

PENGARUH MODEL SISTEM SALURAN PADA PROSES PENGECORAN LOGAM Al-Si DENGAN PENGGUNAAN 15% LUMPUR PORONG, SIDOARJO SEBAGAI PENGIKAT PASIR CETAK TERHADAP CACAT COR FLUIDITAS DAN KEKERASAN COR

Oleh:

Fajar Febrianto Kusuma Palagan
Universitas Negeri Malang
E-mail: Fajar.febriantokusuma@yahoo.co.id

Abstraks. Pengecoran (*Casting*) adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan. Cetakan yang lazim digunakan terbuat dari pasir yang mengandung atau telah dicampur dengan bahan pengikat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji saluran masuk terhadap fluiditas, cacat cor dan kekerasan paduan aluminium yang menggunakan pasir cetak. Bahan baku penelitian ini adalah paduan aluminium yang berasal dari piston bekas (Al-Si). Menggunakan pasir malang dan sebagai pengikatnya adalah lumpur Porong Sidoarjo (Lapindo) sebanyak 15 %. Pada penelitian ini akan dikaji letak masuknya logam cair yaitu saluran langsung, saluran samping dan saluran bawah. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Spesimen saluran masuk akan dihitung kemampuan alir logam cor (fluiditas). Selain itu dilakukan pula pengujian kekerasan permukaan, dan foto mikro dan foto makro untuk melihat cacat yang terjadi secara lebih detail. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, nilai rata-rata fluiditas paling tinggi terdapat pada spesimen coran yang menggunakan saluran samping yaitu 797.9 mm. Sedangkan pada spesimen coran yang menggunakan saluran bawah yaitu 653.7 mm, dan 688.1 mm untuk saluran langsung. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen coran yang menggunakan saluran bawah dengan rata-rata nilai kekerasan 116.59 HV. Sedangkan untuk saluran samping 115 HV dan 106.93 HV untuk saluran langsung. Dari hasil analisa cacat cor secara kasat mata menunjukkan bahwa spesimen coran yang menggunakan saluran samping memiliki cacat cor yang paling sedikit dan paling kecil bila dibandingkan dengan spesimen saluran lainnya. Adapun data yang diperoleh dari foto mikro dan foto makro menunjukkan bahwa spesimen cor yang menggunakan saluran samping memiliki ukuran cacat lubang jarum yang paling kecil dan berjumlah ± 9 buah dan cacat struktur butir terbuka berjumlah ± 31 , sedangkan pada saluran langsung dan bawah memiliki lubang jarum sebesar ± 11 dan ± 13 buah dan memiliki cacat struktur butir terbuka berjumlah ± 36 dan ± 54 buah. Dari data diatas penggunaan saluran samping lebih dianjurkan untuk memperoleh hasil coran yang lebih baik dalam mengisi rongga cetak dengan hasil kekerasan yang cukup baik. Jika ingin mendapatkan kekerasan yang tinggi maka dapat menggunakan saluran bawah akan tetapi saluran ini kurang baik untuk ukuran fluiditasnya.

Kata Kunci: Pengecoran pasir, saluran masuk, fluiditas, foto mikro/makro dan kekerasan.

Pengecoran merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku / bahan benda kerja dengan proses peleburan/pencairan logam di dalam tungku peleburan yang kemudian hasil peleburan di masukkan kedalam cetakan. Tahapan dalam proses

pengecoran adalah pembuatan model (pola), pembuatan pasir cetak, pembuatan cetakan pasir (rongga cetak), peleburan logam, menuang logam ke dalam cetakan dan membongkar serta membersihkan hasil pengecoran (Surdia, 1982).

