

Analisa Pengaruh Penambahan Sr atau TiB Terhadap SDAS, Sifat Mekanis dan Fluiditas Pada Paduan Al-6%Si

Suherman

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Tanjungbalai

e-mail: herman_me_itm@yahoo.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh penambahan Sr atau TiB terhadap *Secondary Dendrite Arm Spacing (SDAS)*, Sifat mekanis dan Fluiditas pada Paduan Al-6%Si. Paduan Al-6%Si dilebur dalam dapur krusibel pada temperatur 730 °C kemudian ditambahkan Sr atau TiB dalam logam cair, selanjutnya logam cair dituang kedalam cetakan pasir untuk membuat spesimen uji Tarik dan menguji sifat fluiditas logam cair dengan metode Birmingham. Hasil dari pengujian fluiditas diambil untuk dijadikan spesimen uji kekerasan dan pengukuran SDAS dengan memotong searah melintang benda cor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Sr atau TiB pada paduan Al-6%Si mengurangi ukuran SDAS, akan tetapi tidak terlalu signifikan mengurangi sifat fluiditas logam cair. Penambahan Sr atau TiB pada aluminium paduan tidak begitu besar pengaruhnya terhadap peningkatan *mechanical properties* seperti kekerasan dan kekuatan tarik benda cor.

Kata Kunci: Al-Si, fluidity, grain refiner TiB, modification Sr, SDAS

1. Pendahuluan

Akhir-akhir ini paduan Al-Si banyak dipakai terutama pada komponen otomotif karena mempunyai beberapa kelebihan bila dibanding dengan aluminium paduan lainnya [9]. Kelebihan paduan ini antara lain lebih ringan dibanding dengan besi dan baja, ketahanan korosi yang baik, tahan terhadap retak panas (*hot tearing*), mampu mesin dan las yang baik [9], [10].

Komposisi paduan dan pemilihan proses pengecoran dapat mempengaruhi struktur mikro dari aluminium paduan. Struktur mikro dapat dirubah dengan penambahan elemen tertentu pada paduan Al-Si yang mana dapat memperbaiki mampu cor (*castability*), sifat mekanis dan mampu mesin yang baik (*machinability*) [2]. Pada proses pengecoran dengan cetakan pasir, proses pendinginan relatif lambat sehingga diperoleh struktur eutektik berbentuk *lamellar* yang mana mengurangi kekuatan produk yang dihasilkan. Unsur kimia yang dipakai untuk mengontrol morfologi partikel silikon dan dapat merubah struktur mikro disebut *modifier* [2], [5]. Umumnya penambahan Sr dan Na sebagai *modifier* pada paduan Al-Si bertujuan menghasilkan struktur silikon eutektik dengan bentuk berserabut [2].

Ukuran butir dari aluminium paduan tergantung pada jumlah inti yang terbentuk dalam logam cair sebelum dimulainya pembekuan dan laju pendinginan bawah (*undercooling*). Penambahan beberapa elemen kedalam logam cair dapat memberikan awal pembentukan inti dan akan berkembang menjadi butir. Titanium biasanya ditambahkan kedalam logam cair sebesar 0,02-0,15%, tetapi pengaruhnya akan hilang setelah 40 menit penambahan [2]. Penghalus butir (*grain refiner*) TiB sangat penting sekali dalam memperbaiki sifat dari aluminium paduan seperti sifat mekanis, mengurangi porositas, lebih tahan terhadap retak panas (*hot cracking*), merubah struktur mikro dan memperbaiki hasil akhir pada permukaannya [2]. Umumnya pada paduan Al-6%Si ditambahkan penghalus butir TiB sebagai inokulan. Ada beberapa jenis dari penghalus butir yang baru diperkenalkan seperti: TiB dan TiC. Masing-masing penghalus butir mempunyai ciri dan manfaat yang spesifik [1], [7].

