

Pengaruh Kadar Silikon Terhadap Karakteristik Material Aluminium Sekrap Hasil Remelting

Rainaldi Pranata¹, Widi Widayat¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 04 10 2020

Disetujui 10 10 2020

Dipublikasikan 20 10 2020

Keywords:

Chemical composition,
Silicone, Bending, Vickers,
Microstructure

Abstrak

Perbaikan sifat mekanis dari hasil remelting aluminium sekrap dapat dilakukan dengan penambahan unsur paduan silikon. Penelitian ini menggunakan bahan aluminium sekrap hasil remelting dan aluminium silikon 20% yang dilebur pada suhu 800° dan dicetak pada cetakan pasir dengan proses pembentukan dengan mesin frais. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kadar unsur silikon pada remelting aluminium sekrap terhadap sifat mekanik. Metode penelitian adalah penelitian eksperimen dengan memvariasikan peningkatan unsur silikon 2,57%, 4,13%, dan 6,15%. Hasil penelitian ini menunjukkan komposisi kimia aluminium pada paduan menurun seiring dengan peningkatan kadar silikon sedangkan unsur lain cenderung stabil. Hasil dari pengujian bending menunjukkan peningkatan tegangan, regangan dan modulus elastisitas pada tiap peningkatan kadar silikon. Hasil dari pengujian kekerasan vickers menunjukkan peningkatan nilai kekerasan pada aluminium sekrap adalah 76,63 Hv, pada variasi 1 meningkat menjadi 111,8 Hv, pada variasi 2 juga mengalami peningkatan menjadi 124,1 Hv dan begitu pula pada variasi 3 mengalami peningkatan menjadi 139,6 Hv. Pada pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa fasa silikon tersebar merata dengan ukuran yang semakin membesar berdasarkan kandungan silikon dalam paduan.

Abstract

The purpose in this research is how the effect of silicon element levels in aluminum scrap remelting on the chemical composition of aluminum, silicon, and other elements as impurities, bending stress, bending strain, modulus of bending elasticity, vickers hardness, and microstructure. The purpose of this study was to determine the effect of silicon content on aluminum scrap remelting on the mechanical properties. This research method varied the increase in silicon elements of 2.57%, 4.13%, and 6.15% in aluminum scrap remelting with a melting temperature of 800 ° C using sand molds by testing chemical composition, bending, vickers hardness and microstructure observations. The results of this study indicate the chemical composition of aluminum in the alloy decreases with the increase in silicon content while in other elements tends to be stable. The result of bending test show an increase in silicon content. Result from the vickers hardness test show an increase in hardness value of aluminium scarp is 76,6 Hv, at variation 1 increased to 111,8 Hv, in variation 2 also increased to 124,1 Hv and so also in variation 3 has increased to 139,6 Hv. On the microstructure observation shows that the silicone phase is evenly distributed with increasing size based on silicon content in the alloy.

PENDAHULUAN

Aluminium khususnya alloy dapat memberikan ketahanan korosi yang sangat baik dengan kekuatan yang baik dan kepadatan rendah dibandingkan dengan baja (Cui dan Roven, 2010). Pada penggunaannya aluminium jarang sekali dibuat tanpa penambahan unsur lain dengan tujuan meningkatkan sifat mekanis dari paduan aluminium tersebut. Paduan pengecoran aluminium yang paling umum adalah aluminium silikon. Paduan aluminium-silikon memiliki sifat mekanis dan tribologis yang baik seperti ketahanan yang luar biasa terhadap korosi, konduktivitas termal yang tinggi dan kekuatan leleh yang tinggi (Mathavan dan Patnaik, 2016). Paduan (*alloy*) merupakan campuran dari unsur yang mempunyai sifat-sifat logam, terdiri dari dua atau lebih unsur, dan setidaknya satu unsur utamanya adalah logam yang menghasilkan properti metalik. Upaya perbaikan sifat mekanis dari hasil remelting aluminium sekrap dapat dilakukan dengan penambahan unsur paduan dan melakukan heat treatment. Unsur penambah pada aluminium *alloy* untuk meningkatkan struktur mikro dan properti mekanis dibagi menjadi elemen mayor (Si, Cu, Mg, dan Mg-Si) dan minor (Ni dan Tin) (Rana et al., 2012). Silikon menjadi unsur paduan yang paling umum digunakan dalam pengecoran karena memiliki *castability* yang baik (fluiditas tinggi dan penyusutan rendah), kepadatan rendah ($2,34 \text{ g/cm}^3$) dan memiliki kelarutan yang rendah (Rana et al., 2012).

