

## ANALISIS POROSITAS DAN KEKERASAN PADUAN Al-12,6%Si DENGAN VARIASI WAKTU TUNGGU DALAM CETAKAN DAN MEDIA PENDINGIN MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR BASAH

### Analysis of Porosity and Hardness Al-12,6%Si Alloy with Variation of Waiting Time in Molding and Cooling Media Using Wet Sand Mold

Rudi Siswanto \*, Raizal Rais

Program Studi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat Jl. A. Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Surel: rudi\_sieswanto@yahoo.co.id

#### Abstract

The purpose of this research is to know the influence of waiting time in mold and cooling media to porosity and hardness value of foundry product. The foundry method uses gravity casting. The mold used is wet sand mold. Material used from Al alloy (scrap) of piston. The melting furnace uses a crucible furnace. Al alloy (scrap) is heated in the furnace until it is melted and then poured into the mold at the pouring temperature of 600 °C. Then cooled in a mold with time variations of 10 and 15 minutes. subsequently cast out of the mold then cooled with a variation of cooling medium; air, water and brine. Then the result of casting made specimen and done by porosity and hardness test. The results showed that the type of cooling medium and the waiting time in the mold had an effect on porosity and hardness of castings. The longer the waiting time in the porosity mold is higher while the hardness decreases. The smallest porosity (0.6%) occurs at waiting time in a 10 minute mold with a median cooler from the air, while the largest porosity (4.4%) occurred at waiting time in a 15 minute mold with cooling medium from air. The smallest hardness value (93.49 HV) occurred at waiting time in a 15 minute mold with a cooling medium of brine, while the greatest hardness value (128.68 HV) occurred at waiting time in a 10 minute mold with a cooling medium of brine.

**Keywords:** casting gravity, wet sand molds, cooling media, porosity, hardness

## 1. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari peralatan rumah tangga hingga konstruksi, komponen otomotif sampai pada komponen pesawat terbang (*aerospace*). Aluminium disamping mempunyai massa jenis kecil, tahan terhadap korosi, daya hantar listrik yang baik, jika dipadu dengan unsur tertentu akan mempunyai sifat fisis dan mekanis yang unggul. Aluminium dalam industri dihasilkan melalui proses pengecoran (*casting*) dan pembentukan (*forming*).

Pada industri manufaktur berbasis logam, proses pengecoran masih menjadi pilihan utama dalam memproduksi komponen/element mesin. Pemilihan pembuatan produk permesinan menggunakan proses pengecoran ini bisa mengerjakan berbagai bentuk produk yang rumit dan kompleks, misalnya pada pembuatan komponen-komponen otomotif (*block* silinder, *head* silinder, piston, stang piston), rumah pompa, poros, baling-baling, sudu (*impeller*) dan lain-lain. Standar mutu dari aluminium paduan ditentukan oleh komposisi kimia paduannya seperti: Cu, Si, Mg, Zn,

Mn, Ni. Paduan aluminium dengan silikon (Al-Si) sering digunakan pada komponen-komponen mesin kendaraan seperti piston dan blok mesin. Paduan Al-Si adalah material yang digunakan hampir 85-90% dari total aluminium paduan produk pengecoran (Wijoyo *et al.* 2012).

Produk pengecoran dari material paduan aluminium banyak dijumpai pada peralatan rumah tangga dan komponen otomotif misalnya velg (*cast wheel*), piston, blok mesin dan lain sebagainya. Pemanfaatan logam bekas menjadi bahan baku industri semakin meningkat, sehingga menjadi komoditi perdagangan dan mendorong berkembangnya usaha-usaha penampungan logam bekas di sekitar lokasi usaha. Salah satu jenis logam bekas (daur ulang) yang banyak digunakan untuk pengecoran adalah jenis logam aluminium. (Rozikin *et al.* 2012)

Selama proses pengecoran setiap logam akan mengalami perubahan fasa, baik perubahan sifat fisis maupun mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan. Perubahan sifat tersebut dapat memperbaiki sifat logam dan juga mampu merusak sifat logam yang ada didalamnya. Perubahan sifat ini salah satunya tergantung dari media pendingin

yang digunakan pada saat proses pendinginan. (Mu'afax *et al.* 2012)

