

ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM ADC12 DENGAN TEKNIK PENGECORAN SEMI SOLID (RHEOCASTING)

Syahrudin Rasyid¹⁾, Muas M²⁾

^{1,2)}Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.

ABSTRACT

Aluminum silicon alloys (Al-Si) are generally used in the machine industry because of its superior properties such as; light weight, good heat conductivity, good casting properties, and good welding properties (Chiang, 2009). Aluminum die casting 12 (ADC12) is one type of Al-Si alloy with the addition of Cu, Fe, Mn, Mg, Zn, Ti, Cr, Ni, Pb, and Sn elements. In general, this study aims to find out the comparison of mechanical properties and microstructure of aluminum alloys before and after stirring. Specific to determine the effect of pouring temperature variation (580, 600, 620, 640, 660, and 680 OC) on fixed rotation and timing (300 rpm, 60 sec) to the mechanical properties and microstructure of aluminum alloys of ADC12. The research method used is literature study, aluminum alloy preparation ADC12, equipment of manufacture (melting furnace, stir bar, and metal mold), specimen for tensile test, hardness test, and microstructure test, specimen test, and analysis of yield data testing with statistical methods. The conclusion of the research of semi-solid casting of aluminum alloy ADC12 is the difference of mechanical properties of aluminum alloy ADC12 after the semi-solid casting process with the preparation of slurry without and with stirring. Where there is a marked improvement in the properties of aluminum alloys ADC12 marks and with stirring. The hardness of aluminum alloys ADC12 after stirring is higher than before stirring. The highest hardness occurred at 600 OC casting temperature of 87.9 HB after stirring and lowest at 680 OC at 76.7 HB before stirring. The highest tensile stress with stirring occurs at a temperature of 600 OC of 235 N / mm² and the lowest tensile stress at 680 OC casting temperature of 224 N / mm². Increased tensile stresses of aluminum alloys ADC12 in the semi-solid casting process are also followed by an increase in tensile strain. The pouring temperature has no effect on the mechanical properties of aluminum alloys ADC12 because the freezing speed remains the same at different pouring temperatures.

Keywords: ADC 12, Semi Solid Casting, Mechanical Stirrer.

1. PENDAHULUAN

Salah satu usaha untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dibidang otomotif adalah dengan menerapkan strategi pe-nurunan bobot kendaraan. Salah satu implementasi dari strategi ini adalah meng-ganti komponen otomotif berbahan paduan besi dengan paduan aluminium. Peman-faatan paduan alumi-nium untuk pembuatan komponen otomotif juga diikuti dengan pengem-bangan dibidang teknologinya. Sebagai contoh, pada saat ini ber-kembang proses baru yang dinamakan proses semisolid forming. Penerapan proses semisolid forming di dalam pembuatan produk otomotif menguntung-kan karena cycle time rendah, memperbaiki sifat, memperpanjang umur tool/dies dan menurunkan berat produk (Winterbottom, 2000 dan Flemming, 1991). Penggunaan aluminium sebagai komponen kendaraan bermotor sangat bervariasi meliputi pada blok mesin, bagian badan (rangka) dan lingkaran roda. Penggunaan aluminium dan paduannya ini dikarenakan sifatnya yang ringan dan kuat setelah dipadu dengan unsur lain seperti silikon, mangan, dan tembaga (Sutantra, 2001). Paduan aluminium silikon (Al-Si) pada umumnya digunakan dalam industri mesin karena sifatnya yang unggul seperti; ringan, konduktivitas panas yang baik, sifat mampu tuang yang baik, dan sifat mampu las yang baik (Chiang, 2009). Aluminium *die casting* 12 (ADC12) adalah salah satu jenis paduan Al-Si dengan penambahan unsur Cu, Fe, Mn, Mg, Zn, Ti, Cr, Ni, Pb, dan Sn. Unsur silikon pada paduan ADC12, sangat dekat dengan titik autektik pada diagram fasa Al-Si dan daerah dua fasa cair dan padat sangat tipis. Meskipun telah banyak dipublikasikan teknik semi solid dengan bahan paduan aluminium, namun penelitian menggunakan bahan paduan aluminium ADC12 dengan teknik semi solid masih sangat kurang.

