

## STUDI TEMPERATUR TUANG TERHADAP KEKUATAN TARIK PADUAN Al-Si DENGAN MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR

**Endang Setyani**

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : [endangsetyani@mhs.unesa.ac.id](mailto:endangsetyani@mhs.unesa.ac.id)

**Mochamad Arif Irfa'i**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Aluminium adalah salah satu logam non ferrous yang paling banyak digunakan dalam bidang industri dan teknik. Aluminium memiliki titik lebur yang rendah, mempunyai massa jenis kecil, tahan terhadap korosi dan ringan koefisiensi pemuaian yang kecil sehingga aluminium digunakan sebagai bahan baku proses pengecoran. Kebanyakan pemakaian tidak menggunakan aluminium murni tetapi dipadukan dengan elemen-elemen lain untuk membentuk suatu alloy. Penambahan elemen-elemen seperti Al dan Si bertujuan untuk meningkatkan sifat aluminium pada proses pengecoran. Peningkatan sifat mekanik aluminium tidak hanya dengan penambah elemen tetapi dapat dengan cara memvariasikan variabel pengecoran seperti temperatur tuang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur tuang terhadap kekuatan tarik paduan Al-Si dengan menggunakan cetakan pasir. Material yang digunakan berupa ingot Al-Si dengan komposisi Al 84,51% dan Si 5,21%. Pengecoran dilakukan dengan memvariasikan temperatur tuang sebesar 680°C, 705°C, 730°C, 755°C dan 780°C selanjutnya dituang dalam cetakan pasir dengan menggunakan riser. Sampel pengecoran kemudian di uji tarik sesuai dengan standar ASTM E8 hasilnya memperlihatkan kekuatan tarik paduan 140,0 MPa meningkat menjadi 169,6 MPa pada temperatur tuang 705°C dan temperatur tuang 730°C sebesar 162,5 MPa selanjutnya turun pada temperatur tuang 755°C sebesar 151,3 MPa dan meningkat sebesar 156,7 MPa pada temperatur tuang 780°C.

**Kata kunci** : aluminium, paduan Al-Si, pengecoran logam, temperatur tuang, cetakan pasir, uji tarik.

### Abstract

Aluminum is one of the most used non-ferrous metals in industry and engineering. Aluminum has a low melting point, has a small density, is resistant to corrosion and lightweight expansion coefficient is small so that aluminum is used as a raw material casting process. Most uses do not use pure aluminum but are combined with other elements to form an alloy. The addition of elements such as Al and Si aims to improve the properties of aluminum in the casting process. Increasing the mechanical properties of aluminum not only by adding elements but by varying casting variables such as casting temperatures. This research is to know the influence of pour temperature variation on tensile strength of Al-Si alloy by using sand mold. The material used is Al-Si ingot with Al 84.51% and Si 5.21% composition. The casting is done by varying the casting temperature of 680°C, 705°C, 730°C, 755°C and 780°C then poured in a sand mold using riser. The casting sample then in tensile test according to ASTM E8 standard result showed that the tensile strength of 140.0 MPa alloy increased to 169,6 MPa at 705°C casting temperature and 730°C casting temperature of 162,5 MPa further down at casting temperature 755°C of 151.3 MPa and increased by 156.7 MPa at a temperature of 780°C.

**Keywords** : aluminium, Al-Si alloy, metal casting, casting temperature, sand mold, tensile test.

### PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri tidak dapat dilepaskan dari penggunaan logam paduan. Kurang lebih 20% dari logam yang diolah menjadi produk industri merupakan logam bukan besi (*nonferrous*), seperti aluminium silikon (Al-Si). Keunggulan material aluminium terdapat pada berat jenisnya yang ringan, sangat mencair dengan baik, mempunyai permukaan yang bagus, tanpa kegetasan panas dan kekuatannya yang dapat ditingkatkan sesuai dengan kebutuhan. Kekuatan

aluminium biasanya ditingkatkan dengan cara paduan (*alloying*).

Pada industri pengecoran kebanyakan tidak menggunakan bahan aluminium murni, tetapi memanfaatkan sekrap material. Paduan yang sering digunakan pada industri pengecoran adalah Al-Si. Proses peleburan menggunakan alat yang terbuat dari batu tahan api (*refractory*) sebagai isolator panas mampu meningkatkan panas diruang bakar hingga 1.000°C. Material logam yang dileburkan harus pada titik lebur dibawah 1.000°C, seperti aluminium,

kuningan, timah dan seterusnya. Panas dapat diatur melalui pengaturan gas yang masuk ke ruang bakar yang sesuai dengan jenis material dengan temperatur leleh dibawah 1.000°C.

