



EDUTECH

Jurnal Teknologi Pendidikan

Journal homepage <https://ejournal.upi.edu/index.php/edutech>



Pengaruh Komposisi Bahan Paduan Aluminium, Tembaga, Dan Seng Terhadap Kekerasan Logam Timah

Muhammad Andrew Juliendi dan Anugrah Agung Ramadhan
Universitas Sriwijaya, Indonesia

Email; m.andrewjuliendii@gmail.com, anugrahagungr@fkip.unsri.ac.id

ABSTRACT

Alloyed metals play a crucial role in industry due to their superior mechanical properties compared to pure metals. One commonly used industrial metal is tin (Sn), which, despite its corrosion resistance and low melting point, exhibits relatively low hardness. To enhance its mechanical properties—particularly hardness—alloying with other metals such as aluminum (Al), copper (Cu), and zinc (Zn) is performed. These alloying elements are chosen for their ability to improve strength, durability, and performance in various applications, especially in metal casting processes. Metal casting is a key manufacturing technique in which molten metal is poured into a mold to produce a desired shape. In this study, a Brinell hardness test was conducted to evaluate the effect of these alloying elements on improving the hardness of tin. The results of this research are expected to contribute to the development of stronger, more durable, and efficient alloy materials for modern industrial needs.

ABSTRAK

Logam paduan memiliki peranan penting dalam industri karena menawarkan sifat mekanik yang lebih unggul dibanding logam murni. Salah satu logam yang banyak digunakan dalam industri adalah timah (Sn), yang meskipun memiliki ketahanan korosi dan titik leleh rendah, namun kekerasannya tergolong rendah. Untuk meningkatkan sifat mekaniknya, terutama kekerasan, dilakukan proses pepaduan dengan logam lain seperti aluminium (Al), tembaga (Cu), dan seng (Zn). Paduan ini bertujuan untuk memperbaiki kekuatan, daya tahan, dan performa logam dalam berbagai aplikasi, khususnya dalam

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 2 Mei 2025
First Revised 12 Mei 2025
Accepted 25 Mei 2025
First Available online 01 Juni 2025
Publication Date 01 Juni 2025

Keyword:

Logam Paduan, Timah (Sn),
Aluminium (Al), Tembaga (Cu),
Seng (Zn), Pengecoran Logam, Uji
Kekerasan Brinell.

proses pengecoran logam. Pengecoran logam merupakan teknik manufaktur penting dalam pembentukan produk berbahan logam, di mana logam cair dituangkan ke dalam cetakan untuk memperoleh bentuk yang diinginkan. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian kekerasan menggunakan metode Brinell guna mengevaluasi pengaruh paduan terhadap peningkatan kekerasan timah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material paduan yang lebih kuat, tahan lama, dan efisien untuk kebutuhan industri modern.

© 2025 Teknologi Pendidikan UPI

1. PENDAHULUAN

Timah adalah logam ringan dengan ketahanan korosi dan konduktivitas yang sangat baik. Timah unsur kimia dengan symbol Sn (Stannum), Timah diperoleh dari ekstraksi mineral Kasiterit (SnO_2) (Malik et al., 2021). Timah adalah suatu unsur kimia dengan simbol Sn pada tabel periodik dan nomor atom 50. Timah merupakan logam berwarna putih keperakan, mudah dibentuk, dan relatif lunak. Bijih timah biasanya ditemukan di alam dalam bentuk mineral seperti kasiterit (timah dioksida), yang merupakan sumber utama timah yang ditambang secara komersial. Untuk logam, ia memiliki titik leleh yang relatif rendah dan massa jenis sekitar $7,3 \text{ g/cm}^3$. Timah bersifat lunak, sehingga dapat digulung menjadi lembaran tipis dan ditarik menjadi kawat. (Gultom et al., 2022). Timah sering ditemukan dalam logam paduan dan digunakan untuk melapisi logam lain untuk mencegah karat. Secara garis besar, pengolahan bijih timah menjadi logam timah terdiri dari operasi konsentrasi/mineral dressing, dan ekstraksi yaitu peleburan atau smelting dan pemurnian atau refining. (Primayoga et al., 2016). Dari sisi mekanik, timah murni tergolong lunak dan lemah, dengan kekerasan rendah (sekitar 5 HB) dan kekuatan tarik hanya 14–20 MPa. Namun, sifat ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan logam paduan seperti tembaga, aluminium, atau seng. Paduan ini meningkatkan kekerasan, kekuatan tarik, ketahanan terhadap deformasi, ketangguhan, dan ketahanan aus, sehingga logam menjadi lebih sesuai untuk aplikasi struktural dan mekanik. (Lestari et al., 2022)

