

## **ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TUANG TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK DARI PADUAN Al-19,6Si-2,5Cu,2,3Zn (DAUR ULANG) HASIL PENGECORAN EVAPORATIVE**

*Rudi Siswanto*

*Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat  
rudi\_siswanto@yahoo.co.id*

### **ABSTRACT**

*Aluminum rongsokan has considerable potential as an engineering material for making an engine element. During this time aluminum rongsok still not utilized by manufacturing industry as product. One technology to make products from Al rongsok is metal foundry technology. Al rongsok can be recycled and potentially produce various component products. This study aims to determine the hardness and tensile strength of evaporative foundry results. The furnace for smelting uses the furnace krusibel with charcoal wood fuel. Material for casting used Al-19,6Si-2,5Cu- 2,3Zn rongsok alloy. The foundry method used is evaporative casting. Styrofoam as a pattern dumped in the sand print. This method will produce castings that match the pattern of styrofoam formed. Al alloy is melted in crucible furnace then poured with variation of casting temperature 650, 660, 670 and 680 oC. The results showed that the pour temperature had an effect on the value of hardness and tensile strength. At temperatures above 650 oC, the value of the hardness decreases with the increase of pouring temperature. At temperatures above 650 oC the tensile stress increases with the increase in pouring temperature.*

**Key words :** *Evaporative casting, Al-19,6Si-2,5Cu, 2,3Zn (Scrap), hardness, tensile strength*

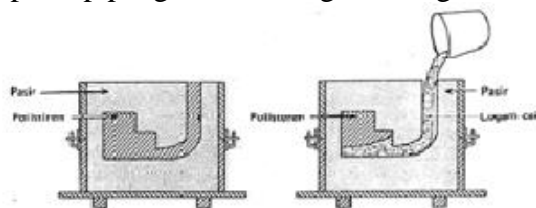
### **ABSTRAK**

Aluminium rongsok mempunyai potensi cukup besar sebagai material teknik untuk membuat suatu elemen mesin. Selama ini aluminium rongsok masih belum dimanfaatkan oleh industri manufaktur sebagai produk. Salah satu teknologi untuk membuat produk dari Al rongsok adalah teknologi pengecoran logam. Al rongsok dapat didaur ulang dan berpotensi menghasilkan produk berbagai komponen. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kekerasan dan kekuatan tarik dari hasil pengecoran evaporative. Tungku untuk peleburan menggunakan tungku krusibel dengan bahan bakar arang kayu. Material untuk pengecoran digunakan paduan Al-19,6Si-2,5Cu- 2,3Zn rongsok. Metode pengecoran yang digunakan adalah pengecoran evaporative. Styrofoam sebagai pola ditimbun dalam pasir cetak. Metode ini akan menghasilkan coran yang sesuai dengan pola styrofoam yang dibentuk. Paduan Al dilebur dalam tungku crusibel kemudian dituang dengan variasi temperatur tuang 650, 660, 670 dan 680 oC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperature tuang berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tarik. Pada temperatur di atas 650 oC nilai kekerasan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur penuangan. Pada temperatur di atas 650 oC tegangan tarik mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan temperatur penuangan.

**Kata kunci:** Pengecoran evaporative, Al-19,6Si-2,5Cu,2,3Zn (Scrap), kekerasan, kekuatan tarik

## PENDAHULUAN

Pengecoran *evaporative (evaporative casting)* adalah salah satu metode pengecoran logam, dimana 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 pengecon 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). Pada saat proses pencetakan, pola yang umumnya terbuat dari *polistiren* akan menguap dan logam cair akan mengisi rongga cetakan (Surdia dan Chijiwa,1975), prinsip pengecoran sebagaimana gambar 1.



Gambar 1. Prinsip pengecoran *evaporative*

Pasir cetak yang digunakan pada pengecoran evaporative bisa dari pasir silika, pasir zirkon, pasir olivine dan kromate (pasir gunung, pantai, sungai). Pasir cetak bias digunakan berulang dan dalam jangka yang lama. Pasir cetak dapat digunakan secara terus menerus selama masih mampu menahan temperatur cairan ketika dituangkan (Lal, 1981). Waktu pengisian logam cair ke dalam cetakan akan lebih lama apabila menggunakan pasir cetak yang memiliki ukuran lebih kecil. Kecepatan penuangan semakin besar dengan bertambahnya ukuran pasir cetak (Sands dan shivkumar, 2003). Hal ini karena rongga-rongga antar pasir akan semakin kecil dengan mengecilnya ukuran pasir sehingga gas hasil degradasi lebih sulit keluar melalui pasir. Pada pengecoran Al7%Si, ukuran pasir cetak memiliki factor dominan dalam menentukan nilai tegangan tarik dan elongasi benda cor (Kumar, et. al, 2007).