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai fluiditas adalah temperatur (derajat superheat), komposisi kimia, tegangan permukaan, konduktivitas material cetakan, inklusi dan viskositas [1],[8]. Variabel pengujian seperti diameter saluran masuk

juga mempengaruhi sifat fluiditas [8]. Ada beberapa metode pengujian fluiditas seperti metode Spiral dan metode Double Spiral. Metode spiral adalah metode yang paling sederhana, metode spiral ini umum digunakan pada uji fluiditas paduan aluminium, dimana cetakan (*dies*) terbuat dari baja, kemudian aluminium cair dituang menggunakan ladle. Pada penelitian ini digunakan metode Birmingham yang dikembangkan oleh Universitas Birmingham, UK. Pada pengujian ini data yang didapat tidak hanya panjang fluiditas melainkan juga efek dimensi rongga cetakan yang akan dilalui oleh logam cair melalui proses penuangan [4]

Penelitian ini menggunakan paduan Al-6%Si yang ditambahkan Sr sebagai

2. Material

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah paduan Al-6%Si. Hasil uji komposisi diperlihatkan pada **Tabel. 1**

Tabel.1 Hasil Komposisi kimia paduan Al-6%Si

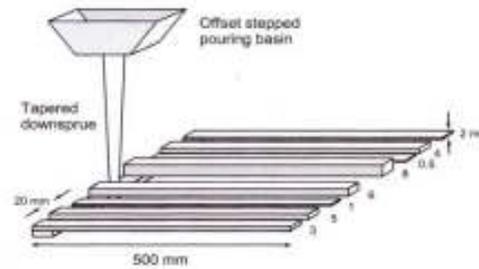
Paduan	Komposisi (%)												
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Ni	Pb	Sn	Sr	Al
Al-Si	6,04	0,74	0,46	0,07	0,103	0,647	0,01	0,01	0,04	0,08	0,01		91,68
Al-Si+Sr	6,04	0,74	0,35	0,07	0,149	0,60	0,07	0,01	0,03	0,08	0,01	0,04	91,78
Al-Si+TiB	6,04	0,76	0,46	0,09	0,149	0,60	0,11	0,01	0,03	0,08	0,01		91,66

3. Metode Penelitian

Paduan Al-6%Si sebelum dan sesudah penambahan Sr atau TiB diuji komposisi kimia menggunakan spektrometer. Paduan dilebur dalam dapur krusibel pada temperatur 730 °C. Al-10%Sr-14%Si dalam bentuk *master alloy* ditambahkan kedalam logam cair dan ditahan dalam dapur (*holding*) selama 10 menit sebelum penuangan. Begitu juga dengan penambahan Al-5%Ti-1%B dalam bentuk *master alloy* kedalam logam cair pada temperatur tuang 730 °C. Sebelum penambahan Sr atau TiB, logam cair ditambahkan fluks berjenis *coverall* yang bertujuan untuk mengikat hidrogen dan kotoran yang ada dalam logam cair.

Logam cair yang telah ditambahkan Sr atau TiB dituangkan kedalam cetakan pasir yang telah dipersiapkan sebelumnya. Logam cair sebelum dan sesudah penambahan Sr atau TiB diuji sifat

modifier dan TiB sebagai penghalus butir, selanjutnya observasi dilakukan pada ukuran *secondary dendrite arm spacing* (SDAS), sifat mekanis dan sifat fluiditas dari logam cair menggunakan metode Birmingham.



