

STUDI FLUIDITAS ALUMINIUM MINUMAN KALENG CAIR DENGAN VARIASI TEMPERATUR TUANG DAN KETEBALAN RONGGA

Andri¹, Dedy Masnur²

Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
andri_tk@yahoo.com¹, dedymasnur@gmail.com²

Abstrak

Pekanbaru has a potential to produce scrap of aluminum beverage cans, it is estimated about 4.5 tons per month in each collectors. Recycling of aluminum cans is still limited to transforming the cans into ingots, to produce an efficient product desing fluidity test as needed. to be examined on fluidity. Qudong method 1999, used in this research with varying pouring temperature; 650°C, 700°C, 750°C, die temperature; 100°C, 200°C, 300°C and cavity thickness; 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 3.5 mm, 4.0 mm. Fluidity increased with the increasing pouring temperature, with 55.77% at temperature 650°C-700°C and 72.75% at temperature 700°C-750°C. Fluidity increases with cavity thickness, maximum fluidity achieved at temperature 750°C at 4.0 mm with a length of 120 mm and minimum fluidity can be filled with molten metal is at 1.5 mm with a length of 2.67 mm.

Keywords: fluidity, molten aluminum cans, pour temperature, cavity thickness.

1. PENDAHULUAN

Pekanbaru merupakan ibu kota Provinsi Riau dengan luas wilayah sekitar 632.26 km² dengan kepadatan penduduk sekitar 897.767 jiwa (www.pekanbaru.go.id) yang sangat berpotensi memproduksi sampah. Hasil survei di beberapa tempat yang ada di wilayah Pekanbaru menunjukkan bahwa aluminium minuman kaleng bekas rata-rata sekitar 16,75 ton/bulan, maka perlu dilakukan daur ulang. Teknologi yang tepat guna sangat diperlukan untuk mengubah aluminium minuman kaleng bekas menjadi produk yang lebih bermanfaat sehingga nilai ekonomisnya menjadi meningkat. Tahapan mengolah bahan baku menjadi setengah jadi atau menjadi produk perlu dilakukan Studi Fluiditas. Fluiditas adalah kemampuan logam cair untuk terus mengalir hingga jarak maksimum yang ditempuh dalam rongga cetakan, sementara itu logam cair tersebut terus kehilangan suhunya dan bahkan ketika itu logam cair mulai mengeras di sepanjang rongga dari proses pengecoran (Campbell, 2003).

Penelitian tentang fluiditas sebelumnya sudah banyak dilakukan diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Qudong dkk., (1999) menguji fluiditas dengan bahan paduan aluminium magnesium AZ91 + RE Alloy, Sabatino dkk., (2005; 2006), Dewhirs (2008), Suprayitno (2009), Respati dkk., (2010), Masnur dan Suyitno, (2008) menggunakan bahan Aluminium master Alloy namun penelitian yang dilakukan oleh peneliti menggunakan bahan aluminium minuman kaleng bekas yang dibuat oleh satu pabrikan.

