

KAJIAN LETAK SALURAN MASUK (INGATE) TERHADAP CACAT POROSITAS, KEKERASAN, DAN UKURAN BUTIR PADUAN ALUMINIUM PADA PENGECORAN MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR

Bambang Kusharjanta¹, Dody Ariawan¹, Murjoko²

¹Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

Sand casting
Ingate
Porosity
Hardness
Grain size
Aluminum alloy

Abstract :

This study aims to determine the effects of ingate position to porosity defect, hardness, and grain size of aluminum alloys in casting by using sand molds. The raw material of this study is aluminum alloy. This research will be assessed position of ingate in top and bottom. Porosity testing is conducted by comparing the real density to the apparent density. Grain size testing is conducted by using image analysis software with perimeter approach. And hardness testing is conducted by using microvickers hardness test in accordance with ASTM E92-82.

The results showed that the average percentage of the highest porosity found in the position of the ingate in top 10.34% while in bottom just 8.16%. Hardness increases as the percentage decrease in porosity defects that occur. The position of ingate in top has a hardness 94.06 HV while in bottom 102.1 HV. The average perimeter of grain size of position ingate in top 25.39 μm while in bottom 22.77 μm . The greater the percentage of porosity and the grain size, the lower hardness values of these metals.

PENDAHULUAN

Dewasa ini industri pengecoran logam berkembang pesat seiring dengan berkembangnya teknik dan metode pengecoran serta produk cor yang membanjiri pasar. Produk cor tersebut antara lain perabot rumah tangga, komponen otomotif, pompa air, dan propeler kapal (Hidayat, 2010).

Jenis logam yang banyak digunakan untuk pembuatan produk cor adalah aluminium. Aluminium murni mempunyai sifat mampu cor dan sifat mekanik yang jelek. Oleh karena itu dipergunakan paduan aluminium karena sifat-sifat mekaniknya dapat diperbaiki dengan menambahkan tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya (Surdia, 2000).

Seiring berkembangnya dunia otomotif khususnya sepeda motor, kebutuhan terhadap produk cor pun juga meningkat, hal ini tidak diimbangi dengan peningkatan kualitas produk cor yang dihasilkan sehingga banyak kita jumpai produk dengan kualitas yang rendah yakni banyaknya cacat pengecoran yang timbul pada produk cor khususnya pengecoran pasir. Salah satunya yaitu cacat porositas. Porositas adalah suatu cacat (*void*) pada produk cor yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan adalah gas hidrogen (Tjitro, 2003).

Cacat coran tersebut dipengaruhi oleh banyak hal salah satunya adalah desain sistem saluran yang kurang baik. Sistem saluran pada cetakan pasir meliputi cawan tuang, saluran turun (*sprue*), dam atau waduk, saluran pengalir (*runner*), saluran

penambah (*riser*), dan saluran masuk (*ingate*). Penelitian ini akan mendalami tentang letak saluran masuk (*ingate*). Saluran masuk memiliki peranan penting karena merupakan saluran dimana logam cair akan masuk ke rongga cetakan. Dengan mempertimbangkan letak saluran masuk diharapkan akan mengurangi resiko terjadinya cacat yang sering timbul pada *sand casting*.

Tjitro (2001) melakukan penelitian tentang pengaruh bentuk *riser* terhadap cacat penyusutan produk cor aluminium cetakan pasir. Penelitian ini menggunakan 3 variasi yaitu variasi *riser* I berbentuk silinder dengan diameter 10 mm dan tinggi 60 mm. Variasi *riser* II berbentuk kerucut terpancung dengan diameter 10 mm dan 25 mm serta tingginya 60 mm. *Riser* III berbentuk kerucut terpancung pula dengan diameter 10 mm dan 100 mm dimana tingginya 60 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *riser* III menghasilkan coran tanpa cacat penyusutan. Sedangkan variasi *riser* I dan II terjadi cacat penyusutan akibat tidak berfungsinya *riser* dengan baik. Ini dapat disimpulkan bahwa cacat penyusutan (*shrinkage defect*) dipengaruhi oleh nilai *casting modulus*. Selain itu, diameter leher *riser* harus memiliki batas minimal untuk menghindari tidak berfungsinya *riser*.

Tjitro dan Gunawan (2003) melakukan penelitian tentang pengaruh bentuk penampang *riser* terhadap cacat porositas. Bentuk penampang *riser* yang digunakan yaitu bulat dan segi empat. Dari hasil penelitian menggunakan pemeriksaan mikrofografi menunjukkan bahwa bentuk penampang

riser mempunyai pengaruh terhadap timbulnya cacat porositas. Timbulnya cacat penyusutan dapat diawali dengan terbentuknya cacat porositas. Persentase cacat porositas produk coran dengan penampang *riser* segi empat lebih besar dibandingkan penampang *riser* bulat.

