



PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TUANG PADA PENGECORAN DAUR ULANG Al-Si TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN DENGAN POLA *LOST FOAM*

Wijoyo*, Baral Hidayanto, Anjar Wardoyo dan Muhammad Wahyu Darojad

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Surakarta
Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772, Indonesia

*Email: joyowi@yahoo.co.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 09/05/2018
Naskah Direvisi 15/05/2018
Naskah Disetujui 15/05/2018
Naskah Online 15/05/2018

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menyelidiki pengaruh variasi temperatur tuang pada pengecoran daur ulang Al-Si terhadap struktur mikro dan kekerasan dengan pola *lost foam*. Bahan utama aluminium berasal dari velg bekas sepeda motor dan bahan penambah adalah silikon. Pengecoran daur ulang Al-Si dilakukan pada variasi temperatur tuang 670 °C, 720 °C, dan 770 °C. Pola cetakan menggunakan *lost foam* model T dengan variasi ketebalan 2,5 mm, 5 mm, dan 7,5 mm. Hasil pengecoran difoto mikro dan dilakukan uji kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, kekerasan tertinggi pada temperatur 670 °C dengan nilai kekerasan 42 HB. Sedangkan pada temperatur 720 °C memiliki nilai kekerasan terendah yaitu 35 HB.

Kata kunci: temperatur tuang, struktur mikro, kekerasan, *lost foam*

1. PENDAHULUAN

Aluminium sangat banyak digunakan dan diakui sebagai material terbaik dalam keanekaragaman penggunaan dengan bermacam-macam sektor seperti otomotif, konstruksi, pesawat, dan lain-lain. Banyaknya kebutuhan aluminium dan meningkatnya industri menyebabkan tingginya konsumsi bahan baku aluminium untuk produksi aluminium paduan (Mahfoud, dkk., 2010). Banyaknya penggunaan material aluminium menyebabkan pula banyaknya jumlah limbah aluminium. Sehingga perlu dilakukan langkah pemanfaatan limbah aluminium menjadi produk yang dapat digunakan lagi. Salah satunya adalah *remelting* atau daur ulang limbah aluminium. Paduan Al-Si adalah paduan pilihan dalam bidang material cor ringan karena ringan, *castability* baik, murah, dan sifat-sifatnya yang disukai. Paduan ini banyak digunakan pada bidang otomotif dan pesawat (Timpel, dkk., 2012). Aluminium juga memiliki titik lebur yang rendah, sehingga lebih mudah difabrikasi (Rusnoto, 2013).

Wijoyo, DTA Pratama dan MW Darojad, (2017), menyatakan bahwa variasi temperatur tuang 670 °C,

720 °C dan 770 °C, pada pengecoran Al-Si dengan penambahan 12%Mg memiliki nilai kekerasan optimum pada temperatur tuang kisaran 720 °C. Sedangkan struktur mikro yang terbentuk pada suhu tuang 670 °C dan 720 °C adalah berupa struktur *dendrite* dengan tingkat porositas yang lebih sedikit dibanding pada suhu tuang 770 °C.

S Tanoyo, B Priyowasito dan Wijoyo, (2017), dalam penelitiannya mengenai pengaruh jumlah saluran masuk (*ingate*) pada pengecoran, menyatakan bahwa nilai kekerasan tertinggi terjadi pada coran dengan variasi saluran masuk dua, yaitu sebesar 88,6 HB, sedangkan yang terendah adalah coran dengan saluran masuk satu, yaitu 73 HB. Struktur mikro yang terbentuk dari logam coran secara umum memiliki bentuk struktur mikro berupa struktur *dendrite*.

Variasi temperatur tuang pada saat pengecoran berpengaruh terhadap nilai ketangguhan impak dan struktur mikro hasil coran. Semakin tinggi temperatur tuang maka nilai ketangguhan impaknya juga semakin meningkat. Struktur mikro yang terbentuk dari logam paduan aluminium coran secara umum memiliki bentuk

struktur mikro berupa struktur *dendrite* (MT Wijaya, Zubaidi dan Wijoyo, 2017).

