

ANALISIS POROSITAS DAN KERASAN PADUAN Al-12,6%Si DENGAN VARIASI WAKTU TUNGGU DALAM CETAKAN DAN MEDIA PENDINGIN HASIL PENGECORAN EVAPORATIVE

Rudi Siswanto, Abdul Ghofur dan Komang Aria Kresna Kepakisa

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

E-mail: rudi_sieswanto@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh waktu tunggu dalam cetakan dan media pendingin terhadap porositas dan kekerasan dari produk hasil pengecoran. Metode pengecoran menggunakan pengecoran evaporative. Material yang digunakan paduan Al-12,6%Si (daur ulang) dari piston. Tungku peleburan menggunakan tungku jenis crusibel. Paduan Al dipanaskan di dalam tungku hingga mencair, kemudian dituang ke dalam cetakan pada temperatur 700 °C. Selanjutnya didinginkan dalam cetakan dengan variasi waktu 10 dan 15 menit. Kemudian coran dikeluarkan dari cetakan dan didinginkan dengan variasi media pendingin; udara, air dan air garam selama 30 menit. Hasil pengecoran dibuat spesimen dan dilakukan pengujian porositas dan kekerasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa : (1) waktu tunggu dalam cetakan dan jenis media pendingin tidak berpengaruh besar terhadap porositas. (2) waktu tunggu dalam cetakan dan jenis media pendingin sangat berpengaruh terhadap kekerasan coran.

Kata kunci : kekerasan, media pendingin, paduan Al-12%Si, pengecoran evaporative, porositas,

ABSTRACT

The purpose of this research is to know the influence of waiting time in mold and cooling media to porosity and hardness of foundry product. The casting method uses an evaporative casting. The material used Al-12,6%Si alloy (recycle) from piston. The melting furnace uses a crucible furnace. The Al alloy is heated in the furnace until it is melted, then poured into the mold at a temperature of 700 °C. Further cooled in a mold with a time variation of 10 and 15 minutes. Then the cast was removed from the mold and cooled with a variation of the cooling medium; air, water and brine for 30 minutes. The casting result is made specimen and the porosity and hardness testing is done. Test results show that : (1) the waiting time in the mold and the type of cooling medium has no significant effect on porosity. (2) the waiting time in the mold and the type of cooling medium strongly affect the hardness of the castings.

Keywords : Al-12% Si alloy, coolant medium, evaporative casting, hardness, porosity.

1. PENDAHULUAN

Pada industri manufaktur berbasis logam, proses pengecoran masih menjadi pilihan utama dalam memproduksi komponen/elemen 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.

Penggunaan aluminium dalam industri sangat beragam. 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. All, 2012).

Pengecoran *evaporative* (*evaporative casting*) adalah salah satu metode pengecoran logam dengan menggunakan pola Styrofoam (*polystyrene foam*). Metode ini ditemukan dan dipatenkan oleh Shroyer pada tahun 1958. Pada tahun 1964, konsep penggunaan cetakan pasir kering tanpa pengikat telah dikembangkan dan dipatenkan oleh Smith. Pengecoran *evaporative* merupakan langkah baru dalam memproduksi benda-benda dengan metode pengecoran. Pada saat ini belum banyak industri pengecoran logam yang menggunakan metode ini dalam memproduksi benda cor. Sedikitnya industri yang menerapkan metode pengecoran ini mungkin dikarenakan mereka belum banyak mengetahui seluk beluk metode pengecoran *evaporative*.

Prinsip dari pengecoran *evaporative* (*evaporative casting*) adalah pola (*pattern*) dan sistem saluran (*gating system*) menjadi satu kesatuan yang dibuat dari bahan *styro foam*. Pola pengecoran *evaporative* termasuk pola sekali pakai, dimana menggunakan pola dari bahan yang dapat menguap jika terkena panas logam cair. Proses pengecoran ini dilakukan dengan cara pola dan sistem saluran dari *styrofoam* di tanam dalam pasir cetak. Cawan tuang (*pouring basin*) dengan posisi muncul di permukaan pasir cetak, sebagai saluran masuk logam cair. Proses penuangan dilakukan dengan cara, logam cair dituang pada cawan tuang, sehingga bersamaan dengan logam cair masuk mengisi posisi sistem saluran dan pola yang terbakar (mencair/menguap). Pola *polystyrene foam* yang dituang cairan logam dapat membentuk gap (adanya ruang pemisah) antara logam cair dan pola yang belum terkena cairan. Pada pengecoran aluminium, pola terurai menjadi cair dan gas. (Zhao dkk, 2003).

