



## **ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR Cu DAN VARIASI TEMPERATUR PELEBURAN TERHADAP SIFAT MEKANIK KEPALA PISTON**

**Zainun, Ahmad Sony Setiawan**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia  
email: [zainun@untag-sby.ac.id](mailto:zainun@untag-sby.ac.id)

### **ABSTRAK**

*This study aims to determine the effect of adding Cu elements and variations in melting temperature to mechanical properties on the piston head.*

*From this research used as main material that is used piston head melted into furnace with variation of melting temperature such as 680 °C, 700 °C, and 720 °C and will be combined with Cu alloy with variation of 2%, 4%, and 6%. There will be further impact testing and microstructure testing.*

*From the research, it can be concluded that on impact test at 680 °C, 700 °C, and 720 °C melting temperature and addition of Cu 2%, 4%, and 6%. Experiencing increased energy absorbed and impact price of raw material. While at 720 °C temperature combined with Cu 6% of energy absorbed by 2.28 joules and for the impact price is 0.036 Joule / mm<sup>2</sup>. More resilient than other material impact prices. Each addition of melting temperature and addition of Cu elements produce impact and energy values absorbed differently. And the more the impact price is high, the fracture of the specimen becomes resilient as well as vice versa, if the impact price is low the fracture of the specimen becomes brittle. As for the results of microstructure testing performed, each addition of Cu elements and melting temperature resulted in different microstructures and each addition of Cu elements will produce a new phase that is CuAl<sub>2</sub> which in this phase can cause the material becomes tougher than raw material.*

*Keywords: used piston head - Cu, Temperature Melting, Impact Testing, Micro Structure.*

### **PENDAHULUAN**

Diera modern seperti ini banyak sekali komponen mesin yang di modifikasi untuk mencari paduan (komposit) yang lebih dari material itu sendiri. Setiap material logam biasanya banyak digunakan untuk perancangan pada bidang teknik. Contohnya pada kendaraan bermotor yang sekarang menjadi alternative masyarakat untuk berpergian. Maka dari itu pada setiap kendaraan harus memiliki suku cadang atau

part yang baik supaya tidak terjadi hal yang tidak di inginkan. Pada kendaraan biasa ada komponen mesin yang sangat penting salah satunya adalah piston. Dimana komponen ini merukan sumber geser yang terpasang pada bagian silider mesin yang bekerja secara bolak-balik menjadi gerak angular atau berputar yang proses penggerakannya dengan adanya expand gas pembakaran yang mengubah energy panas menjadi energy gerak. Maka dari itu material dari komponen

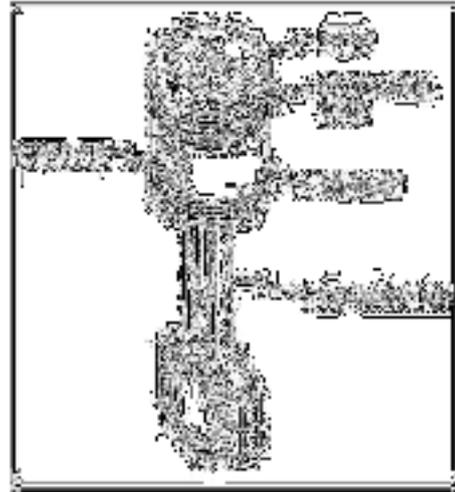
piston harus tangguh, ringan dan tahan terhadap panas temperature tekanan tinggi. biasanya pada material standart dari piston adalah campuran alumunium (alumunium alloy) dan dengan paduan komposisi yang seimbang diantaranya, besi, magnesium, dan lain-lain serta pada proses produksinya harus mendukung.

**Pengertian Piston**

Piston pada bagian mesin disebut juga dengan istilah torak dimana pada part atau komponen ini berfungsi sebagai penekan udara yang masuk dan penerima dari hasil pembakaran pada ruang bakar. Komponen piston terhubung dengan poros engkol, melalui setang piston atau disebut juga *connecting rod*. Oleh sebab itu pada material piston harus dari komposisi bahan yang baik, ringan, tahan terhadap panas temperature tekanan tinggi.

piston harus ringan supaya meminimalisir gesekan yang terjadi yang akan menyebabkan loss. Kosekuensinya piston harus ringan dan membutuhkan bahan material yang memiliki ketahanan dan ketangguhan.