Jenis logam yang banyak digunakan untuk pembuatan produk cor adalah alumunium. Alumunium murni mempunyai sifat mampu cor dan sifat mekanik yang jelek. Oleh karena itu dipergunakan paduan alumunium karena sifat-sifat mekaniknya dapat diperbaiki dengan menambahkan tembaga, silisium, magnesium, mangan, dan sebagainya (Surdia, 2000). Kualitas coran salah satunya tergantung pada sistem saluran yang diantaranya saluran turun, penambah, keadaan penuangan, dan lain lain. Kondisi aliran logam bergantung pada *ingate*, karena *ingate* adalah area dimana logam memasuki rongga cetakan. *Ingate* dapat ditempatkan di beberapa lokasi di cetakan, tergantung pada geometri cetakan dan jenis sistem saluran. Selain itu *ingate* juga berfungsi sebagai saluran cadangan apabila terjadi penyusutan yang dapat menjadikan produk menjadi cacat. Tujuan penelitian ini adalah untuk Untuk mengetahui pengaruh penggunaan model saluran terhadap cacat yang dihasilkan dari pengecoran logam paduan Al-Si, Untuk mengetahui pengaruh penggunaan model saluran terhadap fluiditas hasil pengecoran logam paduan Al-Si, Untuk mengetahui pengaruh penggunaan model saluran terhadap kekerasan hasil pengecoran logam paduan Al-Si.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain penelitian pre-experimental dengan menggunakan model *one-shot case study*, dimana sekelompok sampel diberi sebuah perlakuan (*treatment*) dan selanjutnya diobservasi seperti yang tertuang (*Test*).

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Variabel bebas yaitu sistem saluran, dengan besar sistem saluran langsung, saluran samping, dan saluran bawah. Variabel terikat pada penelitian ini adalah uji kekerasan, fluiditas dan cacat coran logam. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah Pasir silika yang digunakan dalam pembuatan pasir cetak adalah pasir Malang. Bahan pengikat yang digunakan Lumpur Porong Sidoarjo sebanyak 15% karena pada penelitian sebelumnya dihasilkan uji kekerasan yang baik (Broto, 2014), Cetakan yang digunakan yaitu cetakan pasir basah, Logam yang digunakan untuk pengecoran adalah logam paduan aluminium dengan silikon (Al-Si).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan proses pengecoran, bahan yang akan digunakan telah diuji dengan menggunakan uji XRF. dimana hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

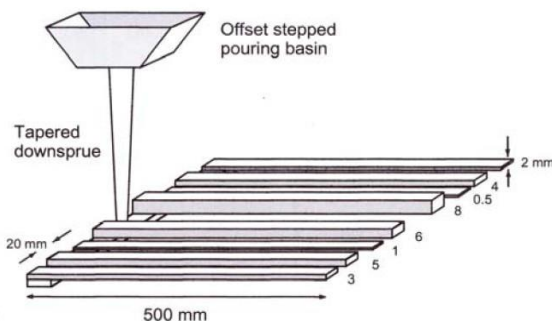
Tabel 1 Komposisi unsur yang terdapat pada sampel piston bekas, lumpur Porong Sidoarjo (Lapindo), dan pasir Malang menggunakan XRF

No	Element	Concentration Unit (%)		
		Piston Bekas	Lumpur Porong Sidoarjo (Lapindo)	Pasir Malang
1	Al	59.7	9.4	8.3
2	Si	15.0	27.7	19.7
3	S	-	1.3	-
4	K	-	3.67	1.79
5	Ca	2.47	7.61	16.4
6	Ti	0.26	2.31	2.32
7	V	0.072	0.12	0.13
8	Cr	0.21	0.14	0.093

No	Element	Concentration Unit (%)		
		Piston Bekas	Lumpur Porong Sidoarjo (Lapindo)	Pasir Malang
9	Mn	0.26	0.59	1.1
10	Fe	3.41	42.4	44
11	Ni	8.36	1.84	1.27
12	Cu	8.69	0.31	0.68
13	Zn	-	0.16	2.38
14	Sr	-	1.4	0.84
15	Eu	-	0.4	0.5
16	Br	-	0.42	1.79
17	Re	-	0.2	16.4
18	P	1.5	-	0.6

Hasil Uji Fluiditas

Fluiditas merupakan kemampuan logam cair untuk mengalir di dalam cetakan. Pola yang digunakan mengikuti prinsip Birmingham yang menggunakan pelat-pelat dengan ketebalan berbeda. Prinsip ini menitik beratkan pada pengukuran panjang dalam penilaian terhadap fluiditas benda cor



Gambar 1 Metode Pengujian Fluiditas Birmingham

Uji fluiditas dilakukan dengan melihat ukuran yang diperoleh dari hasil akhir logam coran.

