

KAJIAN JUMLAH SALURAN MASUK (*INGATE*) TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO HASIL PENGECORAN Al-11Si DENGAN CETAKAN PASIR

Singgih Tanoyo^{1*}, Bayu Priyowasito², Wijoyo^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Surakarta
Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772

*Email : joyowi@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh jumlah saluran masuk (*ingate*) terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil pengecoran paduan Al-11Si dengan cetakan pasir. Bahan penelitian ini adalah paduan aluminium dari piston bekas, kemudian dilebur dan dituang ke dalam cetakan dengan variasi jumlah saluran masuk dari satu saluran masuk, dua saluran masuk dan tiga saluran masuk. Cetakan yang digunakan adalah cetakan pasir dengan temperatur tuang adalah 750 oC. Pengujian kekerasan dengan mesin uji keratan brinell, sedangkan pengamatan struktur mikro dengan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah saluran masuk ke rongga cetakan sangat berpengaruh terhadap kekerasan dan struktur mikro logam coran. Pada pengecoran cetakan pasir, nilai kekerasan tidak berbanding lurus terhadap jumlah saluran masuk ke rongga cetakan. 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.

Kata kunci : Al-Si, *brinell*, saluran masuk, struktur mikro

1. PENDAHULUAN

Pengecoran (*casting*) adalah suatu proses penuangan materi cair seperti logam atau plastik yang dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan membeku di dalam cetakan tersebut, dan kemudian dikeluarkan atau di pecah-pecah untuk dijadikan komponen mesin. Pengecoran digunakan untuk membuat bagian mesin dengan bentuk yang kompleks.

Pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*) merupakan metode yang banyak digunakan pada industri pengecoran Aluminium. Selain membutuhkan biaya yang cukup relatif sedikit juga dapat membuat desain yang bentuknya agak rumit, Pengecoran cetakan pasir merupakan proses produksi yang diawali dengan menuangkan logam cair ke dalam sistem saluran dan selanjutnya logam cair akan mengisi seluruh rongga cetakan. Sistem saluran cetakan pasir merupakan bagian yang sangat penting dalam pembuatan produk cetakan pasir. Hal ini dikarenakan sistem saluran merupakan jalan masuk logam cair ke dalam rongga cetak pada cetakan pasir. Sistem saluran pada pengecoran cetakan pasir terdiri dari *pouring* basin, *sprue*, *runner*, *gate*, dan *riser*.

Salah satu unsur penting yang perlu diperhatikan dalam memproduksi produk pengecoran yang berkualitas tinggi adalah perancangan saluran (*gating design*). Upaya penelitian secara meluas telah banyak dilakukan dalam rangka mempelajari pengaruh perancangan saluran pada pola aliran logam cair saat memasuki cetakan. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa perancangan sistem saluran yang optimal dapat mengurangi turbulensi pada aliran logam cair, meminimalisasi udara yang terjebak, inklusi pasir, terbentuknya lapisan oksida dan terak (Shafiee dkk., 2009).

Sistem saluran adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituangkan ke dalam rongga cetakan. Tiap bagian diberi nama, dari mulai cawan tuang dimana logam dituangkan dari *ladle*, sampai saluran masuk ke dalam rongga cetakan. Nama-nama itu ialah cawan tuang (*pouring cup*), saluran turun (*sprue*), pengalir (*runner*) dan saluran masuk (*ingate*) (Surdia dan Chijiwa, 2000).

Penelitian lain dilakukan oleh Sinung dkk., (2009) yang meneliti pengaruh variasi jumlah saluran masuk terhadap struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan pengecoran *pulley* paduan aluminium Al-Si menggunakan cetakan pasir. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa jumlah saluran masuk pada hasil coran *pulley* aluminium yang paling optimal untuk meningkatkan

kualitas struktur mikro dan kekerasan yaitu pada jumlah saluran masuk 3 sedangkan untuk meningkatkan kualitas ketangguhan impact yaitu pada jumlah saluran masuk 1.

Kekerasan bahan Al Si 7,79 % dengan teknik HPDC berkurang dengan meningkatnya temperatur tuang, pembahasan pada struktur mikro tentang pengaruh temperatur tuang menyebutkan bahwa 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. Temperatur tuang mempengaruhi pembentukan struktur mikro yang berpengaruh terhadap nilai kekerasan, peningkatan temperatur tuang akan mengurangi nilai kekerasan dengan terbentuknya silikon primer (Drihandono dan Eko, 2016).

