

## PENGARUH BENTUK SALURAN TURUN (*SPRUE*) TERHADAP CACAT POROSITAS DAN NILAI KEKERASAN PADA PENGECORAN ALUMINIUM MENGGUNAKAN METODE *LOST FOAM CASTING*

Eko Sriwahyudi <sup>1</sup>, Bambang Kusharjanta <sup>2</sup>, Wahyu Purwo <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

### Keywords :

*Sprue shape*  
*Aluminum Alloy*  
*Porosity*  
*Hardness*

### Abstract :

*This study is aimed to determine the effect of cross-sectional shape of the sprue on porosity defect and hardness number of aluminum alloy castings using the lost foam casting process.*

*The raw material used in this study is derived from waste aluminum of bus pistons. Variations in cross-sectional shape sprue used are: circle, square, and triangle. The Porosity test conducted by comparing the true density with apparent density. The porosity testing using ASTM E-252 standart. The hardness number testing is conducted by using a Rockwell hardness testing machine with 1.59 mm of indenter steel diameter and 100 kg of test force.*

*The results showed that sprue with a square cross-sectional shape has lower average porosity percentage of 2.30% and higher average hardness values at 69.9 HRB Highest of porosity percentage values on sprue triangle at 4.93% and the lowest hardness value of 55.9 HRB*

## 1. PENDAHULUAN

Pengecoran *lost foam* adalah alternatif baru dalam memproduksi benda-benda dengan metode pengecoran. Pengecoran *lost foam* adalah salah satu jenis proses pengecoran logam dengan pola sekali pakai dimana pola yang digunakan adalah *polystyrene*. Metode *lost foam casting* ditemukan oleh Shroyer pada tahun 1958. Proses pengecoran ini dimulai dengan membuat pola *polystyrene foam* dengan kerapatan / densitas tertentu yang sesuai dan telah direncanakan. Diawali dengan proses pembuatan bagian-bagian pola dan system saluran dan dilakukan proses penggabungan untuk mendapatkan bentuk keseluruhan dari benda yang utuh. Sistem saluran digabungkan diabungkan dengan pola ngan proses pengeleman. Beberapa pola dapat dirangkai dalam satu sistem saluran, pola yang telah terangkai dengan sistem saluran dinamakan dengan *cluster* .

Pola ditimbun dengan pasir yang dipadatkan dengan cara digetarkan dengan suatu alat penggetar. Pasir akan akan menahan pola agar tidak mengalami pergeseran dan tetap pada posisinya saat pengisian logam cair. Logam cair dituang melalui *pouring basin* dan pola akan terurai menjadi gas karena terkena panas logam cair saat masuk ke cetakan. Uraian pola akan keluar melewati lapisan pola dan melalui pasir. Setelah dingin, dilakukan pembongkaran cetakan dan dilakukan perlakuan panas jika diperlukan. Penggunaan metode pengecoran *lost foam* mengalami peningkatan cukup besar sejak tahun 1990. Pada tahun 1997 sebanyak 140.700 ton aluminium, besi cor dan baja sudah diproduksi dengan proses pengecoran *lost foam* (Hunter, 1998).

Pengecoran cetakan pasir dengan metode *lost foam* ini adalah salah satu metode pengecoran yang sering tak terhindarkan dari cacat. Setelah *finishing*, benda cor sebaiknya diteliti untuk mengetahui kualitas benda cor. Pengecekan dapat dilakukan secara manual maupun dengan menggunakan bantuan alat. Golongan cacat pengecoran ada beberapa macam, antara lain *cold shuts*, *hot tears*, retak, inklusi, *mis-run*, porositas, dan penyusutan mikro (ASM International, 2009). Cacat coran tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah desain sistem saluran yang kurang sempurna. Sistem saluran pada cetakan pasir meliputi cawan tuang, saluran turun (*sprue*), saluran pengalir (*runner*), saluran penambah (*riser*), dan saluran masuk (*ingate*).

