

# Pengaruh Permeabilitas dan Temperatur Tuang Terhadap Cacat dan Densitas Hasil Pengecoran Aluminium Silikon (Al-Si) Menggunakan *Sand Casting*

Abdul Qohar, I Ketut Gede Sugita, I Putu Lokantara  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Pengecoran salah satu proses manufacturing dalam industri otomotif. Kualitas produknya ditentukan oleh komposisi kimia logam cair, material cetakan, maupun proses pengecoran. Pada proses pengecoran, permeabilitas merupakan salah satu parameter penting agar kualitas benda hasil coran dapat lebih ditingkatkan. Penelitian ini menggunakan variasi nilai permeabilitas yaitu: 22,29, 27,06, dan 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$ , dan variasi temperatur tuang yaitu 680  $^{\circ}\text{C}$ , 730  $^{\circ}\text{C}$ , 780  $^{\circ}\text{C}$ . Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk, salah satunya dengan mengamati pengaruh permeabilitas dan temperatur tuang terhadap cacat porositas dan densitas pengecoran aluminium silikon menggunakan alat uji SEM, perhitungan densitas dan porositas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai porositas yang paling kecil yaitu 0,0147 atau 1,47% terdapat pada permeabilitas 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$  dan pada temperatur 680  $^{\circ}\text{C}$ , sedangkan nilai porositas yang paling besar yaitu 0,0614 atau 6,14% terdapat pada permeabilitas 22,29  $\text{cm}^3/\text{min}$  dan pada temperatur 780  $^{\circ}\text{C}$ . Nilai densitas terbesar yaitu: 2,633  $\text{g}/\text{cm}^3$  terdapat pada permeabilitas 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$  dan pada temperatur 680  $^{\circ}\text{C}$ , sedangkan nilai densitas yang paling kecil yaitu: 2,509  $\text{g}/\text{cm}^3$  terdapat pada permeabilitas 22,29  $\text{cm}^3/\text{min}$  dan pada temperatur 780  $^{\circ}\text{C}$ .

Kata kunci: pengecoran, permeabilitas, temperatur tuang, densitas dan porositas.

## Abstract

Casting as a manufacturing process in the automotive industry. The quality products is determined by the chemical composition of the molten metal, the mold material, and the casting process. In the casting process, the permeability is one of the important parameters for the quality of the object casting product better improved. This study use variation of the permeability is 22,29, 27,06, and 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$ , and cast temperature variations that 680, 730, and 780  $^{\circ}\text{C}$ . This research was conducted to improve product quality, one way to observe the effect of permeability and temperature castings for defects that are on porosity and density silicon aluminum casting results by using test equipment by using SEM, calculation of density and porosity. The research indicate that the most small porosity value is 0,0147 or 1,47% are on the permeability of 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$  and at a temperature of 680  $^{\circ}\text{C}$ , while the value of the greatest porosity is 0.0614 or 6.14% are on the permeability of 22,29  $\text{cm}^3/\text{min}$  and at a temperature of 780  $^{\circ}\text{C}$ . The density values are: 2,633  $\text{g}/\text{cm}^3$  are on the permeability of 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$  and at a temperature of 680  $^{\circ}\text{C}$ , while the smallest density values are: 2.509  $\text{g}/\text{cm}^3$  are on the permeability of 22,29  $\text{cm}^3/\text{min}$  and at a temperature of 780  $^{\circ}\text{C}$ .

Keywords: casting, permeability, Casting temperature, density and porosity

## 1. Pendahuluan

Pengecoran (*casting*) merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku/bahan benda dimana pengendalian kualitas benda kerja dimulai sejak bahan masih dalam keadaan mentah. Tujuan dari pengecoran yaitu untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan ekonomis, yang bebas cacat dan sesuai dengan kebutuhan seperti kekuatan, keuletan, dan ketelitian dimensi [1]. Ada beberapa metode pengecoran yang dapat dilakukan salah satunya yaitu pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir (*sand casting*), *sand casting* merupakan teknik pengecoran tertua di dunia.

Permeabilitas atau kemampuan alir gas adalah sifat yang paling penting terhadap hasil dari benda coran. Pasir cetak yang telah dipadatkan harus dapat mengalirkan uap dan gas-gas yang dilepaskan oleh logam panas pada waktu dilakukan penuangan kedalam cetakan. Apabila cetakan tidak bisa mengeluarkan atau mengalirkan gas-gas dengan baik,

maka akan terjadi cacat coran yang berupa rongga udara atau lubang-lubang pada hasil coran.