Temperatur tuang berpengaruh terhadap struktur mikro dan kekerasan Al-Si daur ulang. Kekerasan hasil coran menurun seiring meningkatnya temperatur tuang. Sedangkan struktur mikronya semakin besar ukuran *dendrite*-nya (PS Hermawan, dkk., 2013).

Harjanto B dan Suyitno, (2009), meneliti pengaruh temperatur tuang dan temperatur cetakan pada *high pressure die casting* (HPDC) berbentuk piston paduan aluminium-silikon. Metode pengecoran tersebut dilakukan pada pembuatan piston dengan bahan dasar Al-Si12 (wt%). Penelitian ini menggunakan tekanan sebesar 40 bar. Variasi suhu tuang adalah 700 °C, 750 °C dan 800 °C sedangkan untuk suhu cetakan adalah 150 °C, 175 °C dan 200 °C. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan penurunan seiring meningkatnya suhu tuang dan suhu *dies*.

Tillová, dkk., (2012), melakukan penelitian pengaruh temperatur tuang dan waktu peleburan Aluminium daur ulang terhadap sifat fisis dan mekanik. Pada penelitian ini mula-mula aluminium bekas dilebur menggunakan tungku elektrik dengan variasi temperatur 505 °C, 515 °C and 525 °C dan variasi waktu peleburan 2, 4, 8, 16 dan 32 jam. Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur tuang semakin naik komposisi *Silicon*-nya. Pada hasil pengujian kekerasan didapat nilai tertinggi pada temperatur tuang 515 °C dan waktu peleburan 4 jam.

Elfendri, (2009), mengemukakan bahwa peningkatan temperatur tuang dalam interval 665-885 °C dan temperatur cetakan dalam interval 220-330 °C pada proses pengecoran *squeeze* Al-(0,45-6,04) %Si menyebabkan peningkatan panjang retak dan indeks retak panas benda cor tipis Al-Si. Peningkatan komposisi silikon paduan Al-Si dalam interval 0,45-6,04% berat pada proses pengecoran *squeeze* menyebabkan penurunan panjang retak dan indeks retak benda cor tipis. Kombinasi kandungan silikon yang tinggi, temperatur tuang dan cetakan yang rendah pada proses pengecoran *squeeze* benda cor tipis Al-Si akan mencegah terjadinya retak panas.

Bahtiar dan Soemardji, (2012), meneliti tentang pengaruh temperatur tuang dan kandungan silikon terhadap nilai kekerasan paduan AlSi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan silikon berpengaruh terhadap naiknya nilai kekerasan. Sedangkan temperatur tuang cenderung menurunkan nilai kekerasan.

Temperatur tuang pengecoran yang paling optimal untuk menghasilkan kualitas pengecoran yang terbaik terhadap kekerasan hasil *remelting* aluminium tromol Supra X dengan cetakan logam adalah temperatur tuang 700°C dengan rata-rata kekerasan sebesar 86,17 HBN, pada temperatur tuang 725 °C diperoleh rata-rata kekerasan sebesar 84,57 HBN, pada temperatur tuang 750 °C diperoleh rata-rata kekerasan 83,03 HBN, dan pada aluminium tromol belakang Supra X yang tidak mengalami pengecoran diperoleh kekerasan sebesar 90,36 HBN (Jiwo Rogo, dkk., 2013).

Peningkatan temperatur tuang, menurunnya kerapatan *polystyrene foam* dan ukuran mesh pasir meningkatkan mampu alir. Mampu alir terbaik diperoleh pada temperatur tuang tertinggi, kerapatan *polystyrene foam* terendah dan ukuran mesh pasir rendah. Mampu alir meningkat 42,26% dengan naiknya temperatur tuang, serta meningkat 127,3%, dengan menurunnya kerapatan *polystyrene foam*. Kekerasan menurun 9,3% dan kekuatan tarik menurun 5,62% dengan meningkatnya temperatur tuang. Porositas meningkat 103% dengan meningkatnya temperatur tuang dan menurun 18,9% dengan meningkatnya kerapatan pola cetakan *polystyrene foam* (Karim Ivan, 2009).

