

STUDI KEKASARAN PERMUKAAN PRODUK *INVESTMENT CASTING* ALUMINIUM MINUMAN KALENG BEKAS DENGAN PARAMETER TEMPERATUR TUANG DAN UKURAN BUTIR LEMPUNG

Adri¹, Dedy Masnur²

Casting And Solidification Technology Group

Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

Mechadri@gmail.com¹, dedymasnur@gmail.com²

Rarefaction inside of intake manifold can improve motorcycles engine performance. Intake manifold produce by sand casting method limited for low surface roughnes. Investment casting method might produce low surface roughnes, therefore further study must carried out to observe process parameters namely pouring temperatures and clay grain size. Current study has carried out in order to observe the influence pouring temperatures and clay grain size on surface roughness. Aluminium beverage tins and local natural clay were use raw material for molding. The clay sieved to obtain grain sizes of 60, 100, 200 mesh respectively. The wax clusters were coated with ceramic slurry up to 10 mm thickness and final coat was with sika to strengthen the mould. The ceramic shell were dewaxed at 120°C and then sintered at 350°C for 60 minutes. Aluminium beverage tins were cast at the pouring temperatures 650, 700, and 750°C. The surfaces products tested by surface roughness tester. The results show the surface roughness increases as the pouring temperature increase. At pouring temperature 650°C to 700°C was 7.15%, while at pouring temperature 650°C to 750°C was 130.27%. Surface roughness increases as the clay grain size decreases. At clay grain size 60 to 100 mesh was 8.24, while at clay grain size 60 to 200 mesh was 186.93%.

Keywords: *Investment casting, surface roughness, clay*

1. Pendahuluan

Investment casting juga dikenal sebagai *lost wax process* adalah salah satu jenis teknologi pengecoran presisi yang dapat menghasilkan suatu produk coran yang memiliki bentuk geometri yang rumit, misalnya: tipis, kemiringan dan kelengkungan dengan variasi radius yang kecil, dan kehalusan permukaan produk coran. Salah satu produk yang memerlukan kekasaran permukaan yang rendah ialah *intake manifold*. Kekasaran permukaan yang rendah pada bagian dalam *intake manifold* dapat meningkatkan performa mesin sepeda motor [1]. *Intake manifold* pada umumnya terbuat dari logam aluminium dengan metode pengocoran *sand casting* yang menghasilkan permukaan produk coran yang masih kasar [2].

Pengontrolan kekasaran permukaan pada produk hasil *investment casting* terlepas dari komposisi paduan logam itu sendiri dapat dilakukan dengan mengkaji ulang tentang parameter temperatur tuang dan ukuran butir lempung. Permukaan halus adalah kasus dari logam yang mempunyai daerah beku (yaitu perbedaan temperatur antara mulainya dan berakhirnya membeku) yang sempit, dan permukaan yang kasar adalah kasus dari logam yang memiliki daerah beku yang lebar. Ukuran butir lempung yang halus dapat memperhalus permukaan coran karena semakin halus ukuran butir maka semakin halus pori-pori pada permukaan cetakan [3].

Pemanfaatan logam bekas menjadi bahan baku industri menjadi komoditi perdagangan dan mendorong berkembangnya usaha-usaha penampungan logam bekas di sekitar lokasi usaha. Tumpukan barang bekas aluminium yang dihasilkan seperti kaleng minuman terus meningkat seiring semakin meningkatnya konsumsi minuman kaleng di kehidupan sehari-hari. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan di beberapa tempat pengepul barang bekas yang ada di wilayah Pekanbaru bahwa jumlah aluminium minuman kaleng bekas sangat banyak yaitu 4,5 ton perbulan di masing-masing pengepul [4].

Lempung merupakan sumber daya alam ketersediaannya tidak terbatas. Lempung alam salah satu yang ada di Riau memiliki lempung alam jenis kaolin. Lempung ini berpotensi dapat meningkatkan permeabilitas karena mengandung SiO₂ yang cukup tinggi [5].

Penelitian tentang kekasaran permukaan pada *intake manifold* produk *investment casting* aluminium minuman kaleng perlu dilakukan dengan parameter temperatur tuang dan ukuran butir lempung.

