

# Pengaruh Permeabilitas Cetakan Pasir Dan Temperatur Tuang Pada Proses Pengecoran Aluminium Silikon (Al-7%Si) Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Struktur Mikro

Sujana Lingga, I Ketut Gede Sugita, A A I A S Komaladewi  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

*Pengecoran merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku/bahan benda dimana pengendalian kualitas benda kerja dimulai sejak bahan masih dalam keadaan mentah. Komposisi unsur serta kadarnya dianalisis agar diperoleh suatu sifat bahan sesuai dengan kebutuhan sifat produk yang direncanakan. Pengecoran juga dapat didefinisikan proses manufaktur di mana bahan cair dituangkan ke dalam cetakan yang berisi rongga-rongga dari bentuk yang diinginkan.*

*Proses pengecoran logam dengan variasi permeabilitas dan variasi temperatur tuang untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro. Variasi permeabilitas dilakukan dengan perbedaan ukuran pasir yaitu : 0.180 mm ; 0.250 mm dan 0.315 mm, dan variasi temperatur tuang yaitu : 680<sup>0</sup>C ; 730<sup>0</sup>C dan 780<sup>0</sup>C. Pengujian yang dilakukan yaitu ; uji tarik, kekerasan spesimen hasil pengecoran dan pengamatan struktur mikro dengan foto struktur mikro. Data yang diperoleh kemudian dianalisis kemudian dilakukan pengambilan kesimpulan.*

*Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi permeabilitas dan temperatur tuang berpengaruh terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro, dimana hasil pengujian tarik dan kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekuatan tertinggi diperoleh pada temperatur tuang 680<sup>0</sup>C dengan nilai permeabilitas 31.62 cm<sup>3</sup>/min, yaitu kekuatan tarik sebesar 113,194 MPa dan nilai kekerasan 103 kg/mm<sup>2</sup>.*

*Kata Kunci : permeabilitas, temperatur tuang, aluminium silikon, pengecoran, uji tarik, uji kekerasan, struktur mikro*

## Abstract

*Casting is one of the process of forming raw materials / material objects where the quality control of workpieces started since the material is still in a raw state. The composition of the elements and levels are analyzed to obtain a material properties in accordance with the needs of the nature of the planned product. Casting can also be defined in the manufacturing process in which the liquid material is poured into the mold containing the cavities of the desired shape.*

*Metal casting process with variation of permeability and variation of casting temperature to know its effect to tensile strength, hardness and micro structure. The variation of permeability is done with sand size difference that is: 0,180 mm; 0,250 mm and 0,315 mm, and variations in pour temperature ie: 6800C; 7300C and 7800C. Tests conducted are; tensile test, hardness of foundry specimen and micro structure observation with photo of mikro structure. Data obtained then analyzed then done conclusion.*

*The result of this research shows that the variation of permeability and temperature of puang have effect to tensile strength, hardness and microstructure, where tensile and hardness test results show that the highest strength value is obtained at a temperature of 6800C with permeability 31,62 cm<sup>3</sup> / min, ie tensile strength of 113,194 MPa and hardness value 103 kg / mm<sup>2</sup>.*

*Key words : permeability, casting temperature, aluminium silicon, casting, tensile strength, hardness, microstructure*

## 1. Pendahuluan

Pengecoran ialah pembentukan bahan baku dengan cara mencairkan logam lalu di tuangkan pada cetakan dan dibiarkan membeku, yang merupakan proses penting dalam pengembangan industri.

Pada proses pengecoran sering juga di jumpai cacat produk seperti porositas dan juga rongga udara (*blow hole*). Kesalahan tersebut dipengaruhi beberapa hal diantaranya kemampuan cetakan untuk melepaskan gas-gas yang terperangkap pada proses penguangan logam cair (permeabilitas).