Pada kepresisian dari dimensi piston juga sangat berpengaruh dalam proses pembakaran yang dilakukan piston di dalam silinder. Oleh karena itu kwualitas dari dimensi juga harus diperhatikan utuk mendapatkan hasil yang baik dan memuaskan. Komposisinya juga harus seimbang diantaranya adalah besi, alumunium, magnesium serta lain-lainya. Pada proses produksinya harus mendukung juga.



Gambar 1. Piston

**Pengertian Alumunium**

alumunium adalah logam ringan yang sering kita jumpai pada kehidupan sehari-hari. Logam ini biasanya ditemukan dalam bentuk bijih. Jika dilihat pada fisiknya alumunium bewarna putih agak kebiru-biruan, mengkilat, mudah dibentuk, dapat ditempa dan mempunyai konduktor panas dan listrik yang baik. Jika logam ini digosok pada permukaannya akan mengkilat dan jika di lebur mempunyai titik cair 658 °C. Sifat logam ini sangat unik tidak seperti baja. Pada baja dengan suhu rendah cenderung akan rapuh dan pada suhu tinggi kekuatannya akan meningkat. Berbeda dengan alumunium pada suhu rendah kekuatannya meningkat dan pada suhu tinggi kekuatannya akan menurun.

Sifat	Kuantitas (%)			
	Tinggi		Rendah	
	Udara	Kelembapan	Udara	Kelembapan
Keras (kg/cm <sup>2</sup> )	47	16	32	30
Keras tarik (kg/cm <sup>2</sup> )	13	10	33	30
Pegangan (%)	45	33	31	3
Keras tekan	7	7	3	4

Tabel 1. Sifat mekanik yang dimiliki alumunium

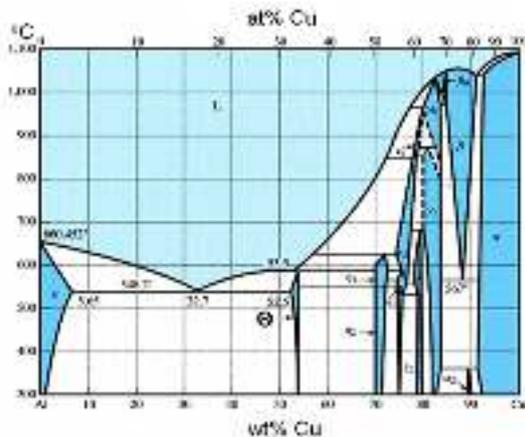
Sifat – sifat	Aluminium Murni Tinggi
Struktur Kristal	FCC
Densitas pada 20°C (sat. 103kg/m <sup>3</sup> )	2.698
Titik Cair °C	660.1
Koefisien mulur panas kawat 20° – 100°C (10-6/K)	23.9
Konduktifitas panas 20°- 400°C (W/(m K)	238
Tahanan listrik 20°C (10 <sup>-8</sup> KΩ m)	2.69
Modulus elastisitas (GPa)	70.5
Modulus kekakuan (GPa)	26.0

Tabel 2. Karakteristik Aluminium

### Paduan Aluminium

#### Aluminium paduan Tembaga

Pada paduan ini sifat mekaniknya dan proses pemesinannya sangat baik sedangkan untuk mampu cornya bisa di perbaiki dengan paduan ini. biasanya paduan ini dipakai untuk bagian pada kendaraan, meteran, dan lain-lain.



Gambar 2. Diagram fasa paduan Al-Cu (tembaga).

Dilihat dari diagram fasa diatas akan menghasilkan fasa baru yaitu CuAl<sub>2</sub> yang dimana pada fasa ini jika tersebar merata akan mengakibatkan kekuatan dan kekerasan dari bahan akan lebih meningkat.

