

## PENGARUH PENAMBAHAN Mn TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADA PADUAN Al-10Si DENGAN METODE LOST FOAM CASTING

Suherman<sup>1\*</sup> dan Fahrizal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Tanjungbalai (Poltan)  
Kampus Jalan Sei Raja Kota Tanjungbalai-SUMUT

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Medan (ITM)  
Kampus Jalan. Gedung Arca No.52 Telp (061) 734794 - Medan 20271 Sumatera Utara  
\*email : herman\_me\_itm@yahoo.com

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan Mn terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada paduan Aluminium hypoeutectic Al-10Si. Pada penelitian ini menggunakan metode Lost Foam Casting dimana bahan yang digunakan adalah Aluminium paduan Al-10Si. Aluminium paduan Al-10Si sebelum dan sesudah penambahan Mn dilebur dalam dapur krusibel dengan temperature tuang masing-masing 730 °C. logam cair selanjutnya dituangkan kedalam permukaan saluran turun dari pola Styrofoam secara perlahan-lahan. Setelah logam cair seluruhnya membeku maka selanjutnya dikeluarkan dari pasir silika untuk dibersihkan dan dipotong-potong untuk membuat specimen uji tarik, kekerasan dan uji bentur. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik servo pulser, sedangkan pengujian impact dilakukan menggunakan mesin uji impact metode charpy. Pengujian kekerasan benda cor dilakukan dengan menggunakan metode Rocwell test. Pengamatan benda cor diamati struktur mikronya menggunakan mikroskop optic. Hasil penelitian ini adalah dengan penambahan Mn pada paduan Aluminium Al-10Si meningkatkan nilai kekerasan. Sedangkan penambahan Mn paduan Al-10Si serta menurunkan ketangguhan benda cor dan kekuatan tarik maksimum benda cor. Penambahan Mn pada paduan Al-10Si merubah bentuk dari partikel Si dari bentuk Platelike kebentuk blocklike.

**Kata kunci :** Paduan Al-10Si, Penambahan Mn, Lost Foam Casting

### PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri tidak dapat dilepaskan dari penggunaan logam paduan. Kurang lebih 20% dari logam yang diolah menjadi produk industri merupakan logam bukan-besi (nonferrous), seperti aluminium silicon (Al-Si). Keunggulan material aluminium terdapat pada berat jenisnya yang ringan dan kekuatannya yang dapat ditingkatkan sesuai dengan kebutuhan. Kekuatan aluminium biasanya ditingkatkan dengan cara paduan (*alloying*) (Amstead, 1997).

Pengecoran *lost foam* 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 banyak industri pengecoran yang belum banyak mengetahui seluk beluk metode pengecoran *lost foam*. Metode *lost foam casting* (LFC) menggunakan pola dari Styrofoam atau busa polystyrene yang dimasukkan dalam pasir cetak. Salah satu kelebihanannya adalah keleluasaan dalam desain pola coran. Coran

dengan bentuk relatif rumit yang sulit dibuat dengan metode lain dapat dibuat dengan metode ini (Davis, 1993).

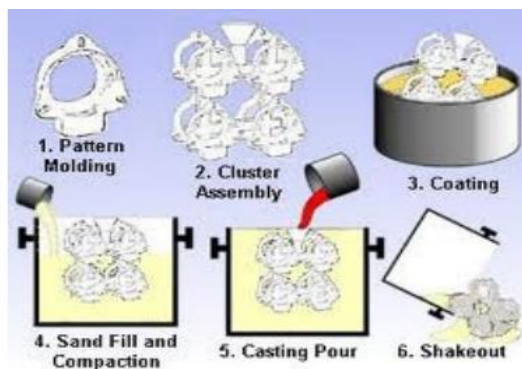
Pengecoran *lost foam* adalah metode pengecoran yang menggunakan bahan polystyrene foam sebagai bahan untuk membuat pola dan ditanam dalam pasir silika menjadi cetakan. Polystyrene foam akan mencair dan menguap ketika cairan dituangkan ke dalam cetakan sehingga tempat itu akan diisi oleh cairan logam didasarkan pada pendapat Askeland (Sutiyoko Jurnal Foundry). Tahapan metode pengecoran ini terlihat sebagaimana pada seperti terlihat pada Gambar 1.

