

# Analisis pengaruh penambahan Mg terhadap kekuatan impact dan konduktivitas termal pada paduan AlSi dengan metode *stir casting*

Abdunnashir Dhiya'uddin<sup>1</sup>, Teguh Triyono<sup>2</sup>, Eko Surojo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Staf Pengajar, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No.36 A, Pucangsawit, Jebres, Surakarta 57126  
Email korespondensi: teguhtriyono@staff.uns.ac.id

## Abstrak

*Stir Casting merupakan salah satu metode pembuatan material logam dalam kondisi cair (liquid state) yang paling sederhana. Prinsip dari proses stir casting adalah penyatuan partikel penguat ke dalam logam cair dengan pengadukan secara mekanik, lalu dituangkan ke dalam cetakan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh penambahan Mg terhadap sifat mekanik dan fisik material paduan Aluminium Silikon berbasis remelting piston bekas. Sifat mekanik dianalisis melalui pengujian kekuatan impact, sedangkan sifat fisik diamati melalui konduktivitas termal. Variasi penambahan Mg yang digunakan yaitu 1%, 1,5%, 2% dan 2,5%. Kecepatan putar stir yang digunakan yakni 400 rpm pada temperatur 650°C, temperatur tuang yang digunakan adalah 725°C. Hasil pengujian kekuatan impact, nilai yang didapatkan menurun pada setiap variasi penambahan Mg. Nilai impact terkecil diperoleh pada variasi Mg 2,5% sebesar 0,049 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai optimal kekuatan impact diperoleh pada variasi tanpa Mg (kontrol) yakni sebesar 0,133 J/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian konduktivitas termal dipengaruhi oleh tingkat porositas bahan. Nilai optimal pengujian konduktivitas termal diperoleh pada variasi tanpa Mg (kontrol) sebesar 27,41 W/mK dan sedangkan untuk nilai konduktivitas termal terendah diperoleh pada variasi Mg 2,5% sebesar 7,95 W/mK.*

**Kata kunci:** AlSi, stir casting, volume Mg, kekuatan impact, konduktivitas termal.

## Abstract

*Stir casting is one of simplest metal forming method in liquid state conditons. The principle of the stir casting is combine reinforcing particles into the liquid state of metal with the mechanical stirring, then poured into the mold. This study aims to determine whether there is an effect of addition Mg in mechanical and physical properties of Aluminium Silicon alloy material based on remelting piston with stir casting method. Mechanical properties were analyzed by impact testing, while the physical properties were observed by thermal conductivity. Variation in the addition of Mg that have been used are 1%, 1.5%, 2% and 2.5%. The rotation speed that have been used is 400 rpm at temperature of 650°C, and pouring temperature was 725°C. The result of impact testing decreased in each variation of Mg addition. The lowest value of impact testing obtained in the variation of Mg 2.5% was 0.049 J/mm<sup>2</sup>, while the optimum value of impact strength obtained in variation without Mg (control) which was 0.133 J/mm<sup>2</sup> of. The result of thermal conductivity test were influenced by porosity level of the material. The optimum value of thermal conductivity testing obtained in variation without Mg (control) was 27.41 W/mK, while the lowest value of thermal conductivity obtained in variation Mg 2.5% was 7.95 W/mK.*

**Keywords:** AlSi, stir casting, Mg volume, impact strength, thermal conductivity.

## 1. Pendahuluan

Saat ini penggunaan aluminium sangat tinggi di berbagai macam produk industri maupun sarana transportasi, dikarenakan material aluminium memiliki beberapa keunggulan diantaranya harga murah, massa ringan serta penghantar panas dan listrik yang baik [1]. Dalam penggunaannya, aluminium memiliki beberapa unsur paduan antara lain unsur mangan, nikel, zinc, silikon, magnesium dan lain-lain. Unsur-unsur paduan dalam aluminium tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan, salah satunya paduan aluminium silikon. Kelebihan paduan Al-Si adalah mampu meradiasikan panas yang lebih efisien, tahan korosi, abrasi dan kekuatan mekanik tinggi, tetapi memiliki koefisien muai yang