Silikon menjadi bahan pengotor yang sering dijumpai pada aluminium murni komersial maupun aluminium paduan yang berpengaruh pada ketahanan aus yang menjadi lebih baik pada paduan *eutectic* daripada *hypoeutectic* dan *hypereutectic* (Kumar et al., 2015). Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap komposisi kimia (aluminium, silikon dan unsur lain sebagai zat pengotor), tegangan *bending*, regangan *bending* modulus elastisitas *bending*, kekerasan *vickers* dan struktur mikro. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap komposisi kimia (aluminium, silikon dan unsur lain sebagai zat pengotor), tegangan *bending*, regangan *bending* modulus elastisitas *bending*, kekerasan *vickers* dan struktur mikro. Sedangkan manfaat yang ingin dicapai adalah menambah referensi tentang pengaruh peningkatan kadar silikon dengan metode pengujian komposisi, pengujian *bending*, pengujian kekerasan *vickers* dan pengamatan struktur mikro yang diharapkan berkontribusi dalam industri pengecoran logam nasional. Cagala et al., (2013) meneliti tentang pengaruh peleburan kembali aluminium alloy terhadap struktur dan properti mekanis. Penelitian dilakukan pengujian kekuatan tarik, kekerasan mikro (brinell), komposisi kimia dan struktur paduan setelah hasil remelting paduan aluminium Al- Cu RR.350. Metode yang digunakan dengan melakukan proses empat kali remelting yang menunjukkan penurunan semua nilai dari pengujian. Selain menurunkan sifat-sifat mekanis, proses remelting menyebabkan perubahan komposisi kimia yang ditandai dengan menurunnya unsur paduan aluminium. Sari et al, (2016) meneliti tentang pengaruh silikon pada paduan aluminium terhadap sifat mekanis dan struktur mikro. Tujuan penelitian mengetahui sifat mekanis dan struktur mikro dari hasil paduan aluminium dengan variasi penambahan silikon 6%, 8%, dan 10%, material yang digunakan adalah aluminium murni dan aluminium ADC12 dan pengecoran dilakukan pada tungku sampai temperatur 800°C dengan cetakan logam yang hasil menunjukkan hasil pengujian pengaruh silikon terhadap uji impak dan kekerasan mikro berbanding lurus dengan hasil uji impak yang menunjukkan bahwa daya serap meningkat berbanding lurus dengan peningkatan silikon dalam paduan aluminium. Kalhapure dan Dighe., (2013) meneliti tentang dampak kandungan silikon pada sifat mekanik paduan aluminium.

Penelitian dilakukan pengujian kekuatan tarik dan kekerasan *vickers* dengan komposisi paduan terdiri dari aluminium komersial murni (99,7%) dan silikon (99,5%) pada wadah grafit dalam tungku induksi frekuensi tinggi dengan temperatur 720°C untuk mendapatkan komposisi yang homogen. Kandungan silikon dalam paduan adalah 5%-14% yang menunjukkan hasil bahwa nilai elongasi menurun berbanding terbalik dengan kandungan silikon dalam paduan, sedangkan nilai kekuatan tarik dan kekerasan meningkat dengan peningkatan kadar silikon dalam paduan. Kumar et al, (2015) meneliti tentang pengaruh kandungan silikon terhadap properti mekanis paduan aluminium. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan persentase silikon dalam paduan aluminium. Proses peleburan dilakukan dengan cara memasukan logam dengan titik leleh tertinggi terlebih dahulu pada tungku karena jika dimasukan bersamaan akan mengakibatkan logam dengan titik lebur lebih rendah akan terbakar. Hasil peleburan