Saluran turun (*Sprue*) adalah suatu saluran vertikal tempat untuk penuangan logam cair yang berada pada daerah diatas saluran *runner* yang akan meneruskan logam cair kedalam *ingate*, produk cor dan *riser*. Desain saluran turun (*sprue*) merupakan bagian yang penting saat logam cair dituangkan. Desain saluran turun (*sprue*) harus menghindarkan terjadinya turbulensi logam cair. Tingginya turbulensi di sini akan mengakibatkan terjadinya beberapa cacat, diantaranya terjadinya cacat porositas dan cacat penyusutan. Disini akan diteliti pengaruh bentuk penampang saluran turun (*sprue*) pada sistem saluran terhadap porositas, dan kekerasan pada pengecoran cetakan pasir metode *lost foam*.

## 2. TUJUAN PENELITIAN

- Mengetahui pengaruh bentuk saluran turun (*sprue*) terhadap terjadinya cacat porositas aluminium paduan pada *lost foam casting*.
- Mengetahui pengaruh bentuk penampang saluran turun (*sprue*) terhadap tingkat kekerasan aluminium paduan pada *lost foam casting*.

## 3. TINJAUAN PUSTAKA

Roziqin, dkk (2012) telah meneliti tentang pengaruh model saluran tuang terhadap nilai kekerasaan pada pengecoran aluminium bekas dengan cetakan pasir. Hasil pada pengamatan struktur mikro, menunjukkan pola saluran C lebih sedikit cacat porositasnya dibandingkan dengan pola saluran A dan B. Pada Uji kekerasan menunjukkan bahwa pola saluran A pada spesimen A1 dan A3 mempunyai kekerasan yang paling tinggi diantara spesimen yang lain. Hal tersebut karena laju pembekuan terakhir terletak pada bagian tengah coran. Jadi semakin lama laju pembekuannya semakin rendah kekerasannya. Ardhiyanto (2011) meneliti tentang pengaruh bentuk penampang saluran turun (*sprue*) terhadap cacat porositas, batas butir dan tingkat kekerasannya dengan metode *sand casting*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa bentuk penampang saluran turun mempunyai pengaruh terhadap porositas, kekerasan, dan ukuran butir, semakin besar persentase porositas suatu logam maka semakin rendah nilai kekerasan logam tersebut dan semakin besar ukuran butirnya. Sebaliknya semakin kecil persentase porositas suatu logam maka semakin tinggi nilai kekerasan logam tersebut dan semakin kecil ukuran butirnya.

Hidayat dan Slamet (2010) meneliti tentang pengaruh model saluran tuang pada cetakan pasir terhadap hasil cetakan dengan menggunakan variasi cawan tuang (*basin*) yaitu *offset basin* dan *stepped offset basin*. Dari pemeriksaan mikrografi menunjukkan penggunaan cawan tuang *offset basin* maupun *offset stepped basin* didapat nilai cacat porositas lebih kecil dibandingkan tanpa cawan tuang.

Kasala, dkk. (2010) meneliti tentang *gating system dengan variasi system saluran bawah dan system saluran vortex-gate* diperoleh hasil peningkatan kekuatan tarik ultimate untuk sistem penuangan dengan desain *vortex-gate*. Pada uji metalografi, untuk sistem penuangan bawah memperlihatkan lebih banyak porositas dan cacat oxide film. Sistem penuangan dengan desain *vortex-gate* lebih berpotensi untuk meningkatkan kualitas coran.

Tjitro dan Gunawan (2003) dalam penelitiannya tentang pengaruh bentuk penampang *riser* terhadap cacat porositas. Bentuk penampang *riser* yang digunakan yaitu bulat dan segi empat. Dari hasil penelitian menggunakan pemeriksaan mikrografi menunjukkan bahwa bentuk penampang *riser* mempunyai pengaruh terhadap timbulnya cacat porositas. Persentase cacat porositas produk coran dengan penampang *riser* segi empat lebih besar dibandingkan penampang *riser* bulat.

