

## **PENGARUH BENTUK SALURAN PADA PROSES PENGECORAN DENGAN MODEL DARI *STYROFOAM* TERHADAP SIFAT MEKANIS ALUMINIUM PADUAN Al-Si-Cu**

**Aladin Eko Purkuncoro, Achmad Taufik**

Jurusan Teknik Mesin D3 Fakultas Teknologi Industri, ITN Malang  
Kampus II Jln. Raya Karanglo Km. 2 Malang 65153  
Email: aladin\_smart@yahoo.com

### **Abstrak**

Metode pengecoran dengan menggunakan *polystyrene foam* sebagai pola cetakan yang ditimbun dalam pasir cetak merupakan metode pengecoran *evaporative*. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik paduan Al-16.4Si-5.59Cu hasil coran yang dilakukan dengan metode *evaporative/lost foam casting*. Pengecoran paduan Al- 16.4Si-5.59Cu dilakukan dengan peleburan pada temperatur tuang 800°C serta menggunakan 5 variabel saluran. Pengujian hasil coran meliputi pengujian foto struktur mikro, uji kekerasan dan uji tarik (*tensile strength*). Hasil pengujian kekerasan adalah variasi saluran yang mempunyai penambah lebih banyak dan saluran penuangan tinggi mempunyai nilai kekerasan yang tertinggi dengan 77.83 HRF dan berbanding terbalik dengan nilai kekuatan tarik yang rendah 62.95 M.Pa pada Variasi E. Variasi saluran C mempunyai kekuatan tarik bahan tinggi 98.75M.Pa tetapi lunak 69.17 HRF. Beberapa variasi mengalami penurunan kekerasan dan kekuatan tarik oleh cacat porositas seperti variasi saluran A 73.05 HRF, 66.02 M.Pa. Hasil beberapa variasi saluran B 69.95 HRF, 73.58 M.Pa mendekati nilai variasi saluran C dan variasi saluran D 76.45 HRF, 7.76 M.Pa mendekati nilai saluran Variasi E dengan masing-masing sistem saluran yang berbeda.

**Kata kunci :** Aluminium paduan, *lost foam casting*, bentuk saluran

### **Abstract**

*The casting method using polystyrene foam as a mold pattern that is piled in print sand is an evaporative casting method. The purpose of this study was to examine the microstructure, hardness, and tensile strength of Al-16.4Si-5.59Cu alloy results of castings carried out by the evaporative / lost foam casting method. Casting Al-16.4Si-5.59Cu alloy was carried out by means of a smelting at a pouring temperature of 800 ° C and using 5 channel variables with some changes in the shape of the down and in-line variations as well as several riser additions. Test results of castings include microstructure photo testing, hardness test and tensile strength. The results of the hardness test are channel variations that have more increase channels and high pouring channels have the highest hardness value with 77.83 HRF and inversely proportional to the low tensile strength value 62.95 M.Pa in E. The variation of C channel has a high tensile strength of the material 98.75M.Pa but soft 69.17 HRF. Some variations experienced a decrease in hardness and tensile strength by porosity defects such as channel variation A 73.05 HRF, 66.02 M.Pa. The results of several variations of channel B 69.95 HRF, 73.58 M.Pa approached the value of variation of channel C and D channel variation 76.45 HRF, 7.76 M.Pa approached the channel value of Variation E with each different channel system.*

**Keywords:** Alloy aluminum, *lost foam casting*, channel shape

## PENDAHULUAN

Aluminium paduan merupakan bahan logam yang banyak digunakan pada berbagai aplikasi. Produk- produk aluminium sering dihasilkan melalui proses pengecoran. Aluminium paduan hasil pengecoran banyak dijumpai pada industri otomotif seperti, handle rem, bottom, dudukkan shockbreaker dan lain sebagainya. Pengecoran aluminium paduan salah satunya dapat dilakukan dengan cetakan pasir dengan pola sekali pakai dengan bahan model dari *foam* atau disebut metode *lost foam casting*, yaitu suatu metode dimana model atau pola pengecoran dari *foam* dapat hilang akibat penguapan saat kontak dengan logam cair saat proses penuangan. Dengan proses pengecoran cetakan pasir dengan metode *lost foam casting* (model dari *styrofoam*) dengan bahan cor dari aluminium paduan daur ulang, diharapkan lebih praktis dan ekonomis untuk kegiatan industri pengecoran skala kecil pada umumnya