Penelitian ini mencakup tiga bahan paduan utama yaitu aluminium (Al), tembaga (Cu), dan seng (Zn). Aluminium digunakan secara luas di industri penerbangan karena sifatnya yang ringan dan mudah dibentuk. Namun, untuk mencapai kekuatan mekanis yang optimal, aluminium perlu dipadukan dengan unsur lain. (Elbar & Tampubolon, 2020)

Tembaga dikenal dengan konduktivitas listrik dan panas yang tinggi, serta ketahanannya terhadap korosi. Logam ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena sifat mekaniknya yang baik. (Syukur Alfauzi et al., 2019)

Seng adalah logam keras yang tahan korosi dan banyak digunakan dalam pelapisan logam lain, baterai, paduan logam, serta sektor pertanian dan kesehatan karena sifat pelindung dan konduktifnya. (Achmad Dodo, 2020)

Aluminium, tembaga, dan seng merupakan elemen penting dalam paduan logam yang berperan dalam meningkatkan sifat mekanis, fisik, dan kimiawi material. Aluminium (Al) berkontribusi dalam menurunkan densitas paduan, menjadikannya lebih ringan dan cocok digunakan di industri otomotif serta dirgantara. Selain itu, aluminium meningkatkan ketahanan terhadap korosi dengan membentuk lapisan oksida pelindung, memiliki konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, serta memberikan sedikit peningkatan pada kekuatan mekanik. Namun, kekakuannya rendah sehingga kurang cocok untuk aplikasi yang memerlukan struktur kaku tanpa modifikasi. (Fisika et al., 2021)

Sementara itu, tembaga (Cu) sangat efektif dalam meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, dan ketahanan aus suatu paduan. Tembaga juga unggul dalam konduktivitas listrik dan termal, sehingga sering digunakan dalam aplikasi listrik seperti kabel dan busbar. Selain meningkatkan keuletan, tembaga juga membantu dalam proses pengerasan presipitasi, terutama dalam paduan seperti aluminium-tembaga. Di sisi lain, pada beberapa paduan, tembaga juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi. (Syukur Alfauzi et al., 2019b)

Adapun seng (Zn) memberikan keseimbangan antara kekuatan, kekerasan, dan ketangguhan paduan. Seng efektif meningkatkan kekuatan, terutama pada paduan aluminium-seng dan kuningan, serta menawarkan perlindungan terhadap korosi melalui pelapisan galvanis. Karena memiliki titik leleh yang rendah, paduan seng mudah dicetak dan difabrikasi. Selain itu, seng juga memberikan stabilitas dimensi yang baik pada suhu tinggi, sehingga sering digunakan pada komponen yang membutuhkan presisi tinggi. (Achmad Dodo, 2020)

Menentukan kekerasan logam penting dalam proses pencairan logam untuk memahami sejauh mana logam mampu menahan deformasi permanen akibat gaya eksternal, seperti goresan atau tekanan. Kekerasan menjadi indikator utama dalam menilai kualitas logam dan paduannya karena berhubungan erat dengan sifat mekanis lain, seperti kekuatan tarik, ketahanan aus, dan ketangguhan. (Helanianto et al., 2020)

Pada penelitian ini yaitu menggunakan Uji kekerasan Brinell (HB) yang adalah metode pengujian kekerasan logam dengan menekan bola indentor dari baja atau karbida ke permukaan material menggunakan beban tertentu dalam satuan kilogram gaya (Kgf). Metode ini cocok untuk mengukur kekerasan berbagai jenis material, dari yang lunak hingga keras, termasuk logam seperti timah. Prinsip dasarnya adalah mengamati jejak yang ditinggalkan oleh indentor setelah ditekan ke permukaan logam. (Nasoha et al., n.d.)

