

# Analisis Pengaruh Temperatur dan Waktu Tuang terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Pengecoran Paduan Al – Si

Suheni<sup>1</sup>, Afira Ainur Rosidah<sup>2</sup>, Hasanuddin<sup>3</sup>, dan Danail Firmansyah<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

E-mail: [suheni@itats.ac.id](mailto:suheni@itats.ac.id)

## ABSTRACT

*Aluminum – silicon alloy is a material that widely used for machine parts application due to its good fluidity and low melting temperature, making it easy to produce through the casting process. In order to obtain castings with the required physical and mechanical properties, it can be determined by several factors, such as pouring temperature and time. This study aims to study the effect of pouring temperature and time variations of Al – Si alloy to the hardness and microstructure. The casting process in this study used aluminum alloy type ADC12 and the sand-casting method with the pouring temperature variations of 650°C, 700°C, and 750°C, as well as pouring time 5, 7, and 10 seconds. After the casting process was carried out, the hardness of the Al - Si alloy castings were tested using the Vickers method and the microstructure was observed using an optical microscope. From the hardness test, the highest hardness value was 80.306 kgf / mm<sup>2</sup> with a pouring temperature variation of 650°C and a pouring time of 5 seconds. Meanwhile, from the microstructure observations, it was found that the  $\alpha$ -Al and Si phases were present, where the higher the variation of the pouring time, the Si structure which was seen to be more evenly distributed in the cast of Al - Si alloy.*

**Keywords:** Al – Si casting, pouring temperature, pouring time, hardness, microstructure

## ABSTRAK

Paduan aluminium – silikon merupakan material yang banyak digunakan untuk aplikasi bagian-bagian mesin karena memiliki fluiditas yang cukup baik dan temperatur leleh rendah, sehingga mudah untuk diproduksi melalui proses pengecoran. Untuk mendapatkan hasil coran dengan sifat fisik dan mekanik yang dibutuhkan, dapat ditentukan oleh beberapa faktor, seperti temperatur dan waktu tuang. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi temperatur dan waktu tuang paduan Al-Si terhadap kekerasan dan struktur mikronya. Proses pengecoran pada penelitian ini menggunakan material paduan aluminium tipe ADC12 dengan metode *sand casting*, dengan variasi temperatur tuang 650°C, 700°C, dan 750°C, serta waktu tuang 5, 7, dan 10 detik. Setelah proses pengecoran dilakukan, hasil coran paduan Al – Si diuji kekerasannya dengan metode *Vickers* dan diamati struktur mikronya dengan mikroskop optik. Dari pengujian kekerasan, didapatkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 80,306 kgf/mm<sup>2</sup> dengan variasi temperatur tuang 650°C dan waktu tuang 5 detik. Sedangkan dari pengamatan struktur mikro didapatkan adanya fasa  $\alpha$ -Al dan Si, dimana semakin tinggi variasi waktu tuang maka struktur Si yang terlihat semakin terdistribusi merata dalam hasil cor paduan Al – Si.

**Kata kunci:** Pengecoran Al-Si, temperatur tuang, waktu tuang, kekerasan, struktur mikro

## PENDAHULUAN

Pengecoran merupakan proses penuangan bahan cair seperti logam atau plastik, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dibiarkan hingga membeku dalam cetakan, untuk selanjutnya dikeluarkan dari cetakan. Teknik pengecoran sangat luas penggunaannya, terutama pada bagian-bagian mesin, karena dapat digunakan untuk bagian mesin dengan bentuk yang kompleks. Dalam menghasilkan hasil cor yang baik, banyak faktor yang perlu diperhatikan, seperti temperatur tuang dan waktu tuang. Menurut Wijaya et al, temperatur tuang yang semakin meningkat dari 660 – 740°C mengakibatkan ketangguhan uji impact semakin meningkat yang artinya semakin tinggi temperatur tuang, maka hasil coran semakin ulet [1]. Sementara itu nilai kekerasan akan menurun sampai 34 HB dengan pengaruh naiknya temperatur tuang dan struktur mikro yang dihasilkan akan memiliki struktur *dendrit* sebagai ciri khas paduan Al – Si [2].

Paduan aluminium adalah jenis paduan yang luas aplikasinya, termasuk untuk bagian-bagian otomotif. Salah satu tipe paduan aluminium yang umum digunakan untuk bagian mesin otomotif, seperti *housing* untuk konverter dan silinder blok, adalah paduan aluminium ADC12 dengan unsur utama Aluminium (Al) dan Silikon (Si). Paduan aluminium tipe ADC12 ini banyak dibuat untuk bagian-bagian mesin dengan metode pengecoran atau *casting*. Metode pengecoran yang dapat digunakan untuk bahan ini adalah *die-casting*, *gravity casting*, dan *continuous casting*, seperti pada studi yang dilakukan oleh Okayasu et al [3].