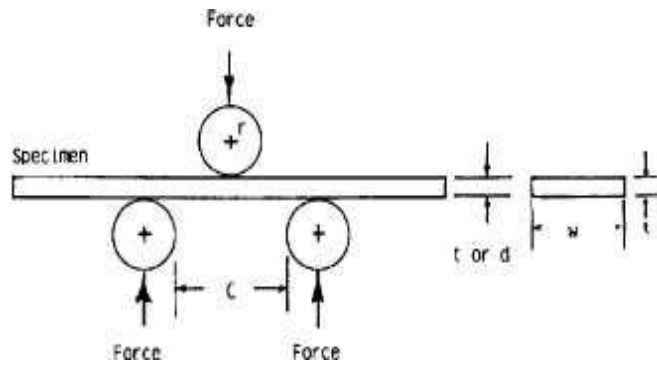
dicetak dalam bentuk spesimen ASTM D638-02 untuk uji tarik dengan alat UTS (Ultimate Tensile Strength). Dari hasil variasi kandungan silikon sebesar 1,5%, 3%, 4,5%, dan 6% peningkatan nilai kekuatan tarik dari paduan aluminium rata-rata meningkat 10 N/mm² berbanding lurus dengan peningkatan kadar silikon.

METODE PENELITIAN

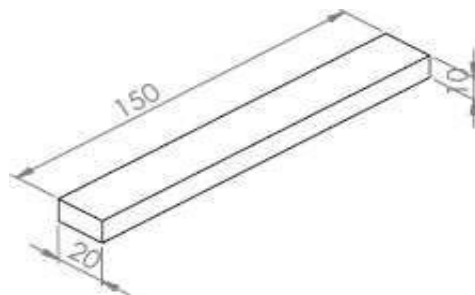
Dalam penelitian ini pengujian dilakukan untuk memperoleh karakteristik dari pengaruh kadar silikon dari campuran bahan aluminium sekrap dan aluminium silikon 20% sebagai bahan utama proses pengecoran untuk mengetahui komposisi kimia, tegangan *bending*, regangan *bending*, modulus elastisitas *bending*, kekerasan *vickers* dan struktur mikro. Spesimen dibuat dengan menggunakan cetakan pasir dengan jenis pasir yang digunakan adalah pasir lempung dengan perekat air. Pembuatan spesimen untuk tiap variasi pengujian adalah perbandingan aluminium sekrap dan aluminium silikon 20% dalam perbandingan massa adalah 3:1 untuk variasi 1, perbandingan 3:2 untuk variasi 2 dan perbandingan 2:3 untuk variasi 3 yang diketahui melalui pengujian komposisi kimia.

Pengujian

Pengujian *bending* dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai tegangan *bending*, regangan *bending* dan modulus elastisitas *bending*.



Gambar 1. *Threepoint bending*
(Sumber: ASTM E290)



