

## Pengaruh Penambahan Modifier Strontium (Sr) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Master Alloy Al-7% Si

### The Effect of Adding Modifier Strontium (Sr) on Hardness and Microstructure of Master Alloy Al-7%Si

Is Prima Nanda<sup>(1)</sup>, Angga Afrinaldi<sup>(2)</sup>

<sup>(1), (2)</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas  
Kampus Limau Manis, Padang, 25163. Indonesia  
*isprimananda@yahoo.com*  
*anggafrinaldi@gmail.com*

#### Abstrak

Dengan peningkatan jumlah kendaraan juga akan diikuti dengan kenaikan penggunaan paduan aluminium, salah satu paduan aluminium yang umum digunakan adalah paduan aluminium-silikon dengan kadar 7% Si untuk pembuatan komponen kendaraan. Penambahan unsur paduan sangat berpengaruh terhadap karakteristik *castability* (sifat mampu cor) dan sifat mekanis, yaitu sifat mampu alir (fluiditas) dan sifat kekerasan. Salah satu upaya untuk peningkatan sifat tersebut dilakukan dengan penambahan *modifier* stronsium (Sr). Pada penelitian ini dilakukan pengujian fluiditas dengan metoda vakum, pengamatan struktur mikro dengan menggunakan SEM dan pengujian kekerasan dengan metoda *Rockwell Hardness* (HRC). Hasil pengujian diperoleh bahwa tanpa penambahan Sr pada paduan *master alloy* Al-7%Si nilai kekerasannya didapatkan sebesar 22,3 HRC, kemudian dengan penambahan Sr 0,015%, kekerasan pada *master alloy* Al-7% Si naik sebesar 4,5%, kemudian penambahan Sr 0,03%, kekerasannya naik sebesar 19,5%, dan penambahan Sr 0,045%, kekerasannya menurun sebesar 1,3%, dengan temperatur tuang 720 °C.

**Keywords** : Aluminium-Silikon, Stronsium, Kekerasan, Struktur mikro, *Master Alloy*

#### 1. Pendahuluan

Meskipun pada kondisi krisis ekonomi global dewasa ini diprediksi akan terjadi penurunan penjualan otomotif, namun perkembangan industri otomotif tetap mengalami kemajuan yang cukup pesat. Berdasarkan data statistik PT. Krama Yudha Tiga Berlian Motor dapat dilihat khusus di Indonesia terjadi peningkatan volume penjualan kendaraan roda empat (<http://www.ktb.co.id> 2011). Dengan peningkatan penjualan kendaraan tersebut pasti diiringi dengan peningkatan akan kebutuhan material aluminium, dimana menurut data Aluminum Transportation Group (ATG) menyatakan bahwa, penggunaan material aluminium untuk komponen-komponen kendaraan roda empat mencapai 11% dari berat total kendaraan. Penggunaan aluminium untuk bahan baku komponen-komponen industri otomotif tersebut banyak digunakan seperti pada pembuatan *piston, wheels, cylinder blocks, cylinder heads, brake parts*, dan pembuatan komponen lainnya. Dimana untuk pembuatan komponen-komponen tersebut banyak sekali digunakan paduan aluminium yang dipadu dengan unsur silikon, magnesium, tembaga dan lainnya. (<http://aluminumtransportation.org> 2012)

Walaupun aluminium banyak digunakan untuk pembuatan produk-produk otomotif namun aluminium juga memiliki kelemahan, sehingga memiliki keterbatasan dalam aplikasinya seperti kekerasan, ketahanan aus dan kekuatan. Hal tersebut sangat penting dipertimbangkan dalam pembuatan produk otomotif terutama pada produk yang mengalami pembebanan dan mengalami gesekan dengan komponen lainnya. Beberapa aplikasi aluminium-silikon pada komponen otomotif dengan kadar silikon sebesar 7%, (aluminium silikon hipoeutektik)

Pada kondisi kerjanya komponen otomotif tersebut mengalami gesekan dan bekerja pada lingkungan temperatur tinggi, dan sering mengalami keausan akibat gesekan antara komponen dengan komponen lainnya sehingga dibutuhkan material yang memiliki kekerasan dan ketahanan terhadap temperatur yang tinggi pula. dalam pembuatan komponen otomotif dengan material aluminium juga sangat diperhatikan sifat mampu cor seperti kemampuan logam cair untuk mengisi rongga cetakan atau dikenal dengan sifat fluiditas.

