

Pengaruh temperatur penuangan terhadap fluiditas dan struktur mikro logam Kuningan pada metode *evaporative casting*

I.G.N Priambadi^{1)*}, I Ketut Gede Sugita²⁾, Ida Bagus Giri Asmara³⁾,
A.A.I.A.S. Komala Dewi⁴⁾

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

Abstrak

Banyak penggunaan logam kuningan di industri pengerajin sebagai bahan pembuatan perhiasan dan interior ruangan yang berbentuk besar dan rumit, maka seringkali terjadi cacat coran (fluiditas) pada hasil pengecoran sehingga tidak sesuai dengan bentuk yang diinginkan, maka dicari alternatif metode pengecoran lain. Salah satu alternatif adalah pengecoran evaporative (lost foam). Evaporative casting adalah metode pengecoran yang menggunakan pola cetakan dari polystyrene foam yang memiliki ketelitian karena pola cetak yang mudah dibentuk sesuai benda yang diinginkan. Pengujian fluiditas digunakan cetakan bentuk spiral dengan variasi temperatur penuangan 900,950 dan 1000°C. Pengujian struktur mikro untuk mengetahui sifat mekanik material kuningan 60% Cu-40% Zn. Temperatur penuangan sangat berpengaruh terhadap fluiditas, dimana semakin tinggi suhu penunangan maka semakin panjang laju alir fluiditasnya. Skema struktur mikro logam kuningan (60% Cu-40% Zn) terlihat fase α (terlihat terang) dan fase β (terlihat gelap) lebih mendominasi. Jenis kuningan ini sering disebut dengan nama alpha plus beta brass yang memiliki sifat keras dan getas.

Kata Kunci : Kuningan, Evaporative casting, Fluiditas, Struktur mikro

Abstract

Much use of metal brass craftsmen in the industry for the manufacture of jewellery and interior room in the shape of a large and complicated, then often occur defect castings (fluidity) in casting so that the results do not correspond to the desired shape, then look for an alternative method of casting the other. One alternative is the evaporative casting (lost foam). Evaporative casting is a casting method using polystyrene foam mold of the pattern that has a precision due to the easy print pattern is formed according to the desired object. Testing the fluidity is used spiral mold temperature variation with pouring 900.950 and 1000 ° c. Microstructure of testing to know the mechanical properties of the material brass 60% Cu-40% Zn. Pouring temperature very influential towards the fluidity, in which the higher the temperature of the penunangan the long fluiditasnya flow rate. The scheme of the microstructure of metals brass (60% Cu-40% Zn) visible phase α (visible light) and β phase (visible dark) more mendominasi. Types of brass is often called by the name of alpha plus beta brass that has the nature of hard and brittle.

Keywords: brass casting, Evaporative, Fluidity, microstructure

1. Pendahuluan

Kebutuhan logam kuningan pada saat ini semakin meningkat, terutama pada industri-Industri pengerajin logam kuningan. Banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan perhiasan dan berbagai benda fungsional seperti lampu, koin bahkan cermin. Seiring kemajuan jaman banyaknya penggunaan logam kuningan antara lain pada industri otomotif, perhotelan, restoran dan industri

lainnya, untuk pembuatan benda kerja menggunakan proses pengecoran. Pengecoran merupakan proses pembuatan benda kerja dengan cara menuangkan benda cair kedalam rongga cetakan kemudian dibiarkan menjadi padat. Keuntungan dari proses ini yaitu dapat memproduksi benda yang bentuknya kompleks, sedangkan pengecoran sendiri dikelompokkan menjadi dua yaitu pengecoran cetakan non permanen dan pengecoran cetakan

permanen. Pengecoran cetakan non permanen adalah proses pengecoran dimana cetakan hanya dapat dipakai sekali saja karena untuk mengeluarkan benda kerja cetakan harus dihancurkan. Jenis pengecoran ini adalah pengecoran cetakan pasir, pengecoran

invesmen, dan pengecoran evaporative (lost foam casting), pengecoran cetakan permanen adalah proses pengecoran dimana cetakan dapat digunakan berulang kali dan pengecoran jenis ini adalah pengecoran cetakan logam bertekanan dan pengecoran sentrifugal, hasil pengecoran sering terjadi cacat yang diakibatkan oleh fluiditas dan temperatur tuang pada saat melakukan pengecoran. Oleh karena itu, penelitian ini akan meneliti tentang "Pengaruh temperatur penuangan terhadap fluiditas dan struktur mikro logam kuningan pada metode evaporative casting" dengan temperatur penunangan yang bervariasi. Metode ini ditemukan dan dipatenkan oleh Shroyer pada tahun 1958 (Shroyer, 1958 [1])

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh temperatur penunangan terhadap fluiditas kuningan pada metode *evaporative casting* ?
2. Bagaimana pengaruh temperatur penunangan terhadap struktur mikro kuningan pada metode *evaporative casting*?