rendah [2]. Paduan eutektik dalam Al-Si sekitar 2% disebut silumin yang memiliki sifat mampu cor yang baik sehingga dapat dipakai untuk bagian-bagian mesin, akan tetapi paduan yang memiliki sifat mampu cor yang baik sifat mekaniknya buruk dikarenakan butir-butir Si yang besar. Sifat mekanik pada paduan aluminium silikon tersebut dapat diperbaiki dengan menambahkan unsur magnesium, tembaga atau mangan dan selanjutnya diberi perlakuan panas [3]. Salah satu contoh produk paduan Al-Si adalah piston. Piston merupakan komponen yang penting dalam kendaraan sehingga komponen piston dituntut memiliki sifat kuat, ulet serta memiliki ketahanan aus yang tinggi. Hal ini dikarenakan dalam penggunaannya pada kondisi

yang memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi. Jenis material standar yang digunakan untuk membuat piston adalah jenis paduan aluminium silikon (seri 4032) yang mengacu pada AA (*Aluminium Association*) [4]. Ketersediaan piston bekas saat ini cukup tinggi mengingat tingkat penggunaan masyarakat yang tinggi pula pada sarana transportasi sehingga perlu adanya proses daur ulang pada material piston bekas. Pada proses *remelting* terjadi penurunan sifat mekanik dan unsur-unsur yang hilang sehingga diperlukan unsur-unsur tambahan untuk memperbaiki sifat-sifat yang hilang atau turun pada saat proses *remelting* [5]. Tavitas-Medrano, dkk melakukan kajian efek modifikasi jumlah magnesium dan strontium pada sifat-sifat mekanik aluminium paduan 319 tipe cor. Hasilnya didapatkan pada penambahan unsur magnesium memiliki tingkat kekuatan tarik dan kekerasan yang tinggi, akan tetapi nilai kekuatan impak dan keuletannya menurun. Sedangkan pada penambahan unsur strontium didapatkan nilai kekuatan impak dan keuletan yang baik [6].

Adeyemi, dkk melakukan kajian efek penambahan magnesium terhadap sifat mikrostruktur dan sifat mekanik paduan aluminium *bronze*. Hasilnya didapatkan nilai kekuatan luluh dan kekerasan paduan meningkat, akan tetapi sifat keuletannya menurun seiring dengan banyaknya magnesium yang ditambahkan ke dalam paduan [7]. Andi Triono, dkk melakukan kajian pengaruh penambahan magnesium pada komposit AlSi-SiO<sub>2</sub> terhadap kekuatan impak dan struktur mikro dengan metode *stir casting*. Hasilnya didapatkan nilai kekuatan impak komposit meningkat seiring penambahan persentase Mg pada komposit AlSi-SiO<sub>2</sub> [8]. Selain itu, kajian mengenai pengaruh penambahan unsur magnesium pernah dilakukan oleh Agiel Setyo Prabowo, dkk dengan meneliti pengaruh penambahan magnesium (1%, 1,5%, 2%, 2,5%) pada AMC dengan matrik *remelting* piston bekas dan berpenguat SiO<sub>2</sub> dengan metode *stir casting*. Hasilnya didapatkan nilai kekerasan meningkat dan struktur mikro aluminium paduan Si pada matriknya menjadi lebih bagus seiring dengan peningkatan jumlah unsur magnesium yang ditambahkan ke dalam komposit [9]. Berdasarkan kajian sebelumnya, belum diketahui apakah peningkatan sifat mekanik pada komposit AMC dipengaruhi oleh penambahan unsur Mg atau dipengaruhi oleh persentase penguat yang ditambahkan (SiO<sub>2</sub>), maka perlu dilakukan kajian mengenai pengaruh penambahan magnesium pada paduan Al-Si tanpa penambahan material penguat (SiO<sub>2</sub>) terhadap kekuatan impak dan konduktivitas termal dengan metode *stir casting*. Variasi penambahan Mg yang digunakan mengacu pada kajian sebelumnya yang dilakukan oleh saudara Andi Triyono, dkk dan Agiel Setyo, dkk. Penggunaan variabel kontrolnya yakni kecepatan *stir*, waktu *stir* dan suhu *stir* berdasarkan pada kajian yang dilakukan oleh saudara Serajul Haque, dkk yang

meneliti mengenai pengaruh temperatur dan kecepatan *stir* pada komposit Al6061-Cu berpenguat SiC<sub>p</sub> terhadap sifat mekanik dan struktur mikro menggunakan metode *stir casting* [10].