Pemakaian aluminium diperkirakan pada masa mendatang masih terbuka luas baik sebagai material utama maupun material pendukung dengan ketersediaan biji aluminium di bumi yang melimpah. Aluminium disamping mempunyai massa jenis kecil, tahan terhadap korosi, ringan, koefisien pemuaian yang kecil serta sebagai penghantar listrik yang baik, jika dipadu dengan unsur lain dan diproses dengan metode tertentu akan mempunyai sifat fisis dan mekanis. Sebagai contoh dalam dunia industri aluminium banyak di gunakan pada peralatan rumah tangga, konstruksi, komponen otomotif dan pesawat terbang (*aerospace*).

Dalam proses pengecoran meliputi peleburan logam hingga mencair, proses penuangan logam cair kedalam cetakan dan proses pendinginan. Ketiga proses tersebut sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis dari produk yang dihasilkan. Dalam proses pengecoran aluminium paduan tidak terlepas dari berbagai macam cacat yang terjadi seperti *porositas*, penyusutan, *hot tearing*, lubang kecil, *misrun* dan *blister*. Cacat yang terjadi pada produk pengecoran biasanya disebabkan oleh pencampuran yang kurang merata. Temperatur penuangan logam cair dalam cetakan yang tidak tepat, pembekuan yang terlalu cepat serta desain cetakan yang tidak efektif (Bahtiar, 2012).

Pada proses pengecoran merupakan salah satu teknik pembuatan produk dimana material dicairkan ke dalam tungku peleburan kemudian dituangkan kedalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk (*pulley*) cor yang akan dibuat. Cetakan yang sering digunakan untuk pengecoran antara lain: cetakan pasir basah, cetakan semen proses dan cetakan tanah liat. Dalam penelitian ini menggunakan cetakan pasir dimana pasir yang digunakan dalam pembuatan cetakan pada umumnya adalah pasir yang langsung dari alam. Pasir yang digunakan dicampur dengan unsur-unsur lain seperti semen, tetes tebu, dan air.

Temperatur tuang merupakan variabel yang sangat penting karena jika temperatur tuang terlalu rendah maka rongga cetakan tidak akan terisi penuh dimana saluran masuk akan membeku terlebih dahulu, dan jika temperatur tuang terlalu tinggi maka akan mengakibatkan penyusutan dan kehilangan keakuratan dimensi hasil cor. Temperatur tuang pada paduan aluminium biasanya terdapat pada 660-790°C dan harus dipertahankan pada proses penuangan. Selain itu, untuk mengetahui sifat mekanik harus melakukan pengujian seperti uji tarik.

Uji tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk (*pulley*) karena menghasilkan data kekuatan material. Selain itu, untuk mengukur ketahanan terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan.

Proses temperatur tuang pada saat pengecoran sangat penting untuk diperhatikan karena faktor ini akan

mempengaruhi kualitas hasil cor yang meliputi sifat mekanis. Maka dari itu, pada penelitian ini dilakukan proses pengecoran dengan memvariasikan temperatur tuang dan selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur tuang dengan melakukan pengujian kekuatan tarik.

## METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik paduan Al-Si hasil pengecoran dengan variasi temperatur tuang.

### Tempat dan Waktu Penelitian

#### • Tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan didua tempat. Untuk proses pembuatan spesimen dan pengecoran dilakukan di Laboratorium  $\alpha\beta$  Landung Sari, Malang, Jawa Timur. Sedangkan untuk pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

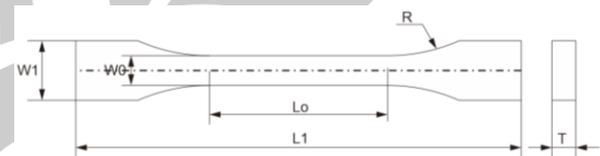
#### • Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan, mulai bulan Oktober 2017 sampai dengan bulan Maret 2018.

### Rancangan penelitian

#### • Cetakan Pasir

Pembuatan cetakan pasir dengan mal berbentuk spesimen uji tarik yang mengacu pada standar ASTM E8.



Gambar 1. ASTM E8

Dimana  $W_0 = 20 \text{ mm}$        $L_0 = 60 \text{ mm}$

$W_1 = 10 \text{ mm}$        $L_1 = 150 \text{ mm}$

$R = 60 \text{ mm}$        $T = 8 \text{ mm}$

#### • Variasi Temperatur Tuang

Material berupa Ingot Al-Si di lebur ditunggu peleburan injeksi yang menggunakan *thermocontrol* dengan variasi temperatur tuang sebesar 680°C, 705°C, 730°C, 755°C dan 780°C

#### • Uji Tarik

Pengujian Tarik dengan dimensi spesimen mengacu pada ASTM E8. Pengumpulan data pengujian Tarik dilakukan dengan menerima pembebanan dalam bentuk tarikan.