Temperatur tuang mempengaruhi pembentukan struktur mikro yang berpengaruh terhadap nilai kekerasan, peningkatan temperatur tuang akan mengurangi nilai kekerasan dengan terbentuknya silikon primer. Kekerasan bahan Al-Si7,79% hasil pengecoran HPDC berkurang dengan meningkatnya temperatur tuang. Temperatur tuang yang tinggi menyebabkan bertambahnya waktu pembekuan dan daerah tumbuh fasa silikon sehingga pemisahan terjadi secara sempurna fasa silikon berubah dari serpihan menjadi globular dan silikon primer kecil menjadi silikon primer besar (Drihandono S dan Eko B, 2016).

Metode alternatif yang dapat digunakan untuk memproduksi dengan jumlah sedikit, dengan bentuk yang rumit adalah dengan menggunakan metode pengecoran dengan pola cetakan *polystyrene foam* atau yang lebih dikenal dengan pengecoran evaporatif (*lost foam casting*). *Lost foam casting* secara luas digunakan untuk coran paduan aluminium untuk menghasilkan komponen yang mempunyai bentuk yang kompleks (Guler, dkk., 2014).

Karakteristik dari logam cair terhadap *styrofoam* tentu akan mempengaruhi hasil dari pengecoran. Temperatur penuangan cairan ke dalam cetakan akan mempengaruhi hasil benda cor. Pola *Styrofoam* perlu dibuat agar sisa karbon hasil pembakaran *Styrofoam* dapat terkumpul pada tempat yang mudah dihilangkan pada waktu proses pemesinan. Pola *styrofoam* dibenamkan dalam pasir silika akan menjadi ruang tempat keluarnya gas hasil pengecoran. Pemilihan ukuran dari butiran pasir (*mesh*) berbeda akan menghasilkan benda cor dengan karakteristik berbeda pula (Kumar, dkk, 2007). Pengetahuan dan pengalaman memilih ukuran butiran pasir yang digunakan agar memperoleh benda cor dengan hasil baik, sangat dibutuhkan. Permasalahan lain yang mempengaruhi kualitas benda cor adalah adanya porositas yang disebabkan karena faktor pasir silika, karakteristik *styrofoam* dan temperatur penuangan akan mempengaruhi sifat mekanis material.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh variasi temperatur tuang pada pengecoran daur ulang Al-Si terhadap struktur mikro dan kekerasan dengan pola *lost foam*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Bahan utama penelitian ini adalah aluminium dari velg bekas sepeda motor dengan bahan penambah silikon. Cetakan yang digunakan adalah cetakan pasir, sedangkan pola dibuat dengan menggunakan *lost foam*. Komposisi kimia bahan utama dan hasil coran terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia aluminium velg bekas dan hasil coran

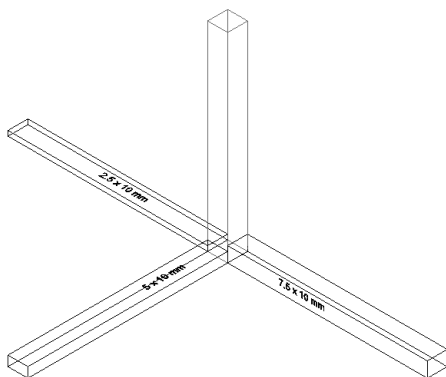
Unsur Kimia	wt%	
	Bahan baku	Hasil Cor
Al	Balance	Balance
Si	7,43	9,81
Fe	0,204	0,391
Cu	0,158	0,150
Mn	<0,0200	<0,0200
Mg	<0,0500	<0,0500
Zn	0,0188	0,471
Sn	0,134	0,110
Cr	<0,0150	<0,0150
Ni	<0,0271	<0,0200
Ti	<0,0100	<0,0100
Pb	<0,0300	<0,0300
Be	0,0001	0,0001
Ca	0,0031	0,0059
Sr	<0,0005	<0,0005
V	0,0143	0,0114
Zr	0,0168	0,0310