Pendinginan logam ini sangat berpengaruh terhadap ukuran, bentuk, keseragaman dan komposisi butiran kristal selama proses pembekuan. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin di sebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan, dan bahan dasar media pendingin. Semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam tersebut. Karbon yang dihasilkan dari pendinginan cepat lebih banyak dari pendinginan lambat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusi keluar, terjebak dalam struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga kekerasannya meningkat. (Mu'afax *et al.* 2012)

Berdasarkan uraian di atas dapat di jelaskan bahwa pemanfaatan Al paduan (*scrap*) sebagai bahan baku pengecoran dan variasi pendinginan terhadap pengaruh struktur mikro, porositas, dan kekerasan penting untuk diteliti.

Pengecoran logam merupakan proses yang melibatkan pencairan logam, membuat cetakan, menuang, membongkar, dan membersihkan logam. (Murjuko 2012). Ada beberapa macam contoh pengecoran, diantaranya adalah pengecoran cetak (*die casting*) yaitu pengecoran yang dilakukan dengan cara menekan logam cair ke dalam cetakan logam dengan tekanan tinggi, logam tipis dapat dibuat dengan menggunakan cara ini. Pengecoran tekanan rendah adalah suatu cara pengecoran dimana diberikan tekanan sedikit lebih tinggi dari tekanan atmosfer pada permukaan logam dalam tanur, tekanan ini yang kemudian menyebabkan mengalirnya logam cair ke atas melalui pipa ke dalam cetakan. Pengecoran sentrifugal adalah cara pengecoran dengan cara memutar cetakan dan logam cair dituangkan ke dalamnya, sehingga logam cair tertekan oleh gaya sentrifugal dan kemudian membeku.

Untuk mendapatkan benda cor ada beberapa tahapan pokok yang harus dilakukan, antara lain pembuatan pola, pembuatan inti, pembuatan cetakan, peleburan dan penuangan logam, serta pembersihan coran. Proses pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir adalah proses yang banyak ditemui di daerah-daerah pengecoran logam, hal ini disebabkan karena pasir cetak memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan cara yang lain dan yang menjadi pertimbangan adalah karena harganya murah, mudah didapat di Indonesia, tahan terhadap suhu tinggi, dan

kemampuannya untuk didaur ulang. (Atmadja 2006).

Aluminium dan aluminium paduan dapat dilebur dengan baik, tanpa kontaminasi gas Hidrogen, bila pokok-pokok penting proses peleburan diikuti dengan tepat dan cermat. Di samping itu bahan baku yang bersih, tanpa pemuatan tambahan serta proses-proses yang mengaduk cairan (*modifikasi, grain refining*), akan sangat mengurangi potensi kontaminasi gas tersebut dan pemanasan tidak lebih dari 770 °C. Di atas temperatur tersebut akan terjadi kontaminasi gas H<sub>2</sub> yang besar sehingga menjadi porositas pada produk cor (Sumpena 2016). Semakin tinggi temperatur peleburan berpengaruh pada struktur butir fasa α-Al semakin halus. Semakin lama waktu peleburan juga meningkatkan struktur butir fasa α-Al semakin halus (Siswanto 2011). Menurut Siswanto (2015), pada paduan Al-19,6Si-2,5Cu,2,3Zn, semakin tinggi tempertur tuang struktur *Hypereutectic* Si hadir diantara dendrite Al dari serpihan pendek tipis menjadi serpihan panjang tebal. Temperatur penuangan logam cair pada proses pengecoran, tergantung dari jenis logam yang akan dipergunakan.

Menurut Septian (2011) cacat porositas merupakan masalah yang sering dijumpai pada proses pengecoran. Cacat ini dapat merugikan karena akan mengurangi kekuatan mekanis dari benda hasil coran tersebut, terlebih lagi dapat menyebabkan terjadinya retak pada benda hasil tuang tersebut.