Shahmiri dan Kharrazi (2007) melakukan penelitian tentang pengaruh sistem saluran pada proses LFM (*Lost Foam Casting*) paduan aluminium silikon A.413.0. Variasi penelitian yaitu *top gating system*, *side gating system*, dan *bottom gating system* dengan jumlah *runner* yang berbeda tiap variasi yaitu dengan satu *runner* dan dua *runner*. Sistem saluran meliputi pola direkatkan satu sama lain menggunakan lem busa khusus dan dilapisi dengan larutan grafit dengan ketebalan 0,5 mm selanjutnya setelah kering pola diletakkan pada *flask* baja dan digetarkan (frekuensi 30-80 Hz, Amplitudo 0,2 mm konstan) bersamaan ketika memasukkan pasir silika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *bottom gating system* baik dengan satu *runner* maupun dua *runner* menghasilkan coran dengan cacat yang lebih sedikit daripada *top gating system* dan *side gating system*. Dapat disimpulkan bahwa letak *runner* berpengaruh terhadap pembentukan cacat coran.

Sun, dkk (2008) mengatakan dalam penelitiannya tentang desain sistem saluran untuk pengecoran paduan magnesium. Parameter sistem saluran yang divariasikan yaitu tinggi saluran masuk, lebar saluran masuk, tinggi pengalir, dan lebar pengalir dengan dua jenis paduan magnesium yaitu AM50 dan AM60B. Penelitian ini menggunakan dua pengujian yaitu pengujian komputasi yang disimulasikan menggunakan MAGMASoft untuk melihat proses pengisian cetakan dan proses pembekuannya serta *Mean multiresponse S/N ratios* dengan kombinasi berbeda pada *weighting factors*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas hasil coran seperti *product yield*, *shrinkage porosity*, dan *filling velocity* dapat disimulasikan, desain yang optimal dipengaruhi oleh *weighting factors* dan dari ketiga variasi yang dilakukan didapat desain *runner* yang optimal yaitu pada tinggi *runner* 40 mm dan lebar *runner* 55 mm. Ini menunjukkan bahwa *runner* dengan lebar yang rendah efektif menurunkan kecepatan logam cair yang masuk ke saluran masuk sehingga dapat menurunkan turbulensi aliran.

Dobrzanski, dkk (2009) melakukan penelitian tentang penentuan cacat porositas menggunakan *software image pro* pada serbuk Astaloy CrL dan CrM yang dipanaskan. Serbuk Astaloy CrL dan CrM dipanaskan dengan suhu 1120 °C selama 30 menit. Variasi pada penelitian ini yaitu perbedaan laju pendinginan dalam nitrogen dengan empat tingkatan yaitu pendinginan cepat (7 °C/s dan 6,5 °C/s), pendinginan medium (1,6 °C/s), dan pendinginan lambat (0,3 °C/s) kemudian dilakukan penemperan pada suhu 200 °C selama 60 menit dan didinginkan dalam nitrogen kecuali pendinginan lambat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata pori terbesar

ditemukan pada Astaloy CrL dengan pendinginan lambat (0,3 °C/s). Secara keseluruhan rata-rata pori pada Astaloy CrL lebih besar dibandingkan rata-rata pori pada Astaloy CrM.

Flores, dkk (2010) melakukan penelitian tentang penggunaan PCR (*pressure control risering*) pada proses pengecoran besi ulet (*ductile iron*) dengan cetakan pasir. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan mengontrol sistem saluran menggunakan PCR (*pressure control risering*) didapatkan besi ulet yang bebas dari cacat.

Hidayat dan Slamet (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh model saluran tuang pada cetakan pasir terhadap hasil cetakan dengan menggunakan variasi cawan tuang (*basin*) yaitu *offset basin* dan *stepped offset basin*. Hasil dari penelitian yang menggunakan pemeriksaan mikrofografi menunjukkan bahwa menggunakan cawan tuang *offset basin* maupun *offset stepped basin* dapat menghasilkan coran dengan cacat porositas kecil dibandingkan tanpa menggunakan cawan tuang.

Pengecoran logam merupakan proses yang melibatkan pencairan logam, membuat cetakan, menuang, membongkar dan membersihkan logam (Surdia, 2000). Sistem saluran adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituangkan ke dalam rongga cetakan yang meliputi cawan tuang (*basin*), saluran turun (*sprue*), saluran pengalir (*runner*), saluran masuk (*ingate*), saluran penambah (*riser*).

