

## PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR TIMAH (Sn) TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA MATERIAL BEARING BERBAHAN DASAR ALUMINIUM (Al) HASIL PENGECORAN HPDC

\*Primayoga Hogantara Sowi<sup>1</sup>, A.P Bayuseno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: primayogahogantara@yahoo.com

### Abstrak

Material paduan banyak sekali aplikasinya dalam dunia otomotif yang mana tidak kalah dengan material komposit karena memiliki kemampuan yang baik. Meskipun tidak mengalami kesusahan dalam pengecorannya, namun hal penting seperti kerataan dari unsur penambah yang dimasukkan tetap perlu diperhatikan. Pada, penelitian ini, pembuatan AlSi-Sn merupakan material logam sebagai paduannya dengan material A356 sebagai bahan utamanya. Pembuatan material paduan ini menggunakan proses *stir casting* kemudian dicetak dengan metode HPDC (*High Pressure Die Casting*) dengan variasi persentase (0%, 4%, 6%, dan 15%). Aluminium memiliki sifat yang ringan ketahanan korosi yang sangat baik, dan memiliki *castability* yang baik pula. Nilai kekerasan yang tidak terlalu tinggi dan tidak getas, membuat material ini sangat cocok untuk aplikasi *bearing*. Untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari material paduan tersebut, dilakukan pengujian densitas dan porositas, pengujian nilai kekerasan, pengujian tekan, pengujian struktur mikro, dan pengujian nilai keausan material. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diketahui bahwa penambahan variasi berat Sn memberikan dampak meningkatnya nilai porositas dari material paduan tersebut. Nilai densitas dari yang turun menyebabkan material itu semakin ringan, pada variasi penambahan Sn 6% sebesar 1,528 gr/cm<sup>3</sup>. Kemudian dari perhitungan nilai porositas dapat dilihat bahwa nilai porositas tertinggi pada variasi berat Sn 15% sebesar 0,561. Hasil dari pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi dimiliki penambahan Sn 0% atau tanpa penambahan sebesar 63,31 HRF. Analisis struktur mikro menunjukkan distribusi paduan Sn dalam material aluminium. Hasil dari pengujian keausan material nilai tertinggi dimiliki variasi Sn 15% sebesar 0,00063 mm<sup>2</sup>/kg.

**Kata kunci:** Alloy, aluminium paduan A356, HPDC, Keausan, Sn

### Abstract

*Metal alloy has many application in the automotive industry which is it can compete with composite material either since they have a good mechanical properties as well. Many important aspect such as the spread of another addition element were need to be aware, although it doesn't have any problem in the casting process. Aluminium A356 series are the tmain material in this process to made AlSi-Sn alloy. This casting process using stircc casting and high pressure die casting as the method with Sn as the addiotn material (0%, 4%, 6%, and 15%. Aluminium has a great mechanical properties such as a good corrosion resistance, very light material, and have a great castability as well. This material is suitable for bearing properstis, since it has low hardness number and ductile material. Density and porosity test, hardness test, microstructural analysis, and wearing test were carried out in orded to make out physical and mechanical properties of the alloy. An increasing of weight percentage of Sn and with increasing of porosity has been observed. The low density value has made this alloy even lighter, as increasing weight percent os Sn that is 1,528 gr/cm<sup>3</sup>. With porosity calculation can be achieved that the higest porosity value is 0,561 in addition 15% Sn. The other results showed that the increasing weight percentage addition of Sn led to the highest harndness number to 0% addition that is 63,31 HRF. Microstructure analysis showed that the distribution in aluminium-tin alloy. The other results showed that the highest wear test number refer to an addiotn of 15% Sn that is 0,00063 mm<sup>2</sup>/kg.*

**Keywords:** Alloy, A356 aluminium alloy, HPDC, Sn, wear test number

### 1. Pendahuluan

Banyak sekali komoponen – komponen yang berbasis gerak mekanika berskala kecil yang sering kita temui di dalam dunia industri. Setiap komponen tersebut memiliki perannya masing – masing dalam operasi dan setiap

komponen tersebut terbentuk dari berbagai macam material sesuai fungsinya dan ketahanannya. Inovasi di industri saat ini contohnya selalu menghadirkan varian komponen material baru yang lebih efisien dan ekonomis untuk menutupi kekurangan dari material sebelumnya, misalnya *bearing* [1].