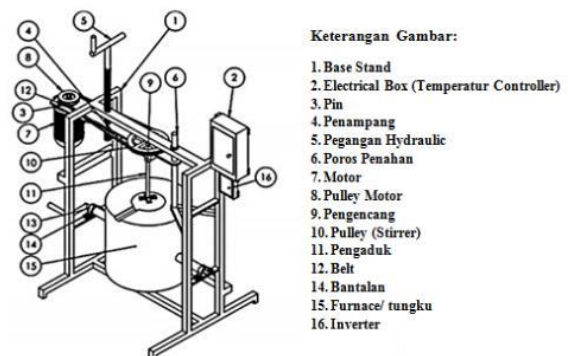
## 2. Metode

Material yang digunakan dalam kajian ini adalah *remelting* piston kendaraan bekas. Material *remelting* piston dilakukan uji komposisi untuk mengetahui kandungan unsurnya. Gambar 1 menunjukkan material *remelting* piston yang telah dilakukan uji komposisi/spektrometri. Variasi penambahan Mg yang digunakan yakni 1%, 1,5%, 2% dan 2,5%.



Gambar 1. Remelting piston bekas.

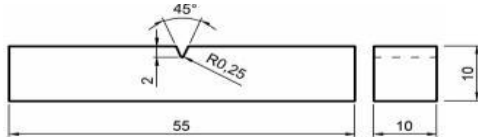
Material *remelting* piston dipanaskan ke dalam tungku *resistance* hingga mencapai temperatur 650°C. Penambahan magnesium dilakukan pada saat melakukan proses *stirring*. Proses *stirring* dilakukan pada temperatur 650°C dengan kecepatan *stir* 400 rpm selama 5 menit. Setelah proses *stir*, cairan aluminium yang telah ditambahkan Mg dinaikkan temperaturnya hingga mencapai temperatur penuangan yakni 725°C. Gambar 2 menunjukkan skema alat *stir casting* yang digunakan.



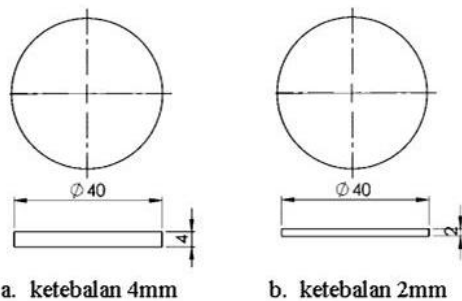
Gambar 2. Skema alat stir casting

Pengujian Impak yang dilakukan menggunakan metode impak Charpy. Untuk spesimen pengujian

impak mengacu pada ASTM E23-2 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Jumlah spesimen uji impact yang digunakan berjumlah 3 buah pada setiap variasi pengujian. Pengujian konduktivitas termal menggunakan mesin Thermal Conductivity Measuring Apparatus seri HVS-40-200S merek Ogawa Seiki. Sedangkan untuk spesimen pengujian konduktivitas termal memiliki spesifikasi ukuran berdiameter 4 cm dengan ketebalan 4 mm dan 2 mm (Gambar 4). Jumlah spesimen konduktivitas termal yang digunakan berjumlah 6 buah pada setiap variasi pengujian.



**Gambar 3.** Spesimen uji impact [11].

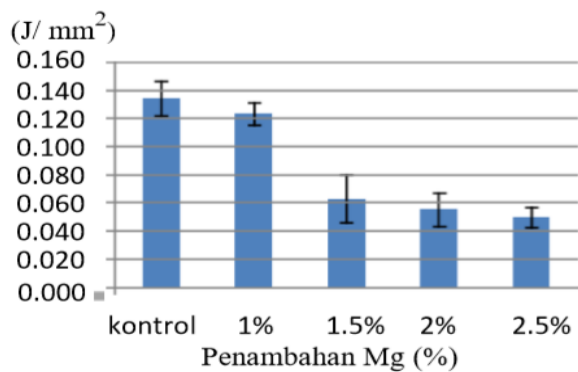


**Gambar 4.** Spesimen uji konduktivitas termal.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### *Pengujian Kekuatan Impak*