Dalam pengerjaan pengecoran khususnya *lost foam casting* selalu diharapkan untuk mendapatkan kualitas bagus baik dari segi desain hasil benda coran maupun kekuatan materialnya dengan cara meminimalisir terjadinya faktor- faktor kegagalan. Salah satu faktor yang berperan penting menentukan kualitas hasil coran adalah bentuk sistem saluran karena sebagai media jalan masuknya gerakkan aliran logam cair saat proses penuangan hingga penguapan gas dan penyusutan saat mulai terjadi pembekuan pada logam, dan untuk menghindari cacat-cacat hasil benda cor seperti terjadinya gelembung udara yang terperangkap pada logam cair. Pada proses pengecoran, segala macam bentuk cacat sangatlah dihindari karena akan mungurangi kualitas benda coran dan menurunkan efektivitas dari proses produksi, (Rizal & Soeharto, 2012). Sehingga dampak dari perubahan sistem bentuk saluran berpengaruh pada tingkat kegagalan atau kecacatan hasil benda cor yang tentunya akan mempengaruhi kekuatan material itu sendiri, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui nilai kekuatan material sifat mekanis aluminium paduan akibat pengaruh bentuk saluran.

Dengan adanya penelitian ini bertujuan untuk :

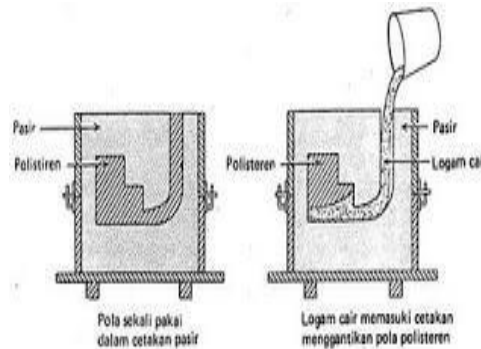
1. Dengan pengecoran menggunakan metode *lost foam casting* (model dari *styrofoam*) merupakan metode pengecoran yang praktis karena hanya memerlukan satu cup dan pola atau model dari *foam* yang tidak perlu diambil setelah penimbunan pasir karena akan hancur dan menguap saat kontak dengan logam cair sehingga efisien untuk menghemat waktu dan biaya.
2. Dengan pilihan aluminium paduan sebagai bahan cor karena sifat aluminium yang mudah dibentuk dan ringan serta aluminium paduan daur ulang khususnya untuk menghemat biaya produksi dan menghindari kelangkaan aluminium karena proses industri pengecoran yang terus menerus berlangsung.
3. Dapat memahami pentingnya pengaruh bentuk sistem saluran pada proses pengecoran karena merupakan tempat terjadinya awal masuknya aliran logam cair saat proses penuangan yang menentukan gerakkan aliran logam cair sampai saat terjadinya penguapan, penyusutan dan pembekuan sehingga dapat meminimalisir kegagalan atau kecacatan saat proses pengecoran karena setiap kecacatan hasil benda coran sangat berpengaruh terhadap kekuatan material tersebut.
4. Dengan penelitian ini diharapkan bisa menentukan desain bentuk sistem saluran yang tepat untuk mendapatkan hasil benda cor yang sesuai dengan geometri desain/model yang ditentukan dan mempunyai kualitas sifat mekanis yang sesuai sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas untuk kegiatan pengecoran.

## TINJAUAN PUSTAKA

Proses pengecoran melalui beberapa tahap : pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses

daur ulang pasir cetakan. Hasil pengecoran disebut dengan coran atau benda cor.

Proses pengecoran bisa dibedakan atas 2 yaitu : proses pengecoran dan proses pencetakan. Proses pengecoran tidak menggunakan tekanan sewaktu mengisi rongga cetakan sedangkan proses pencetakan adalah logam cair ditekan agar mengisi rongga cetakan. Cetakan untuk kedua proses ini berbeda dimana proses pengecoran cetakan biasanya dibuat dari pasir sedangkan proses pencetakan, cetakkannya dibuat dari logam sekali pakai pada gambar 1.



**Gambar 1.** Cetakan pola sekali pakai.

Cetakan pasir yang digunakan dalam proses pengecoran berdasarkan jenis pola dibedakan atas :

1. pola yang dapat digunakan berulang-ulang
2. pola sekali pakai.