Dari pendahuluan diatas maka rumusan masalah yang akan disajikan yaitu 1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi paduan aluminium, tembaga, dan seng terhadap kekerasan logam timah? 2. Pada komposisi paduan manakah kekerasan logam timah mencapai nilai yang paling optimal?. Dan sedangkan untuk tujuan penelitian yaitu 1. Menganalisis pengaruh variasi komposisi paduan aluminium, tembaga, dan seng terhadap kekerasan logam timah. 2. Menentukan komposisi paduan yang menghasilkan kekerasan logam timah yang optimal.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh variasi komposisi bahan paduan Aluminium (Al), Tembaga (Cu), dan Seng (Zn) terhadap kekerasan logam timah (Sn). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana masing-masing unsur paduan tersebut memengaruhi sifat mekanik, khususnya kekerasan, dari logam timah ketika dikombinasikan dalam proporsi tertentu. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui metode eksperimen laboratorium, yang juga didukung oleh kajian pustaka dari berbagai sumber ilmiah seperti buku, jurnal, skripsi sebelumnya, dan informasi daring.

Rancangan penelitian dilakukan dengan membuat sampel logam timah murni yang dipadukan dengan bahan tambahan Al, Cu, dan Zn dalam komposisi total sebesar 30% dari berat logam timah. Setiap bahan paduan memiliki kadar kemurnian 99,9%, dan logam timah murni yang digunakan memiliki berat tetap sebesar 50 gram, sedangkan total bahan paduan ditetapkan sebesar 15 gram. Proses peleburan dilakukan menggunakan tungku peleburan (Furnace Nabertherm GmbH) dengan rentang suhu antara 30 hingga 3000°C. Setelah semua logam mencair dan tercampur secara merata, cairan logam dituangkan ke dalam cetakan permanen yang telah disiapkan dengan ukuran spesifik, yaitu panjang 30 mm, lebar 30 mm, dan tinggi 10 mm. Setelah pencetakan, logam didinginkan selama 15 menit pada suhu ruangan hingga mencapai kondisi padat dan stabil.

Selanjutnya, dilakukan proses pengujian kekerasan pada spesimen menggunakan alat uji Brinell (Torse Brinell Hardness Tester Type BH-3CF), yang mengacu pada standar

JIS B 7724 dan JIS 2243. Pengujian ini dilakukan dengan menekan bola baja berdiameter 10 mm ke permukaan sampel menggunakan beban 500 Kgf. Dengan waktu penekanan 15-20 detik dan 3 kali uji pada setiap spesimen pada penelitian ini. Diameter jejak indentasi yang dihasilkan kemudian diukur menggunakan Mikroskop Stereo Olympus SZ61 adalah mikroskop optik stereo yang digunakan untuk mengamati spesimen dengan perbesaran rendah hingga sedang dan spesifikasi utama meliputi sistem Greenough, perbesaran zoom 6.7:1, lensa objektif 0.67x hingga 4.5x, dan lensa okuler 10x. Dan nilai kekerasan Brinell (BHN) dihitung berdasarkan rumus yang telah ada dan sesuai. Proses ini dilakukan secara sistematis pada setiap spesimen agar diperoleh data yang akurat mengenai tingkat kekerasan masing-masing sampel.

Variabel dalam penelitian ini terdiri atas tiga jenis, yaitu variabel bebas berupa komposisi bahan paduan Aluminium, Tembaga, dan Seng; variabel terikat berupa kekerasan logam timah yang diukur melalui uji Brinell; serta variabel kontrol seperti suhu peleburan, waktu pendinginan, dan massa total paduan yang dijaga tetap untuk setiap sampel. Setelah seluruh data diperoleh, dilakukan analisis olah data dan pengambilan nilai rata-ratanya untuk mengetahui apakah variasi komposisi bahan paduan tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan logam timah.

Melalui metode ini, penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran masing-masing unsur paduan dalam memodifikasi sifat mekanik logam timah, khususnya dalam hal kekerasan. Hasil dari penelitian ini juga berpotensi menjadi referensi untuk pengembangan material baru berbasis timah dengan sifat mekanik yang lebih unggul melalui teknik pengecoran dan pengujian laboratorium.

Setelah melakukan berbagai proses penelitian yang telah dilakukan selanjutnya yaitu melakukan perhitungan kekerasan yang didapat dari uji kekerasan Brinell dengan rumus :

$$\text{BHN} = \frac{F}{\pi \frac{D}{2} (10 - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Di mana:

BHN = Brinell Hardness Number (angka kekerasan Brinell)

F = Gaya tekan (kgf).

D = Diameter bola indentor (mm).

d = Diameter jejak indentasi (mm).