Saluran Langsung

Tabel 2 berikut adalah ukuran hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur Porong Sidoarjo (Lapindo) 15%, pasir 80%, air 5% dengan menggunakan saluran langsung.

Tabel 2 Ukuran Benda Hasil Coran Menggunakan Saluran Langsung

No	Panjang Pola	Ukuran Benda Hasil Coran		
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	3 mm	199.8	20.1	3.5
2	5 mm	200.1	19.3	5.6
3	2 mm	90.0	19.8	2.1
4	8 mm	198.2	20.0	8.2

Saluran Samping

Tabel 3 berikut adalah ukuran hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur Porong Sidoarjo (Lapindo) 15%, pasir 80%, air 5% dengan menggunakan saluran samping.

Tabel 3 Ukuran Benda Hasil Coran Menggunakan Saluran Samping

No	Panjang Pola	Ukuran Benda Hasil Coran		
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	3 mm	198.2	20.3	3.3
2	5 mm	200.1	20.1	5.8
3	2 mm	200.2	21.1	2.7
4	8 mm	199.4	21.0	8.9

Saluran Bawah

Tabel 4 berikut adalah ukuran hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur Porong Sidoarjo (Lapindo) 15%, pasir 80%, air 5% dengan menggunakan saluran bawah.

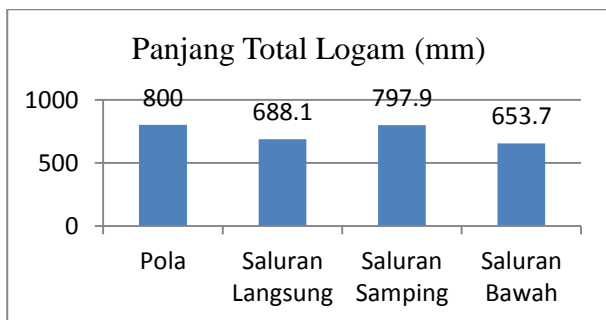
Tabel 4 Ukuran Benda Hasil Coran Menggunakan Saluran Bawah

No	Panjang Pola	Ukuran Benda Hasil Coran		
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	3 mm	178.0	20.5	3.2
2	5 mm	201.1	19.9	5.1
3	2 mm	76.2	19.9	2.2
4	8 mm	198.4	20.4	8.6

Berdasarkan tabel-tabel yang menunjukkan ukuran benda hasil coran di atas dapat dibuatkan tabel perbandingan ukuran total benda hasil coran sebagai berikut.

Tabel 5 Perbandingan Ukuran Total Benda Hasil Coran

	Pola	Saluran Langsung	Saluran Samping	Saluran Bawah
Panjang Total (mm)	800	688.1	797.9	653.7
Lebar Total (mm)	80	79.2	82.5	80.7
Tebal Total (mm)	18	19.4	20.7	19.1



Gambar 2 Diagram Batang Perbandingan Panjang Total Logam Cor

Berdasarkan hasil pengujian fluiditas yang telah dijelaskan diatas tabel 5 dapat diketahui perbandingan panjang total yang dimiliki oleh masing-masing spesimen. Spesimen yang mampu mengalir paling

panjang adalah saluran langsung yaitu mencapai 797,9 mm. Spesimen mampu mengalirnya paling rendah adalah saluran bawah yaitu 653,7. Sedangkan untuk saluran langsung memiliki kemampuan mengalirnya yaitu 688,1. Spesimen yang mampu mengalirnya rendah dikarenakan cacat yang terjadi pada spesimen. Cacat yang menyebabkan spesimen tidak mampu mencapai ukuran yang seharusnya adalah cacat sumbat dingin/salah alir yang terjadi akibat logam cair yang tidak mampu mengisi rongga cetak secara penuh. Selain itu penyebab lainnya adalah coran terlalu tipis, temperatur penuangan terlalu rendah, kecepatan penuangan terlalu lambat (Sulardjaka,2010).