Di dalam sistem saluran terjadi pola aliran turbulen yang berpengaruh terhadap terjadinya porositas produk coran. Turbulensi aliran di dalam saluran tidak mungkin dapat dihilangkan tetapi dapat dikurangi. Turbulensi aliran tersebut dapat diperhitungkan dari bilangan *Reynold* dengan rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu} \quad (1)$$

dimana :

Re = Angka *Reynold*

V = kecepatan aliran (m/s)

d = diameter *duct* (m)

ρ = densitas cairan (kg/m³)

μ = viskositas dinamik cairan (kg/m.s)

Re < 2000 aliran streamline

Re > 2000 mulai turbulen

Laju dan tekanan aliran logam pada sistem saluran dicari dengan persamaan kontinuitas aliran dan teorema Bernoulli (Gupta, 1989):

Hukum Kontinuitas

$$Q = A_1v_1 = A_2v_2 \quad (2)$$

dimana :

Q = volume laju aliran (m³/s)

A = daerah *cross-sectional* lintasan aliran (m²)

v = kecepatan linear aliran (m/s)

Teorema Bernoulli

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + \frac{p_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + \frac{p_2}{\rho} \quad (3)$$

v = kecepatan linear aliran (m/s)

h = tinggi (m)

ρ = densitas (kg/m³)

P = tekanan fluida (kg.m²)

Porositas adalah suatu cacat atau *void* pada produk cor yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan paduan aluminium adalah gas hidrogen. Gas hidrogen ini dapat terbentuk karena logam cair saat proses pengecoran dimulai, dapat beroksidasi dengan gas karbon monoksida dan karbon dioksida. Porositas oleh gas hidrogen dalam benda cetak paduan aluminium silikon akan memberikan pengaruh yang buruk pada kekuatan serta kesempurnaan dari benda tuang tersebut.

Cacat produk cor dapat dikategorikan atas *major defect* dan *minor defect*. *Major difect* yaitu cacat produk cor yang tidak dapat diperbaiki, sedangkan *minor defect* adalah cacat yang masih dapat diperbaiki dengan perbaikan ekonomis. Cacat porositas termasuk dalam *major defect*.

Penyebab utama timbulnya cacat porositas pada proses pengecoran adalah temperatur penuangan yang tinggi, gas yang terserap dalam logam cair selama proses penuangan, cetakan yang kurang kering, reaksi antara logam induk dengan uap air dari cetakan, kelarutan hidrogen yang tinggi, permeabilitas pasir yang kurang bagus. Untuk menentukan persentase porositas, terlebih dahulu menentukan *true density* dan *apparent density*. Berdasarkan data *true density* dan *apparent density* maka besarnya porositas secara kuantitatif dapat dihitung sebagai berikut :

$$\%P = \left\{ \frac{\rho_0 - \rho_s}{\rho_0} \right\} \quad (4)$$

di mana

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

ρ_s : *apparent density* (gr/cm³)

ρ_0 : *true density* (gr/cm³)

Kekerasan merupakan sifat bahan yang menunjukkan ketahanan bahan terhadap deformasi plastis. Uji kekerasan *Vickers* menggunakan indenter piramida intan dengan besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136°. Angka kekerasan *Vickers* sebuah material didefinisikan sebagai beban yang diterapkan dibagi luas permukaan lekukan.

$$VHN = 2F \frac{\sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} \quad (5)$$

Dimana:

F = beban yang diterapkan (gf)

d = rata-rata diagonal bekas penekanan (µm)