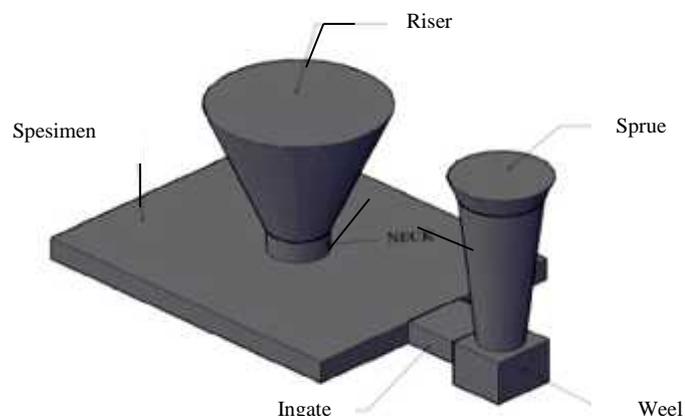
## 4. METODE PENELITIAN

### 4.1 Persiapan Pola

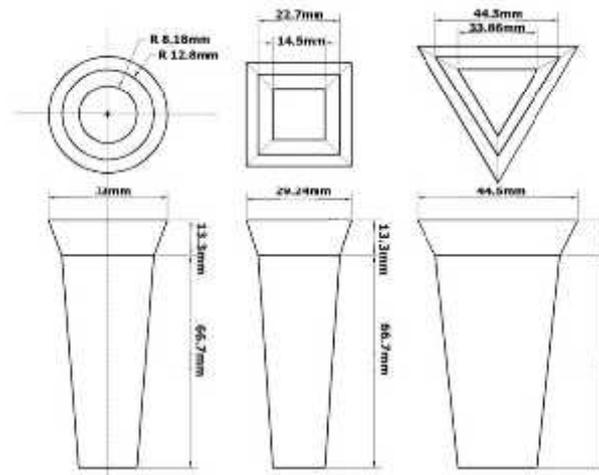
Jenis pola yang digunakan adalah pola tunggal dengan bahan *styrofoam*. Pola merupakan bentuk tiruan dari produk cor yang akan dibuat. Dimensi pola dibuat lebih besar daripada dimensi produk cor sebab untuk mengkompensasi penyusutan dimensi yang terjadi produk cor maupun untuk menyediakan toleransi bagi pengerjaan pemesinan selanjutnya.

Bentuk pola-pola yang akan dibuat seperti dibawah ini dengan menggunakan ukuran jenis saluran turun (*sprue*) yang berbeda-beda:

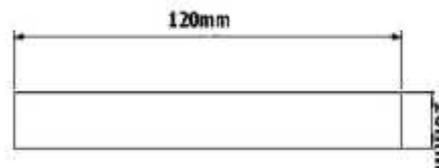
- Bentuk pola



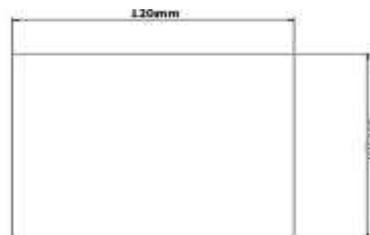
Gambar 4.1. Bentuk pola

Gambar 4.2. Dimensi saluran turun (*sprue*)

## b. Spesimen



Gambar 4.3. Penampang spesimen tampak depan



Gambar 4.4. Penampang spesimen tampak atas

**4.2 Pelapisan Pola Styrofoam**

Proses awal pelapisan pola adalah dengan disiapkannya semen tahan api (*refractory*) dan air. Dilanjutkan dengan dicampurnya semen *refractory* dan air secukupnya dengan perbandingan 2:1. Proses pelapisan pola dengan campuran dengan cara kanvas dioleskan pada permukaan pola dan pola dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kering.

**4.3 Pembuatan Cetakan Pasir**

Pembuatan cetakan dilakukan dengan menyiapkan bak kayu yang berisi pasir silika dengan tinggi 3cm dari dasar. Dilanjutkan dengan pola yang sudah dilapisi ditanam ke dalam bak kayu. BAK kayu diisi pasir sampai batas atas *sprue* secara merata, dan mengulangi langkah selanjutnya untuk variasi II dan III.

**4.4 Tahap Peleburan**

Proses peleburan dimulai dengan aluminium dari piston bus dimasukkan ke dalam *kowi* pada dapur *crucible*. Aluminium yang telah dimasukkan ke dalam *kowi* dilebur sampai suhu  $700^{\circ}\text{C}$  di atas titik cairnya.

**4.5 Tahap Penuangan**

Cetakan pasir yang sudah jadi didekatkan dengan *crucible*. Aluminium cair diambil dan dituangkan diatas cawan tuang secara kontinyu dan waktu penuangan diukur dengan menggunakan *stopwatch*.