Cacat Coran Logam

Pemeriksaan kualitas hasil cor dapat dilakukan melalui berbagai cara, salah satunya melalui pemeriksaan rupa yang dilakukan dengan penglihatan. Dalam pemeriksaan ini yang diteliti adalah berbagai macam cacat yang dapat terlihat pada permukaan benda hasil cor.



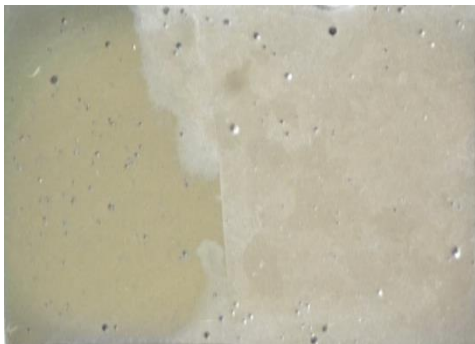
Gambar 3 Hasil Pengecoran Logam

Dari pemeriksaan rupa pada masing-masing spesimen menunjukkan bahwa cacat

yang muncul di penelitian ini adalah cacat rongga udara, cacat lubang jarum, cacat penyusutan, cacat cetakan rontok, cacat salah alir dan sumbat dingin, cacat inklusi pasir dan cacat kekasaran erosi. Spesimen dengan saluran samping merupakan yang paling baik karena jumlah cacat yang terlihat merupakan yang paling sedikit yaitu tidak adanya cacat sumbat dingin atau salah alir.

Foto Makro

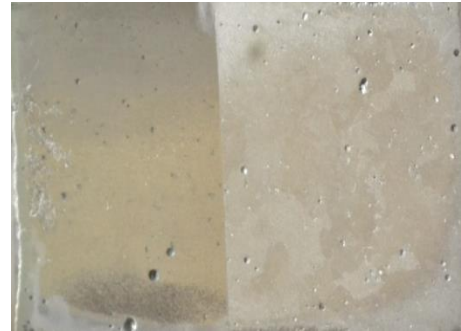
Foto makro dilakukan dengan menggunakan kamera Canon EOS 550D yang dimiliki oleh laboratorium Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Foto makro digunakan untuk melihat penyebaran cacat yang terjadi di permukaan benda cor. Benda yang di uji yaitu 20 mm².



Gambar 4 Foto Makro Benda Cor dengan Saluran Langsung

Gambar 4 menunjukkan hasil foto makro dari benda cor dengan saluran langsung. Pada gambar nampak cacat lubang jarum yang terlihat dan tersebar di bagian permukaan spesimen. Ukuran cacat pun terlihat hampir sama bila dibandingkan antara satu dengan yang lainnya. dan juga nampak terdapat butir terbuka yang ukurannya lebih kecil dari lubang jarum. Cacat lubang jarum yang terjadi pada spesimen cor dengan saluran langsung memiliki cacat lubang

jarum dengan jumlah ± 11 buah dan tersebar hampir diseluruh permukaan spesimen cor. Untuk cacat struktur butir terbuka jumlahnya ± 36 buah.



Gambar 5 Foto Makro Benda Cor dengan Saluran Samping

Gambar 5 menunjukkan hasil foto makro dari benda cor dengan saluran samping. Pada gambar ini bisa dikatakan hampir sama seperti benda dengan sistem saluran langsung, dimana nampak cacat lubang jarum yang terlihat dan jumlahnya pun lebih banyak dari saluran langsung. dan juga terdapat butir terbuka. Spesimen cor yang menggunakan saluran samping memiliki cacat lubang jarum dengan jumlah ± 9 buah dan tersebar hampir diseluruh permukaan spesimen cor. Untuk cacat struktur butir terbuka jumlahnya ± 31 buah.