Beban (F) yang terlihat pada jarum penunjuk beban akan meningkat secara perlahan hingga spesimen patah. Setelah spesimen patah mesin akan berhenti secara otomatis dan jarum akan menunjukkan beban maksimum ketika spesimen patah. Spesimen dan beban (F) maksimum ketika spesimen patah dicatat.

Untuk mendapatkan kekuatan tarik perlu dilakukan perhitungan regangan dimasukkan ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana:

e = regangan (%)

L<sub>1</sub> = panjang akhir (mm)

L<sub>0</sub> = Panjang awal (mm)

Tegangan *ultimate* atau kekuatan tarik dapat dihitung ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0}$$

Dimana :

σ = kekuatan tarik (kN/mm<sup>2</sup>)

F<sub>maks</sub> = beban luluh yang bekerja (kN)

A<sub>0</sub> = luas penampang semula (mm<sup>2</sup>)

Hubungan linier antara tegangan dan regangan dikenal sebagai hukum Hooke (Shackelford, 1996) serta dinyatakan ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

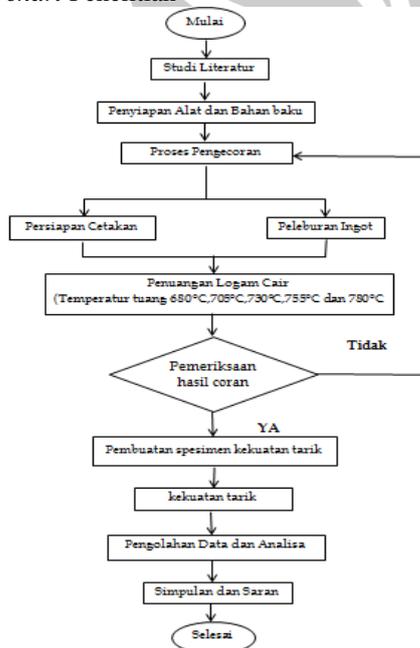
Dimana :

E = besar modulus elastisitas (kN/mm<sup>2</sup>)

e = regangan

σ = tegangan (kN/mm<sup>2</sup>)

#### • Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Proses Penelitian

Peneliti mengawali penelitian dengan survey pendahuluan dan studi literatur sehingga ditemukan rumusan masalah. Setelah itu dilakukan persiapan penelitian dan membuat cetakan pasir. Proses pengecoran dilakukan dengan variasi temperatur tuang sebesar 680°C, 705°C, 730°C, 755°C dan 780°C. Kemudian dilakukan pengujian kekuatan tarik sehingga didapatkan hasil. Hasil uji dianalisis dan kemudian disimpulkan.

#### Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2013).

- Variabel terikat:
  - Nilai kekuatan tarik
- Variabel bebas:
  - Temperatur tuang dalam proses pengecoran sebesar 680°C, 705°C, 730°C, 755°C dan 780°C.
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :
  - Cetakan yang digunakan pada proses pengecoran menggunakan cetakan pasir.
  - Proses pengecoran menggunakan paduan Al-Si.
  - Cetakan pada proses pengujian ini menggunakan model saluran riser.
  - Pengecoran dilakukan di tungku peleburan listrik dilengkapi dengan *thermo control*.
  - Pengujian tarik menggunakan spesimen yang dibentuk sesuai standar pengujian tarik ASTM E8.

#### Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

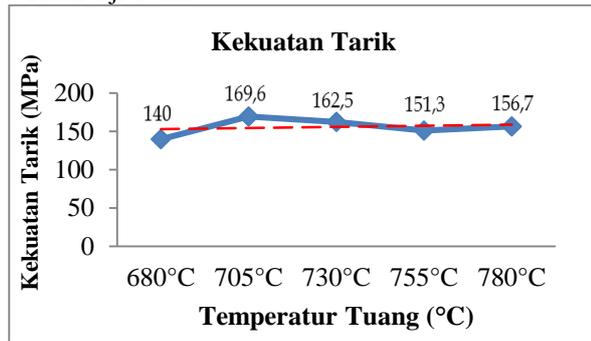
- Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
  - Tungku peleburan 50x50x75 cm
  - Rangka cetakan pasir
  - Timbangan
  - Mal spesimen uji tarik
  - Ladel
  - Pipa
  - Sekrup dan baut
  - Sarung tangan
  - Penjepit
- Material yang digunakan dalam pengecoran adalah Aluminium dengan paduan Silikon sebesar 5,21%.
- Instrumen yang digunakan dalam proses penelitian adalah sebagai berikut:
  - Mesin uji tarik
  - Mesin pengamplasan

#### Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif bertujuan untuk mengungkap fakta, keadaan fenomena, yang terjadi saat penelitian. Data yang sudah dikumpulkan akan diolah menggunakan excel dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan menganalisis dan mengetahui pengaruh perubahan kekuatan tarik dengan perbedaan temperatur tuang disetiap variasinya. Data diolah menggunakan SPSS untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh variasi temperatur tuang terhadap kekuatan tarik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

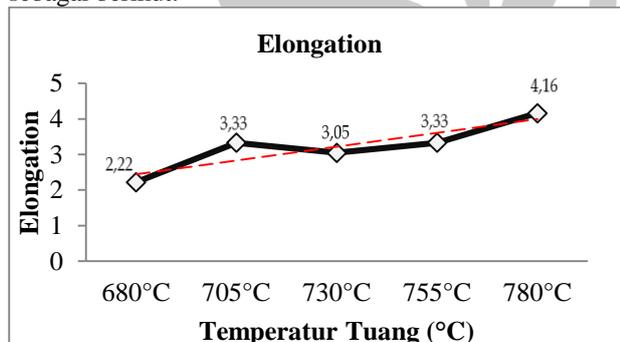
### • Hasil Uji Tarik



Gambar 4. Diagram Hasil Rata-rata Hasil Pengujian Tarik

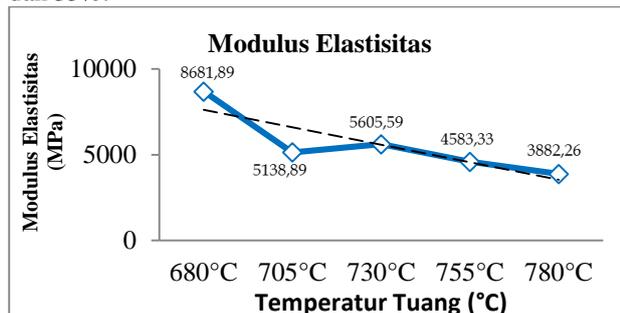
Berdasarkan gambar 5 terlihat adanya peningkatan pada semua variasi, peningkatan tertinggi terjadi pada temperatur tuang 705°C yaitu sebesar 169,6 MPa sedangkan peningkatan nilai kekuatan tarik paling rendah terjadi pada temperatur tuang 680°C sebesar 140 MPa. Nilai kekuatan tarik yang terjadi pada pasaran dengan Al murni yang diberi perlakuan anealing sebesar 91,201845 MPa.

Pengujian tarik juga menghasilkan data mengenai keuletan dari material hasil coran yang bisa dilihat dari presentase pertambahan panjang (*elongation*). Hubungan antara pertambahan panjang dengan temperatur tuang seperti diperlihatkan pada gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Hasil Rata-rata Elongation

Grafik pada gambar 5 memperlihatkan bahwa keuletan terendah terjadi pada temperatur tuang 680°C sebesar 2,22% dan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur tuang. Nilai perpanjangan yang terjadi pada Al murni yang diberi perlakuan anealing sebesar 48,8% dan 35%.



Gambar 6. Diagram Hasil Rata-rata Modulus Elastisitas

Gambar 6 diatas memperlihatkan modulus elastisitas atau kekakuan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan variasi temperatur tuang. Modulus elastisitas tertinggi terjadi pada variasi temperatur tuang 680°C yaitu sebesar 8681,89 MPa sedangkan peningkatan paling rendah terjadi pada variasi temperatur tuang 780°C sebesar 3882,26 MPa.

Pada hasil pengujian tarik di dapat adanya pengaruh terhadap proses pengecoran terhadap temperatur tuang, nilai kekuatan tarik pada material menunjukkan peningkatan fluktuatif dengan peningkatan tertinggi terjadi pada temperatur tuang 705°C yaitu sebesar 169,6 MPa dan kekuatan tarik terendah terjadi pada temperatur 680°C sebesar 140 MPa, nilai keuletan pada pengujian tarik menunjukkan peningkatan fluktuatif dengan peningkatan tertinggi terjadi pada temperatur 780°C yaitu sebesar 4,16% dan keuletan terendah terjadi pada temperatur 680°C yaitu sebesar 2,22% sedangkan nilai modulus elastisitas atau kekakuan mengalami penurunan yang fluktuatif dengan nilai tertinggi terjadi pada temperatur tuang 680°C yaitu sebesar 8681,89 MPa dan nilai terendah terjadi pada temperatur tuang 780°C yaitu sebesar 3882,26 MPa.