Penelitian tentang pengecoran berbasis dari material rongsok paduan aluminium telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Material paduan yang diteliti antara lain ; Al paduan 356,1 (Karim, 2010), paduan Al-19,6Si-2,5Cu-2,3Zn (Siswanto, 2015), *Paduan Al-21%Mg* (Siswanto, 2011) dan Piston (Gunawan dan Hartono 2015).

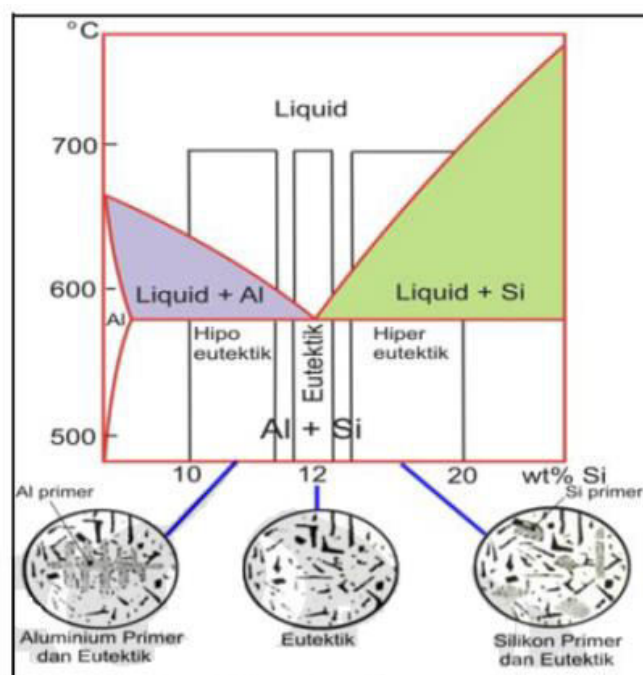
Penelitian tentang pengecoran *evaporative* juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Materi yang diteliti antara lain ; kekerasan dan struktur mikro pada pengecoran *evaporative* dengan variasi ukuran pasir cetak (Sutiyoko dan Lutiyaatmi, 2013), analisis struktur mikro paduan Al-19,6Si-2,5Cu-2,3Zn (*Scrap*) hasil pengecoran *evaporative* (Siswanto, 2015), pengaruh bentuk saluran turun terhadap cacat porositas dan kekerasan pada pengecoran aluminium menggunakan metode *lost foam casting* (Sriwahyudi dkk, 2014)

Kualitas hasil pengecoran dipengaruhi oleh suhu tuang (Khodai dan Parvin, 2008). Suhu tuang yang digunakan dalam pengecoran paduan aluminium (*scrap*) adalah suhu 740 °C (Karim, 2010), 700 °C (Sriwahyudi dkk, 2014), 650 °C, 660 °C, 670 °C, dan 680 °C (Siswanto, 2015), temperature tuang 650, 700, 750 (Siswanto, 2011). 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). Semakin tinggi temperatur peleburan akan meningkatkan massa jenis dan meningkatkan kekerasan, kekerasan tertinggi diperoleh pada temperatur peleburan 750 °C (Siswanto, 2011). Semakin tinggi temperatur peleburan berpengaruh pada penurunan volume dan berat hasil pengecoran (Siswanto, 2012).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil benda cor diantaranya temperatur penuangan, ukuran dan bentuk pasir, penggetaran, coating (pelapisan) cetakan dan lain-lain (Sutiyoko, 2013). Pengecoran *evaporative* memiliki banyak keuntungan, cetakan dari pola berbahan *styrofoam* mudah dibuat dan murah (Barone, 2005). Pasir yang digunakan dapat dengan mudah digunakan lagi karena tidak menggunakan pengikat (Behm dkk, 2003). Penggunaan cetakan foam meningkatkan keakuratan dimensi dan memberikan peningkatan kualitas coran dibandingkan dengan cetakan konvensional (Monroe, 1992). Sudut-sudut kemiringan draf dapat dikurangi atau dieliminasi (Barone, 2005). Pengecoran *evaporative* dapat memproduksi benda yang kompleks/bentuknya rumit, tidak ada pembagian cetakan, tidak memakai inti, mengurangi tenaga kerja dalam pengecorannya (Monroe, 1992). Pengecoran *lost foam* dapat memproduksi benda-benda ringan (Kim dan Lee, 2005).

