

**PENGARUH JENIS PASIR CETAKAN TERHADAP PRODUK
PENGECORAN ALUMINIUM DENGAN METODE *LOST FOAM CASTING***



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Progam Studi Strata 1
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh:

DWI HARYONO

D200150206

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH JENIS PASIR CETAKAN TERHADAP PRODUK
PENGECORAN ALUMINIUM DENGAN METODE *LOST FOAM*
CASTING**

PUBLIKASI ILMIAH

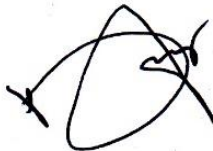
Oleh:

DWI HARYONO
D200150206

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop with a horizontal line crossing it, and a small mark to the left.

Patna Partono, S.T, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH JENIS PASIR CETAKAN TERHADAP PRODUK PENGECORAN ALUMINIUM DENGAN METODE *LOST FOAM* CASTING

Oleh:

DWI HARYONO
D200150206

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu 11 Mei 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. **Patna Partono, S.T, M.T**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Ir. Agung Setyo D, MT.**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Ir. Pramuko Ilmu P, MT**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya bertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 18 Mei 2019

Penulis



DWI HARYONO

D200150206

PENGARUH JENIS PASIR CETAKAN TERHADAP PRODUK PENGECORAN ALUMINIUM DENGAN METODE *LOST FOAM CASTING*

Abstrak

Lost foam casting merupakan salah satu metode pengecoran logam dengan cara menanam pola *polystyrene foam* ke dalam pasir cetak, lalu logam cair dituangkan pada pola sehingga *polystyrene foam* akan meleleh dan menguap. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi cetakan pasir terhadap permeabilitas pasir, penyusutan, porositas, *density*, nilai kekerasan, struktur mikro, dan komposisi kimia. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan dari aluminium bekas yang di lebur dalam dapur peleburan, variasi cetakan pasir merah, variasi cetakan pasir hitam, variasi cetakan pasir silika. Analisa data menunjukkan hasil pengujian permeabilitas paling rendah pada variasi pasir hitam sebesar 59.667 cm³/menit dan pada variasi pasir merah sebesar 78.667 cm³/menit, sedangkan pada variasi pasir silika sebesar 93.667 cm³/menit hasil pengujian penyusutan paling tinggi pada cetakan pasir silika dengan nilai 1.35 %, sedangkan variasi pasir merah sebesar 1.32 %, dan pada variasi cetakan pasir hitam sebesar 1.30 %. Hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan paling rendah pada variasi pasir hitam mencapai 60.667 VHN, dan nilai kekerasan variasi pasir merah sebesar 65.667 VHN. sedangkan variasi pasir silika sebesar 69.357 VHN. Untuk hasil dari pengujian komposisi kimia terdapat unsur antara lain (Al) 89.90%, (Si) 6.486, (Zn) 1.286%, dan (Mg) 0,6081%.

Kata Kunci : *Lost foam casting*, cetakan pasir, permeabilitas pasir. Aluminium (Al), *Portable Hardness Vickers*.

Abstract

Lost foam casting is one of the casting methods done by pouring molten metal into the molding sand planted with polystyrene foam pattern so that it would melt and evaporate. The purpose of this research is to determine the sand mold's impacts on the sand's permeability, shrinkage, porosity, density, hardness value, microstructure, and chemical composition. This research performed using furnace Aluminum left overs, with the variations of red sand, black sand, silica sand mold's. The analysis of the data results that the black sand's mold has the lowest permeability at 59,667 cm³/minute, red sand's mold is 78,667 cm³/minute and silica sand's 93,667 cm³/minute. The highest shrinkage rate of 1.35 % occurred on silica sand's mold. While the red sand's mold was at 1,32 % and black sand mold 1,30 %. hardness rate result obtained by hardness testing shows that the lowest rate of hardness was at black sand with 60,667 VHN, while at red sand the hardness rate is 65,667 VHN, and 69,357 VHN when the silica sand. The chemical composition of the Aluminum consist of (Al) 89.90%, (Si) 6.486, (Zn) 1.286%, and (Mg) 0.6081%.

Keywords : *Lost foam casting*, sand casting, sand permeability. Aluminum (Al), *Portable Hardness Vickers*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pengecoran logam adalah salah satu cara pembentukan logam yang umum digunakan pada industri manufaktur di era ini. Banyak sekali metode pengecoran logam yang ada namun masih perlu banyak perbaikan dalam setiap metode pengecoran untuk mendapatkan hasil coran logam yang mempunyai kualitas yang tinggi. (Andhika, 2017)

Pengecoran atau penuangan (*casting*) merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku atau bahan benda kerja yang relatif mahal dimana pengendalian kualitas benda kerja dimulai sejak bahan masih dalam keadaan mentah. Pengecoran mempunyai banyak metode yang digunakan untuk membuat bagian mesin dengan bentuk yang kompleks. Salah satu metode yang sering digunakan ialah pengecoran menggunakan pola permanen, dimana untuk membuat benda dengan ukuran kompleks pola permanen sulit untuk dibentuk secara detail. *Lost foam casting* merupakan salah satu metode pengecoran logam dengan cara menanam pola *polystyrene foam* ke dalam pasir cetak, lalu logam cair dituangkan pada pola sehingga *polystyrene foam* akan meleleh dan menguap. Rongga yang ditinggalkan oleh pola *polystyrene foam* akan diisi oleh cairan logam. (Ivan, 2010)

Perkembangan penggunaan metode pengecoran *lost foam* mengalami peningkatan cukup besar sejak tahun 1990. Pada tahun 1997 sebanyak 140.700 ton aluminium, besi cord an baja sudah diproduksi dengan proses pengecoran *lost foam* (Hunter, 1998). Metode pengecoran *lost foam* juga masih memiliki kekurangan. Porositas dalam pengecoran aluminium dengan pola *polystyrene foam* lebih tinggi dibandingkan dengan cetakan CO₂. Hal ini menunjukkan bahwa sulit untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang lebih baik pada pengecoran aluminium tanpa perlakuan tertentu. (Kim dan Lee, 2007).

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi cetakan pasir hitam, pasir merah, silika terhadap hasil produk coran aluminium.