Gambar 6 Foto Makro Benda Cor dengan Saluran Bawah

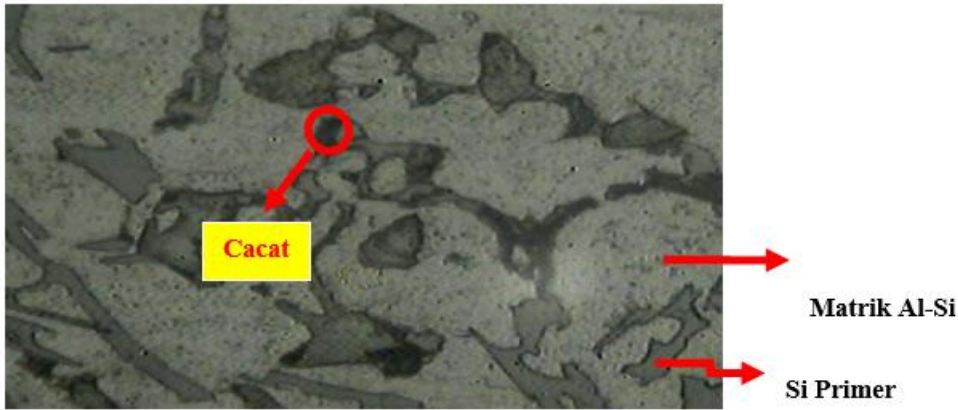
Benda cor yang ditunjukkan pada gambar 6 di atas memiliki cacat lubang jarum yang paling banyak bila dibandingkan dengan spesimen lainnya. Selain itu

penyebarannya pun hampir merata, akan tetapi cacat struktur butir terbuka mulai berkurang dari spesimen benda cor lainnya. Spesimen cor yang menggunakan saluran bawah memiliki cacat lubang jarum dengan jumlah ± 13 buah dan tersebar hampir diseluruh permukaan spesimen cor. Untuk

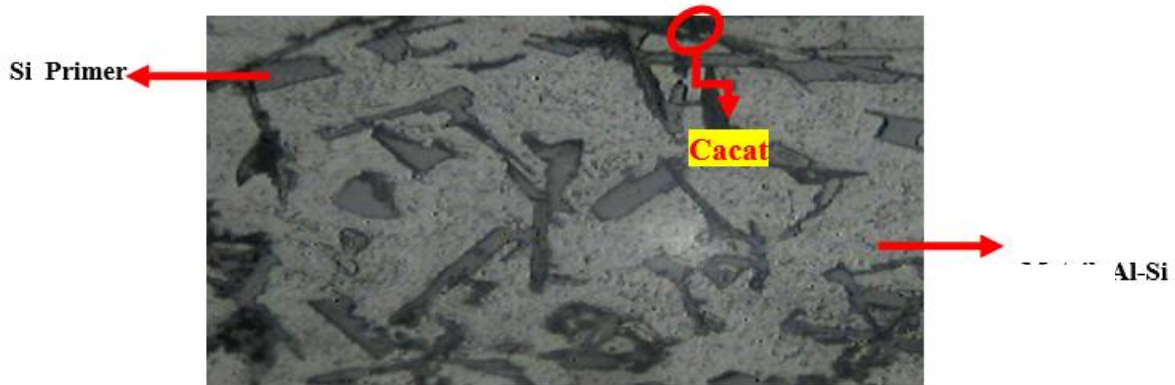
cacat struktur butir terbuka jumlahnya ± 54 buah.