### **Cetakan Pola Sekali Pakai**

Pola sekali pakai umumnya terdiri dari satu bagian. Umumnya cetakan dibuat dari pasir basah, namun pasir jenis lainnya juga banyak digunakan. Saluran turun dan bagian dari sistem saluran masuk merupakan bagian dari pola. Pola termasuk saluran turun dan saluran tuangnya ditinggalkan dalam cetakan. Pada saat proses pencetakan dimana logam cair dialirkan ke dalam cetakan, pola yang umumnya terbuat dari polistiren akan menguap dan logam cair akan mengisi rongga cetakan. Proses pengecoran pola Keuntungan-keuntungan dari proses ini adalah :

1. Sangat tepat untuk mengecor benda-benda dalam jumlah kecil
2. Tidak memerlukan pemesinan lagi
3. Menghemat bahan coran
4. Permukaan mulus
5. Tidak diperlukan pembuatan pola belahan kayu yang rumit
6. Tidak diperlukan inti atau kotak inti
7. Pengecoran lebih sederhana.

Kerugiannya adalah :

8. Pola rusak sewaktu dilakukan pengecoran
9. Pola mudah rusak, karena itu butuh penanganan yang hati-hati
10. Pada pembuatan pola tidak dapat digunakan mesin mekanik
11. Tidak ada kemungkinan untuk memeriksa keadaan rongga cetakan.

### **Lost Foam Casting**

Pengecoran *lost foam* (*evaporative casting*) adalah salah satu metode logam dengan menggunakan pola *polystyrene foam*. Metode ini ditemukan dan dipatenkan oleh Shroyer pada tahun 1958 (Shroyer, 1958). Pada tahun 1964, konsep penggunaan cetakan pasir kering tanpa pengikat telah dikembangkan dan dipatenkan oleh Smith (Smith, 1964).

Dalam beberapa aplikasi, bagian- bagian pola dilem untuk mendapatkan bentuk keseluruhan dari benda yang kompleks. Sistem saluran dirangkai dengan cara dilem menyatu dengan rangkaian pola. Beberapa pola dapat dilakukan pengecoran dengan dirangkai dalam satu sistem saluran.

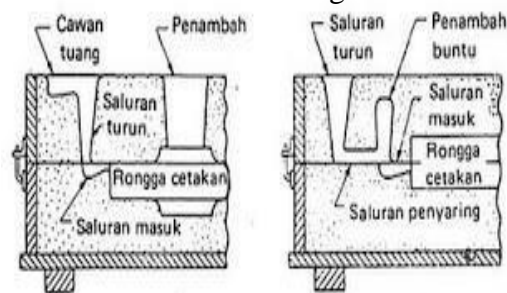
Pola yang telah terangkai dengan sistem saluran diistilahkan dengan *cluster* (Brawn, 1992). Sistem saluran memiliki pengaruh besar terhadap adanya cacat pada benda cor misalnya saluran masuk bawah akan menyebabkan porositas dan cacat lipatan (*folded*) paling sedikit dibanding saluran samping atau atas (Shahmiri & Karrazi, 2007). Pola dan sistem saluran dilakukan pelapisan (*coating*) dengan cara dimasukkan ke larutan pelapis dari bahan tahan panas (*refractory*) atau larutan refractory tersebut langsung dicatkan pada pola dan system saluran lalu dikeringkan. Penambah, pengalir dan saluran masuk ditempatkan pada tempat yang diperlukan (Butler, 1964). Cluster yang telah kering diletakkan pada wadah dan pasir silika dimasukkan di sekeliling pola. Pasir yang menimbun pola dipadatkan dengan cara digetarkan pada frekuensi dan amplitude tertentu. Pasir yang dipadatkan dengan penggetaran densitas pasir meningkat 12,5% dibandingkan tanpa digetarkan (Butler, 1964).

### **Pola Polystyrene Foam/ Styrofoam**

Massa jenis dan ukuran butiran *polystyrene foam* memegang peranan penting dalam pengecoran lost foam. Gas akan keluar ke atmosfer melalui lubang-lubang saluran dan celah- celah pasir. Jika pembentukan gas lebih cepat daripada keluarnya gas tersebut ke atmosfer maka akan terbentuk cacat dalam benda cor. Pembentukan gas tergantung pada massa jenis pola *polystyrene foam* dan temperature penuangan. Gas terbentuk makin banyak apabila massa jenis pola dinaikkan pada temperatur tuang konstan. Jika massa jenis pola tetap dan temperatur tuang dinaikkan maka gas akan terbentuk lebih banyak karena pola akan terurai menjadi molekul-molekul yang lebih banyak pada temperatur lebih tinggi.