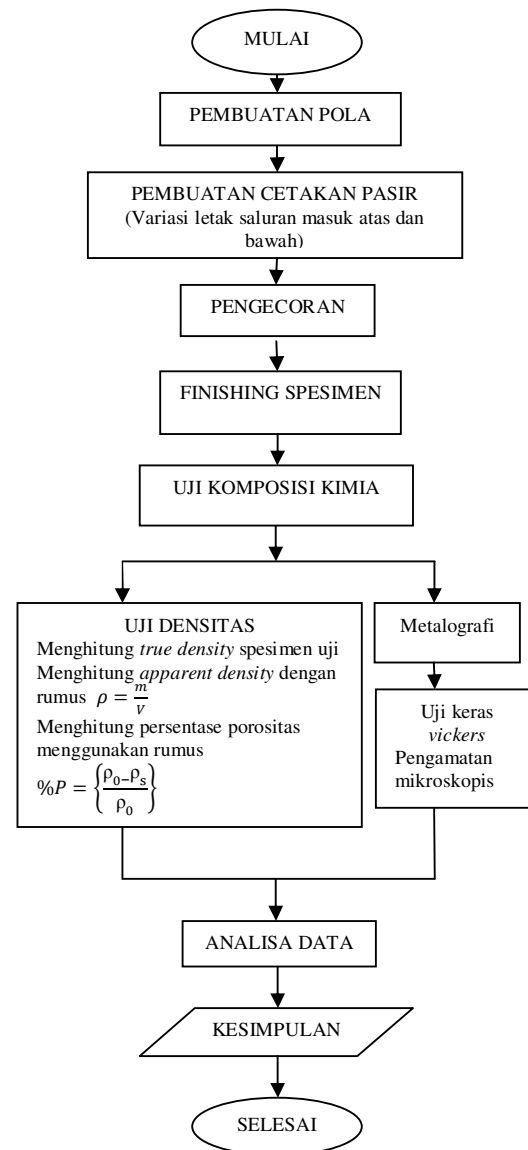
METODOLOGI PENELITIAN.

Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu paduan aluminium yang berasal dari piston bekas, pasir cetak terdiri dari campuran pasir silika 80% (ukuran butir 60-80 *mesh*), bentonit 10%, dan air 10% (persen berat) dan kayu

Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timbangan, cethok pasir, penumbuk, ayakan 60-80 *mesh*, dapur peleburan, arang, briket, spiritus, *blower*, kowi, *ladle*, termokopel tipe-K, *thermocouple Reader*, timbangan digital, gelas ukur, gergaji, amplas, *autosol*, larutan etsa HF 40% dan air dengan perbandingan 1 : 5, *Microvickers Hardness Tester*, mikroskop optik, dan PC yang dilengkapi *software image analysis*.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

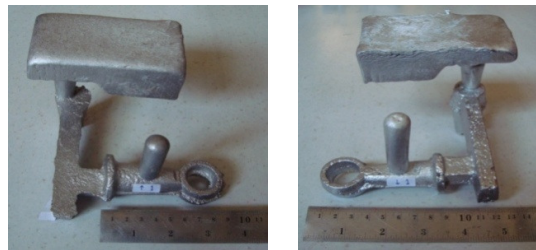
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil uji komposisi kimia yang dilakukan di Laboratorium Logam POLMAN Ceper, dapat diketahui bahwa sampel uji termasuk paduan Al-Si

hypoeutectic dengan kadar Si sebesar 5,67%. Dengan komposisi kimia yang terlampir pada tabel 1.

Tabel 1. Data hasil uji komposisi kimia

Unsur	Komposisi (% wt)
Al	88,88
Si	5,67
Fe	1,18
Cu	1,00
Mn	0,285
Mg	0,410
Cr	0,0547
Ni	0,467
Zn	1,81
Sn	<0,0500
Ti	0,0301
Pb	0,129
Be	<0,0001
Ca	0,0156
Sr	<0,0005
V	0,0137
Zr	0,0169



(a) (b)

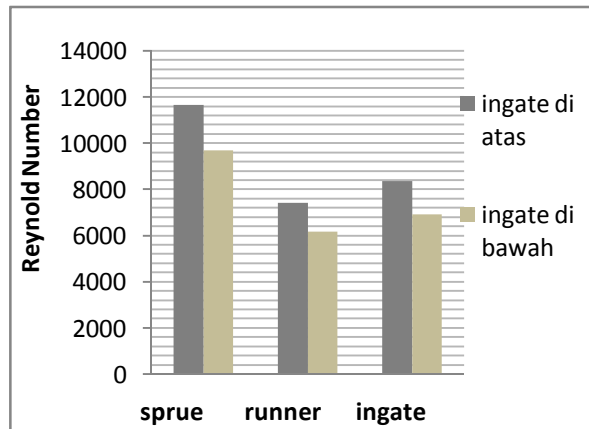
Gambar 2. Coran beserta sistem salurannya (a.Letak saluran masuk di atas, b. Letak saluran masuk di bawah)

Dengan menggunakan persamaan (1) dimana $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$ untuk $\mu = 0,02 \text{ g/cm.detik}$ untuk paduan aluminium silikon (Kaptay, 2001), dan d

adalah diameter penampang saluran didapatkan *reynold number* pada saluran turun, saluran pengalir, dan saluran masuk seperti pada tabel berikut.