*Bearing* adalah komponen mesin yang berfungsi menumpu poros yang mempunyai beban tertentu, sehingga gerak berputar atau gerakan bolak balik dapat berlangsung dengan halus, aman dan komponen tersebut dapat tahan lama. *Bearing* harus cukup kuat dan kokoh agar komponen mesin lain dapat bekerja dengan baik. *Bearing* merupakan komponen penting dalam mesin, salah satunya sering kita jumpai adalah dalam pompa. *Bearing* biasanya terbuat dari material yang kuat dan tahan aus seperti metal dan beberapa material lainnya seperti aluminium. Berdasarkan fungsinya tersebut, dapat disimpulkan bahwa *bearing* merupakan sebuah komponen vital.

Untuk memenuhi kebutuhan pasar global akan produk *bearing* dengan kualitas bahan yang bagus, tentu saja tidak terlepas dari bagaimana produk tersebut dibuat, mulai dari proses pengecoran (*casting*), pemanasan (*heating*), sampai ke proses akhir (*finishing*). Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan mutu dan kualitas dari *bearing* tersebut, salah satunya dengan melakukan penambahan berbagai jenis unsur paduan dan proses perlakuan panas.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan diteliti sifat fisis dan mekanis serta struktur mikro dari *bearing* dengan bahan dasar aluminium (Al) dengan penambahan unsur timah (Sn), dimana proses pembentukannya melalui proses HPDC (*High Pressure Die Casting*). Penelitian yang dilakukan merupakan pembahasan hasil pengecoran HPDC dengan bahan baku aluminium (Al) dengan penambahan unsur timah (Sn). Pengujian-pengujian yang akan dilakukan antara lain pengujian kekerasan, tekan, densitas dan uji keausan, serta struktur mikro. Sehingga penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat membuktikan bahwa penambahan suatu unsur ke dalam bahan baku *bearing* dapat meningkatkan sifat mekanis *bearing* tersebut.

## 2. Pemilihan Material

### 2.1 Aluminium Paduan A356

Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki ketahanan korosi yang baik karena pada permukaannya terdapat lapisan oksida yang melindungi logam dari korosi. Aluminium adalah material *nonferromagnetic*, sifat yang penting dalam industri elektrik dan industri elektronik, termasuk dalam logam *nonferro*, tetapi memiliki sifat magnetik yang baik. Aluminium mempunyai sifat *nonpyrophoric*, maksudnya sifat ini membuat aluminium tidak mudah terbakar atau meledak. Aluminium yang digunakan pada penelitian ini yaitu aluminium paduan seri A356. Paduan aluminium seri A356 banyak diaplikasikan pada bidang otomotif dan industri dirgantara karena memiliki sifat dan karakteristik yang bagus, diantaranya yaitu kemampuan pengelasan dan pengecoran yang baik, ketahanan terhadap korosi [2]. Paduan aluminium seri A356 memiliki temperatur titik lebur pada suhu 560-610°C [3]. Berikut ini pada Tabel 1 merupakan komposisi kimia dari paduan aluminium seri A356 yang diproduksi oleh PT. Pinjaya Logam.