Paduan aluminium silikon dan Mn merupakan logam yang banyak digunakan dalam perencanaan mesin. Logam ini merupakan logam paduan dengan silikon dan Mn sebagai paduan utamanya. Logam paduan aluminium silikon dan Mn merupakan logam yang memiliki sifat mampu cor dan mampu alir yang baik, mempunyai permukaan yang bagus, serta tanpa kegetasan panas (Solehstiyawan, 2006).

Dari penelitian tentang sifat mekanik (kuat tarik dan kekerasan) yang telah dilakukan pada

aluminium yang merupakan paduan dari Al-Si yang diberi penambahan Mangan dan perlakuan panas berhasil menunjukkan peningkatan kuat tarik pada penambahan 1,0% Wt. Namun, untuk penambahan yang lebih tinggi lagi (1,2% Wt), malah terjadi penurunan nilai kuat tarik dan kekerasan (Anzip dan suhariyanto, 2006).

Penelitian tentang penambahan Mangan pada aluminium silikon (Al-Si) telah dilakukan oleh beberapa peneliti, Adril dkk (2010) menambahkan Mangan pada Paduan Aluminium A7075. Kamiluddin (2008) menambahkan unsur Mangan (Mn) pada Aluminium 7wt% silicon, anzip dan suhariyanto (2006) meningkatkan sifat mekanik aluminium A356.2 dengan menambahkan mangan dan perlakuan panas T6. Sedangkan Shehadeh dkk (2015), mempelajari Penambahan Persentase Berbagai Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu) pada Perilaku Mekanik Aluminium dan Kumari dkk (2006) Pengaruh individu dan penambahan gabungan Jadilah , Mn , Ca dan Sr pada perilaku solidifikasi , struktur dan sifat mekanik paduan Al-7Si-0.3Mg-0.8Fe.



**Gambar 1** Tahapan proses pengecoran polisteren

Penambahan Mn pada paduan Aluminium A7075 menyebabkan penurunan kuat tariknya apabila kandungan Mn ditingkatkan menjadi 1,5 %Wt dan 2,0%Wt maka akan menurunkan nilai kekerasannya, penambahan mangan yang baik untuk meningkatkan kuat tariknya sebesar 1,0 %Wt (Adril dkk, 2010). menurut (Kumari dkk, 2006) penambahan mangan (Mn) pada paduan Al-7Si - 0.3Mg-0.8Fe menurunkan nilai ketangguhan. Dan juga (Anzip dan suhariyanto 2006) penambahan mangan pada paduan aluminium A356.2 juga menurunkan nilai kekuatan impak dari material tersebut.

Selain itu Penambahan Mangan (Mn) pada paduan Al-Si juga mempengaruhi bentuk/struktur cacat pada hasil coran seperti cacat berupa rongga/cavities. dengan penambahan Mn sebesar 0,5%Wt, 1,5%Wt dan 2,0%Wt terdapat adanya porositas hasil coran. Porositas yang muncul dapat dibedakan atas ukuran dan penyebabnya. Porositas berdasarkan ukuran dapat digolongkan atas dua jenis yaitu porositas mikro dan porositas makro. Porositas berdasarkan penyebabnya dapat digolongkan atas dua jenis yaitu porositas penyusutan dengan bentuk yang tidak teratur dan porositas gas berbentuk lingkaran (Adril dkk, 2010).