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

*Korespondensi: Tel./Fax.: 081337610065/0361 703321

E-mail: priambadi.ngurah@unud.ac.id

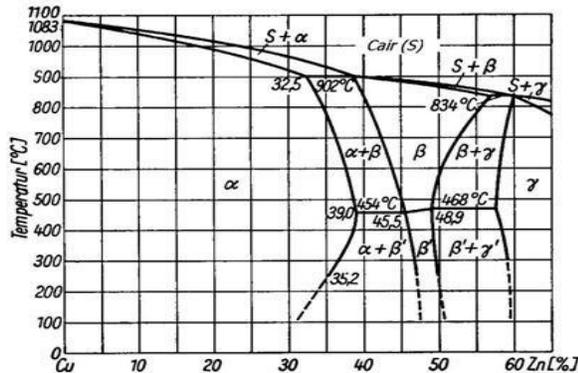
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2017

1. Metode pengecoran hanya menggunakan metode *evaporative*.
2. Bahan yang digunakan hanya kuningan.
3. Pengujian fluiditas yang digunakan hanya dengan metode pengujian spiral dan pengamatan struktur mikro paduan kuningan.

2. Dasar teori

2.1 Kuningan

Kuningan adalah logam yang merupakan campuran dari tembaga (Cu) dan seng (Zn). Tembaga merupakan komponen utama dari kuningan, dan kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Temperatur peleburan sesuai komposisi paduan antara tembaga (Cu) dan seng (Zn) didapat berdasarkan Grafik 2.1 berikut :



Grafik 2.1 Diagram biner Cu-Zn

2.2 Evaporative (lost foam casting)

Proses pengecoran dengan menggunakan metode *evaporative (lost foam casting)* tidak seperti pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir lainnya, pada proses ini pasir kering digunakan sebagai media cetakan, sedangkan pola terbuat dari *polystyrene foam*. Proses pengecoran dengan menggunakan metode *evaporative* mempunyai tahapan seperti gambar sebagai berikut: [2]

1. Pembuatan pola dari *polystyrene foam (PS)* atau *styrofoam* sesuai dengan bentuk benda yang akan dicor.
2. Pembuatan pola cetakan dapat dilakukan dengan menggunakan cetakan injeksi (*injection moldel*) atau dengan memotong lembaran *styrofoam* dengan menggunakan pemotong listrik.
3. Memasukkan pola kedalam kotak pengecoran dan pasir diisi kemudian dipadukan.
4. Penuangan cairan logam kedalam pola melalui saluran masuk dan kemudian logam didinginkan.

Pengecoran dengan metode (*evaporative lost foam casting*) mempunyai keunggulan sebagai berikut, fleksibel dalam pembuatan pola, pola dapat diubah dengan cepat jika ada kesalahan pembuatan, dan biaya yang dikeluarkan lebih kecil.

2.3 Pembekuan

a. Pembekuan logam

Kalau cairan logam murni perlahan-lahan di dinginkan, maka pembekuan terjadi, permulaan pembekuan terjadi pertumbuhan inti-inti kristal, kemudian kristal-kristal tumbuh sekeliling ini tersebut, dan inti lain yang timbul pada saat yang sama.

b. Pembekuan paduan

Jika logam yang terdiri dari dua unsur atau lebih di dinginkan dalam keadaan cair, maka butir-butir kristalnya akan berbeda dengan butir-butir kristal logam murni. Apabila suatu paduan terdiri dari komponen A dan

kristal A dan kristal B tetapi umumnya di dapat butir-butir

Kristal campuran dari A dan B.

c. Pembekuan coran

Pembekuan coran dimulai dari bagian yang bersentuhan dengan cetakan yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai keadaan beku. Struktur paduan dapat terdiri dari tiga macam larutan padat, senyawa antar logam, dan logam murni sehingga kenaikan komposisi paduan menyebabkan bertambahnya macam kristal dan struktur.