π = 3.1416 (konstanta pi)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan paduan aluminium (Al), tembaga (Cu), dan seng (Zn) terhadap kekerasan logam timah (Sn). Proses peleburan dilakukan dengan mencampurkan logam timah dengan komposisi Paduan 30% dari berat timah yang ada pada table berikut :

Tabel 1. komposisi Paduan 30% dari berat timah

Sampel	Komposisi Sn (g)	Al (g)	Cu (g)	Zn (g)
A	65g			
B	50g	15g		

Sampel	Komposisi Sn (g)	Al (g)	Cu (g)	Zn (g)
C	50g		15g	
D	50g			15g

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode *Brinell* dengan beban 500 kgf dan bola baja berdiameter 10 mm. Hasil pengujian kekerasan rata-rata dari masing-masing sampel ditampilkan pada table hasil uji kekerasan *Brinell* (BHN) berikut :

Tabel 2. Hasil uji kekerasan *Brinell*

Sampel	Kekerasan Rata-rata (BHN)
Sn	12,814 BHN
Sn + Al	23,258 BHN
Sn + Cu	35,940 BHN
Sn + Zn	14,762 BHN

Penambahan aluminium (Al) pada logam timah secara signifikan meningkatkan kekerasan logam sebanyak 82% dari timah tanpa bahan paduan apapun yang tingkat kekerasannya yaitu 12,814 BHN dan menjadi 23,258 BHN dengan paduan aluminium (Al) pada penelitian ini.

Tembaga merupakan elemen paduan yang sangat efektif dalam meningkatkan kekerasan logam timah. berkontribusi terhadap peningkatan kekerasan yang cukup signifikan meningkatkan kekerasan logam sebanyak 180% dari timah tanpa bahan paduan apapun yang tingkat kekerasannya yaitu 12,814 BHN dan menjadi 35,940 BHN dengan paduan tembaga (Cu).

Seng berperan sebagai paduan pelengkap yang meningkatkan sifat mekanik tanpa mengorbankan terlalu banyak keuletan. Walaupun pengaruhnya terhadap kekerasan tidak sebesar tembaga dan aluminium tetapi timah meningkatkan kekerasan logam sebanyak 15% dari timah tanpa bahan paduan apapun yang Tingkat kekerasannya yaitu 12,814 BHN dan menjadi 14,762 BHN dengan paduan seng (Zn).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi penambahan Al, Cu, dan Zn secara bersama-sama memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kekerasan logam timah. Timah dengan bahan baduan aluminium (Al) yang mengandung 30% dari berat timah yang menghasilkan kekerasan 23,258 BHN atau meningkat 82%, sedangkan sampel timah dengan bahan paduan tembaga (Cu) yang mengandung 30% dari berat timah menghasilkan kekerasan hingga 35,940 BHN atau meningkat 180%, dan timah dengan bahan paduan seng (Zn) yang mengandung 30% dari berat timah menghasilkan kekerasan hingga 14,762 BHN atau meningkat 15%.

Secara umum, tren peningkatan kekerasan ini sejalan dengan jumlah dan jenis unsur paduan yang ditambahkan. Semakin kompleks komposisi, semakin tinggi nilai kekerasan yang dicapai. Ini membuktikan bahwa bahan paduan memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik timah, khususnya dalam meningkatkan kekerasannya.

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan unsur paduan seperti aluminium (Al), tembaga (Cu), dan seng (Zn) pada logam timah (Sn) secara signifikan mempengaruhi peningkatan kekerasan material tersebut. Dari ketiga unsur tersebut, (1) Tembaga memberikan pengaruh paling besar terhadap peningkatan kekerasan, dengan nilai kekerasan mencapai 35,940 BHN atau meningkat sekitar 180% dibandingkan timah murni yang hanya memiliki kekerasan 12,814 BHN. Yang berarti Tembaga sangat berpengaruh dalam meningkatkan kekerasan logam Timah. (2) Aluminium menempati urutan kedua dengan peningkatan kekerasan sebesar 82%, mencapai nilai 23,258 BHN. Sementara itu, (3) Seng menunjukkan peningkatan kekerasan yang paling rendah, yakni sebesar 15% dengan nilai 14,762 BHN. Selain itu, diketahui bahwa semakin kompleks komposisi paduan yang digunakan, maka semakin tinggi pula nilai kekerasan yang dihasilkan, sehingga perancangan komposisi paduan yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanik logam timah secara signifikan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran dapat diajukan sebagai berikut. Pertama, untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk melakukan analisis mikrostruktur menggunakan mikroskop optik atau SEM guna mengidentifikasi fase-fase yang terbentuk akibat penambahan unsur paduan. Kedua, perlu dilakukan pengujian sifat mekanik lainnya, seperti uji tarik, uji impak, dan uji keausan, untuk mendapatkan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai karakteristik material hasil paduan. Selanjutnya, sebaiknya dilakukan variasi persentase bahan paduan yang lebih luas untuk menentukan batas optimal penambahan masing-masing unsur dalam meningkatkan kekerasan logam timah. Terakhir, dalam penerapan industri, penting untuk mempertimbangkan aspek biaya, ketersediaan bahan, dan proses manufaktur agar paduan yang dihasilkan tidak hanya kuat, tetapi juga ekonomis dan mudah diproses.