### **Saluran Masuk, Penambah Dan Karakteristik Pembekuan**

Sistem saluran masuk (*gating system*) bertujuan mengalirkan logam cair ke dalam rongga cetakan. Saluran masuk terdiri dari cawan tuang, saluran turun, pengalir dan saluran masuk tempat logam mengalir memasuki rongga cetakan pada bagian dasar atau dekat dasarnya dengan turbulensi seminimal mungkin



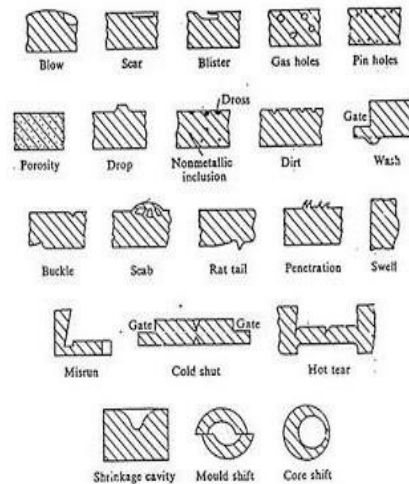
**Gambar 2.** Cara pengaliran logam cair ke rongga cetakan.

### **Cacat-cacat Coran**

Cacat yang dijumpai pada coran disebabkan oleh cacat pada hal- hal berikut :

1. Desain pengecoran dan pola
2. Pasir cetakan dan desain cetakan dan inti
3. Komposisi logam

4. Pencairan dan penuangan
5. Saluran masuk dan penambah.



**Gambar 3.** Jenis Cacat Pada Cetakan Pasir

Jenis cacat tersebut sebagai berikut :

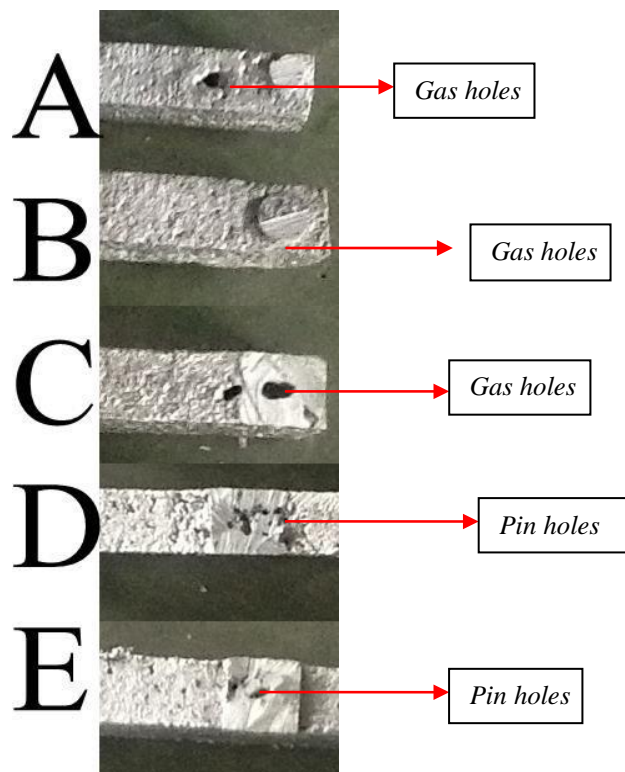
1. *Blow* yaitu rongga bulat besar yang disebabkan gas karena menempati daerah logam cair pada permukaan kop. Blow biasanya terjadi pada permukaan coran yang cembung.
2. *Scar* yaitu blow yang dangkal yang biasanya dijumpai pada permukaan coran yang rata.
3. *Blister* adalah scar yang tertutup oleh lapisan tipis logam.
4. *Gas holes* (lubang gas) yaitu gelembung gas yang terperangkap yang mempunyai bentuk bola dan terjadi ketika sejumlah gas larut dalam logam cair.
5. *Pin holes* adalah lobang blow yang sangat kecil dan terjadi pada atau dibawah permukaan coran.
6. *Porosity* (porositas) adalah lobang sangat kecil yang tersebar merata diseluruh coran.
7. *Drop* adalah Tonjolan pada permukaan kop yang disebabkan karena jatuhnya pasir dari kop.
8. *Inclusion* (inklusi) adalah adanya partikel non logam yang ada pada logam induk.
9. *Dross* adalah impuritas ringan yang berada pada permukaan coran.
10. *Dirt* adalah lobang kecil pada permukaan kop karena jatuhnya pasir ke benda coran. ketika pasir dilepaskan akan meninggalkan lobang kecil.
11. *Wash* adalah tonjolan pada permukaan drag yang timbul di dekat saluran masuk, hal ini disebabkan oleh erosi pada pasir karena kecepatan logam cair yang tinggi memasuki dasar saluran masuk.
12. *Buckle* adalah bentuk V yang panjang, dangkal dan lebar yang terbentuk pada permukaan rata coran karena suhu tinggi logam.
13. *Scab* adalah lapisan tipis logam, kasar yang menonjol diatas permukaan coran, pada puncak lapisan tipis pasir.
14. *Rat tail* yaitu penurunan angular, dangkal dan panjang yang biasanya ditemukan pada pengecoran tipis.
15. *Penetration* yaitu tonjolan berongga, kasar karena cairan logam mengalir diantara partikel pasir dikarenakan permukaan cetakan begitu lunak dan berongga.
16. *Swell* adalah cacat yang dijumpai pada permukaan vertikal pengecoran jika pasir cetakan berdeformasi karena tekanan hidrostatis yang disebabkan kandungan uap air yang tinggi didalam pasir.
17. *Misrun* terjadi adanya rongga yang terjadi apabila karena tidak cukup pemanasan logam