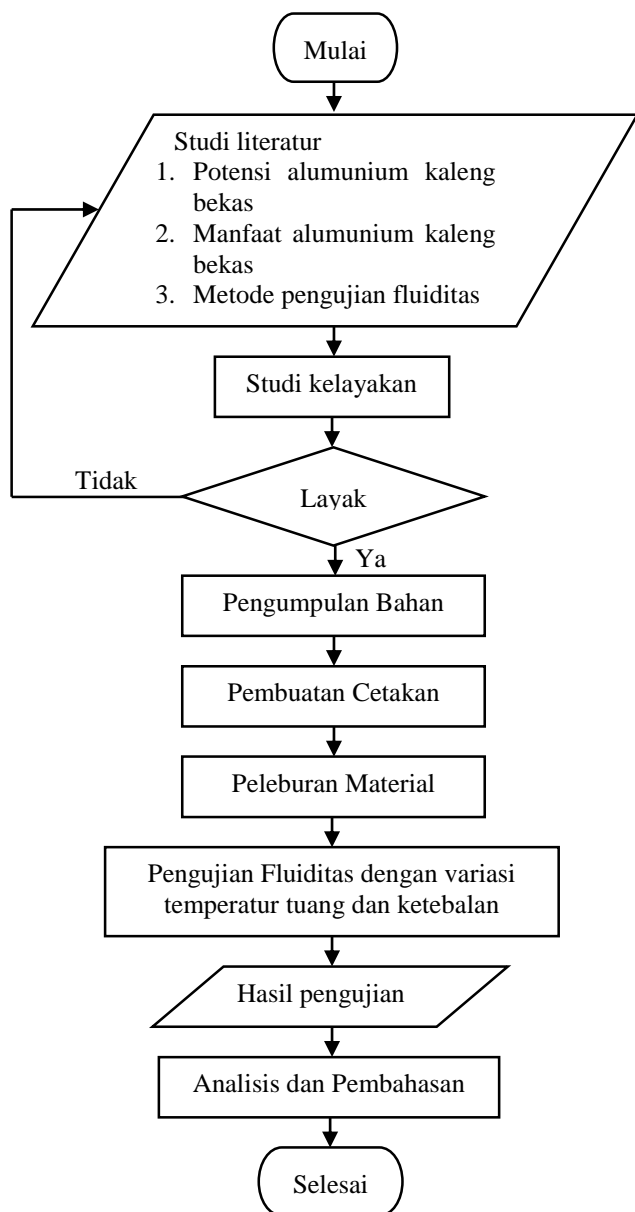
Qudong dkk., (1999) menggunakan metode pengujian fluiditas dengan desain cetakan berbentuk alur yang memiliki jarak sama secara radial. Alur tersebut berbentuk pelat dengan ketebalan rongga 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 dan 4,0. Sabatino dkk., (2005, 2006) menguji fluiditas menggunakan metode spiral dan strip mold. Sabatino dkk., (2005) menggunakan simulasi untuk menguji fluiditas dengan Magma soft dengan menggunakan beberapa variabel seperti Koefisien heat transfer 3500, 2000, dan 1000 W/m²K, temperatur tuang 650, 700 dan 750°C. Sabatino dkk., (2006) menguji fluiditas menggunakan metode spiral dan strip mold. Temperatur tuang yang digunakan 700, 715 dan 730°C dengan temperatur cetakan 295°C. Dewhirs (2008) menguji fluiditas menggunakan metode spiral, vakum

dan strip mold. Suprayitno (2009) menguji fluiditas menggunakan metode strip mold. Respati dkk., (2010) menguji fluiditas menggunakan metode strip mold. Masnur dan Suyitno, (2008) menguji fluiditas menggunakan metode strip mold, dari beberapa metode yang dipaparkan peneliti menggunakan metode yang digunakan oleh Qudong (1999) karena dianggap memiliki nilai eror yang relatif kecil.

Fluiditas meningkat seiring peningkatan temperatur tuang dan cetakan. (Qudong dkk., 1999). Fluiditas AZ91 magnesium alloy meningkat pada temperatur 710°C hingga 750°C. Peningkatan temperatur tuang meningkatkan panjang fluiditas secara linear. (Sabatino dkk., 2006; Qudong dkk., 1999). Hasil simulasi menunjukkan pertambahan temperatur tuang meningkatkan panjang fluiditas pada paduan A356 (Sabatino dkk., 2005). Pertambahan 1°C temperatur tuang pada interval 700-730°C menambah fluiditas sebesar 0.3% (Sabatino dkk., 2006). Fluiditas ADC12 meningkat seiring peningkatan temperatur tuang, peningkatan maksimum pada temperatur tuang yang tertinggi. Peningkatan ketebalan rongga coran meningkatkan panjang fluiditas. Peningkatan fluiditas tertinggi pada ketebalan coran yang maksimal dibanding ketebalan yang minimal (Masnur dan suyitno, 2008). Beberapa pengujian fluiditas yang telah dilakukan bahwa trennya hampir sama yaitu fluiditas meningkat seiring dengan peningkatan temperatur tuang namun nilai fluiditasnya berbeda dari tiap penelitian yang sudah dilakukan. Peneliti mengkaji tentang seberapa besar pengaruh panjang fluiditas pada logam aluminium minuman kaleng bekas dengan memvariasikan temperatur tuang dan ketebalan rongga.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu: penelusuran literatur, survei lapangan, pengumpulan bahan, pembuatan cetakan, peleburan material, uji fluiditas, selengkapny dapat diuraikan seperti pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Bagan Alir Penelitian

2.1 Survei lapangan

Survei lapangan yang telah dilakukan di empat tempat yang ada di wilayah Pekanbaru diantaranya di Jalan Adi Sucipto, Jalan Kartama, Jalan Lintas Timur (Kulim) dan Jalan Garuda Sakti, untuk mendapatkan data sampah kaleng alumunium bekas perbulannya dan peningkatannya pada saat hari raya tertentu, sedangkan untuk pembuatan cetakan, peleburan material dan pengujian fluiditas dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Universitas Riau.