Terdapat dua klasifikasi proses semisolid forming yaitu rheocasting dan thixocasting (atau thixoforging). Rheocasting merupakan proses yang didahului oleh proses perlakuan fasa cair menjadi semisolid berstruktur non-denditik (globular) yang selanjutnya langsung membentuknya menjadi produk. Meskipun begitu rheocasting juga dapat memiliki pengertian sebagai proses pengecoran yang dilakukan dengan memberikan geseran pada logam cair yang sedang mengalami proses pembekuan untuk menghasilkan struktur globular. Sedangkan thixocasting melalui urutan tahapan proses yaitu penyiapan billet,

¹ Korespondensi : Syahrudin Rasyid, Telp 081354933670, saharpnup@gmail.com

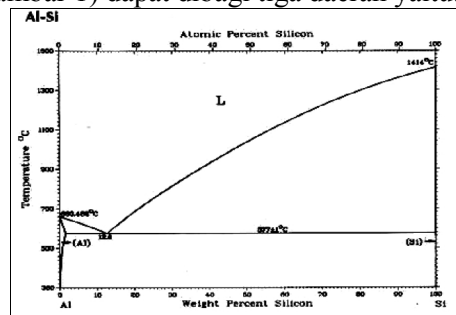
memanaskan billet sampai kondisi semisolid berstruktur globular dan selanjutnya membentuknya menjadi produk (Fan, 2002). Dalam kondisi semisolid, fasa primer yang berbentuk bulat (globular) akan memudahkan terjadinya pergeseran di antara fasa primer tersebut pada saat diberikan gaya pembentukan (Lashksari, 2007).

Selama proses semi solid casting, persiapan dengan slurry atau billet lebih ekonomis memakai butir primer yang berbentuk bulat dan prosesnya lebih stabil. Perkembangannya sekarang dalam penyiapan slurry paduan semi solid aluminium atau semi solid billet dilakukan dengan cara antara lain: pengadukan mekanik (single dan double stirring), pengadukan elektromagnetik, proses GISS (gas induced semi solid), proses SIMA (strain-induced melt activation), MRB (mechanical rotation barrel), dan lain-lain. Scamans dan Fan (2005) menyatakan bahwa metode rheocasting digunakan untuk menghasilkan semisolid metal. Logam yang dicairkan pada temperatur cair (liquidus) atau diatas temperatur cair (superheat) akan melewati fasa semisolid metal (SSM) sebelum mencapai temperatur solidus. Jika pada fasa semisolid ini logam cair diberikan gaya geser berupa putaran maka struktur mikro yang seharusnya berbentuk kolumnar atau dendritik akan terpotong akibat gaya ini, sehingga struktur kolumnar tidak akan terbentuk dan menjadi struktur mikro yang berupa potongan-potongan dari struktur kolumnar tersebut, struktur ini biasa disebut struktur globular.

Rheocasting dalam penelitian ini memakai metode pengadukan mekanik. Batang pengaduk yang digunakan dalam proses rheocasting selain sebagai pengaduk aluminium cair dari temperatur liquidus hingga solidus juga membantu mempercepat pendinginan aluminium cair tersebut. Kemampuan mendinginkan logam cair sangat dipengaruhi difusivitas termal yang dimiliki material batang pengaduk. Selama pengadukan dalam aluminium cair, gradien temperatur batang pengaduk dapat diminimalkan bergantung dari difusivitas termal material.

Paduan Al-Si ditemukan oleh A. Pacz tahun 1921. Paduan Al-Si yang telah diperlakukan panas dinamakan *Silumin*. Sifat – sifat silumin sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Paduan Al-Si umumnya dipakai dengan 0,15% – 0,4% Mn dan 0,5 % Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan (*solution heat treatment*), *quenching*, dan *aging* dinamakan *silumin g*, dan yang hanya mendapat perlakuan aging saja dinamakan *silumin b*. Paduan Al-Si yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas. Bahan paduan ini biasa dipakai untuk piston kendaraan (Surdia, 1992).