2. Metodologi

2.1 Persiapan bahan dan peralatan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium minuman kaleng bekas XYZ yang berasal dari satu produsen diperoleh dari

beberapa pengepul barang bekas yang ada di Pekanbaru, lempung alam tepi Sungai Siak Desa Palas Kecamatan Rumbai Pekanbaru, lilin (*wax*) jenis *paraffin* yang sering dijumpai di pasaran dengan temperatur leleh lilin diantara 52-68°C.

Peralatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Crucible Furnace*, *Tempering Furnace*, Pengayak Lempung, *Thermometer*, dan *Portable Surface Roughness Tester*.

2.2 Pembuatan Pola Lilin

Desain produk *intake manifold* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada spesifikasi *intake manifold* merk x. Pembuatan pola lilin yaitu penuangan lilin pada master pola yg dibuat dari resin, lilin dituang pada kondisi semi solid (setengah membeku) pada temperatur $\pm 38^{\circ}\text{C}$. Pembongkaran cetakan dilakukan setelah didiamkan selama ± 25 menit. Hasil cetakan lilin berupa setengah dari bagian *intake manifold*. Penggabungan kedua bagian pola lilin dengan cara memanaskan kedua bagian permukaan yang akan digabungkan. Pola lilin *Intake Manifold* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pola Lilin *Intake Manifold*

2.3 Perancangan Sistem Saluran

Perancangan dan pembuatan sistem saluran pada *investment casting* yaitu menggunakan sistem pohon yang terdiri dari *pouring cup*, saluran masuk (*sprue*), dan saluran penghubung (*gate*). Ketebalan rata-rata benda cor pada penelitian ini adalah 7 mm, maka untuk menentukan panjang sisi *sprue* atas, ketinggian *sprue*, panjang sisi *sprue* bagian bawah, luas permukaan bawah *sprue*, dan luas *gate* dapat menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4), dan (5) [3].

$$Sa = 3,5 \times t \quad (1)$$

$$Ts = 6 \times Sa \quad (2)$$

$$Sb = 2(0,5Sa - ((Ts \times \cos 0,5^{\circ})/100)) \quad (3)$$

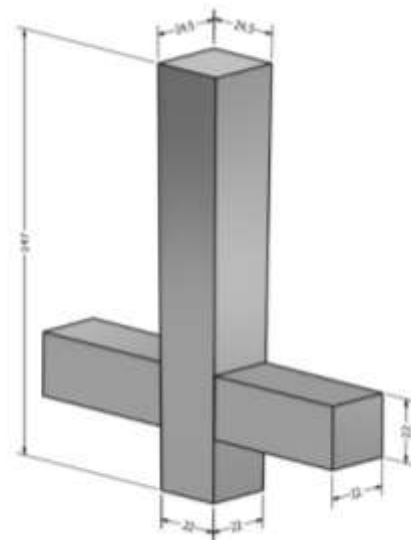
$$Ab = Sb^2 \quad (4)$$

$$Ag = Ab \quad (5)$$

dengan:

- Sa = panjang sisi *sprue* atas (mm)
- t = tebal rata-rata benda cor (mm)
- Ts = ketinggian *sprue* (mm)
- Sb = panjang sisi *sprue* bagian bawah (mm)
- Ab = luas permukaan bawah *sprue* (mm²)
- Ag = luas *gate* (mm²)

Berdasarkan data hasil perhitungan dibuat rancangan sistem saluran pada *investment casting* (gambar 3).



Gambar 3. Rancangan Sistem Saluran

Sistem saluran yang terdiri dari *pouring basin*, *sprue*, dan *gate* dibuat dari lilin secara manual. Kemudian pola lilin dirakit dengan sistem saluran hingga membentuk pohon lilin (*cluster*) (gambar 4).



Gambar 4. Pohon Lilin (*cluster*)

2.4 Pengukuran Ukuran Butir Lempung.

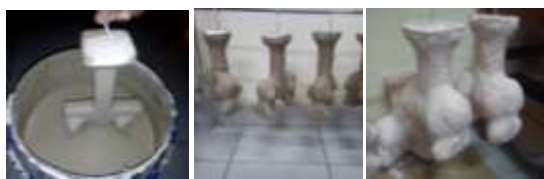
Lempung yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan penghalusan butir dengan cara menumbuk/menggiling lempung dan memisahkan dengan benda-benda yang tidak diperlukan dalam

pemilihan lempung dengan ukuran ayakan mesh 60, 100, dan 200 mesh.