Porositas dihitung melalui pengukuran massa jenis, melalui pengukuran berat spesimen di udara dan di dalam air murni. Massa jenis aktual spesimen ditentukan dengan menggunakan rumus Archimedes berdasarkan standar ASTM D3800

$$Da = \frac{Wa.Dw}{Wa-Ww} \quad (1)$$

Dalam hal ini,

D<sub>a</sub> = massajenis actual

D<sub>w</sub> = massajenis air

W<sub>a</sub> = berat spesimen dalam udara

W<sub>w</sub> = berat spesimen dalam air

Kekerasan (*hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan ini diukur dengan menggunakan alat penguji *Vickers*. Pengujian ini menggunakan piramid diamon dengan sudut bidang duanya 136° sebagai penekan. Pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Angka kekerasan piramida intan (DPH) atau angka kekerasan *Vickers* (VHN atau Hv),

didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$VHN = 1,8544 \cdot P/d^2 \quad (2)$$

Dalam hal ini

P = beban yang bekerja pada penetrator (kg)

d = panjang diagonal rata-rata bekas penekanan (mm)

## 2. METODE

Bahan penelitian adalah Al paduan piston (rongsok) Merk Izumi, pasir cetak (alam), rangka cetak (kayu), pola (kayu), media pendingin (udara, air, air garam), dan bahan bakar (arang kayu). Alat yang digunakan adalah tungku peleburan jenis crusibel (1 set), alat bantu (penjepit, ladle, penumbuk, palu, gergaji, kikir, penggores), alat ukur (infrared thermometer, gelas ukur, termometer, stopwatch, timbangan digital, dan penggaris baja), alat uji (porositas dan kekerasan), dan APD (helm pelindung muka, sarung tangan, sepatu safety).

Prosedur penelitian disajikan pada Gambar 1. Variabelnya adalah variasi media pendinginan (udara, air, air garam), variasi waktu dalam cetakan 10 dan 15 menit, dan temperatur tuang 600 °C. Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui tingkat porositas yang dialami oleh setiap perlakuan material dari hasil pengecoran ulang dengan variasi waktu tunggu dalam cetakan dan jenis media pendingin. Juga dibandingkan dengan porositas material awal (row material) sebelum pengecoran ulang. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan yang dialami oleh material dari hasil pengecoran ulang dan kekerasan material sebelum pengecoran ulang.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

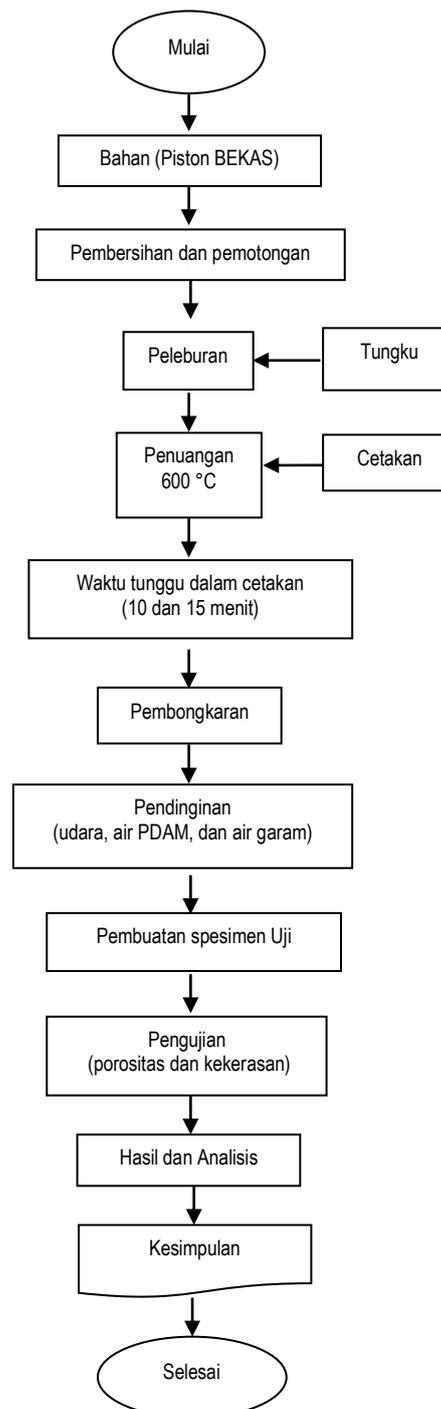
Komposisi paduan Al (rongsokan) piston disajikan pada Tabel 1. Hasil uji porositas dan kekerasan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi unsur paduan Al (rongsokan)

