

PENGARUH PENAMBAHAN MAGNESIUM TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO PADA ALUMINIUM PADUAN (AL-SI) DENGAN METODE LOST FOAM CASTING

Susri Mizhar¹, Suherman² dan Rahmad Fauzi^{3,*}

¹Dosen Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Medan

²Dosen Teknik Mesin Politeknik Tanjungbalai, Jalan Sei Raja Kota Tanjungbalai-Sumatera Utara

³Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Medan

Kampus Jl. Gedung Arca No. 52 Telp. 061-7363771 Fax. 061-7347954 Medan 20217

*Email: Rahmadfauzi80@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan Mg sebesar 4,11 % pada paduan Al-Si berbasis material velg mobil bekas terhadap kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro pada hasil coran prototype kepala silinder (head cylinder) yang dicor dengan metode lost foam casting (LFC). Aluminium paduan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mg dilebur dengan menggunakan dapur krusible pada temperatur 750 °C dan selanjutnya dituangkan kedalam pola styrofoam yang sudah dipersiapkan sebelumnya. Untuk mengamati sifat fisis dan mekanis hasil penambahan Mg pada Al-Si berbasis material velg mobil bekas hasil coran dipotong pada beberapa bagian seperti pada bagian alas bawah dan saluran masuk kepala silinder. Benda cor sebelum dan sesudah penambahan Mg di uji nilai kekerasan dan kekuatan impak dengan mesin uji kekerasan metode Rockwell dan Charpy sedangkan struktur mikro diamati dengan menggunakan mikroskop optik, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Mg sebesar 4,11 % pada paduan Al-Si berbasis material velg mobil bekas menaikkan nilai kekerasan dan kekuatan impak, kenaikan kekerasan setelah penambahan Mg sebesar 9,9% dan kenaikan harga impak pada penambahan Mg sebesar 100%. Hasil dari penambahan Mg juga mempengaruhi mikrostruktur Al-Si terdapat perubahan strukturnya menjadi merata dan terbentuknya senyawa intermetalik Mg_2Si yang menyebabkan sifat mekaniknya meningkat.

Katakunci: Aluminium Al-Si, head cylinder, lost foam casting, magnesium

PENDAHUALUAN

Kebutuhan material semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat pada saat ini. Material dengan kombinasi sifat-sifat mekanis yang tidak ditemukan pada material konvensional seperti logam, keramik, polimer sangat diperlukan. Material terapan membutuhkan banyak alternatif sifat-sifat yang dapat disediakan pada material paduan. Material paduan adalah memadukan dua unsur material atau lebih untuk mendapatkan sifat yang lebih baik dari unsur penyusunnya (Rusnoto, 2014).

Aluminium adalah logam berwarna putih keperakan yang lunak. Aluminium memiliki beberapa kelebihan dari pada logam lainnya. Aluminium relatif lebih ringan dari pada baja, tembaga, maupun kuningan. Sebagai konduktor listrik dan panas yang baik, aluminium juga memiliki titik lebur yang rendah, mempunyai ketahanan korosi yang baik sehingga lebih mudah difabrikasi dibandingkan dengan logam lainnya. Seperti dituang dengan cara yang mudah. Kekurangan logam aluminium adalah ketahanan aus kurang, koefisien pemuaian rendah dan kekuatan rendah dibanding logam besi dan baja. Kekuatan logam aluminium murni memang tidak sebaik logam-logam lainnya, tetapi untuk meningkatkan kekuatan logam aluminium dipadukan dengan unsur-unsur lain seperti tembaga, magnesium, silikon, mangan dan seng. Aluminium paduan ini biasanya disebut *Aluminium alloy* (Rusnoto, 2014).

Untuk saat ini penggunaan logam fero seperti besi dan baja masih mendominasi dalam perencanaan-perencanaan mesin maupun dalam bidang konstruksi. Sedangkan penggunaan logam non fero yang terus meningkat dari tahun ke tahun yaitu logam aluminium. Banyak komponen otomotif yang terbuat dari paduan aluminium, diantaranya adalah piston, blok mesin, cylinder head, valve dan lain sebagainya (Mugiono dkk, 2013).

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 mereka belum banyak mengetahui seluk beluk metode pengecoran *lost foam* (Sutiyoko, 2011).