**4.6 Tahap Pembongkaran Cetakan Pasir**

Setelah dingin kemudian membongkar cetakan pasir dan membersihkan coran dari pasir sampai bersih. Serta sistem saluran dipisahkan dari produk cor dan memberi tanda pada produk cor di setiap variasi bentuk saluran turun (*sprue*).

**4.7 Pengujian Cacat Porositas**

Produk pengecoran yang sudah dipisahkan dari sistem saluran disiapkan untuk pengujian komposisi kimia. Kemudian nilai *true density* dihitung dengan menggunakan ASTM E-252. Massa produk cor diukur dengan menggunakan timbangan digital dan nilai *apparent density* dihitung dengan persamaan 1 :

$$\rho_s = \frac{W_{udara}}{W_{udara} - W_{air}} \times \rho_{air} \quad (\text{Harmanto S., 2012}) \dots \dots \dots (1)$$

Menghitung persentase porositas dengan menggunakan rumus :

$$\% P = \frac{(\rho_0 - \rho_s)}{\rho_0} \times 100\% \quad (\text{Harmanto S., 2012}) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

$\% P$  : Persentase porositas produk cor (%)

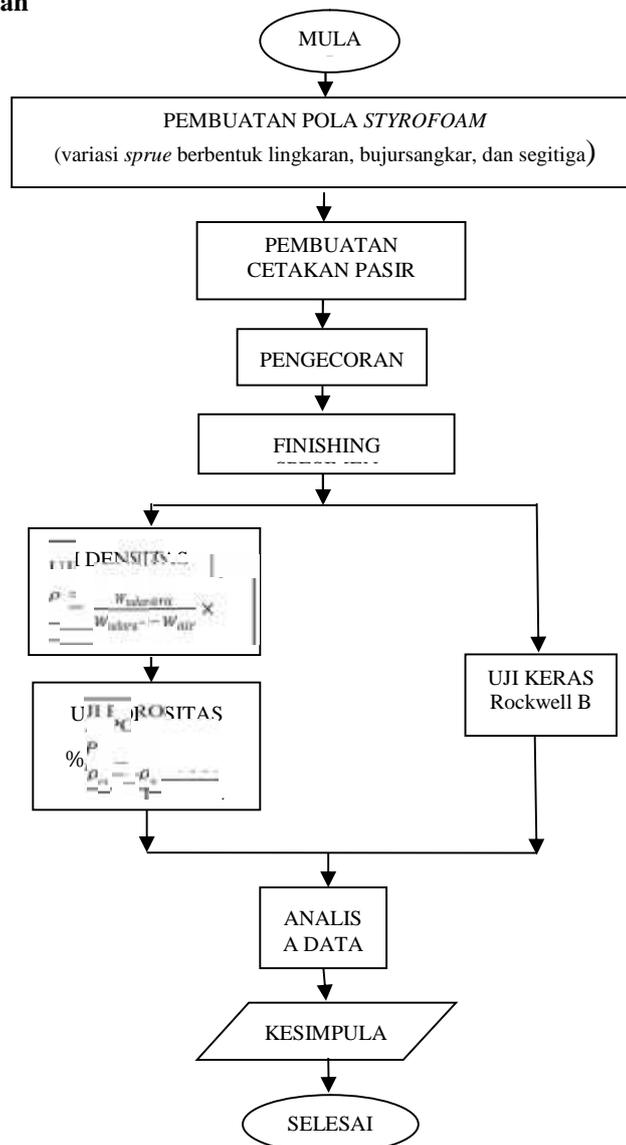
$\rho_0$  : True density (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_s$  : Apparent density (gr/cm<sup>3</sup>)

**4.8 Uji Keras Rockwell**

Proses pengujian kekerasan diawali dengan penyiapan spesimen uji dengan variasi saluran turun jenis lingkaran, bujur sangkar dan segitiga sama sisi dengan jumlah spesimen masing-masing variasi sebanyak 3 buah. Pengujian kekerasan menggunakan alat uji keras *Rockwell* dengan skala B dengan indentor bola baja berdiameter 1,59mm dengan beban 100kg. Kemudian permukaan spesimen diratakan dengan ampelas 200 sebelum dilakukannya pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan *Rockwell* dilakukan sesuai dengan standar ASTM E-18 dengan tiap spesimen 5 titik pengujian dan nilai rata-rata kekerasannya diambil dari 5 titik tiap-tiap variasi spesimen.