Si	12,60	Cr	0,03	P	0,0046
Fe	0,48	Ni	1,19	Pb	0,0023
Cu	1,23	Zn	0,03	Sb	0,0008
Mn	0,03	Ti	0,05	Sn	0,0021
Mg	1,06	Ca	0,00	Al	83,28

Tabel 2. Data hasil uji porositas dan kekerasan

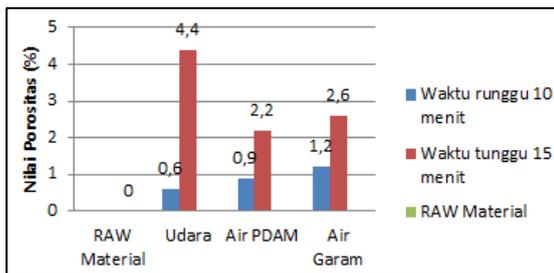
Kode Spesimen	P (%)	Average HV (kg/mm <sup>2</sup> )
RAW	0	124,886
X <sub>1</sub>	0,6	105,553
X <sub>2</sub>	4,4	100,457
Y <sub>1</sub>	0,9	108,693
Y <sub>2</sub>	2,2	117,672
Z <sub>1</sub>	1,2	128,678
Z <sub>2</sub>	2,6	93,486



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 3.1 Porositas

Terjadi peningkatan dan penurunan porositas pada setiap spesimen berbeda-beda (Gambar 2). Spesimen dengan variasi media pendingin udara dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit mengalami peningkatan porositas terendah (0,6%) dan spesimen dengan variasi media pendingin udara yang waktu tunggu dalam cetakan 15 menit mengalami peningkatan porositas tertinggi (4,4% dari raw material).



Gambar 2. Grafik hasil uji porositas

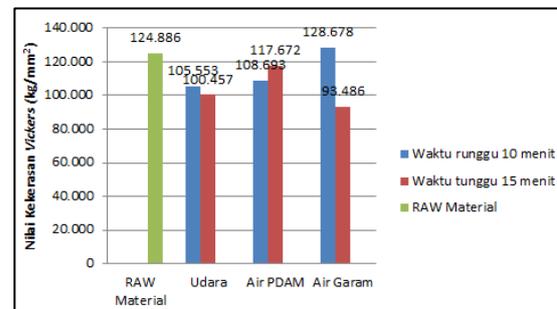
Menurut Mu'afax *et al.* (2012), pada hasil pengamatan pada setiap spesimen terdapat dua struktur yaitu Al dan Si serta diikuti dengan porositas yang terjadi, dimana struktur Al bersifat lunak (kekerasan rendah) dan struktur Si bersifat elastis (liat). Struktur Al dan Si terbentuk dari hasil pengecoran piston bekas yang didinginkan dengan variasi media pendingin, sehingga menyebabkan pembentukan fasa Al dan Si dengan bentuk butir kristal berbeda-beda yang menandakan bahwa tingkat kekerasan berbeda.

Tingkat porositas spesimen terendah terjadi pada spesimen dengan variasi pendinginan udara dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit yaitu 0,6% atau mengalami peningkatan dari tingkat porositas raw material 0,6%, mengalami penurunan dari tingkat porositas air PDAM dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit 0,3% dan 1,6% dari waktu tunggu dalam cetakan 15 menit, mengalami penurunan dari tingkat porositas air garam dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit sebesar 0,6% dan 2% dari waktu tunggu dalam cetakan 15 menit. Sedangkan tingkat porositas spesimen tertinggi terjadi pada spesimen dengan variasi pendinginan udara dengan waktu tunggu dalam cetakan 15 menit yaitu sebesar 4,4% atau mengalami peningkatan dari tingkat porositas pada raw material yaitu sebesar 4,4%, mengalami peningkatan dari tingkat porositas air PDAM dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit sebesar 3,5% dan 2,2% dari waktu tunggu dalam cetakan 15

menit, mengalami penurunan dari tingkat porositas air garam dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit sebesar 3,2% dan 1,8% dari waktu tunggu dalam cetakan 15 menit.