Luasnya penggunaan paduan Al – Si pada dunia industri dengan metode *casting*, maka penting untuk menghasilkan paduan Al – Si dengan nilai kekerasan dan distribusi fasa yang baik. Sehingga untuk mendapatkannya perlu dilakukan eksperimen pengecoran paduan Al – Si dengan mempertimbangkan berbagai faktor saat proses pengecoran. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi temperatur dan waktu tuang pada proses pengecoran paduan Al – Si. Setelah proses pengecoran dilakukan dengan variasi temperatur dan waktu tuang yang telah ditentukan, dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro untuk mengetahui pengaruh dari variasi yang diberikan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengecoran Paduan Aluminium

Paduan aluminium merupakan paduan yang banyak diproduksi dengan metode pengecoran atau *casting*, hal ini dikarenakan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh aluminium seperti fluiditas yang baik sehingga memungkinkan untuk membentuk bagian yang tipis dan detail, serta aluminium memiliki temperatur leleh yang relatif rendah [4]. Proses pengecoran paduan aluminium ini dapat menggunakan proses *casting* dengan cetakan permanen maupun non-permanen. Seperti pada eksperimen yang dilakukan Hu et al, paduan Al-Si-Cu dicor dengan menggunakan cetakan logam dan pasir [5]. Pengecoran paduan aluminium juga dapat dilakukan dengan penambahan tekanan, metode ini biasa disebut pengecoran bertekanan (*High Pressure Die Casting*) dimana untuk cetakkannya menggunakan baja karbon [6].

### Paduan Al – Si

Kelompok paduan aluminium telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah aluminium – silikon. Jenis paduan ini memiliki sifat mampu cor dan ketahanan korosi yang baik. Sifat mekaniknya mampu dimodifikasi secara efektif melalui *sand casting* [4]. Salah satu tipe paduan aluminium – silikon komersial yang penggunaannya cukup luas untuk bagian-bagian otomotif adalah paduan aluminium ADC12. Pada penelitian yang dilakukan Khanh et al, paduan aluminium ADC12 menurut *Japanese Industrial Standard (JIS)* memiliki komposisi kimia Al *balance* – Cu 1,5-3,5 wt% – Si 9,6-12 wt% – Mg <0,3% [7].

## METODE

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan Al – Si tipe ADC12. Proses pengecoran menggunakan metode *sand casting* dengan variasi temperatur tuang 650°C, 700°C, dan 750°C, serta variasi waktu tuang 5, 7, dan 10 detik. Setiap temperatur tuang dilakukan dengan menggunakan tiga variasi waktu tuang yang telah ditentukan. Kemudian hasil coran diuji kekerasannya menggunakan metode *Vickers* dengan beban 100 kg selama 10-15 detik dan jumlah titik pengujian sebanyak lima titik. Selain itu, dilakukan uji struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik *Olympus Metallurgic Microscope BX 51 M* dengan perbesaran 500 kali. Sebelum pengamatan struktur mikro, dilakukan proses etsa dengan reagen Hidrogen Fluorida (HF). Diagram alir penelitian disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

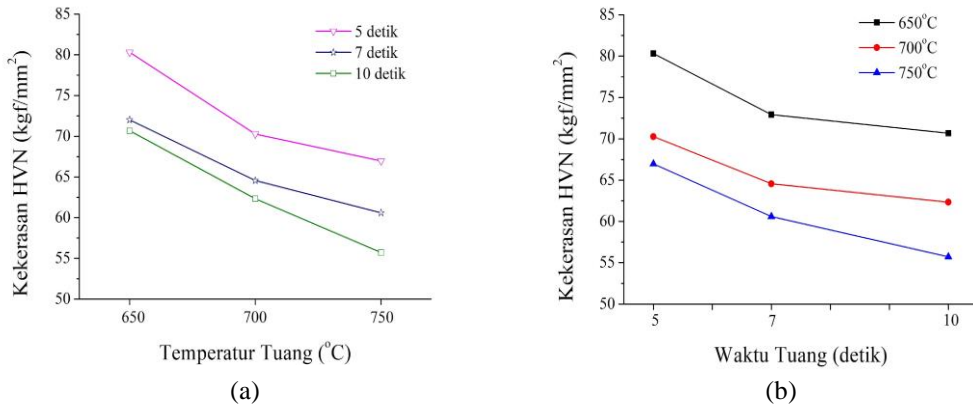
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Kekerasan terhadap Temperatur dan Waktu Tuang