**4.9 Diagram Alir Penelitian**

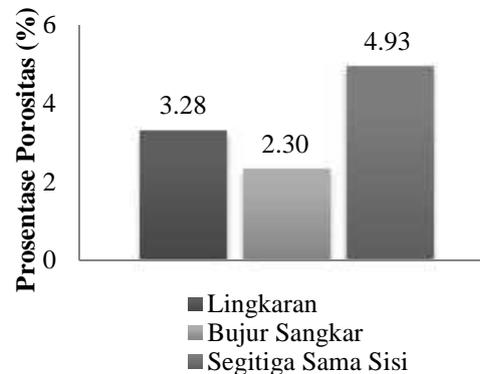


Gambar 4.5. Diagram alir penelitian

## 5. HASIL DAN ANALISA

### 5.1 Cacat porositas

Pengujian porositas dilakukan dengan mencari densitas spesimen lebih dulu yaitu dengan cara menimbang massa spesimen di dalam air (gaya *Archimedes*), sedangkan densitas nyata didapat dari perhitungan komposisi kimia aluminium paduan berdasarkan ASTM E-252.



Gambar 5.1. Diagram nilai prosentase porositas rata-rata tiap variasi

Dari tabel dan grafik di atas dapat diketahui bahwa rata-rata persentase porositas tertinggi terdapat pada spesimen dengan bentuk penampang segitiga sama sisi yaitu sebesar 4.93 %, dan rata-rata persentase porositas terendah terdapat pada spesimen dengan penampang *sprue* berbentuk segitiga yaitu sebesar 2.30 %. Sedangkan rata-rata persentase porositas pada spesimen dengan bentuk penampang *sprue* lingkaran berada di antara bujur sangkar dan segitiga sama sisi, yaitu sebesar 3,28 %.

Bentuk penampang penampang saluran turun sangat berpengaruh dengan prosentase porositas. Pada saluran berbentuk segitiga memiliki tingkat porositas yang paling tinggi, ini disebabkan pada saluran berbentuk segitiga terjadi pergolakan aliran (*turbulensi*) pada saat penuangan, disebabkan adanya penyempitan dinding yang menyebabkan timbulnya aliran yang tidak beraturan. Saluran turun berbentuk bujur sangkar memiliki prosentase porositas terkecil, karena pada saat penuangan alirannya lebih stabil dibandingkan saluran berbentuk segitiga. Hal ini disebabkan karena pada bentuk dinding bujur sangkar penyempitan dindingnya tidak terlalu kecil, sehingga aliran cenderung stabil dan tidak timbul *turbulensi*. Pada saluran turun berbentuk lingkaran memiliki nilai porositasnya di antara *sprue* berbentuk bujur sangkar dan segitiga sama sisi. Bentuk penampang lingkaran menyebabkan aliran memutar atau pusaran yang dapat menimbulkan pergolakan aliran (*turbulensi*). Hal ini disebabkan pada saat proses penuangan berlangsung, aliran logam cair turun yang melewati saluran turun bergerak bebas (memutar) karena tidak adanya sudut pada dinding saluran turun yang menahan aliran tersebut supaya alirannya bergerak beraturan.

Dari penelitian tentang bentuk *sprue* sebelumnya juga memiliki nilai terendah pada bujursangkar dan terendah pada segitiga, hal ini terjadi karena pengaruh bentuk penampang *sprue* yang berpengaruh dengan tingkat *turbulensi* aliran pada saat penuangan (Ardhiyanto., 2011).

Beeley, (2001), menemukan bahwa kelancaran dan keseragaman logam cair diperlukan untuk menghindari jebakan udara, oksidasi logam dan erosi cetakan. Aluminium cair yang bergolak tersebut menyebabkan gas hidrogen terperangkap di dalam produk coran, sehingga menimbulkan cacat porositas.

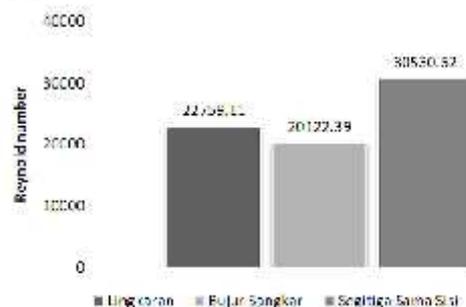
Besar porositas berhubungan dengan angka Reynold. Angka Reynold sendiri dapat diketahui dengan mencari kecepatan alir terlebih dahulu dengan rumus dari persamaan 2.5, kemudian hasilnya dimasukkan pada rumus persamaan 2.4 sehingga dapat diketahui tingkat *turbulensi* yang dihasilkan.