2.2 Pengumpulan bahan

Bahan yang dikumpulkan adalah jenis sampah kaleng bekas dari X, Y, dan Z dari pabrikaan yang sama.

2.3 pembuatan cetakan

Cetakan yang digunakan adalah cetakan logam dengan material *low carbon steel*, dengan jumlah rongga sebanyak 8 buah dengan variasi ketebalan rongga 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 3.5 mm, 4.0 mm, lebar 10 mm, dan panjang 120 mm dengan desain cetakan dari (Qudong dkk, 1999).

2.4 Peleburan alumunium minuman kaleng bekas

Sebelum melakukan peleburan kaleng, *crucible* dipanaskan terlebih dahulu sekitar lima menit, sehingga diharapkan dinding dari *crucible* mendapatkan pemanasan yang merata terlebih dahulu sebelum digunakan untuk melebur kaleng, setelah *crucible* dipanaskan lalu kowi dimasukkan ke dalam *crucible* kemudian bahan bakar ditambahkan di sekeliling kowi dengan tujuan mendapatkan pemanasan yang merata pada dinding kowi.

2.5 Proses pengecoran

Pengecoran dilakukan sebanyak tiga kali penuangan pada masing-masing temperatur tuang, variasi temperatur tuang yang digunakan yaitu; 650°C, 700°C dan 750°C, tiap temperatur tuang juga divariasikan temperatur cetakan dengan variasi; 100°C, 200°C dan 300°C, sehingga didapat produk cor sebanyak 27 spesimen, produk cor seperti Gambar 3.1. Setelah logam mencair di dalam *crucible* kemudian diukur temperatur logam cair tersebut dengan cara mencelupkan termokopel, jika temperatur yang diinginkan sudah tercapai maka logam cair siap untuk dituang ke dalam cetakan, setelah logam cair dituang kedalam cetakan, logam cair dibiarkan membeku, kemudian coran dibongkar dan dipisahkan dari cetakan kemudian dilakukan pengukuran seperti Gambar 3.1.

3. Hasil dan Pembahasan

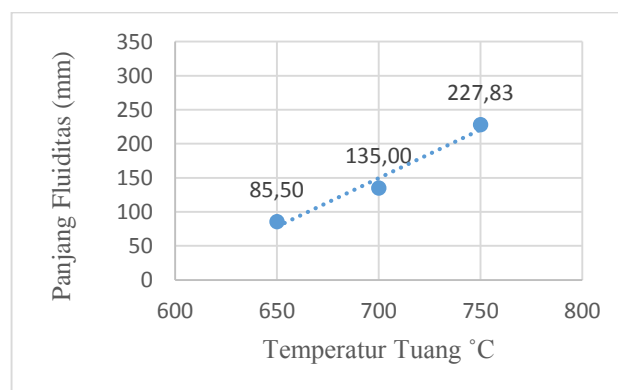
Panjang fluiditas (L_f) pada hasil coran ditunjukkan gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pengukuran Hasil Coran

3.1 Pengaruh temperatur tuang terhadap panjang fluiditas

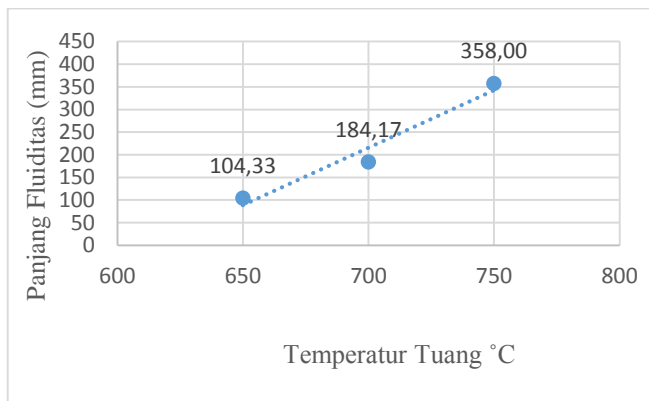
Pengaruh temperatur tuang terhadap panjang fluiditas dapat dilihat pada temperatur cetakan 100°C ditunjukkan gambar 3.2



Gambar 3.2 Hubungan temperatur tuang dengan panjang fluiditas rata-rata (mm) pada temperatur cetakan (T_d) 100°C

Pengujian dilakukan pada temperatur tuang; 650°C, 700°C, 750°C dan temperatur cetakan 100°C. Gambar 3.2 menunjukkan peningkatan fluiditas dengan bertambahnya temperatur tuang, tren peningkatan dapat dilihat pada temperatur tuang 650°C dengan panjang fluiditas yaitu 85.50 mm, sedangkan pada temperatur 700°C panjang fluiditas yaitu 135.00 mm. Peningkatan ini tidak terlalu besar yaitu sekitar 49.5 mm, dengan persentase pertambahan panjang fluiditas sebesar 57.89% sehingga grafik peningkatannya sedikit landai dibandingkan dengan temperatur tuang 750°C yang peningkatan panjang fluiditasnya cukup tinggi yaitu sekitar 92.83 dengan panjang fluiditas rata-rata 227.83 mm sehingga fluiditas meningkat, persentase pertambahan panjang fluiditasnya sebesar 68.76%.