### METODE PENELITIAN

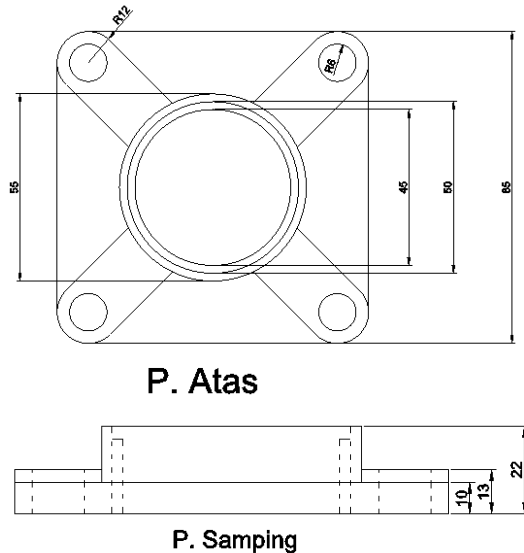
Pada penelitian ini menggunakan metode Lost Foam Casting dimana Pola coran berbahan Styrofoam/Polystyrene. Pola coran dipotong-potong mengikuti ukuran dan bentuk coran sebagaimana terlihat pada gambar (2). Selanjutnya pola coran dirangkai menjadi satu kesatuan dengan saluran turun (runner) dengan menggunakan lem Styrofoam. Rangkaian pola tersebut kemudian dimasukkan kedalam kotak dan timbun sampai penuh menggunakan pasir silica berukuran 30-50  $\mu$ m.

Aluminium paduan Al-10Si yang digunakan pada penelitian ini adalah termasuk kedalam golongan hypoeutectic dengan komposisi kimia sebagaimana tertera pada tabel 1. Pengujian komposisi kimia dilakukan sebelum dan sesudah penambahan Mn menggunakan mesin Spectrometer analysis. Aluminium paduan Al-10Si berbebe bentuk batangan dipotong-potong dan kemudian dilebur dalam dapur krusibel dengan temperature tuang 730 °C. pengamatan temperature logam cair dilakukan menggunakan Thermokopel Tipe-K. sesudah temperature tuang sudah tercapai maka selanjutnya dilakukan penuangan kedalam pola polystyrene/ Styrofoam yang sudah dipersiapkan sebelumnya.

Benda cor yang sudah dingin selanjutnya dikeluarkan dari pasir silica untuk selanjutnya diamati kemungkinan cacat yang terbentuk pada benda cor. Benda cor selanjutnya dipotong pada bagian saluran turun untuk memisahkan saluran turun dengan benda cor. Benda cor selanjutnya dilakukan proses machining guna membuat specimen uji kekerasan, uji tarik dan pengujian bentuk (impack test).

Pada penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan metode *Rockwell Hardness Tester* type LC-200 RB. Indentor yang dipakai ialah

scale “L” dimana mayor load 60 Kg dan dengan diameter bola baja  $\frac{1}{4}$  “. Pengujian impact yang dilakukan ialah dengan menggunakan metode *charpy*, adapun standard spesimen uji impact dengan menggunakan metode *charpy* dengan beban pendulum sebesar 8 Kg.



Gambar 2. Gambar pola yang akan dicor

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Kimia

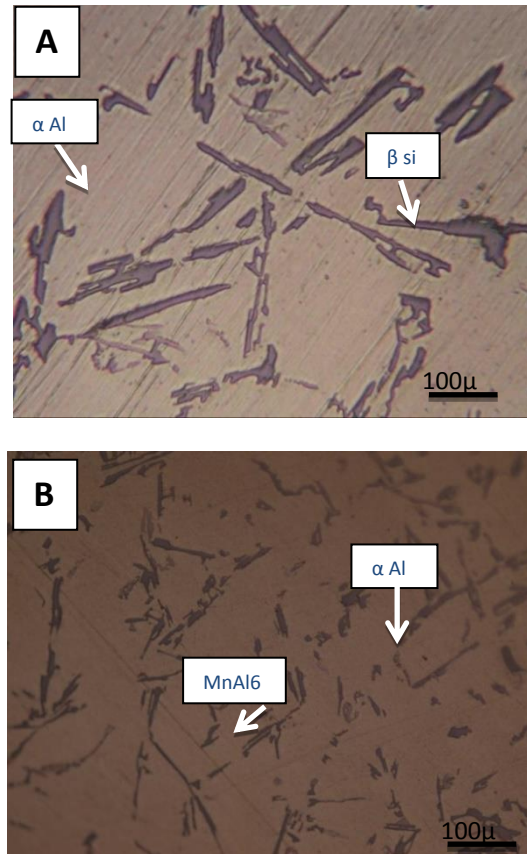
Untuk dapat mengetahui kandungan komposisi paduan Aluminium yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *spectrometer* analisis. Hasil uji komposisi kimia bahan yang digunakan sebelum dan sesudah penambahan 0.24 % Mn sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1. Dari hasil pengujian komposisi kimia bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah termasuk golongan aluminium paduan Al-Si *hypoeutectic* dengan jumlah persentase Si sebesar 10%.