1.2 Tujuan Penelitian

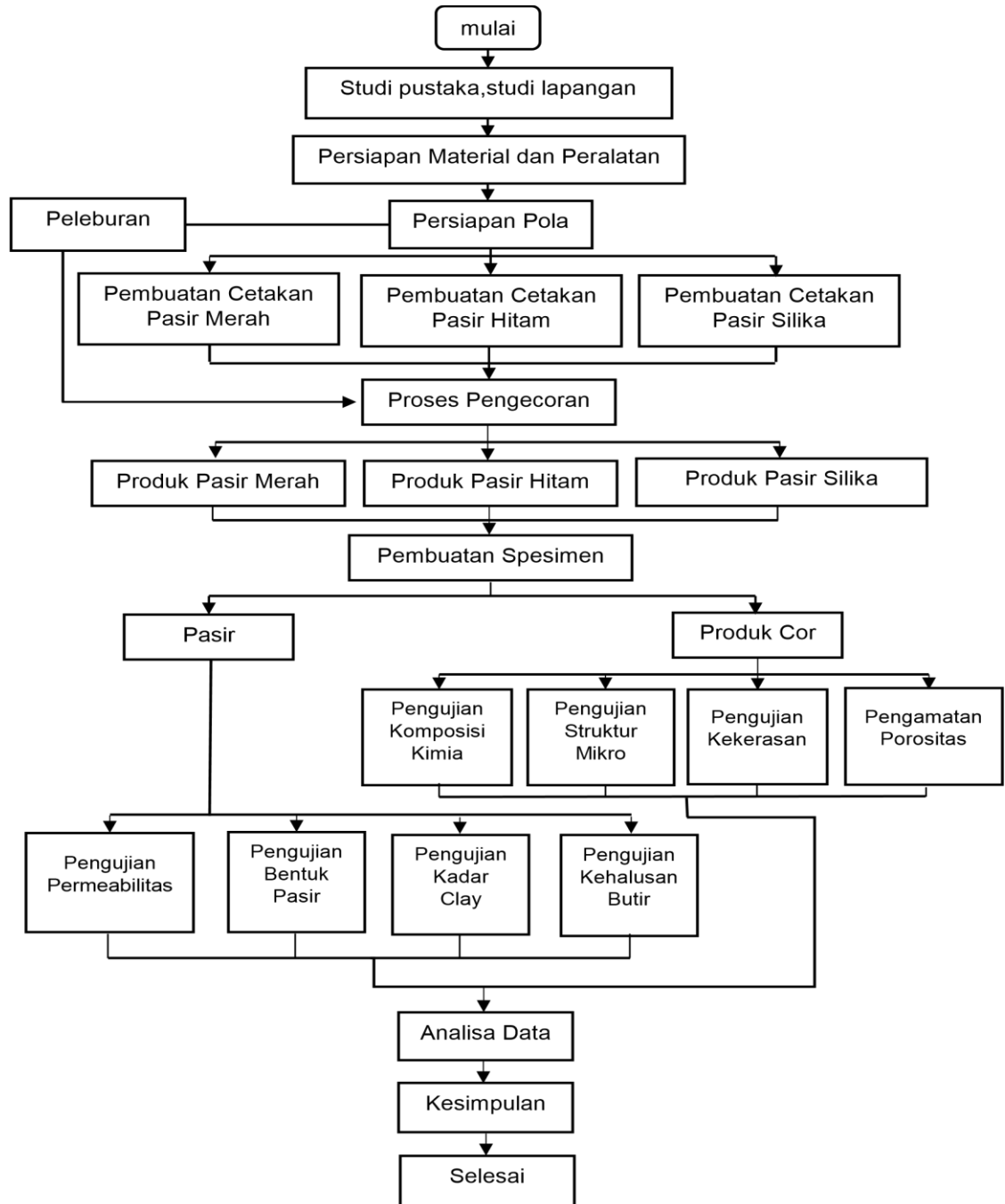
Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui komposisi kimia yang terkandung pada hasil coran aluminium.
- b. Mengetahui pengaruh variasi cetakan pasir hitam, pasir merah, pasir silika pada hasil coran aluminium, terhadap pengujian pasir (permeabilitas, kadar pengikat, distribusi butir, bentuk butir) pada pengecoran menggunakan metode *Lost foam casting*.
- c. Mengetahui pengaruh variasi cetakan pasir hitam, pasir merah, pasir silika pada hasil coran aluminium, terhadap penyusutan, cacat porositas dan density pada pengecoran menggunakan metode *Lost foam casting*.
- d. Mengetahui pengaruh variasi cetakan pasir hitam, pasir merah, pasir silika pada hasil coran aluminium, terhadap kekerasan dan struktur mikro pada pengecoran menggunakan metode *Lost foam casting*.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam pengelasan *Brazing*, maka diperlukan tahapan penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Perhitungan Sistem saluran

a. Material Cor

1. Jenis Material = Paduan Aluminium silicon
2. Density = 2740 (kg/m³)
3. Temperatur Melt = 660°C
4. Temperatur Tuang = 700°C

b. Spesimen

1. V produk = 34056,81 mm³
= 0,00003405m³
2. W produk = V x ρ
= 0,00003405 x 2740
= 0,0932 kg
3. Tebal dominan (t) = 16 mm

a) Menghitung *Pouring Volume*, Qp (m³)

$$Qp = \frac{W}{\rho}$$

$$= \frac{0,0932}{2740}$$

$$= 0,0000034 \text{ m}^3$$

b) Menghitung *Pouring Time*, tp (s). Menurut Nielsen sebagai berikut :

$$Tp = 0,32 \times t \times Wp^{0,4}$$

$$= 0,32 \times 16 \times 0,0932^{0,4}$$

$$= 1,9816 \text{ second}$$

c) Menghitung *Effective Sprue Height*, H (cm)

$$\text{Effective head, } H = h - c/2$$

$$\text{Diketahui : } C = 16 \text{ mm; } h = 51,5 \text{ mm}$$

$$H = h - c/2$$

$$= 51,5 - 16/2$$

$$= 43,5 \text{ mm} = 0,0435 \text{ m}$$

d) Menghitung *Sprue Area*

1) Luas *sprue* bagian bawah, AB (mm²)

$$AB = \frac{W}{\rho t c \sqrt{2gH}}$$

$$= \frac{0,0932}{2740 \times 1,9816 \times 0,88 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,0435}}$$

$$= 0,0000211 \text{ m}^2 = 21,1 \text{ mm}^2$$

Mencari diameter sprue bawah :

$$\begin{aligned}
 D_B &= \sqrt{\frac{4x A_B}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 21,1}{3,14}} \\
 &= 5,184 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2) Luas sprue bagian atas, Aa (mm²)

$$\begin{aligned}
 A_A &= A_B \sqrt{\frac{h}{b}} \\
 &= 21,1 \times \sqrt{\frac{51,5}{16}} \\
 &= 37,855 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Mencari diameter sprue atas :

$$\begin{aligned}
 D_A &= \sqrt{\frac{4x A_A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 37,855}{3,14}} \\
 &= 7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3.2 Pengujian Permeabilitas Pasir Cetak

Pengujian Permeabilitas dan bentuk butir pasir cetak dilakukan di Laboratorium Logam Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten. Hasil pengujian permeabilitas dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 1 Hasil Data Pengujian Permeabilitas Pasir Hitam