### Proses pengecoran

Proses pengecoran adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan bentuk yang mendekati dari produk jadi. Logam yang sudah cair akan dituangkan atau ditekan yang memiliki cetak (*cavity*) sesuai dengan bentuk yang diinginkan.



Gambar 3. Tungku peleburan.

Jeni-jenis cetakan yang digunakan antara lain:

1. Cetakan tidak permanen (*Expendable mold*)

Contohnya : cetakan presisi (*precision casting*) dan cetakan pasir (*sand casting*) dan lain-lain

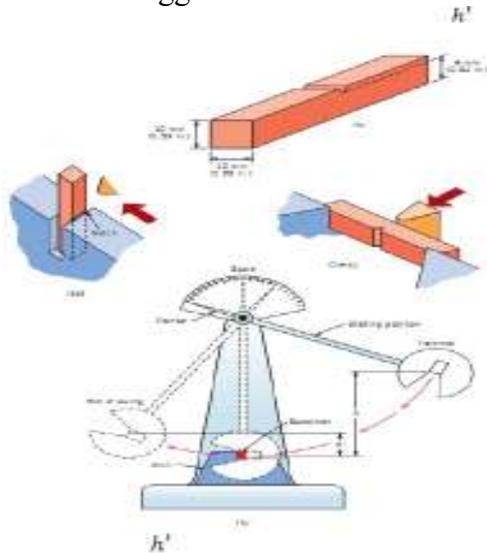
2. cetakan permanen (*permanent mold*)

Contohnya : *centrifugal die casting, pressure die casting, gravity permanent mold casting* dan lain-lain.

### Pengujian impact

Pengujian ini adalah pengujian yang mengukur dari ketahanan beban terhadap beban kejut yang diberikan. Dari pengujian ini adalah bentuk upaya untuk mensimulasikan kondisi pada material yang sering kita jumpai dalam perlengkapan transportasi dan konstruksi dimana beban uji mengalami deformasi. Pengujian impact ini bertujuan mencari energy yang diserap untuk mematahkan benda uji atau material. Dengan menggunakan pendulum yang berayun dengan ketinggian sudut yang ditentukan dan menabrak benda uji hingga mengakibatkan terjadinya patahan pada benda uji. Setelah itu

banyaknya energy yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan itu yang merupakan ukuran dari ketahanan impact atau ketangguhan dari bahan tersebut.



Gambar 4. Pengujian impact dengan menggunakan metode Charpy.

Jika bahan tersebut tangguh maka energy serapnya lebih besar dan makin rendah posisi pendulum yang berayun. Begitu juga sebaliknya jika pendulum yang berayun lebih tinggi dari posisi awal maka bahan tersebut rapuh.

Berikut adalah rumus untuk mencari energy yang diserap dan harga impact dari suatu material.

$$E = W \times l (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

- E : energy impact
- W : massa bandul
- l : panjang lengan bandul
- $\cos \alpha$  : awal ayunan bandul dan akhir ayunan bandul

Rumus metode charpy :

$$HI = \frac{E}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keeterangan :

- E = energy yang diserap (joule)
- A= luas penampang bawah takik ( $mm^2$ )
- HI = harga impact

Kelebihan dari uji impact metode charpy

1. waktu pengujian lebih singkat
2. hasilnya lebih akurat
3. pengerjaan lebih mudah dikerjakan
4. harga lebih murah

Kekurangan dari uji impact metode charpy

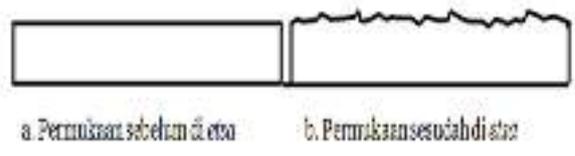
1. hanya dapat dipasang pada posisi horizontal
2. pengujian hanya dapat dilakukan pada ukuran spesiment kecil.

### Pengujian Struktur mikro

struktur mikro adalah suatu gambaran dari kumpulan beberapa fasa yang bisa diamati dengan menggunakan mikroskop optik. Sebelum mengamati struktur mikro permukaan dari bahan harus bersih dan mengkilat tidak ada bekas dari proses pemesinan. Setelah itu proses pengetsaan pada permukaan bahan yang akan diamati struktur mikronya. Setiap bahan memiliki struktur mikro yang berbeda.