Dalam penelitian ini ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimanakah pengaruh permeabilitas dan temperatur tuang terhadap cacat suatu material
2. Bagaimanakah pengaruh permeabilitas dan temperatur tuang terhadap densitas suatu material

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Casting

Pengecoran adalah proses pembuatan benda kerja dari logam cair tanpa disertai tekanan pada saat logam cair mengisi rongga cetakan dan kemudian dibiarkan hingga membeku. Pengecoran merupakan suatu proses manufaktur untuk membuat produk yang memiliki bentuk geometri mendekati bentuk asli dari produk cor yang akan di buat.

## 2.2. Metode Pengecoran

Salah satu metode pengecoran adalah *sand casting* yang mana sampai sekarang masih banyak digunakan karena biaya produksi yang murah dan dapat memproduksi benda cor dengan kapasitas yang banyak.

## 2.3. Jenis Jenis Cetakan Pasir

Cetakan pasir dapat dibagi menjadi dua [2] yaitu :

- Cetakan pasir basah, proses pembuatan cetakan pasir basah adalah dengan mencampur pasir dan tanah liat dengan presentase yang diperlukan, namun kualitas yang superior biasanya dicapai ketika tanah liat berkualitas ditambahkan pada pasir murni, yaitu 2% sampai dengan 3% air dan melalui pencampuran didapatkan campuran pasir yang sudah siap diubah dan dicetak.
- Cetakan pasir kering, dibuat dengan menggunakan bahan pengikat tanah liat, kemudian cetakan dikeringkan dalam sebuah oven atau dengan bantuan panas lain sehingga cetakan benar-benar kering. Pengeringan cetakan dalam oven dapat memperkuat cetakan dan mengeringkan permukaan rongga cetakan. Cetakan pasir kering menghasilkan benda-benda coran yang sangat bersih dan sedikit gas yang dihasilkan.

## 2.4. Permeabilitas

Permeabilitas atau kemampuan alir gas adalah sifat yang paling penting terhadap hasil dari benda coran. Pasir cetak yang telah dipadatkan harus dapat mengalirkan uap dan gas-gas yang dilepaskan oleh logam panas pada waktu dilakukan penuangan kedalam cetakan. Apabila cetakan tidak bisa mengeluarkan atau mengalirkan gas-gas dengan baik, maka akan terjadi cacat coran yang berupa rongga udara atau lubang-lubang pada hasil coran. *Permeabilitas* ini tergantung pada beberapa faktor antara lain, bentuk butiran pasir, kehalusan, kadar air dan jumlah bahan pengikat [3]

## 2.5. Jenis-Jenis Cacat Pengecoran

Cacat-cacat pengecoran terdiri dari 6 jenis cacat [4] seperti : porositas, *Hot Tears and Cracks*, *Inclusion*, *Misruns*, *Cold Shuts*, *Shrinkage*.

## 2.6. Aluminium

Aluminium adalah salah satu logam ringan dan mempunyai sifat-sifat fisis dan mekanis yang baik, kekuatan tarik cukup tinggi, ringan, tahan korosi, *formability* yang baik dan sebagai penghantar panas/listrik yang baik sehingga banyak digunakan di bidang teknik misal bahan pada struktur pesawat. Aluminium menempati urutan ke-3 dari unsur-unsur dalam kerak bumi setelah oksigen dan silikon.

## 2.7. Sifat Fisik Aluminium

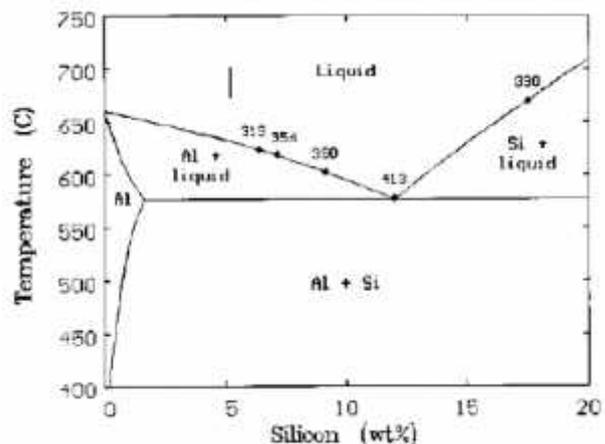
Aluminium mempunyai sifat fisik hantaran listrik yang tinggi. Hantaran listrik Aluminium kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya kira-kira sepertiganya memungkinkan untuk

memperluas penampangnya, oleh karena itu Aluminium dapat digunakan untuk kabel tembaga. Ketahanan korosi berubah menurut kemurniannya, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara dan tahan dalam bertahun-tahun.