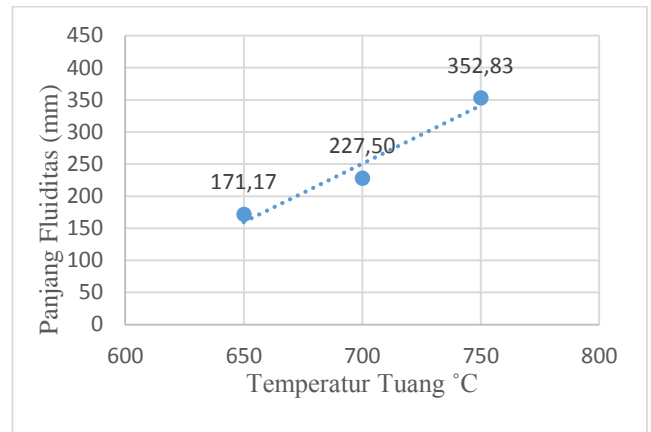
Pengaruh temperatur tuang terhadap panjang fluiditas dapat dilihat pada temperatur cetakan 200°C ditunjukkan gambar 3.3



Gambar 3.3 Hubungan temperatur tuang dengan panjang fluiditas rata-rata (mm) pada temperatur cetakan (Td) 200°C

Pengujian dilakukan pada temperatur tuang; 650°C, 700°C, 750°C dan temperatur cetakan 200°C, pada pengujian 3.2 sudah didapat tren peningkatan fluiditas terhadap peningkatan temperatur tuang, pengujian ini dilakukan untuk mengamati tren peningkatan fluiditas seiring bertambahnya temperatur tuang pada temperatur cetakan 200°C. Pada Gambar 3.3 menunjukkan peningkatan fluiditas dengan bertambahnya temperatur tuang pada temperatur cetakan 200°C, tren peningkatan dapat dilihat pada temperatur tuang 650°C dengan panjang fluiditasnya 104.33 mm, sedangkan pada temperatur 700°C panjang fluiditasnya 184.17 mm. Peningkatan fluiditas tidak terlalu besar yaitu sekitar 79.84 mm, dengan persentase pertambahan panjangnya sebesar 76.52%, sehingga grafik peningkatan panjang fluiditas sedikit landai dibandingkan dengan temperatur tuang 750°C, sedangkan pada temperatur tuang 750°C peningkatan panjang fluiditasnya cukup tinggi yaitu sekitar 178.83 mm, dengan persentase pertambahan panjang fluiditas 94.38%.

Pengaruh temperatur tuang terhadap panjang fluiditas dapat dilihat pada temperatur cetakan 300°C ditunjukkan gambar 3.4



Gambar 3.4 Hubungan temperatur tuang dengan panjang fluiditas rata-rata (mm) pada temperatur cetakan (Td) 300°C