Rekayasa material untuk meningkatkan nilai fluiditas dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu cara tersebut adalah dengan cara penambahan unsur-unsur

lain (*modifier*) kedalam paduan tersebut seperti stronsium (Sr)

Unsur Sr pada dasarnya memiliki dua fungsi, pertama adalah untuk menghambat pertumbuhan kristal-kristal silikon di dalam paduan aluminium yang akan menghasilkan partikel silikon yang mulanya berbentuk lamel-lamel (jarum-jarum kasar) secara bertahap menjadi bentuk granular, dan akhirnya menjadi partikel yang lebih halus (*fibrous*) dan terdistribusi merata (Nanda, Prima 2010). Dengan partikel yang lebih halus dan rata, pada paduan aluminium diprediksi dapat meningkatkan sifat mekanik paduan, mempermudah proses pemesinan dan yang paling penting yaitu untuk meningkatkan *castability* atau mampu cor paduan aluminium.

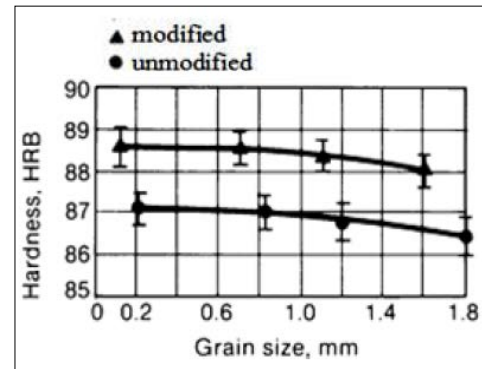
Penambahan *modifier* stronsium pada paduan Al-Si hipereutektik mengubah bentuk struktur silikon eutektik dari *acicular* menjadi *lamellar* dan *fibrous*. Penambahan optimal *modifier* stronsium pada paduan Al-Si hipereutektik adalah pada variabel 0,19%. Perlakuan panas T4 ke T6 merubah sifat mekanis dengan presentase peningkatan rata-rata nilai kekuatan tarik sebesar 23% dan nilai kekerasan sebesar 37% serta persentase penurunan rata-rata nilai laju aus sebesar 23%.(Suharno Bambang, dkk 2007)

Pengaruh penambahan *modifier* stronsium terhadap struktur mikro dan sifat mekanis paduan aluminium AC8A akan mengubah bentuk silikon eutektik dari *acircular* menjadi *fibrous*, menekan pertumbuhan silikon primer sehingga berukuran lebih kecil dan tersebar merata dan membuat fasa intermetalik yang terbentuk menjadi lebih tersebar merata, selain itu penambahan *modifier* stronsium membuat kekerasan paduan cenderung meningkat, namun ketahanan aus dan nilai elongasi cenderung menurun sedangkan kekuatan tarik tidak mengalami kecenderungan tertentu karena adanya porositas.(Damisih 2008)

Untuk paduan Al-7%Si, dengan penambahan *modifier* sebesar 0,03% akan menghasilkan struktur silikon yang lebih bulat dan halus (*fully modified*) dan tersebar merata pada matriks aluminium, sedangkan penambahan *modifier* sebesar 0,045% akan terjadi perubahan struktur silikon yang kurang halus dan merata (*overmodified*). (Suharno Bambang 2007)

Proses modifikasi menghasilkan struktur Si yang halus dan bulat sehingga meningkatkan kekerasan dari paduan Al-Si (Gambar 2.3). Penambahan *modifier* dengan jumlah yang berlebih dapat meningkatkan porositas pada produk akhir yang dihasilkan sehingga menurunkan kekerasan. Kekerasan erat kaitannya dengan ketahanan aus, semakin keras material maka semakin sulit material

untuk terkoyak material lain ketika bergesekan. Peningkatan kekerasan karena efek *modifier* disebabkan oleh distribusi, ukuran, dan bentuk dari fasa-fasa intermetalik yang terbentuk. Fasa intermetalik yang berukuran kecil, tersebar merata, dan terbentuk secara kontinu meningkatkan kekerasan paduan aluminium. (Young-Dong Kwon & Zin-Hyoung Lee 2003)