Hasil pemeriksaan mikrografi menunjukkan bahwa pengecoran menggunakan cawan tuang *offset basin* maupun *offset stepped basin* dapat menghasilkan coran dengan cacat porositas lebih kecil dibandingkan tanpa menggunakan cawan tuang (Sugeng dan Taufiq, 2010).

Variasi suhu tuang dan suhu cetakan akan mempengaruhi karakteristik dari benda hasil coran. Kekerasan secara umum menurun dengan meningkatnya suhu tuang dan suhu dies. Didapatkan hasil suhu tuang maksimal adalah 700 °C dan suhu cetakan 150 °C dengan kekerasan 97.86 VHN (Budi dan Suyitno, 2008).

Pengecoran cetakan pasir dengan menggunakan model pola saluran A, B dan C menunjukkan bahwa dari ketiga model sistem saluran tersebut pola saluran A dan pola saluran C tidak terdapat cacat penyusutan, sedangkan hasil coran pada pola saluran B masih terdapat cacat penyusutan yang terletak dibagian tengah coran. Pada pengamatan struktur mikro, pola saluran C lebih sedikit cacat porositasnya dibandingkan dengan pola saluran A dan B. Pada Uji kekerasan menunjukkan bahwa pola saluran A pada spesimen A1 dan A3 mempunyai kekerasan yang paling tinggi diantara spesimen yang lain yaitu sebesar 77,40 BHN. Sedangkan kekerasan terendah terdapat pada pola saluran C yaitu pada spesimen C2 sebesar 74,40 BHN. Hal tersebut karena laju pembekuan terakhir terletak pada bagian tengah coran. Jadi semakin lama laju pembekuannya semakin rendah kekerasannya (Roziqin dkk., 2012).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua parameter *casting* memiliki pengaruh yang nyata pada tegangan sisa. Tegangan sisa menurun dengan penurunan *superheat*, suhu dan kekerasan cetakan. *Residual stres* dapat ditingkatkan dengan menambahkan pengubah eutektik dan dengan perubahan desain pengecoran. Begitu juga bahwa struktur mikro dan sifat mekanik dipengaruhi secara signifikan oleh parameter tersebut (Mohsen dan Sten, 2009).

Penambahan partikel SiC menyebabkan peningkatan kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan, umur kelelahan. Ini menunjukkan, jenis proses fabrikasi dan persentase penguat adalah faktor utama yang mempengaruhi sifat mekanik. Pengamatan menunjukkan bahwa ketika persentase penguat meningkat, pada elektromagnetik *stir casting*, maka diperoleh sifat mekanik terbaik (Shashi dkk., 2014).

Helmi dan Mulyonorejo (2010), mengemukakan bahwa dalam pengecoran aluminium, pengecoran ulang akan menurunkan kekuatan tarik dan kekerasan aluminium cor. Dengan penurunan sebagai berikut : pengecoran ulang I terhadap pengecoran ulang II kekuatan tarik turun 3.9% dan kekerasannya turun 5.1% dan setelah dilakukan pengecoran ulang III kekuatan tarik turun sekitar 8.9 % dan kekerasannya turun sekitar 27 %.

Suyanto dkk., (2016), mengemukakan bahwa pengecoran ulang aluminium menghasilkan produk dengan tingkat porositas 3,3% sampai 5,9%. Penambahan TiB sebanyak 0,5% ke ADC3 berpengaruh pada penurunan butir hingga 50%, peningkatan kekerasan hingga 23%, peningkatan kekuatan tarik hingga 11% serta penurunan keuletan hingga 20%.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh jumlah saluran masuk (*ingate*) terhadap cacat permukaan, nilai kekerasan, dan struktur mikro pada pengecoran paduan aluminium.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

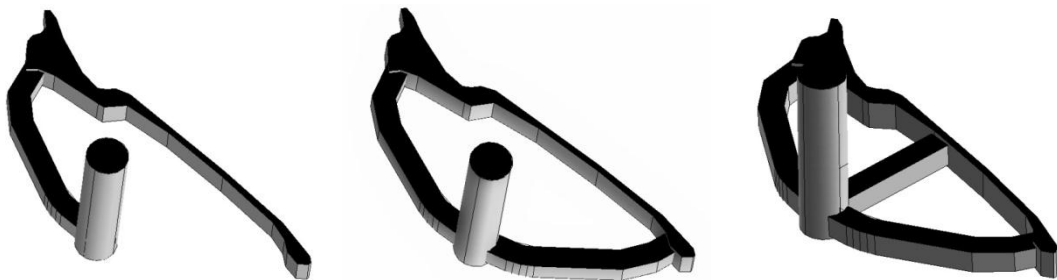
Bahan utama penelitian ini adalah paduan Al-11Si yang diperoleh dari piston bekas dengan komposisi kimia seperti pada Tabel 1. Pasir cetak, dapur kowi beserta perangkat pengecoran lainnya.