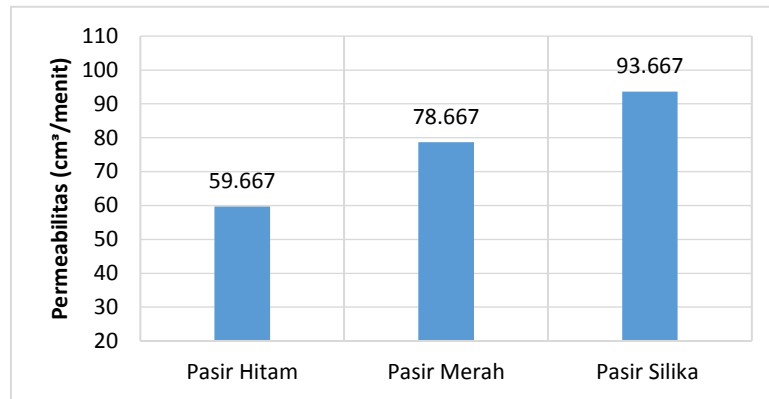
No.	Benda Uji	Berat Sampel (gr)	Permeabilitas(cm³/menit)
1	Pasir hitam	155	61
		155	60
		155	58
Rata – Rata		155	59,667

Tabel 2 Hasil Data Pengujian Permeabilitas Pasir Merah

No.	Benda Uji	Berat Sampel (gr)	Permeabilitas(cm ³ /menit)
1	Pasir Merah	155	80
		155	80
		155	76
Rata – Rata		155	78,667

Tabel 3. Hasil Data Pengujian Permeabilitas Pasir Silika

No.	Benda Uji	Berat Sampel (gr)	Permeabilitas(cm³/menit)
1	Pasir Silika	155	96
		155	91
		155	94
Rata – Rata		155	93,667

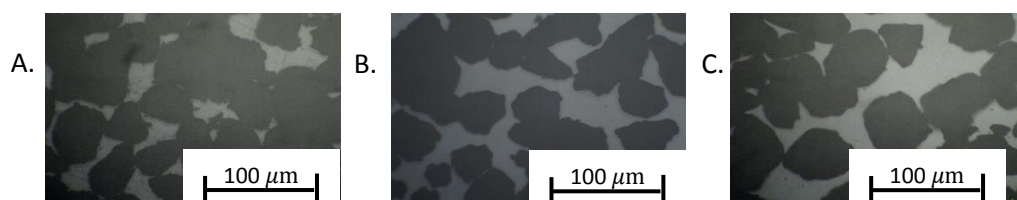


Gambar 2. Histogram Harga Permeabilitas Pasir Cetak

Dari hasil pengujian permeabilitas Pasir Merah, Pasir Hitam, Pasir Silika diperoleh nilai permeabilitas yang berbeda. Pasir silika memiliki nilai rata-rata permeabilitas paling tinggi 93,667 cm³/menit, pada Pasir Hitam diperoleh nilai rata-rata permeabilitas 59,667 cm³/menit dan pada Pasir Merah diperoleh permeabilitas 78,667 cm³/menit. Jika permeabilitas rendah dimiliki oleh pasir cetak, maka akan mengakibatkan udara sulit keluar melalui celah-celah antar butir pada waktu yang dilakukan proses penuangan logam cair. Dengan demikian udara dalam cetakan akan terjebak dalam logam cair kemudian bila logam cair telah dingin maka udara yang terjebak akan mengakibatkan cacat porositas. Bila permeabilitasnya terlalu tinggi akan mengakibatkan logam cair meresap kesela-sela antara butiran pasir cetak yang akan membuat hasil coran menjadi kasar.

3.3 Pengujian Bentuk Butir Pasir Cetak

pengujian Bentuk Butir Pasir Cetak menggunakan alat uji Mikroskop Metalografi. dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin Institusi Sains & Teknologi AKPRIND dengan pembesaran 100x didapatkan gambar seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 3. Perbandingan Foto Mikro Pasir pada Pembesaran 100x. (A) Cetakan Pasir Hitam
(B) Cetakan Pasir Merah, (C) Cetakan Pasir Silika

Dari hasil pengujian pasir merah, pasir hitam, pasir silika dapat dilihat Bentuk Pasir merah dan Pasir hitam adalah Sebagian Bersudut (*Subangular Grain*), Butir Pasir Sebagian bersudut Memiliki permeabilitas rendah karena rongga udara antar butir lebih sempit, namun memiliki kekuatan yang lebih tinggi. Sedangkan pasir silika memiliki bentuk butir lebih bulat dari pada pasir hitam dan pasir merah maka memiliki permeabilitas lebih tinggi karena luas bidang kontakannya lebih besar. namun memiliki kekuatan yang lebih rendah.

3.4 Pengujian Kadar Pengikat (*Clay*) Pasir Cetak

Pengujian kadar pengikat (*clay*) pasir cetak dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Hasil pengujian permeabilitas dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Data Pengujian Kadar Pengikat Pasir Hitam

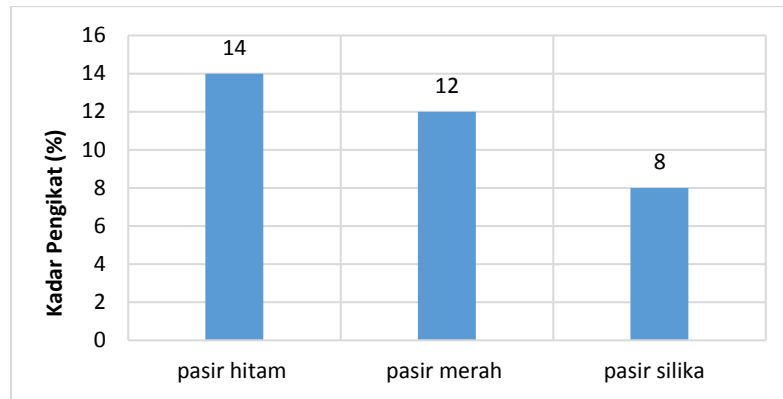
No	Benda Uji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kadar Air (%)	Kadar Pengikat (%)
1	pasir hitam	100	82	6	12
		100	78	6	16
		100	80	6	14
Rata-rata					14

Tabel 5. Hasil Data Pengujian Kadar Pengikat Pasir Merah

No	Benda Uji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kadar Air %	Kadar Pengikat %
1	pasir merah	100	78	6	16
		100	86	6	8
		100	82	6	12
Rata-rata					12

Tabel 6. Hasil Data Pengujian Kadar Pengikat Pasir Silika

No	Benda Uji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kadar Air %	Kadar Pengikat %
1	pasir silika	100	84	4	12
		100	88	4	8
		100	92	4	4
Rata-rata					8