Sebelum di etsa bahan terlebih dahulu dikatakan permukaannya dengan menggunakan amplas atau grinda selanjutnya di gosok dengan kain sampai permukaannya mengkilat dan setelah itu barulah diproses pengetsaan proses ini adalah proses pengkorosian permukaan bahan.

Proses etsa ini dilakukan dengan mencelupkan permukaan bahan pada cairan bahan kimia yang dicampurkan menjadi satu dan dengan komposisi yang pas serta pencelupan yang sesuai dengan prosedur.



Gambar 4. Tipe permukaan

**Tabel 5. Campuran etsa yang digunakan**

No	Uraian	Prosentase	Keterangan
1	CrO <sub>3</sub>	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
2	HNO <sub>3</sub>	30%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
3	HCl	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
4	H <sub>2</sub> O	50%	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
5	NaOH	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
6	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
7	H <sub>2</sub> O	50%	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
8	HNO <sub>3</sub>	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
9	HCl	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
10	H <sub>2</sub> O	50%	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
11	HNO <sub>3</sub>	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
12	HCl	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
13	H <sub>2</sub> O	50%	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
14	HNO <sub>3</sub>	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
15	HCl	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
16	H <sub>2</sub> O	50%	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
17	HNO <sub>3</sub>	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
18	HCl	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
19	H <sub>2</sub> O	50%	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
20	HNO <sub>3</sub>	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
21	HCl	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
22	H <sub>2</sub> O	50%	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
23	HNO <sub>3</sub>	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
24	HCl	10%	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
25	H <sub>2</sub> O	50%	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.

Gambar 5. Table campuran etsa yang digunakan

**Tabel 6. Keterangan cara pengetsaan**

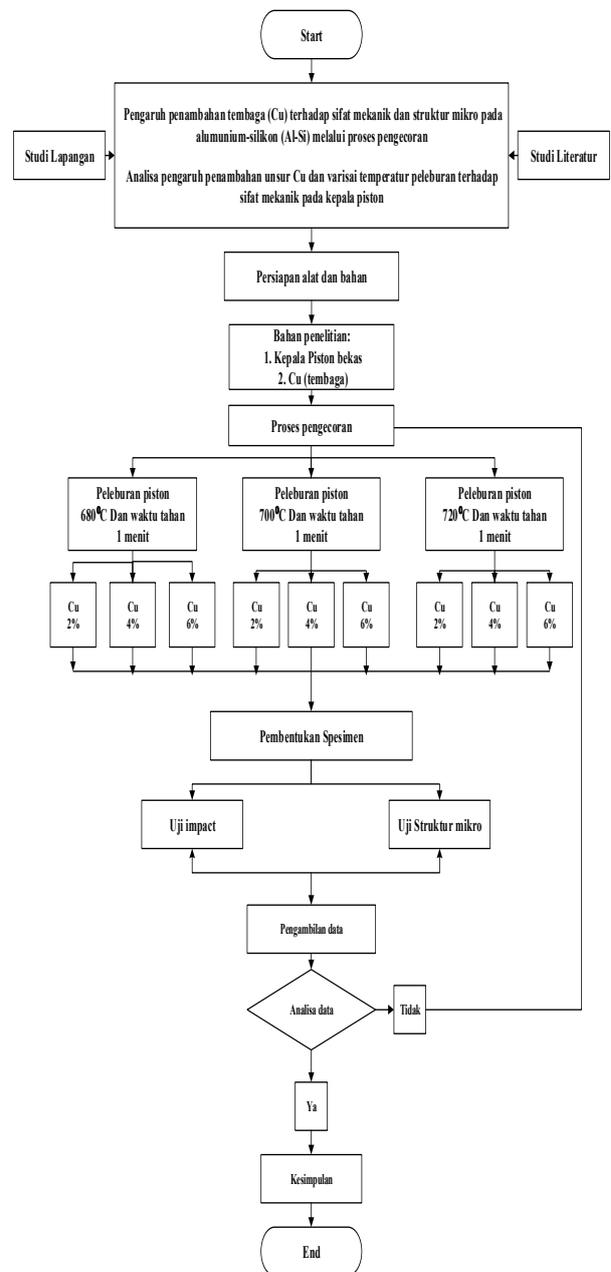
No	Uraian	Keterangan
1	CrO <sub>3</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
2	HNO <sub>3</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
3	HCl	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
4	H <sub>2</sub> O	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
5	NaOH	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
6	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
7	H <sub>2</sub> O	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
8	HNO <sub>3</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
9	HCl	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
10	H <sub>2</sub> O	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
11	HNO <sub>3</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
12	HCl	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
13	H <sub>2</sub> O	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
14	HNO <sub>3</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
15	HCl	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
16	H <sub>2</sub> O	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
17	HNO <sub>3</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
18	HCl	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
19	H <sub>2</sub> O	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
20	HNO <sub>3</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
21	HCl	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
22	H <sub>2</sub> O	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
23	HNO <sub>3</sub>	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
24	HCl	Merupakan oksidator yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.
25	H <sub>2</sub> O	Merupakan pelarut yang berfungsi untuk mengkilap permukaan logam.