2.4 Fluiditas

Fluiditas adalah kemampuan suatu logam cair untuk mengalir masuk kedalam cetakan sebelum membeku. Faktor-faktor yang mempengaruhi fluiditas yaitu :

- Temperatur penuangan
- Komposisi logam (mempengaruhi panas lebur dari logam)
- Viskositas logam cair.
- Panas yang diserap oleh lingkungan sekitarnya.

Untuk mengukur fluiditas digunakan cetakan spiral.

a. Hubungan pembekuan dengan mampu alir

Faktor lain yang mempengaruhi besaran mampu alir adalah komposisi paduan. Logam cair yang memiliki mampu alir yang tinggi adalah logam murni dan paduan komposisi eutektik. Paduan yang dibentuk dari larutan padat, dan memiliki range pembekuan yang besar memiliki mampu alir yang jelek. Terjadi pembekuan yang berbeda yaitu daerah komposisi logam cair murni dan paduan komposisi eutektik mempunyai pembekuan yang disebut mampu alir paduan dengan jarak pembekuan pendek (*fluidity of short freezing range alloy*).

b. Mampu alir paduan dengan jarak pembekuan pendek

Logam cair murni atau komposisi eutektik masuk kedalam saluran, pembekuan akan dimulai dari dinding saluran dan terus bergerak sampai kedua sisi kolomnya bertemu rapat sehingga mengakibatkan cairan logam berhenti. Rumus yang digunakan : [3]

$$L_f = V \cdot t_s \text{ (cm/det)} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

L_f = panjang fluiditas (cm)

V = kecepatan aliran (cm / det)

t_s = waktu pembekuan (det)

2.5 Pasir cetak

Pasir cetak yang paling lazim digunakan adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai dan pasir silika. Pasir silika terdiri dari dua macam yaitudalam keadaan alamiah dan dengan memecah kwarsit. Pasir silika mempunyai kandungan utama yaitu SiO₂ dan terkandung kotoran seperti mika dan felspar, dan untuk pasir silika buatan dari kwarsit yang diperoleh memiliki sedikit kotoran yang jumlah SiO₂ lebih dari 95%. Pengecoran dengan metode *evaporative* biasanya menggunakan pasir silika kering tanpa mencampurkannya dengan bentonit dan air, ini karena menjaga pasir agar dapat masuk pada bagian-bagian terkecil dari pola cetakan.

2.6 Polystyrene foam (PS)

Polystyrene foam (PS) atau yang biasanya disebutkan dengan nama *styrofoam* diproduksi dalam bentuk busa atau gabus. Akan lunak pada temperatur sekitar 95°C dan menjadi cairan kental pada 120°C sampai 180°C dan menjadi encer diatas 250°C, kemudian terurai diatas 320°C sampai 330°C [3].

2.7 Mekanisme pengujian

a. Pengujian fluiditas

Pengujian fluiditas alir cairan logam digunakan cetakan uji yang berbentuk spiral. Pengujian ini bisa didapatkan indeks fluiditasnya, semakin banyak bagian spiral yang terisi semakin besar pula indek fluiditasnya. Kuningan yang akan diuji, di lebur dalam dapur *crusible*. Suhu peleburan untuk mengamati nilai fluiditas di tentukan pada suhu 900°C, 950°C dan 1000°C. Variasi temperatur ini digunakan untuk melihat pengaruh nilai fluidasi terhadap temperatur tuang.

b. Pengujian struktur mikro

Logam mempunyai sifat mekanik yang tidak hanya tergantung pada komposisi kimia suatu paduan, tetapi juga tergantung pada struktur mikronya. Pengamatan struktur mikro dapat menggunakan mikroskop, dengan prinsip seperti dibawah ini:

- Mikroskop metalurgi dan pencahayaan Mikroskop metalurgi dan pencahayaan dari system optik, objek dan penampangnya,
- Penampakan butir yang telah dipolis dan dietsa menggunakan mikroskop optik.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan alat

a. Bahan :

- Kuningan
- *polystyrene foam (PS)*
- pasir silica

b. Alat :