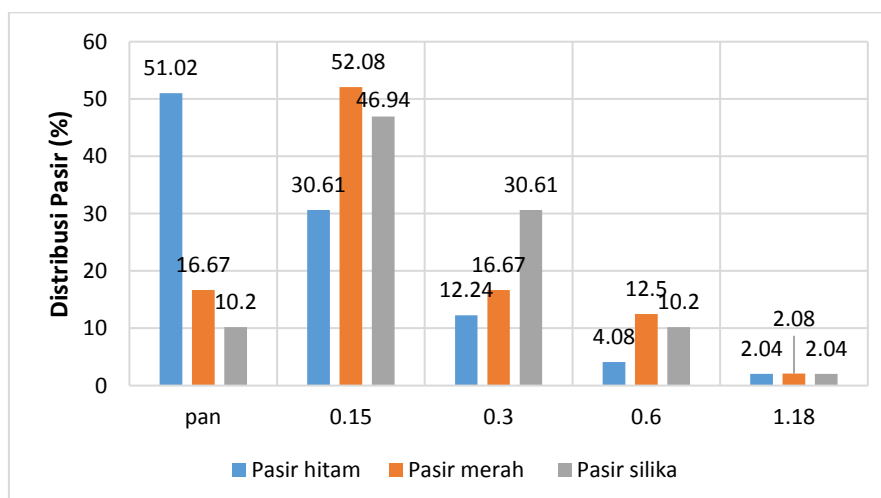


Gambar 4. Histogram Harga Kadar Pengikat Pasir Cetak

Nilai persentase kadar pengikat tertinggi terjadi pada variasi cetakan pasir hitam dengan nilai 14 %, sedangkan variasi cetakan pasir merah sebesar 12 %, dan nilai persentase terendah adalah variasi cetakan pasir silika 8 %. Dilihat dari data diatas mempengaruhi nilai permeabilitas pasir . Jika semakin tinggi kadar pengikat pada pasir cetak maka permeabilitas pasir cetak akan semakin rendah. karena semakin banyak kadar pengikat maka ikatan antar butir pasirnya semakin kuat dan rongga antar butirnya sebagian akan ditutupi pengikat yang teraktivasi oleh air. sebaliknya, jika kadar pengikatnya rendah, maka ikatan antar butirnya lemah dan banyak rongga yang tidak tertutupi oleh kadar pengikat , sehingga permeabilitas nya tinggi.

3.5 Pengujian Distribusi Pasir Cetak

Pengujian distribusi pasir cetak dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dengan berat spesimen pasir 250 gram. Hasil pengujian distribusi pasir dapat dilihat sebagai berikut :

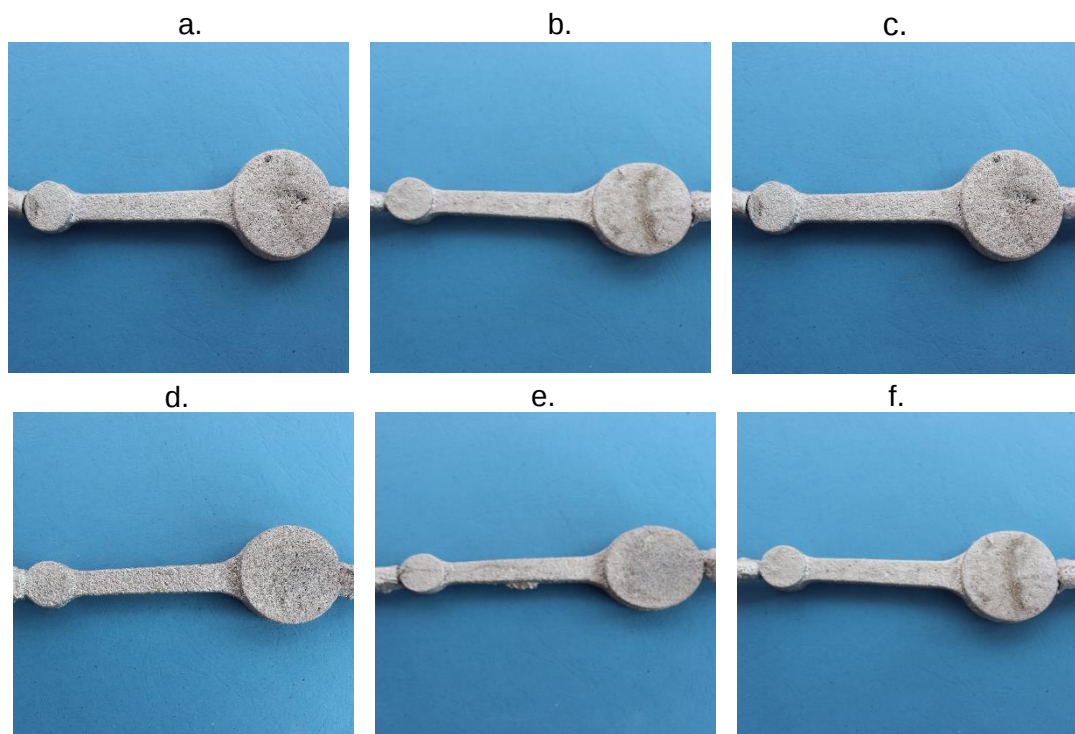


Gambar 5. Histogram distribusi Pasir Cetak

Distribusi besar butir pasir cetak merupakan penyebaran besaran butir dan hasil pengujian distribusi pasir pada ukuran ayakan pan dan 0.15 mm adalah pasir hitam sebesar 81.63 % ,untuk pasir merah 68.75 % dan untuk pasir silika adalah 56.96 %. pasir hitam memiliki permeabilitas paling kecil karena memiliki jumlah persestase pada pan dan 0.15 mm paling banyak. Jika persentase butiran pasir cetak kecil maka rongga yang ada dalam cetakan pasir menjadi kecil, sehingga menyebabkan permeabilitasnya kecil. Dan sebaliknya, jika persentase butiran pasir cetak besar maka rongga yang ada dalam cetakan pasir menjadi lebar , sehingga menyebabkan permeabilitasnya besar.

3.6 Perhitungan Penyusutan

Pada pembuatan spesimen di gunakan pola dengan ukuran Diameter Besar 43,10 mm, Diameter Kecil 20,010 mm, Panjang 131,510 mm, Tebal Besar 16,020 mm dan Tebal Kecil 7,020 mm. Hasil pengecoran diperoleh bentuk spesimen seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Spesimen Pengujian Cacat Penyusutan. (a) spesimen 1 Pasir Merah, (b) spesimen 2 Pasir Merah, (c)pesimen 1 Pasir hitam, (d) spesimen 2 Pasir hitam, (e) spesimen 1 Pasir silika, (f) spesimen 2 Pasir silika

Tabel 7. Dimensi Produk Cor

Spesimen	NO	Diameter Besar (mm)	Diameter Kecil (mm)	Panjang (mm)	Tebal Besar (mm)	Tebal kecil (mm)
Pola Asli	1	43.10	20.01	131.51	16.02	8.02
pasir hitam	1	42.40	19.60	129.60	15.98	7.92
	2	41.90	19.75	129.65	15.96	7.98
pasir merah	1	42.60	20.00	129.45	15.89	7.78
	2	42.40	19.90	128.35	15.95	7.89
pasir silika	1	42.55	19.97	129.50	15.86	7.76
	2	42.85	19.80	130.30	15.87	7.80

Perhitungan persentase penyusutan produk cor Perhitungan persentase penyusutan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Contoh Perhitungan (cetakan pasir hitam,Spesimen 1)

