



## **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

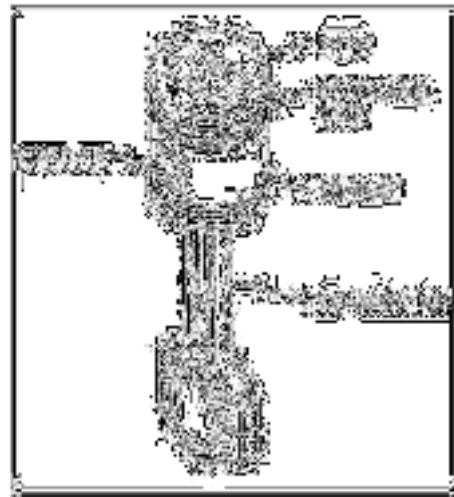
piston harus tangguh, ringan dan tahan terhadap panas temperature tekanan tinggi. biasanya pada material standart dari piston adalah campuran alumunium (alumunium alloy) dan dengan paduan komposisi yang seimbang diantaranya, besi, magnesium, dan lain-lain serta pada proses produksinya harus mendukung.

**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	Karakteristik			
	Sifat		Sifat	
	Nilai	Ukuran	Nilai	Ukuran
Keras (kg/cm <sup>2</sup> )	49	10	12	10
Keras (kg/cm <sup>2</sup> )	13	10	10	10
Pelunakan (%)	45	3	3	3
Keras (kg/cm <sup>2</sup> )	0	7	3	4

Tabel 1. Sifat mekanik yang dimiliki alumunium

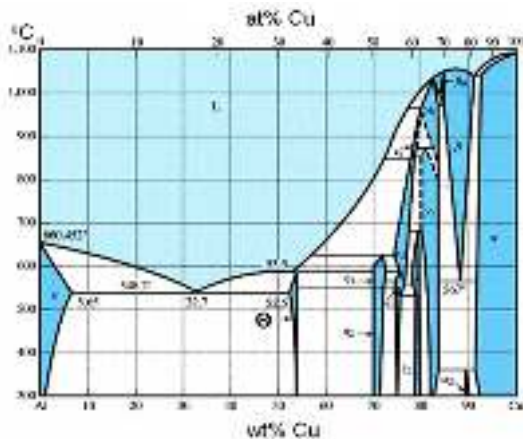
Sifat – sifat	Aluminium Murni Tinggi
Struktur Kristal	FCC
Densitas pada 20°C (sat. 103kg/m <sup>3</sup> )	2.698
Titik Cair °C	660.1
Koefisien mulur panas kawat 20° – 100°C (10-6/K)	23.9
Konduktifitas panas 20°- 400°C (W/(m K)	238
Tahanan listrik 20°C (10 <sup>-8</sup> KΩ m)	2.69
Modulus elastisitas (GPa)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

Tabel 2. Karakteristik Alumunium

### Paduan Alumunium

#### Alumunium 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*)

Contonya : cetakan presisi (*precisian casting*) dan cetakan pasir (*sand casting*) dan lain-lain

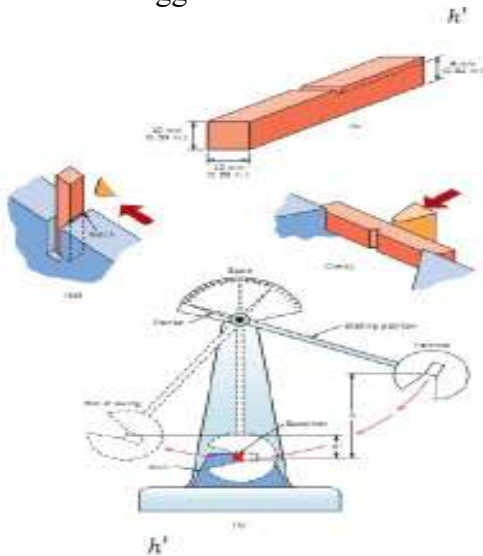
2.cetakan permanen (*permanent mold*)

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. Setah 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

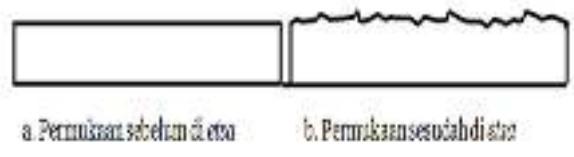
1. hanya dapat dipasang pada posisi horizontal
2. pengujian hanya dapat dilakukan pada ukuran spesiment kecil.

### 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	Prosentasi	Keterangan
1	Asam Nitrat	10%	Asam Nitrat
2	Asam Klorida	10%	Asam Klorida
3	Asam Sulfat	10%	Asam Sulfat
4	Asam Asetat	10%	Asam Asetat
5	Asam Perfluorobutanoat	10%	Asam Perfluorobutanoat
6	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
7	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
8	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
9	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
10	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
11	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
12	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
13	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
14	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
15	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
16	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
17	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
18	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
19	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
20	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
21	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
22	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
23	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
24	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
25	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
26	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
27	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
28	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
29	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
30	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
31	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
32	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
33	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
34	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
35	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
36	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
37	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
38	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
39	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
40	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
41	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
42	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
43	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
44	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
45	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
46	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
47	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat
48	Asam Perfluorooctanoat	10%	Asam Perfluorooctanoat
49	Asam Perfluorododecanoat	10%	Asam Perfluorododecanoat
50	Asam Perfluorohexanoat	10%	Asam Perfluorohexanoat

Gambar 5. Table campuran etsa yang digunakan

**Tabel 6. Keterangan cara pengetsaan**

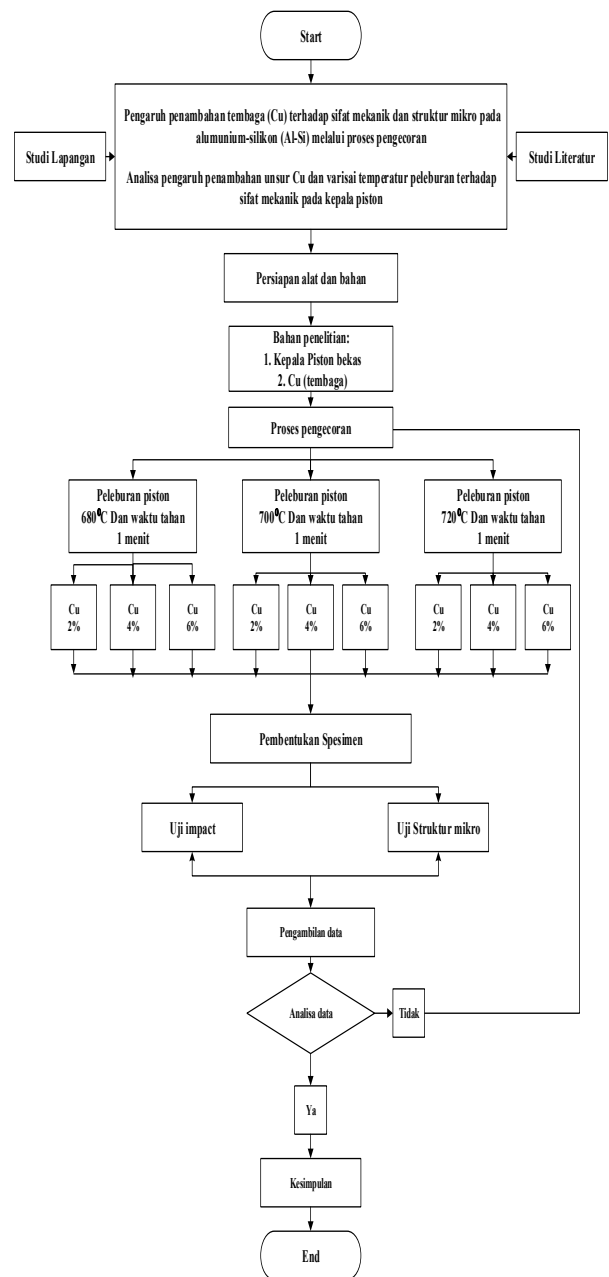
No	Uraian	Keterangan
1	Asam Nitrat	Asam Nitrat
2	Asam Klorida	Asam Klorida
3	Asam Sulfat	Asam Sulfat
4	Asam Asetat	Asam Asetat
5	Asam Perfluorobutanoat	Asam Perfluorobutanoat
6	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
7	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
8	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
9	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
10	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
11	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
12	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
13	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
14	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
15	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
16	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
17	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
18	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
19	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
20	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
21	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
22	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
23	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
24	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
25	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
26	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
27	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
28	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
29	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
30	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
31	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
32	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
33	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
34	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
35	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
36	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
37	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
38	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
39	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
40	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
41	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
42	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
43	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
44	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
45	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
46	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
47	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat
48	Asam Perfluorooctanoat	Asam Perfluorooctanoat
49	Asam Perfluorododecanoat	Asam Perfluorododecanoat
50	Asam Perfluorohexanoat	Asam Perfluorohexanoat