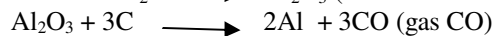
Tabel 2. Data laju aliran dan Reynold Number hasil perhitungan

Variasi	Spesi men	ESH (cm)	V ingate (cm/s)	V sprue (cm/s)	V runner (cm/s)	Reynold Number		
						sprue	runner	ingate
Ingate di atas	1	6,44	39,33	52,29	35,42	$11,01 \times 10^3$	$7,36 \times 10^3$	$8,23 \times 10^3$
	2	6,58	39,77	62,97	38,29	$12,41 \times 10^3$	$7,75 \times 10^3$	$8,48 \times 10^3$
	3	6,67	40,02	58,72	36,11	$11,65 \times 10^3$	$7,36 \times 10^3$	$8,27 \times 10^3$
	4	6,55	39,68	52,09	34,04	$11,04 \times 10^3$	$7,21 \times 10^3$	$8,30 \times 10^3$
	5	6,39	39,19	59,71	35,70	$12,09 \times 10^3$	$7,37 \times 10^3$	$8,47 \times 10^3$
Ingate di bawah	1	4,41	32,54	45,54	28,73	$9,22 \times 10^3$	$5,97 \times 10^3$	$6,68 \times 10^3$
	2	4,42	32,59	47,82	30,40	$10,00 \times 10^3$	$6,48 \times 10^3$	$7,17 \times 10^3$
	3	4,42	32,59	49,59	29,99	$9,98 \times 10^3$	$6,24 \times 10^3$	$6,99 \times 10^3$
	4	4,53	33,00	45,95	29,53	$9,61 \times 10^3$	$6,18 \times 10^3$	$7,04 \times 10^3$
	5	4,57	33,14	48,06	29,88	$9,54 \times 10^3$	$5,97 \times 10^3$	$6,76 \times 10^3$

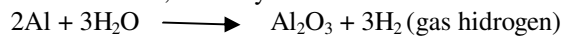


Gambar 3. Grafik Reynold Number letak saluran masuk di atas dan di bawah

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa letak saluran masuk baik di atas maupun di bawah memiliki pola aliran turbulen. Berdasarkan teori, *Reynold Number* di atas 2000 pola alirannya sudah mulai turbulen. Pola aliran turbulen akan mempercepat reaksi yang terjadi baik aluminium cair dengan udara ataupun aluminium cair dengan cetakan. Logam aluminium memiliki keelektropositifan yang cukup tinggi, sehingga ia akan dapat dengan mudah bereaksi dengan oksigen dan membentuk lapisan oksida yang tipis pada permukaannya (Sipayung, 2008) dan oksida logam tersebut akan tereduksi dengan karbon yang ada pada kotoran atau terak sehingga menghasilkan gas CO (campbell, 2003) seperti ditunjukkan di bawah ini :



Sedangkan pada cetakan pasir yang digunakan terdapat uap air karena cetakan yang digunakan cetakan pasir basah. Pada temperatur tinggi uap air ini akan bereaksi dengan aluminium ketika aluminium cair dituang ke dalam cetakan, reaksinya adalah :



Gas CO dan hidrogen yang timbul tidak sempat keluar dan akan terperangkap bersama aluminium cair, inilah yang akan menimbulkan cacat porositas pada aluminium cor. Semakin turbulen aliran logam cair semakin besar pula gas yang ditimbulkan karena reaksinya semakin cepat sehingga cacat porositas yang ditimbulkan juga semakin besar.

Persentase Porositas

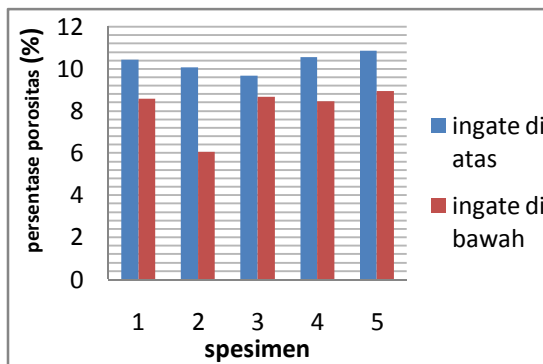
Untuk mencari besarnya persentase porositas terlebih dahulu menentukan *true density* dan *apparent density*. Besarnya *true density* didapatkan sesuai perhitungan yang mengacu pada ASTM E-252.