Komposisi kimia logam cair juga sangat berpengaruh terhadap kualitas benda hasil pengecoran, biasanya industri otomotif menggunakan

komposisi logam paduan aluminium silikon dan lainnya, Paduan aluminium-silikon (Al-Si) digunakan secara luas di bidang otomotif [1]. Dalam hal ini ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimanakah pengaruh permeabilitas cetakan pasir dan temperatur tuang pada proses pengecoran aluminium silikon (Al-7%Si) terhadap kekuatan tarik dan kekerasan suatu produk.
2. Bagaimanakah pengaruh permeabilitas cetakan pasir dan temperatur tuang pada proses pengecoran aluminium silikon (Al-7%Si) terhadap struktur mikro suatu produk.

## 2. Dasar teori

### 2.1 Pengecoran(Casting)

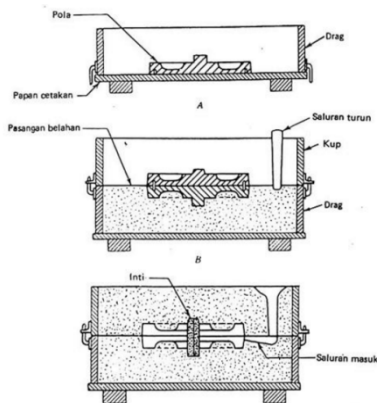
Pengecoran ialah suatu proses menufaktur yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang bebas cacat, ekonomis dan berkualitas.

### 2.2 Metode Pengecoran

Ada beberapa metode pengecoran yang dapat dilakukan salah satunya yaitu pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir (*sand casting*). Pengecoran ini dapat digunakan untuk membuat benda yang rumit maupun berukuran besar, yang menggunakan bahan dasar pasir pada cetaknya.

#### 2.2.1 Bagian-bagian dari Cetakan Pasir

Cetakan Pasir memiliki beberapa bagian seperti pada gambar 1 :



Gambar 1 Bagian-bagian cetakan pasir

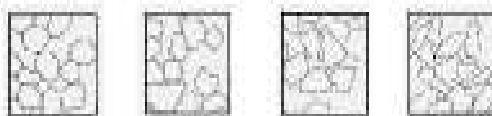
#### 2.2.2 Jenis-jenis cetakan pasir

Cetakan pasir dibagi menjadi dua [2], yaitu :

- Cetakan pasir basah, dengan mencampurkan bahan dasar pasir dan tanah liat sebanyak yang diperlukan, lalu menambahkan sekitar 2%-3% air yang menghasilkan campuran pasir yang siap dicetak
- Cetakan pasir kering, diproses menggunakan bahan pengikat seperti tanah liat, lalu dikeringkan dengan bantuan pemanas seperti oven sehingga menjadi lebih kuat dan keras yang nantinya menghasilkan produk yang bersih dan sedikit gas yang dihasilkan.

#### 2.2.3 Susunan Pasir Cetak

Susunan pasir cetak beragam sesuai dengan bentuk butir pasirnya, seperti pada gambar 2



Gambar 2 Bentuk butir-butir pasir cetak

#### 2.2.4 Pasir

Pasir merupakan bahan dasar cetakan yang memiliki bentuk beragam, butiran pasir dengan bentuk bulat menghasilkan permeabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan butir pasir berbentuk kristal yang memerlukan lebih banyak bahan pengikat.

#### 2.3 Permeabilitas

Permeabilitastergantung pada besar butir, bentuk butir, kadar air, dan kadar tanah liatnya, yang memiliki pengaruh paling penting untuk melepaskan udara/gas yang terperangkap pada cetakan.

#### 2.4 Aluminium

Aluminium merupakan logam yang baik dalam menghantarkan panas/listrik sehingga banyak dipergunakan di bidang teknik seperti pembuatan struktur pesawat karena memiliki sifat fisis dan mekanis yang baik.