Pada diagram fasa Al-Si (Gambar 1) dapat dibagi tiga daerah yaitu:



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

a. Daerah Hipoeutektik

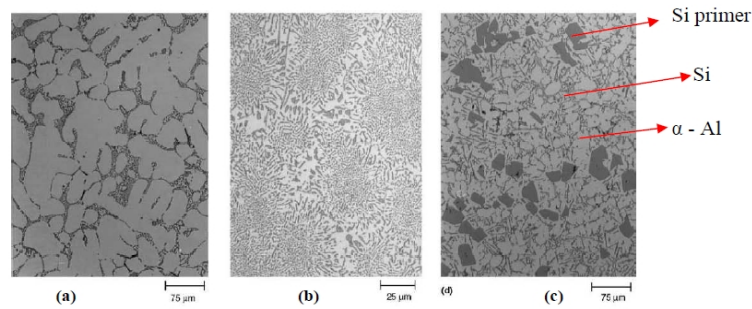
Pada daerah ini terdapat kandungan silikon < 11,7% dimana struktur mikro akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah fasa α – aluminium dan eutektik (gelap) yang kaya aluminium yang memiliki kekerasan 90 HB. Struktur mikro hipoeutektik diperlihatkan pada gambar 2.a.

b. Daerah Eutektik

Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari fase cair ke padat). Kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7% sampai 12.2% untuk struktur mikro eutektik bisa dilihat pada gambar 2.b. Material ini memiliki kekerasan 105 HB dan uji tarik 248 MPa sehingga banyak diaplikasikan pada komponen dengan tekanan yang tinggi, seperti: crank case, wheel hub, cylinder barrel. (ASM Handbook vol 15, 1998)

c. Daerah Hypereutectic

Struktur mikro hypereutectic pada gambar 2.c menunjukkan Komposisi silikon diatas 12.2% sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan dan memiliki kekerasan 110 HB.



Gambar 2. Struktur mikro paduan Al-Si (a) Struktur mikro paduan hypoeutectic (1.65-12.6 wt% Si). 150X. (b) Struktur mikro paduan eutectic (12.6% Si). 400X. (c) Struktur mikro paduan hypereutectic (>12.6% Si). 150X (ASM International, 2004).

Tipe paduan tergantung pada presentase kandungan silikon ini akan berpengaruh terhadap titik beku (freezing point) yang dipakai pada proses pengecoran aluminium yang bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Si berpengaruh terhadap temperatur titik beku paduan aluminium (ASM Int, 2004).

Alloy	Si Conten	BS Alloy	Typical freezing range (°C)
Low silicon	4 – 6 %	LM4	626 – 525
Medium silicon	7,5 – 9,5 %	LM25	615 – 550
Eutectic alloys	10 – 13 %	LM6	675 – 565
Special hypereutectic alloys	>16 %	LM30	650 – 505

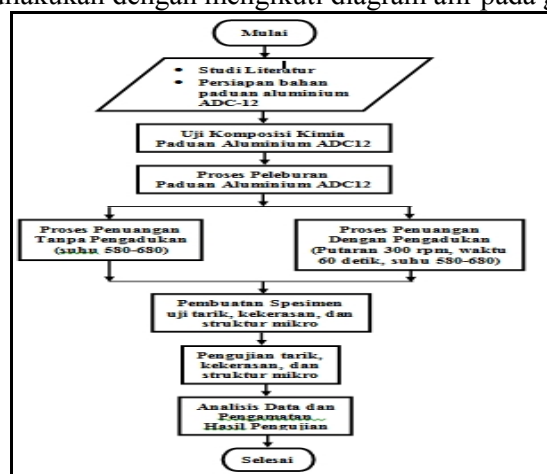
Paduan aluminium ADC 12 ini memiliki kesetaraan dengan paduan aluminium 384.0-F dan 383.0-F (ASM Handbook vol.15, 1992). Menurut standar klasifikasi AA, aluminium jenis ini termasuk ke dalam paduan Al-Si-Cu. Pada Tabel 2 menunjukkan sifat utama dari paduan aluminium ADC12.