**Gambar 2.3** Kekerasan *as-cast* paduan A356 sebagai fungsi dari modifikasi dan ukuran butir

Paduan Al-Si banyak dipakai dalam industri pengecoran karena sifat mekanik, ketahanan korosi serta mampu cor (*castability*) yang baik. Namun seperti telah dijelaskan sebelumnya, paduan ini memiliki keterbatasan yaitu kristal silikon eutektik yang berbentuk *flake acicular* sehingga sifatnya menjadi getas (menjadi lokasi konsentrasi tegangan). Pengaruh Sr sebagai *modifier* adalah mengubah bentuk kristal tersebut menjadi bentuk *fibrous* yang halus dan bulat sehingga keuletan dan kekuatan tarik (UTS) paduan Al-Si-Cu menjadi meningkat (Gruzleski, John E & Bernard M. Closset 1990)

Penelitian penambahan *modifier* stronsium ini telah banyak dilakukan oleh para ilmuwan sebelumnya, terutama dalam bidang ilmu material, seperti penelitian penambahan *modifier* stronsium pada pengaruh penambahan Sr terhadap nilai fluiditas dari paduan aluminium-silikon (Al-Si). Namun pada penelitian yang telah dilakukan tersebut hanya meneliti sifat fluiditas dan struktur mikro pada paduan aluminium komersil. Akan tetapi penelitian pengaruh penambahan Sr terhadap nilai fluiditas dan sifat mekanik paduan aluminium-silikon murni (*master alloy*) belum banyak dilakukan oleh peneliti lain.

## 2. Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

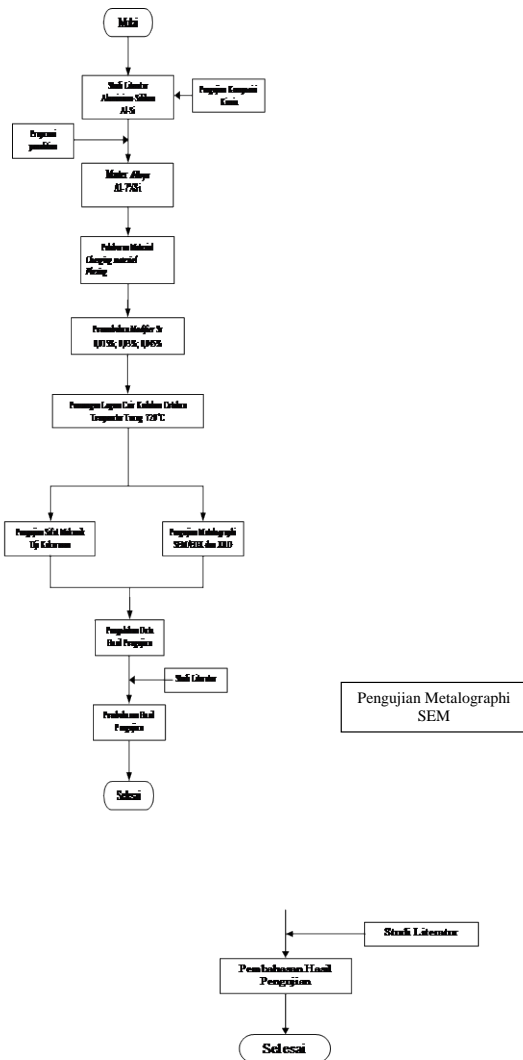
Penelitian ini dilakukan memodifikasi struktur mikro terutama struktur silikon *master alloy* Al-7%Si dengan penambahan *modifier* Sr sehingga mempengaruhi sifat mekanik aluminium-silikon, yaitu nilai kekerasan.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi

literatur dan mencari informasi perkembangan penelitian tentang paduan aluminium-silikon hipo eutektik. Selanjutnya dilakukan proses persiapan alat dan bahan dimana paduan yang digunakan adalah *master alloy* aluminium-silikon (Al-7%Si)



Gambar 2.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)



Gambar 3.1 Diagram

Gambar 2.1 Diagram alir penelitian

Selanjutnya dilakukan proses peleburan paduan yang meliputi proses *charging* material dan proses *fluxing*. Kemudian dilakukan rekayasa penambahan unsur dengan cara merekayasa penambahan Sr berdasarkan perhitungan *material balance* yang dilakukan. Setelah proses *melting* selesai, dilakukan penuangan untuk membuat sampel pengujian struktur mikro dan kekerasan.