##### 2.4.1 Sifat Fisik Aluminium

Adapun sifat fisik aluminium dapat dilihat pada tabel 1 :

Tabel 1 sifat fisik Aluminium

Sifat fisik	
Wujud	Padat
Massa jenis	2,70 g/cm <sup>3</sup>
Massa jenis wujud cair	2,373 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	933,47 °K, 660,32 °C
Titik didih	2792 °K, 2519 °C, 4566 °F
Kalor jenis (25 °C)	24,2 J/mol K
Resistansi listrik	28,2 n m
Koduktivitas Termal (300K)	237 W/m K
Pemuaian termal (25 °C)	23,1 µm/m K
Modulus young	70 Gpa
Modulus Geser	26 Gpa
Poisson ratio	0,35
Kekerasa skala Brinnel	245 Mpa
Kekerasan skala Vickers	167 Mpa

##### 2.4.2 Sifat Mekanik Aluminium

Adapun sifat mekanik aluminium dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Sifat mekanik aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		> 99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik (MPa)	48,05	113,75	91,20	164,75
Kekuatan luluh (MPa)	12,74	107,87	34,32	145,13
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinnel	17	27	23	44

## 2.5 Silikon

Silikon dalam tabel periodik dilambangkan dengan Si dan memiliki nomor atom 14 yang merupakan elemen terbanyak kedelapan dari segi jumlah massanya.

### 2.5.1 Sifat Fisik Silikon

Silikon yang berbentuk padat pada suhu ruang dan memiliki memiliki konduktivitas thermal yang tinggi yaitu 149 W/m K.

## 2.6 Pengujian Spesimen

Pengujian material yang dilakukan meliputi pengujian mekanik dan *Metallography*, pengujian mekanik dilakukan dengan uji tarik dan kekerasan, pengujian *Metallography* material dilakukan dengan uji struktur mikro.

### 2.6.1 Uji Tarik

Tegangan - Regangan adalah tegangan rata - rata (Average Stress) longitudinal dari benda uji yaitu:

$$\tau = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

Dimana:

- $\tau$  = tegangan teknik (kgf/cm<sup>2</sup>)
- P = beban (kgf)
- A<sub>0</sub> = luas penampang melintang awal (cm<sup>2</sup>)

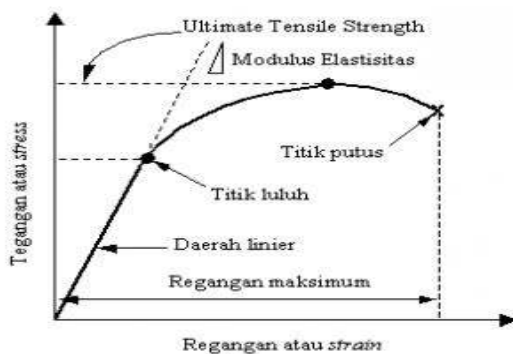
Perhitungan regangan teknik, dipakai regangan rata - rata (Average strain tinier) sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (2)$$

Dimana :

- $\varepsilon$  = regangan teknik (cm/cm)
- L<sub>0</sub> = panjang awal (cm)
- L = panjang akhir (cm)

Secara general kurva Tegangan-Regangan teknik terdapat pada gambar 3



Gambar 3 Kurva tegangan-regangan

### 2.6.2 Uji Kekerasan

Proses pengujian dengan cara memberikan tekanan pada benda uji dengan beban tertentu lalu dihitung hasilnya menggunakan persamaan 3.

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (3)$$

Keterangan :

- P = beban yang diberikan (KP atau Kgf)
- D = diameter indenter yang digunakan
- d = diameter bekas lekukan

## 2.6.3 Pengujian Struktur Mikro

Untuk dapat mengerti dengan baik tingkah laku material dalam aplikasinya dan untuk dapat mengontrol karakteristik mekanik maupun fisik dari material tersebut, maka sangat diperlukan adanya pengamatan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif struktur mikronya.