Tabel 3. Data perhitungan sesuai ASTM E-252

Unsur	1/densitas (m ³ /Mg)	Persentase berat	1/densitasX persentase berat
Cu	0,1116	1	0,1116
Fe	0,1271	1,18	0,1500
Si	0,4292	5,67	2,4336
Mn	0,1346	0,285	0,0384
Mg	0,5522	0,41	0,2264
Zn	0,1401	1,81	0,2536
Ni	0,1123	0,467	0,0524
Cr	0,1391	0,0547	0,0075
Ti	0,2219	0,0301	0,0067
Pb	0,0882	0,129	0,0114
V	0,1639	0,0137	0,0022
B	0,4274		0,0000
Be	0,5411	0,0001	0,0001
Zr	0,1541	0,0169	0,0026
Ga	0,1693		0,0000
Bi	0,1020		0,0000
Sn	0,1371	0,05	0,0069
Cd	0,1156		0,0000
Co	0,1130		0,0000
Li	1,8727		0,0000
	JUMLAH	11,12	3,3027
Al	0,3705	88,88	32,9300
	JUMLAH		36,2333

Tabel 4. Data uji densitas

variati	Spe	m (gr)	Vol mula2 (cm ³)	Vol akhir (cm ³)	Pertb. vol (cm ³)	App. density $\rho = \frac{m}{V}$ gr/cm ³
ingate diatas	1	86,49	500	535,00	35,00	2,47
	2	84,80	500	534,17	34,17	2,48
	3	80,99	500	532,50	32,50	2,49
	4	88,43	500	535,83	35,83	2,47
	5	81,92	500	533,30	33,30	2,46
ingate di bawah	1	81,99	500	532,50	32,50	2,52
	2	90,73	500	535,00	35,00	2,59
	3	83,92	500	533,30	33,30	2,52
	4	84,12	500	533,30	33,30	2,53
	5	81,67	500	532,50	32,50	2,51

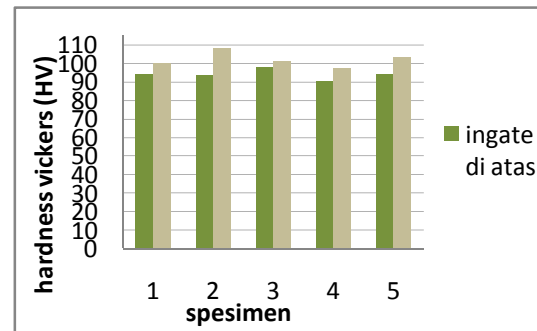


Gambar 4. Grafik perbandingan persentase porositas letak saluran masuk di atas di bawah

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa letak saluran masuk di atas persentase porositas tertinggi yaitu pada spesimen 5 sebesar 10,87% dan terendah yaitu pada spesimen 3 sebesar 9,7%. Sedangkan untuk letak saluran masuk di bawah persentase porositas tertinggi yaitu pada spesimen 5 sebesar 8,95% dan terendah yaitu pada spesimen 2 sebesar 6,07%. Rata-rata persentase porositas yang terjadi pada spesimen dengan letak saluran masuk di atas sebesar 10,34%, nilai ini lebih besar dibanding persentase rata-rata porositas yang terjadi pada spesimen dengan letak saluran masuk di bawah yang hanya sebesar 8,16%. Hal ini disebabkan pola aliran logam cair yang turbulen sehingga menyebabkan gelembung gas yang lebih banyak. Gas hidrogen yang terjebak akan menimbulkan cacat porositas. Pada letak saluran masuk di atas, cacat porositas yang timbul lebih banyak dibandingkan dengan letak saluran masuk di bawah, hal ini mungkin disebabkan pada spesimen

dengan letak saluran masuk diatas, kotoran atau terak yang menempel pada piston bekas setelah logam mencair kotoran tersebut mengapung diatas permukaan logam cair dan ikut terbawa masuk ke rongga cetakan, hal ini juga akan menyebabkan gas sulit keluar karena terhalang dan menempel pada kotoran sehingga semakin tinggi porositas yang terjadi sedangkan spesimen dengan letak saluran masuk di bawah persentase porositasnya lebih sedikit karena logam cair yang masuk ke rongga cetakan lebih bersih.

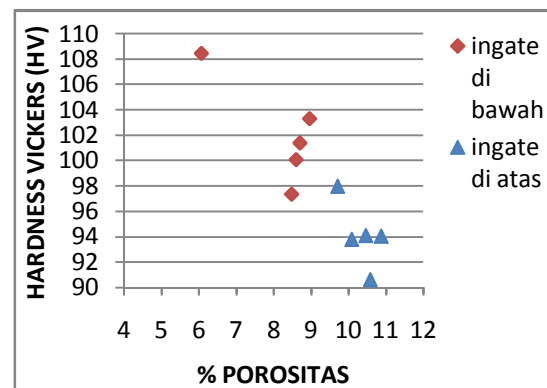
Hasil pengujian kekerasan Vickers



Gambar 5. Grafik perbandingan harga kekerasan Vickers letak saluran masuk di atas dengan di bawah