Pengecoran *lost foam* juga memiliki beberapa kekurangan. Porositas dalam

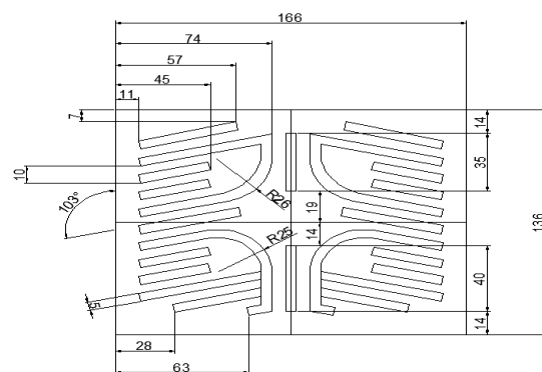
pengecoran aluminium dengan pola *polystyrene foam* lebih tinggi diban-dingkan dengan cetakan CO₂. Hal ini menunjukkan bahwa sulit untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang lebih baik pada pengecoran aluminium tanpa perlakuan tertentu (Kim dan Lee, 2005). Maka dari itu perlu penambahan magnesium yang sengaja ditambahkan pada peleburan aluminium. Penambahan magnesium (Mg) akan meningkatkan kekuatan mekanik pada aluminium (Cholis, dkk 2013).

Paduan aluminium silikon banyak sekali terdapat pada komponen otomotif, fungsi dari unsur silikon adalah dapat mereduksi koefisien ekspansi termal dari paduan aluminium. Selama pemanasan terjadi, pemuaian volume paduan tidak terlalu besar. Hal ini akan menjadi sangat penting saat proses pendinginan dimana akan terjadi penyusutan volume paduan Aluminium. Paduan Al-Si yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni yaitu untuk memberikan kekerasan pada saat panas (Rusnoto, 2014).

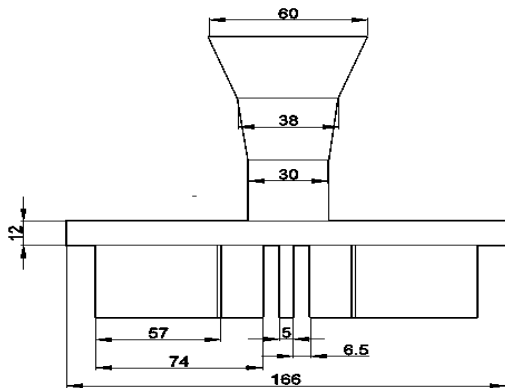
Magnesium adalah unsur yang dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada paduan *heat-treated* Al-Si dan umumnya digunakan pada paduan Al-Si kompleks yang mengandung Cu, Ni dan elemen lain yang berfungsi sama (Rusnoto, 2014).

METODE PENELITIAN

Pola cetakan dari bahan *styrofoam* dengan bentuk kepala silinder sepeda motor dibuat dengan cara Bahan dari *styrofoam* dipotong menjadi bentuk sirip dan dasar kepala silinder dengan menggunakan pemotong listrik sesuai ukuran yang telah ditentukan.



Gambar 1. Pandangan atas pola sirip-sirip head silinder



Gambar 2. Pola head silinder dengan saluran masuk

Setelah selesai perangkaian pola, masukkan pola cetak kedalam wadah cetakan dan masukkan pasir silika hingga seluruh permukaan pola cetak tertutup oleh pasir silika dan rata dengan permukaan rangka cetak, tutup rangka cetak dengan penutup. Balik wadah cetak dan buka penutup wadah cetak bagian atas, sekat pasir hingga tampak permukaan saluran masuk pola. Bersihkan pasir dipermukaan saluran masuk pola dan pola cetak siap untuk dituang. Guncang kotak tempat pola dan pasir silika diletak agar pasir silika benar-benar mengisi keseluruhan rongga-rongga sehingga benar-benar padat.

Persiapkan alat dan bahan untuk proses pengecoran seperti memotong dan menimbang aluminium yang akan dicairkan serta magnesium yang akan ditambahkan. Membersihkan dapur dari kotoran-kotoran yang dapat mengganggu proses pengecoran. Masukkan kowi kedalam dapur peleburan lalu setelah itu masukkan paduan (Al-Si) atur suhu pemanasan yang sudah ditentukan setelah itu menunggu logam mencair seluruhnya dan amati suhu dari logam cair dengan menggunakan Thermokopel tipe K.