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

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

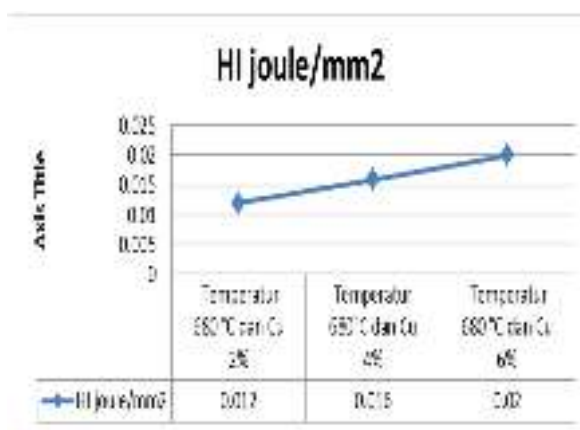
Pada bab ini berisi data-data dari hasil pengujian yang dilakukan. Antara lain sebagai berikut.

**Pengujian impact**

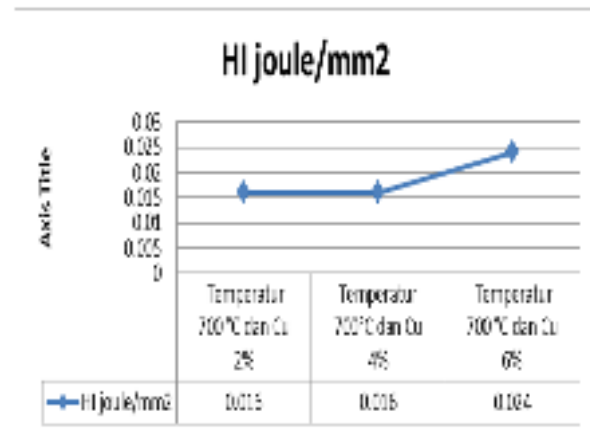
Tabel 3. Pengujian impact

No	Spesimen	Temp (°C)	Temp (mm)	Temp (mm)	Temp (mm)	Temp (°C)	Uraian	Uraian	Uraian	Uraian	Uraian	Uraian
1	Spesimen 700°C dan Cu 2%	700	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,015	0,002
2	Spesimen 700°C dan Cu 4%	700	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,016	0,004
3	Spesimen 700°C dan Cu 6%	700	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,014	0,006
4	Spesimen 720°C dan Cu 2%	720	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,016	0,002
5	Spesimen 720°C dan Cu 4%	720	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,017	0,004
6	Spesimen 720°C dan Cu 6%	720	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,018	0,006
7	Spesimen 720°C dan Cu 2%	720	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,016	0,002
8	Spesimen 720°C dan Cu 4%	720	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,018	0,004
9	Spesimen 720°C dan Cu 6%	720	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,019	0,006
10	Spesimen 720°C dan Cu 2%	720	20	20	20	8	Suhu kamar	20	220°	220°	0,019	0,002