5. REFERENSI

- Achmad Dodo, S. (2020). Pengaruh variasi tekanan dan suhu pada pengadukan serbuk aluminium (Al), magnesium (Mg), dan seng (Zn) terhadap sifat mekanik logam dengan metode metalurgi serbuk. *Jurnal Dinamis*, 8(2).
- Elbar, W., & Tampubolon, K. (2020). \376\377\0009\000_\000I\000D\000\0004\0000\0007\0000\000 \000 \000J\000M\000E\000M\000M\000E\000\000V\0004\000N\0002\000 \000D\000e\000s\000 \0002\0000\0002\0000. *JMEMME*, 4(2). <https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i2.4070>
- Fisika, P., Sains dan Teknologi, F., Alauddin Makassar, U., Risqi Adikaning Rani, S., & Nurrahmi, S. (2021). JURNAL SAINS FISIKA METODE HEAT TREATMENT PADA PENGUJIAN KEKERASAN LOGAM ALUMINIUM DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN. In *Jurnal Sains Fisika* (Vol. 1). <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>
- Gultom, S., Ramadhan, A., & Mawardi, M. (2022). Analisis pengecoran timah murni terhadap laju korosi. *Jurnal VORTEKS*, 3(2), 247–250. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i2.216>
- Helianto, H., Epriyandi, E., & Rahmadi, H. (2020). Pengaruh variasi arus pengelasan smaw terhadap kekerasan logam induk dan logam las. *ELEMEN : JURNAL TEKNIK MESIN*, 7(2), 138–147. <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.148>

- Lestari, F. P., Kartika, I., Juwono, A. L., & Anawati, A. (2022). Kajian Komposit Berbasis Paduan Logam Magnesium Berpenguat Keramik untuk Aplikasi Ortopedi. *TEKNIK*, 43(3), 236–253. <https://doi.org/10.14710/teknik.v43i3.46575>
- Malik, I., Yunus, M., Arnoldi, D., Fernandes, E., Prodi,), Tmpp, D.-I., Mesin, T., & Sriwijaya, P. N. (2021). Pengenalan penggunaan simulasi pengecoran bagi usaha cor logam di Palembang. 4(4). <https://doi.org/10.36257/apts.vxix>
- Naafila, A., Purnowidodo, A., Setyarini, H., Jurusan, D., & Mesin, T. (2019). Pengaruh Waktu Solution Treatment Terhadap Kekuatan Tarik Aluminium Paduan AA 7075-T6.
- Nasoha, M., Alam, J. B., & Alam, S. (n.d.). Pengaruh Variasi Tekanan Torsi Terhadap Uji Kekerasan Brinell Dan Uji Mikrostruktur Pada Aluminium 6061 Menggunakan Metode Friction Welding.
- Primayoga, *, Sowiyk, H., & Bayuseno, A. P. (2016). Pengaruh penambahan unsur timah (sn) terhadap sifat fisis dan mekanis pada material bearing berbahan dasar aluminium (al) hasil pengecoran HPDC. In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 4, Issue 3).
- Syukur Alfauzi, A., Purnomo, A., Tjahjono, B., sa, N., Program Studi Teknik Mesin, adah, Teknik Mesin, J., Negeri Semarang JIProfHSudarto, P., & Tembalang, S. (2019a). Pembuatan Roda Gigi dari Bahan Serbuk Logam Tembaga dan Alumunium dengan Proses Kompaksi. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 14, Issue 3). <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- Syukur Alfauzi, A., Purnomo, A., Tjahjono, B., sa, N., Program Studi Teknik Mesin, adah, Teknik Mesin, J., Negeri Semarang JIProfHSudarto, P., & Tembalang, S. (2019b). Pembuatan Roda Gigi dari Bahan Serbuk Logam Tembaga dan Alumunium dengan Proses Kompaksi. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 14, Issue 3). <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- Wibawa Perdana, W. (2019). Analisis logam berat di kemasan kaleng. 9(2).