Ketika logam sudah mencair seluruhnya aduk logam cair hingga terak mengapung dipermukaan kemudian bersihkan logam cair dari terak. Masukkan magnesium dengan berat tertentu yang telah diperhitungkan sebelumnya untuk mendapatkan kandungan Mg yang diinginkan dalam paduan Al-Si, selanjutnya menyiapkan cetakan dan cek sekali lagi temperatur pada *thermokopel* untuk mengetahui temperatur tuang saat sebelum proses penuangan.

Mengukur temperatur logam cair menggunakan *thermokopel* sampai suhu yang telah ditentukan (700°C), bila sudah mencapai

suhu tersebut, logam cair siap untuk penuangan. Menuangkan logam kedalam cetakan secara tenang dan cepat, sampai seluruh saluran masuk terisi penuh oleh logam cair, catat waktu penuangan. Setelah logam membeku seluruhnya. Kemudian membongkar coran dari cetakan dan pendinginan dilakukan diudara bebas.

Benda cor yang telah dibersihkan dari pasir yang menempel dibersihkan dan selanjutnya untuk mendapatkan spesimen uji diambil beberapa bagian benda cor pada bagian alas bawah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat pada raw material sebelum dan sesudah penambahan 4,11 % Mg. Hasil uji komposisi kimia 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 10,5 %.

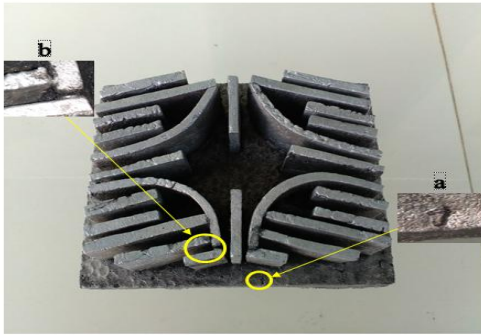
Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia

Materia l	Unsur (%)								
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ni
Al-Si	89,0	10,5	0,048	0,001	0,002	0,16	0,001	0,001	0,002
Al-Si +Mg	84,4	11,0	0,001	0,037	0,001	4,27	0,001	0,001	0,002

Hasil uji komposisi diatas terlihat bahwa paduan aluminium yang digunakan terdiri dari alloy Mg sebesar 0,16 % dan sesudah penambahan Mg menjadi sebesar 4,27 % keberadaan Mg pada paduan aluminium dapat memperbaiki kekuatan paduannya. Kandungan Si sebesar 11 % pada paduan akan menyebabkan penurunan melting point dan kandungan Fe yang terdapat pada pengujian tidak terlalu tinggi. Paduan aluminium yang mengandung magnesium sekitar 4 % atau 10 % mempunyai ketahanan korosi dan sifat-sifat mekanis yang baik (Surdia dan Chijiwa, 1976).

Hasil Coran

Hasil Pengecoran Prototype kepala silinder (*Head cylinder*) menggunakan metode *lost foam casting* (LFC) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1 dan 2 terdapat cacat pada hasil pengecoran paduan Al-Si dan Al-Si-Mg yaitu adanya rongga-rongga kecil yang diakibatkan oleh permukaan styrofoam yang tidak rata pada bagian sirip terlihat coran tidak mengisi sirip seutuhnya dan menjadi cacat.



Gambar 3. Hasil pengecoran *prototype* kepala silinder sebelum penambahan Mg

Dapat dilihat dari gambar diatas cacat yang terdapat pada hasil pengecoran *prototype* kepala silinder yaitu adanya cacat lubang-lubang pada gambar (a) yang diakibatkan oleh rongga pola styrofoam dan juga diakibatkan oleh rongga udara yang terjebak selama penuangan logam cair, pada gambar (b) terdapat juga cacat *gap* antara beberapa pola yang dirangkai dengan menggunakan lem styrofoam.