Paduan Al-Si ini terdiri dari 3 macam, yaitu:

1. *Hipoeutectic* yaitu kandungan silikon (< 11.7 %)
2. *Eutectic* yaitu kandungan silikon (11.7% - 12.6%)
3. *Hypereutectic* yaitu kandungan silikon (> 12.6 %)



Gambar 1. Diagram fasa paduan Al-Si (ASM Internasional, 2004)

Porositas adalah suatu cacat atau void pada produk cor yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Salah satu penyebab terjadinya porositas ada penuangan paduan aluminium adalah gas hidrogen. Gas hidrogen ini dapat terbentuk karena logam cair saat proses pengecoran dimulai, dapat beroksidasi dengan gas karbon monoksida dan karbon dioksida. Porositas oleh gas hidrogen dalam benda cetak paduan aluminium silikon akan memberikan pengaruh yang buruk pada kekuatan serta kesempurnaan dari benda tuang tersebut (Norhadi, 2010). Cacat produk cor dapat dikategorikan atas: *major difect* dan *minor difect*. *Major difect* yaitu cacat produk cor yang tidak dapat diperbaiki, sedangkan *minor defect* adalah cacat yang masih dapat diperbaiki dengan perbaikan ekonomis.

Porositas berhubungan dengan massa jenis (densitas) material. Densitas adalah perbandingan massa terhadap volume. Sebelum dapat menentukan persentase porositas, terlebih dahulu menentuka densitas teoritis dan densitas actual. 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 :

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

Dimana :

D_a = densitas actual (gram/cm³)

D_w = densitas air (gram/cm³)

W_a = berat specimen dalam udara (gram)

W_w = berat specimen dalam air (gram)

Data densitas teoritis dan densitas aktual produk cor kemudian digunakan untuk menghitung persentase porositas.

$$p\% = \left(1 - \frac{Da}{Dth} \times 100\% \right) \quad (2)$$

Dimana :

$P\%$: persentase porositas produk cor (%)

Da : densitas aktual (gram/cm³)

Dth : densitas teoritis (gram/cm³)

Kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban identasi atau penetrasi (penekanan). Proses pengujian kekerasan dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Besar tingkat kekerasan dari bahan dapat dianalisis melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekankan penekanan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk diatasnya (Surdia dan Saito, 1992)

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 :

$$\text{VHN} = 1,8544 \cdot P/d^2 \quad (3)$$

dimana :

P = beban yang bekerja pada penetrator intan (kg)

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

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari :

- Tungku peleburan jenis crusibel (1 set)
- Alat bantu (penjepit, palu, gergaji, kikir, penggores)
- Alat ukur (*Infrared* Thermometer, termometer, *stopwacth*, jangka sorong, Penggaris baja, dan timbangan digital).
- APD (helm pelindung muka, sarung tangan, masker, dan lainnya).
- Alat uji (porositas dan kekerasan).