Gambar 6. Table keterangan cara pengetsaan

Dari gambar table diatas bahwa setiap bahan memiliki proses pengetsaan yang berbeda. Dan pada pengujian struktur mikro proses pengetsaan sangat penting supaya pada proses pengamatan pada mikroskop optik bisa keluar fasa-fasa yang terdapat pada bahan tersebut.

### PROSEDUR EKSPERIMEN

Dalam bab ini akan dijeslakan alur proses penelitian yang akan dilakukan untuk melakukan suatu penelitian antara lain :



Gambar 7. Diagram alir penelitian



jika harga impactnya rendah patahan dari spesimentnya menjadi getas.

**Pengujian struktur mikro**

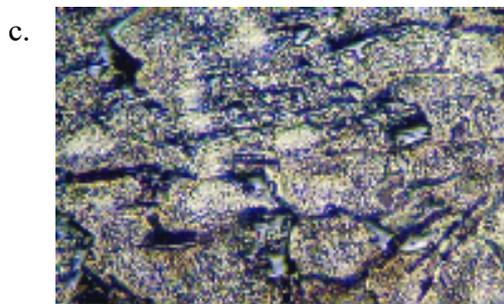
Temperatur 680 °C Struktur mikro.



Gambar 11. Paduan Cu 2%



Gambar 12. Paduan Cu 4%

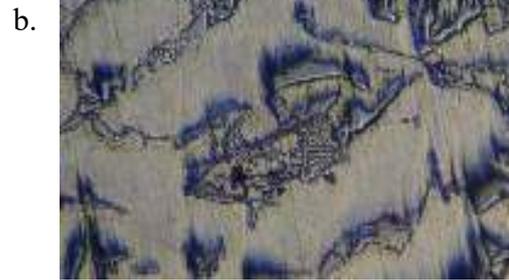


Gambar 13. Paduan Cu 6%

Temperatur 700 °C gambar 12. Struktur mikro.



Gambar 14. Paduan Cu 2%



Gambar 15. Paduan Cu 4%



Gambar 16. Paduan Cu 6%

Temperatur 720 °C gambar 13. Struktur mikro.

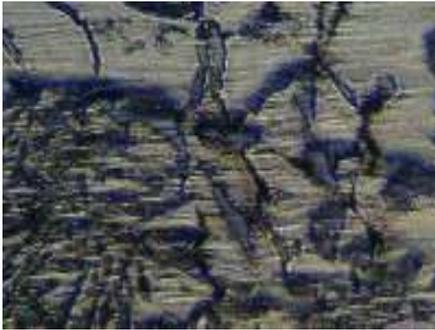


Gambar 17. Paduan Cu 2%



Gambar 18. Paduan Cu 4%

c.