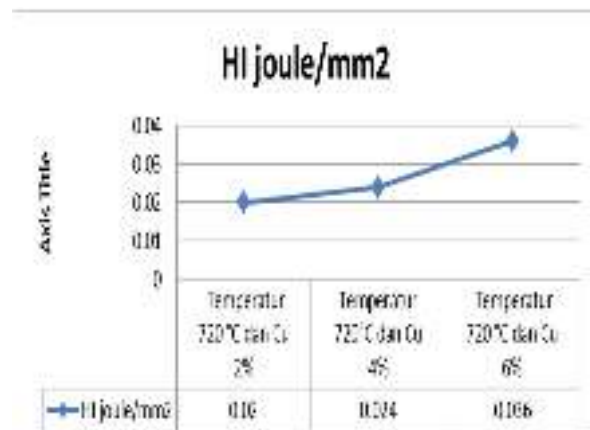
1. Gambar 8. Grafik dari pengujian impact dengan temperature 680 °C.



2. Gambar 9. Grafik dari pengujian impact dengan temperature 700 °C.



3. Gambar 10. Grafik dari pengujian impact dengan temperature 720 °C.



Dari data-data perhitungan pengujian impact yang dilakukan diatas, membuktikan bawah pada temperature peleburan 680°C, 700°C, dan 720°C serta penambahan Cu 2%,4%, dan 6%. Mengalami kenaikan energy yang diserap dan harga impact dari raw materialnya. Sedangkan pada temperature 720°C dipadukan dengan Cu 6% energy yang diserap sebesar 2,28 joule dan untuk harga impact nya 0,036 Joule/mm<sup>2</sup>. Lebih tangguh dari harga impact material lain. Setiap penambahan temperature peleburan dan penambahan unsur Cu menghasilkan harga impact dan energy yang diserap berbeda-beda. Dan semakin harga impact nya tinggi, maka patahan dari spesimennya menjadi ulet begitu juga dengan sebaliknya,

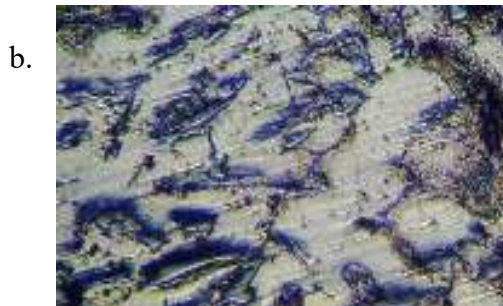
jika harga impactnya rendah patahan dari spesimentnya menjadi getas.

**Pengujian struktur mikro**

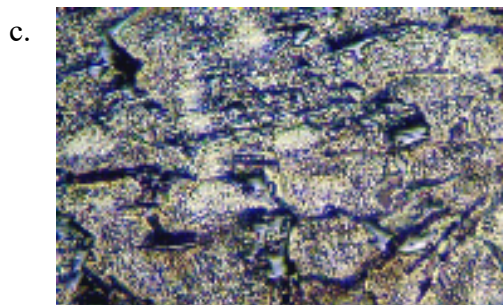
Temperatur 680 °C Struktur mikro.



Gambar 11. Paduan Cu 2%



Gambar 12. Paduan Cu 4%

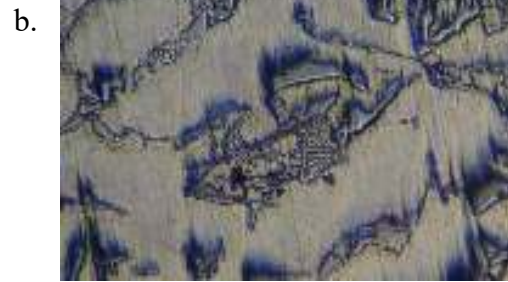


Gambar 13. Paduan Cu 6%

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.

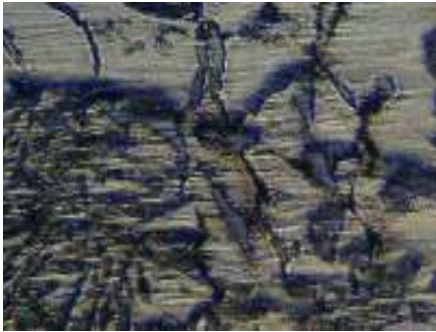


Gambar 17. Paduan Cu 2%



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.