Tabel 2. Sifat utama dari paduan aluminium ADC12. (ASM Handbook vol.2, 1992).

Sifat	Nilai
Densitas	2.74 - 2.823 g/cm 3
Temperatur cair	516 - 582 °C
Kekuatan tarik	310 - 331 Mpa
Kekuatan luluh	150 -165 Mpa
Kekerasan <i>Brinell</i>	75 – 85 HB
Perpanjangan	2.50 - 3.5 %
Temperatur tuang	616 - 699 °C

2. METODOLOGI PENELITIAN

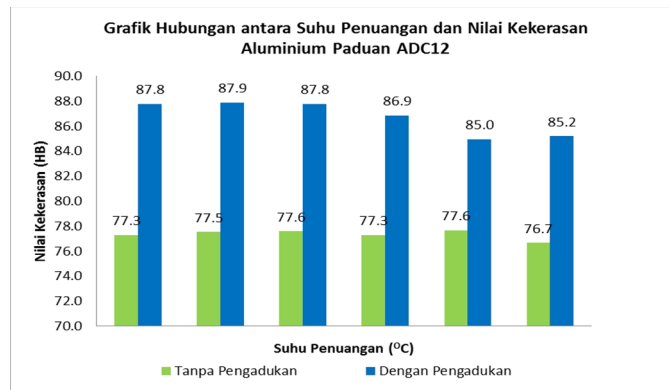
Kegiatan penelitian ini dilakukan dengan mengikuti diagram alir pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

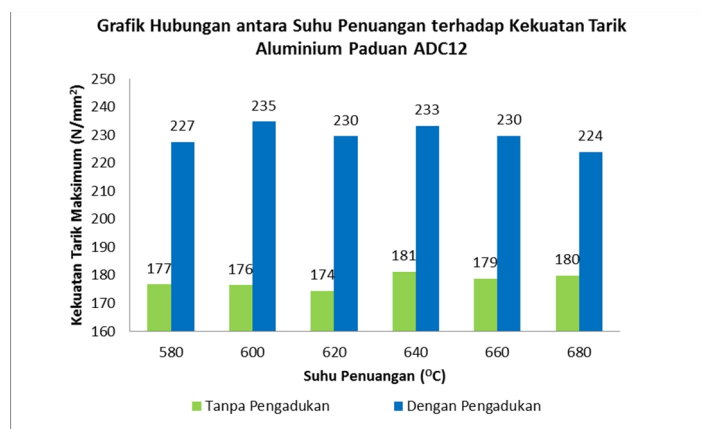
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan nilai kekerasan bahan aluminium ADC12 setelah dilakukan proses pengecoran semi solid dengan persiapan bubuk tanpa dan dengan pengadukan mekanik dapat dilihat pada gambar 4.