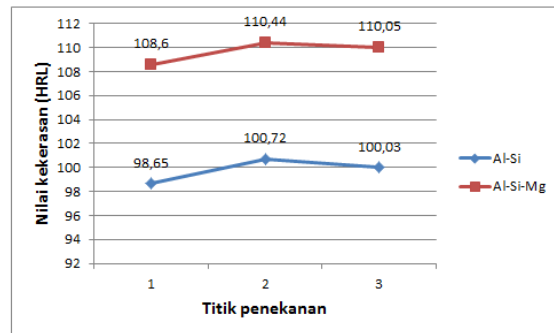
Gambar 4. Hasil pengecoran *prototype* kepala silinder sesudah penambahan Mg

Dari gambar diatas dapat dilihat cacat yang terjadi dari hasil pengecoran *prototype* kepala silinder didapat cacat yang terjadi ialah pada gambar (a) terdapat cacat retakan (hot tearing) diakibatkan oleh penyusutan atau tegangan sisa yang tidak seimbang selama pembekuan, juga pada gambar (b) terdapat cacat lubang jarum yang diakibatkan oleh adanya gas hidrogen, yang terbawa dalam logam cair terkurung dalam logam yang disebabkan tekanan logam selama pembekuan, juga titik cair terlalu tinggi dan waktu pencairan terlalu lama (Surdia dan Chijjiwa, 1976).

Uji Kekerasan

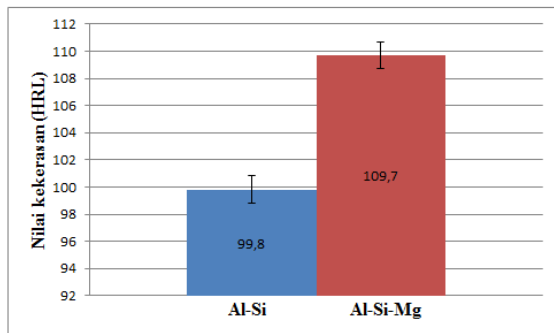
Pengujian kekerasan hasil coran dilakukan pada bagian alas hasil coran dari *prototype head cylinder* sebelum dan sesudah penambahan Mg pada paduan Al-Si. Metode yang digunakan

dalam uji kekerasan ini menggunakan metode Rockwell, 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" dimana satu spesimen uji terdapat tiga titik penekanan. Dari hasil uji kekerasan didapat hasil pengujian dengan material Al-Si setelah penambahan magnesium sebesar 4,11 % kekerasannya meningkat dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 5. Grafik nilai kekerasan paduan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mg

Pada gambar grafik diatas dapat dilihat kekerasan pada paduan Al-Si yang paling tinggi ialah pada titik penekanan kedua yaitu sebesar 100,72 HRC dan pada paduan Al-Si-Mg kekerasan yang paling tinggi pada titik penekanan kedua juga yaitu sebesar 110,44 HRC dari hasil tiga titik penekanan tersebut didapat grafik nilai rata-rata dibawah ini.



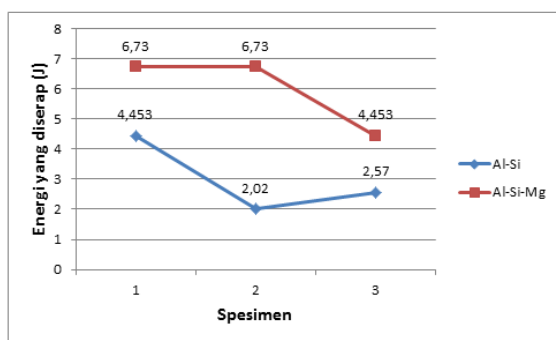
Gambar 6. Grafik nilai kekerasan rata-rata paduan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mg

Dari hasil uji kekerasan paduan Al-Si berbasis material velg mobil bekas dengan penambahan Mg didapat bahwa tingkat kekerasan material meningkat sebesar 9,9% seiring dengan ditamahnya Mg. Hal tersebut berhubungan dengan ukuran butir aluminium, semakin kecil ukuran butir aluminium, maka jarak antar butirnya semakin

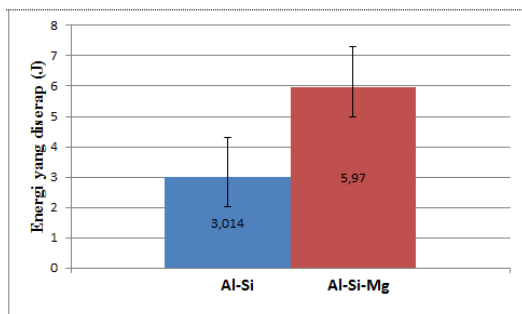
rapat sehingga spesimen tersebut menjadi semakin keras (El-Karomi dkk, 2015);(Setia dkk, 2016).