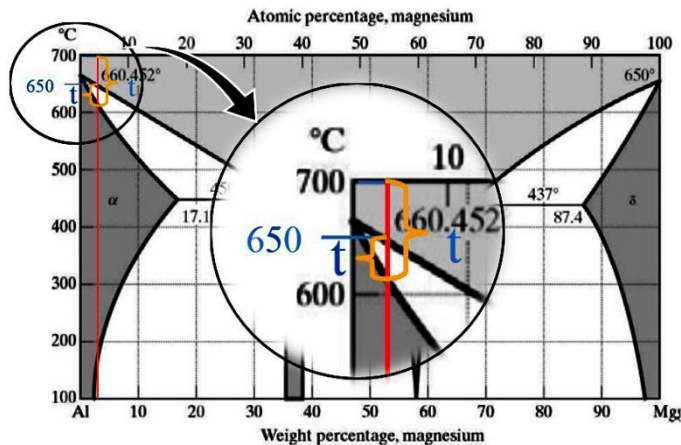
Pengujian dilakukan pada temperatur tuang; 650°C, 700°C, 750°C dan temperatur cetakan 300°C, Gambar 3.4 menunjukkan peningkatan fluiditas dengan bertambahnya temperatur tuang, tren peningkatan ini hampir sama dengan tren peningkatan pada grafik 3.2 dan 3.3, tren peningkatan fluiditas dapat dilihat pada temperatur tuang 650°C bahwa panjang fluiditasnya 171.17 mm, sedangkan pada temperatur 700°C panjang fluiditasnya 227.50 mm. Peningkatan panjang fluiditas ini tidak terlalu besar yaitu sekitar 56.33 mm, dengan persentase pertambahan panjang fluiditas sebesar 32.91% sehingga grafik peningkatannya sedikit landai dibandingkan dengan temperatur 750°C, sedangkan pada temperatur tuang 750°C peningkatan fluiditasnya cukup tinggi yaitu sekitar 125.33 mm, dengan persentase pertambahan panjang 55.10% sehingga fluiditasnya meningkat. Gambar 3.2, 3.3, 3.4 menunjukkan tren peningkatan fluiditas dengan meningkatnya temperatur tuang, peningkatan panjang fluiditas ini merupakan hasil rata-rata dari panjang fluiditas pada beberapa ketebalan rongga disetiap temperatur tuang. Rata-rata persentase kenaikan pada temperatur tuang 650°C sampai 700°C adalah 55.77% dan temperatur 700°C sampai 750°C adalah 72.75%. Hal ini dilakukan untuk melihat tren hubungan antara kedua parameter tersebut, terlihat bahwa panjang fluiditas meningkat seiring dengan peningkatan temperatur tuang.

3.2 Pembahasan pengaruh temperatur tuang terhadap panjang fluiditas

Fluiditas adalah kemampuan alir logam cair pada temperatur tuang dan temperatur cetakan tertentu sebelum berhenti akibat pembekuan (Campbell, 2003). Fluiditas dinyatakan sebagai hasil kali kecepatan pengisian dan waktu pembekuan. Peningkatan fluiditas terjadi seiring dengan peningkatan temperatur tuang dari logam cair. Bertambahnya panjang fluiditas disebabkan oleh bertambahnya temperatur penuangan dengan interval 50°C seperti pada tampilan Gambar 3.2, 3.3 dan 3.4. Logam cair memiliki viskositas dan tegangan permukaan sehingga dengan meningkatnya temperatur tuang maka viskositas dan tegangan permukaan logam cair akan berkurang yang menyebabkan bertambahnya kecepatan pengisian logam cair kedalam rongga cetakan. Hasil pengujian pada temperatur tuang; 650°C, 700°C, 750°C, untuk temperatur 650°C hingga temperatur 700°C peningkatan fluiditasnya sangat kecil yaitu hanya 61,89 mm dari jumlah rata-rata tiga temperatur cetakan 100°C, 200°C, 300°C

sedangkan peningkatan fluiditas secara signifikan terjadi pada temperatur 700°C hingga temperatur 750°C yaitu 132.33 mm pada temperatur cetakan yang sama.

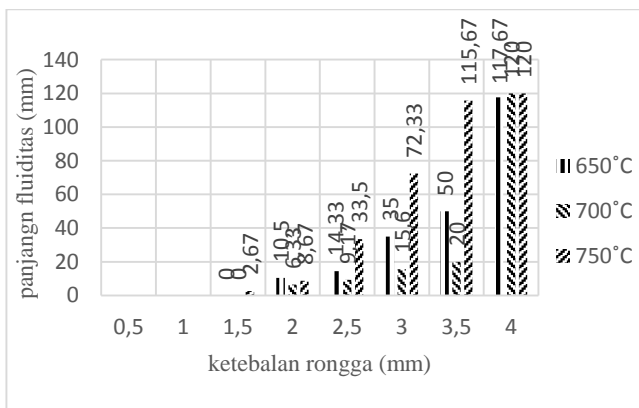
Fluiditas meningkat seiring meningkatnya temperatur penuangan Gambar 3.2, 3.3 dan 3.4. Tren peningkatan seperti ini juga dinyatakan oleh Sabatino dkk., (2006). Temperatur tuang yang tinggi juga akan menambah waktu pembekuan, semakin besar waktu pembekuan maka semakin panjang aliran logamnya di dalam cetakan. Waktu pembekuan dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 diagram fasa Al-Mg (Callister, 1994)

3.4 Pengaruh ketebalan rongga terhadap panjang fluiditas

Pengaruh ketebalan rongga terhadap panjang fluiditas pada temperatur cetakan 300°C ditunjukkan gambar 3.6