**Tabel 1. Komposisi material aluminium A356**

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn
92,093	7,54	0,122	0,007	0,005	0,059	0,003	0,004	0,004

### 2.2 Timah (Sn)

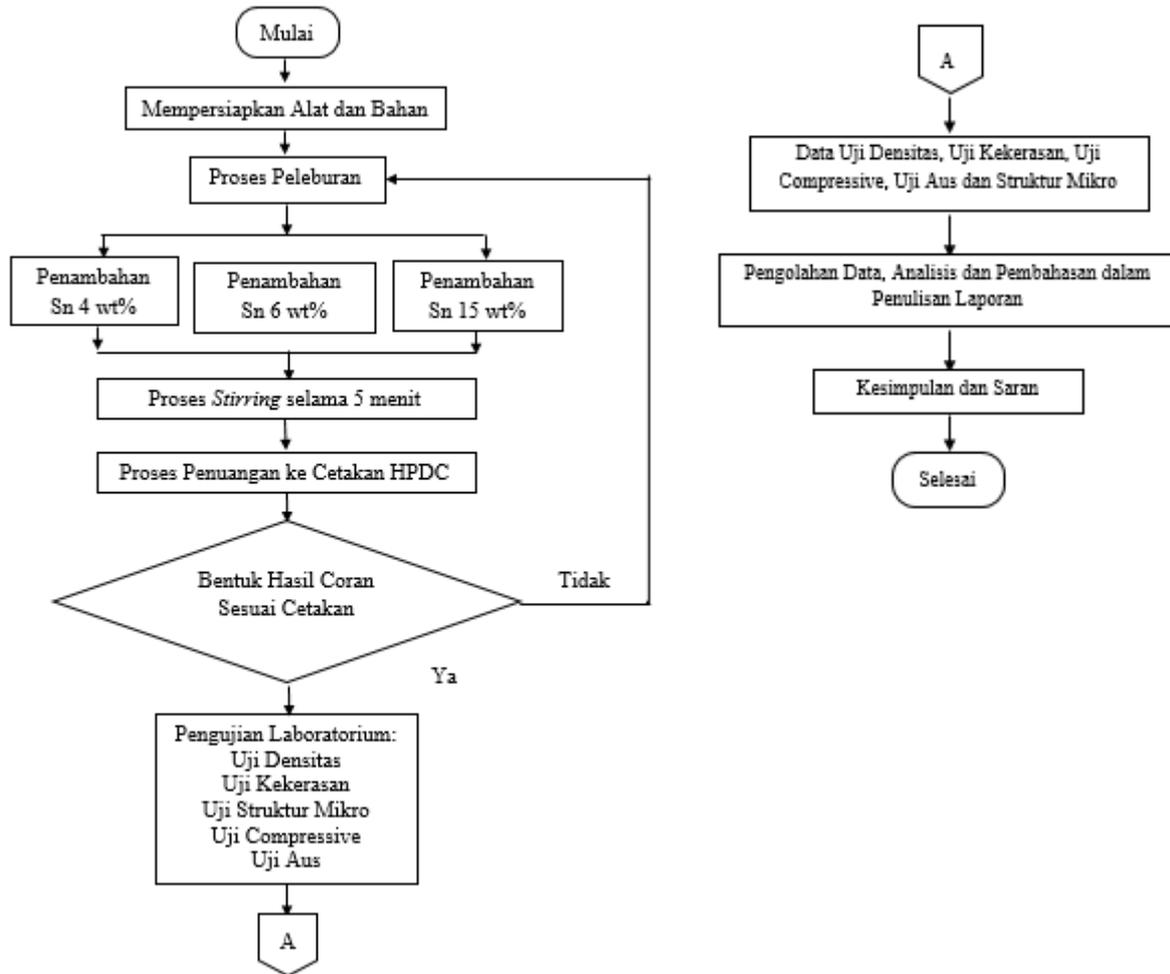
Timah merupakan unsur kimia dalam tabel periodic yang memiliki symbol Sn dan nomor atom 50 serta massa atom 118,71. Timah adalah logam post-transisi keperakan, dapat ditempa, tidak mudah teroksidasi sehingga tahan karat, dan juga sering ditemukan dalam logam paduan dan digunakan untuk melapisi logam lain untuk mencegah karat. Secara garis besar, pengolahan bijih timah menjadi logam timah terdiri dari operasi konsentrasi/mineral dressing, dan ekstraksi yaitu peleburan atau smelting dan pemurnian atau refining [4].