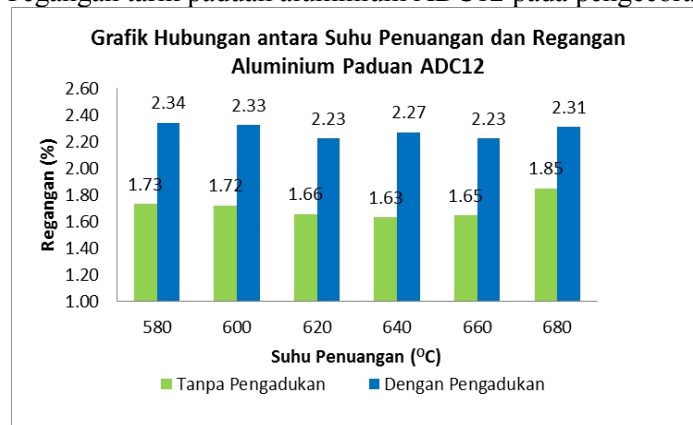


Gambar 4. Nilai kekerasan aluminium paduan ADC12 pada pengecoran semi solid

Sifat mekanik lain yang diukur pada penelitian ini adalah sifat tarik. Berdasarkan hasil pengujian tarik bahan paduan aluminium ADC12 setelah dilakukan proses pengecoran semi solid, maka diperoleh nilai kekuatan tarik dan regangan tarik seperti terlihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. Tegangan tarik paduan aluminium ADC12 pada pengecoran semi solid.



Gambar 6. Regangan tarik paduan aluminium ADC12 pada pengecoran semi solid.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian atau pengamatan struktur mikro paduan aluminium ADC12 hasil pengecoran semi solid tanpa dan dengan pengadukan. Perbandingan hasil pengujian struktur bahan paduan aluminium ADC12 setelah dilakukan proses pengecoran semi solid tanpa dan dengan pengadukan dapat dilihat pada gambar 7.



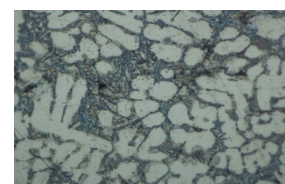
Suhu 580°C



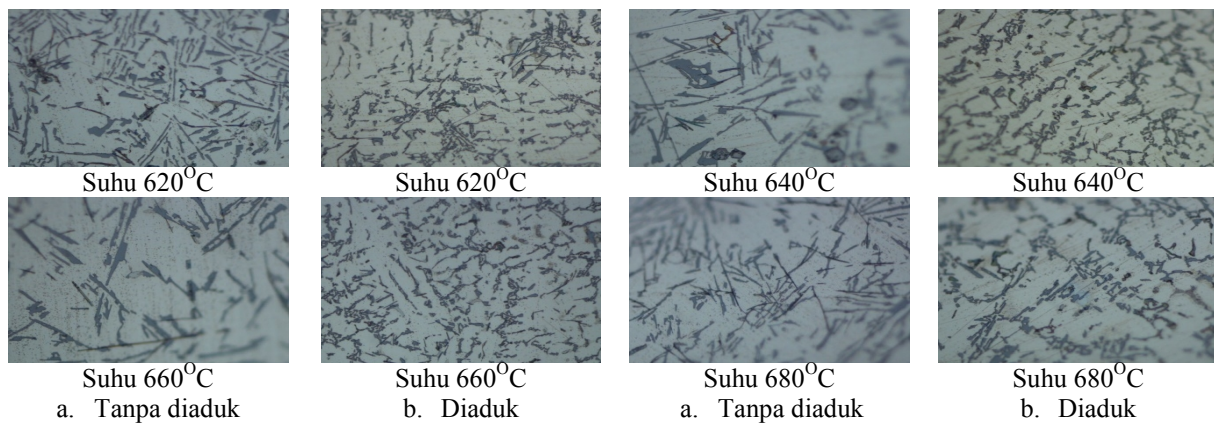
Suhu 580°C



Suhu 600°C



Suhu 600°C



Gambar 7. Struktur mikro paduan aluminium ADC12, tanpa diaduk (a) dan diaduk (b) (pembesaran 200X).

Pada Gambar 4 diperlihatkan hasil pengujian kekerasan aluminium ADC12 pada proses pengecoran semi solid (Rheo-casting) dengan persiapan bubuk tanpa dan dengan pengadukan menggunakan pengaduk mekanik. Kekerasan paduan aluminium ADC12 setelah diaduk lebih tinggi daripada sebelum diaduk. Kekerasan tertinggi terjadi pada suhu penuangan 600OC sebesar 87,9 HB dan terendah pada suhu 680OC sebesar 76,7 HB. Hal ini menunjukkan bahwa persiapan bubuk ADC12 dengan pengadukan mekanik berdampak pada meningkatnya nilai kekerasan paduan aluminium ADC12. Gambar 5 diperlihatkan hasil pengujian tarik aluminium ADC12 pada proses pengecoran semi solid (Rheo-casting) dengan persiapan bubuk tanpa dan dengan pengadukan menggunakan pengaduk mekanik. Tegangan tarik paduan aluminium ADC12 pada pengecoran semi solid dengan pengadukan mekanik memiliki nilai tegangan tarik lebih besar dari pada sebelum diaduk. Tegangan tarik tertinggi dengan pengadukan terjadi pada suhu penuangan 600 °C sebesar 235 N/mm² dan tegangan tarik terendah terjadi pada suhu penuangan 680 °C sebesar 224 N/mm². Peningkatan tegangan tarik paduan aluminium ADC12 pada proses pengecoran semi solid juga diikuti dengan peningkatan regangan tarik seperti terlihat pada gambar 6. Hal ini memungkinkan paduan aluminium ADC12 dapat dibuat produk dengan proses pembentukan. Gambar 7 memperlihatkan perbandingan struktur mikro permukaan produk paduan aluminium ADC12 sebelum dan sesudah diaduk pembesaran 200X. Pada gambar 7.a secara umum terlihat unsur silikon (berwarna hitam) berbentuk garis memanjang diantara matriks aluminium yang membentuk dendrit-dendrit panjang tersebar merata. Pada gambar 7.b unsur silicon (berwarna hitam) berbentuk garis pendek-pendek atau terpotong-potong akibat proses pengadukan. Struktur dendritik pada aluminium yang diaduk dengan pengaduk mekanik sebagian sudah berubah menjadi struktur globular. Perubahan struktur mikro paduan aluminium ADC12 dari struktur dendritik menjadi struktur globular meningkatkan sifat mekanik.