Dari grafik di atas dapat diketahui letak saluran masuk di atas mempunyai nilai kekerasan Vickers tertinggi yaitu pada spesimen 3 sebesar 97,92 HV dan terendah yaitu pada spesimen 4 sebesar 90,56 HV. Sedangkan letak saluran masuk di bawah nilai kekerasan Vickers tertinggi yaitu pada spesimen 2 sebesar 108,41 HV dan terendah yaitu pada spesimen 4 sebesar 97,36 HV. Nilai kekerasan Vickers rata-rata untuk spesimen dengan letak saluran masuk di atas sebesar 94,06 HV. Rata-rata kekerasan Vickers meningkat 7,88% pada spesimen dengan letak saluran masuk di bawah yaitu rata-ratanya sebesar 102,1 HV..

Hubungan porositas terhadap harga kekerasan

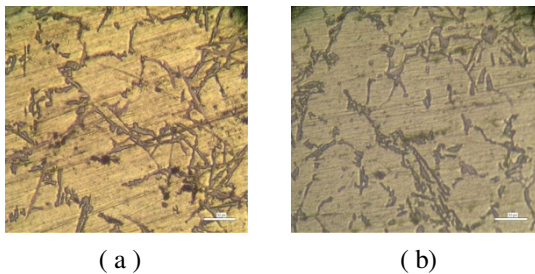


Gambar 6. Grafik hubungan porositas terhadap kekerasan Vickers

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase porositas maka semakin rendah nilai kekerasannya sebaliknya semakin sedikit porositas yang timbul maka kekerasannya pun semakin meningkat. Hal ini dinyatakan dengan nilai rata-rata persentase porositas dan kekerasan vickers dengan letak saluran masuk di atas sebesar 10,34 % dan 94,06 HV sedangkan untuk letak saluran masuk di bawah sebesar 8,16 % dan 102,1 HV.

Perbandingan rata-rata keliling ukuran butir letak saluran masuk (*ingate*) di atas dan di bawah

Dari hasil pengamatan menggunakan mikroskop optik didapatkan data yang berupa gambar struktur mikro seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 di bawah ini.

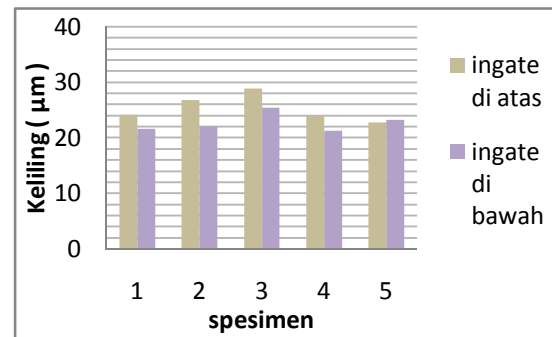


Gambar 7. Struktur mikro paduan Al-Si perbesaran 100X, di atas (a. Letak saluran masuk di atas, b. Letak saluran masuk di bawah).

Selanjutnya data yang berupa *file* gambar diolah dengan menggunakan metode yang sama seperti yang dilakukan Dobrzanski dkk, yaitu menggunakan *software image analysis* dengan pendekatan keliling untuk mengetahui ukuran butir paduan aluminium silikon. Dari hasil pengolahan data didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5. Rata-rata keliling ukuran butir

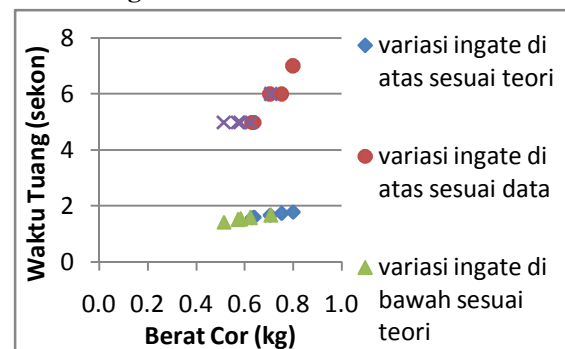
variasi	Spesimen	Daerah pengujian			rata2 tiap spes. (μm)	rata2 (μm)
		A	B	C		
<i>ingate</i> di atas	1	23,00	22,89	26,86	24,25	25,39
	2	21,95	32,45	26,24	26,88	
	3	21,81	30,15	35,00	28,99	
	4	24,73	24,09	23,12	23,98	
	5	21,15	22,04	25,43	22,87	
<i>ingate</i> di bawah	1	21,05	23,12	20,98	21,72	22,77
	2	25,06	22,09	19,22	22,12	
	3	27,84	23,04	25,70	25,53	
	4	24,98	20,54	18,31	21,28	
	5	27,07	22,35	20,27	23,23	



Gambar 8. Grafik perbandingan rata-rata keliling butir letak saluran masuk di atas dan di bawah.