Gambar 1. Metode pengujian fluiditas Birmingham

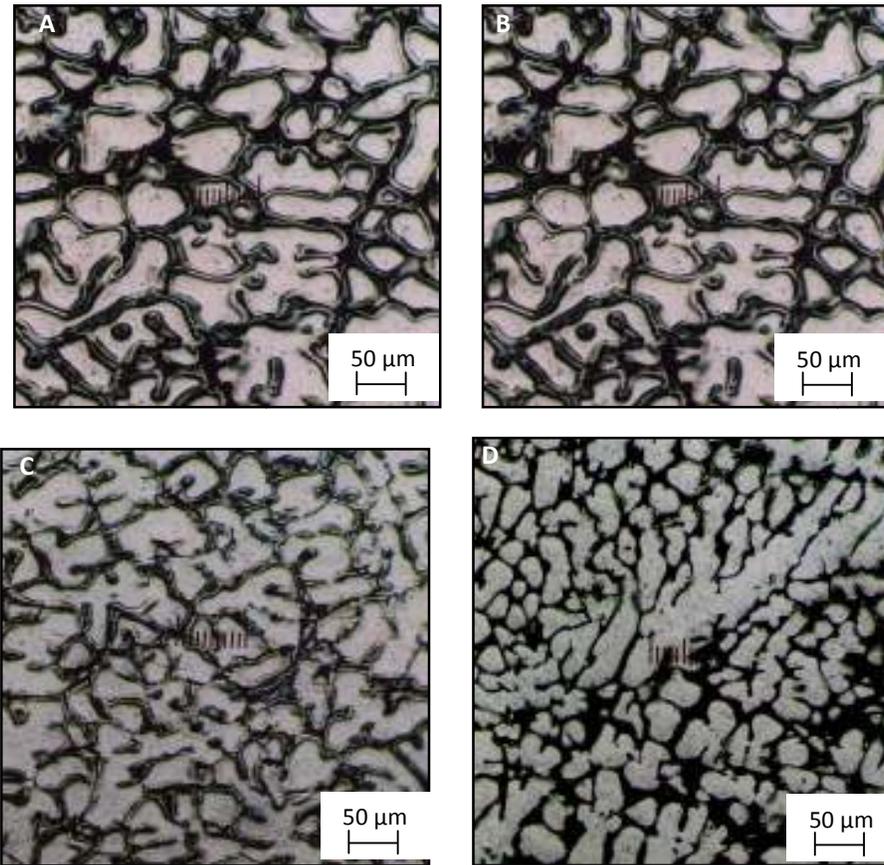
fluiditasnya dengan metode Birmingham seperti yang ditunjukkan Gambar 1, Pengukuran kemampuan alir logam cair untuk memasuki rongga yang tipis (fluiditas) dilakukan setelah logam cair membeku.

Pengamatan struktur mikro dengan perbedaan ketebalan benda cor dari kedua paduan didapatkan dari pengujian fluiditas dengan cara memotong hasil coran pada arah melintang ketebalan. Untuk mengamati struktur mikro hasil coran menggunakan mikroskop optik.

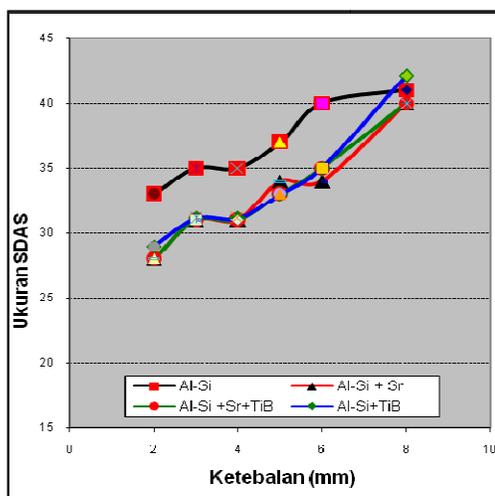
Pembuatan spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM B 26/B 26 M-01, dimana logam cair dituangkan kedalam rongga cetakan yang menyerupai spesimen uji tarik. Setelah logam cair membeku maka spesimen uji dipotong pada bagian ujung-ujungnya sehingga didapatkan spesimen uji tarik.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengamatan Struktur Mikro (SDAS)



Gambar 2. SDAS dari Paduan, a) Al-6%Si, b) Al-6%Si+Sr, c) Al-6%Si+TiB dan d) Al-6%Si+Sr+TiB



Gambar 3. Hubungan antara SDAS dengan variasi ketebalan benda cor pada paduan Al-6%Si

Berkurangnya ketebalan benda cor memberikan ukuran SDAS semakin kecil pada paduan Al-6%Si sebagaimana yang dikemukakan oleh [3]. Selain karena pengaruh ketebalan benda cor ukuran SDAS juga dipengaruhi penambahan Sr atau TiB pada paduan yang ditunjukkan Gambar 3. Penambahan Sr pada paduan Al-6%Si memberikan ukuran SDAS semakin berkurang seperti yang dikemukakan Wang dan Caceres [13]. Dari hasil pengukuran sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3 bahwa ukuran rata-rata SDAS adalah 25-40 μm.