### Pengamatan Struktur Mikro

Dari gambar 3 diatas terlihat bahwa penambahan Mn sebesar 0.24% pada paduan Al-10Si merubah struktur mikro terutama pada bentuk partikel Si serta ukurannya. Partikel Si ukurannya menjadi lebih kecil. Unsur mangan tersebar merata pada paduan Al-Si sehingga

terbentuknya senyawa  $MnAl_6$  dan menempati diantara atom atom aluminium Silikon sehingga susunan atom atom akan menjadi rapat (Anzip dan Suharyanto 2006).

Hasil foto mikro dengan menggunakan mikroskop optic pada paduan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mn dapat dilihat pada gambar 3.



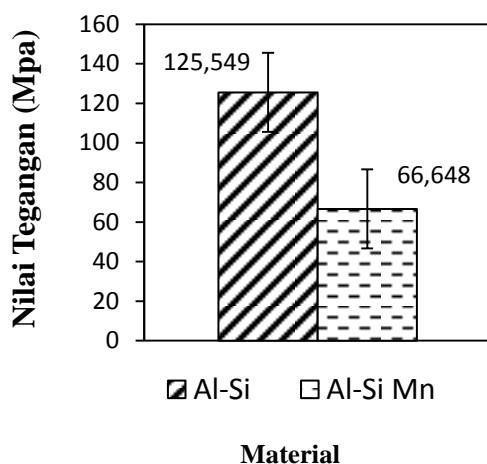
Gambar 3 Foto struktur a) paduan Al-Si (b) Al-Si-Mn

### Hasil Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik ini specimen yang digunakan mengacu pada standar JIZ Z2201. Specimen uji berbentuk lingkaran dengan jumlah tiga buah. Hasil pengujian tarik (*tensile Test*) pada kedua paduan (paduan Al-Si dan Al-Si-Mn) dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia (%)

Material	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Ti	Zn	Cr	Ni
Al-Si	89.0	10.5	0.048	0,001	0.002	0.138	0.001	0.001	0.002
Al-Si + Mn	88.4	10.8	0.096	0.001	0.250	0.113	0.001	0.004	0,002



**Gambar 4.** Grafik nilai tegangan maksimum

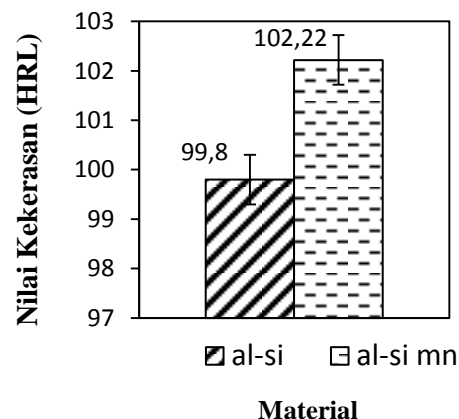
Dari grafik diatas hasil uji tarik pada paduan Al-Si dengan penambahan Mn didapatkan bahwa nilai tegangan maximumnya lebih tinggi bila dibanding dengan setelah penambahan Mn. Sedangkan nilai regangan nya sendiri paduan Al-Si lebih rendah dibanding dengan setelah penambahan Mn. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji tarik material Al-Si dan Al-Si-Mn, nilai rata rata tegangan Al-Si sebesar 125.549 Mpa dan sesudah penambahan Mn maka nilai Rata rata menurun menjadi 66.648 Mpa persentasi penurunannya sebesar 46%, sedangkan nilai regangan mengalami penurunan nilai rata rata material Al-Si sebesar 1.32% setelah diberi penambahan Mn pada paduan Al-Si nilai menjadi menurun menjadi 0.72% nilai persentasi penurunannya sebesar 45%.