2.2 Pengecoran

Pengecoran dilakukan pada variasi temperatur tuang 670 °C, 720 °C dan 770 °C. Pola cetakan dibuat dengan dimensi ketebalan 2,5 cm, 5 cm dan 7,5 cm, sedangkan panjangnya adalah 10 cm, seperti terlihat pada Gambar 1.

2.3 Pengujian

Analisa struktur mikro dilakukan untuk mengetahui perbedaan struktur yang terjadi akibat variasi temperatur tuang. Uji kekerasan dilakukan dengan mesin uji kekerasan Brinnel. Uji ini untuk mengetahui kekerasan dari hasil coran. Sampel uji sesuai dengan standar ASTM E384.

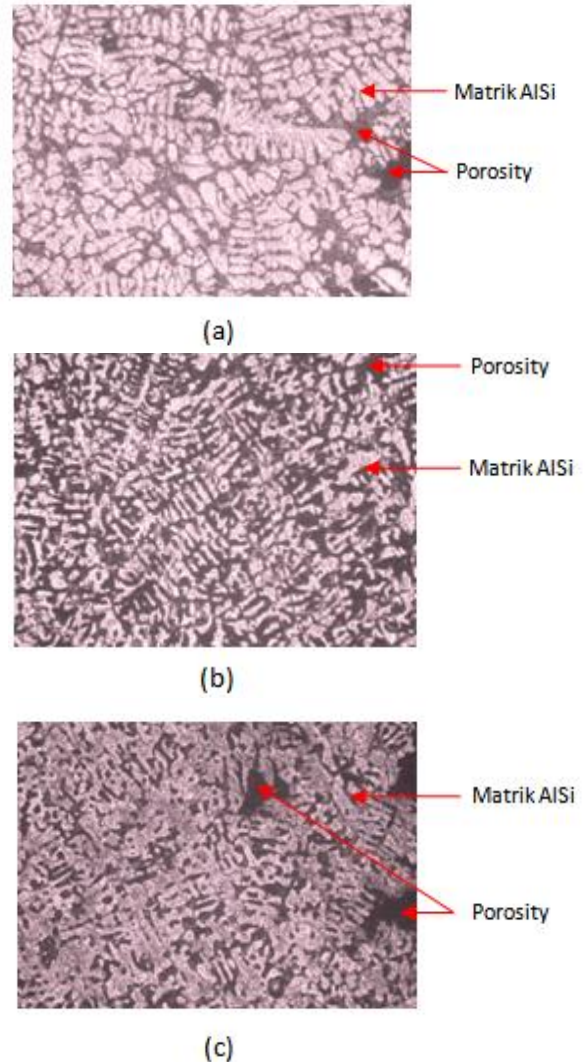


Gambar 1. Pola coran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Struktur Mikro

Hasil foto struktur mikro yang dilakukan terhadap hasil coran dengan berbagai variasi temperatur tuang 670 °C, 720 °C dan 770 °C, adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Foto struktur mikro dilakukan pada pembesaran 50X.