### 2.3 Aluminium-Timah (Al-Sn)

Aluminium tin merupakan material gabungan antara aluminium dan timah dimana memiliki ketahanan korosi yang sangat baik. Aluminium timah memiliki nilai kekerasan yang tidak begitu besar, namun dengan penambahan nilai timah yang tepat dapat meningkatkan nilai *compressive strength* material tersebut. Karakteristik lainnya dari paduan ini adalah memiliki *surface finish* yang sangat baik, dengan nilai densitas yang kecil membuat paduan ini sangat ringan dimana nilai porositas yang meningkat seiring dengan penambahan variasi Sn sehingga menimbulkan banyak pori pada paduan ini.

## 3. Metode Penelitian

Proses pembuatan Al-Sn ini menggunakan proses *stir casting* yang mana kemudian dicetak dengan metode HPDC (*High Pressure Die Casting*). HPDC merupakan salah satu jenis dari pengecoran dengan tekanan di mana logam cair dibekukan pada tekanan tinggi diantara cetakan (*dies*) dan piston hidrolik pada ruang tertutup. Proses pengecoran ini pada dasarnya mengombinasikan antara proses pengecoran dan proses penempaan (aikbat adanya tekanan). Dalam penelitian material paduan ini mengacu pada diagram alir sebagaimana tercantum pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada tahapan awal ini hal pertama yang perlu dilakukan adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, aluminium A356, timah, alat *stir casting*, dan mesin HPDC. Setelah itu dilakukan proses pengukuran *dies* untuk menghitung volume dari cetakan untuk menentukan ukuran penimbangan untuk aluminium dan timah sebelum dipotong. Setelah dilakukan penimbangan untuk Al4Sn, Al6Sn, dan Al15Sn yang mana memiliki variasi 0%, 4%, 6%, dan 15%. Lelehkan aluminium sampai mencapai titik leburnya yaitu 660°C, setelah aluminium lebur kita masukan timah yang sudah dilakukan penimbangan juga dengan komposisi 4% untuk Al4Sn, 6% untuk Al6Sn, 15% untuk Al15Sn. Setelah melakukan penambahan timah ke dalam aluminium dilakukan *stirring* selama 5 menit agar timah dapat tercampur dengan rata. Pada Gambar 2 menunjukkan alat *stir casting* dan mesin HPDC yang digunakan untuk pembuatan material paduan Al4Sn, Al6Sn, dan Al15Sn.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Alat *stir casting* (b) Mesin HPDC.

Untuk material paduan proses peleburan dilakukan hingga suhu mencapai 660°C sebelum dilakukan penambahan timah sebanyak 4%, 6%, dan 15%. Setelah unsur penambah dimaskan ke dalam *furnace* lalu suhu dinaikkan kembali

sampai 700°C sebelum dilakukan proses *stiring* agar timah yang dimasukkan sepenuhnya cair. Selanjutnya dilakukan proses *stiring* dengan alat *stir casting* dengan kecepatan 65 rpm selama 5 menit, hal ini dilakukan agar persebaran timah dapat merata di dalam aluminium. Setelah proses *stiring* selesai maka suhu dinaikan kembali sampai mencapai 750°C yang mana titik tuang dari material itu sebelum dilakukan penuangan ke dalam mesin HPDC. Selama proses peleburan berlangsung sangat disarankan melakukan pemanasan suhu pada cetakan, pemanasan suhu pada cetakan ini dilakukan agar tidak terjadi penurunan suhu yang terlalu ekstrim saat proses penuangan, yang mana kecepatan penurunan suhu dari *dies* adalah 50-500°C/detik. Pemanasan pada cetakan dilakukan sampai suhu mencapai 200°C, lalu dilakukan penuangan ke dalam mesin HPDC dengan tekanan piston sebesar 7 MPa.