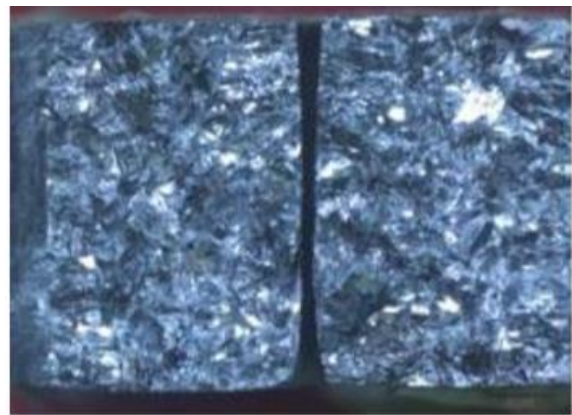
Gambar 5 menunjukkan grafik nilai kekuatan impact spesimen terhadap variasi penambahan Mg yang digunakan. Grafik tersebut menunjukkan penurunan nilai kekuatan impact pada setiap variasi penambahan magnesium. Nilai optimum kekuatan impact terjadi pada variasi penambahan magnesium 0% yakni sebesar 0,133 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai kekuatan impact terendah terjadi pada variabel penambahan magnesium 2,5% yakni sebesar 0,049 J/mm<sup>2</sup>.



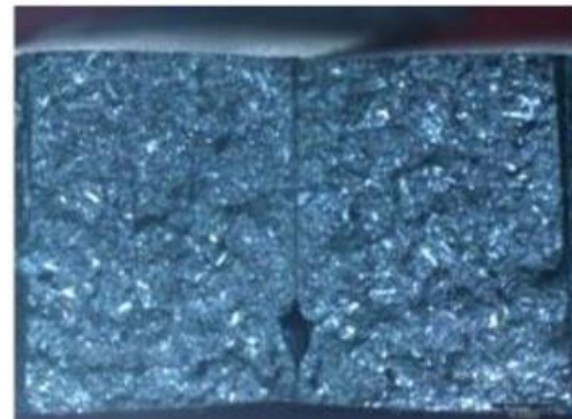
**Gambar 5.** Grafik nilai kekuatan impact.

Kajian yang dilakukan oleh Muralli mengenai pengaruh unsur Mg dan Fe pada paduan Al-7Si-

0,3Mg. Data yang didapatkan, nilai kekuatan serap turun 50% pada peningkatan kadar magnesium bervariasi antara 0,32-0,65%wt ke dalam paduan [12]. Kajian yang dilakukan oleh Niyas Salim mengenai pengaruh penambahan magnesium pada struktur mikro dan sifat mekanik dari paduan Aluminium AC2A (Al-Si-Cu). Hasilnya didapatkan pada pengujian kekuatan impact nilai yang didapatkan menurun pada variasi penambahan magnesium sebagai hasil cor dan dengan perlakuan panas T6 [13]. Peningkatan kandungan magnesium yang ditambahkan ke dalam paduan Al-Si mengakibatkan strukturnya menjadi lebih getas. Hal ini dibuktikan pada pengamatan struktur makro permukaan patahan uji impact. Gambar 6 menunjukkan hasil pengamatan uji makro permukaan spesimen hasil uji impact.

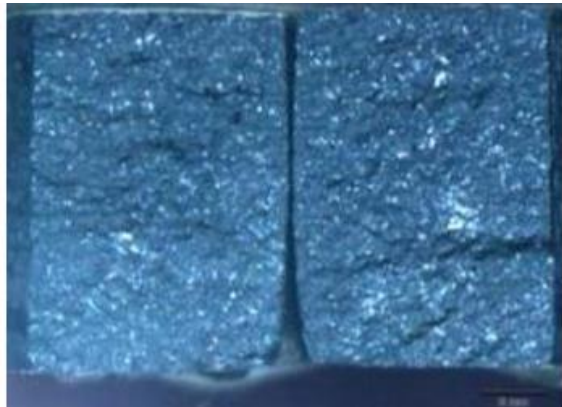


(a)

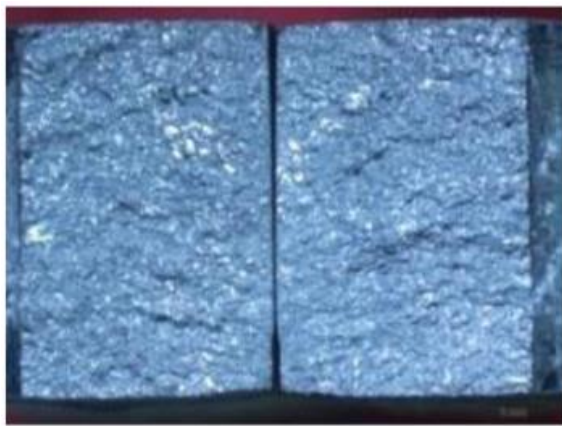


(b)