Foto Mikro

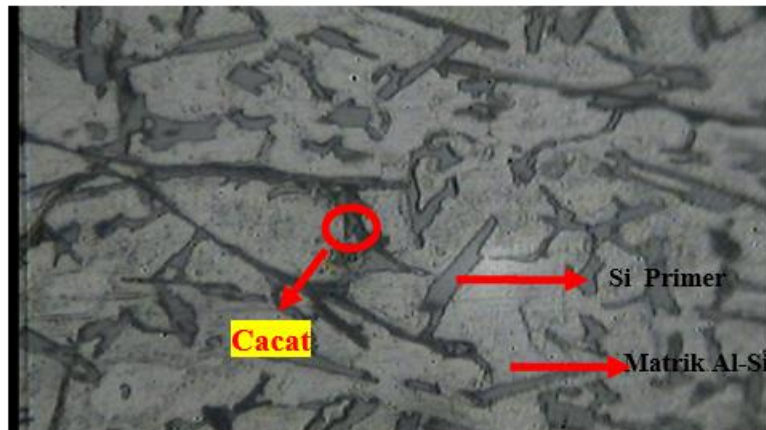
Foto mikro dilakukan dengan menggunakan perbesaran 400x di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Brawijaya.



Gambar 7 Foto Mikro Benda Cor dengan Saluran Langsung



Gambar 8 Foto Mikro Benda Cor dengan Saluran Samping



Gambar 9 Foto Mikro Benda Cor dengan Saluran Bawah

Gambar 7 memperlihatkan cacat cor pada saluran langsung. Cacat yang nampak pada gambar memiliki ukuran yang cukup besar dan luas. Cacat cor pada gambar ditunjukkan dengan lingkaran berwarna merah.

Sedangkan pada gambar 8 memperlihatkan cacat cor pada saluran samping, dimana ukuran cacat relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan saluran langsung.

Kemudian untuk gambar 9 menunjukkan bahwa cacat cor pada saluran bawah memiliki ukuran yang paling kecil bila dibandingkan dengan varian lainnya. Selain itu jumlah cacat yang terlihat pun lebih banyak bila dibandingkan dengan varian lainnya pada skala pembesaran yang sama. Sedangkan untuk matrik Al-Si ditunjukkan oleh gambar berwarna putih dan untuk Si primer berwarna keabu-abuan.

Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekerasan benda hasil cor logam. Alat yang digunakan dalam uji kekerasan adalah *Microvikers Hardness Tester*. Skala yang digunakan adalah HV (*Hardness Vikers*) dengan penetrasi berbentuk piramid. Uji kekerasan dilakukan di 3 titik yang berbeda pada permukaan setiap spesimen.

Berikut hasil uji kekerasan pada masing-masing spesimen.

Saluran Langsung

Berikut ini adalah kekerasan hasil pengecoran logam dengan saluran langsung dan menggunakan komposisi lumpur Porong Sodoarjo (Lapindo) 15%, pasir 80%, dan air 5%.

Tabel 6 Hasil Uji Kekerasan (Saluran Langsung)

No	Ketebalan (mm)	Penitikan			Rata-rata (HV)
		1	2	3	
1	3	125.6	126.0	120.4	124
2	5	106.4	108.7	98.28	104.46
3	8	89.87	96.31	90.82	92.33

Saluran Samping

Berikut ini adalah kekerasan hasil pengecoran logam dengan saluran samping dan menggunakan komposisi lumpur Porong Sodoarjo (Lapindo) 15%, pasir 80%, dan air 5%.

Tabel 7 Hasil Uji Kekerasan (Saluran Samping)

No	Ketebalan (mm)	Penitikan			Rata-rata (HV)
		1	2	3	
1	3	109.7	107.4	100.3	105.8
2	5	104.9	115.6	105.8	108.7
3	8	125.6	128.0	138.3	130.6