Gambar 2. Spesimen uji *bending*

Tegangan *bending*

$$\sigma_b = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times d^2}$$

σ_b = Tegangan *bending*

P = Beban

L = Jarak titik tumpu

b = Lebar spesimen

d = Tebal spesimen

Regangan *bending*

$$\varepsilon = \frac{6 \times D \times d}{L^2}$$

ε = Regangan *bending*

D = Defleksi

d = Tebal spesimen

L = Jarak titik tumpu

Modulus *elastisitas bending*

$$E_b = \frac{L^3 \times m}{4 \times b \times d^3}$$

E_b = Modulus *elastisitas bending*

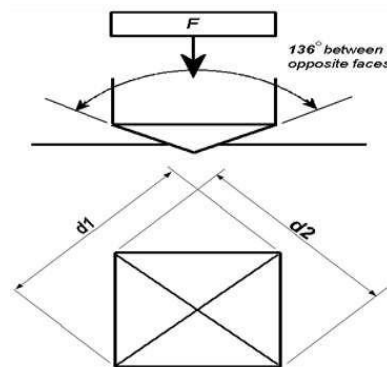
L = Jarak titik tumpu

m = Kemiringan garis singgung

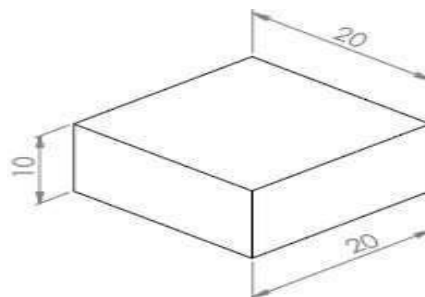
b = Lebar spesimen

d = Tebal spesimen

Pengujian kekerasan *vickers* dilakukan untuk mendapatkan nilai kekerasan dalam skala *vickers hardness* (H_v) yang kaitannya dengan pengaruh kadar silikon terhadap kekerasan material.



Gambar 3. Pengujian kekerasan *vickers*
(Sumber: ASTM E92)



Gambar 4. Spesimen uji kekerasan *vickers*

Kekerasan *vickers*

$$H_v = \frac{2P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2} = \frac{1,8541P}{d^2}$$

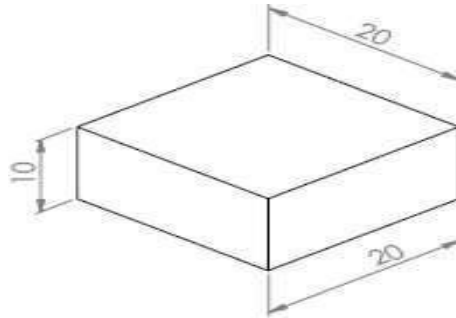
H_v = Angka kekerasan *vickers*

α = Sudut puncak indenter (136°)

P = Gaya tekan (kgf)

d = Diagonal tapak tekan rata-rata (mm)

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk melihat persebaran unsur yang terlihat melalui penglihatan mikroskop pada alat pengamatan struktur mikro.