## PENUTUP

### Simpulan

Hasil penelitian studi temperatur tuang terhadap kekuatan tarik dan kekerasan paduan Al-Si dengan menggunakan cetakan pasir dapat disimpulkan bahwa:

- Nilai pengujian tarik hasil pengecoran yang menggunakan cetakan pasir tertinggi pada temperatur 705°C sebesar 169,58 MPa dan terendah pada temperatur 680°C sebesar 140,00 MPa.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka diberikan saran sebagai berikut:

- Proses penuangan harus diperhatikan dengan suhu lingkungan.
- Cetakan pasir harus diperhatikan posisi rongga spesimen satu dengan spesimen lainnya.
- Keseragaman permeabilitas cetakan pasir lebih diperhatikan.

## DAFTAR PUSTAKA

ASM International, 1993, "ASM Specialty Handbook:Alumunium and Alumunium Alloys", Ohio,Chapter: Foundry Products.

Bahtiar, 2012. Pengaruh Temperatur Tuang dan Kandungan Silikon Terhadap Cacat Hot Tearing pada Pengecoran Paduan Al-Si, UGM Yogyakarta.

Bates, C. E., Littleton, H. E., Askeland, D., Griffin, J., Miller, B. A., and Sheldon, D. S., 1995,

- Advanced lost foam casting technology, Summary Report to DOE, American Foundry Society, Report No. UAB-MTG-EPC95SUM
- Dieter, E. George. 1996. *Metalurgi Mekanik*. Terjemahan dari *Mechanical Metalurgy*. Jakarta : Erlangga.
- Ferdinand L. Singer, Andrew Pytel, **Kekuatan Bahan**, Terjemahan Ir. Darwin Sebayang, Erlangga, Jakarta, 1980.
- George E. Dieter, **Metalurgi Mekanik**, Terjemahan Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta, 1988.
- Hardi Sudjana, 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta
- Ir. Drs Budiyanto, 2008, Pengaruh Temperatur Penuangan Paduan Al-Si (seri 4032) Terhadap Hasil Pengecoran, *Jurnal Flywheel*, Volume 1, Nomor 2, Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Kumar, S., Kumar, P., Shan, H. S., 2007, Effect of evaporative pattern casting process parameters on the surface roughness of Al-7% Si alloy castings, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 182, pp. 615-623.
- Latief, A. Sutowo. 2013. Kajian Tentang Suhu Sinter dan Suhu Lebur Pasir Merapi Sebagai Potensi Sumberdaya Alam yang Mendukung Industri Pengecoran Logam Di Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah TEKNIS*, 8 (1): 12-15, (Online), diakses 10 Agustus 2014.
- Nandi T, Behera R, Chanda A, Sutradhar G. 2011. *Study on Solidification Behaviour of LM6 Castings by Using Computer-Aided Simulation Software*. *Indian Foundry Journal* Vol. 57, No. 3, Maret 2011 : 44-49.
- Neff, D.V., 2002. *Understanding Aluminium Degassing*, *Modern Casting*, May 2002, p.24-26.
- Ramsden, 2004. **Mechanical Properties of Aluminium Casting Alloys**, <http://www.ramsden.on.ca/alloys.htm>
- Suherman, Wahid. 1987. *Ilmu Logam 1*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Surdia, T. (2000). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Surdia, T., dan Chijiwa, K., (2000). *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Suryani, Anih Sri. 2014. Dampak Negatif Abu Vulkanik Terhadap Lingkungan dan Kesehatan, VI (04): II, (Online), diakses 4 Agustus 2014.
- Suhardi. 1992. *Teknologi Mekanik III (Proses Pengecoran Logam)*. Surakarta: UNS Pres.
- Shivkumar, S., Yao, X., Makhlof, M., 1995, Polymer Melt Interactions during Casting Formation in the lost foam process, *Scripta Metallurgica et Materialia*, Vol. 33, pp. 39-46.
- Somiya, S., 1998, *Advance Technical Ceramics*, Academic Press Inc, Tokyo.
- Suhada Amir Mukminin, 2016, laporan analisis hasil pengecoran sentrifugal dengan menggunakan material aluminium, UNPAS..
- Wiryosumarto, H. dan T. Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- Yuwono A, H., 2009, *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Departemen Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Yao, X., Shivkumar, S., 1997, Molding filling characteristics in lost foam casting process, *Materials science and Technology*, Vol. 31, pp. 841-846.