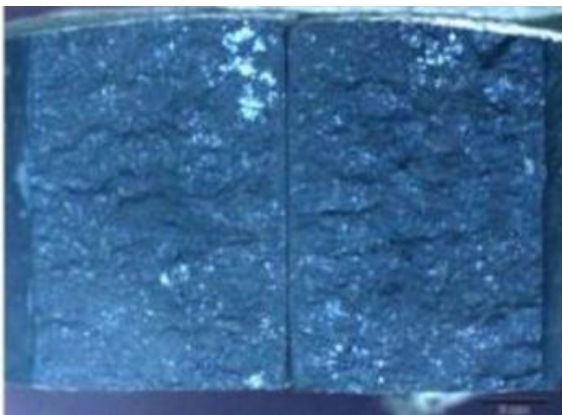




(c)



(d)



(e)

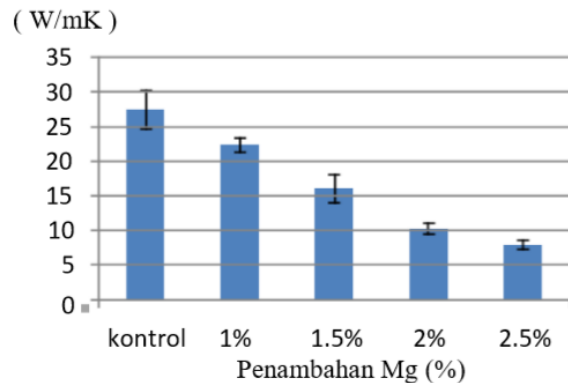
**Gambar 6.** Pengujian struktur makro patahan, (a) variasi 0%, (b) variasi 1%, (c) variasi 1,5%, (d) variasi 2% dan (e) variasi 2,5%.

Pada pengamatan hasil uji makro terlihat permukaan patahan spesimen sebelum dan sesudah dilakukan penambahan magnesium memiliki jenis patahan yang berbeda. Pada spesimen sebelum ditambahkan magnesium (variasi kontrol) dan variasi 1% terlihat masih dikategorikan kedalam patahan ulet. Hal ini ditandai dengan pola patahannya masih bergerigi dan pada penampang permukaannya masih terdapat lekukan-lekukan (*dimple*) hasil patahan uji. Berbeda

dengan hasil uji spesimen variasi penambahan Mg 2% dan 2,5%. Pada patahan spesimen variasi penambahan magnesium 2% dan 2,5% terlihat pola patahannya semakin rata (tidak bergerigi) serta pada permukaan patahan terlihat rata/tidak terdapat lekukan-lekukan (*dimple*) hasil patahan uji sehingga dapat dikategorikan sebagai patahan getas. Hal ini sesuai dengan kajian yang dilakukan oleh Hasrin mengenai analisis hasil patahan uji impak yang mengatakan pada jenis patahan getas ditandai dengan semakin berkurangnya lekukan-lekukan (*dimple*) serta pada permukaan patahannya terlihat rata. Akan tetapi, pada variasi penambahan magnesium 1,5% dikategorikan patahan campuran (lebih cenderung ke dalam patahan getas). Hal ini ditandai pada pola patahannya masih bergerigi namun pada permukaan patahannya mulai berkurang lekukan-lekukan (*dimple*) hasil patahan uji sehingga dapat dikategorikan patahan campuran [14].

#### Pengujian Konduktivitas Termal

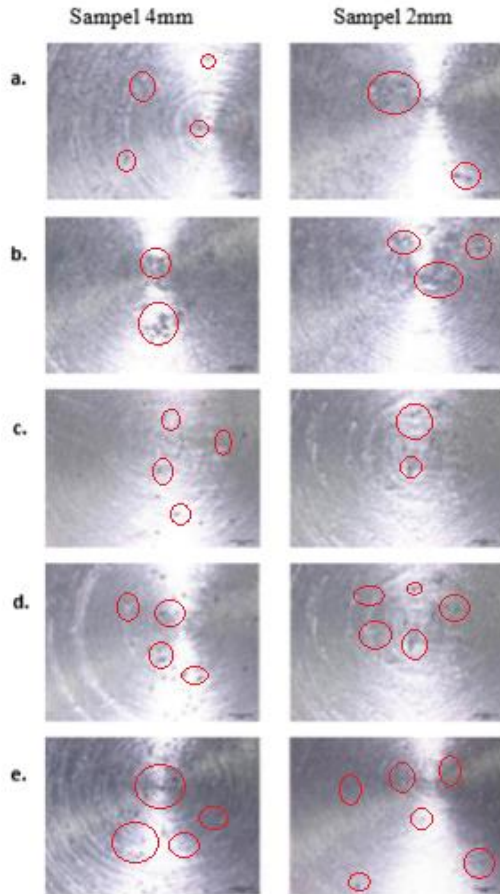
Pengujian dilakukan dengan temperatur awal 100°C selama  $\pm 30$  menit. Hasil pengujian konduktivitas termal dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik nilai konduktivitas termal.