Tahapan berikutnya adalah melakukan pengujian pada material paduan meliputi pengujian densitas dan porositas, pengujian kekerasan, pengujian *compressive strength* (tekan), pengujian struktur mikro, dan pengujian keausan material. Pengujian densitas digunakan menggunakan *density meter*. Untuk menghitung nilai densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan persamaan sebagai berikut :

#### Densitas Aktual

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

dimana :

- $\rho_m$  = densitas aktual (gram/cm<sup>3</sup>)
- $m_s$  = massa sampel kering (gram)
- $m_g$  = massa sampel yang digantung di dalam air (gram)
- $\rho_{H_2O}$  = massa jenis air = 1 gram/cm<sup>3</sup>

#### Densitas Teoritis

$$\begin{aligned} \rho_{th} = & \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{Si} \cdot V_{Si} + \rho_{Fe} \cdot V_{Fe} + \rho_{Cu} \cdot V_{Cu} + \\ & \rho_{Mn} \cdot V_{Mn} + \rho_{Mg} \cdot V_{Mg} + \rho_{Cr} \cdot V_{Cr} + \rho_{Ni} \cdot V_{Ni} + \rho_{Zn} \cdot V_{Zn} + \rho_{Sn} \cdot V_{Sn} + \\ & \rho_{Ti} \cdot V_{Ti} + \rho_{Na} \cdot V_{Na} + \rho_{Pb} \cdot V_{Pb} + \rho_{Be} \cdot V_{Be} + \rho_{Ca} \cdot V_{Ca} + \rho_{Sr} \cdot V_{Sr} + \\ & \rho_{Sb} \cdot V_{Sb} \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

dimana :

- $\rho_{th}$  = densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)
- $\rho_{Al}$  = densitas paduan aluminium seri A356 (gram/cm<sup>3</sup>)
- $\rho_{Si}$  = densitas silikon (gram/cm<sup>3</sup>)
- $V_{Al}$  = fraksi volume paduan aluminium seri A356
- $V_{Si}$  = fraksi volume silikon

Kemudian dari data densitas dilakukan perhitungan porositas pada material tersebut hasil pengecoran, sebagai berikut :

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

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode kekerasan *Rockwell* dengan alat uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester HR-150A* dengan menggunakan skala F (HRF) yang mana pada skala tersebut memiliki pembebanan 60 kgf dengan menggunakan indenter bola baja ukuran 1/16". Pengujian dilakukan pada silinder hasil pengecoran diuji pada 6 titik berbeda. Pengujian ini berdasarkan standar ASTM E18-3 [5].

Pengujian tekan dilakukan bertujuan untuk melihat kemampuan material dalam menahan bebabn secara vertical, pengujian ini dilakukan dengan *Universal Testing Machine Type PSA-10T* dengan kecepatan tekan sebesar 50 N/mm<sup>2</sup> dengan 5 sampel material. Pengujian ini berdasarkan standar ASTM E9-00 [6].

Pengujian struktur mikro dilakukan bertujuan untuk mengetahui butir hasil pengecoran dengan penambahan variasi Sn di dalam yang melebur di dalam aluminium A356 dengan penambahan 4%, 6%, dan 15%. Pengujian ini menggunakan mikroskop merk Olympus BX41M dengan perbesaran 200x. specimen untuk pengujian struktur mikro terlebih dahulu dilakukan proses pemolesan dengan amplas dan autosol kemudian dilakukan pengetsaan dengan larutan 2,5 ml HNO<sub>3</sub>, 1ml HF, 1,5ml HCL, dan 95 ml Aquades.