Ukuran Secondary Dendrite Arm Spacing (SDAS) juga dipengaruhi oleh penambahan Sr. Penambahan Sr pada paduan Al-6%Si memberikan ukuran SDAS yang semakin kecil seperti yang dikemukakan oleh Shabestari dan Shahri

[11]. Begitu juga dengan penambahan penghalus butir TiB memberikan ukuran SDAS yang semakin kecil. Dengan penambahan Sr pada paduan Al-6%Si dengan kandungan 0,7%Fe menghasilkan berkurangnya ukuran SDAS, begitu juga dengan penambahan TiB menghasilkan berkurangnya ukuran SDAS untuk masing-masing variasi ketebalan.

Perbedaan ketebalan benda cor memberikan efek terhadap struktur mikro yang dihasilkan, walaupun perbedaan ketebalan tidak terlalu besar. Berkurangnya ketebalan benda cor memberikan struktur silikon eutektik yang lebih halus pada paduan Al-6%Si dengan kandungan Fe 0,7%, sedangkan dengan penambahan Sr untuk benda cor yang lebih tebal memberikan ukuran dendrit aluminum yang lebih besar pada paduan Al-6%Si seperti yang dikemukakan oleh Shabestari dan Shahri [11]. Hal ini disebabkan karena pengaruh laju pembekuan dari logam cair, semakin tipis benda cor maka memberikan laju pembekuan yang semakin tinggi [8].

4.2. Pengukuran Panjang Fluiditas Paduan Al-Si

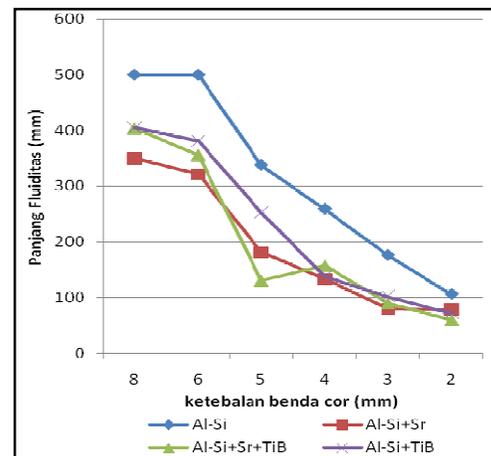
Hubungan antara panjang fluiditas terhadap perbedaan ketebalan benda cor pada temperatur tuang logam cair 730 °C ditunjukkan pada Gambar 4. Sifat fluiditas logam cair menurun seiring berkurangnya ketebalan benda cor untuk masing-masing penambahan Sr atau TiB pada paduan Al-Si.

Penambahan elemen paduan seperti Sr atau TiB sangat signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair pada paduan Al-Si, terutama pada rongga cetakan yang sangat tipis. Penambahan Sr kedalam paduan Al-6%Si cenderung menurunkan sifat fluiditas logam cair. Kemampuan logam cair paduan Al-6%Si untuk mengisi rongga cetakan telah tercapai kestabilan pada ketebalan benda cor 6 mm, yakni logam cair telah mampu mengalir sepanjang 500 mm rongga cetakan. Semakin tebal rongga cetakan memberikan sifat fluiditas yang semakin baik.

Kemampuan logam cair untuk mengisi seluruh rongga cetakan dipengaruhi beberapa faktor penting seperti tegangan permukaan, atom pengotor (*impurities*),

temperatur dan ketebalan benda cor. Berkurangnya ketebalan benda cor mengakibatkan turunnya kemampuan logam cair untuk mengisi seluruh rongga cetakan, hal ini penting untuk pembuatan komponen-komponen dengan dinding yang tipis. Sifat fluiditas logam cair menurun seiring dengan berkurangnya ketebalan benda cor pada pengujian fluiditas Birmingham pada paduan Al-6%Si [4],[8]. Hal ini disebabkan karena rongga saluran yang kecil sehingga mengakibatkan meningkatnya tegangan permukaan [4]. Tegangan permukaan tidak memberikan pengaruh yang signifikan kecuali dalam saluran masuk yang sangat kecil kira-kira diameternya 1/10 in [8].