Pada Gambar 7 menunjukkan tren menurun pada hasil pengujian konduktivitas termal setiap variasi penambahan magnesium ke dalam paduan Al-Si. Nilai konduktivitas termal terbesar diperoleh pada variasi 0% yakni sebesar 27,41 W/mK, sedangkan untuk nilai terkecil diperoleh pada variasi 2,5% yakni sebesar 7,95 W/mK. Sehingga dari hasil pengujian dapat disimpulkan pengaruh penambahan magnesium adalah menurunkan nilai konduktivitas termal dari paduan Al-Si. Kajian yang dilakukan oleh Kim yang meneliti efek paduan elemen-elemen (Si, Cu, Mg, Fe dan Mn) pada nilai konduktivitas termal dari aluminium paduan dengan metode HPDC. Unsur-unsur yang ditambahkan memiliki beberapa variasi berat yakni 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5%. Hasilnya didapatkan salah satunya pada penambahan unsur Mg nilai konduktivitas termalnya menurun seiring dengan banyaknya kadar unsur-unsur yang ditambahkan kedalam aluminium paduan [15]. Selain itu, kajian mengenai pengembangan aluminium silikon paduan cor dengan peningkatan

konduktivitas termal oleh Shin, hasilnya didapatkan pada penambahan unsur magnesium dan silikon mengakibatkan nilai konduktivitas termalnya menurun. Akan tetapi, untuk nilai kekuatannya meningkat seiring bertambahnya unsur magnesium dan silikon yang ditambahkan ke dalam paduan [16].



**Gambar 8.** Hasil pengujian struktur makro, (a) variasi 0 %, (b) variasi 1 %, (c) variasi 1,5 %, (d) variasi 2 % dan (e) variasi 2,5 %.

Nilai konduktivitas termal dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya faktor porositas [17]. Pada pengamatan struktur makro spesimen konduktivitas termal terdapat beberapa cacat porositas. Gambar 8 menunjukkan foto penampang struktur makro spesimen konduktivitas termal. Berdasarkan hasil pengamatan struktur makro tersebut dapat dilihat pada spesimen variasi penambahan 2,5% memiliki tingkat porositas yang lebih banyak dibandingkan dengan variasi sebelumnya. Peningkatan kadar magnesium yang ditambahkan kedalam paduan AlSi mengakibatkan tingkat porositas paduan meningkat pula. Kajian yang dilakukan oleh Thirugnanam mengenai efek magnesium pada karakteristik patahan dari paduan Al-7Si-Mg cor. Hasilnya didapatkan salah satunya pada peningkatan jumlah unsur Mg pada paduan mengakibatkan tingkat porositas dari paduan meningkat sehingga mengakibatkan tingkat kegagalan menjadi lebih berpotensi terjadi pada paduan [18]. Peningkatan

porositas tersebut dapat berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termalnya menjadi lebih kecil dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini dibuktikan pada hasil pengujian konduktivitas termal variasi penambahan Mg 2,5% memiliki nilai konduktivitas terendah pada paduan AlSi (Gambar 7).

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari kajian ini adalah penambahan magnesium pada paduan AlSi menurunkan sifat mekanik (kekuatan impak dan konduktivitas termal) dari paduan tersebut. Hal ini dibuktikan nilai kekuatan impak yang didapatkan dari hasil pengujian akibat penambahan Mg menurun pada setiap variasi pengujian. Sedangkan untuk nilai konduktivitas termal paduan AlSi juga mengalami penurunan pada setiap variasi penambahan magnesium. Selain itu, penambahan magnesium pada paduan AlSi mengakibatkan tingkat porositas benda menjadi lebih banyak.