- Dapur pelebur

- Blower
- Kowi
- Timbangan digital
- Cetakan pasir
- Polystyrene foam (PS)
- Alat pemotong Polystyrene foam (PS)
- Tang panjang
- Uji fluiditas
- Mikroskop optik
- Thermocouple dan display
- Varnier Caliper
- Gregaji Mesin dan Gregaji Tangan
- Amplas
- Aautosol
- Kain beludru

3.2 Metode penelitian

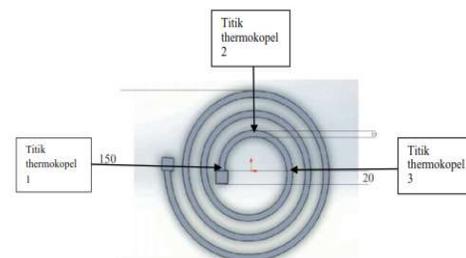
1. Pembuatan pola dan cetakan wadah pasir
2. Pengujian hasil coran dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali pada hari yang berbeda
3. Gambar pola cetakan polystyrene foam
4. Diagram alir penelitian
5. Pelaksanaan penelitian

Penelitian ini ada dua tahap yaitu pembuatan dan pengujian specimen.

Proses Pembuatan Spesimen (Proses Pengecoran)

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pembuatan pola dan cetakan.
3. Pemasangan thermokopel pada pola cetakan.
4. Peleburan logam
5. Penuangan kecetakan
6. Pendinginan dan pengukuran temperatur menggunakan thermokopel type K
7. Pembongkaran specimen
8. Pemeriksaan hasil coran

Bentuk specimen uji dan media cetak adalah seperti gambar berikut :



Gambar 3.1 Posisi thermokopel pada pola cetakan



Gambar 3.2 Media cetak pasir

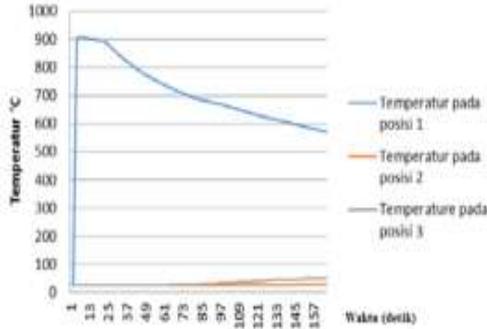
Proses Pengujian

- a. Uji fluiditas, mampu alir paduan dengan jarak pembekuan pendek..
- b. Pengamatan struktur mikro, pengamatan struktur mikro logam kuningan pada temperatur pengecoran 900°C, 950°C dan 1000°C.

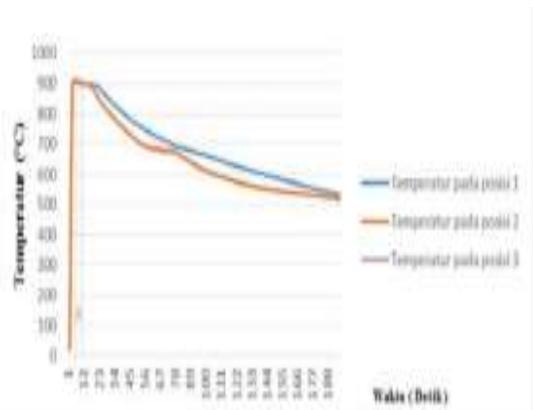
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

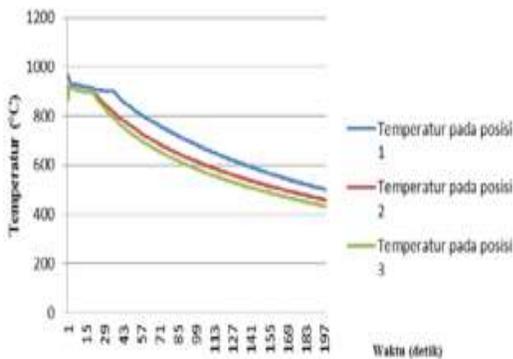
Data Penurunan Temperatur pada Proses Pengecoran