Penambahan Sr atau TiB menurunkan sifat fluiditas logam cair pada paduan Al-6%Si, hal ini bertolak belakang sebagaimana yang dilaporkan oleh Sabatino, dkk [12].



Gambar 4. Hubungan panjang fluiditas terhadap perbedaan ketebalan benda cor pada paduan Al-6%Si

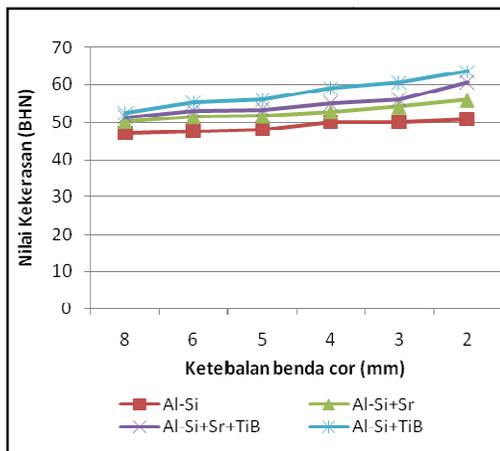
4.3. Pengaruh penambahan Sr dan TiB terhadap sifat mekanis

4.3.1. Hasil Pengujian kekerasan

Harga Kekerasan Brinell benda cor sangat dipengaruhi oleh ketebalan, harga kekerasan Brinell menurun seiring dengan peningkatan ketebalan benda cor. Peningkatan kekerasan Brinell benda cor erat kaitannya dengan struktur mikro dan ukuran SDAS yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran SDAS menghasilkan peningkatan harga kekerasannya. Harga kekerasan yang paling tinggi adalah pada

benda cor yang paling tipis, karena berkurangnya ketebalan benda cor menghasikan struktur dendrite dan ukuran SDAS yang lebih halus. Ini disebabkan oleh kecepatan dari logam cair mengalami pembekuan yang menyebabkan ukuran SDAS semakin halus. Sifat fluiditas logam cair sangat dipengaruhi oleh proses pembekuan, Suatu aliran logam cair dapat berhenti mengalir akibat terjadinya proses pembekuan dendrit yang tebal pada bagian ujung aliran sehingga menghambat aliran logam cair dibelakangnya. Semakin tipis rongga cetakan proses pembekuan lebih mudah terjadi.

Dari grafik hubungan antara ketebalan benda cor dengan nilai kekerasan (gambar 5) menunjukkan bahwa semakin tipis benda cor akan meningkatkan nilai kekerasan pada paduan Al-6%Si tanpa penambahan dan dengan penambahan Sr atau TiB.

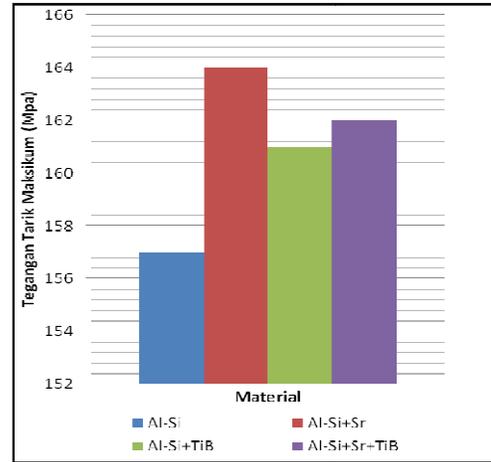


Gambar 5. Hubungan antara perbedaan ketebalan benda cor dengan nilai kekerasan pada paduan Al-6%Si

4.3.2. Hasil Pengujian Tarik

Dari hasil uji tarik menunjukkan bahwa spesimen yang ditambahkan Sr atau TiB pada paduan Al-6%Si tidak terlalu signifikan meningkatkan tegangan tarik. Untuk paduan Al-6%Si dengan penambahan Sr memberikan peningkatan tegangan tarik sebesar 3,7%, tegangan tarik mula-mula 157 MPa naik menjadi 164 MPa seperti yang ditunjukkan pada gambar

6. Begitu juga dengan penambahan TiB pada paduan Al-6%Si, tegangan tarik cenderung meningkat, tegangan tarik yang mula-mula sebesar 157 Mpa naik menjadi 161 MPa.