Tabel 1. Komposisi kimia material coran

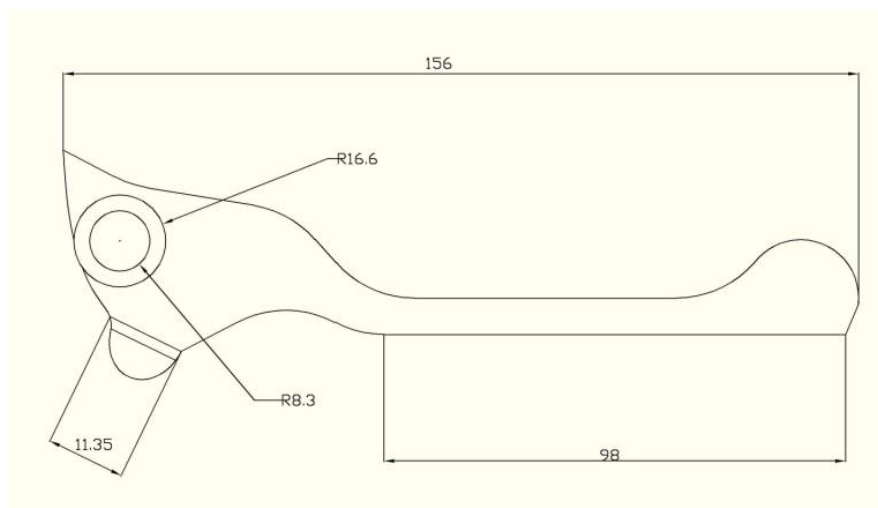
Unsur	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Pb	Be	Ca	Sr	V	Zr
Komposisi (%wt)	Balance	11,0	0,906	0,117	0,180	<0,0500	<0,150	<0,0200	2,98	0,0592	0,0156	<0,0300	0,0001	0,0048	<0,0005	<0,0100	0,0544

2.2 Proses Pengecoran

Pola dibuat dengan variasi satu, dua dan tiga saluran masuk seperti pada Gambar 1 dengan dimensi seperti pada Gambar 2. Cetakan pasir dibuat berdasarkan pola yang telah dibuat. Selanjutnya pengecoran dilakukan pada temperatur tuang 750 °C.