Pengujian terhadap sifat mekanik dilakukan dengan pengujian kekerasan menggunakan alat *Hardness Rockwell Tester*. Selanjutnya dilakukan pengamatan struktur mikro dan morfologi yang terbentuk pada paduan aluminium dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) seperti pada Gambar 2.2.

### 3. Hasil dan Pembahasan

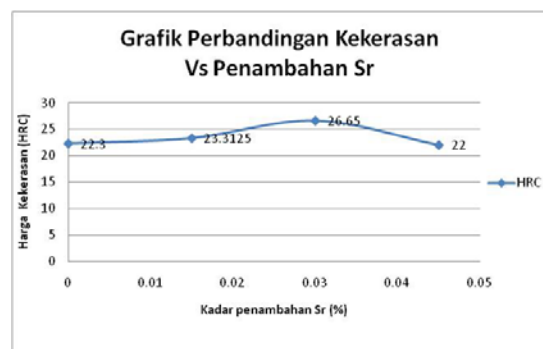
#### Pengaruh Penambahan Sr Terhadap Kekerasan Paduan Al-7%Si

Dari hasil pengujian didapatkan nilai kekerasan setiap sampel percobaan. Uji kekerasan dilakukan untuk keempat variabel (0% Sr, 0.015% Sr, 0.030% Sr dan 0.045% Sr) dengan metode *Rockwell tipe C*. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Nilai kekerasan sampel pengujian

Kadar Sr	Harga Kekerasan (HRC)								Hardness Average (HRC)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
0%	20	20,9	24,4	21,6	24,5	20	22,7	24,3	22,3
0,015%	19,6	23,7	25,3	21	27,2	20,2	24,9	24,6	23,3125
0,030%	24,5	29,1	25,1	29	22,7	29,8	22,4	30,6	26,65
0,045%	19,6	24,8	19	19,6	23,2	23,9	20,1	25,8	22

Dari tabel di atas dapat dilihat perbandingan kekerasan dari beberapa spesimen pengujian, nilai kekerasan rata-rata *master alloy* Al-7%Si yang didapatkan tanpa penambahan apapun sebesar 22,3 HRC kemudian setelah penambahan Sr dengan kadar 0,015% kekerasannya naik sebesar 4,5 %, dan penambahan Sr 0,03% kekerasannya mengalami kenaikan sebesar 19,5 %. Pada pengujian kekerasan dengan penambahan Sr 0,045% kekerasannya turun sebesar 1,3%. Grafik pengaruh penambahan Sr terhadap nilai kekerasan pada paduan Al-7%Si dapat dilihat pada Gambar 3.1.



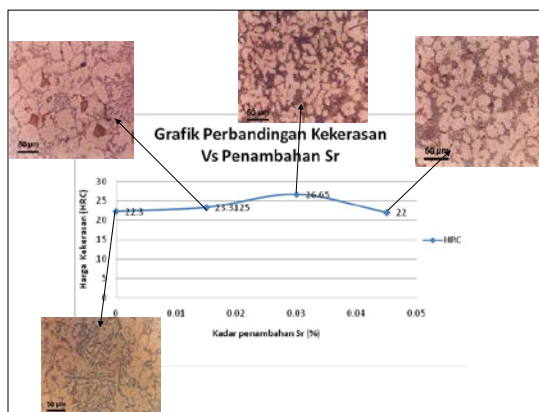
Gambar 3.1 Perbandingan kekerasan terhadap penambahan Sr

Dari data yang didapatkan dapat dianalisa bahwa terjadi perbedaan kekerasan akibat penambahan Sr dengan variasi penambahan 0,015%; 0,030% dan 0,045%. Faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut berdasarkan fungsi dari Sr yaitu

memodifikasi bentuk ukuran butir dari silikon yang pada awalnya berbentuk jarum-jarum yang kasar dan tidak merata. Peningkatan kekerasan ini dapat dikaitkan dengan perubahan struktur mikro pada paduan ini akibat penambahan Sr.