P asli : 43.10 mm

P produk : 42.60 mm

$$S = \frac{(P \text{ asli} - P \text{ produk})}{P \text{ asli}} \times 100\%$$

$$= \frac{(43.10 - 42.40)}{43.10} \times 100\%$$

$$= 1.62 \%$$

Tabel 8. Hasil Presentase Penyusutan Variasi Pasir Hitam

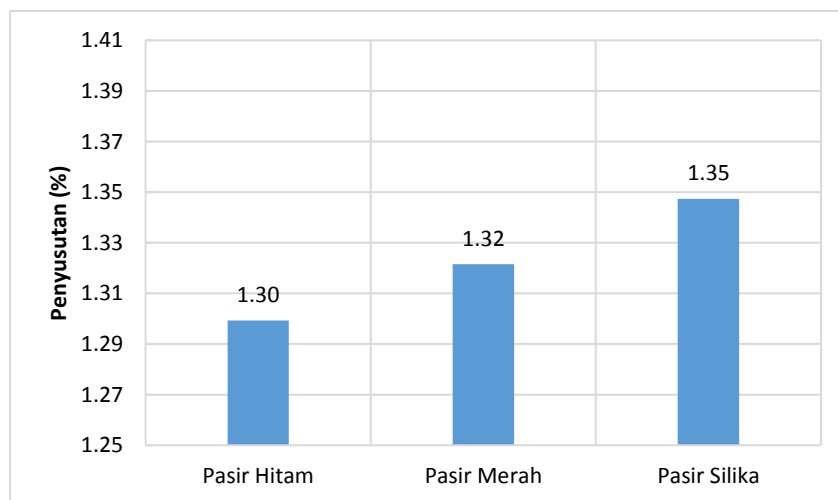
Ukuran	Pola Asli (mm)	Pasir Hitam (mm)		S (%)		Rata-rata
		1	2	1	2	
Diameter Besar	43.10	42.40	41.90	1.624	2.784	2.20
Diameter Kecil	20.01	19.60	19.75	2.049	1.299	1.67
Panjang	131.51	129.60	129.65	1.452	1.414	1.43
Tebal Besar	16.02	15.98	15.96	0.250	0.375	0.31
Tebal Kecil	8.02	7.92	7.98	1.247	0.499	0.87
Rata- rata Penyusutan variasi pasir hitam						1.30

Tabel 9. Hasil Presentase Penyusutan Variasi Pasir Merah

Ukuran	Pola Asli (mm)	Pasir merah (mm)		S (%)		Rata-rata
		1	2	1	2	
Diameter Besar	43.10	42.60	42.40	1.160	1.624	1.39
Diameter Kecil	20.01	20.00	19.90	0.050	0.550	0.30
Panjang	131.51	129.45	128.35	1.566	2.403	1.98
Tebal Besar	16.02	15.89	15.95	0.811	0.437	0.62
Tebal Kecil	8.02	7.78	7.89	2.993	1.621	2.31
Rata- rata Penyusutan variasi pasir merah						1.32

Tabel 10. Hasil Presentase Penyusutan Variasi Pasir Silika

Ukuran	Pola Asli (mm)	Pasir Silika (mm)		S (%)		Rata-rata
		1	2	1	2	
Diameter Besar	43.10	42.55	42.85	1.276	0.580	0.93
Diameter Kecil	20.01	19.97	19.80	0.200	1.049	0.62
Panjang	131.51	129.50	130.30	1.528	0.920	1.22
Tebal Besar	16.02	15.86	15.87	0.999	0.936	0.97
Tebal Kecil	8.02	7.76	7.80	3.242	2.743	2.99
Rata- rata Penyusutan variasi pasir silika						1.35



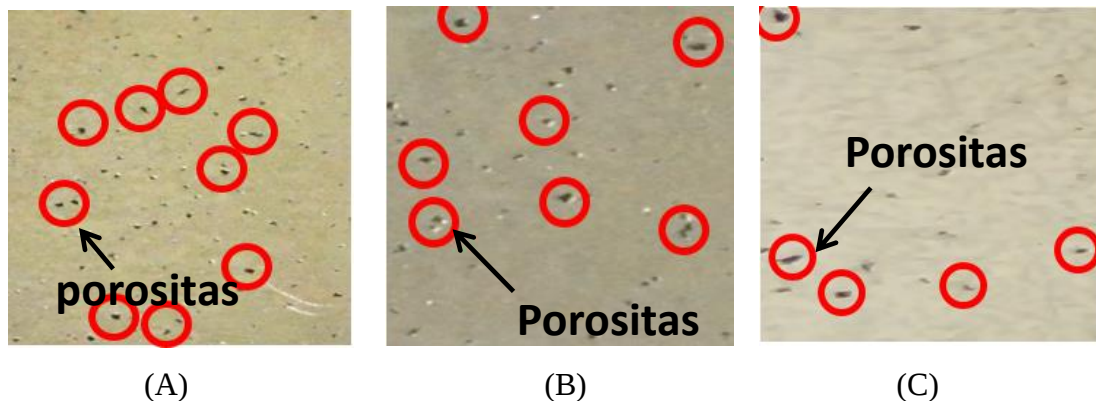
Gambar 7. Histogram Hasil Prentase Penyusutan Variasi pasir

Nilai persentase penyusutan tertinggi terjadi pada variasi cetakan pasir silika dengan nilai 1.35 %, sedangkan variasi cetakan pasir merah sebesar 1.32 %, dan nilai persentase terendah adalah variasi cetakan pasir hitam 1.30 %. Dilihat dari data diatas variasi cetakan mempengaruhi nilai persentase penyusutan yang terjadi pada produk Cor.

Dimana cetakan pasir silika memiliki permeabilitas paling tinggi sehingga perpindahan panas lebih cepat yang menyebabkan pembekuan produk cor juga menjadi cepat. cepatnya pembekuan menyebabkan nilai persentase penyusutan lebih tinggi.

3.7 Pengamatan Porositas

Pengamatan ini dilakukan dengan cara salah satu sisi produk cor dilakukan *mounting* dengan menggunakan *resin* dan katalis yang kemudian diampelas sampai halus dan diberi autosol supaya proses porositas terlihat setelah itu difoto makro menggunakan kamera setelah itu membandingkan hasil dari setiap variasi cetakan Hasilnya sebagai berikut :



Gambar 8. Perbandingan Foto Makro Cacat Porositas, (A) Variasi Cetakan Pasir hitam, (B) Variasi Cetakan Pasir Merah, (C) Variasi Cetakan Pasir silika

Dari hasil foto makro cacat porositas dapat dilihat bahwa hasil produk yang menggunakan variasi cetakan pasir silika memiliki tingkat porositas lebih sedikit dibanding dengan variasi cetakan pasir merah dan cetakan pasir hitam. Cacat porositas ini berasal dari gelembung - gelembung udara yang larut dan terperangkap selama proses pembekuan. cacat porositas salah satunya karena permeabilitas pasir. Permeabilitas pasir hitam paling rendah menyebabkan cacat porositas paling banyak karena udara sulit disalurkan keluar ke udara yang bebas, sehingga sebagian udara terperangkap di dalam hasil pengecoran.

3.8 Perhitungan Density Produk Cor

Dalam melakukan perhitungan density dengan menggunakan gelas ukur untuk mengukur volume dan mengukur massanya menggunakan timbangan digital.