cair mulai membeku sebelum mencapai titik terjauh dari rongga cetakan.

18. *Cold shut* adalah terjadinya misrun pada tengah coran karena pengecoran dilakukan dengan saluran masuk di dua sisi.
19. *Hot tear* adalah retak yang terjadi karena tegangan sisa yang tinggi.
20. *Shrinkage cavity* (rongga penyusutan) adalah rongga karena terjadinya penyusutan pada logam ketika membeku dimana saluran penambah tidak bisa mengisinya.
21. *Shift* adalah ketidaklurusan antara kedua bagian cetakan atau inti.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan hasil pengecoran secara visual dari beberapa variabel terdapat beberapa kecacatan:



**Gambar 4.** Cacat Bahan Hasil Coran

Dari hasil pengecoran dengan temperatur tuang 800°C dan dengan beberapa variabel bentuk dan sistem saluran terdapat beberapa kecacatan yaitu pada variasi saluran A dan C terdapat cacat yang disebabkan oleh gelembung gas yang terperangkap ketika sejumlah gas larut dalam loam cair yang mempunyai bentuk ukuran agak besar. Sedangkan B secara visual tidak nampak cacat. Saluran D dan E ditemukan cacat pin holes yaitu lubang *blow* yang kecil akibat sisa gas yang terperangkap logam cair tetapi saluran E lebih sedikit kecacatan dibanding saluran D.

### Pengujian Komposisi Bahan

Dari pengujian komposisi kimia pada hasil coran dapat dilihat pada Tabel 1.

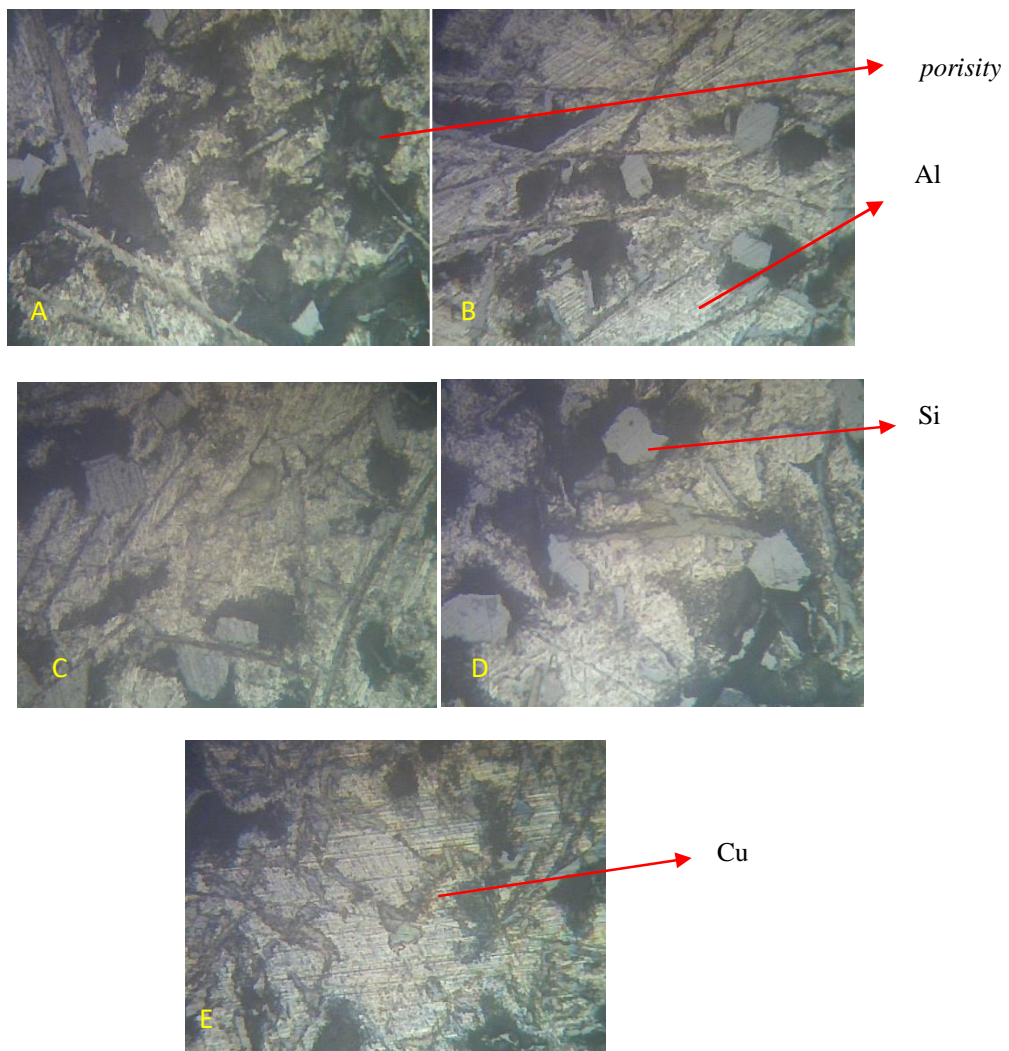
**Tabel 1.** Komposisi kimia paduan aluminium