2.5 Pembuatan Cetakan Keramik (*Ceramic shell*)

Pembuatan lumpur keramik (*ceramic slurry*) yaitu mencampurkan air dan lempung dengan perbandingan 2 : 3 dan diaduk manual selama 15 menit hingga merata.

Coating pohon lilin dengan cara melapisi pohon lilin dengan mencelupkan kedalam *ceramic slurry* hingga ketebalan 10 mm kemudian diakhiri dengan pelapisan sika (*cement based grout*) (gambar 5).



Gambar 5. (a) Pelapisan *Ceramic Slurry* (b) Pengeringan (c) Pelapisan dengan Sika (*Cement Based Grout*).

Ceramic shell yang sudah jadi (Gambar 5c) di *dewaxing* dalam *Tempering Furnace* pada temperatur 120°C selama 60 menit [6]. Kemudian disintering di dalam *Tempering Furnace* pada temperatur 350°C dengan waktu penahanan 60 menit [7].

2.6 Pengecoran Aluminiumminuman Kaleng Bekas

Pengecoran aluminium kaleng dilakukan tiga kali pada masing-masing temperatur tuang 650°C, 700°C, 750°C dan ukuran butir lempung cetakan 60, 100, dan 200 mesh dengan temperatur cetakan 100°C [8]. Proses solidifikasi logam cair dilakukan selama 24 jam yang selanjutnya dilakukan penghancuran *ceramic shell* dan pemotongan produk cor dari sistem salurannya [6].

2.7 Pengujian Kekasaran Permukaan

Produk hasil pengecoran selanjutnya dilakukan pengujian kekasaran permukaan menggunakan *Portable Surface Roughness Tester Mitutoyo Sj-310* di tiga titik yang ditentukan dengan pengamatan visual secara keseluruhan.

3. Hasil

Hasil pengecoran *investment casting* aluminium minuman kaleng bekas dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengecoran *Investment Casting* Aluminium Minuman Kaleng Bekas

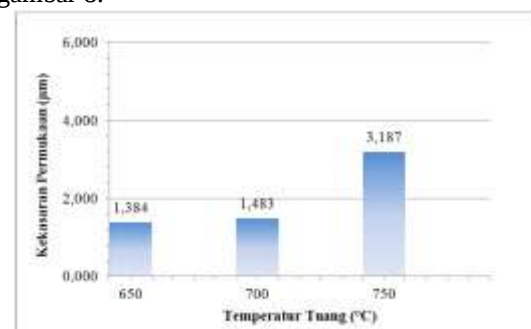
Area permukaan spesimen yang akan diuji ditentukan dengan cara pengamatan visual secara keseluruhan. Area pengujian kekasaran permukaan ditentukan pada bagian yang rata dan dimiliki pada setiap spesimen (gambar 7).



Gambar 7. Area Pengujian Kekasaran Permukaan Berdasarkan Pengamatan Visual Secara Keseluruhan

3.1 Pengaruh temperatur tuang terhadap kekasaran permukaan

Pengujian kekasaran permukaan terhadap temperatur tuang dilakukan pada temperatur cetakan 100°C dengan ukuran butir lempung 100 mesh. Grafik data pengujian kekasaran permukaan terhadap temperatur tuang dapat dilihat pada gambar 8.



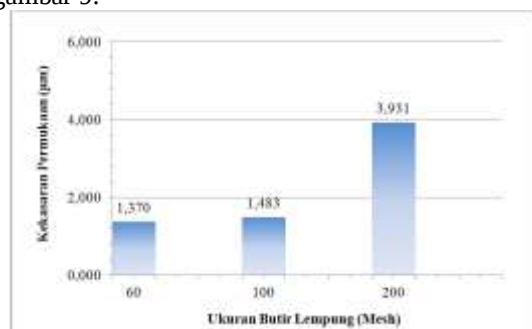
Gambar 8. Grafik Data Pengujian Kekasaran Permukaan Terhadap Temperatur Tuang pada Ukuran Butir Lempung 100 Mesh.