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. al, 2012).

Penelitian tentang pengecoran evaporative telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Shin dan Lee (2004) mengatakan, peningkatan temperatur

penuangan nilai porositas semakin tinggi. Bichler dkk. (2003) mengungkapkan, dengan peningkatan temperatur tuang maka semakin besar pula persentase porositas. Peningkatan temperatur tuang paduan Al-Si7, meningkatkan persentase porositas. Porositas tertinggi pada temperatur tuang 740 °C yang mencapai nilai 2,09% dan porositas terendah 0,5% pada temperatur tuang 680 °C (Karim, 2012). Porositas menurun dengan naiknya ukuran ayakan pasir. Ukuran ayakan pasir 0.2 mm memiliki porositas terbanyak yaitu 2.09% dibanding dengan porositas pada ukuran ayakan 0.8 mm mencapai 1.91%. Secara visual terlihat semakin besar ukuran ayakan pasir semakin kecil cacat (blowhole) serta semakin kecil pula bekas butir pada permukaan coran (Karim, 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).

Pengecoran *evaporative* juga memiliki beberapa kekurangan. Pasir yang tidak diikat akan memicu terjadinya cacat pada benda cor karena pasir yang jatuh ke logam cair (Kumar dkk, 2007). Usaha untuk mengikat cetakan styrofoam adalah dengan membuat cetakan tersebut vakum dimana cetakan dilapisi dengan lapisan *polyethylene* dimana proses ini menghasilkan emisi ke gas hasil pembakaran *styfoam* yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan pekerja (Behm dkk, 2003).

Semakin tinggi temperatur peleburan berpengaruh pada struktur butir fasa  $\alpha$ -Al semakin halus. Semakin lama waktu peleburan juga meningkatkan struktur butir fasa  $\alpha$ -Al semakin halus (Siswanto, 2011). Menurut Siswanto (2015) pada paduan Al-19,6Si-2,5Cu,2,3Zn, semakin tinggi temperatur 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.

Paduan Al-Si memiliki sifat mampu cor yang baik, tahan korosi, dapat diproses dengan permesinan dan dapat dilas. Diagram fasa dari Al-Si digunakan sebagai pedoman umum untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran paduan Al-Si. Paduan aluminium murni dan paduan eutektik mempunyai mampu alir yang baik, hal ini disebabkan kerana jarak pembekuan yang pendek. Sebaliknya paduan yang mempunyai jarak pembekuan yang panjang mempengaruhi sifat mampu alir menjadi jelek (Campbell, 2003).

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Bahan dan Peralatan

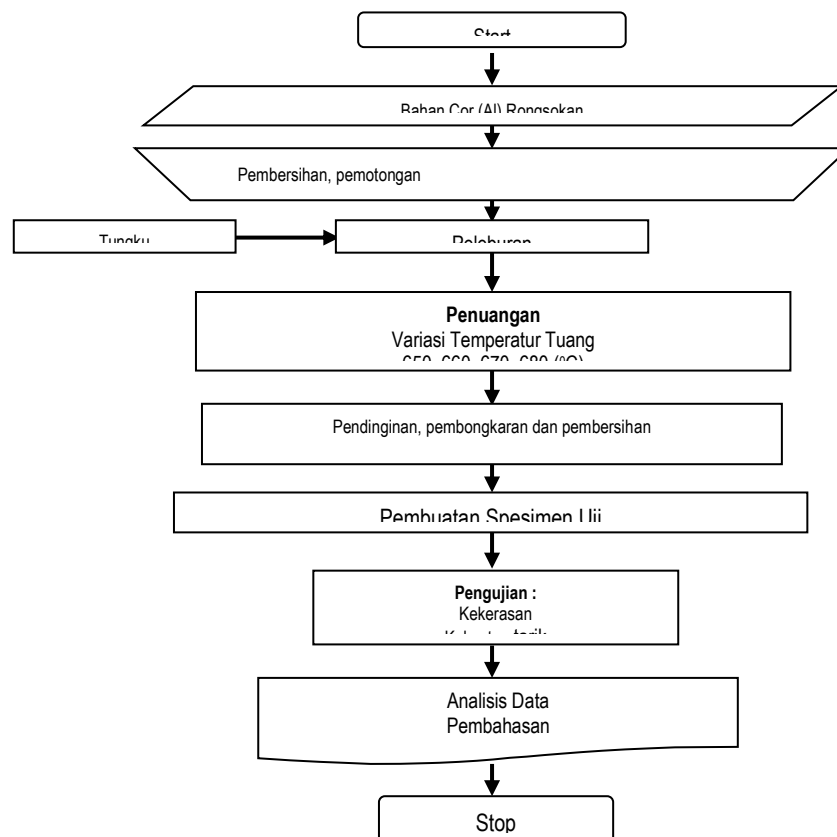
Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari bahan coran dari paduan Al-19,6Si-2,5Cu,2,3Zn (*Scrap*), bahan pola (*styrofoam*), bahan bakar (arang kayu) dan pasir cetak (50 mesh).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu peralatan peleburan (tungku krusibel), peralatan ukur (termokopel, mistar sorong), timbangan digital dan peralatan pengujian (kekerasan dan kekuatan tarik).