## 3. Metode Penelitian

Proses penelitian dan pengujian menggunakan beberapa alat dan bahan seperti berikut :

### 3.1 Bahan Penelitian Proses Pengecoran

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

### 3.2 Alat penelitian

- Alat Pengecoran Spesimen

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

### 3.3 Alat Uji Spesimen Hasil Pengecoran

1. Timbangan digital
2. Varnier Caliper
3. Gergaji Tangan
4. Amplas
5. Aoutosol
6. Kain Beludru
7. Alat Uji Tarik
8. Alat Uji Kekerasan
9. Mikroskop Optik

## 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Proses penelitian dilaksanakan dengan carapembuatan spesimen lalu dilakukan pengujian, dan dijelaskan mendetail pada setiap tahapannya.

### 3.4.1 Proses Pembuatan Spesimen

Langkah – langkah proses pengecoran :

1. Persiapkan alat dan bahan
2. Pembuatan cetakan
3. Pengukuran Permeabilitas
4. Peleburan logam
5. Penuangan kecetakan
6. Pendinginan

7. Pembongkaran cetakan
8. Pemeriksaan hasil coran

### 3.4.2 Proses Pengujian Spesimen

1. Proses pembuatan spesimen untuk pengujian tarik  
Hasil benda coran yang melebihi ukuran akan dipotong maupun diampelas agar benda coran sesuai dengan standar benda uji tarik menurut ASTM E8 yang ditampilkan pada gambar 4 dan tabel 3



Gambar 4 Tampak depan benda uji

Tabel 3 Keterangan dan dimensi benda uji

Keterangan	Dimensi (mm)
D	60
R (min)	2
A	36
L	100
B	30
C	10

### 2. Pengujian kekerasan

Perhitungan kekerasan

$$VHN = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = \frac{1.854P}{d^2} \quad (4)$$

Dimana :

VHN = Angka kekerasan *Vickers*

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (μm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

### 3. Pengujian Struktur Mikro

Proses pengamatan struktur mikro dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

- a. Memilih salah satu bagian spesimen yang akan diuji
- b. Pemotongan benda uji
- c. Proses *Grinding*
- d. Proses *Polishing*
- e. Proses *Etching/Etsa*
- f. Pengamatan Struktur Mikro

## 4. Hasil dan Pembahasan

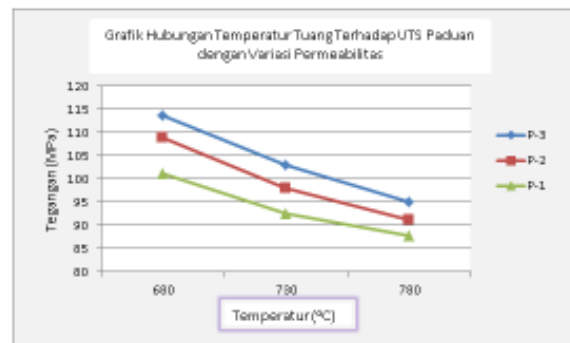
### 4.1 Data hasil Permeabilitas

Data hasil permeabilitas pasir (tabel 4) yang didapatkan [3], pasir yang digunakan untuk pengecoran spesimen uji adalah pasir silika. Pasir yang digunakan untuk percobaan ini mempunyai ukuran antara 0,180, 0,250 dan 0,315.

Tabel 4 hasil pengukuran permeabilitas pasir.

No	Permeabilitas Test				Hasil cm <sup>3</sup> /min
	Ukuran Pasir silica	Jumlah pasir %	Jumlah Bentonite %	Jumlah Air %	
1	0,315	85	10	5	31,62
2	0,250	85	10	5	27,06
3	0,180	85	10	5	22,29

### 4.2. Data Hasil Uji Tarik



Gambar 5 Gambar grafik hubungan temperatur tuang terhadap ultimate tensile strength paduan dengan variasi permeabilitas