Unsur	%	Unsur	%
Al	65,1	Cr	0.12
Si	16,4	Mn	0.31
Zn	1,54	Fe	5.38
Ca	0.70	Ni	3.96
Ti	0.29	Cu	5,59

Dari Tabel 1, diperoleh hasil komposisi kimia paduan aluminium hasil pengecoran merupakan paduan Al-16.4Si-.5.59Cu. Kandungan silikon dalam paduan aluminium ini merupakan keuntungan, sebab paduan mempunyai sifat mampu cor yang baik, mudah dimesin dan tahan korosi serta mempunyai sifat tahan aus.

**Pengamatan Struktur Mikro**

Tujuan pengamatan struktur mikro disini adalah untuk mengetahui suatu kecacatan yang terjadi di bahan coran dan melihat bentuk dari struktur



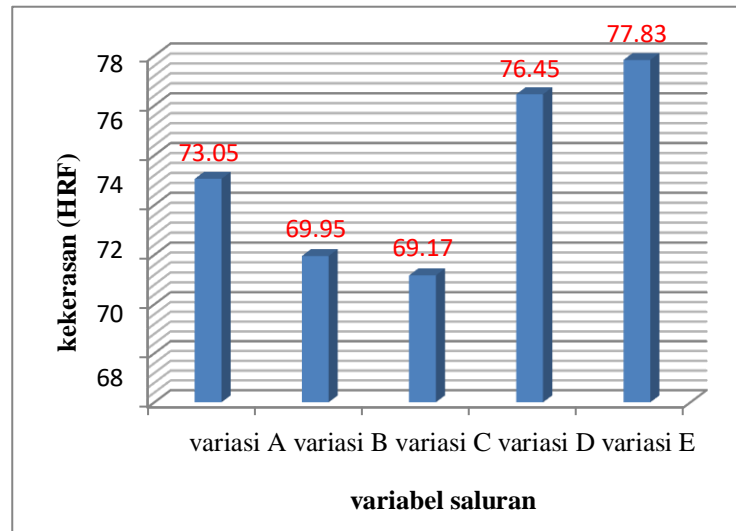
**Gambar 5.** Hasil Foto Struktur Mikro 500x Pembesaran

Dari hasil pengamatan struktur dapat diketahui bahwa variasi A, B, C, D dan E masing-masing terdapat kecacatan porsitas. Variasi A terlihat lebih mempunyai porositas

yang tinggi dan bentuk ukuran yang besar. Variasi B dan C mempunyai porositas yang berbentuk kecil-kecil dan menyebar. Variasi D mempunyai ukuran bentuk porositas yang sama dengan A Tetapi lebih sedikit. Dan E mempunyai hasil porositas kecil-kecil dan sedikit.