1. Perhitungan Density

Contoh perhitungan (spesimen no 1, cetakan pasir hitam)

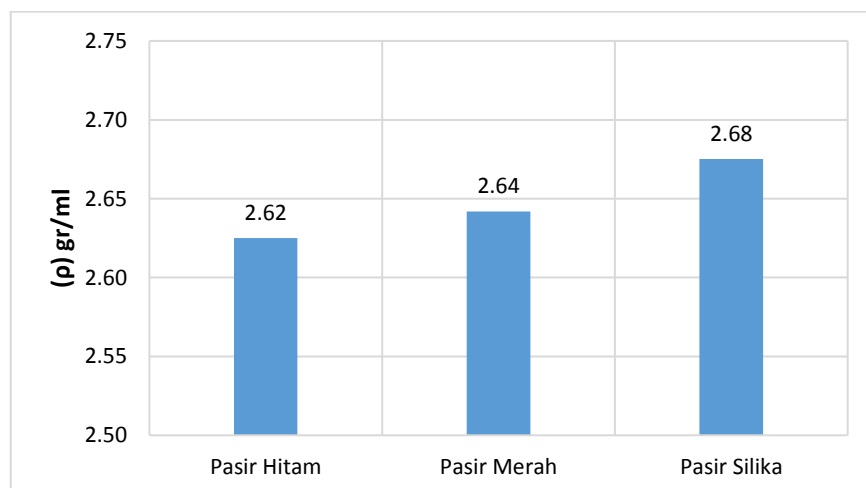
Massa : 89.81 gram

Volume : 34 ml

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{91.72}{35} = 2.62 \text{ gr/ml}$$

Tabel 11. Hasil Nilai Density variasi cetakan Pasir

Nama Spesimen	No	Berat (gram)	Gelas ukur (ml)	Density (gr/ml)	Rata-rata
Pasir Hitam	1	91.72	35	2.62	2.62
	2	91.62	35	2.62	
	3	92.28	35	2.64	
Pasir Merah	1	89.81	34	2.64	2.64
	2	90.79	34	2.67	
	3	91.49	35	2.61	
Pasir Silika	1	93.73	35	2.68	2.68
	2	92.87	34	2.73	
	3	91.56	35	2.62	



Gambar 9. Histogram Hasil Density variasi cetakan pasir

Pada gambar nomor 9 menunjukkan hubungan antara variasi cetakan terhadap nilai density. Nilai yang ditampilkan merupakan rata-rata dari perhitungan nilai *density*. Untuk variasi pasir merah sebesar 2.64 gr/ml sedangkan untuk Pasir Hitam sebesar 2.62 gr/ml dan Pasir Silika sebesar 2.68 gr/ml. Berdasarkan data diatas, variasi cetakan pasir merah, pasir hitam, pasir silika mempengaruhi nilai *density* terhadap hasil cor. Hal ini dapat dilihat pada pengamatan porositas yang berbeda-beda, semakin besar nilai *density* maka akan sedikit pula

jumlah porositas pada spesimen, dan sebaliknya. Semakin besar nilai *density* maka akan sedikit pula jumlah porositas pada spesimen.

3.9 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Produk Cor

Setelah dilakukan proses pengecoran, maka perlu dilakukan uji komposisi kimia guna mengetahui komposisi unsur - unsur kimia yang terkandung dalam produk hasil cor. Pada pengujian ini dilakukan di Laboratorium bahan universitas Gajah Mada. Dari hasil pengujian komposisi kimia diperoleh hasil data sebagai berikut :

Tabel 12. Hasil Uji Komposisi Kimia

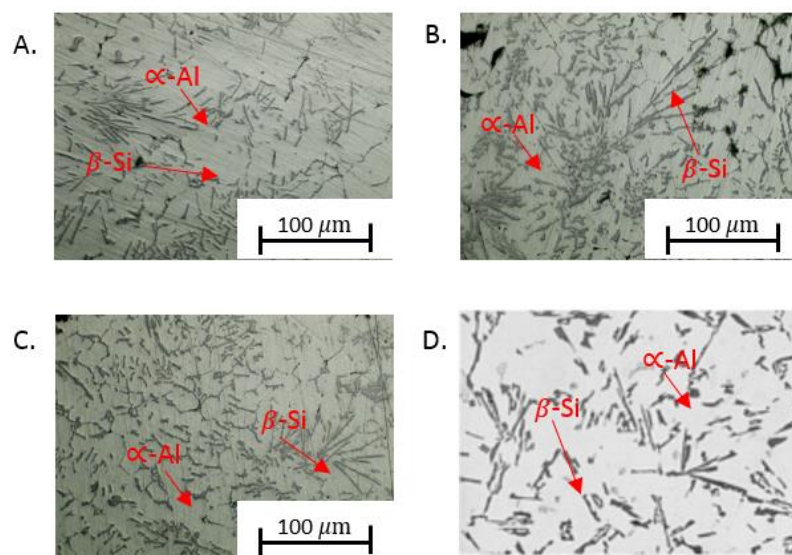
No	UNSUR	SAMPLE UJI
		Kandungan (%)
1	Al	89,90
2	Si	6,486
3	Fe	0,737
4	Cu	0,554
5	Mn	0,096
6	Mg	0,608
7	Cr	0,073
8	Ni	0,027
9	Zn	1,286
10	Sn	0,009
11	Ti	0,021
12	Pb	0,2052
13	P	0,0021
14	Ca	0,0000
15	Sb	0,0000

Dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat 15 unsur. Karena silikon memiliki persentase paling banyak ke dua maka material ini dapat digolongkan logam aluminium seri 4xxx (Al-Si).

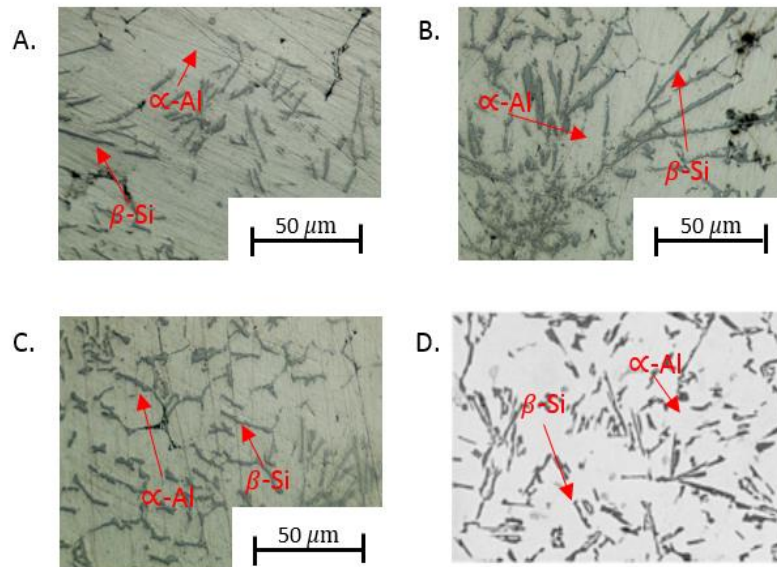
Pengaruh *Silicon* (Si) 6,486 % mempunyai pengaruh baik yaitu akan memperbaiki karakteristik / sifat_sifat dari produk coran, mengurangi penyusutan produk coran, meningkatkan ketahanan korosi, serta meningkatkan kekerasan dengan cara perlakuan panas. Pengaruh *Zeng* (Zn) 1,286 % akan menaikkan nilai tensile pada produk cor. pengaruh kandungan Pengaruh kandungan *Ferro* (Fe) 0,737 % mempunyai sifat mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan selama proses penuangan dan pengaruh buruk yaitu penurunan sifat mekanis, meningkatkan cacat porositas. pengaruh kandungan *magnesium* (Mg) sebesar 0,608 % memberikan sifat-sifat yang baik terhadap ketahanan korosi, kemampuan dilas dan kekuatan cukup baik.