Gambar 6. Hasil uji tarik pada paduan Al-6%Si dengan penambahan dan tanpa penambahan paduan

Tegangan tarik paduan Al-6%Si dengan penambahan Sr+TiB kurang signifikan meningkatkan tegangan tarik benda cor. Tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) hasil pengujian menunjukkan peningkatan sebesar 3% yaitu sebesar 162 Mpa.

Penambahan *modifier* Sr paduan Al-6%Si memperbaiki kekuatan tarik sebagaimana yang dikemukakan oleh Shabestari dan Shahri [8], begitu juga dengan penambahan TiB paduan Al-6%Si menghasilkan peningkatan kekuatan tarik maksimum [6]

Kesimpulan

Penambahan Sr atau TiB pada paduan Al-6%Si tidak terlalu signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair. Tetapi mempengaruhi ukuran SDAS, ukuran SDAS berkurang seiring dengan berkurangnya ketebalan benda cor. Penambahan Sr atau TiB pada paduan Al-6%Si meningkatkan kekuatan tarik maksimum benda cor tetapi kurang signifikan. Begitu juga dengan nilai kekerasan benda cor setelah penambahan

paduan Sr atau TiB menunjukkan pengaruh yang tidak terlalu besar.

Daftar Pustaka

1. ASM Specialty Handbook, 1993, "Aluminium and Aluminium Alloys", Ohio, USA.
2. Brown, J.R., 1999, "Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook", Butterworth Heinemann, Eleventh Edition, Oxford.
3. Backman, J. dan Svensson, I.L., 2000, "Influence of In Gate System Design on Mechanical Properties of Cast Al-10Si-0,38Mg Alloy, School of Engineering, Jonkoping University, Sweden, p.p. 1-20.
4. Campbell, J. and Harding, R.A., 1994, "The Fluidity of Molten Metals", Training in Aluminium Application Technologies (Talat) Lecture 3205, p.p. 2-4
5. Cook, R., 1998, "Modification of Aluminium Silicon Foundry Alloy", www.Metallurgical.Com, London and Scandinavian Metallurgical Co. Limited, p. p. 1-10.
6. Campbell, J., 2000, "Castings", Butterworth Heinemann, Oxford , p.p. 74 – 85
7. Cooper, P and Barber, A., 2003, "Review of the Latest Development and Best Use of Grain Refiners", International Melt Quality Workshop, Prague, Czech Republic.
8. Flemings, M.C., 1974, "Solidification Processing", McGraw-Hill Book Company, New York.
9. Surdia, T. dan Saito, S., 1992, "Pengetahuan Bahan Teknik", P.T Pradnya Paramitha, Jakarta.
10. Smith, W.F., 1993, "Structure and Properties of Engineering Alloys", McGraw-Hill inc, Second Edition.
11. Shabestari, S.G. and Shahri, F., 2004, "Influence of Modification, Solidification Conditions and Heat Treatment on The Microstructure and Mechanical Properties of A356 Aluminium Alloy", Kluwer Academic Publisher, Journal of Material Science 39, p.p. 2023 – 2032.
12. Sabatino, M.D., Shankar, S., Apelian, D. and Amberg, L., 2005, "Influence of Temperature and Alloying Elements on Fluidity of Al-6%Si Alloy", The John Campbell Symposium.
13. Wang, Q.C. and Caceres, C.H., 1997, "Mg Effect on The Eutectic Structure and Properties of Al-Si-Mg Alloys", Material Science Forum, Vol. 242, p.p. 159-164.