Gambar 19. Paduan Cu 6%

Dari hasil pengamatan struktur mikro yang dilakukan dengan menggunakan alat mikroskop optik perbesaran 100x membuktikan bahwa setiap temperature peleburan yang dilakukan menghasilkan beberapa fasa antara lain:

1. fasa Al (aluminium) karakteristik dari fasa ini adalah berwarna terang
2. fasa Al-Si (aluminium-silikon) karakteristik dari fasa ini adalah berwarna biru terang terbentuk fasa ini karena pada bahan dari kepala piston mengandung campuran silikon
3. fasa  $CuAl_2$  karakteristik dari fasa ini adalah berwarna biru kehitam-hitaman. Ini adalah fasa yang terbentuk karena pada raw material atau kepala piston dipadukan dengan Cu. Fasa ini yang membuat material menjadi lebih tangguh.

#### KESIMPULAN DAN SRAN

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian yang dilakukan, bahwa :

##### 1. Uji impact

Dari hasil pengujian impact yang dilakukan membuktikan bahwa pada temperature peleburan  $680^{\circ}C$ ,  $700^{\circ}C$ , dan  $720^{\circ}C$  serta penambahan Cu 2%, 4%, dan 6%. Mengalami kenaikan energy yang diserap dan harga impact dari raw materialnya. Sedangkan pada temperature  $720^{\circ}C$  dipadukan dengan Cu 6% energy yang diserap sebesar 2,28 joule dan untuk harga impact nya  $0,036 \text{ Joule/mm}^2$  lebih tangguh dari harga impact semua material. Setiap penambahan temperature peleburan dan penambahan unsur Cu menghasilkan

harga impact dan energy yang diserap berbeda-beda. Bisa disimpulkan pada temperature peleburan dan penambahan unsur Cu yang seimbang dapat menjadi alternatif untuk pembuatan kepala piston yang lebih tangguh.

##### 2. Uji Struktur Mikro

Dalam hal ini membuktikan bahwa setiap penambahan unsur Cu dan temperature peleburannya menghasilkan struktur mikro yang berbeda-beda dan setiap penambahan unsur Cu akan menghasilkan fasa baru yaitu  $CuAl_2$  dimana pada fasa ini dapat menimbulkan material menjadi lebih tangguh. .

#### SARAN

Dari hasil penelitian yang berjudul Analisa pengaruh penambahan unsur Cu dan variasi temperature peleburan terhadap sifat mekanik pada kepala piston, maka dapat di berikan berbagai saran diantaranya adalah :

1. Perlu dilakukan proses pengadukan yang sempurna untuk menghasilkan campuran antara kepala piston bekas dan Cu yang seimbang, misalnya dengan menggunakan alat bantu.
2. Dapat menjadi alternatif untuk pembuatan kepala piston yang lebih tangguh, misalnya dengan menambahkan unsur Cu yang lebih dan unsur-unsur paduan yang lain.

#### REFERENSI

- [1] [http://www.academia.edu/22150398/Makalah\\_Piston](http://www.academia.edu/22150398/Makalah_Piston)
- [2] Karakteristik Aluminium Irawan, 2013
- [3] Sifat Fisik Aluminium Abdul Hafizh, 2009
- [4] [http://digilib.mercubuan.ac.id/manager/n!@file\\_skripsi/file964989194614.pdf](http://digilib.mercubuan.ac.id/manager/n!@file_skripsi/file964989194614.pdf)
- [5] [http://www.tf.unikiel.de/matwis/amat/iss/kap\\_8/illustr/i8\\_2\\_1.html](http://www.tf.unikiel.de/matwis/amat/iss/kap_8/illustr/i8_2_1.html)
- [6] [http://www.academia.edu/19670778/laporan\\_praktikum\\_uji\\_impact](http://www.academia.edu/19670778/laporan_praktikum_uji_impact)
- [7] <http://danidwikw.wordpress.com/2010/12/17/pengujian-impact-dan-fenomena-perpatahan>.

- [8] <http://widimaterial.blogspot.co.id/2015/05/laporan-praktikum-material-teknik.html>
- [9] Buku Panduan Praktikum Material Teknik, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin – Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, 2014.