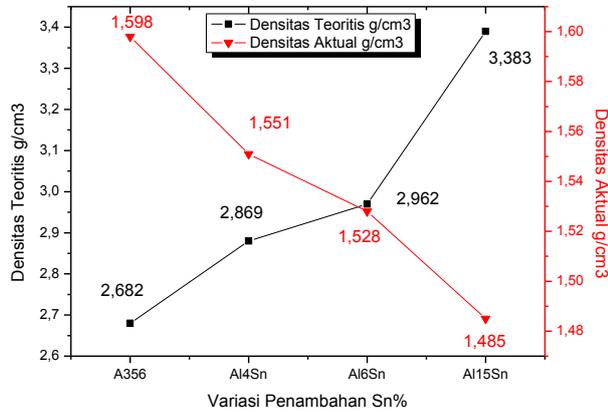
Pengujian keausan material dilakukan untuk melihat nilai keausan dari material tersebut sebelum penambahan dan setelah penambahan unsur Sn di dalamnya, pengujian ini dilakukan dengan metode Ogoshi dengan alat *Universal Speed Testing Type OAT-U*. Pengujian ini dilakukan dengan pembebanan 2,12 kg yang mana specimen digesek dengan ring penggesek untuk menimbulkan area gesekan dan dilihat dengan mikroskop perbesaran 100 untuk melihat luas area aus, setelah itu dilakukan perhitungan aus dengan memasukan persamaan [7] :

$$W_s = \frac{B \cdot b o^3}{8 \cdot r \cdot P o \cdot l o} \dots\dots\dots(4)$$

**4. Hasil dan Pembahasan**

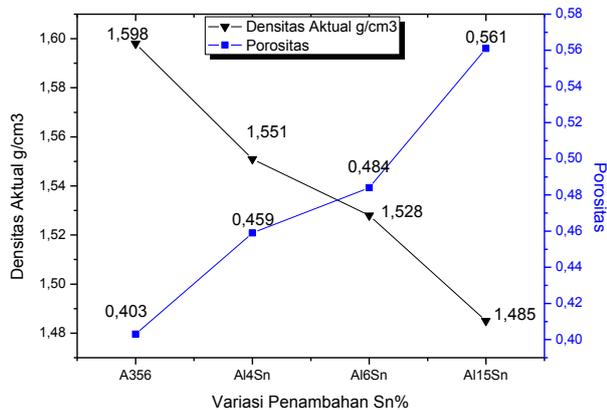
**4.1 Pengaruh Variasi Persentase Berat Sn Terhadap Densitas**

Hasil pengujian densitas aktual dan teoritis hasil pengecoran dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik perbandingan densitas aktual dengan densitas teoritis seiring penambahan persentase berat Sn.

Berdasarkan pada grafik pada Gambar 3, nilai dari densitas teoritis dengan penambahan Sn akan terus meningkat, tetapi hal yang terjadi pada aktual adalah seiring dengan penambahan Sn maka nilai densitas akan semakin turun. Pada spesimen tanpa penambahan unsur Sn mendapatkan nilai 1,598 gr/cm<sup>3</sup>, pada unsur penambahan 4% Sn densitas sebesar 1,551 gr/cm<sup>3</sup>, pada penambahan unsur 6% sn densitas sebesar 1,528 gr/cm<sup>3</sup>, dan pada penambahan unsur 15% Sn nilai densitas sebesar 1,485 gr/cm<sup>3</sup>. Kemudian grafik hubungan antara densitas aktual dengan porositas akan ditunjukkan Gambar 4.