2.2. Bahan Penelitian

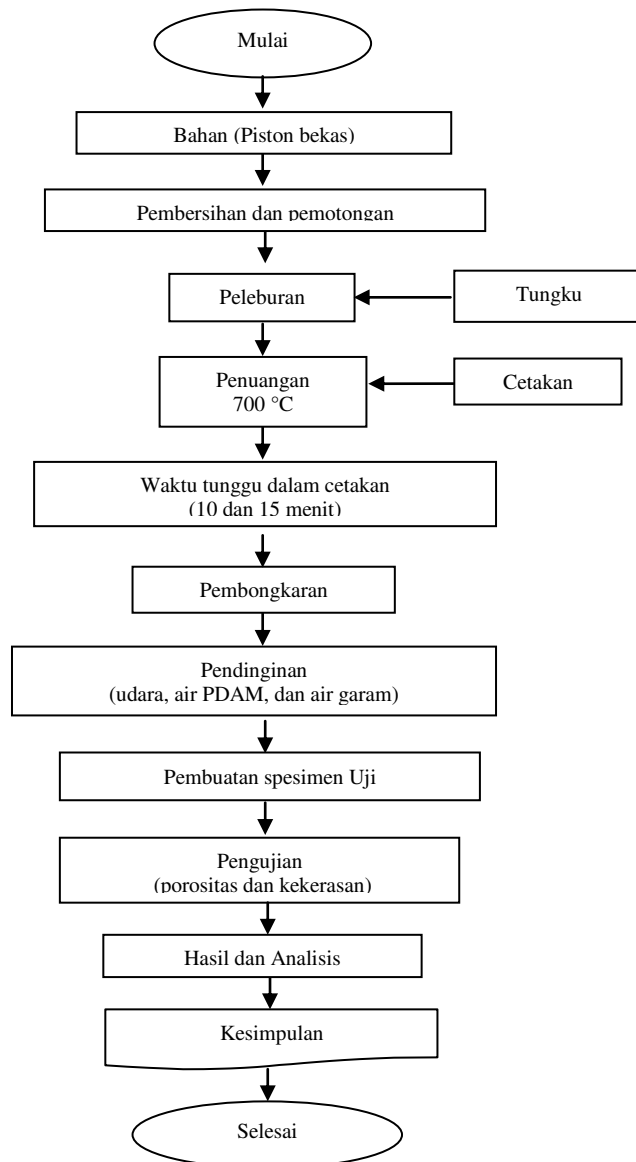
Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari :

- Bahan Al paduan piston (rongsok) merk Izumi
- Pola (styro foam)
- Pasir cetak (alam)
- Bahan bakar (arang kayu)
- Media pendingin (udara, air, air garam)

2.3. Variabel Penelitian

- Variasi media pendinginan : udara (temperatur ruang), air dan air garam
- Variasi waktu dalam cetakan : 10 dan 15 menit
- Temperatur tuang 700 °C

2.4. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data komposisi Al paduan (piston bekas)

Tabel 1 Kandungan unsur kimia pada Al paduan (*scrap*) piston

Si	12,6027	Cr	0,0280	P	0,0046
Fe	0,4788	Ni	1,1893	Pb	0,0023
Cu	1,2265	Zn	0,0341	Sb	0,0008
Mn	0,0317	Ti	0,0510	Sn	0,0021
Mg	1,0624	Ca	0,0000	Al	83,28

4.2. Data hasil pengujian porositas dan kekerasan

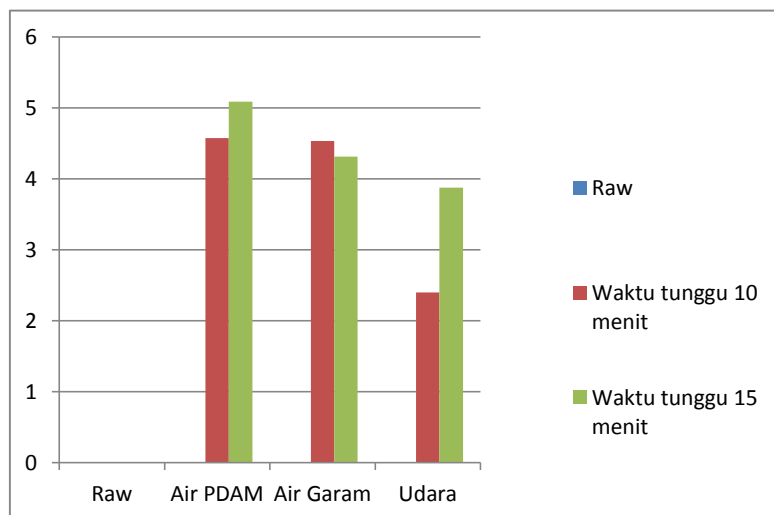
Tabel 2. Data hasil uji porositas dan kekerasan

Media Pendingin	Waktu Tunggu (Menit)	Kode Spesimen	Porositas (%)	Kekerasan HV (Kg/mm ²)
Air	10	AP10	4,57	144,72
	15	AP15	5,09	147,18
Air Garam	10	AG10	4,54	218,00
	15	AG15	4,31	170,40
Udara	10	U10	2,40	106,48
	15	U15	3,88	111,84
		Raw	0	124,89

4.3. Pembahasan

4.3.1. Porositas

Berdasarkan hasil uji porositas dapat ditunjukkan sebagaimana gambar 3 berikut :