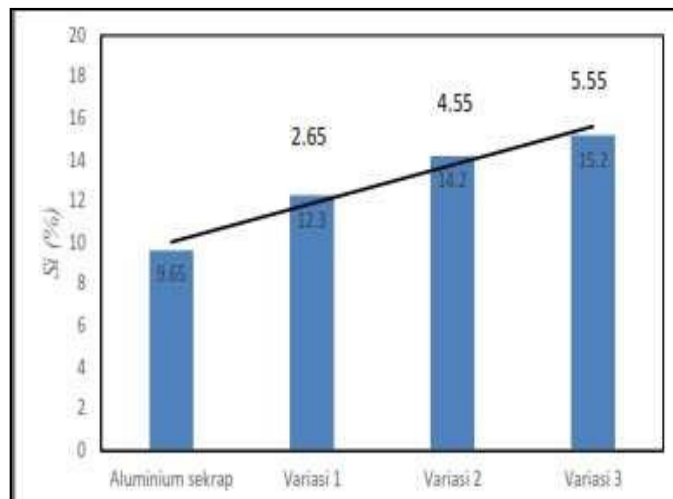


Gambar 5. Spesimen pengamatan struktur mikro

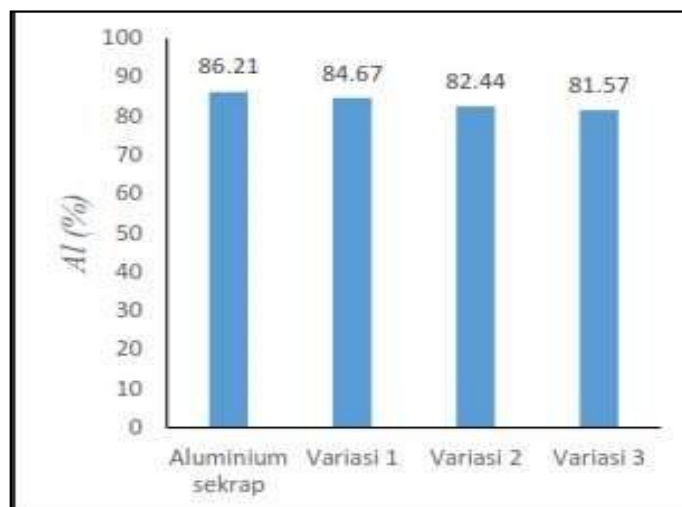
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengaruh peningkatan kadar silikon terhadap pengujian komposisi kimia

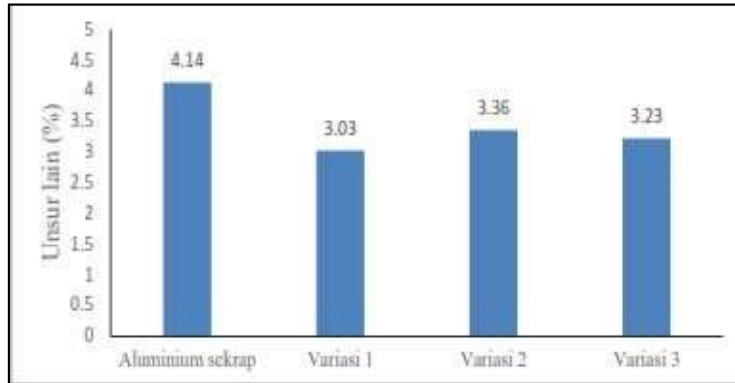
Dari hasil pengujian komposisi menunjukkan peningkatan kadar silikon berpengaruh terhadap kandungan aluminium pada material menunjukkan bahwa kandungan aluminium pada aluminium silikon 20% lebih rendah dari aluminium sekrap sedangkan kandungan lain tidak mengalami perubahan yang besar tidak lebih dari 1%.