### 3.2 Kekerasan

Terjadi peningkatan dan penurunan nilai kekerasan pada setiap spesimen berbeda-beda (Gambar 3). Spesimen dengan variasi media pendingin air garam yang waktu tunggu dalam cetakan 15 menit mengalami nilai kekerasan terendah (93,486 kg/mm<sup>2</sup>) dan spesimen dengan variasi media pendingin air garam dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit mengalami nilai kekerasan tertinggi (128,678 kg/mm<sup>2</sup>) dari raw material.



Gambar 3 Grafik hasil uji kekerasan

Tingkat kekerasan spesimen tertinggi terjadi pada spesimen dengan variasi media pendinginan air garam dengan waktu tunggu 10 menit, yaitu sebesar 128,678 kg/mm<sup>2</sup> meningkat 17,97% dari media pendingin udara dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit dan 21,93% dari waktu tunggu dalam cetakan 15 menit, meningkat 15,53% dari media pendingin air PDAM dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit dan 8,55% dari waktu tunggu dalam cetakan 15 menit. Sedangkan tingkat kekerasan spesimen terendah terjadi pada spesimen dengan variasi media pendinginan air garam dengan waktu tunggu dalam cetakan 15 menit. Menurut Roziqin *et al.* (2012), nilai kekerasan yang tinggi pada aluminium coran dapat disebabkan laju pendinginan yang lebih cepat. Hal ini terbukti dengan tingkat kekerasan spesimen tertinggi terjadi pada spesimen dengan variasi media pendinginan air garam dengan waktu tunggu 10 menit dan tingkat kekerasan spesimen terendah terjadi pada spesimen dengan variasi media pendinginan air garam dengan waktu tunggu dalam cetakan 15 menit yaitu 93,486 kg/mm<sup>2</sup> menurun 12,90% dari media pendingin udara dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit dan 7,45% dari waktu tunggu dalam cetakan 15 menit, meningkat 16,26% dari

media pendingin air PDAM dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit dan 25,87% dari waktu tunggu dalam cetakan 15 menit.

#### 4. SIMPULAN

Jenis media pendingin dan waktu tunggu dalam cetakan berpengaruh terhadap porositas dan kekerasan coran. (1) Semakin lama waktu tunggu dalam cetakan porositas semakin meningkat. (2) Semakin lama waktu tunggu dalam cetakan kekerasan mengalami penurunan (media udara dan air), sedangkan media air garam sebaliknya.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Dinov MF, Budi H, Suharno. 2012. *Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Remelting Al-Si Berbasis Limbah Piston Bekas dengan Perlakuan Degassing*. Prodi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP, UNS.
- Murjoko. 2012. *Kajian Letak Saluran Masuk (Ingate) Terhadap Cacat Porositas, Kekerasan, dan Ukuran Butir Paduan Aluminium pada Pengecoran Menggunakan Cetakan Pasir*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Respati S, Bondan M, Purwanto H, Mauluddin MS. 2010. *Pengaruh Tekanan dan Temperatur Cetakan Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Hasil Pengecoran pada Material Aluminium Daur Ulang*. Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Roziqin K, Purwanto H, Syafa'at I. 2012. *Pengaruh Model Sistem Saluran Pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Coran Pulli Diameter 76 mm dengan Cetakan Pasir*. Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Rudi S. 2011. *Pengaruh Temperatur dan Waktu Peleburan Pengecoran Tuang Terhadap Struktur Mikro Paduan Al-21%Mg*. *Jurnal Ilmiah Media Sains Kopertis Wil. XI*, 3(1), 1-116.
- Rudi S. 2015. *Analisis struktur mikro paduan Al-19,6Si-2,5Cu,2,3Zn (scrap) hasil pengecoran evaporative*, *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV Tahun 2015 (SNTTM XIV)*, Mat. 44
- Sumpena, 2016. *Pengaruh Variasi Dimensi Saluran Tuang terhadap Fluiditas, Porositas dan Kekerasan Pengecoran dengan Bahan Baku Aluminium Bekas*. Universitas Proklamasi 45, Yogyakarta.
- Supriyanto, 2009. *Analisis Hasil Pengecoran Aluminium dengan Variasi Media Pendinginan*. Universitas Janabadra, Yogyakarta.
- Tirta AS. 2006. *Analisa Cacat Cor Pada Proses Pengecoran Burner Kompom*. Teknik Mesin FT-UNDIP, Semarang.

-----