Penambahan unsur Mn sebesar 0.24% kedalam paduan Al-10Si menyebabkan menurunnya nilai kekuatan tarik pada paduan Al-Si. Hal ini dikarenakan terdapat cacat pada specimen Al-Si-Mn dan dikarenakan suhu temperature yang terlalu tuang yang tinggi. Hal ini sesuai yang dilakukan oleh peneliti (Anzip dan suharyanto 2006) dan peneliti (kumari dkk 2006).

#### Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan hasil coran dilakukan pada bagian saluran masuk hasil coran dari prototype rumah bearing sebelum dan sesudah penambahan Mn pada paduan Al-Si. Metode yang digunakan dalam uji kekerasan ini menggunakan metode Rockwell Type Hardness Tester, dimana beban yang digunakan untuk menekan benda uji sebesar 60 Kg/f dan

diameter indenter  $\frac{1}{4}$  " atau 6,35 mm dengan scale "L". Hasil dari pengujian kekerasan pada paduan Al-10Si sebelum dan sesudah penambahan Mn seperti terlihat pada gambar (5).



**Gambar 5** Grafik Nilai Rata Rata kekerasan Rockwell

Dari Gambar (5) diatas terlihat hasil uji kekerasan sebelum dan sesudah penambahan Mn pada material Al-Si didapatkan nilai kekerasan rata-rata Al-10Si sebesar 99,8 HRL dan setelah penambahan Mn didapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 102,22 HRL. Dari pengujian kekerasan yang dilakukan penambahan Mn pada paduan Al-Si meningkat 2.42%.

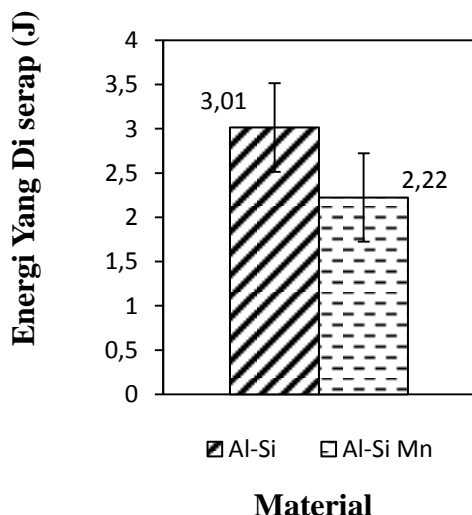
Meningkatnya kekerasan material Al-Si-Mn tersebut disebabkan karena senyawa  $MnAl_6$  memasuki tempat diantaraatom-atom Aluminium Silikon (lattice kristal,) sehingga susunan atom akan menjadi lebih rapat dan menimbulkan ikatan yang semakin kuat. Gaya yang diperlukan untuk menimbulkan dislokasi semakin besar nilai kekerasannya semakin besar. Sehingga membuat nilai kekerasan pada material Al-Si-Mn meningkat (Anzip dan Suharyanto 2006). Hal ini sesuai dengan yang dilakukan oleh peneliti (anzip dan suharyanto 2006) dan (Shehadeh dkk, 2015).

#### Ketangguhan

Untuk mengetahui ketangguhan impact paduan Al-Si dan Al-Si-Mn yang digunakan uji impact Charpy dengan sudut awal  $135^0$  dan panjang lengan 0,6 m dan massa bandul 8 Kg. Besarnya energy yang diserap paduan Al-Si dan Al-Si-Mn dapat dilihat pada gambar (6) berikut ini. Dari hasil diatas hasil uji impak pada paduan Al-Si dengan penambahan Mn

didapatkan bahwa energi yang diserap dan juga harga impak material menurun dengan adanya penambahan Mn sebesar 0.24%. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji impak material sebelum ditambahkan Mn nilai energi yang diserap sebesar 3.01 J dan sesudah ditambahkan Mn energi yang diserap menurun menjadi 2.22 J. Nilai ketangguhan paduan Al-10Si menurun sebesar 26 %. Begitu juga dengan nilai harga impak sebelum ditambah Mn yaitu sebesar  $0.0367 \text{ J/mm}^2$  dan sesudah ditambah Mn sebesar  $0.0273 \text{ J/mm}^2$ . Nilai Harga Impak menurun 25 % dari sebelum penambahan mangan (Mn).