## 2.8. Silikon

Silikon adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Si dan nomor atom 14. Senyawa yang dibentuk bersifat paramagnetik. Silikon merupakan elemen terbanyak kedelapan di alam semesta dari segi massanya, tapi sangat jarang ditemukan dalam bentuk murni di alam.

Silikon berbentuk padat pada suhu ruang, dengan titik lebur dan titik didih masing-masing 1400 dan 2800 °C. Silikon memiliki massa jenis yang lebih besar ketika dalam bentuk cair dibandingkan dalam bentuk padatnya. Diagram fasa pada paduan aluminium-silikon seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram fase Al-Si

## 2.9. Pengujian Spesimen

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian seperti, pengujian besarnya porositas dengan menggunakan pengukuran densitas, porositas dapat diamati dengan menggunakan SEM

### 2.9.1. Pengujian densitas dan porositas

Pengujian porositas dapat dilakukan dengan menggunakan dua cara yaitu: pengujian menggunakan perhitungan densitas dari spesimen dan dapat dilakukan menggunakan uji SEM

- Pengujian porositas menggunakan perhitungan densitas. Porositas yang terbentuk dapat diketahui dengan melakukan pengukuran densitas dengan menggunakan metode Piknometri dan perhitungan presentase porositas yang terjadi dapat diketahui dengan membandingkan densitas sampel material dengan densitas berdasarkan teori [5]. Densitas adalah besaran fisis yaitu perbandingan massa ( $m$ ) dengan volume benda ( $v$ ). Pengukuran densitas yang materialnya berbentuk padatan atau *bulk* digunakan metode Archimedes. Menghitung

nilai densitas sample dan teoritis digunakan persamaan:

Densitas Sample

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- m = Densitas sample (g)
- m<sub>s</sub> = Massa sample kering (g)
- m<sub>g</sub> = Massa sample yang direndam dalam air (g)
- ρ<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = Massa jenis air (1 g/cm<sup>3</sup>)

Densitas teoritis

$$p_{th} = Al.V_{Al} + Si.V_{Si} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

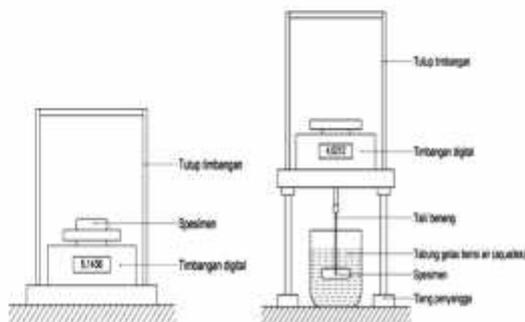
- th = Densitas teoritis (g/cm<sup>3</sup>)
- Al = Densitas Aluminium (2,70 g/cm<sup>3</sup>)
- Si = Densitas silikon (2,32 g/cm<sup>3</sup>)
- V<sub>Al</sub> = Fraksi volume Aluminium
- V<sub>Si</sub> = Fraksi volume silicon

Porositas dapat di definisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume ruang kosong yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari volume zat padat itu sendiri. Porositas dapat dinyatakan dengan persamaan.

$$Porosity = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

- m = Densitas sample (g/cm<sup>3</sup>)
- th = Densitas teoritis (g/cm<sup>3</sup>)



Gambar 2. Pengukuran densitas

**2.9.2. Pengamatan SEM**

SEM merupakan salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm [6].

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.

3. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

**3. Metode Penelitian**

Penelitian dan pengujian ini mempergunakan peralatan dan bahan sebagai berikut:

**3.1. Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan untuk proses pengecoran yaitu :

1. Pasir Cetak
2. Bentonite
3. Silikon
4. Aluminium

**3.2. Alat penelitian**

Alat yang digunakan penelitian dibagi 2 yaitu:

**3.2.1. Alat Pengecoran Spesimen**

1. Dapur Peleburan
2. Blower
3. Kowi
4. Timbangan
5. Permeabilitas Test
6. Cetakan Pasir

**3.2.2. Alat Uji Spesimen Hasil Pengecoran**

1. Timbangan digital
2. Varnier Caliper
3. Gergaji Mesin dan Gergaji Tangan
4. Amplas
5. Aoutosol
6. Kain Beludru
7. Alat Uji SEM

**3.3. Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dengan dua tahap yaitu pembuatan dan pengujian spesimen , dan dijelaskan secara mendetail pada setiap tahap sebagai berikut:

**3.3.1. Proses Pembuatan Spesimen**

Proses pengecoran ini bertujuan untuk memadukan Aluminium dengan silikon menjadi spesimen yang siap untuk diuji, berikut langkah-langkahnya :

1. Persiapkan alat dan bahan
2. Pembuatan cetakan
3. Pengukuran Permeabilitas
4. Peleburan logam
5. Penuangan ke cetakan
6. Pendinginan
7. Pembongkaran cetakan
8. Pemeriksaan hasil coran

**3.3.2. Proses Pengujian Spesimen**

Proses pembuatan spesimen untuk pengujian:

1. Pemotongan specimen
2. Pengukuran specimen
3. Pengamplasan

4. Pemolesan
5. Penimbangan berat specimen
6. Pengujian Densitas

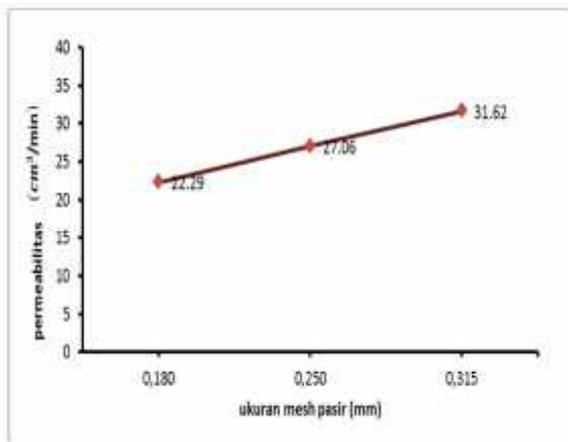
**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1. Data hasil pengukuran Permeabilitas**

**Tabel 1. Hasil pengukuran permeabilitas pasir**

No	Permeabilitas Test				Hasil
	Ukuran mesh Pasir silica (mm)	Persentase pasir	Persentase Bentonite	Persentase Air	
1	0,180	85 %	10 %	5 %	22,29 $cm^3/min$
2	0,250	85 %	10 %	5 %	27,06 $cm^3/min$
3	0,315	85 %	10 %	5 %	31,62 $cm^3/min$

Data hasil pengujian densitas dan porositas, selanjutnya dituliskan kedalam grafik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Grafik pengaruh ukuran mesh pasir terhadap permeabilitas.**

Hasil pengujian ukuran mesh pasir terhadap permeabilitas pasir diperoleh nilai permeabilitas sebagai berikut : ukuran pasir 0,0180 mm sampai 0,0315mm terdapat kenaikan nilai permeabilitas pasir yaitu 22,29, 27,06, dan 31,62  $cm^3/min$ , semakin besar nukuran mesh pasir maka semakin besar pula nilai permeabilitas yang dihasilkan, hasil pengujian permeabilitas pasir di dapat nilai permabilitas tertinggi ada pada campuran ukuran mesh pasir 0,315 yaitu : 31,62  $cm^3/min$  karena pada ukuran mesh 0,0315 mm nilai mesh pasir lebih besar nilainya dibandingkan ukuran mesh pasir lainnya. sehingga menyebabkan laju alir gas lebih besar pada saat pengukuran permeabilitas pada

proses pengukuran permeabilitas test yang ada dilaboratorium mesin. Gambar 4 memperlihatkan specimen pengukuran permeabilitas.



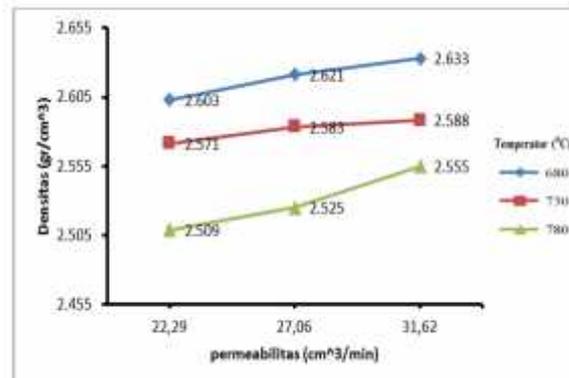
**Gambar 4. Spesimen pengukuran permeabilitas**