3.10 Pengujian Struktur Mikro

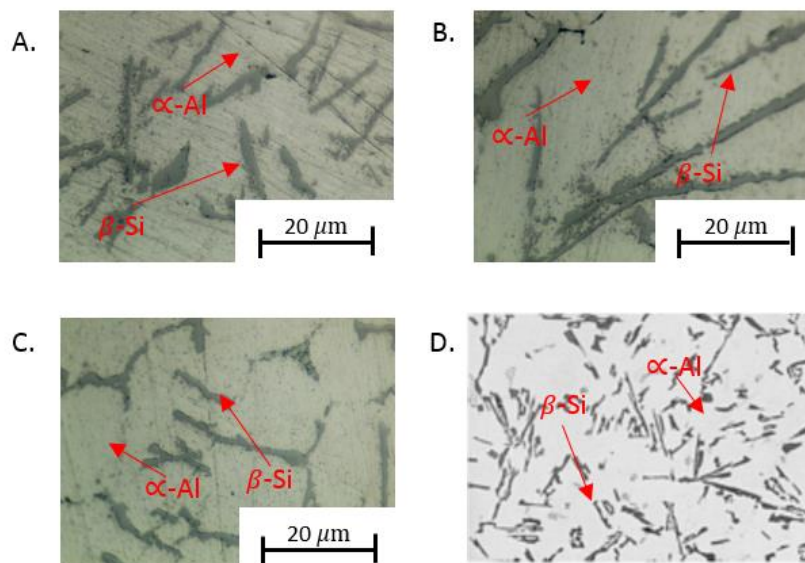
Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium material Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan pembesaran 100x, 200x, dan 500x didapatkan gambar seperti yang terlihat pada gambar 4.9, 4.10 dan 4.11



Gambar 10. Perbandingan Foto Mikro Pada Pembesaran 100 μm . (A) Pasir Hitam, (B) Pasir Merah, (C) Pasir Silika (D) ASM V9 . Fig. 112 Alloy 354-F, as investment cast. Structure consists of a network of silicon particles (dark gray,angular) in a divorced interdendritic aluminum-silicon eutectic phase (light gray,scriptlike). 0.5% HF. 250×



Gambar 11. Perbandingan Foto Mikro Pada Pembesaran 50 μm . (A) Pasir Hitam, (B) Pasir Merah, (C) Pasir Silika (D) ASM V9. Fig. 112 Alloy 354-F, as investment cast. Structure consists of a network of silicon particles (dark gray, angular) in a divorced interdendritic aluminum-silicon eutectic phase (light gray, scriptlike). 0.5% HF. 250 $\times$



Gambar 12. Perbandingan Foto Mikro Pada Pembesaran 20 μm . (A) Pasir Hitam, (B) Pasir Merah, (C) Pasir Silika (D) ASM V9. Fig. 112 Alloy 354-F, as investment cast. Structure consists of a network of silicon particles (dark gray, angular) in a divorced interdendritic aluminum-silicon eutectic phase (light gray, scriptlike). 0.5% HF. 250 $\times$

Unsur Al berupa butiran besar berwarna putih, unsur Si berwarna hitam dengan betuk memanjang seperti jarum.

3.11 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta menggunakan metode *Vickers*. Pengujian kekerasan *vickers* menggunakan beban 60 kgf (588 N) dengan waktu 20 detik setiap spesimen cor dilakukan pengujian 5 titik dengan posisi.

Tabel 13. Harga Kekerasan *Vickers* Pada Pasir Hitam

Indentasi	P (kgf)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d rata rata (mm)	d ² (mm)	HVN (kg/mm ²)	Rata ²
1	60	1.41	1.44	1.43	2.031	54.781	60.168
2	60	1.29	1.32	1.31	1.703	65.319	
3	60	1.28	1.35	1.32	1.729	64.329	
4	60	1.40	1.38	1.39	1.932	57.575	
5	60	1.38	1.37	1.38	1.891	58.838	

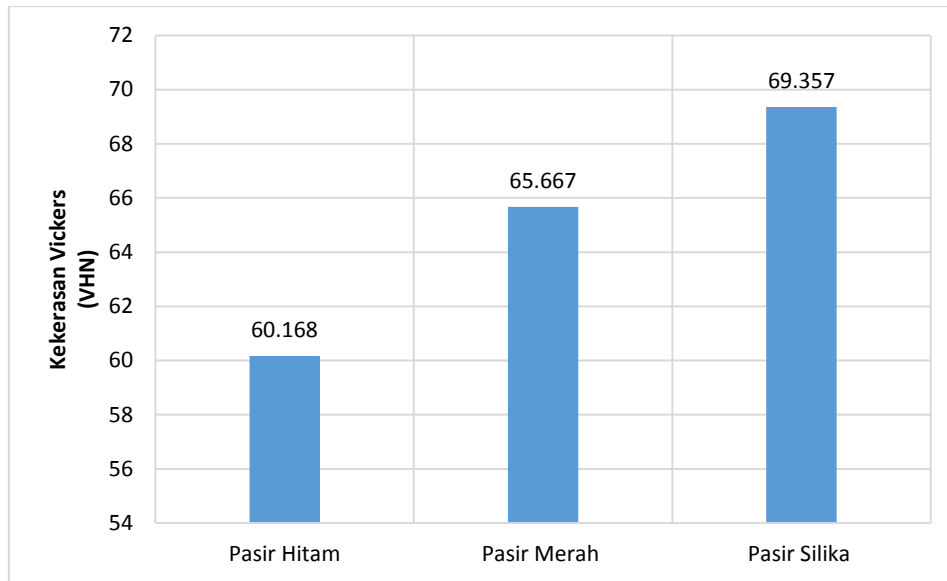
Tabel 14. Harga Kekerasan *Vickers* Pada Pasir Merah

Indentasi	P (kgf)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d rata-rata (mm)	d ² (mm)	HVN (kg/mm ²)	Rata ²
1	60	1.39	1.40	1.40	1.946	57.163	65.667
2	60	1.28	1.29	1.29	1.651	67.368	
3	60	1.24	1.29	1.27	1.600	69.515	
4	60	1.28	1.33	1.31	1.703	65.319	
5	60	1.24	1.30	1.27	1.613	68.969	