Dari pengujian impak ini ternyata penambahan unsur Mn 0.24 % pada paduan Al-Si dapat menurunkan nilai *energy* yang diserap dan menurunkan nilai harga impak. Hal ini terjadi karena senyawa  $\text{MnAl}_6$  yang tersebar merata akan menambah kemampuan ikatan antar atom secara menyeluruh. Sehingga kemampuan untuk mulur terlebih dahulu ketika material ditarik juga meningkat, yang berarti elongation meningkat. Tetapi bila gaya yang terjadi secara mendadak (bukan ditarik secara pelan-pelan) maka material akan segera patah dan menurunkan nilai Harga impak dari paduan Al-SiMn tersebut (Anzip dan Suharyanto 2006). Hal ini sesuai dengan yang dilakukan oleh peneliti (anzip dan suharyanto 2006) begitu juga dengan penelitian (Shehadeh dkk 2015) dan penelitian (Kumari dkk 2006).



**Gambar 6.** Grafik Nilai Rata Rata Energi Yang Diserap

## KESIMPULAN

- 1 Penambahan Mangan (Mn) sebesar 0.24 % tidak terlalu signifikan meningkatkan nilai kekerasan benda cor yaitu hanya meningkat sebesar 2,42%. Sedangkan penambahan Mn pada paduan Al-10Si menyebabkan turunnya nilai harga impak sebesar 25% dan kekuatan tarik maksimumnya hingga mencapai 46%.
- 2 Mikrostruktur mengalami perubahan akibat penambahan Mn pada paduan Al-10Si dimana partikel Si mengalami perubahan dari bentuk Platelike menjadi bentuk blocklike dimana partikel Si tersebar merata dan juga membentuk senyawa  $\text{MnAl}_6$  tempat diantara

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H, dkk. 1997. "Teknologi Mekanik Jilid I Edisi Ke-tujuh Versi S1.Erlangga: Jakarta'.
- Anzip, A dan Suharyanto, 2006, "meningkatkan sifat mekanik aluminium A356.2 dengan menambahkan mangan dan perlakuan panas T6", JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 8,No. 2, Oktober 2006: 64 – 68.
- Adril, E., Zulfikar, Basa, S.M.D, dan Firmawati, N., 2010 "pengaruh penambahan mangan terhadap sifat mekanik pada aluminium A7075", POLI REKAYASAISSN : 1858-3709.
- Davis, J.R., 1993. ASM Specialty Handbook :*Aluminium and Aluminum Alloys*,
- Shehadeh, Lina M., Issam S. dan Jalham 2015 "The Effect of Adding Different Percentages of Manganese (Mn) and Copper (Cu) on the Mechanical Behavior of Aluminum",Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. All rights reserved - Volume 10, Number 1 (ISSN 1995-6665).
- Prima, I.N., 2010 "pengaruh penambahan logam" Fakultas Teknik Universitas Indonesia 2010.
- Kumari, R.M. Pillai\*, T.P.D. Rajan, B.C. Pai., 2007 "Effects of individual and combined additions of Be, Mn, Ca and Sr on the solidification behaviour, structure and mechanical properties of Al-7Si-0.3Mg-0.8Fe alloy", Materials Science and Engineering: A, Vol.460-461, 561-573.
- Setiawan, S., 2006., Pengaruh Variasi Penambahan Cu dan Jenis Cetakan Pada Proses Pengecoran terhadap Tingkat Kekerasan Paduan Aluminium silikon (Al-

Si), Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Sutiyoko, 2013, Metode pengecoran lost foam menjawab tantangan dunia industry pengecoran logam (jurnal foundry, POLMAN Ceper.