Gambar 6. Kandungan silikon

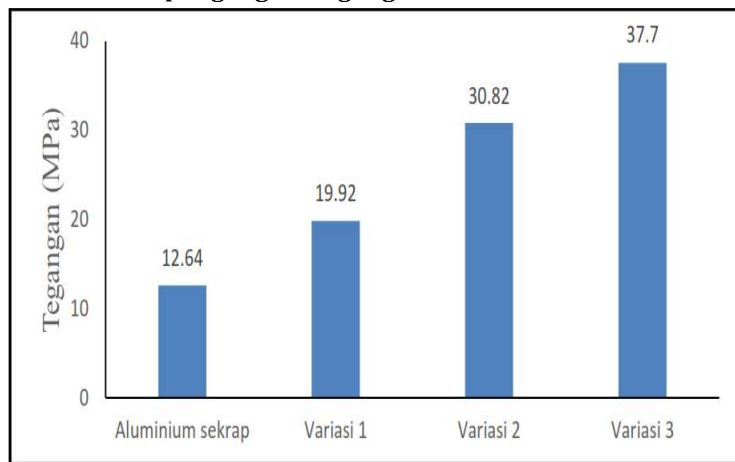


Gambar 7. Kandungan aluminium

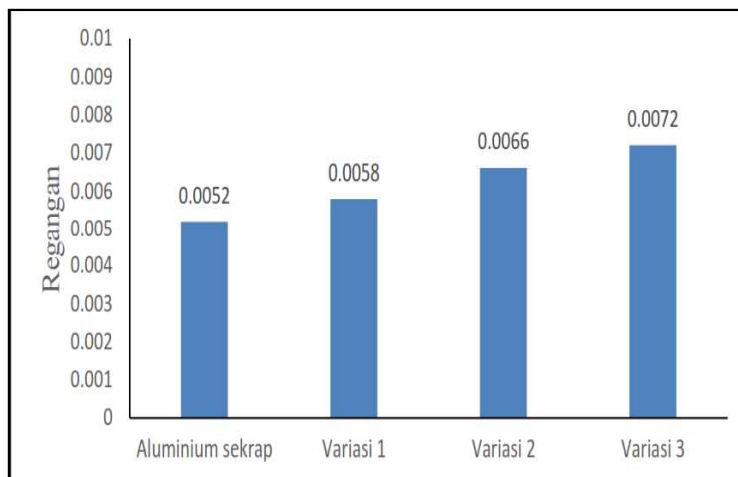


Gambar 8. Kandungan unsur lain

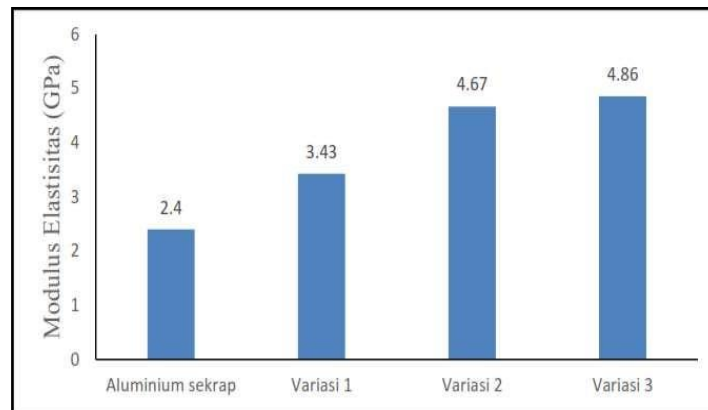
Pengaruh kadar silikon terhadap tegangan, regangan dan modulus elastisitas bending.



Gambar 9. Tegangan bending



Gambar 10. Regangan bending



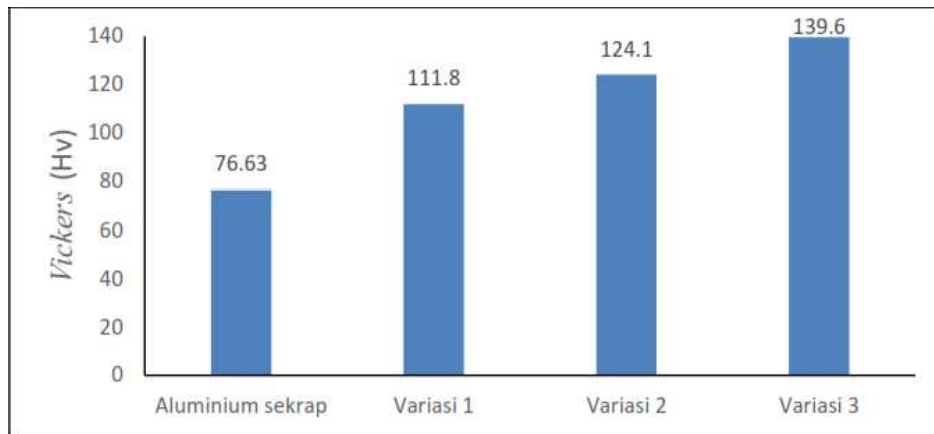
Gambar 11. Modulus elastisitas *bending*

Unsur silikon pada variasi 1 adalah 12,3% berada pada fasa *eutektik* dimana aluminium melarutkan maksimum 1,6 wt% Si, sedangkan kelarutan Al dalam Si hampir nol (Zemani, 2015). Pada variasi 2 dan variasi 3 dimana kandungan silikon adalah 14,2% dan 15,2% yang berada pada fasa *hypereutectic*, menurut Nindhia (2010) fasa *hypereutectic* di dalamnya terdapat partikel silikon primer dengan ukuran besar dan bersudut yang memiliki *eutectic* silikon dan sehingga banyak dipakai untuk memanfaatkan keunggulan ketahanan terhadap aus (*wear resistant*).