Tabel 15. Harga Kekerasan *Vickers* pada Pasir Siilika

Indentasi	P (kgf)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d rata-rata (mm)	d ² (mm)	HVN (kg/mm ²)	Rata ²
1	60	1.53	1.53	1.53	2.341	47.520	69.357
2	60	1.22	1.23	1.23	1.501	74.129	
3	60	1.20	1.21	1.21	1.452	76.610	
4	60	1.24	1.27	1.26	1.575	70.627	
5	60	1.20	1.19	1.20	1.428	77.898	

Data uji kekerasa diubah dalam histogram perbandingan dari setiap variasi cetakan pasir yang ada pada gambar berikut :



Gambar 13. Histogram Perbandingan Kekerasan Variasi Cetakan Pasir

Kekerasan produk cor alumunium yang menggunakan variasi Pasir Silika mencapai 69.357 VHN, harga kekerasan ini paling tinggi dari pada kekerasan yang menggunakan Pasir Hitam sebesar 60.168 VHN dan Pasir Merah sebesar 65.667 VHN. Hal ini disebabkan permeabilitas dari setiap variasi cetakan berbeda-beda, semakin besar nilai permeabilitas maka semakin cepat pula proses pembekuan produk cor pada suatu cetakan dan begitupun juga sebaliknya. Melambatnya proses pembekuan akan mengakibatkan harga kekerasan turun dan material tersebut menjadi ulet. Selain itu melambatnya proses pembekuan oleh suatu media cetakan akan mengakibatkan butir-butir Kristal besar pada struktur mikro. porositas juga mempengaruhi nilai kekerasan, semakin rendah nilai kekerasan semakin banyak porositas pada suatu produk. Sebaliknya semakin sedikit porositas yang terdapat pada suatu produk maka nilai kekerasannya akan meningkat. Hal ini juga dapat dikaitkan dengan penyusutan yang terjadi pada masing-masing cetakan.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan analisa data maka diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat 15 unsur. karena silikon memiliki persentasi paling bnyak ke dua maka material ini dapat digolongkan logam alumunium seri 4xxx (Al-Si).
- Dari hasil pengujian kadar pengikat nilai tertinggi terdapat pada variasi pasir hitam sebesar 14 % dan nilai variasi pasir merah adalah 12 % sedangkan variasi pasir silika sebesar 8 % ,kadar pengikat berpengaruh pada permeabilitas pasir karena semakin tinggi kadar pengikat

pada pasir cetak maka permeabilitas pasir cetak akan semakin rendah dan sebaliknya. hasil pengujian distribusi pasir pada ukuran ayakan pan dan 0.15 mm adalah pasir hitam sebesar 81.63 % ,untuk pasir merah 68.75 % dan untuk pasir silika adalah 56.96 %. Karena pasir hitam memiliki jumlah presentase pada ayakan pan dan 0.15 mm paling banyak, maka permeabilitas paling kecil . persentase butiran pasir cetak kecil maka rongga yang ada dalam cetakan pasir menjadi kecil, sehingga menyebabkan permeabilitasnya kecil. Dan sebaliknya, jika prosentase butiran pasir cetak besar maka rongga yang ada dalam cetakan pasir menjadi lebar, sehingga menyebabkan permeabilitasnya besar. hasil pengujian permeabilitas pasir hitam sebesar 59.667 cm³/menit dan pada variasi pasir merah sebesar 78. 667 cm³/menit sedangkan pada variasi pasir silika sebesar 93.667 cm³/menit. Perbedaan permeabilitas juga berpengaruh pada kekerasan produk coran, dan porositas produk pengecoran.

- c. Nilai persentase penyusutan tertinggi terjadi pada variasi cetakan pasir silika dengan nilai 1.35 %, sedangkan variasi cetakan pasir merah sebesar 1.32 %, dan nilai persentase terendah adalah variasi cetakan pasir hitam 1.30 %. Nilai density variasi pasir silika sebesar 2,68 gr/ml, sedangkan pada variasi pasir merah sebesar 2,64 gr/ml, dan pada variasi pasir hitam sebesar 2,62 gr/ml. Dari data tersebut, variasi cetakan berbanding lurus terhadap penyusutan dan *density*. Hasil produk dari variasi pasir hitam memiliki tingkat porositas yang paling banyak karena memiliki nilai penyusutan dan nilai density paling rendah.
- d. Dari hasil pengujian vickers, kekerasan produk cor alumunium tertinggi terdapat pada cetakan pasir silika memiliki kekerasan sebesar 69.357 VHN variasi cetakan pasir merah mencapai 65.667 VHN, dan harga kekerasan yang menggunakan variasi cetakan pasir hitam sebesar 60,168 VHN, sedangkan produk cor yang menggunakan. Dilihat dari struktur mikro produk cor, unsur yang paling dominan adalah unsur Alumunium-Silikon (AlSi). pada cetakan pasir silika memiliki diameter butiran yang lebih kecil dan rapat sehingga harga kekerasannya lebih tinggi di banding dengan cetakan pasir merah dan pasir hitam yang mempunyai butiran yang lebih besar sehingga harga kekerasannya rendah.

4.2 Saran

- a. Dalam melakukan pengujian produk hasil dari penelitian, sebaiknya mencari referensi tempat pengujian yang terpercaya dan berpengalaman agar kualitas pengujian baik.
- b. Sebelum melakukan penelitian, perlu dilakukan pembelajaran yang mendetail mengenai dasar-dasar teknik pengecoran logam dan metode *lost foam casting* dengan referensi yang mendukung.

- c. Pada saat proses pembuatan cetakan menggunakan metode *lost foam* perlu diperhatikan saat melakukan penekanan pada pasir cetak agar tidak mempengaruhi dimensi dari pola *Polystyrofoam*.
- d. Sebelum melakukan proses pengecoran perlu memperhatikan persiapan alat maupun bahan guna mendapatkan hasil yang baik dan waktu yang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

Atlas of Microstructures of Industrial Alloys, American Society For Metals,

Metals Handbook, Vol.9.

Avner, Sidney H., 1974. Introduction to physical Metallurgy, McGraw Hill International Edition , New York

Beeley, P. 2001. Foundry Technology Second Edition. London : Butterworth Heineman.

Hananto Adam U. 2016. Pengaruh Variasi Media Cetakan Pasir, Cetakan Logam dan Cetakan RCS (Resin Coated Sand) Terhadap Produk Coran Alumunium. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Mulyanto.2018. Pengaruh Variasi Cetakan Terhadap Produk Pengecoran Aluminium (DaurUlang) Menggunakan Sand Casting Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Sari, Kurniya, R.P, Dkk., 2016. Pengaruh Unsur Silikon Pada Aluminium Alloy (Al – Si) Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. Universitas Tarumanegara. Jakarta Selatan.

Siagian, Sihar J, dkk. 2017. Pengaruh Permeabilitas Cetakan Pasir dan Penambahan Silikon (Si) Pada Proses Pengecoran Terhadap Kekerasan, Porositas dan Struktur Mikro Aluminium Silikon (Al– Si), Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Udayana.

Surdia, T. Chijiwa. K. 1996. Teknik Pengecoran Logam. P.T. Pradnya Paramitha, Jakarta.

Surdia, Tata, dkk. 1996. Teknik Pengecoran Logam. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta

Surdia, Tata, dkk. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta