

Pengaruh Permeabilitas Cetakan Pasir dan Penambahan Silikon(Si) pada Proses Pengecoran Terhadap Kekerasan, Porositas dan Struktur Mikro Alumunium Silikon (Al-Si)

Sihar J. Siagian, I Ketut Gede Sugita dan Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pengecoran merupakan proses pencairan logam yang selanjutnya di tuangkan ke dalam rongga cetakan dan dibiarkan membeku. Proses pengecoran logam dengan variasi permeabilitas dan variasi silikon dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekerasan, porositas dan struktur mikro. Variasi permeabilitas dilakukan dengan perbedaan ukuran pasir yaitu: 0,180 mm, 0,250 mm dan 0,315 mm, dan variasi silikon terhadap alumunium dilakukan dengan perbedaan persentase silikon yaitu: 5% ;7% dan 10%. Hasil permeabilitas dengan ukuran pasir 0,180 mm adalah 22,29 cm³/min, dengan ukuran pasir 0,250 mm adalah 27,06 cm³/min dan dengan ukuran pasir 0,315 mm adalah 31,62 cm³/min. Pengujian yang dilakukan yaitu: uji permeabilitas, uji kekerasan vikers, uji densitas untuk mengetahui nilai porositas. Permeabilitas 22,29 cm³/min dan silikon 5% didapati nilai kekerasan 29,195 Kg/mm² dan nilai porositas 1,46%, permeabilitas 27,06 cm³/min dan silikon 5% didapati nilai kekerasan 29,428 Kg/mm² dan nilai porositas 1,27%, permeabilitas 31,62 cm³/min dan silikon 5% didapati nilai kekerasan 33,859 Kg/mm² dan nilai porositas 0,68%, permeabilitas 22,29 cm³/min dan silikon 7% didapati nilai kekerasan 29,428 Kg/mm² dan nilai porositas 3,41%, permeabilitas 27,06 cm³/min dan silikon 7% didapati nilai kekerasan 29,902 Kg/mm² dan nilai porositas 2,10%, permeabilitas 31,62 cm³/min dan silikon 7% didapati nilai kekerasan 34,445 Kg/mm² dan nilai porositas 1,88%, permeabilitas 22,29 cm³/min dan silikon 10% didapati nilai kekerasan 37,618 Kg/mm² dan nilai porositas 4,70%, permeabilitas 27,06 cm³/min dan silikon 10% didapati nilai kekerasan 39,372 Kg/mm² dan nilai porositas 4,17%, permeabilitas 31,62 cm³/min dan silikon 10% didapati nilai kekerasan 42,040 Kg/mm² dan nilai porositas 3,09%. Variasi permeabilitas dan silikon berpengaruh terhadap struktur mikro.

Kata Kunci: permeabilitas, alumunium silikon, pengecoran, kekerasan, porositas, struktur mikro

Abstract

Casting is a process of melting metal then poured into the mold cavity and left to freeze. The process of casting metals with permeability variations and silicon variations is done to determine the effect on hardness, porosity and microstructure. The permeability variations was done by difference of sand size that is: 0,180 mm, 0,250 mm and 0,315 mm, and silicon variations to alumunium was done with different percentage of silicon that is: 5%, 7% and 10%. The result of permeability with sand size 0,180 mm is 22,29 cm³/min, with sand size 0,250 mm is 27,06 cm³/min and with sand size 0,315 mm is 31,62 cm³/min. Tests conducted are: permeability test, vikers hardness test, and density test to determine the value of porosity. Permeability of 22,29 cm³/min and 5% silicon was found to be hardness value 29,195 Kg/mm² and porosity value 1,46%, permeability of 27,06 cm³/min and 5% silicon was found to be hardness value 29,428 Kg/mm² and porosity value 1,27%, permeability of 31,62 cm³/min and 5% silicon was found to be hardness value 33,859 Kg/mm² and porosity value 0,68%, permeability of 22,29 cm³/min and 7% silicon was found to be hardness value 29,428 Kg/mm² and porosity value 3,41%, permeability of 27,06 cm³/min and 7% silicon was found to be hardness value 29,902 Kg/mm² and porosity value 2,10%, permeability of 31,62 cm³/min and 7% silicon was found to be hardness value 34,445 Kg/mm² and porosity value 1,88%, permeability of 22,29 cm³/min and 10% silicon was found to be hardness value 37,618 Kg/mm² and porosity value 4,70%, permeability of 27,06 cm³/min and 10% silicon was found to be hardness value 39,372 Kg/mm² and porosity value 4,17%, permeability of 31,62 cm³/min and 10% silicon was found to be hardness value 42,040 Kg/mm² and porosity value 3,09%. Variations of permeability and silicon affect the micro structure.

Keywords : permeability, aluminum silicon, casting, porosity hardness and microstructure

1. Pendahuluan

Paduan alumunium-silikon (Al-Si) digunakan secara luas di bidang otomotif, khususnya untuk piston karena memiliki ketahanan aus dan korosi yang baik, koefisiensi ekspansi termal yang rendah, dan memiliki rasio kekuatan dan berat yang tinggi (Nindhia, 2010).

Elemen silikon ditambahkan pada besi cor menjadi ferrosilikon atau silikokalsium untuk meningkatkan kemampuan pada bagian yang tipis

dan menghindari pembentukan sementit ketika terkena udara luar. Campuran silikon pada alumunium cor membentuk campuran eutektik yang memadat dengan kontraksi termal sangat kecil.

Pada proses pengecoran logam tidak semua hasil pengecoran dapat digunakan karena ada cacat-cacat produk yang sering

dijumpai atau tidak memenuhi spesifikasi dari hasil coran, seperti cacat permukaan kasar, porositas, rongga udara (*blow hole*) dan juga unsur-unsur pengotor (*impurity*). Timbulnya cacat-cacat tersebut dipengaruhi beberapa hal diantaranya kemampuan alir gas (permeabilitas) dan kekuatan cetak yang kurang baik. (Qohar, 2016).

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

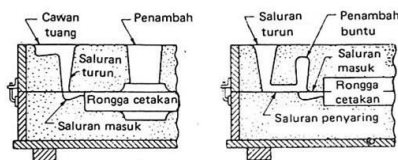
1. Bagaimanakah pengaruh permeabilitas terhadap kekerasan, porositas dan struktur mikro suatu hasil coran
2. Bagaimanakah pengaruh variasi silikon terhadap kekerasan, porositas dan struktur mikro hasil coran

Beberapa batasan masalah ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Bahan yang diteliti adalah logam paduan aluminium silikon dengan variasi zat pengikat pada pasir cetak yaitu bentonite 4%, 6% dan 8%.
2. Bahan yang diteliti adalah logam paduan aluminium silikon dengan variasi silikon 5%, 7%, dan 10%.

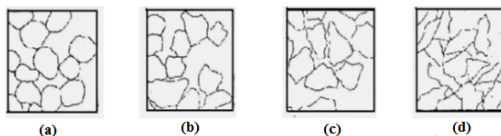
2. Dasar Teori

Pengecoran menggunakan cetakan pasir merupakan teknik pengecoran tertua di dunia. Teknik pengecoran cetakan pasir ini sampai sekarang masih banyak digunakan karena biaya produksi yang murah dan dapat memproduksi benda cor dengan kapasitas yang banyak.



Gambar 1. Pengecoran dengan cetakan pasir

Pasir cetak yang paling lazim dipergunakan adalah pasir gunung berasal dari gunung berwarna cenderung hitam, pasir pantai berasal dari pantai laut berwarna coklat agak kehitaman, pasir sungai berasal dari sungai berwarna kehitaman, dan pasir silika berasal dari persediaan alam berwarna kekuningan. Bentuk butir pasir ada yang bulat, sebagian bersudut, bersudut, dan berkrystal.



Gambar 2. Bentuk butir-butir pasir cetak (a) butir pasir bulat, (b) butir pasir setengah bersudut, (c) butir pasir bersudut, (d) butir pasir kristal

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.

3. Metode Penelitian

3.1 Proses pembuatan spesimen

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

1. Persiapan alat dan bahan

Persiapan peralatan dan bahan dilakukan sebelum melakukan proses pengecoran dan pengujian, tujuan langkah ini adalah mempermudah dalam proses pengecoran dan pengujian.

2. Pembuatan cetakan

Pada pengecoran ini menggunakan teknik pengecoran menggunakan cetakan pasir maka memerlukan komposisi paduan seperti berikut diantaranya 85% pasir silika, 10% bentonit (tanah liat) dan 5% air sebagai media menyatukan antara pasir dengan bentonit.

3. Pengukuran Permeabilitas

Ruangan antara butir-butir pasir perlu untuk cetakan agar gas yang timbul selama penuangan logam cair dapat dialirkan keluar cetakan, dengan kecepatan tertentu, sehingga tidak terjadi cacat pada benda tuang. Pengukuran permeabilitas ditentukan oleh tekanan dan waktu yang diperlukan untuk mengalirkan udara melalui pasir cetak.

4. Peleburan logam

Logam Aluminium paduan yang sudah dipersiapkan dimasukan kedalam kowi sebagai wadah tempat mencairnya logam , kemudian kowi dimasukan kedalam dapur peleburan. Panaskan hingga paduan Aluminium mencair sesuai temperatur yang sudah di tetapkan. Dengan variasi komposisi paduan Aluminium dan silicon yaitu (95% Al-5% Si), (93% Al-7% Si) dan (90% Al-10% Si).

5. Penuangan ke cetakan

Pada proses penuangan ini harus dilakukan dengan hati-hati karena akan berpengaruh pada produk cor yang akan dibuat. Pada saat melakukan penuangan sebaiknya dilakukan dengan stabil dengan laju penuangan yang tidak terlalu cepat serta terlalu lambat.

6. Pendinginan

Logam paduan aluminium yang sudah dituang kedalam cetakan dibiarkan mendingin hingga mencapai suhu kamar.

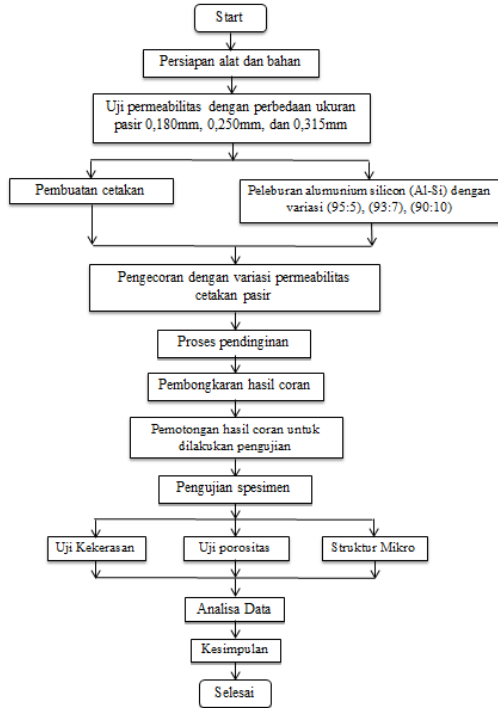
7. Pembongkaran cetakan

Paduan yang sudah membeku dikeluarkan dari dalam cetakan dan dibersihkan dari pasir yang menempel.

8. Pemeriksaan hasil coran

Setelah logam coran dibersihkan dari pasir yang menempel serta dipisahkan dari sistem saluran, ukuran dari benda coran juga diperiksa apakah sesuai dengan yang diinginkan.

3.2 Diagram alir penelitian



3.3 Pengujian spesimen

Setelah spesimen hasil pengecoran dilakukan pemeriksaan maka dilakukan proses pengujian. Pengujian yang dilakukan yaitu:

1. Pengujian permeabilitas pasir



Gambar 3. Alat uji permeabilitas

Perhitungan permeabilitas pasir

$$P = \frac{QxL}{pxAxt}$$

Dimana :

P = Permeabilitas (cm^3/min)

L = Luas irisan (cm^2)

A = Panjang spesimen (cm)

t = Waktu untuk melewati Q (menit)

Q = Volume udara (cm^3)

p = Tekanan udara (cm)

2. Pengujian kekerasan vickers



Gambar 4. Alat uji kekerasan vickers

Perhitungan kekerasan vickers

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{1.854P}{d^2}$$

Dimana :

VHN = Angka kekerasan Vickers

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

3. Pengujian densitas untuk mengetahui nilai porositas



Gambar 5. Alat uji densitas

Densitas Sample

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

Dimana :

ρ_m = Densitas sample (g)

m_s = Massa sample kering (g)

m_g = Massa sample yang direndam dalam air (g)

ρ_{H_2O} = Massa jenis air (1 g/cm³) / (1000kg/m³)

Densitas teoritis

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{Si} \cdot V_{Si}$$

Dimana :

ρ_{th} = Densitas teoritis (g/cm³)

ρ_{Al} = Densitas aluminium (g/cm³)

ρ_{Si} = Densitas silikon (g/cm³)

V_{Al} = Fraksi volume aluminium

V_{Si} = Fraksi volume silicon

Porositas

$$\text{Porositas} = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}}$$

ρ_m = Densitas sample (g/cm³)

ρ_{th} = Densitas teoritis (g/cm³)

4. Pengamatan struktur mikro



Gambar 6. Pengamatan struktur mikro

Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa jenis faktor seperti, elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan. Pengujian struktur mikro atau mikrografi dilakukan dengan bantuan mikroskop dengan koefisiensi pembesaran dan metode kerja yang bervariasi.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil pengujian permeabilitas pasir

Pasir yang digunakan untuk pengecoran spesimen uji adalah pasir silika. Pasir yang digunakan untuk percobaan ini mempunyai ukuran antara 0,180mm, 0,250mm dan 0,315mm. Setelah penelitian dilakukan sesuai dengan rancangan

penelitian, maka diperoleh data hasil permeabilitas pasir sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil uji permeabilitas

Ukuran Pasir (mm)	Permeabilitas (cm ³ /min)
0,180	22,29
0,250	27,06
0,315	31,62

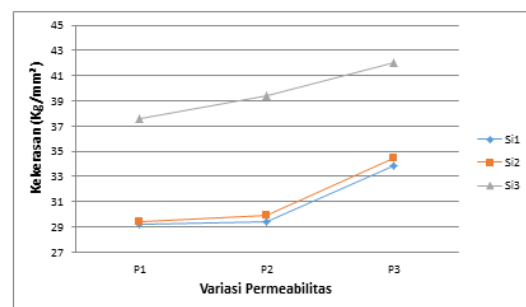
4.2 Hasil uji kekerasan

Pengujian Kekerasan dilaksanakan sesuai dengan prosedur pelaksanaan penelitian. Besarnya tingkat kekerasan dari bahan dapat dianalisis melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut.

Berdasarkan pengujian kekerasan yang telah dilakukan dengan mengikuti persamaan perhitungan kekerasan vickers, maka didapatkan hasil yang menunjukkan nilai kekerasan spesimen pada table berikut:

Tabel 2. Hasil uji kekerasan

Persentase Silikon (%)	Permeabilitas (cm ³ /min)	Kekerasan (Kg/mm ²)
5	22,29	29,195
5	27,06	29,428
5	31,62	33,859
7	22,29	29,428
7	27,06	29,902
7	31,62	34,445
10	22,29	37,618
10	27,06	39,372
10	31,62	42,040



Gambar 7. Grafik Hasil variasi permeabilitas dan silikon terhadap kekerasan

Pengujian kekerasan yang telah dilakukan, didapati hasil bahwa semakin besar angka permeabilitasnya maka semakin besar angka kekerasannya, ini dipengaruhi oleh udara atau gas-gas yang terperangkap dalam cetakan bisa lebih mudah dialiri sehingga akan meningkatkan angka

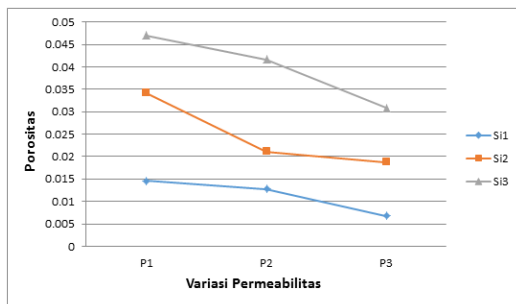
kekerasan dari material tersebut. Semakin besar persentase silikon maka semakin besar angka kekerasannya, ini dipengaruhi oleh karakteristik silikon yang mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dari pada aluminium.

4.3 Hasil uji densitas untuk mengetahui nilai porositas

Spesimen diketahui densitas sampel dan densitas teoritis selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai porositas, kemudian dituliskan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan porositas

Persentase Silikon (%)	Permeabilitas (cm ³ /min)	Porositas
5	22,29	0,0146
5	27,06	0,0127
5	31,62	0,0068
7	22,29	0,0341
7	27,06	0,0210
7	31,62	0,0188
10	22,29	0,0470
10	27,06	0,0417
10	31,62	0,0309



Gambar 8. Grafik Hasil variasi permeabilitas dan silikon terhadap porositas

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai permeabilitas berpengaruh terhadap nilai porositas yaitu nilai porositas paling kecil yaitu 0,0068 atau 0,68%, terdapat pada permeabilitas 31,62 cm³/min, salah satu penyebabnya yaitu kecepatan laju aliran gas lebih mudah keluar dari dalam cetakan. Sedangkan nilai porositas yang paling besar terdapat pada variasi silikon 10%, karena semakin besar penambahan silikon akan menyebabkan bertambahnya porositas, hal ini disebabkan oleh densitas silikon yang lebih kecil daripada densitas aluminium sehingga densitas teoritisnya semakin kecil pula dan akan berpengaruh pada nilai porositasnya.

4.4 Hasil pengamatan struktur mikro

Gambar struktur mikro menampilkan struktur mikro dari material Aluminium Silikon (Al-Si) melalui proses pengecoran.

Tabel 4. Hasil pengamatan struktu mikro

No	Spesimen	Foto Struktur Mikro
1	Variasi Permeabilitas 1 dengan variasi silikon 5%	
2	Variasi Permeabilitas 2 dengan variasi silikon 5%	
3	Variasi Permeabilitas 3 dengan variasi silikon 5%	
4	Variasi Permeabilitas 1 dengan variasi silikon 7%	
5	Variasi Permeabilitas 2 dengan variasi silikon 7%	
6	Variasi Permeabilitas 3 dengan variasi silikon 7%	
7	Variasi Permeabilitas 1 dengan variasi silikon 10%	
8	Variasi Permeabilitas 2 dengan variasi silikon 10%	
9	Variasi Permeabilitas 3 dengan variasi silikon 10%	

Gambar struktur mikro pada tabel 4 dengan variasi silikon 5% menunjukkan terdapat fase α dengan batas butir yang kecil, sehingga jarak antar butir menjadi sangat dekat. Struktur di dominasi

oleh fasa α , dimana ukuran cenderung memanjang yang sedikit.

Struktur mikro berturut-turut tabel 4 dari variasi silikon 5%, 7%, dan 10% memperlihatkan semakin banyak persentase silikon maka bentuk dendrit semakin pipih, membulat dan mengecil, bahkan jarak antar dendrit semakin besar dan melebar. Kecacatan yang tampak adalah cacat gas porositas yang menunjukkan terdapatnya udara yang terperangkap pada saat pengecoran produk.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi permeabilitas berpengaruh terhadap nilai porositas yaitu kecepatan laju aliran gas lebih mudah keluar dari dalam cetakan. Sehingga gas yang terperangkap saat penuangan ke dalam cetakan lebih sedikit. Variasi permeabilitas berpengaruh terhadap nilai kekerasan yaitu semakin besar angka permeabilitasnya maka semakin besar angka kekerasannya. Variasi permeabilitas berpengaruh terhadap struktur mikro yaitu adanya perbedaan tinggi rendah permukaan, yang dibuktikan dari warna gelap dan terangnya suatu permukaan pada gambar hasil pengamatan struktur mikro.

2. Variasi silikon berpengaruh terhadap nilai porositas yaitu semakin besar penambahan silikon akan menyebabkan bertambahnya porositas. Variasi silikon berpengaruh terhadap nilai kekerasan yaitu semakin besar persentase silikon maka semakin besar angka kekerasannya. Variasi silikon berpengaruh terhadap struktur mikro yaitu pada struktur mikro didominasi oleh dendrit α dimana semakin persentase silikon, menyebabkan bentuk dari dendrit α semakin memanjang dan memipih yang mengindikasikan material semakin tinggi angka kekerasannya.

Daftar Pustaka

- [1] Astika I Made, Negara, D.N.K.P., dan Susantika, Made Agus, (2010), *Pengaruh Jenis Pasir Cetakan dengan Zat Pengikat Bentonit terhadap Sifat Permeabilitas dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan (Sand Casting)*. Teknik Mesin Universitas Udayana.
- [2] Brown, J.R., (1999), *Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook*, Butterworth Heinemana.
- [3] Budinski, G, Kenneth, (1996), *Engineering Material Properties and Selection*, New Jersey.
- [4] Budinski, G, Kenneth, (2001), *Engineering Material Properties and Selection*. New Jersey: Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs.
- [5] Firdaus, dkk, (2002), *Analisis Struktur Mikro, Porositas, dan Kekerasan Paduan Al-Si Hasil Coran Perah*. Jurnal sains Material Indonesia. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- [6] Hermawan, dkk, (2003), *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang pada Pengecoran*.
- [7] Lampman, (2009), *Casting Design and Performance*. United States of America.
- [8] Nindhia, T.G.T., (2010), *Studi Struktur mikro Silikon dalam Paduan Aluminium-Silikon pada Piston dari Berbagai Merek Sepeda Motor*, Jurnal Ilmiah. Teknik Mesin Universitas Udayana.
- [9] Pratama I Nyoman A.P, (2015), *Pengaruh Temperatur Penuangan Terhadap Densitas dan Porositas Paduan Alumunium Silikon (Al-7%Si) dengan Metode Evaporative Casting*, Jurnal Ilmiah. Teknik Mesin Universitas Udayana.
- [10] Pratiwi, Diah Kusuma, (2012), *Hubungan Jenis Cetakan Terhadap Kualitas Produk Cor Aluminium*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya.
- [11] Suhardi dan Chijiwa, (1982), *Ilmu Bahan (Buku Pegangan Kuliah)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [12] Surdia, Tata. & Saito, S., (1985), *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [13] Taylor, R. P., McClain, S. T. & Berry, J.T., (1999), *Uncertainty Analysis of Metal Casting Porosity Measurement Using Archimedes Principle*. International Journal of Cast Metals Research.
- [14] Wibowo, Agung Dwi, (2011), *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.
- [15] Qohar, Abdul, (2016), *Pengaruh Permeabilitas Cetakan Pasir dan Penambahan Silikon (Si) Pada Proses Pengecoran Terhadap Kekerasan, Porositas dan Struktur Mikro Alumunium Silikon (Al-Si)*. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Udayana.