Dari hasil analisis yang dilakukan pada pengujian *bending* dapat diketahui bahwa semakin tinggi kandungan silikon pada paduan aluminium-silikon maka nilai tegangan *bending*, regangan *bending* dan modulus elastisitas *bending* akan semakin besar. Pada aluminium sekrap dengan kandungan silikon 9,65% memiliki tegangan *bending* 72,95 MPa, pada variasi 1 dengan kandungan silikon 12,3% tegangan *bending* meningkat menjadi 112,24 MPa, pada variasi 2 dengan kandungan silikon 14,2% tegangan *bending* meningkat menjadi 168,7 MPa, pada variasi 3 kandungan silikon 15,2% tegangan *bending* meningkat menjadi 175,15 MPa. Regangan *bending* pada aluminium sekrap 0,0052 mengalami peningkatan pada variasi 1 menjadi 0,0058, pada variasi 2 mengalami peningkatan menjadi 0,0066 dan pada variasi 3 mengalami peningkatan menjadi 0,0072. Modulus elastisitas *bending* pada aluminium sekrap 0,479 GPa mengalami peningkatan pada variasi 1 menjadi 0,701 GPa, pada variasi 2 mengalami peningkatan menjadi 1,06 GPa dan pada variasi 3 mengalami peningkatan menjadi 1,09 GPa.

Pengaruh kadar silikon terhadap kekerasan vickers

Dari hasil pengujian kekerasan *vickers* menunjukkan semakin tinggi kandungan silikon dalam paduan aluminium silikon maka angka kekerasan *vickers* yang dihasilkan semakin tinggi. Hasil dari analisis pengamatan struktur mikro dengan cetakan pasir menunjukkan kandungan silikon mempengaruhi sebaran silikon dan aluminium pada permukaan paduan aluminium silikon. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa fasa silikon tersebar merata dengan ukuran yang semakin membesar berdasarkan kandungan silikon dalam paduan. Berdasarkan konsentrasi Si dalam persentase berat pada paduan terbagi menjadi *hypoeutectic* (<12,6% Si), *eutectic* (12,6% Si) dan *hypereutectic* (>12,6% wt Si). Pada *hypoeutectic* terjadi pembekuan secara tidak langsung melalui fasa cair padat dengan struktur akhir paduan yang kaya aluminium dengan fasa utama α -Al dan fasa *eutectic* sebagai tambahan. Paduan *eutectic* memberikan komposit alami yang memberikan sifat yang baik untuk paduan. Fasa *eutectic* Al-Si terdiri dari fasa Si yang keras dan getas dalam matriks Al yang lebih lembut yang menyebabkan sebagian besar sifat mekanik hasil pengecoran terutama perpanjangan retak yang ditentukan oleh struktur mikro *eutectic*. Pada paduan Al-Si *hypereutectic*, merupakan paduan yang paling banyak dipakai untuk keperluan terhadap ketahanan aus (*wear resistant*) karena mengandung partikel silikon primer berukuran besar (*coarse*) dan bersudut (*angular*) disamping juga mengandung silikon *eutectic*.



Gambar 12. Kekerasan vickers

Pengaruh kadar silikon terhadap pengamatan struktur mikro

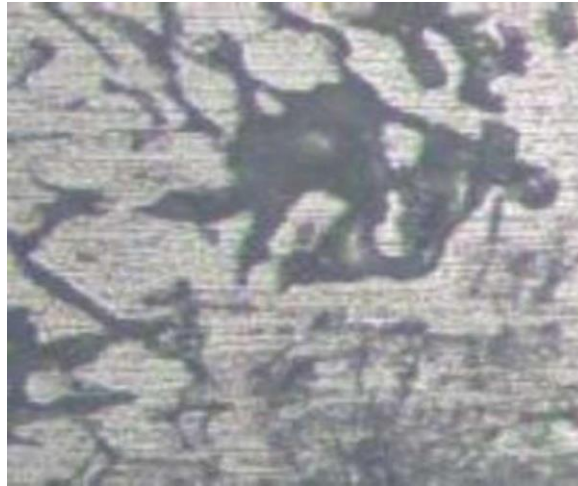
Hasil dari pengamatan struktur mikro menunjukkan perbedaan dalam ukuran, sebaran fasa dan jumlah baik aluminium maupun silikon, perbedaan tersebut dipengaruhi dari komposisi paduan dan proses pengecoran. Menurut Sari et al., (2016) “fasa Al berwarna terang dan fasa Si berwarna gelap”. Dari hasil pengamatan struktur mikro pada aluminium sekrap dan variasi 1 berada pada fasa *hypoeutectic* yang memiliki ketahanan korosi yang baik. Pada variasi 2 dan variasi 3 yang merupakan fasa *hypereutectic* memiliki keunggulan *wear resistance*.