Berdasarkan pengamatan pada gambar 4 dan gambar 5 dapat dilihat bahwa suhu penuangan paduan aluminium ADC12 dari suhu 580 °C ke 680 °C memperlihatkan perubahan sifat mekanik yang cenderung sama. Hal ini terjadi karena kecepatan pembekuan dari suhu penuangan ke suhu pembekuan yang sama walaupun waktu pembekuan pada suhu tinggi lebih lama daripada waktu pembekuan pada suhu penuangan yang rendah.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian pengecoran semi solid paduan aluminium ADC12 adalah; 1). Terjadi perbedaan sifat mekanik paduan aluminium ADC12 setelah dilakukan proses pengecoran semi solid dengan persiapan bubuk tanpa dan dengan pengadukan. Dimana terjadi peningkatan sifat mekanik paduan aluminium ADC12 tanpa dan dengan pengadukan. Kekerasan paduan aluminium ADC12 setelah diaduk lebih tinggi daripada sebelum diaduk, 2). Kekerasan tertinggi terjadi pada suhu penuangan 600 °C sebesar 87,9 HB setelah diaduk dan terendah pada suhu 680 °C sebesar 76,7 HB sebelum diaduk, 3).Tegangan tarik tertinggi dengan pengadukan terjadi pada suhu penuangan 600 °C sebesar 235 N/mm² dan tegangan tarik terendah terjadi pada suhu penuangan 680 °C sebesar 224 N/mm². Peningkatan tegangan tarik paduan aluminium ADC12 pada proses pengecoran semi solid juga diikuti dengan peningkatan regangan Tarik, 4). Suhu penuangan tidak berpengaruh terhadap sifat mekanik paduan aluminium ADC12 karena kecepatan pembekuan tetap sama pada suhu penuangan yang berbeda.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Antara, N.G., Tabuchi, S., Suzuki, K., Kamado, S., and Kojima, Y., 2005, Refining Nuclei and Distributing Spherical Primary Crystals in Billets for Semi-Solid Casting, *Journal of Materials Online*, <http://www.azom.com>.
- ASM, Handbook, 1998. Properties and selection: non ferrous alloys and special purpose-material, Volume 2. ASM International, Materials Park, OH.
- ASM, Handbook, 1992. Casting, Volume 15. ASM International, Materials Park, OH
- Chiang KT, Liu NM, Tsai TC. 2009. Modeling and analysis of the effects of processing parameters on the performance characteristics in the high pressure die casting process of Al–Si alloys. *Int J Adv Manuf Technol* 2009; 41:1076–84.
- Fan, Z., 2002, “Semisolid Metal Processing”, *International Materials Reviews*, Vol. 47, No.2.
- Flemings, M.C., 1991, “Behavior of Metal Alloys in The Semisolid State”, *Metallurgical Transactions A*, Vol. 22A, 957–981.
- Ivanchev, L., 2006, *Rheo-Processing Of Semi-Solid Metal Alloys A New Technology For Manufacturing Automotive And Aerospace Components*, CSIR, North America.
- Janudom, S. T. Rattanochaikul, R. Burapa, S. Wisutmethangoon, J. Wannasin. 2010. Feasibility of semi-solid die casting of ADC12 aluminum alloy. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 20(2010) 1756–1762.
- Lashkari, O. and Ghomashchi, R., 2007, “The implication of Rheology in Semi–Solid State Metal Process : An overview”, *Journal of Materials Processing Technology*, 182, 229–240.
- Martinez, K.M., 2000, Effect of Mold Coating on The Thermal Fatigue in Al Permanent Mold Casting. *AFS transaction*.
- Spencer DB, Mehrabian R, Flemings MC. 1972. Rheological behavior of Sn-15 Pct Pb in the crystallization range. *Metall Mater Trans B* 1972; 3: 1925–32. In Zhenyu Wang, Zesheng Ji, Maoliang Hu, Hongyu Xu. 2011. Evolution of the semi-solid microstructure of ADC12 alloy in a modified SIMA process.
- Scamans, G. and Fan, Z., 2005, Twin roll rheocasting of aluminum alloys, *Light Metal Age* 63 (6): 6- 9.
- Sutantra, I.N, 2001, *Teknologi Otomotif*, Guna Widya, Surabaya.
- Surojo, Eko, Heru S, Teguh T, Joko S. 2010. Studi Pengaruh Temperatur Pemasukan Dan Pengeluaran Batang Pengaduk Terhadap Pembentukan Struktur Globular Pada Proses Rheocasting. *Jurnal MEKANIKA*, Volume 9 Nomor 1, September 2010.
- Surdia, T., dan Shinroku Saito. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T., dan Chijiwa, K., 2000, *Teknik Pengecoran Logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wang Zhen-yu, Ji Ze-sheng, SUN Li-xin, XU Hong-yu. 2010. Microstructure of semi-solid ADC12 aluminum alloy adopting new SIMA method. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 20(2010) s744-s748.
- Wang, Zhenyu, Zesheng Ji, Maoliang Hu, Hongyu Xu. 2011. Evolution of the semi-solid microstructure of ADC12 alloy in a modified SIMA process. *MATERIALS CHARACTERIZATION* 62 (2011) 925–930.
- Wannasin, J. and Thanabumrunkul, S., 2006, *Development of a Novel Semi-Solid Metal Processing Technique for Aluminium Casting Applications*. Prince of Songkla University, Thailand.
- Winterbottom, W.L., 2000, “Semi–Solid Forming Application : High Volume Automotive Products”, *Metallurgical Science and Technology*, Vol.18, No. 2, 5–10.
- Zhao-hua HU, Guo-hua WU, Peng ZHANG, Wen-cai LIU, Song PANG, Liang ZHANG, Wen-jiang DING. 2016. Primary phase evolution of rheo-processed ADC12 aluminum alloy. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 26(2016) 19–27.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Staf Unit Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat atas kepercayaan yang diberikan kepada penulis dan tim pelaksana penelitian atas kerjasamanya dalam menyelesaikan penelitian ini.