Gambar 1. Pola



Gambar 2. Ukuran Benda

2.3 Pengujian

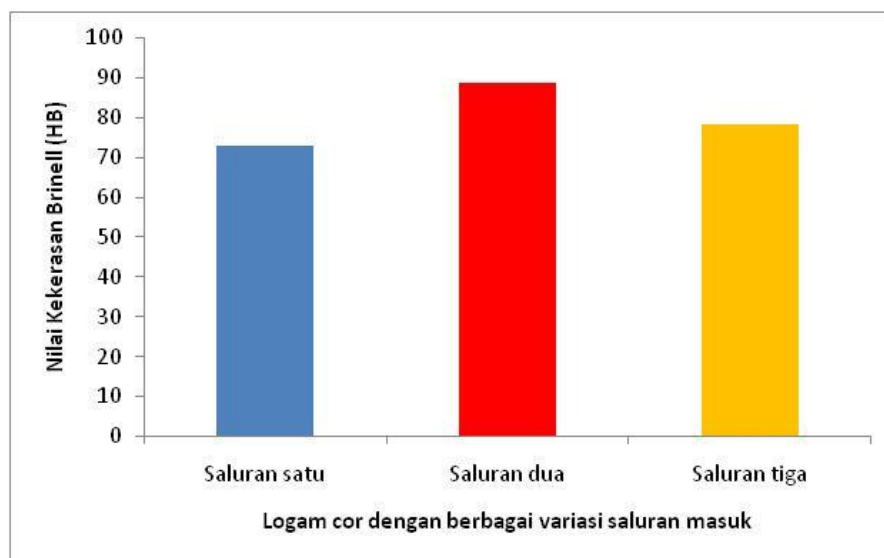
Pengujian kekerasan dengan menggunakan mesin uji kekerasan *Brinell* pada lima titik disetiap spesimen. Pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100X.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap hasil pengecoran dengan menggunakan mesin uji kekerasan *Brinell* pada masing-masing spesimen di lima titik yang berbeda. Nilai kekerasan pada hasil pengecoran dengan variasi jumlah saluran masuk dua memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi dan diikuti oleh variasi jumlah saluran masuk tiga dan satu. Data distribusi rata-rata kekerasan hasil pengujian kekerasan seperti terlihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu pada variasi jumlah dua saluran masuk dengan rata-rata nilai kekerasan adalah 88,6 HB, nilai kekerasan yang paling rendah yaitu terdapat pada variasi jumlah satu saluran masuk, dengan rata-rata nilai kekerasan adalah 73 HB sedangkan pada variasi tiga saluran masuk rata-rata nilai kekerasannya adalah 78,2 HB. Hasil pengujian kekerasan tersebut jelas menunjukkan bahwa kekerasan hasil coran sangat dipengaruhi oleh jumlah saluran masuk logam cair ke dalam rongga cetakan. Tetapi penambahan jumlah saluran masuk tidak berbanding lurus terhadap nilai kekerasannya. Hal ini dapat terjadi karena pada saluran masuk satu, logam cair membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memenuhi seluruh rongga cetakan sehingga logam cair mengalami pembekuan lebih cepat dipermukaan sedangkan didalam masih belum membeku. Pada saluran masuk dua, logam cair mengisi rongga cetakan dari kedua ujung yang berbeda menuju tengah rongga cetakan, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengisi rongga cetakan lebih cepat dari saluran masuk satu. Adanya aliran dari dua sisi ini mengakibatkan terjadinya kepadatan pada benda coran yang menghasilkan nilai kekerasan optimum. Sedangkan pada saluran masuk tiga, logam cair masuk melalui dua ujungnya dan tengah rongga cetakan yang mengakibatkan aliran terlalu cepat, padahal ruang cetakannya kecil sehingga aliran logam cair mengalami olakan pada cetakan dan mengakibatkan nilai kekerasannya lebih rendah dari nilai kekerasan logam coran dengan saluran masuk dua. Kondisi ini didukung dengan hasil foto mikro yang menunjukkan bahwa pada saluran masuk satu bentuk struktur mikronya berupa dendrite yang terbetuk tidak jelas dan berukuran besar serta tidak teratur, sedangkan pada saluran masuk dua, struktur dendrite khas dari struktur mikro coran paduan Al-Si sangat jelas dengan lengan-lengan yang panjang dan rapat. Selanjutnya pada saluran masuk tiga akibat terjadi olakan, struktur dendrite berubah bentuk menjadi pendek dan bulat.



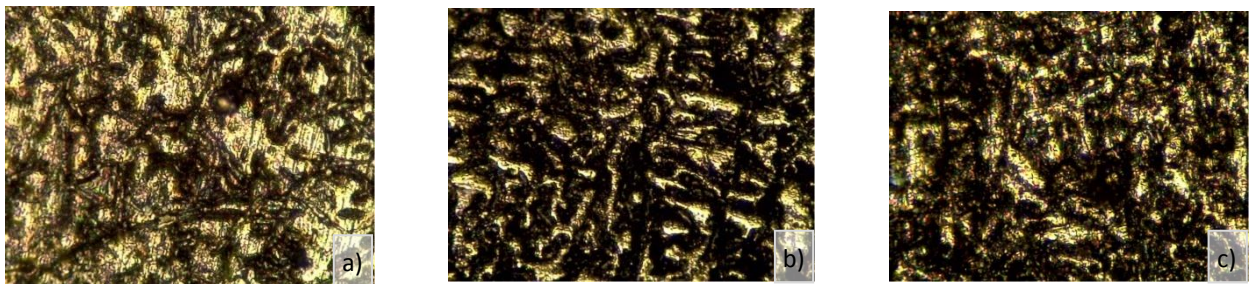
Gambar 3. Grafik perbandingan nilai rata-rata kekerasan *Brinell* pada logam coran

3.2 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk melihat apakah terjadi perbedaan struktur mikro pada hasil coran dengan variasi jumlah saluran masuk ke rongga cetakan. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada ketiga spesimen variasi jumlah saluran masuk. Pembesaran gambar sampai 100X dan hasil foto struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 4:

Hasil foto mikro logam coran menunjukkan adanya perbedaan. Secara keseluruhan struktur dari logam coran memiliki bentuk struktur mikro berupa struktur dendrite yang menjadi ciri khas dari struktur mikro dari logam paduan Al-Si. Pada saluran masuk satu bentuk struktur mikronya berupa dendrite yang terbetuk tidak jelas dan berukuran besar serta tidak teratur. Ini mengakibatkan pada waktu diuji kekerasannya menghasilkan nilai kekerasannya yang rendah, sedangkan pada saluran masuk dua, struktur dendrite khas dari struktur mikro coran paduan Al-Si sangat jelas dengan lengan-lengan yang panjang dan rapat yang memiliki kekerasannya yang tinggi. Hal ini terbukti dari hasil uji kekerasannya yang tinggi. Selanjutnya pada saluran masuk tiga akibat terjadi olakan, struktur dendrite berubah bentuk menjadi pendek dan bulat yang memiliki kekerasannya lebih rendah dibanding bentuk dendrite lengan panjang dan rapat.