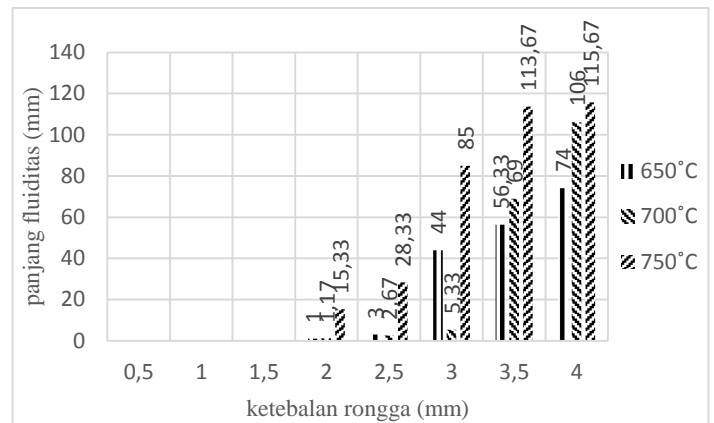


Gambar 3.6 Hubungan ketebalan rongga terhadap panjang fluiditas rata-rata (mm) pada temperatur cetakan (Td) 300°C

Pengujian dilakukan pada temperatur tuang; 650°C, 700°C, 750°C dan temperatur cetakan 300°C. Gambar 3.6 menunjukkan peningkatan fluiditas dengan bertambahnya ketebalan rongga, tren peningkatan dapat dilihat pada ketebalan rongga 1.5 mm bahwa logam cair dapat mengisi sepanjang 2.67 mm pada temperatur tuang 750°C, pertambahan panjang fluiditas seiring dengan pertambahan ketebalan rongga dengan interval 0.5 mm, dapat dilihat bahwa logam cair pada ketebalan rongga yang minimum tidak dapat mengisi rongga secara keseluruhan, sedangkan pada ronggan yang maksimum logam cair dapat mengisi seluruh rongga, tren peningkatan ini hampir sama juga pada temperaur tuang 650°C dan 700°C yaitu fluiditas terpanjang selalu pada rongga yang maksimum. Pengujian pada temperatur tuang 750°C dan temperatur cetakan 300°C bahwa panjang fluiditas pada ketebalan rongga 0.5 mm sampai 1.0 mm

sama dengan nol, logam cair mulai mengisi rongga cetakan secara berurutan dengan panjang fluiditas 2.67 mm, 8.67 mm, 33.5 mm, 72.33 mm, 115.67 mm, 120 mm, sedangkan pengujian pada temperatur tuang 700°C bahwa panjang fluiditas pada ketebalan rongga 0.5 mm sampai 1.5 mm sama dengan nol, logam cair mulai mengisi rongga cetakan secara berurutan dengan panjang fluiditas 6.33 mm, 9.17 mm, 15.67 mm, 20 mm, 120 mm dan pengujian pada temperatur tuang 650°C bahwa panjang fluiditas pada ketebalan rongga 0.5 mm sampai 1.5 mm sama dengan nol, logam cair mulai mengisi rongga cetakan secara berurutan dengan panjang fluiditas 10.5 mm, 14.33 mm, 35 mm, 50 mm, 117.67 mm.

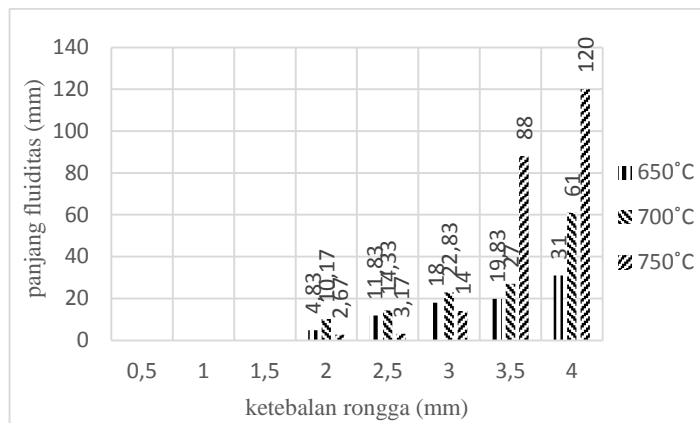
Pengaruh ketebalan rongga terhadap panjang fluiditas pada temperatur cetakan 200°C ditunjukkan gambar 3.7



Gambar 3.7 Hubungan ketebalan rongga terhadap panjang fluiditas rata-rata (mm) pada temperatur cetakan (Td) 200°C