Dimana tingkat *turbulensi* dapat diketahui dari nilai angka Reynold (Re) yaitu :

$Re < 2000$  termasuk aliran laminar

$2000 < Re < 4000$  termasuk aliran transisi

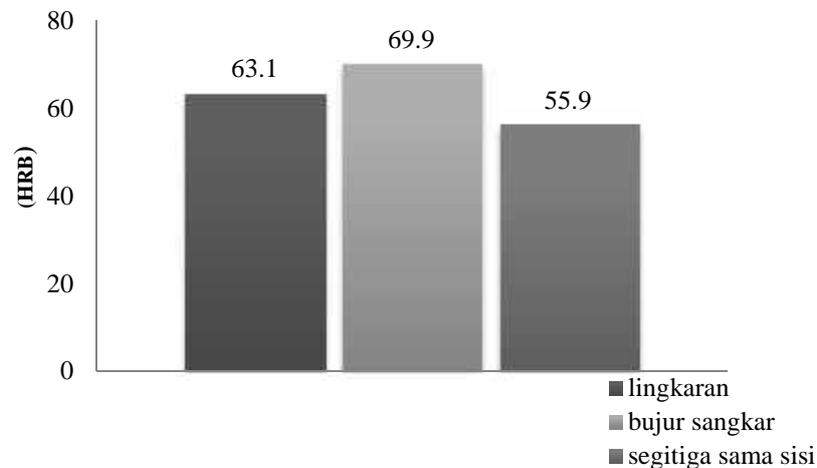
$Re > 4000$  termasuk aliran *turbulen*



Gambar 5.2. Diagram Hubungan bilangan Reynold dengan tiap variasi

### 5.2 Nilai Kekerasan

Setelah melakukan pengujian kekerasan menggunakan alat uji keras Rockwell, didapatkan nilai kekerasan tiap specimen sebagai berikut:

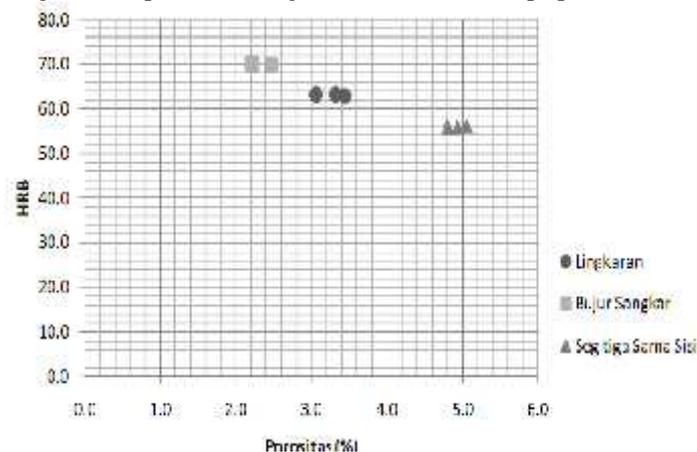


Gambar 5.3 Diagram kekerasan Rockwell

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata tertinggi dimiliki oleh specimen dengan penampang *sprue* berbentuk bujur sangkar yaitu sebesar 69,9HRB, dan nilai kekerasan rata-rata terendah dimiliki oleh specimen dengan penampang *sprue* berbentuk segitiga samasisi yaitu sebesar 55,9HRB. Sedangkan specimen dengan penampang *sprue* berbentuk lingkaran mempunyai nilai kekerasan diantara lingkaran dan segitiga sama sisi yaitu sebesar 63,1HRB. Hal tersebut terjadi karena cacat porositas menyebabkan nilai kekerasan logam berkurang. Specimen dengan bentuk penampang *sprue* persegiempat mempunyai nilai kekerasan tertinggi karena persentase porositasnya paling rendah.