Uji Impak

Pada pengujian impact ini spesimen yang digunakan mengacu pada standar ASTM E23. Metode yang digunakan dalam uji kekuatan impact ini menggunakan metode charpy, dari ketiga spesimen uji impact diperoleh beberapa nilai tenaga patah. Energi yang diserap dan harga impact suatu bahan yang diuji dengan metode charpy.

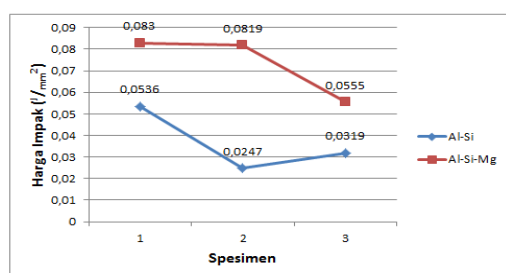


Gambar 7. Grafik nilai energi yang diserap paduan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mg

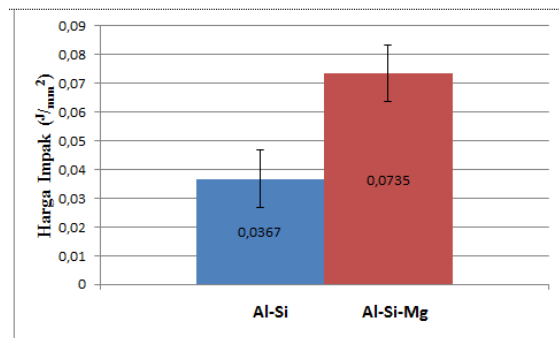


Gambar 8. Grafik nilai rata-rata energi yang diserap paduan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mg

Dari grafik diatas hasil uji impact pada paduan Al-Si berbasis material velg mobil bekas dengan penambahan Mg didapatkan bahwa, energi yang diserap naik sebesar 98 %.



Gambar 9. Grafik nilai harga impact paduan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mg



Gambar 10. Grafik nilai rata-rata harga impact paduan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mg

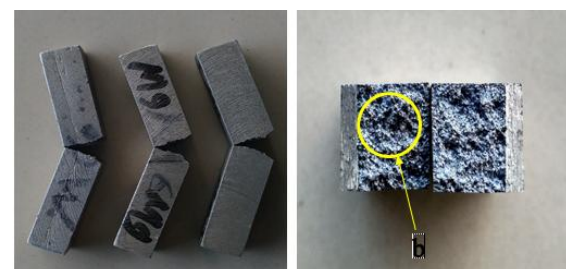
Adanya penambahan Mg juga mempengaruhi harga impact material. Setelah penambahan Mg harga impact naik sebesar 100 %. Dari pengujian impact ini ternyata penambahan unsur Mg dapat mempengaruhi ketangguhan terhadap uji Impact dikarenakan strukturnya menjadi merata dan adanya penurunan porositas. Kadar magnesium tinggi meningkatkan jumlah magnesium silisida endapan yang terbentuk selama penuaan, endapan ini memperkuat matriks aluminium dengan menekan kisi atom membuat gerakan dislokasi sulit sehingga meningkatkan kekuatan (Barresi dkk, 2000).

Bentuk Patahan Sempel Uji Impact

Pengujian impact yang dilakukan menggunakan metode charpy bentuk patah seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 11. Bentuk patahan sampel uji impact Al-Si