#### Daftar Pustaka

- [1] Callister, J.R., William, D., 2003, Material Science and Engineering : An Introduction 7th Edition ., John Wiley and Son.Inc
- [2] R. Zhang, G., Li, B., Zhang, J., Feng, Z., Wei, Z., Cai, W., 2012, Unique cyclic deformation behavior of a heavily alloyed Al-Si piston alloy at different temperatures, Progress in Natural Science: Materials International 22(5) : 445–451.
- [3] Z. Surdia, T., Chijiwa, K., 1991, Teknik Pengecoran Logam, Cetakan ke-6, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4] Davis, J.R., 1993, Alluminium and Alluminium Alloys, USA : ASM International.
- [5] Farner, Snore., 2000, Remelting of Aluminium by Continuous of Rolled Scrap, Department of Materials Technology and Electrochemistry, Norwegian University of Science and Technology.
- [6] Tavitas, F.J., Gruzleski, J.E., Samuel, F.H., Valtierra, S., Doty, H.W., 2007, Effect of Mg and Sr-modification on the mechanical properties of 319-type aluminum cast alloys subjected to artificial aging, Materials Science and Engineering A 480 (2008) 356– 364.
- [7] Adeyemi, Gbenga.J., Oluwadare, B.S., Olanipekun, K.O., 2013, Investigation on The Effect of Addition of Magnesium on The Microstructure and Mechanical Properties of Aluminum Bronze, International Journal of Engineering Science Invention, Volume 2 Issue 11.
- [8] Triono, A., Triyono, T., Yaningsih, I., 2015, Analisa Pengaruh Penambahan Mg pada Matriks Komposit Aluminium Remelting Piston

- Berpenguat SiO<sub>2</sub> Terhadap Kekuatan Impak dan Struktur Mikro menggunakan metode Stir Casting, MEKANIKA.14.
- [9] Prabowo, A.S., Triyono, T., Yaningsih, I., 2016, Analisa Pengaruh Penambahan Mg pada Matriks Komposit Aluminium Remelting Piston Berpenguat SiO<sub>2</sub> Terhadap Kekerasan dan Densitas Menggunakan Metode Stir Casting, MEKANIKA.15.
- [10] Haque, S., Ansari, H.A., Bharti, P.K., 2014., Effect Of Pouring Temperature And Stirring Speed On Mechanical, Microstructure And Machining Properties Of AL6061-CU Reinforced Sicp Metal Matrix Composite, International Journal Of Research In Engineering And Technology.
- [11] ASTM. E 23., 2007 , Standart Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials, The United States of America.
- [12] Murali, S., Raman, S.K., and Murthy, S.S.K., 1992, Effect of magnesium, iron (impurity) and solidification rates on the fracture toughness of Al-7Si-0.3Mg casting alloy, Materials Science and Engineering, A 151 (1992) 1 – 10.
- [13] Salim, N., Arun , M., Kumar, A., 2014, Effect Of Mg Enhancement In The Microstructure And Mechanical Properties Of AC2A Aluminium Alloy, International Journal of Research in Engineering & Technology (IMPACT: IJRET) Vol. 2, Issue 2, Feb 2014, 139-148.
- [14] Hasrin, 2013, Analisa Perpatahan Baja ST 60 Yang Dikenai Beban Impak Charpy, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Medan.
- [15] Kim, C.W., Cho, J.I., Choi, S.W., Kim, Y.C., 2013, The Effect Of Alloying Elements On Thermal Conductivity Of Aluminum Alloys In High Pressure Die Casting, Advanced Materials Research Vol. 813 (2013) pp 175-178.
- [16] C. Shin, Jesik., Ko, Sehyun., Kim, Kitae., 2014, Development Of Low-Si Aluminum Casting Alloys With An Improved Thermal.
- [17] Y. HUANG, Y., HU, Z., WANG, J., 2014, Research Progress on the Aluminum Alloy with High Thermal Conductivity, Mechanics and Materials Vol. 574 (2014) pp 396-400.
- [18] Thirugnanam, A., Sukumaran, K., Pillai, U.T.S., Raghukandan, K., Pai, B.C., 2007, Effect Of Mg On The Fracture Characteristics Of Cast Al-7Si-Mg Alloys, Materials Science and Engineering A 445-446 (2007) 405-414.