaran 50X, 100X dan 200X kemudian diambil gambarnya di daerah permukaan yang ingin diamati.

Sebelum spesimen diamati dengan mikroskop optik, pembuatan spesimen struktur mikro membutuhkan alat bantu resin yang

bertujuan untuk memudahkan spesimen untuk diamati. Spesimen untuk pengujian struktur mikro yang sudah diberi resin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Mikroskop optik

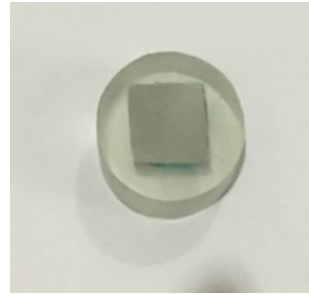
Proses pembuatan spesimen dengan resin dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Potong spesimen sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
2. Siapkan resin, katalis, cetakan resin, malam dan landasan kaca.
3. Letakkan spesimen yang telah dipotong sesuai dengan urutan yang telah ditentukan di dalam cetakan resin yang sudah diberi landasan kaca.
4. Tempelkan malam mengelilingi cetakan resin sampai menutupi celah cetakan, agar resin tidak bocor saat proses pencetakan.
5. Campurkan resin dan katalis, aduk campuran hingga rata.
6. Masukkan resin ke dalam cetakan hingga memenuhi cetakan resin.
7. Tunggu hingga kering.
8. Lepaskan spesimen bersama resin yang sudah mengering dari cetakan resin.
9. Rendam spesimen yang sudah mengering ke dalam air sampai spesimen menjadi keras.
10. Haluskan permukaan spesimen dengan amplas secara bertahap, mulai dari amplas kasar (120) hingga amplas yang paling halus (1500).
11. Gosok spesimen dengan menggunakan *autosol* di atas kain bludru, hingga didapat permukaan spesimen yang terang.

Setelah permukaan spesimen halus, tahapan selanjutnya adalah memberikan etsa kepada permukaan spesimen. Etsa adalah senyawa kimia tertentu yang dioleskan di permukaan spesimen. Tujuan menggunakan etsa adalah untuk mengkorosikan daerah batas butir dari permukaan

spesimen. Harapannya dengan etsa, struktur mikro dari permukaan spesimen dapat terlihat dengan jelas. Etsa yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari campuran HF dan Aquades. Jika spesimen sudah diberi etsa 40

Kemudian amati spesimen dengan mikroskop. Jika struktur mikro belum terlihat ulangi tahapan pencelupan spesimen ke etsa hingga struktur mikro terlihat dengan jelas.



Gambar 3. Spesimen uji struktur mikro

Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini bertujuan untuk melihat perbedaan nilai kekerasan dari aluminium 2024 yang dicor dengan variasi temperatur, yaitu 688 °C, 738 °C, 788 °C. Metode yang digunakan dalam pengujian kekerasan ini adalah dengan pengujian *Brinell*. Sebelum melakukan pengujian, spesimen dipotong kecil. Sehingga perlu digunakan alat bantu campuran resin untuk meletakkan spesimen tersebut yang bertujuan untuk memudahkan spesimen bisa berdiri sejajar dan mudah untuk diamati. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *Brinell* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, menggunakan Indentor bola baja. Dari pengujian kekerasan didapatkan jumlah garis pada diagonal bekas pijakan indentor. Dalam pengujian ini diambil 10 titik untuk masing-masing spesimen. Dari data jumlah titik pijakan, maka didapatkan nilai *Brinell Hardness Number (BHN)*. Rumus yang digunakan adalah $BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ dimana P adalah beban yang diberikan, D adalah diameter indentor (mm) dan d adalah diameter lekukan hasil.



Gambar 4. Alat uji kekerasan Brinell

Uji Impact

Pengujian *impact* bertujuan untuk mengukur harga ketangguhan material aluminium 2024. Pelaksanaan pengujian *impact* dapat diperoleh grafik ketangguhan *impact*, dari grafik ini dapat dilihat jenis-jenis perpatahan pada spesimen uji, adapun langkah-langkah untuk pengujian *impact* sebagai berikut :

1. Menyiapkan peralatan dan mengeset alat setelah itu spesimen dijepit pada ragum uji *impact*, sebelumnya telah diketahui penampangnya, panjang awal dan ketebalan yang akan digunakan untuk pengambilan data.
2. Mengkondisikan mesin penguji dalam kondisi standar yaitu dengan melakukan kalibrasi sesuai dengan ukuran standar.
3. Menyiapkan spesimen uji *impact*.
4. Setelah spesimen uji dijepit, kemudian tarik bandul pada mesin uji kemudian lepaskan. Dilepaskan dengan menarik pengunci lengan, maka bandul akan berayun mematahkan benda uji.
5. Perhatikan ukuran yang ada pada skala mesin uji kemudian dicatat.
6. Lakukan sampai semua spesimen telah dilakukan pengujian
7. Bersihkan kembali alat yang telah dipakai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Komposisi

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dari bahan tersebut. Pengujian komposisi kimia dilakukan di Batan Yogyakarta. Spesimen yang digunakan untuk uji komposisi kimia harus mempunyai ukuran minimal 20 mm X 20 mm. Alat yang digunakan dalam pengujian adalah *spectrometer*. Dalam pengujian komposisi kimia, diambil 3 tempat titik pengujian yang berbeda kemudian diambil rata-rata dari ketiga titik tersebut. Hasil dari pengujian komposisi kimia yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 1.