Pengujian 3.6 sudah didapat tren peningkatan fluiditas terhadap ketebalan rongga, pengujian ini dilakukan untuk mengamati tren peningkatan fluiditas seiring bertambahnya ketebalan rongga pada temperatur cetakan 200°C. Gambar 3.7 menunjukkan peningkatan fluiditas dengan bertambahnya ketebalan rongga, tren peningkatan dapat dilihat pada ketebalan rongga 2.0 mm bahwa logam cair dapat mengisi sepanjang 15.33 mm pada temperatur tuang 750°C, hal ini disebabkan oleh bertambahnya ketebalan rongga dengan interval 0.5 mm, dapat dilihat bahwa logam cair pada ketebalan rongga yang minimum 0.5, 1.0, 1.5 tidak dapat mengisi rongga cetakan, sedangkan pada ronggan yang maksimum 4.0 logam cair dapat mengisi rongga sepanjang 115.67 mm, tren peningkatan ini hampir sama juga pada temperaur tuang 650°C dan 700°C yaitu fluiditas terpanjang selalu dicapai pada rongga yang maksimum. Pengujian pada temperatur tuang 750°C dan temperatur cetakan 200°C bahwa panjang fluiditas pada ketebalan rongga 0.5 mm sampai 1.5 mm sama dengan nol, logam cair mulai mengisi rongga cetakan secara berurutan dengan panjang fluiditas 1.16 mm, 2.67 mm, 5.33 mm, 69 mm, 106 mm dan pengujian pada temperatur tuang 650°C bahwa panjang fluiditas pada ketebalan rongga 0.5 mm sampai 1.5 mm sama dengan nol, logam cair mulai mengisi rongga cetakan secara berurutan dengan panjang fluiditas 1 mm, 3 mm, 44 mm, 56.33 mm, 74 mm.

Pengaruh ketebalan rongga terhadap panjang fluiditas pada temperatur cetakan 100°C ditunjukkan gambar 3.8



Gambar 3.8 Hubungan ketebalan rongga terhadap panjang fluiditas rata-rata (mm) pada temperatur cetakan (Td) 100°C

Gambar 3.8 menunjukkan peningkatan fluiditas dengan bertambahnya ketebalan rongga, tren peningkatan ini hampir sama dengan tren peningkatan pada grafik 3.6 dan 3.7, tren peningkatan fluiditas dapat dilihat pada ketebalan rongga 2.0 mm bahwa logam cair dapat mengisi sepanjang 2.67 mm pada temperatur tuang 750°C, dapat dilihat bahwa logam cair pada ketebalan rongga yang minimum 0.5, 1.0, 1.5 tidak dapat mengisi rongga cetakan, sedangkan pada ronggan yang maksimum 4.0, logam cair dapat mengisi rongga sepanjang 120 mm, tren peningkatan ini hampir sama juga pada temperaur tuang 650°C dan 700°C yaitu fluiditas terpanjang selalu dicapai pada rongga yang maksimum. Pengujian pada temperatur tuang 750°C dan temperatur cetakan 100°C bahwa panjang fluiditas pada ketebalan rongga 0.5 mm sampai 1.5 mm sama dengan nol, logam cair mulai mengisi rongga cetakan secara berurutan dengan panjang fluiditas 2.67 mm, 3.17 mm, 14 mm, 88 mm, 120 mm, sedangkan pengujian pada temperatur tuang 700°C bahwa panjang fluiditas pada ketebalan rongga 0.5 mm sampai 1.5 mm sama dengan nol, logam cair mulai mengisi rongga cetakan secara berurutan dengan panjang fluiditas 10.17 mm, 14.33 mm, 22.83 mm, 27 mm, 61 mm dan pengujian pada temperatur tuang 650°C bahwa panjang fluiditas pada ketebalan rongga 0.5 mm sampai 1.5 mm sama dengan nol, logam cair mulai mengisi rongga cetakan secara berurutan dengan panjang fluiditas 4.83 mm, 11.83 mm, 18 mm, 19.83 mm, 31 mm.

3.5 Pembahasan pengaruh ketebalan rongga terhadap panjang fluiditas

Fluida yang mengalir dalam rongga cetakan memiliki tegangan permukaan seperti tekanan penahan (*back pressure*). Besarnya tegangan ini dinyatakan sebagai hasil kali tegangan permukaan dengan jumlah radius kecekungan cairan (Campbell dan Harding, 1994). Rongga yang minimum berbentuk plat memiliki salah satu nilai radius kecekungan cairan sangat besar sehingga dapat diabaikan, sehingga tekanan penahanan menjadi bagi tegangan permukaan dengan satu radius kecekungan. Nilai radius kecekungan yang tipis pada rongga minimum sangat kecil, maka *back pressure* akan besar sehingga logam cair tidak dapat mengalir dan sebaliknya jika rongga maksimum yang memiliki dua radius kecekungan sebagai pembagi tegangan permukaan sehingga nilai *back pressure* lebih kecil dibandingkan tekanan yang mendorong logam cair, sehingga

kemampuan logam cair mengalir pada rongga yang maksimum akan lebih baik (Campbell, 2003).