Gambar 2. Struktur mikro paduan AlSi pembesaran 50X pada variasi temperatur tuang: a) 670 °C, b) 720 °C, dan c) 770 °C

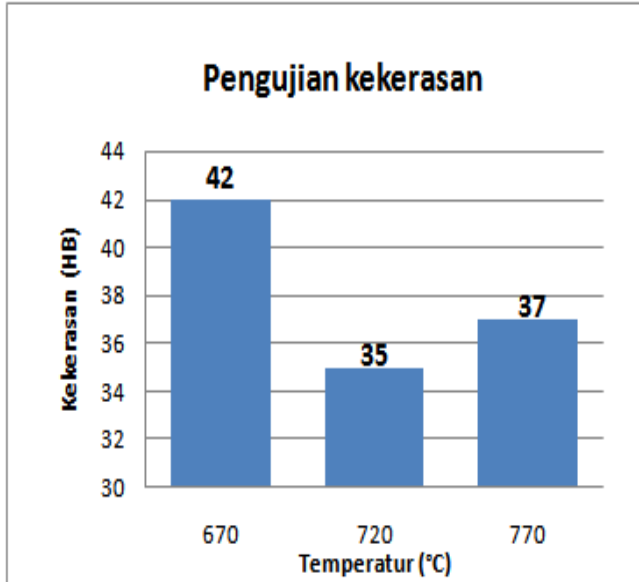
Gambar 2, menunjukkan bahwa secara keseluruhan struktur mikro hasil coran pada tiga variasi temperatur tuang yang dilakukan adalah berupa struktur *dendrite*. Struktur *dendrite* ini merupakan ciri khas dari paduan aluminium silikon (Al-Si). Perbedaan dari struktur mikro hasil coran dengan berbagai variasi temperatur tuang adalah terletak pada ukuran *dendrite* dan susunannya. Pada temperatur tuang 670 °C, *dendrite* yang terbentuk mempunyai ukuran yang besar, padat, dengan beberapa porositas sedang. Ukuran *dendrite* akan semakin mengecil seiring dengan peningkatan temperatur tuang yang dilakukan. Ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (MT Tofa, Zubaidi dan Wijoyo, 2017; Wijoyo, DTA Pratama dan MW Darojad, 2017; S Tanoyo, B Priyowasito dan Wijoyo, 2017; PS Hermawan, dkk., 2013; Drihandono, S dan Eko B, 2016), struktur mikro hasil coran paduan aluminium Al-Si secara umum adalah

berupa struktur *dendrite* dan mengalami perubahan ukuran serta susunan *dendrite*-nya pada perubahan temperatur tuang saat pengecoran.

3.2 Pengujian Kekerasan *Brinell*

Hasil pengujian kekerasan *brinell* terhadap hasil coran dengan variasi temperatur tuang 670 °C, 720 °C dan 770 °C, ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3, menunjukkan bahwa nilai kekerasan hasil coran yang paling tinggi yaitu pada temperatur 670 °C dengan rata-rata nilai kekerasan adalah 42 HB. Hasil kekerasan *brinell* hasil coran dengan berbagai variasi temperatur tuang mengalami fluktuasi, tetapi secara umum seiring dengan meningkatnya temperatur tuang maka nilai kekerasannya mengalami penurunan. Kondisi ini jika dikaitkan dengan struktur mikro, maka struktur mikro dengan ukuran yang besar memberikan nilai kekerasan yang tinggi, sedangkan struktur mikro dengan ukuran yang kecil memberikan hasil kekerasan yang rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (S Tanoyo, B Priyowasito dan Wijoyo, 2017; PS Hermawan, dkk., 2013; Harjanto B dan Suyitno, 2009; Tillová, dkk., 2012; Bahtiar dan Soemardji, 2012; Jiwo Rogo, dkk., 2013; Drihandono, S dan Eko B, 2016), yang menyatakan bahwa kekerasan hasil coran mengalami penurunan seiring dengan peningkatan temperatur tuang yang dilakukan saat pengecoran.