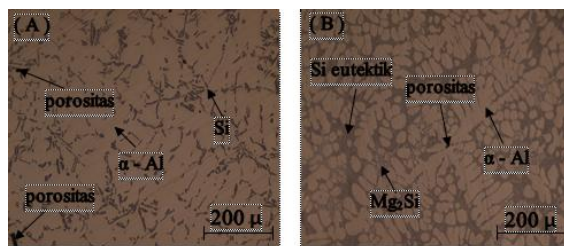


Gambar 12. Bentuk patahan sampel uji impact Al-Si-Mg

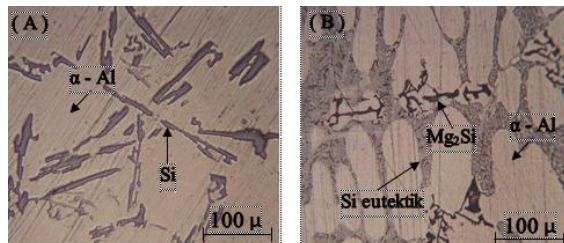
Dari gambar patahan diatas menunjukkan pada patahan spesimen Al-Si dan Al-Si-Mg terlihat bentuk permukaan patahan datar. Pada patahan bagian dalam (a) spesimen Al-Si ini sedikit berserabut lebih kepada patah getas, tetapi pada patahan bagian dalam (b) spesimen Al-Si-Mg terlihat bentuk patahannya lebih berserabut dibandingkan spesimen Al-Si hal ini mengidentifikasi bahwa patahan spesimen Al-Si-Mg tersebut cukup ulet.

Uji Struktur Mikro

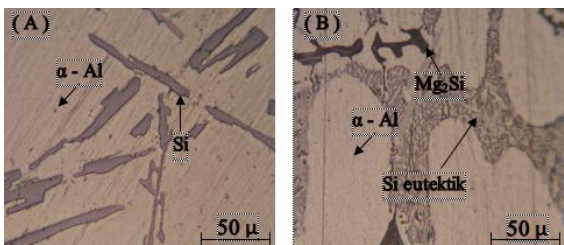
Dari hasil foto struktur mikro sebelum dan sesudah penambahan unsur Mg pada paduan Al-Si berbasis velg mobil bekas menunjukkan bahwa adanya struktur mikro yang berubah. Gambar dibawah ini menunjukkan Al-Si sebelum dan sesudah penambahan Mg adanya struktur mikro yang berubah.



Gambar 13. Foto struktur mikro (a) Al-Si dan (b) Al-Si-Mg pembesaran 100x



Gambar 14. Foto struktur mikro (a) Al-Si dan (b) Al-Si-Mg pembesaran 200x



Gambar 15. Foto struktur mikro (a) Al-Si dan (b) Al-Si-Mg pembesaran 400x

Dari gambar diatas terlihat Al-Si raw material memiliki porositas lebih tinggi dibanding dengan setelah penambahan Mg porositas berkurang tetapi tidak signifikan. Juga

dilihat penyebaran Si pada Al-Si raw material kurang merata hal ini yang menyebabkan sifat mekaniknya jauh lebih rendah dibandingkan dengan setelah penambahan Mg sifat mekanik Al-Si meningkat.