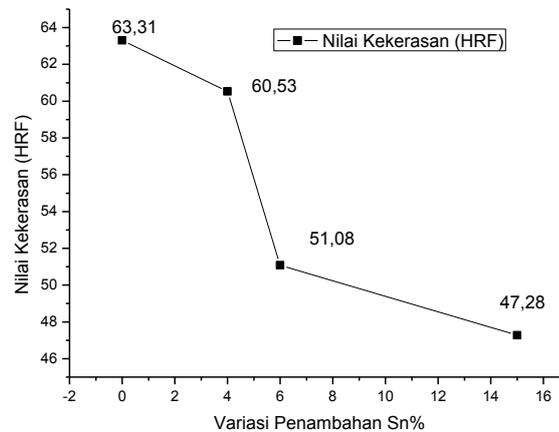


**Gambar 4.** Grafik hubungan nilai densitas aktual dengan nilai porositas seiring penambahan unsur Sn.

Bedasarkan grafik pada Gambar 4, dengan menurunnya nilai densitas dari paduan tersebut maka nilai dari porositas semakin naik. Hal ini dikarenakan nilai dari densitas yang mana mengendalikan nilai dari porositas tersebut, jarak perbedaan titik lebur yang terpaut jauh dari kedua material tersebut antara aluminium dan timah menyebabkan kecepatan dalam mencapai fasa solid berbeda pula, di sini timah mencapai fasa solid lebih cepat dibandingkan dengan aluminium sehingga menyebabkan pori-pori kecil dalam paduan Al-Sn, pori – pori ini yang mana akan memberikan kemampuan material untuk menyimpan *lubricant* dan kotoran dari *lubricant* akibat reaksi panas yang terjadi pada *bearing* saat beroperasi.

**4.2 Hasil Pengujian Kekerasan**

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji *Rockwell Hardness Tester Model HR-150A* dengan skala F (HRF). Gambar 5 menunjukkan grafik hasil pengujian kekerasan sebagai berikut :



**Gambar 5.** Grafik nilai kekerasan material paduan Al-Sn.

Pada Gambar 6 ditunjukkan bahwa seiring dengan penambahan unsur Sn ke dalam material paduan maka nilai kekerasan dari material tersebut akan semakin turun, hal tersebut dipengaruhi oleh sifat dari material tersebut yang mana Sn merupakan material yang lunak sehingga menurunkan nilai kekerasan dari A356. Penurunan nilai kekerasan ini merupakan hal yang bagus dikarenakan sesuai dengan karakteristik material *bearing* bahwa tidak boleh memiliki nilai kekerasan yang terlalu tinggi atau akan berdampak buruk untuk poros dari *bearing* tersebut atau mengalami patah. Berikut adalah data dari hasil uji kekerasan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Data nilai kekerasan Al-Sn seiring dengan variasi penambahan Sn.

Variasi Penambahan Sn	Nilai kekerasan (HRF)
0%	<b>63,31</b>
4%	<b>60,53</b>
6%	<b>51,08</b>
15%	<b>47,28</b>

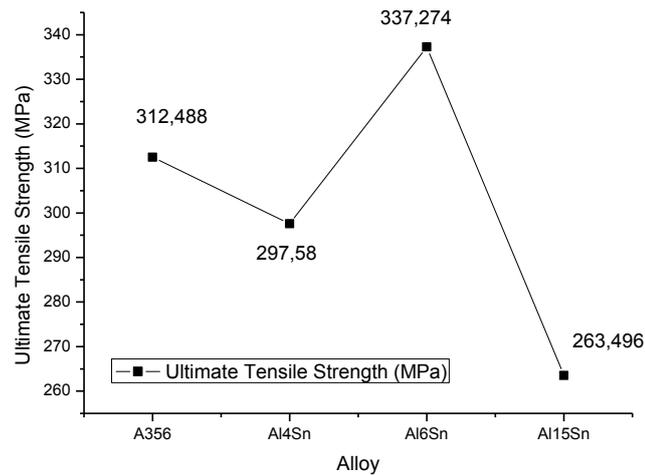
#### 4.3 Hasil Pengujian Tekan

Pengujian tekan dilakukan dengan *Universal Testing Machine Type PSA-10T* dimana pengujian ini spesimen ditekan sampai hancur dengan kecepatan tekan 50 N/mm<sup>2</sup>. Data hasil uji tekan dapat dilihat dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Data hasil uji tekan material paduan Al-Sn seiring dengan penambahan variasi Sn.