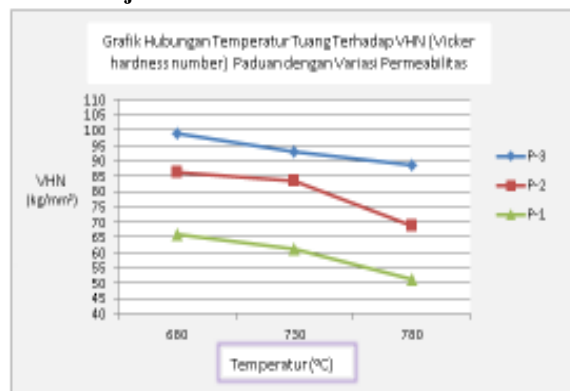
Ket : P1 = 22,29 cm<sup>3</sup>/min

P2 = 27,06 cm<sup>3</sup>/min

P3 = 31.62 cm<sup>3</sup>/min

Dari gambar 5 dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik paling tinggi (*Ultimate Tensile Strength*) didapatkan dari paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan variasi permeabilitas 3 (31.62 cm<sup>3</sup>/min) dan temperatur tuang 680°C sebesar 113,194 MPa, sedangkan kekuatan tarik paling kecil terdapat pada paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan variasi permeabilitas 1 (22,29 cm<sup>3</sup>/min) dan temperatur tuang 780°C yang hanya memiliki nilai 87,708 Mpa.

### 4.3 Hasil Uji Kekerasan

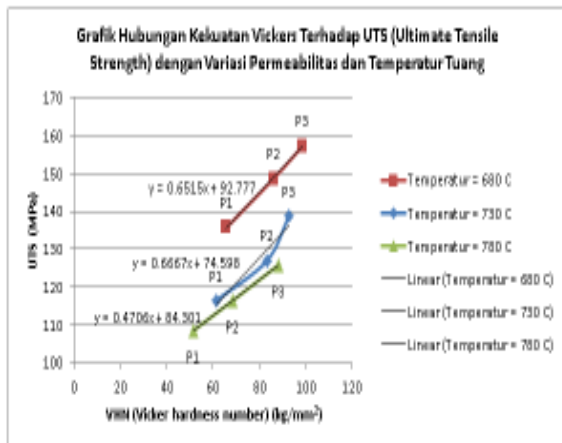


Gambar 6 Grafik Hubungan Temperatur Tuang Terhadap VHN (*Vicker hardness number*) Paduan dengan Variasi Permeabilitas

Ket : P1 = 22,29 cm<sup>3</sup>/min  
P2 = 27,06cm<sup>3</sup>/min  
P3 = 31.62 cm<sup>3</sup>/min

Dari gambar 6 dapat disimpulkan bahwa rata-rata VHN (*Vicker hardness number*) paling tinggi didapatkan dari paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan variasi permeabilitas 3 (31.62 cm<sup>3</sup>/min) yaitu sebesar 98.842 kg/mm<sup>2</sup>, sedangkan rata-rata VHN (*Vicker hardness number*) paling kecil terdapat pada paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan variasi permeabilitas 1 (22,29 cm<sup>3</sup>/min) yang hanya memiliki nilai 51.407 kg/mm<sup>2</sup>.