Gambar 8 menunjukkan tren peningkatan kekasaran permukaan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur tuang. Semakin rendah

temperatur tuang maka nilai kekasaran permukaan akan semakin kecil dan begitu juga sebaliknya. Kenaikan temperatur tuang 650°C-700°C menghasilkan peningkatan nilai kekasaran permukaan yang tidak begitu signifikan yaitu dari 1,384 μm meningkat menjadi 1,483 μm . Kenaikan kekasaran permukaan yang signifikan terjadi pada temperatur tuang 650°C-750°C yaitu dari 1,384 μm meningkat menjadi 3,187 μm . Temperatur tuang 650°C menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang paling rendah yaitu sebesar 1,384 μm . Kekasaran permukaan sedikit meningkat pada temperatur tuang 700°C dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 1,483 μm . Penuangan logam cair pada temperatur tuang 750°C menghasilkan peningkatan nilai kekasaran permukaan cukup besar sehingga menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling tinggi yaitu sebesar 3,187 μm .

3.2 Pengaruh ukuran butir lempung terhadap kekasaran permukaan

Pengujian kekasaran permukaan terhadap ukuran butir lempung dilakukan pada temperatur tuang 700°C dengan temperatur cetakan 100°C. Grafik data pengujian kekasaran permukaan terhadap ukuran butir lempung dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Data Pengujian Kekasaran Permukaan Terhadap Ukuran Butir Lempung pada Temperatur Tuang 700°C.

Pola peningkatan kekasaran permukaan terhadap ukuran butir lempung hampir sama dengan pola pada grafik pengaruh temperatur tuang. Pola peningkatan kekasaran permukaan pada gambar 9 meningkat seiring dengan penurunan ukuran butir lempung. Semakin kecil ukuran butir lempung maka nilai kekasaran permukaan akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Penurunan ukuran butir lempung 60-100 mesh menghasilkan peningkatan nilai kekasaran permukaan yang tidak begitu signifikan yaitu dari 1,370 μm meningkat menjadi 1,483 μm . Kenaikan kekasaran permukaan yang signifikan terjadi pada penurunan ukuran butir lempung 60-200 mesh yaitu dari 1,384 μm meningkat menjadi 3,931 μm . Tren peningkatan kekasaran permukaan ini dapat dilihat pada ukuran butir lempung 60 mesh

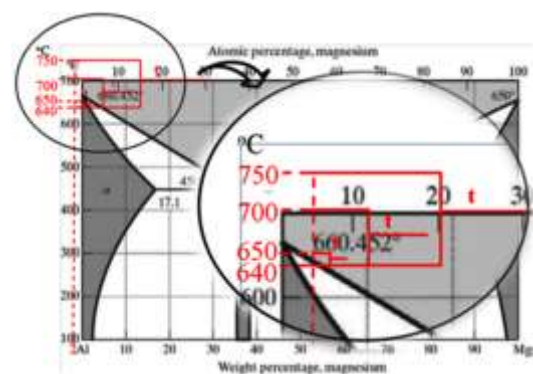
menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang paling rendah yaitu sebesar 1,370 μm . Kekasaran permukaan sedikit meningkat pada ukuran butir lempung 100 mesh dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 1,483 μm . Penuangan logam cair pada temperatur tuang 750°C menghasilkan peningkatan nilai kekasaran permukaan yang cukup besar sehingga menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling tinggi yaitu sebesar 3,187 μm .

4. Pembahasan

4.1 Pembahasan pengaruh temperatur tuang terhadap kekasaran permukaan

Tren peningkatan kekasaran permukaan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur tuang. Tren peningkatan ini disebabkan oleh viskositas logam cair, semakin tinggi temperatur tuang maka viskositas logam cair akan semakin rendah, dan semakin rendah viskositas maka tegangan permukaan logam cair akan semakin berkurang sehingga memungkinkan logam cair untuk mengisi pori-pori pada cetakan. Temperatur tuang yang tinggi akan menurunkan tegangan permukaan pada logam cair. Penurunan tegangan permukaan pada logam cair tersebut akan memungkinkan logam cair lebih banyak kesempatan untuk mengisi pori-pori pada permukaan cetakan. Semakin tinggi temperatur penuangan maka akan semakin rendah tegangan permukaan logam cair dan mengakibatkan permukaan coran menjadi lebih kasar [9].