Gambar 13. *Hypoeutectic* aluminium



Gambar 14. *Hypoeutectic* aluminium silikon alloy (Aluminium sekrap) silikon alloy (Variasi 1)



Gambar 15. *Hypereutectic* aluminium



Gambar 16. *Hypereutectic* aluminium silikon *alloy* (Variasi 2) silikon *alloy* (variasi 3)

SIMPULAN

Peningkatan kadar unsur silikon mempengaruhi pada unsur aluminium yang mengalami penurunan dalam persentase massa sehingga mempengaruhi langsung pada pengujian *bending* yang mempengaruhi tegangan *bending*, regangan *bending* dan modulus *elastisitas bending* yang semakin besar seiring dengan peningkatan kadar silikon pada material. Begitupula dengan kekerasan material dalam *vickers hardness* (Hv), semakin tinggi kadar silikon maka tingkat kekerasan material juga semakin tinggi. Pada pengamatan struktur mikro peningkatan kadar silikon dalam paduan maka sebaran fasa silikon pada permukaan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E290-14. 2015. *Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility*¹. https://kupdf.net/download/astm-d7900356059efe2b6f5c57b8c34ac_pdf: 19 Agustus 2019 (20:14).
- ASTM E92-82. 1997. *Standard Test method for Hardness Vickers of Metallic Materials*¹. http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/17671/n.%20Lampiran%20C%20ASTM_E92.pdf?sequence=13&isAllowed=y: 24 Juli 2019 (00:18).
- Cagala, M., M. Bruska., P. Lichy., J. Beno, dan N. Spirutova. 2013. Influence of Aluminium-Alloy Remelting on The Structure and Mechanical Properties. *MTAEC* 47(2): 239-243.
- Cui, J. dan H.J. Roven. 2010. Recycling of Automotive Aluminium. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 20: 2057-2063.
- Kalhapure, M.G. dan P.M. Dighe. 2013. Impact of Silicon Content on Mechanical Properties of Aluminum Alloys. *International Journal of Science and Research(IJSR)* 4(6): 38-40.

- Kumar, V., M. Husain, dan A. Kumar. 2015. Effect of Silicon content on the Mechanical Properties of Aluminium Alloy. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 2(4): 1325-1330.
- Mathavan, J.J. dan A. Patnaik. 2016. Analysis of Wear Properties of Aluminium Based Journal Bearing Alloys with and Without Lubrication. *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering* 149: 1-11.
- Nindhia, T.G.D. 2010. Studi Struktur mikro Silikon dalam Paduan Aluminium- Silikon pada Piston dari Berbagai Merek Sepeda Motor. *Jurnal Teknik Mesin Cakram* 4(1):31-34.
- Rana, R.S., R. Purohit, dan S. Das. 2012. Reviews on the Influence of Alloying Elements on the Microstructure and Mechanical Properties of Aluminium Alloys and Aluminium Alloy Composites. *International Journal of Scientific and Research Publications* 2(6): 1-7.
- Sari, R.P.K., R. Siahaan, dan S. Darmawan. 2016. Pengaruh Unsur Silikon pada Aluminium Alloy (Al – Si) terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. *POROS* 14(1): 49-56.