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan material Al-16.4Si-5.59Cu hasil pengujian kekerasan temperatur tuang 800°C dengan pengecoran lost foam pada aluminium paduan dengan variasi Bentuk Sistem Saluran dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



**Gambar 6.** Grafik hubungan pengaruh variasi bentuk sistem saluran terhadap kekerasan hasil coran

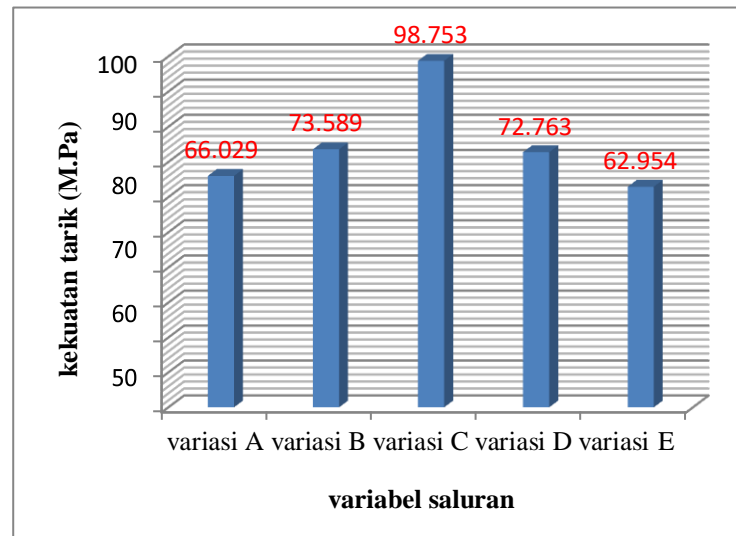
Dari grafik diatas terlihat bahwa Variasi saluran E mempunyai tingkat kekerasan yang lebih tinggi daripada saluran lainnya 77.83 HRF karena disebabkan Variasi E mempunyai dua saluran penambah dan tingi saluran turun yang memeperceat laju penuangan oleh gravitasi sehingga logam cair cepat mengisi pola serta memepercepat laju pembekuan, serta saluran masuk dari bawah meminimalisir turbulensi udara sehingga mengurangi gas atau udara yang terjebak dalam logam cair. Saluran B 69.95 HRF dan C 69.17 HRF mempunyai tingkat kekerasan hampir sama dan terendah diantara lainnya karena penempatan saluran turun yang jauh dari pola benda tidak diikuti dengan penambahan saluran dan hanya menggunakan satu saluran penambah sehingga laju pembekuan lebih lambat. Variasi saluran D 76.45 HRF mempunyai nilai tingkat kekerasan lebih rendah dibanding Variasi saluran E 77.83 HRF karena variasi D hanya menggunakan satu saluran penambah tetapi saluran D 76.45 HRF mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dari A 73.05 HRF ,B 69.95 HRF, C 69.17 HRF karena saluran D mempunyai saluran turun yang lebih tinggi untuk memepercepat aliran logam cair melalui gaya gravitasi dan saluran masuk dari bawah untuk mengurangi turbulensi udara guna menghindari terbawa dan terjebaknya udara saat teradi penuangan logam cair. Variasi Saluran A 73.05 HRF lebih keras dari B 69.95 HRF dan C 69.17 HRF karena Variasi A mempunyai saluran turun dan masuk langsung dari atas pola benda sehingga laju aliran dan pembekuan lebih cepat tetapi udara dan kotoran bisa langsung terbawa dan terjebak tepat pada pola benda.

### Pengujian Tarik

Pengujian Tarik Al-16.4Si-5.59Cu. Hasil pengujian tarhadap kekuatan tarik dengan



temperatur tuang 800°C dan pengecoran lost foam pada aluminium paduan dengan variasi Bentuk Sistem Saluran dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



**Gambar 7.** Grafik hubungan pengaruh variasi bentuk sistem saluran terhadap kekuatan tarik hasil coran

Dari gambar grafik terlihat saluran yang mempunyai tingkat kekuatan tarik tertinggi adalah Variasi C 98.75 M.Pa karena variasi C mempunyai saluran dari bawah sehingga mengurangi gas yang terjebak pada logam cair dan hanya mempunyai satu saluran penambah sehingga laju aliran logam dan pembekuan lebih lambat. Variasi E 62.95 M.Pa mempunyai tingkat kekuatan tarik yang rendah karena mempunyai dua saluran penambah dan tingginya saluran turun sehingga mempercepat laju aliran dan pembekuan logam cair. Sedangkan saluran A 66.02 M.Pa juga mempunyai tingkat kekuatan tarik yang rendah karena selain pengaruh laju pembekuan dan aliran logam cair variasi A lebih cenderung terdapat banyak cacat akibat banyaknya udara atau gas yang terjebak pada logam cair saat proses penuangan. Variasi saluran B 73.58 M.Pa dan D

72.76 M.Pa mempunyai kekuatan tarik yang hampir sama namun Variasi B sedikit lebih tinggi nilai kekuatan tariknya karena laju aliran logam cair dan pembekuan logam cair yang lebih lambat akibat tinggi saluran turun yang lebih rendah.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi saluran turun dan semakin banyak jumlah saluran penambah maka laju aliran logam cair oleh gravitasi semakin cepat untuk mengisi pola benda dan semakin cepat proses pembekuan sehingga benda cor lebih keras dan tahan aus tetapi rendah nilai kekuatan tarik dan sebaliknya jika semakin sedikit jumlah saluran penambah dan ketinggian saluran turun rendah maka akan menjadikan laju aliran logam cair oleh gravitasi semakin lambat serta pembekuannya sehingga hasil coran lebih lunak tetapi tinggi nilai kekuatan tariknya.
2. Saluran masuk penuangan logam cair semakin jauh dari pola benda (tidak langsung) akan menghasilkan benda coran yang lebih baik daripada saluran langsung (saluran turun tepat di atas permukaan pola benda). Karena saluran tidak langsung dapat

mencegah turbulensi udara dan kotoran/terak yang ikut terbawa logam cair saat proses penuangan sehingga meminimalisir kecacatan hasil benda cor, sedangkan saluran langsung akan lebih cenderung terjadi kecacatan hasil benda cor karena udara dan kotoran bisa terbawa dan terjebak logam cair tepat pada pola benda cor saat proses penuangan. Dan kecacatan hasil coran akan mempengaruhi kekuatan bahan.

Setelah diadakan pengujian mengenai “*Analisis Perbandingan Umur Dan Laju Keausan Kampas Rem Cakram Sepeda Motor*” Hasil penelitian tentang umur dan laju keausan kampas rem sangatlah bervariasi, kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Tingkat kemampuan kampas rem cakram AHM, INDOPARTS, ASPIRA, ORISIN dan NFIN mempunyai umur pemakaian dan tingkat keausan yang berbeda-beda.
2. Pada analisis perhitungan umur menunjukkan bahwa semakin cepat putaran atau rpm maka umur yang terjadi semakin berkurang.

Pada analisis perhitungan laju keausan menunjukkan bahwa semakin cepat putaran atau rpm maka laju keausan yang terjadi semakin besar.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengembangkan proses dan teknik pengecoran *lost foam* AL seperti penambahan model variabel sistem dan bentuk saluran atau variabel volume ukuran saluran sehingga didapatkan hasil yang bermacam-macam. Serta perlu dilakukan uji yang beragam uji SEM, EDX, XRD untuk lebih detail mengetahui setiap perubahan perlakuan dan variabel-variabel tertentu pada hasil pengecoran.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ashar L.H., Purwanto, Respati S.M.B., 2012, *Analisis Pengaruh Model Sistem Saluran Dengan Pola Styrofoam Terhadap Sifat Fisis Dan Kekerasan Produk Puli Pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang*, Momentum, 8, 1, 4- 55.
- Amstead, B.H., Ostwalt P.F., 1995, *Teknologi Mekanik*, Erlangga, Jakarta. Hapli., Perhitungan Sistem Saluran, Online, <http://hapli.wordpress.com/foundry/teknik-perancangan-pengecoran/perhitungan-sistem-saluran/>, 2 Agustus 2014.
- Niemann, E. H., 1980, *Expandable polystyrene pattern material for the lost foam process*, *American Foundryman Society Transaction*, Vol. 88, pp. 793–799.
- Prasetya, Chandra., Irawan, Y.S., Oerbandono., *Pengaruh Jumlah Saluran Masuk Pada Pengecoran Impeller Turbin Crosslow Terhadap Cacat Permukaan Dan Porositas*, Jurnal Chandra, 1-9.
- Pratama, rizal., soeharto., 2012, *Studi Eksperimen Pengaruh Jenis Saluran Pada Aluminium Sand Casting Terhadap Porositas Produk Toroidal Piston*, Jurnal Teknik ITS, 1,1, 126-130.
- Retro., 2011, Online, <http://budidayaukm.blogspot.com/2011/07/proses-pengecoran-gypsum-casting.html>, 2 Agustus 2014.
- Sudjana, H., 2008, *Teknik Pengecoran Logam*, BSE SMK, Departemen Pendidikan Nasional.
- Surdia, T., Chijiwa K., 1986, *Teknik Pengecoran Logam*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Surdia, Tata, Prof.Ir., 1999, *Teknik Pengecoran Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.