Grafik 4.1 Pengecoran temperatur 900°C



Grafik 4.2 Pengecoran temperatur 950 °C



Grafik 4.3 Pengecoran temperatur 1000 °C

Pada Grafik 4.1, 4.2, 4.3 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan temperatur dan laju alir, dimana pada grafik pengecoran pertama dengan temperatur tuang 900 °C laju alir hanya mencapai panjang 20cm dari panjang keseluruhan pola yaitu 77cm, pada pengecoran yang kedua dengan temperatur tuang

937,78°C, laju alir hanya mencapai panjang 25cm dari panjang keseluruhan pola yaitu 77cm, dan pengecoran yang ketiga dengan temperatur 973.90°C, laju alir hanya mencapai panjang 30cm dari panjang keseluruhan pola yaitu 77cm. Data diatas merupakan rerata dari tiga kali pengambilan data pada hari yang berbeda.

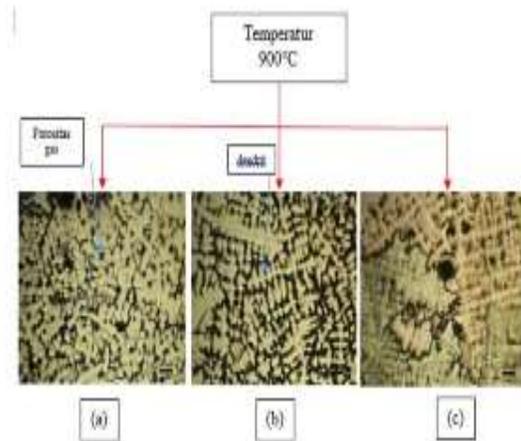
4.2 Data Hasil Pengujian Fluiditas.

Berdasarkan Grafik 4.1, maka fluiditas dari proses pengecoran yang dilakukan dapat dihitung dengan persamaan (1) didapat sebagai berikut :

Tabel 4,1 Data fluiditas pengecoran

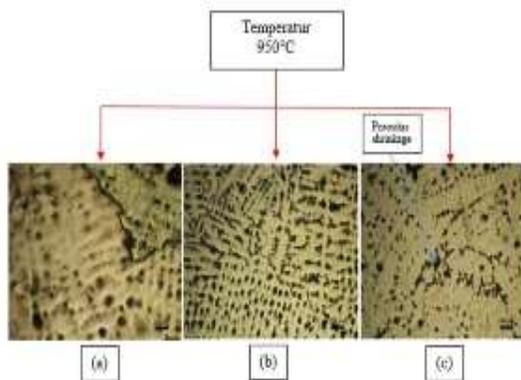
Pengecoran 1	Pengecoran 2	Pengecoran 3
$L_f = 20 \text{ cm}$	$L_f = 25 \text{ cm}$	$L_f = 30 \text{ cm}$
$t_s = 3 \text{ detik}$	$t_s = 4 \text{ detik}$	$t_s = 5 \text{ detik}$
$v = 6.67 \text{ cm/det}$	$v = 6.25 \text{ cm/det}$	$v = 6 \text{ cm/det}$

4.3 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro



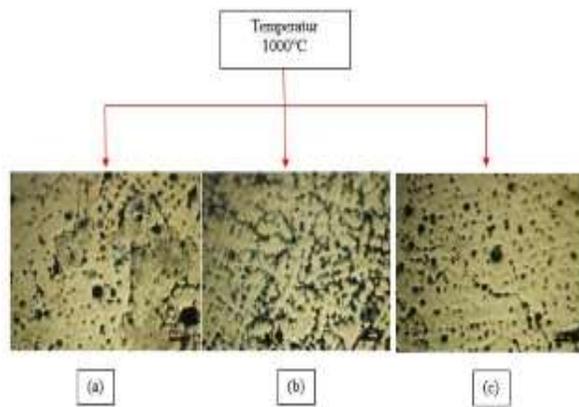
Gambar 4.1 Struktur mikro logam kuningan (60%Cu-40%Zn), temperatur 900°C

(a) awal pembentukan inti kristal nucleus. (b) terbentuknya lengan dendrit. (c) saling bertumpuknya coran dengan dendrit.



Gambar 4.2 Struktur mikro logam kuningan (60%Cu-40%Zn), temperatur 950°C

(a) awal pembentukan inti kristal nucleus. (b) terbentuknya lengan dendrit. (c) saling bertumpuknya coran dengan dendrit.