Hasil penambahan Mg terhadap Al-Si raw material berbasis velg mobil dapat dilihat struktur yang merata, dan adanya penurunan porositas. Akibat penambahan Mg terbentuk senyawa intermetalik yang menyebabkan sifat mekaniknya meningkat. Mikrostruktur dari paduan Al-Si terutama terdiri dari fase primer (α -Al) dan campuran eutektik Al-Si, jumlah campuran eutektik dimikro tergantung pada tingkat Si, kehadiran Mg dalam paduan mengarah ke pembentukan senyawa intermetalik dalam mikrostruktur paduan fase intermetalik yang terbentuk ialah Mg_2Si (Zamani, 2015).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji kekerasan dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan pada penambahan Mg pada paduan Al-Si berbasis material velg mobil bekas dengan menggunakan metode pengecoran lost foam. Angka kekerasan setelah penambahan Mg adalah sebesar 109,70 HRL, dan sebelum penambahan Mg sebesar 99,8 HRL. Disimpulkan bahwa kenaikan yang terjadi sebesar 9,9% .
2. Penambahan Mg pada paduan Al-Si berbasis material velg mobil bekas dengan menggunakan metode pengecoran lost foam harga impact meningkat setelah penambahan Mg yaitu sebesar $0,0734 \text{ J/mm}^2$, dan sebelum penambahan Mg yaitu sebesar $0,0367 \text{ J/mm}^2$. Disimpulkan bahwa peningkatan harga impact sebesar 100%.
3. Penambahan unsur 4,11% Mg pada paduan Al-Si berbasis material velg mobil bekas dengan menggunakan metode pengecoran lost foam menyebabkan perubahan struktur mikro setelah penambahan Mg. Hal ini dapat dilihat semakin bertambahnya Mg struktur semakin rata dan juga terbentuk senyawa intermetalik Mg_2Si yang menyebabkan sifat mekaniknya meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ashar, L.H., Purwanto, H., dan Respati S., M., B., 2012, “*Analisa Pengaruh Model Sistem Saluran Dengan Pola Styrofoam Terhadap Sifat Fisis Dan Kekerasan Produk Puli Pada Peroses Pengecoran Aluminium Daur Ulang*”, Jurnal Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- [2]. Barresi, J., Kerr, M.J., Wang, H., and Couper, M.J., 2000, “*Effect Of Magnesium, Iron and Cooling Rate on Mechanical Properties of Al-7Si-Mg Foundry Alloys*”. AFS Trans., 108: 563-570.
- [3]. Cholis, S.N., Suharno, dan Yadiono, 2013, “*Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium*”. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Volume 2, No 1.
- [4]. Djatmiko, E., dan Budiarto, 2008, “*Pengaruh Perlakuan panas T6 Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Paduan Al-Si-Mg*”. Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan Serpong.
- [5]. El-karomi, K.S., Harjanto, B., dan Subagsono, 2015, “*Analisis Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Tingkat Kekerasan, Struktur Mikro dan Kekuatan Impact Pada Velg Aluminium (Al-0,5% Si)*”. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret.
- [6]. Indaryati S., Yanlinastuti, dan Haryati I., 2009, “*Pengaruh Penambahan Mg Terhadap Kapasitas Panas Paduan Al-Fe-Ni*”, Jurnal Teknologi Bahan Bakar Nuklir Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN. Yogyakarta.
- [7]. Kim, K., and Lee, K. 2005. “*Effect of Process Parameters on Porosity in Aluminum Lost Foam Process*”. Journal Material Scripta Technology. Vol. 21 No.5, pp. 681-685.
- [8]. Mugiono, Lagiono, dan Rusnoto, 2013, “*Pengaruh Penambahan Mg Terhadap Sifat Kekerasan dan Kekuatan Impak Serta Struktur Mikro Pada Paduan Al-Si Berbasis Material Piston Bekas*”. Jurnal Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.
- [9]. Rusnoto, 2014, “*Studi Sifat Mekanik Paduan Al-Si Pada Piston Bekas Dengan Penambahan Magnesium (Mg)*”. Laporan Penelitian Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.
- [10]. Suherman, dan Pasaribu, M. N. H., 2013, “*Pengaruh Penambahan Cu dan Solution Treatment Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pada Hasil Coran Kepala Silinder Motor 2 Tak Dengan Metode Pengecoran Lost Foam*”. Penelitian Dosen Pemula Politeknik Tanjung Balai.
- [11]. Sutyoko, 2011, “*Metode Pengecoran Lost Foam Menjawab Tantangan Dunia Industri Pengecoran Logam*”. Jurnal Foundry Politeknik Manufaktur Ceper, Vol.1, pp. 21-29.
- [12]. Setia, I., Harjanto, B., dan Subagsono., 2016, “*Analisa Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) 2% dan 5% Terhadap Ketangguhan Impak, Tingkat Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Velg Aluminium (Al-5,68 Si)*”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Volume 4, No 3.
- [13]. Surdia, T., dan Chijiiwa, K., 1976, “*Teknik Pengecoran Logam*”, Jakarta: Pradnya Paramita.
- [14]. Setyawan, S., 2006, “*Pengaruh Variasi Penambahan Tembaga (Cu) dan Jenis Cetakan Pada Proses Pengecoran Terhadap Tingkat Kekerasan Paduan Aluminium Silikon (Al-Si)*”, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Surakarta.
- [15]. Sutyoko, dan Suyitno, 2012, “*Riser (Penambah) Dalam pengecoran Besi Cor Kelabu Dengan Metode Pengecoran Lost Foam*”, Jurnal Politeknosains Edisi Khusus Dies Natalis.
- [16]. Triono, A., Triyono, T., dan Yaningsih, I., 2015, “*Analisa Pengaruh Penambahan Mg pada Matriks Komposit Aluminium Remelting Piston Berpenguat SiO₂ Terhadap Kekuatan Impak dan Struktur Mikro Menggunakan Metode Stir Casting*”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Volume 14, No 1.
- [17]. Zamani, M., 2015, “*Al-Si Cast Alloys - Microstructure and Mechanical Properties at Ambient and Elevated Temperature*” Journal Materials and Manufacturing School Of Engineering. Jonkoping University. Sweden