### 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen (uji laboratorium). Paduan Al rongsokan panaskan dalam tungku krusibel sampai logam mencair dengan variasi temperatur tuang. Setelah logam cair mencapai temperatur yang dikehendaki, kemudian dituang dalam cetakan dengan pola dari *styrofoam* selanjutnya didinginkan di udara (temperatur ruang). Produk hasil pengecoran dikeluarkan dari cetakan dan dibersihkan, kemudian dibuat spesimen, selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dan dilakukan kekuatan tarik.

### 3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

#### 4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas, variabel kontrol dan variabel terikat. Variabel bebas : temperatur tuang (650,660, 670,680) °C; variabel terikat : kekerasan dan kekuatan tarik.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Hasil Pengujian

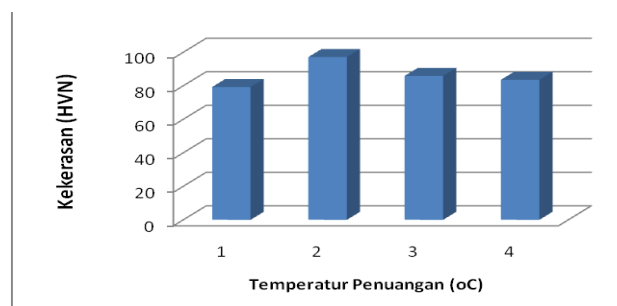
Berdasarkan hasil pengecoran dilakukan dengan variasi temperatur tuang ; (650, 660, 670, 680) °C, maka diperoleh data hasil pengujian sebagaimana tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data hasil pengujian

No	Temperatur Tuang (°C)	Kekerasan (HVN)	Tegangan Tarik (Kg/mm <sup>2</sup> )
1	650	79,27	36,70
2	660	97,17	32,14
3	670	85,89	37,29
4	680	83,57	47,90

#### 2. Pembahasan

Gambar 3 adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara temperatur penuangan dan nilai kekerasan (HVN). Nilai kekerasan paduan aluminium hasil coran pada pola dengan cetakan *styrofoam* pada temperatur tuang 650, 660, 670 dan 680 °C.

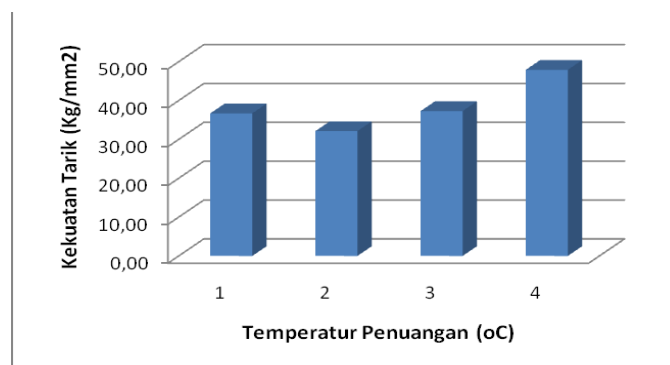


Gambar 3. Grafik hubungan temperatur penuangan dengan Kekerasan ( HVN)

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai kekerasan hasil coran paduan aluminium mengalami perubahan dengan berubahnya temperature tuang. Hal ini ada hubungannya dengan pengaruh temperatur tuang terhadap struktur mikro. Nilai kekerasan pada temperatur penuangan 650 °C nilai kekerasan coran 79,27 HVN, pada temperatur penuangan 660 °C nilai kekerasan coran 97,17 HVN, pada temperatur penuangan 670 °C nilai kekerasan coran 85,89 HVN dan pada temperatur penuangan 680 °C nilai kekerasan coran 83,57 HVN. Dari grafik

tersebut menunjukkan bahwa, nilai kekerasan coran mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur penuangan, atau semakin tinggi temperatur penuangan di atas 650 °C, maka nilai kekerasan akan semakin menurun. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada temperatur tuang 660 °C, sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada temperatur tuang 650 °C. Temperatur tuang sangat berpengaruh terhadap pembentukan struktur mikro, sedangkan struktur mikro berpengaruh terhadap nilai kekerasan bahan. Peningkatan temperatur tuang akan mengurangi nilai kekerasan, hal ini disebabkan laju pendinginan yang lambat sehingga terbentuk struktur mikro eutektik silikon yang semakin banyak dan semakin tipis yang cenderung bersifat lunak.