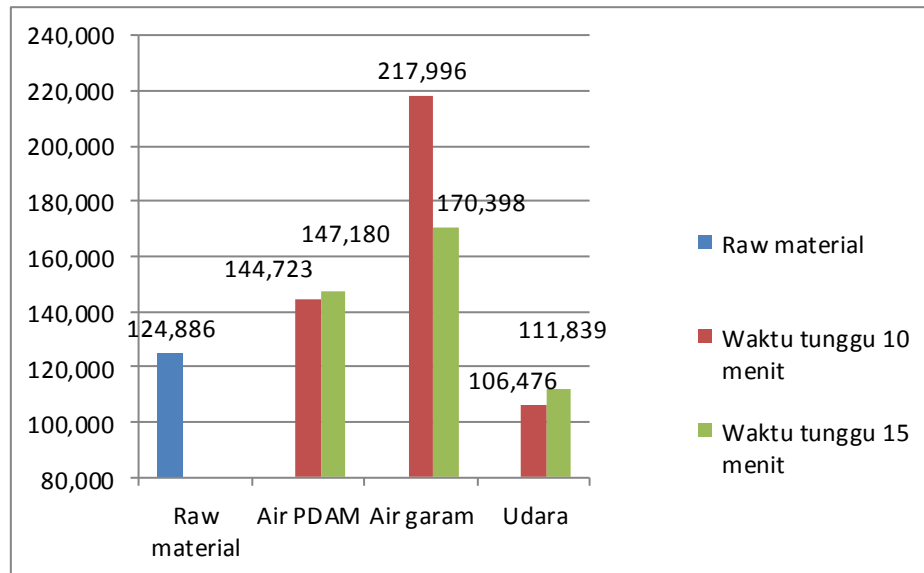
Gambar 3. Grafik hasil uji porositas

Pada waktu tunggu dalam cetakan 10 menit nilai prosentase porositas tertinggi terjadi secara berturut-turut dengan media pendingin (air : 4,57%, air garam : 4,54 %, dan udara : 2,40 %). Sedangkan pada waktu tunggu dalam cetakan 15 menit nilai prosentase porositas tertinggi terjadi secara berturut-turut dengan media pendingin (air : 5,09%, air garam : 4,31 %, dan udara : 3,88 %). Berdasarkan hasil dari uji porositas sebagaimana gambar 3, persentase porositas yang dialami oleh spesimen dengan media air dan udara semakin lama waktu tunggu dalam cetakan porositas semakin besar, sedangkan dengan media pendingin air garam semakin lama porositas semakin kecil. Semakin lama waktu tunggu dalam cetakan dengan media pendingin air dan udara nilai porositas

semakin meningkat. Akan tetapi semakin lama waktu tunggu dalam cetakan dengan media pendingin air garam porositas semakin menurun. Akan tetapi kenaikan dan penurunan persentase porositas antar perlakuan cukup kecil. Jika dibanding dengan persentase porositas dari *raw material* (0 %), peningkatan persentase porositas juga tidak besar.

4.3.2. Kekerasan

Berdasarkan hasil uji kekerasan dapat ditunjukkan sebagaimana gambar 4 berikut :



Gambar 4. Grafik hasil uji kekerasan

Berdasarkan grafik pada gambar 4, nilai kekerasan yang dimiliki *raw material* sebesar 124,89 kg/mm². Pada spesimen hasil pengecoran ulang yang didinginkan dengan media pendingin air PDAM selama 10 menit memiliki nilai kekerasan sebesar 144,723 kg/mm² atau meningkat sebesar 19,837 kg/mm² terhadap *raw material*, sedangkan pada spesimen hasil pengecoran ulang yang didinginkan dengan media pendingin air PDAM selama 15 menit memiliki nilai kekerasan sebesar 147,180 kg/mm² atau meningkat sebesar 22,294 kg/mm² terhadap *raw material*.

Pada spesimen hasil pengecoran ulang yang didinginkan dengan media pendingin air garam dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit nilai kekerasan sebesar 218 kg/mm² atau meningkat sebesar 93,11 kg/mm² terhadap *raw material*. sedangkan waktu tunggu dalam cetakan 15 menit memiliki nilai kekerasan sebesar 170,398 kg/mm² atau menurun sebesar 45,512 kg/mm² terhadap *raw material*.