Peningkatan nilai kekerasan ini disebabkan karena perubahan struktur mikro dari paduan tersebut. Silikon eutektik yang semula berbentuk *acicular* (jarum) dan memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi, berubah menjadi bentuk *fibrous* (bulat) yang tersebar merata dan rendah tingkat konsentrasi tegangannya. (Amri Fachur 2008)

Pada penambahan 0,015% Sr menghasilkan kenaikan nilai kekerasan sebesar 4,5%, kenaikan ini dapat dikaitkan dengan struktur mikro paduan yang tidak signifikan berubah bentuk *fibrous* dimana paduan belum termodifikasi seluruhnya (*partially modified*). Peningkatan nilai kekerasan justru meningkat pada penambahan 0,03%. Pada penambahan ini meningkatkan kekerasan sebesar 19,5%, hal tersebut menunjukkan sudah cukup untuk memodifikasi silikon primer menjadi lebih bulat dan dan terdistribusi secara merata dan perubahan bentuk struktur mikro yang terjadi (*fullymodified*). Pada penambahan dan penambahan Sr sebesar 0,045%, nilai kekerasan mengalami penurunan sebesar 1,3%, akibat terjadinya dalam hal ini kemungkinan besar paduan telah mengalami *overmodified* (modifikasi berlebih) dan kemungkinan terbentuknya porositas.



**Gambar 3.2** Perubahan struktur mikro dengan penambahan Sr

#### 4. Kesimpulan

Penambahan *modifier* Sr pada paduan aluminium silikon (Al-7%Si) akan mempengaruhi nilai kekerasan dan struktur mikro yang dalam hal ini struktur silikon yang awalnya berbentuk jarum menjadi bentuk yang lebih bulat. Penambahan Sr 0,03%, akan menghasilkan nilai kekerasan yang optimum dan selanjutnya akan turun karena perubahan morfologi struktur silikon.

#### Referensi

- Anonim., Total Penjualan Kendaraan Mitsubishi & Nasional 2010 – 2011. (<http://www.ktb.co.id/tentang-kami/grafik-penjualan>, diakses 1 April 2012 pukul 09.45 WIB) (2012)
- Anonim., Aluminium in Transportation, Automotive Survey Confirms Aluminium use at all-time High and Significant Increase. (<http://aluminumtransportation.org>, diakses 1 April 2012 Jam 09.50 WIB) (2012)
- Nanda, Prima., Pengaruh Penambahan Fe dan Sr Terhadap Pembentukan Fasa Intermetalik dan Nilai Fluiditas Metode Vakum Pada Paduan Al-7% Si dan Al-11% Si. Disertasi. Universitas Indonesia (2010)
- Agung, R, N., Pengaruh Penambahan Modifier Stronsium dan Proses Perlakuan Panas T4 & T6 Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Paduan Aluminium Silikon Hipereutektik. Skripsi. Universitas Indonesia (2009)
- Damisih., Pengaruh Penambahan Modifier Stronsium Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Paduan Aluminium AC8A Hipereutektik. Skripsi. Universitas Indonesia (2008)
- Sunarno, B., Nanda, I.P., Evan, T., Peranan Modifier Stronsium Terhadap Fluiditas dan Perubahan Morfologi Struktur Silikom Pada Master Alloy Al-7%Si dan Al-11%Si. Jurnal Sains MIPA, Vol. 13 : 175-180 (2007)
- Young-Dong Kwon., Zin-Hyoung Lee., The Effect of Grain Refining and Oxide Inclusion on the Fluidity of Al-4,5Cu-0,6Mn and A356 Alloy. ScienceDirect. Volume 360, Issues 1–2, Pages 372–376 (2003)
- Gruzleski, John E., Bernard M. Closset., *The Treatment of Liquid Aluminum Silicon Alloys*. American Foundrymen's Society Inc Page : 57, 77, 31,39, 27-31, 32,40-41, 82, 86, 121, 120 (1990)
- Fachrul Amri., Pengaruh Penambahan Modifier Stronsium Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Paduan AC8H Hipereutektik. Skripsi. Universitas Indonesia (2008)