Hasil penelitian ini sejalan dengan (Shafiee dkk., 2009, Sinung dkk., 2009, Drihandono dan Eko, 2016, Sugeng dan Taufiq, 2010, Budi dan Suyitno, 2008, Roziqin dkk., 2012, Mohsen dan Sten, 2009, Shashi dkk., 2014, Helmi dan Mulyonorejo, 2010, dan Suyanto dkk., 2016), bahwa semua parameter pengecoran sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik dan struktur mikro hasil pengecoran.



Gambar 4. Struktur mikro paduan aluminium pada variasi jumlah saluran masuk : a) satu saluran masuk, b) dua saluran masuk dan c) tiga saluran masuk

4. KESIMPULAN

Dari uraian hasil penelitian dan pembahasan di atas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah saluran masuk ke rongga cetakan sangat berpengaruh terhadap kekerasannya dan struktur mikro logam coran.
2. Pada pengecoran cetakan pasir, nilai kekerasannya tidak berbanding lurus terhadap jumlah saluran masuk ke rongga cetakan.
3. Nilai kekerasannya 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.
4. Struktur mikro yang terbentuk dari logam coran secara umum memiliki bentuk struktur mikro berupa struktur dendrite.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, H., dan Suyitno, (2008), Pengaruh Temperatur Tuang Dan Temperatur Cetakan Pada *High Pressure Die Casting* (HPDC) Berbentuk Piston Paduan Aluminiumsilikon. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*, 2008 – IST AKPRIND Yogyakarta, 86-90.
- Drihandono, S., dan Eko, E., (2016), Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (*High Pressure Die Casting/HPDC*) Terhadap Kekerasannya dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7,79 %), *Jurusan Teknik Mesin*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro. Lampung.
- Helmi, P., dan Mulyonorejo, (2010), Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasannya Pada Aluminium Cor Dengan Cetakan Pasir, *Prosiding Seminar Nasional Unimus*, 2010, ISBN: 978.979.704.883.9, 273 – 277.

- Mohsen, S.S., and Sten, J., (2009), The Effects Of Casting Parameters On Residual Stresses And Microstructure Variations Of An Al- Si Cast Alloy, *International Centre for Diffraction Data* 2009 ISSN 1097-0002, 553 – 560.
- Roziqin, K., Purwanto, H., Syafa'at, I., (2012), Pengaruh Model Sistem Saluran Pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Coran Pulli Diameter 76 mm Dengan Cetakan Pasir, *Momentum*, Vol. 8, No. 1, April 2012 : 33- 39.
- Shafiee, M.R.H., Hashim, M.Y.B., and Said, M.N.B., (2009), Effects of Gating Design on The Mechanical Strength of Thin Section Castings, *Proceeding of MUCEET*. Pahang: MUCEET, pp: 1-4.
- Shashi, P.D., et.al., (2014). Microstructure and Mechanical Properties of A356/SiC Composites Fabricated by Electromagnetic Stir Casting, *Procedia Materials Science* 6. 1524 – 1532.
- Sinung, K., dkk., (2009). Pengaruh Variasi Jumlah Saluran Masuk Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pengecoran *Pulley* Paduan Alluminium Al-Si Menggunakan Cetakan Pasir, *Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, UNS, Surakarta.
- Sugeng, S., dan Taufiq, H., (2010), Pengaruh Model Saluran Tuang Pada Cetakan Pasir Terhadap Hasil Cor Logam, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi* 2010, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang, D.80 – D.85.
- Surdia, T., dan Chijiwa, (2000), *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta Pradnya Paramita.
- Suyanto, Ratna, D.P., dan Riyanto W., (2016), ADC3 Yang Dibuat Dengan Peleburan Ulang Aluminium Bekas Sebagai Bahan Propeler Kapal Kayu, *Jurnal Simetris*, Vol. 7 No. 2 November 2016, ISSN: 2252-4983, 761 – 768.