Gambar 4.3 Struktur mikro logam kuningan (60%Cu-40%Zn), temperatur 1000°C

(a) awal pembentukan inti kristal nucleus. (b) terbentuknya lengan dendrit. (c) saling bertumpuknya coran dengan dendrit.

4.4 Pembahasan

Penurunan temperatur coran untuk material kuningan dengan metode *evaporative* yang dilakukan cukup cepat sehingga pola yang panjang 77 cm tidak terpenuhi untuk semua variasi temperaturnya. Kondisi ini disebabkan oleh bentuk butiran pasir yang digunakan mempunyai ukuran yang besar, sehingga ada celah udara yang menyebabkan temperatur coran terserap cepat. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang menyatakan bahwa rongga antar pasir tersebut secara otomatis terisi oleh udara sehingga pada ukuran pasir yang lebih besar udara lebih banyak terdapat pada permukaan rongga cetak. Efek selanjutnya pendinginan pada ukuran butir yang lebih besar menjadi lebih cepat dibandingkan dengan tempat yang memiliki ukuran pasir lebih kecil [4]. Ukuran pasir yang besar memberikan pengaruh pada kekasaran permukaan dari hasil coran [5].

Fluiditas pada pengamatan material coran tidak mampu memenuhi seluruh pola, hal ini diakibatkan karena butiran pasir cukup besar sehingga terjadi penurunan temperatur coran yang cepat sehingga kecepatan fluiditasnya rendah. Ketidakmampuan coran dalam memenuhi pola disebabkan karena ukuran pola yang kecil sehingga tekanan alir material coran terhalang oleh gas yang dihasilkan dari penguapan *polystyrene foam*. Pernyataan ini diperkuat dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa Gas yang berada antara logam cair dan *polystyrene foam* terbentuk akibat penguapan *polystyrene foam* menyebabkan mampu aliran logam cair semakin berkurang. Semakin tinggi kerapatan *polystyrene foam* semakin besar tekanan gas (*backpressure*) yang berpengaruh pada kemampuan mengisi logam cair pada cetakan [6].

Pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pembentukan dendrite. Semakin cepat penurunan temperatur coran, maka ukuran dendrit menjadi lebih besar dan terlihat panjang. Kondisi ini didukung pula dengan pernyataan hasil penelitian yang menyatakan

bahwa dendrite dengan bentuk tipis dan panjang dihasilkan dari pola cetakan dengan kerapatan *polystyrene foam* rendah [7].

5. KESIMPULAN

Besarnya butiran cetakan pasir pada proses pengecoran dengan metode *evaporative* akan memberikan pengaruh pada kehalusan hasil cetakan. Dimensi pola cetakan juga memberikan pengaruh pada terpenuhinya pola oleh material coran. Kondisi ini terjadi karena kerapatan pada material cor akan berdampak pada kecepatan aliran material cor memenuhi pola cetakan.

Daftar Pustaka

- [1] Shroyer, H. F., 1958, Cavityless casting mold and method of making same, *American Foundryman Society Transaction US Patent No. 2. 2830343*.
- [2] Surdia, T and Saito S., 1992, "Pengetahuan Bahan Teknik". PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [3] Campbell, J., Harding, R.A. (1994). The Feeding of castings. [ONLINE] Available at: <http://www.alueurope.eu/talat/lectures/3206.pdf>. [Last Accessed 24 November 2013].
- [4] Sutyoko, Lutyatmi (2013). Pengaruh ukuran pasir cetak terhadap fluiditas dan akurasi ukuran besi cor kelabu dengan pengecoran *lost foam*. Prosiding SEMINAR NASIONAL ke 8 Tahun 2013 : Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi
- [5] Sutyoko (2012). Metode pengecoran lost foam menjawab tantangan dunia industry pengecoran logam. *Jurnal Foundry*. Hal 21 - 29
- [6] Mirbagheri S. H. M., Silk J. R., Davami P., 2004, "Modelling of Foam Degradation in Lost Foam Casting Process", *Journal of Material Science*, Vol. 39, pp.4593–44603.
- [7] Ivan Junaidy Abdul Karim (2010). Pengaruh kerapatan *polystyrene foam* terhadap mampu alir dan kualitas coran paduan aluminium 356.1 yang dicor dengan metode *evaporative*. *Jurnal Mekanika*. Volume 9 Nomor 1, hal 243 -246