Gambar 3. Nilai kekerasan *Brinell* hasil coran AlSi dengan berbagai variasi temperatur tuang

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur tuang pada pengecoran daur ulang Al-Si, maka semakin mengecil matrik Al-Si-nya, serta semakin turun nilai kekerasannya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar dan Soemardji L. 2012. Pengaruh Temperatur Tuang Dan Kandungan Silicon Terhadap Nilai Kekerasan Paduan Al-Si, *Journal Mekanikal*, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Indonesia, Vol. 3. <http://portalgaruda.org>.
- Drihandono S. Eko Budiyanto. 2016. Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (*High Pressure Die Casting/HPDC*) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7,79 %). Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung.
- Elfendri. 2009. Pencegahan Terjadinya Retak Panas Pada Proses Pengecoran Squeeze Benda Tipis Al-Si, *Jurnal Teknik Mesin*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pasir Pengaraian, Riau, Vol. 11.
- Guler Kerem A., dkk. 2014. Effects of Pattern Coating and Vacuum Assistance on Porosity of Aluminium Lost Foam Castings. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*, Vol. 55, No. 5, pp. 424–428.
- Harjanto B. dan Suyitno. 2009. Pengaruh Temperatur Tuang dan Temperatur Cetakan pada *High Pressure Die Casting* (HPDC), *Laboratorium Teknik Bahan*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Jiwo Rogo GKC. 2013. Pengaruh Variasi Suhu Tuang Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Hasil Remelting Aluminium Tromol Supra X Dengan Cetakan Logam, *Jurnal Nosel*, Vol. 2 (2). jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/ptm/article/view/2657.
- Karim Ivan. 2009. Pengaruh temperatur tuang, kerapatan, *polystyrene foam* dan ukuran mesh pasir terhadap mampu alir, sifat mekanis, struktur mikro dan munculnya cacat aluminium paduan 356.1 yang dicor dengan metode *evaporative*. Thesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Kumar S. 2007. Effect of Evaporative Pattern Casting Process Parameters on The Surface Roughness of Al-7%Si Alloy Casting, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 182, pp. 615–623.
- Mahfoud M., Rao AP. dan Emadi D. 2010. The Role of Thermal Analysis in Detecting Impurity Levels During Aluminum Recycling, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 100 (3), pp. 847–851. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10973-010-0742-8>.
- MT Wijaya, Zubaidi dan Wijoyo. 2017. Pengaruh Variasi Temperatur Tuang terhadap Ketangguhan Impak dan Struktur Mikro pada Pengecoran Aluminium, Simetris, *Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, Volume 8 No. 1, 219–224, UMK Kudus.
- Rusnoto. 2013. Studi Kekuatan Impak Pada Pengecoran Paduan Al-Si (Piston Bekas) Dengan Penambahan Unsur Mg, *Journal Foundry*, Universitas Pancasakti, Tegal, Vol. 3. download.portalgaruda.org/article.php%3Farticle.
- S Tanoyo, B Priyowasito dan Wijoyo. 2017. Kajian Jumlah Saluran Masuk (*Ingate*) terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Al-11Si dengan Cetakan Pasir, *Flywheel, Jurnal Teknik Mesin Untirta*, Volume 1 No. 1.
- Tillová E., Hurtalová L. dan Chalupová M. 2012. Evolution of Phases in a Recycled Al-Si Cast Alloy During Solution Treatment, *INTECH Open Access Publisher*. <http://cdn.intechopen.com/pdfs/30939>.
- Timpel M., dkk. 2012. The Role of Strontium in Modifying Aluminium–Silicon Alloys, *Journal Acta Materialia*, Vol. 60 (9), pp. 3920–3928. <https://www.researchgate.net/publication/257540922>.
- PS Hermawan, Purwanto H. dan Respati SMB. 2013. Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Produk Sepatu Kanvas Rem Dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang, *Journal Momentum*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim, Semarang, Vol. 9. <http://publikasiilmiah.unwahas.index.php/MOMENTUM/article/view/919>.
- Wijoyo, DTA Pratama dan MW Darojad. 2017. Pengaruh Penambahan 12% Mg Hasil Remelting Aluminium Velg Bekas terhadap Fluidity dan Kekerasan dengan Variasi Temperatur Tuang, *Prosiding SNATIF*, 611–616, UMK Kudus.