Kekasaran permukaan selain dipengaruhi oleh tegangan permukaan logam cair, kekasaran permukaan juga dipengaruhi oleh waktu pembekuan logam. Semakin rendah temperatur tuang maka waktu pembekuan akan semakin pendek (*short freezing time*) dan kekasaran permukaan logam akan semakin rendah, semakin tinggi temperatur tuang maka waktu pembekuan akan semakin panjang (*long freezing time*) dan kekasaran permukaan logam akan semakin tinggi (gambar 10).



Gambar 10. Waktu Pembekuan Logam

Pengaruh kekasaran permukaan terhadap temperatur tuang yang ditunjukkan pada gambar 8, dapat dilihat pada temperatur tuang 650°C menghasilkan kekasaran permukaan produk coran yang paling rendah dikarenakan memiliki waktu pembekuan yang pendek karena hanya 10°C lebih tinggi dari temperatur beku logam. Kekasaran permukaan sedikit meningkat pada temperatur tuang 700°C, dengan kenaikan temperatur tuang sebesar 50°C mempengaruhi kekasaran permukaan yang tidak terlalu signifikan yaitu menghasilkan peningkatan kekasaran permukaan sebesar 7,15% atau nilai kekasaran permukaan meningkat hanya sebesar 0,099 μm , sehingga grafik peningkatannya lebih landai dibandingkan temperatur tuang 750°C. Kekasaran permukaan meningkat cukup tinggi pada temperatur tuang 750°C, dengan kenaikan temperatur tuang 110°C mempengaruhi kekasaran permukaan yang cukup signifikan yaitu menghasilkan peningkatan kekasaran permukaan sebesar 130,27% atau nilai kekasaran permukaan meningkat sebesar 1,80 μm . Temperatur tuang 750°C menghasilkan kekasaran permukaan produk coran yang paling tinggi dikarenakan waktu pembekuan yang panjang.

Permukaan yang halus ialah kasus dari penuangan logam cair yang memiliki waktu pembekuan yang pendek (*short freezing time*) karena dengan waktu pembekuan yang pendek, pada logam cair hanya tumbuh inti-inti kristal dan menghasilkan kelompok butir-butir kristal kecil. Permukaan yang kasar ialah kasus dari penuangan logam cair yang memiliki waktu pembekuan yang panjang (*long freezing time*) karena dengan waktu pembekuan yang panjang, kristal-kristal dendrit sempat tumbuh di sekeliling inti, dan pembekuan berakhir pada keadaan dendrit-dendrit tersebut saling bertemu dan menghasilkan kelompok butir-butir kristal yang besar [3].

4.2 Pembahasan pengaruh ukuran butir lempung terhadap kekasaran permukaan

Pola peningkatan kekasaran permukaan meningkat seiring dengan penurunan ukuran butir lempung. Pola peningkatan ini disebabkan oleh permeabilitas cetakan, semakin besar ukuran butir maka permeabilitas cetakan semakin tinggi, dan semakin kecil ukuran butir lempung maka permeabilitas cetakan akan semakin rendah sehingga kemampuan cetakan mengalirkan gas-gas yang terperangkap di dalam cetakan pada saat penuangan semakin rendah dan menghasilkan permukaan produk coran kasar dan berpori.