Saluran Bawah

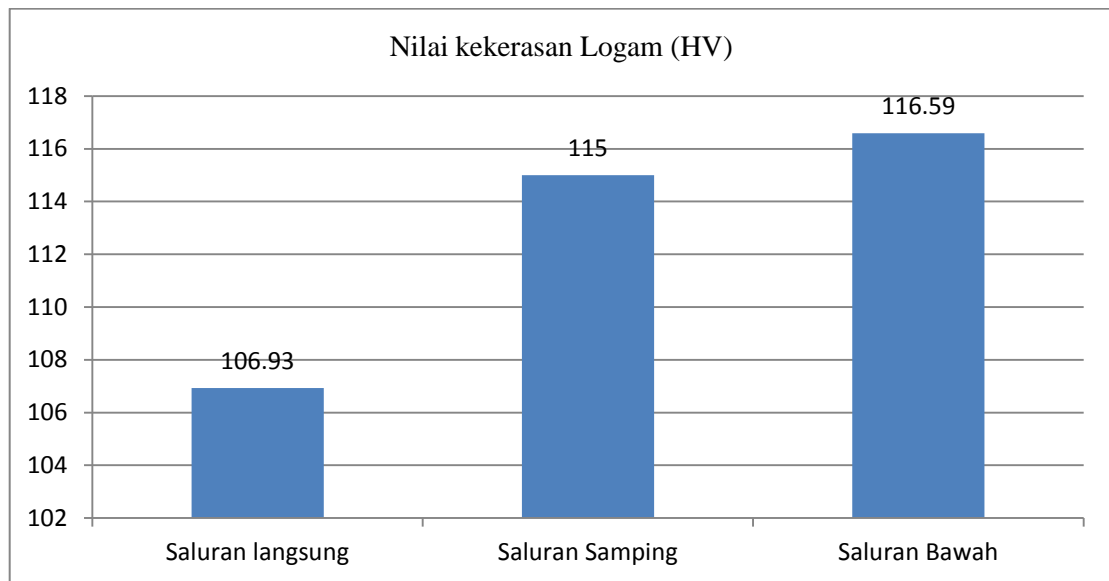
Berikut ini adalah kekerasan hasil pengecoran logam dengan saluran bawah dan menggunakan komposisi lumpur Porong Sodoarjo (Lapindo) 15%, pasir 80%, dan air 5%.

Tabel 8 Hasil Uji Kekerasan (Saluran Bawah)

No	Ketebalan (mm)	Penitikan			Rata-rata (HV)
		1	2	3	
1	3	125.6	131.0	125.2	127.3
2	5	115.6	124.7	103.6	114.6
3	8	115.9	112.1	94.71	107.57

Tabel 9 Rata-Rata Hasil Uji Kekerasan (Lumpur Lapindo)

No	Jenis Saluran	Nilai Kekerasan (HV)
1	Saluran Langsung	106.93
2	Saluran Samping	115.0
3	Saluran Bawah	116.49



Gambar 10 Diagram Batang Nilai Kekerasan Logam Cor

Berdasarkan Tabel 9 mengenai pengujian kekerasan terhadap benda hasil coran diketahui bahwa nilai kekerasan yang dimiliki setiap model saluran berbeda-beda. Data yang diperoleh dari pengujian kekerasan memiliki nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terletak pada saluran bawah yaitu sebesar 116,59 HV. Untuk kekerasan terendah adalah pada saluran atas sebesar 106,93 HV. Sedangkan untuk saluran samping adalah 115 HV

Berdasarkan hasil penelitian diatas yang mempengaruhi kekerasan tertinggi adalah laju pengaliran cor, pada saluran bawah hasil coran paling tinggi karena pada saluran ini aliran mempunyai gaya tekan yang tinggi dari atas menuju ke bawah dan mengalir ke atas lagi.

Selain itu laju pembekuan juga berpengaruh terhadap kekerasannya Jadi semakin lama laju pembekuannya semakin rendah kekerasannya dan sebaliknya semakin cepat laju pembekuannya semakin keras hasil coran (Roziqin,2012).