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers* dan lima titik indentasi. Dari hasil indentasi akan diperoleh nilai diagonal hasil indentasi, kemudian nilai kekerasan *Vickers* dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$HVN = 1,8544 \frac{P}{d^2} \left( \frac{kgf}{mm^2} \right) \dots (1)$$

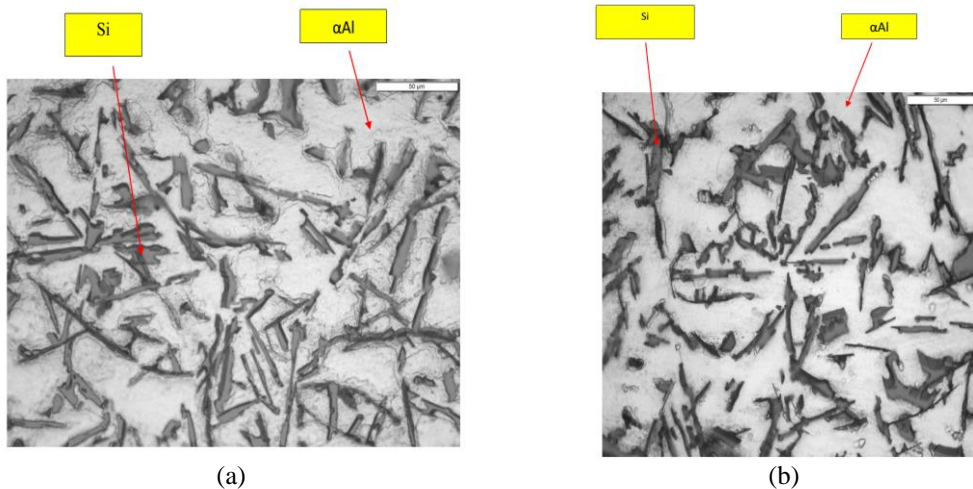
Nilai  $d$  adalah diagonal indentasi rata-rata, yaitu rata-rata diagonal pertama dan kedua dari satu kali pengujian. Sedangkan  $P$  adalah beban yang diberikan ketika uji kekerasan. Gambar 1 menunjukkan nilai kekerasan rata-rata dari lima titik indentasi untuk setiap variasi temperatur dan waktu tuang. Nilai kekerasan tertinggi pada variasi temperatur tuang  $650^{\circ}\text{C}$  yaitu sebesar  $80,306 \text{ kgf/mm}^2$  dengan waktu tuang 5 detik. Sedangkan nilai kekerasan terendah adalah  $55 \text{ kgf/mm}^2$ , terjadi pada variasi temperatur tuang  $750^{\circ}\text{C}$  dengan variasi waktu tuang 10 detik. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa semakin tinggi temperatur dan waktu tuang, memberikan nilai kekerasan yang semakin rendah. Sejalan dengan penelitian sebelumnya [6], [8]. Hal ini dikarenakan semakin tinggi variasi temperatur tuang, maka struktur atom dalam paduan semakin acak sehingga distribusi atom-atomnya semakin terdistribusi merata, dengan istilah lain bahwa temperatur tuang yang tinggi dapat memberikan semakin banyak waktu untuk pembekuan sempurna [9]. Sementara itu, semakin lama waktu penguangan, maka proses pendinginan akan semakin lambat, sehingga laju pendinginan yang lambat ini menyebabkan hasil coran semakin ulet.

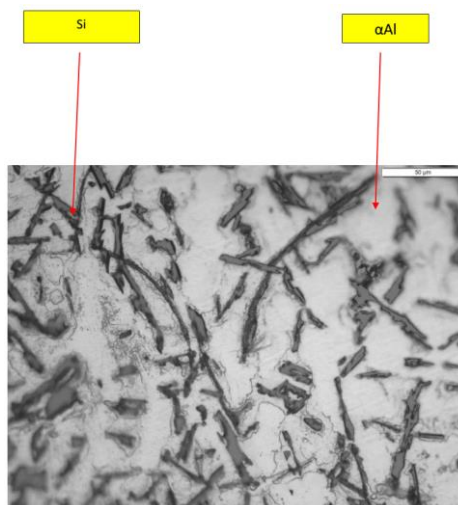


Gambar 1. Nilai kekerasan terhadap variasi (a) temperatur tuang, dan (b) waktu tuang

### Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan melalui mikroskop optik dengan perbesaran 500 kali dan melalui proses etsa dengan reagen HF. Gambar 2 menunjukkan hasil struktur mikro untuk variasi waktu tuang yang diberikan pada satu temperatur yang telah dipilih. Fasa  $\alpha$ -Al ditunjukkan pada bagian yang terang, sedangkan Si ditunjukkan pada bagian yang gelap, tebal, dan bergerombol. Dari Gambar 2 (a) dan (b) menunjukkan struktur Si yang cenderung bergerombol dibandingkan Gambar 2 (c), hal ini diakibatkan waktu penuangan yang lebih rendah menyebabkan kecepatan pendinginan menjadi lebih cepat, sehingga atom-atom Al dan Si tersolidifikasi lebih cepat serta Si yang cenderung bergerombol. Apabila dikorelasikan dengan nilai kekerasan, maka nilai kekerasan dengan kecepatan pendinginan lebih cepat akan memiliki kekerasan lebih tinggi. Sementara itu, ketika waktu tuang lebih besar atau lebih lambat, mengakibatkan struktur mikro paduan Al-Si memiliki susunan fasa Si yang lebih tersebar. Hal ini mengakibatkan hasil coran lebih ulet dan memiliki kekerasan yang lebih rendah, seperti penelitian yang dilakukan oleh Wijaya et al [1].





(c)

Gambar 2. Struktur mikro paduan Al-Si dengan variasi waktu 5, 7, 10 detik

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, disimpulkan bahwa variasi temperatur dan waktu tuang mempengaruhi nilai kekerasan dan struktur mikro hasil pengecoran pada paduan Al-Si. Nilai kekerasan tertinggi yang didapatkan sebesar 80,306 kgf/mm<sup>2</sup> dengan variasi temperatur tuang 650°C dan waktu tuang 5 detik. Semakin tinggi temperatur dan waktu tuang yang digunakan, maka semakin rendah nilai kekerasannya. Hasil dari pengamatan struktur mikro didapatkan struktur fasa  $\alpha$ -Al dan Si, dimana semakin tinggi variasi waktu tuang maka struktur Si yang terlihat semakin terdistribusi merata dalam hasil cor paduan Al-Si.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. T. Wijaya, Zubaidi, and Wijoyo, "Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Ketangguhan Impak Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium," *J. SIMETRIS*, vol. 8, no. 1, pp. 219–224, 2017, doi: 10.24176/simet.v8i1.933.
- [2] B. Hidayanto, A. Wardoyo, and W. Darojad, "PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TUANG PADA PENGECORAN DAUR ULANG Al-Si TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN DENGAN POLA LOST FOAM," *Flywheel J. Tek. Mesin Untirta*, vol. IV, no. 1, pp. 45–49, 2018.
- [3] M. Okayasu, K. Ota, S. Takeuchi, H. Ohfuji, and T. Shiraishi, "Influence of microstructural characteristics on mechanical properties of ADC12 aluminum alloy," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 592, pp. 189–200, 2014, doi: 10.1016/j.msea.2013.10.098.
- [4] J. G. Kaufman and E. L. Rooy, *Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes, and Applications*. ASM International, 2004.
- [5] X. Hu, F. Ai, and H. Yan, "Influences of pouring temperature and cooling rate on microstructure and mechanical properties of casting Al-Si-Cu aluminum alloy," *Acta Metall. Sin. (English Lett.)*, vol. 25, no. 4, pp. 272–278, 2012, doi: 10.11890/1006-7191-124-272.
- [6] S. Drihandono and E. Budiyanto, "Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7,79 %)," *TURBO*, vol. 5,

- no. 1, pp. 30–38, 2016, doi: 10.24127/trb.v5i1.1116.
- [7] P. M. Khanh, N. H. Hai, D. Q. Khanh, and D. H. Bach, “Investigation of solidification process of as-cast ADC12 in sand molds with different pouring conditions by temperature field,” *Key Eng. Mater.*, vol. 682, pp. 212–219, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.682.212.
- [8] B. Haryanto and Suyitno, “PENGARUH TEMPERATUR TUANG DAN TEMPERATUR CETAKAN PADA HIGH PRESSURE DIE CASTING (HPDC) BERBENTUK PISTON PADUAN ALUMINIUM- SILIKON,” in *Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi*, 2008, pp. 86–90.
- [9] W. Sujana and A. Setiawan, “Pengaruh Temperatur Tuang Dan Waktu Tuang Terhadap Penyusutan Silinder Coran Alumunium Dengan Cetakan Logam,” *J. Flywheel*, vol. 3, no. 1, pp. 17–23, 2010.