Fluiditas pada rongga yang maksimum memiliki panjang fluiditas yang lebih besar dibandingkan dengan rongga yang minimum dan peningkatan fluiditas berbanding lurus dengan kenaikan temperatur tuang dan cetakan. Fluiditas meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan rongga cetakan, semakin tipis rongga cetakan maka semakin berkurang fluiditas, hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian dalam gambar 3.6, 3.6 dan 3.8.

4. SIMPULAN

Beberapa simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Fluiditas meningkat seiring dengan peningkatan temperatur tuang, persentase peningkatan fluiditas rata-rata pada temperatur tuang 650°C-700°C yaitu 55,77% sedangkan peningkatan fluiditas pada temperatur tuang 700°C-750°C yaitu 72.75 %.
2. Fluiditas meningkat seiring dengan bertambahnya ketebalan rongga, fluiditas maksimum dicapai pada temperatur tuang 750°C pada ketebalan rongga 4.0 mm dengan panjang fluiditas 120 mm sedangkan ketebalan rongga minimum yang dapat diisi logam cair yaitu pada ketebalan 1.5 mm dengan panjang fluiditas 2.67 mm.

5.DAFTAR PUSTAKA

- Brown, John R. 1999. *Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook*, Butterworth Heinemann.
- Callister, William D. 1994. *Material Science and Engineering : Introductin*, 3rd edition.
- Campbell, J. 2003. *The New Metalurgi of Cast Metal Casting*, Second edition.
- Campbell, J. 1995. *Review of Fluidity concepts in Casting*. Cast Metal, 7, pp. 227-237.
- Campbell, J. dan Harding, R. A. 1994. *Talat, 3205 The Fluidity of Molten Metals*. The University of Birmingham.
- Dewhirst, B. A., 2008. *Castability Control in Metal Casting via Fluidity Measures: Application of Error Analysis to Variations in Fluidity Testing*. Tesis Doktor. WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE.
- Firdaus, 2010. *Rancang Bangun Cetakan Pemanen (Permanent Mold) Untuk Pembuatan Pulley Aluminium*. Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
- http://www.pekanbaru.go.id/wilayah-geografis/tentang_luas_wilyah (diakses tanggal 14 November 2013).
- Masnur, Dedy dan Suyitno, 2008. *Pengaruh Temperatur Tuang dan Ketebalan Coran terhadap Fluiditas ADC 12 pada High Pressure Die Casting (HPDC)*. National Seminar Re TII II STTNAS Jogjakarta, Yogyakarta, Indonesia.
- Mansur, Dedy, 2008. *Pengaruh Parameter Proses Terhadap Fluiditas Dan Kualitas Coran Adc 12 Dengan High*

Pressure Die Casting. Tesis S-2. Universitas Gadjah Mada.

- Respati B, Purwanto, Mauluddin. M. S, 2010. *Pengaruh Tekanan Dan Temperatur Cetakan Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Hasil Pengecoran Pada Material Aluminium Daur Ulang*. Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Sabatino, M. D., 2005. *Fluidity Of Aluminium Foundry Alloys*. Tesis Doktor. Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
- Sabatino, M. D., 2006. *Progres on The Understanding of Fluidity of Aluminium Foundary Alloys*. SITEF Material and Chemistry, A.Getz v. 2B, 7465 Trondheim, Norway. Dep. Of Materials and Engineering, NTNU, A. 2B, 7491 Trondheim, Norway. Metal processing Institute, WPI, 100 Institute Rd, 01609 Worcester, MA, USA.
- Suprayitno, 2009. *Analisis Hasil Pengecoran Aluminium Dengan Variasi Media Pendinginan*. Universitas Janabadra Yogyakarta.
- Surdia, T, dan Saito, S., 1992. *Teknik Pengetahuan Bahan*. PT. Pradnya Paramita, pp, 138.
- Wang Qudong, Lu Yizhen, Zeng Xiaoqin, Ding Wenjiang, Zhu Yanping, Li Qinghua, Lan Jie. 1999. Study on The fluidity RE + Xie magnesium alloy. *Material Science and Engineering*, A271.