Pada spesimen hasil pengecoran ulang yang didinginkan dengan media pendingin udara dengan waktu tunggu dalam cetakan 10 menit memiliki nilai kekerasan sebesar 106,476 kg/mm² atau menurun sebesar 18,41 kg/mm² terhadap *raw material*, sedangkan pada waktu tunggu dalam cetakan 15 menit memiliki nilai kekerasan sebesar 111,839 kg/mm² atau menurun sebesar 13,047 kg/mm² terhadap *raw material*.

Berdasarkan hasil analisis data tersebut menunjukkan bahwa waktu tunggu dalam cetakan dan media pendingin sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan hasil coran. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh dari variasi waktu tunggu dalam cetakan 10 menit dengan media pendingin air garam mencapai kenaikan $93,11 \text{ kg/mm}^2$ dibanding raw material. Sedangkan nilai kekerasan terendah diperoleh dari variasi waktu tunggu dalam cetakan 10 menit dengan media pendingin udara dengan penurunan mencapai $18,41 \text{ kg/mm}^2$ dibanding dengan raw material.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa : (1) waktu tunggu dalam cetakan dan jenis media pendingin tidak berpengaruh besar terhadap porositas. (2) waktu tunggu dalam cetakan dan jenis media pendingin sangat berpengaruh terhadap kekerasan coran.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM International. (2004). "ASM Metal Handbook Vol.9"
- Barone, M. R., Caulk, D. A. (2005). *A Foam Ablation Model for LostFoam Casting of Aluminum*, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 48, pp. 4132–4149.
- Behm, S.U., Gunter, K.L., Sutherland, J.W. (2003). *An Investigation into The Effect of Process Parameter Setting on Air Emission Characteristics in The Lost Foam Casting Process*, American Foundry Society.
- Karim, I., Junaidy, A. (2012). Pengaruh Temperatur Tuang serta Ukuran Ayakan Pasir terhadap Cacat Porositas dan *Blowhole* Coran Al-Si7 yang Dicor dengan Metode *Evaporative*, Proceedings Seminar Nasional Energi erbarukan & Produksi Bersih 2012 Universitas Lampung (UNILA), Bandar Lampung, ISSN 0016087403, hal. 71-73
- Kim, K., Lee, K. (2005). *Effect of Pro cess Parameters on Porosity in Aluminum Lost Foam Process*, Journal Material Science Technology, Vol. 21 No.5, pp. 681-685.
- Kumar, S., Kumar, P., Shan, H. S. (2007). Effect of evaporative pattern casting process parameters on the surface roughness of Al-7% Si alloy castings, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 182, pp. 615–623.
- Monroe, R.M. (1992). *Expandable Patterns Casting*, American Foundryman's Society Inc., p.84.
- Shin S. R., Lee Z. H., 2004. "Hydrogen Gas Pick-Up of Alloy Melt During Lost Foam Casting". *Journal Of Material Science* Vol. 39 1536-1569.
- Siswanto, R. (2011). *Pengaruh Temperatur dan Waktu Peleburan Pengecoran Tuang Terhadap Struktur Mikro Paduan Al-21%Mg*, Jurnal Ilmiah Media Sains Kopertis Wil. XI, ISSN : 2085-3548, Volume 3, Nomor 1, Hal. 1-116
- Siswanto, R. (2014). "Analisis pengaruh temperatur dan waktu peleburan terhadap komposisi Al dan Mg menggunakan metode pengecoran tuang", Proceedings Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti (SNTMUT-2014), Jakarta, ISBN: 978-602-70012-0-6, MET06-6
- Siswanto, R. (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
- Surdia, T., Chijiwa, K. (1996). "Teknik Pengecoran Logam", Cetakan Ketujuh, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sutiyoko. (2013). Metode pengecoran lost foam menjawab tantangan dunia Industri pengecoran logam, *Jurnal Foundry* Vol. 3 No. 2 Oktober ISSN : 2087-2259
- Wijoyo, A.N., Osep T.S. (2012). "Kajian Komprehensif Struktur Mikro dan Kekerasan Terhadap Paduan Al-7,1Si-1,5Cu hasil Pengecoran Dengan Metode *Evaporative*", Prosiding SNST

ke-3 Tahun 2012 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang, ISBN 978-602-99334-1-3, hal. C.40-C.45

Zhao, Q., Gustafson, T.W., Hoover, M., Flemings, M. C. (2003). Fold formation in the Lost Foam Aluminum Process, *in: S.K. Das (Ed.), TMS, Warrendale*, 121–132.