Dan dari data di atas ada juga hubungan antara struktur mikro dan

kekerasan maka dapat disimpulkan bahwa dapat ditunjukkan pada gambar 7—9 yaitu matrik Al-Si memiliki ukuran lebih kecil sehingga yang tampak dominan pada struktur mikro yaitu Si primer, dan dapat disimpulkan bahwa Si primer sangat mempengaruhi nilai hasil kekerasan. Jadi semakin kecil matrik Al-Si maka semakin keras kekerasannya.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil uji fluiditas, spesimen coran yang menggunakan saluran samping memiliki fluiditas yang paling baik. Hal ini disebabkan oleh ukuran total yang dimiliki oleh saluran samping yang paling mendekati ukuran total yang dimiliki oleh pola. Ukuran yang dimiliki oleh saluran samping meliputi panjang total 797.9 mm, lebar total 82.5 mm dan tebal total 20.7 mm. Sedangkan yang

paling buruk adalah saluran bawah dengan memiliki ukuran panjang total 653.7 mm, lebar total 80.7 mm dan tebal total 19.1 mm. (2) Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian kekerasan menunjukkan bahwa saluran bawah memiliki nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi jika dibandingkan dengan saluran langsung dan samping. Nilai kekerasan untuk saluran bawah adalah 116.59 HV. Sedangkan untuk kekerasan yang rendah adalah saluran langsung yaitu sebesar 106.93 HV. (3) Berdasarkan data yang diperoleh dari pemeriksaan rupa pada masing-masing spesimen menunjukkan bahwa cacat yang muncul di penelitian ini adalah cacat rongga udara, cacat lubang jarum, cacat penyusutan, cacat cetakan rontok, cacat salah alir dan sumbat dingin, cacat inklusi pasir dan cacat kekasaran erosi. Model saluran samping merupakan model yang paling baik karena jumlah cacat yang terlihat merupakan yang paling sedikit jika dibandingkan dengan spesimen lainnya.

Adapun data yang diperoleh dari foto makro menunjukkan bahwa spesimen cor yang menggunakan saluran samping memiliki ukuran cacat lubang jarum yang paling kecil berjumlah ± 9 buah dan cacat struktur butir terbuka ± 31 buah, Berdasarkan hal tersebut penggunaan saluran samping merupakan yang paling baik karena memiliki cacat lubang jarum yang sedikit dan

cacat struktur butir terbuka yang sedikit sehingga permukaannya nampak lebih baik dari pada spesimen lainnya.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, maka saran-saran yang diberikan untuk meminimalisasi kerusakan pada hasil pengecoran logam aluminium adalah sebagai berikut: (1) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh model saluran lainnya pada hasil cor. (2) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut jika saluran masuknya di tambah lebih dari satu. (3) Perlu diadakan penelitian perbedaan temperatur, dalam penelitian ini tempertur yang digunakan adalah 700 °C. (4) Perlu diperhatikan kelembaban suhu ruang terhadap pasir cetak. (5) Perlu diadakan pengujian lain seperti pengujian *impact* dan pengujian tarik untuk melengkapi hasil penelitian ini. (6) Bagi praktisi dunia usaha kecil menengah yang lebih mengutamakan nilai estetika dari pada sifat fisik maupun mekanik hasil cor, penggunaan saluran samping lebih dianjurkan untuk memperoleh hasil coran yang lebih baik dalam mengisi rongga cetak dengan hasil kekerasan yang cukup baik. Bila ingin mendapatkan kekerasan yang tinggi maka dapat menggunakan saluran bawah akan tetapi saluran ini kurang baik untuk ukuran fluiditasnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Broto, Opi Wisnu. 2014. *Pengaruh penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Pengikat pada Pasir Cetak terhadap Kualitas dan Fluiditas Hasil Pengecoran Logam Al-Si*. Skripsi tidak di terbitkan: Universitas Negeri Malang.
- Rozikin, K. 2012. *Pengaruh Model Sistem Saluran Pada Proses Pengecoran Alumunium Daur Ulang Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Coran Pulli Diameter 76 mm Dengan Cetakan Pasir*. Jurnal tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Wahid Hasyim.

- Sularjaka. 2010. *Analisis Cacat Cor Pada Proses Pengecoran Burner Kompor (Studi Kasus Di PT. Suyuti Sido Maju, Ceper)*. Jurnal tidak diterbitkan: Universitas Diponegoro.
- Surdia, Tata. 1982. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Universitas Negeri Malang. 2010. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Edisi Kelima*. Malang: Universitas Negeri Malang.