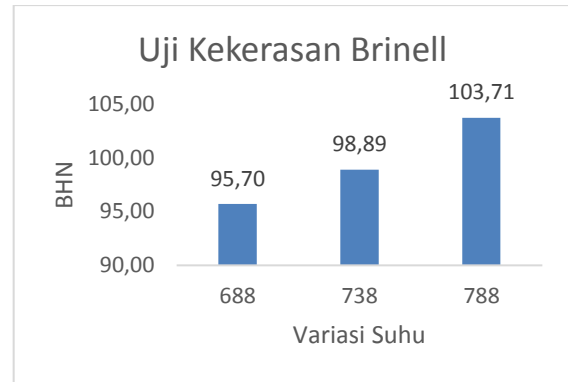
Hasil komposisi kimia menunjukkan bahwa bahan paduan tersebut mengandung unsur Cuprum (Cu) yang paling banyak. Dalam pengujian komposisi kimia masih ada unsur-unsur lain dalam paduan tersebut yang tidak dituliskan dalam Tabel 2. Presentase dari unsur-unsur yang tidak dituliskan tersebut sangat kecil dan bisa terbilang tidak ada sehingga komposisinya tidak dimasukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Hasil Pengujian

Al	%Si	%Fe	%Cu	%Mn	%Mg	%Cr	%Ni	%Zn	%Ti
90.75	0.1597	0.2531	5.9311	0.7332	1.9359	0.0118	0.0122	0.1835	0.0143

Hasil Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan *metode Brinell* untuk material aluminium 2024 dapat dilihat pada Gambar 5. Dari grafik yang ditampilkan, nilai kekerasan cenderung meningkat.

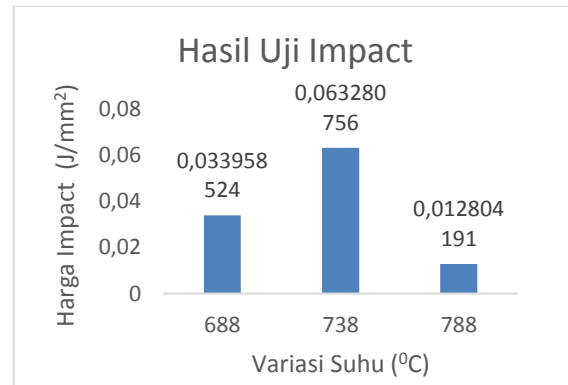


Gambar 5. Hasil Uji Kekerasan

Nilai kekerasan pada material yang dituang pada suhu 688 °C adalah sebesar 95.70 kgf/mm². Dari pembacaan grafik terlihat pada saat temperature 738°C nilainya adalah sebesar 98.89 kgf/mm², kemudian untuk temperature 788°C nilainya adalah 103.71 kgf/mm² atau hasil nilai kekerasan paling tinggi.

Hasil Uji Impact

Hasil pengujian *impact* ditunjukkan dalam Gambar 6. Metode yang digunakan adalah *charpy*.



Gambar 6. Hasil Uji Impact

Nilai *impact* tertinggi dengan nilai 5.062 Joule pada 738 °C. Sedangkan pada suhu 688 °C dengan nilai 2.717 Joule, dan nilai terendah pada suhu 788 °C dengan nilai 1.024 Joule.

KESIMPULAN

1. Suhu pengecoran berpengaruh terhadap nilai kekerasan, dalam penelitian ini didapat nilai kekerasan paling tinggi pada suhu 788⁰C.
2. Pada uji *impact*, nilai tertinggi terdapat di suhu 738⁰C.

SARAN

Pada penelitian ini kami menyadari bahwa masih banyak hal yang dilakukan berkaitan dengan pengujian ini. Oleh karena itu untuk menambah informasi tentang pengujian kami menyarankan:

1. Untuk lebih teliti lagi dalam pengambilan data.

2. Perlu dilakukan T6 pada uji kekerasan untuk mendapatkan pembandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surdia, T., dan Saito, S., 2005, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan 6, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] Mandal, 2005, *Aluminium Welding*, Narosa Publishing, India.
- [3] Sanders R.E. 2001. Technology Innovation in aluminium Products. *The Journal of the Minerals*, 53(2): 21-25, 2001.
- [4] Smith, William F., 1981, *Structure and Properties of Engineering Alloys*, McGraw-Hill Inc., New York.