### 5.3 Hubungan Cacat Porositas dengan Nilai Kekerasan

Berdasarkan data persentase porositas dan nilai kekerasan tiap specimen yang telah diperoleh, dapat dibuat sebuah grafik hubungan cacat porositas dengan nilai kekerasan tiap specimen sebagai berikut:

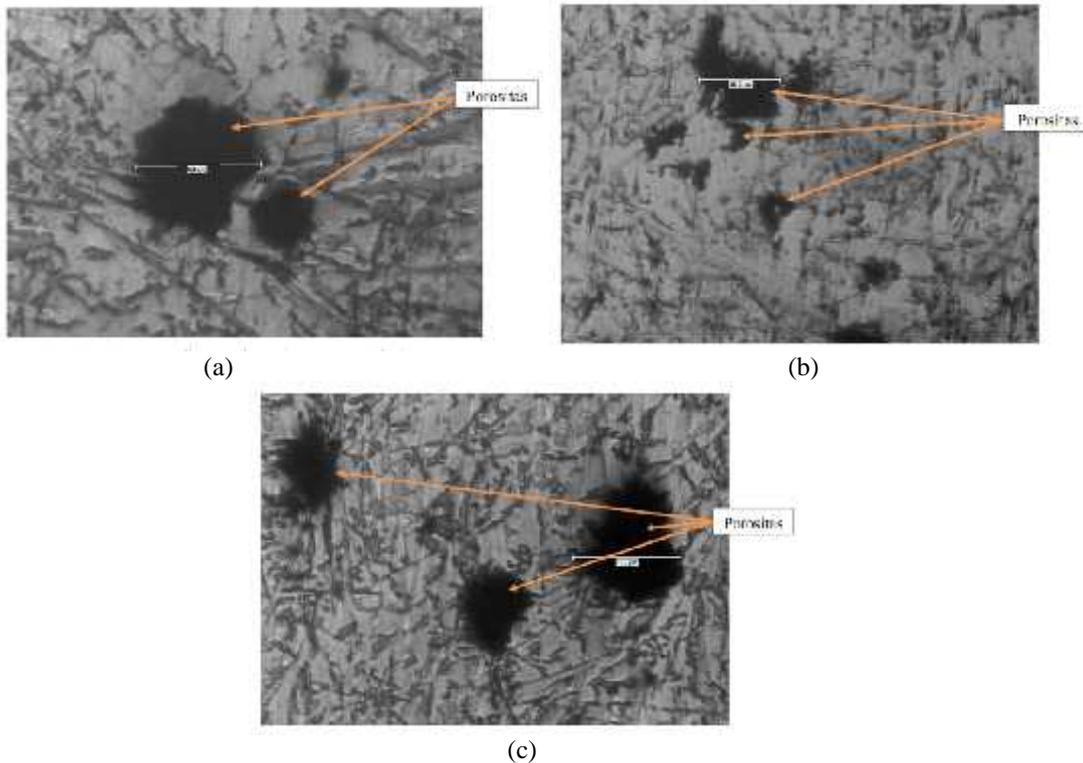


Gambar 5.4 Grafik Hubungan Cacat Porositas dengan Nilai Kekerasan Rockwell.

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase cacat porositas, maka semakin rendah nilai kekerasannya. Sebaliknya, semakin rendah persentase cacat porositas, maka semakin tinggi nilai kekerasannya. Hal ini dinyatakan dengan rata-rata persentase cacat porositas dan nilai kekerasan Rockwell pada specimen dengan penampang *sprue* bujur sangkar sebesar 2,30% dan 69,9 HRB, sedangkan rata-rata persentase cacat porositas dan nilai kekerasan Rockwell pada specimen dengan bentuk penampang *sprue* segitiga sama sisi sebesar 4,93% dan 55,9HRB.

Prosentase porositas berbanding terbalik dengan tingkat kekerasan, dimana apabila jumlah prosentase porositasnya sedikit maka tingkat kekerasannya akan tinggi dan apabila prosentase porositasnya tinggi maka kekerasannya akan cenderung turun. Hal ini disebabkan karena banyaknya rongga-rongga dalam produk akan mengurangi kekuatannya sehingga kekerasannya akan menurun.