#### 4.4 Regresi Vickers Terhadap UTS (Ultimate Tensile Strength)



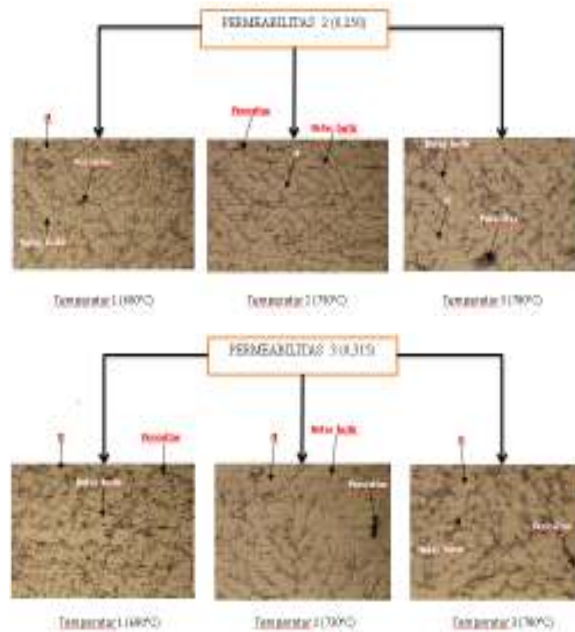
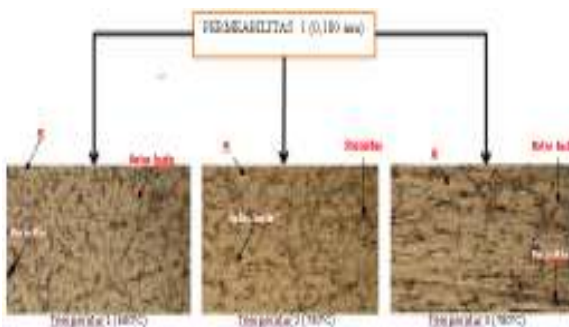
Gambar 7 Gambar grafik Regresi Vickers Terhadap UTS (Ultimate Tensile Strength)

Keterangan : P1 = 22,29cm<sup>3</sup>/min  
P2 = 27,06cm<sup>3</sup>/min  
P3 = 31.62 cm<sup>3</sup>/min

Jika dilihat pada gambar 7, maka untuk mengetahui nilai dari tegangan tarik (y) adalah sebagai berikut :

$$y = 0.4706 (51.407) + 84.301(5) = 108.493 \text{ MPa}$$

#### 4.5 Data Hasil Uji Struktur Mikro



Perbedaan variasi temperatur menyebabkan terjadinya perbedaan bentuk butir, batas butir, ukuran butir, dan jarak butir pada paduan aluminium silikon. Gambar struktur mikro menampilkan struktur mikro dari material Aluminium Silikon (Al-7%Si)..

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan pada beberapa rangkaian pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan, antara lain :

1. Semakin kecil nilai permeabilitas dan semakin tinggi temperatur tuang pengecoran maka semakin rendah kekuatan tarik dan kekerasannya. Hasil pengujian tarik dan kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekuatan tertinggi diperoleh pada temperatur tuang 680°C dengan nilai permeabilitas 31.62 cm<sup>3</sup>/min, yaitu kekuatan tarik sebesar 113,194 MPa dan nilai kekerasan 103 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini dipengaruhi oleh udara atau gas-gas yang terperangkap dalam cetakan bisa lebih mudah dialiri pada variasi permeabilitas 3 (31.62 cm<sup>3</sup>/min) sehingga akan mengurangi tingkat kecacatan pada material. Begitu juga dengan variasi temperatur tuang yang berpengaruh terhadap besarnya kekuatan tarik dan kekerasan, hasil ini diperkuat dari pernyataan [4] yang menyatakan bahwa, temperatur tuang semakin tinggi maka porositas yang terbentuk semakin banyak sehingga menurunkan kekuatan tarik dan kekerasan pada spesimen.

2. Pengujian struktur mikro memperlihatkan hasil yang paling baik terdapat pada temperatur tuang 680°C, dimana bentuk butiran terlihat lebih rapat bergaris-garis memanjang dan tebal, hasil gambar pun terlihat lebih jelas dibandingkan dengan temperatur yang lain.

#### Daftar Pustaka

- [1] Nindhia, T.G.T., *Studi Struktur mikro Silikon dalam Paduan Aluminium-Silikon pada Piston dari Berbagai Merek Sepeda Motor*, Jurnal Ilmiah. Teknik Mesin Universitas Udayana, 2010.
- [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] Kohar, *Pengaruh permeabilitas dan temperature tuang aluminium silikon terhadap cacat dan densitas dengan menggunakan sand casting*, 2016.
- [4] Handoko, Yanuar., 2008, *Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Kekuatan Impact Produksi Pengecoran Propeller Paduan Aluminium Menggunakan Metal Mold*, Teknik Mesin Universitas Tarumanegara