**4.3. Data Hasil Perhitungan dan Pembahasan Densitas**

**Table 2. Pengaruh permeabilitas dan temperatur tuang terhadap densitas ( $gr/cm^3$ ).**

Permeabilitas ( $cm^3/min$ )	Temperatur ( $^{\circ}C$ )		
	680	730	780
22,29	2.609	2.569	2.510
	2.589	2.573	2.496
	2.611	2.571	2.520
Rata-rata	2.603	2.571	2.509
27,06	2.593	2.570	2.527
	2.662	2.572	2.513
	2.610	2.607	2.535
Rata-rata	2.621	2.583	2.525
31,62	2.643	2.560	2.553
	2.629	2.586	2.567
	2.629	2.620	2.544
Rata-rata	2.633	2.588	2.555

Dari data hasil pengujian densitas dan porositas, selanjutnya dituliskan kedalam grafik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5. Grafik pengaruh permeabilitas dan temperatur tuang terhadap densitas ( $gr/cm^3$ ).**

Gambar 5 dapat diketahui bahwa perhitungan densitas paduan aluminium silikon (Al-Si) pada temperatur 680 sampai 780  $^{\circ}C$  dan permeabilitas 22,29 sampai 31,62  $cm^3/min$  Mendapatkan data sebagai berikut :

Pengecoran pada temperatur 680 sampai 780  $^{\circ}C$  mengalami penurunan nilai densitas dari temperatur yang lebih rendah ke temperatur yang lebih tinggi, penyebabnya yaitu kondisi temperatur penguangan

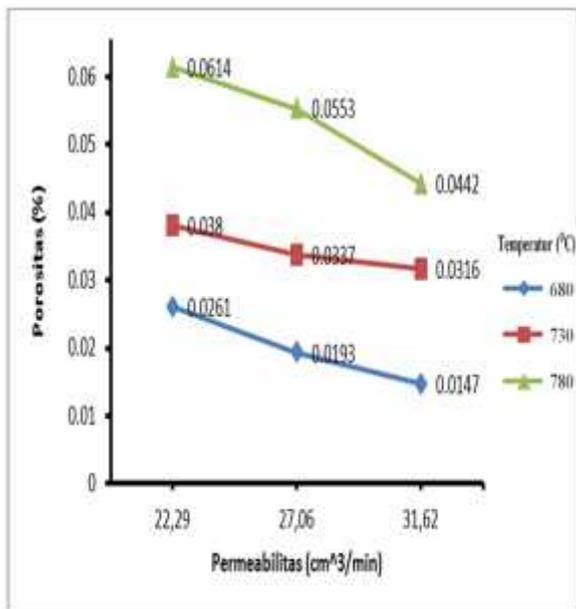
yang lebih rendah menyebabkan butiran kristal cenderung merapat sehingga tidak ada ruang kosong yang terjadi, sedangkan pada permeabilitas 22,29 sampai 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$  mengalami kenaikan nilai densitasnya dari nilai permeabilitas yang paling kecil ke yang lebih besar.

**4.4 Data Hasil Perhitungan dan Pembahasan Porositas**

**Tabel 3. Pengaruh permeabilitas dan temperatur tuang terhadap porositas (%).**

Permeabilitas ( $\text{cm}^3/\text{min}$ )	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )		
	680	730	780
22,29	0.0237	0.0386	0.0607
	0.0313	0.0374	0.0662
	0.0232	0.0379	0.0573
Rata-rata	0.0261	0.0380	0.0614
27,06	0.0298	0.0385	0.0546
	0.0040	0.0377	0.0597
	0.0234	0.0248	0.0516
Rata-rata	0.0193	0.0337	0.0553
31,62	0.0112	0.0423	0.0449
	0.0165	0.0324	0.0396
	0.0165	0.0199	0.0482
Rata-rata	0.0147	0.0316	0.0442

Dari data hasil pengujian densitas dan porositas, selanjutnya dituliskan kedalam grafik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar6.