Gambar 4 adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara temperatur penuangan 650, 660, 670 dan 680 °C dan kekuatan tarik ( $\text{kg/mm}^2$ ).



Gambar 4. Grafik hubungan temperatur penuangan dengan tegangan tarik

Pada temperatur penuangan 650 °C tegangan tarik coran adalah  $36,70 \text{ kg/mm}^2$ , pada temperatur penuangan 660 °C tegangan tarik coran  $32,14 \text{ kg/mm}^2$ , pada temperatur penuangan 670 °C tegangan tarik coran  $37,29 \text{ kg/mm}^2$  dan pada temperatur penuangan 680 °C tegangan tarik coran  $47,90 \text{ kg/mm}^2$ . Dari grafik tersebut, menunjukkan bahwa, pada temperatur di atas 650 °C tegangan tarik mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan temperatur penuangan, atau pada temperatur di atas 650 °C semakin tinggi temperatur penuangan, maka tegangan tarik akan semakin meningkat. Tegangan tarik maksimum terjadi pada temperatur peleburan 680 °C, sedangkan tegangan tarik minimum terjadi pada temperatur peleburan 660 °C.

Temperatur tuang yang rendah mengakibatkan laju pendinginan yang lebih cepat, sehingga struktur mikro yang terbentuk berupa aluminium dendrite mendominasi permukaan coran, serta eutektik silikon diantara dendrite dengan bentuk panjang dan tipis. Temperatur tuang yang tinggi mengakibatkan laju pendinginan yang lambat, sehingga struktur mikro aluminium dendrite menjadi bulat panjang atau mendekati bulat, serta eutektik silikon menjadi serpihan-serpihan pendek dan halus diantara dendrite. Struktur mikro eutektik silikon memiliki karakteristik mekanis yang keras sehingga mempengaruhi kekerasan

bahan. Struktur eutektik silikon berupa serpihan-serpihan panjang meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik (ASM handbook vol.15, 1992).

Temperatur tuang sangat berpengaruh terhadap pembentukan struktur mikro, sedangkan struktur mikro berpengaruh terhadap nilai kekerasan bahan. Peningkatan temperatur tuang akan mengurangi nilai kekerasan, hal ini disebabkan laju pendinginan yang lambat sehingga terbentuk struktur mikro eutektik silikon yang semakin banyak dan semakin tipis yang cenderung bersifat lunak.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa temperature tuang berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tarik. Pada temperatur di atas 650 °C nilai kekerasan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur penuangan. Pada temperatur di atas 650 °C tegangan tarik mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan temperatur penuangan. Agar ditindak lanjuti dengan temperatur tuang 690-750 °C, untuk mengetahui seberapa besar kenaikan tegangan tarik dan penurunan kekerasannya.

## 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. and 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.

Bichler, L., Ravindran, C., and Machin A., 2003. *Challengges In Lost Foam Casting of AZ91 alloy*, Material Science Forum Vols.426-432. Pp. 533-538

Campbell, J., 2003, “*Casting 2nd Edition*”. Butterworth - Heinemann. pp. 74

Karim Ivan Junaidy Abdul, 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., and 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.

Lal, S., Khan, R. H., 1998, Current status of vacuum sealed molding process, *Indian Foundry Journal*, Vol. 27, pp.12–18.

- Monroe, R.M., 1992, *Expandable Patterns Casting*, American Foundryman's Society Inc., p.84.
- Sand, S., Shivkumar, S., 2003, Influence of coating thickness and sand fineness on mold filling in the lost foam casting process, *Journal of Materials Science*, Vol. 38, pp. 667– 673.
- 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 Rudi, 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 Rudi, 2011, *The Influence of Temperature and Melting Duration Pour Casting to Density and Hardness of Al-21%Mg Alloys*, **Jurnal Ilmiah Suara Teknik, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak**, ISSN : 2086-1826, Volume 2, Nomor 1, Hal. 1-67
- Siswanto Rudi, 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. Dan Chijiwa, K., 1996, “*Teknik Pengecoran Logam*”, Cetakan Ketujuh, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sutyoko, 2013, Metode pengecoran lost foam menjawab tantangan dunia Industri pengecoran logam, *Jurnal Foundry Vol. 3 No. 2 Oktober ISSN : 2087-2259*
- Wijoyo, Achmad Nurhidayat, Osep Teja Sulammunajat, 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*, pp. 121–132.