Untuk mengetahui mengetahui cacat porositas, juga dilakukan pengamatan dengan struktur makro. Berikut ini adalah foto mikro untuk tiap variasi dengan perbesaran 40 X:



Gambar 5.5 Pengamatan foto mikro (a) Spesimen dengan sprue berpenampang lingkaran; (b) Spesimen dengan sprue berpenampang bujur sangkar; (c) Spesimen dengan sprue berpenampang segitiga sama sisi. Lingkaran-lingkaran menunjukkan porositas.

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Bentuk penampang *sprue* berpengaruh terhadap terjadinya cacat porositas produk coran aluminium cetakan pasir, dimana penampang bujursangkar mempunyai persentase porositas terendah dan segitiga samasisi tertinggi.
2. Bentuk penampang *sprue* berpengaruh terhadap nilai kekerasan produk cor aluminium cetakan pasir, dimana lingkaran merupakan bentuk penampang *sprue* dengan nilai kekerasan tertinggi dan segitiga samasisi terendah

## Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan:

1. Melakukan penelitian terhadap variasi panjang *sprue*.
2. Melakukan penelitian terhadap variasi bentuk penampang *sprue*.

## Daftar Pustaka

- Ahmad, R., & Hashim, MY., 2011, *Effect of Vortex Runner Gating System on The Mechanical Strength of Al-12Si Alloy Castings*. Archives of Metallurgy and Materials, 56: 991-997.
- Annual Book ASTM Standart. 1998. USA
- Ardhiyanto, N.K., 2011, *Pengaruh Bentuk Penampang Saluran Turun (Sprue) Terhadap Cacat Porositas, Batas Butir dan, Kekerasan Pada Pengecoran Aluminium Paduan Dengan Cetakan Pasir*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- ASM International., 2009, *Casting Design and Performance*, Ohio : Materials Park.
- Beeley, P., 2001, *Foundry Technology Second Edition*, Oxford : Butterworth Heinemann.
- Gantara, A., 2011, *Pengaruh Diameter Bawah Sprue pada Pengecoran Produk Pulley Terhadap Distribusi Kekerasan dan Porositas Hasil Coran*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Malang Jurusan Mesin FT Unibraw, 2011.
- Gupta, N., Kant, M., Kerketta, J.M., 2011, *Simulation of a Rectangular Object With Shrinkage Defect*, Indian Foundry Journal, 57 (5): 32-39.

- Hidayat, T., & Slamet, S., 2010, *Pengaruh Model Saluran Tuang Pada Cetakan Pasir Terhadap Hasil Cetakan*, Skripsi,UMK, Kudus.
- Kuldeepak, 2012, *Numerical Optimisation of Gating System Parameters Aluminum Metal Casting by Using Taguchi's Roboust De Technique*, Journal of Mechanical and Production, Vol.2:61-79.
- Kumar, S., Kumar, P., & Shan, H.S., 2007, *Optimization of Tensile Properties of Evaporative Pattern Casting Process Through Taguchi's Method*, *Journal of Materials Processing Technology*, 204 : 56-59.
- Murjoko, 2011, *Pengaruh Letak Saluran Masuk Terhadap Cacat Porositas Kekerasan Dan Ukuran Butir Aluminium Paduan Pada Proses Pengecoran Menggunakan Cetakan Pasir*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- Roziqin, K., Purwanto, H., & Syafa'at, I., 2012, *Pengaruh Model Sistem Saluran Pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Coran Puli Diameter 76mm Dengan Cetakan Pasir*, Jurnal Teknik Mesin, 8 (1): 33- 39.
- Shafiee, M.R.H., Hashim, M.Y.B., Said, M.N.B., 2009, *Effects of Gating Design on The Mechanical Strength of Thin Section Castings*, Proceeding of MUCEET, Pahang: MUCEET, pp: 1-4.
- Subhi, Z.A., 2012, *The Effects of Vortex Gate Design on Mechanical Strength of Thin Section Casting of LM 25 (Al—7Si-0.3Mg) Aluminum Casting Alloy*, Thesis, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia.
- Sun, Z.,et al. 2008, *Gating System Design for a Magnesium Alloy Casting*, J. Mater. Sci. Tech., 24 (1): 93-95.
- Surdia, T., & Chijiwa, K., 2000, *Teknik Pengecoran Logam*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Tjitro, S., & Gunawan, H., 2003, *Analisa Pengaruh Bentuk Penampang Riser Terhadap Cacat Porositas*, Jurnal Teknik Mesin, 5 (1): 1 – 4.