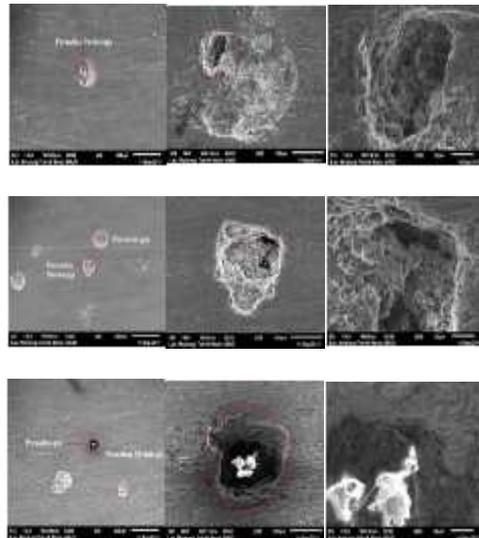


**Gambar 6. Grafik pengaruh permeabilitas dan temperatur tuang terhadap porositas (%).**

Gambar 6 dapat diketahui bahwa perhitungan porositas paduan aluminium silikon (Al-Si) pada temperatur 680 sampai 780  $^{\circ}\text{C}$  dan permeabilitas 22,29 sampai 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$  Mendapatkan data sebagai berikut :

Semakin tinggi temperatur penuangan semakin besar pula nilai porositas yang terjadi sedangkan nilai permeabilitas berpengaruh terhadap nilai porositas yaitu dilihat dari grafik bahwa semakin tinggi nilai permeabilitas maka nilai porositas semakin kecil hal ini di sebabkan oleh kecepatan laju aliran gas lebih mudah karena gas mudah keluar dari dalam cetakan.

**4.4 Data Hasil Analisa Jenis Porositas dengan Pengamatan SEM**



**Gambar 7. Pengamatan porositas menggunakan SEM**

Hasil pengamatan dengan menggunakan SEM menunjukkan adanya perbedaan tinggi rendah permukaan, yang dibuktikan dari warna gelap dan terangnya suatu permukaan. Semakin gelap gambar permukaan spesimen maka semakin dalam lubang gas atau disebut porositas gas yang diakibatkan terperangkapnya gas di dalam material coran dan terdapat porositas *shrinkage* yang terjadi akibat adanya gas hidrogen yang terserap atau tercampur dalam logam cair selama proses penuangan.

**5. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pengecoran aluminium silikon (Al-Si) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Hasil pengujian material yang menggunakan temperatur penuangan 680 sampai 780  $^{\circ}\text{C}$  dan permeabilitas 22,29 sampai 31,62  $\text{cm}^3/\text{min}$  mendapatkan nilai porositas yaitu : semakin tinggi temperatur penuangan, maka semakin besar nilai porositas yang terjadi, sedangkan nilai permeabilitas berpengaruh terhadap nilai porositasnya yaitu : semakin rendah nilai permeabilitas maka nilai porositas semakin tinggi penyebabnya yaitu kecepatan laju aliran gas lebih sulit karena gas terperangkap di dalam cetakan pada saat proses pengecoran dan cacat porositas dipengaruhi oleh temperatur penuangan. Nilai densitas menurun dari temperatur yang lebih rendah ke temperatur yang lebih tinggi, penyebabnya yaitu kondisi temperatur

penuangan yang lebih rendah. Hasil pengamatan SEM mempertegas hasil perhitungan porositas, karena menunjukkan adanya perbedaan tinggi rendah permukaan, yang dibuktikan dari warna gelap dan terangnya suatu permukaan dari gambar hasil SEM. Semakin gelap gambar permukaan spesimen maka semakin dalam lubang gas yang diakibatkan terperangkapnya gas di dalam material coran.

#### Daftar Pustaka

- [1] Hermawan, dkk. *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang pada Pengecoran*, 2003.
- [2] Wibowo, Agung Dwi. *Pengaruh Variasi Jenis Cetakan dan Penambahan Serbuk Dry Cell Bekas Terhadap Porositas Hasil Remelting Al-9%Si Berbasis Piston Bekas*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta, 2011.
- [3] Astika I Made, Negara, D.N.K.P., Susantika, Made Agus. *Pengaruh Jenis Pasir Cetakan dengan Zat Pengikat Bentonit terhadap Sifat Permeabilitas dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan (Sand Casting)*. Jurnal Ilmiah. Teknik Mesin Universitas Udayana. 2010
- [4] Lampman. *Casting Design and Performance* United States of America, 2009.
- [5] Taylor, R. P., McClain, S. T. & Berry, J.T. *Uncertainty Analysis of Metal Casting Porosity Measurement Using Archimedes Principle*. International Journal of Cast Metals Research, 1999.
- [6] Nugroho Y, Tersedia *eprints.undip.ac.id*, 2012 (Diakses tanggal 10 Maret 2016 )