Gambar 9 menunjukkan pengaruh ukuran butir lempung terhadap kekasaran permukaan, dapat dilihat pada ukuran butir lempung 60 mesh menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang paling rendah yaitu 1,370 μm . Kekasaran

permukaan sedikit meningkat pada ukuran butir 100 mesh, dengan peningkatan ukuran butir lempung sebesar 40 mesh mempengaruhi kekasaran permukaan yang tidak terlalu signifikan yaitu menghasilkan peningkatan kekasaran permukaan sebesar 8,24% atau nilai kekasaran permukaan meningkat hanya sebesar 0,113 μm , sehingga grafik peningkatannya lebih landai dibandingkan ukuran butir lempung 200 mesh. Kekasaran permukaan meningkat cukup tinggi pada ukuran butir lempung 200 mesh, dengan peningkatan ukuran butir lempung sebesar 100 mesh mempengaruhi kekasaran permukaan yang cukup signifikan yaitu menghasilkan peningkatan kekasaran permukaan sebesar 186,93% atau nilai kekasaran permukaan meningkat sebesar 3,931 μm . Ukuran butir lempung berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Ukuran butir yang halus dapat menyebabkan permeabilitas yang rendah dan menghasilkan cacat gas yang tinggi sehingga mempengaruhi kekasaran permukaan [10].

Peningkatan temperatur tuang dan variasi ukuran butir lempung pada uraian diatas menunjukkan pola peningkatan kekasaran permukaan yang sama yaitu terjadinya peningkatan kekasaran permukaan terhadap semakin tinggi temperatur tuang dan semakin kecil ukuran butir lempung. Kekasaran permukaan paling minimum dihasilkan dalam penelitian ini ialah pada temperatur tuang 650°C dan pada cetakan dengan ukuran butir lempung 60 mesh.

5. Simpulan

Beberapa simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini ialah:

1. Kekasaran permukaan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur tuang, peningkatan kekasaran permukaan pada temperatur tuang 650°C-700°C ialah sebesar 7,15% yaitu dari 1,384 μm meningkat menjadi 1,483 μm , sedangkan peningkatan kekasaran permukaan pada temperatur tuang 650°C-750°C ialah sebesar 130,27% yaitu dari 1,384 meningkat menjadi 3,187 μm .
2. Kekasaran permukaan meningkat seiring dengan penurunan ukuran butir lempung, peningkatan kekasaran permukaan pada ukuran butir lempung 60-100 mesh ialah sebesar 8,24% yaitu dari 1,370 μm meningkat menjadi 1,483 μm , sedangkan peningkatan kekasaran permukaan pada ukuran butir lempung 60-200 mesh ialah sebesar 186,93% yaitu dari 1,384 meningkat menjadi 3,931 μm .

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Riau atas bantuan dana dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Febrianto, T dan Handoyo, E, A. 2002. Pengaruh Penghalusan *Intake Manifold* terhadap Performansi Motor Bakar Bensin. Universitas Kristen Petra, Surabaya
- [2] Departement of Commerce. 1993. *DOE Fundamental Handbook : Mechanical Science*. Vol 1.
- [3] Surdia, T. dan Chijiwa, K. 2000. Teknik pengecoran logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- [4] Andri, 2015. “Studi Fluiditas Alumunium Minuman Kaleng Cair dengan Variasi Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan dan Ketebalan Rongga”. Skripsi jurusan Teknik Mesin. Universitas Riau, Pekanbaru.
- [5] Nadarlis, 2012. “Identifikasi Dan Karakteristik Lempung Alam Desa Palas Kecamatan Rumbai dan Desa Telanai Teratak Buluh Kecamatan Kampar”. Skripsi jurusan kimia FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.
- [6] Setiyono, Arif dan Soeharto. 2012. Studi Eksperimen pada *Investment Casting* dengan Komposisi Cangkang yang Berbeda dalam Pembuatan Produk Toroidal *Intake manifold*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [7] Kolczyk, J. Zych, J. 2011. High temperature strength of ceramic moulds applied in the investment casting method. *AGH University of Science and Technology*, Poland.
- [8] Sin, S Lun. 2004. Influence of process parameters on fluidity of investment-cast AZ91D magnesium alloy, *Department of Mining, Metallurgical and Materials Engineering*, Universit’e Laval, Quebec City, Que., Canada.
- [9] Kumar, S, Kumar, P, dan Shan, H.S. 2007. Effect of Evaporative Pattern Casting Process Parameters on the Surface Roughness of Al-7% Si Alloy Casting. *Journal of Materials Processing Technology*.
- [10] American Foundry Society. (2006). *Guide to Casting and Molding Processes*. Retrieved from <http://www.afsinc.org/files/methods.pdf>