Dari grafik di atas dapat diketahui letak saluran masuk di atas memiliki rata-rata kelilingr ukuran butir sebesar 25,39 μm . Sedangkan letak saluran masuk di bawah rata-rata keliling ukuran butir sebesar 22,77 μm . Dapat disimpulkan bahwa letak saluran masuk di bawah memiliki struktur butir yang lebih halus dibandingkan dengan letak saluran masuk di atas. Ukuran butir suatu material berbanding terbalik dengan nilai kekerasannya dimana semakin halus ukuran butir maka kekerasannya semakin meningkat sebaliknya semakin besar ukuran butir maka kekerasannya menurun.

Perbandingan waktu tuang sesungguhnya dengan waktu tuang teoritis



Gambar 9. Grafik Perbandingan waktu tuang sesungguhnya dengan waktu tuang teoritis.

Dari grafik di atas dapat disimpulkan waktu tuang rata-rata sesungguhnya dengan berat benda cor rata-rata 0,65 kg yaitu 5,5 detik, sedangkan melalui perhitungan didapat waktu tuang rata-rata untuk berat benda cor yang sama yaitu 1,61 detik. Waktu tuang yang sesungguhnya lebih lambat 3,89 detik dari waktu tuang teoritis, waktu tuang yang lambat dapat menyebabkan fluiditas logam cair turun selain itu kontak logam cair dengan udara juga akan semakin lama yang akan memicu reaksi oksidasi dan menimbulkan oksida logam. Hal ini juga dapat

menjadi salah satu faktor penyebab timbulnya cacat porositas dalam jumlah persentase yang besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dan analisa dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Letak saluran masuk (*ingate*) di atas memiliki rata-rata persentase cacat porositas 10,34 % sedangkan variasi letak saluran masuk di bawah sebesar 8,16 %.
2. Rata-rata kekerasan letak saluran masuk di atas sebesar 94,06 HV sedangkan letak saluran masuk di bawah sebesar 102,1 HV.
3. Ukuran butir pada letak saluran masuk di bawah lebih halus dengan rata-rata keliling butir sebesar 22,77 μm dibandingkan letak saluran masuk di bawah dengan rata-rata keliling butir sebesar 25,39 μm .

DAFTAR PUSTAKA

Annual Book ASTM Standart, 1998, USA

Dobrzanski, L.A., Musztyfaga, M., Grande, M Actis., Rosso, M. 2009. *Computer Aided Determination of Porosity in Sintered Steels*. World Academy of Materials and Manufacturing Engineering. Volume 38 Issue 2

Flores, claudio, dkk. 2010. *Applied Pressure Control Rising Of A Ductile Iron Sand Casting*. Roznov pod Radhostem, Czech Republic, EU

Gupta, R.B. 1989. *Foundry Engineering*. New Delhi : Satya Prakashan

Hidayat, T. dan Slamet, S. 2010. *Pengaruh model saluran tuang pada cetakan pasir terhadap hasil cetakan*. Mawas

Kaptay, G. 2001. *A Generalised Stability Diagram Of Production Of Metallic Foams By The Melt Route*. Department of phisical chemistry, University Of Miskolc : Hungary

Shahmiri, M and Y. H. K. Kharrazi . 2007. *The Effects Of Gating Systems On The Soundness Of Lost Foam Casting (LFC) Process Of Al-Si Alloy (A.413.0)*. Narmak, Tehran, 16844, Iran

Sipayung, Shandy Putra Pangidoan. 2008 . Fakultas Teknik Universitas Indonesia : Jakarta

Sun, Zhizhong dkk. 2008. *Gating System Design for a Magnesium Alloy Casting*. J. Mater. Sci. Technol., Vol.24 No.1

Surdia, T. 1986. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : Pradnya Paramita

Surdia, T. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta : Pradnya Paramita

Tjitro, Soejono dan Hendri Gunawan . 2003. *Pengaruh bentuk penampang riser terhadap cacat porositas*. JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 5, No. 1, April 2003: 1 – 4

Tjitro, Soejono. 2001. *Pengaruh bentuk riser terhadap cacat penyusutan produk cor aluminium cetakan pasir*. JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 3, No. 2, Oktober 2001: 41 – 46.