Alloy	Ultimate Tensile Strength (MPa)
A356	<b>312,488</b>
Al4Sn	<b>297,580</b>
Al6Sn	<b>337,274</b>
Al15Sn	<b>263,496</b>

Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa hasil dari nilai *ultimate tensile strength* tidaklah homogen, pada paduan A356 didapatkan nilai 312,488 MPa, pada paduan Al4Sn didapatkan nilai 297,580 MPa, pada paduan Al6Sn didapatkan nilai 337,274, dan pada paduan Al15Sn didapatkan nilai 263,496 MPa. Berikut akan disajikan data dalam bentuk grafik nilai hasil uji tekan yang mana dapat dilihat pada Gambar 6.

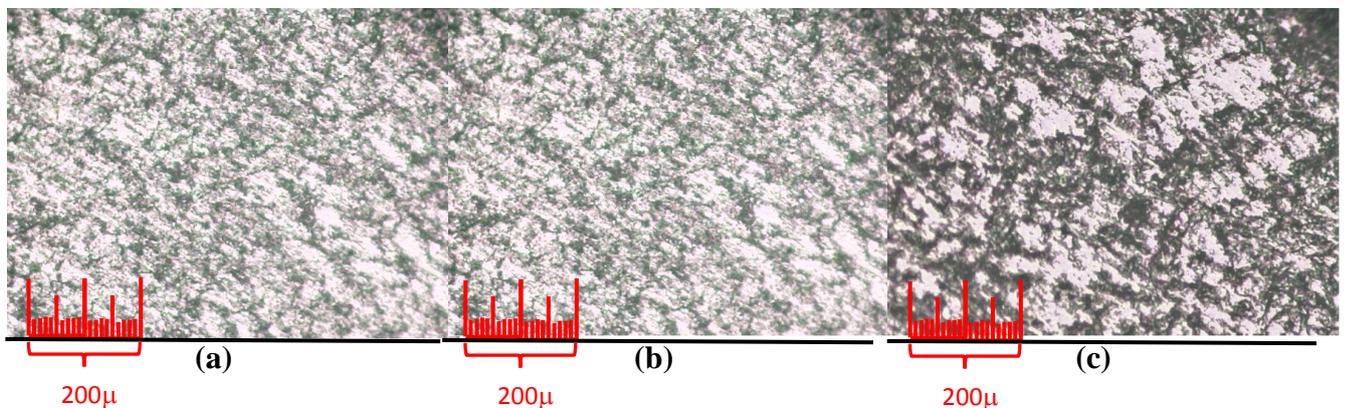


**Gambar 6.** Grafik nilai *ultimate tensile strength* dari material paduan hasil pengecoran.

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi didapat oleh paduan Al6Sn dan yang memiliki nilai terkecil pada paduan Al15Sn.

#### 4.4 Hasil Pengujian Struktur Mikrografi

Pengujian struktur mikro dilakukan berujuan untuk mengetahui batas butir dari perbesaran Sm dalam paduan A356. Dalam pengujian struktur mikro ini diambil masing – masing variasi yaitu 4%, 6%, dan 15%. Pengujian ini diambil dengan menggunakan mikroskop perbesaran 200x merk Olympus BX41M. Gambar 7 merupakan hasil pengujian struktur mikro.



**Gambar 7.** Hasil uji mikrografi perbesaran 200x (a) Al4Sn (b) Al6Sn (c) Al15Sn.

Dari gambar 7 dapat dilihat hasil uji mikrografi pada material paduan hasil pengecoran dengan penambahan variasi komposisi Sn sebanyak 4%, 6%, dan 15%. Dapat terlihat seiring dengan penambahan unsur Sn maka semakin banyak pula area dari Al yang tertutupi oleh Sn tersebut, kesukaran dalam melihat perbedaan warna antara Al dan Sn dikarenakan kedua material tersebut memiliki warna dasar yang hampir sama. Berdasarkan pengujian struktur mikro dapat dilihat bahwa aluminium berwarna abu – abu dan Sn berwarna putih terang menutupi permukaan Al dan Si pada struktur mikro ini berwarna gelap.

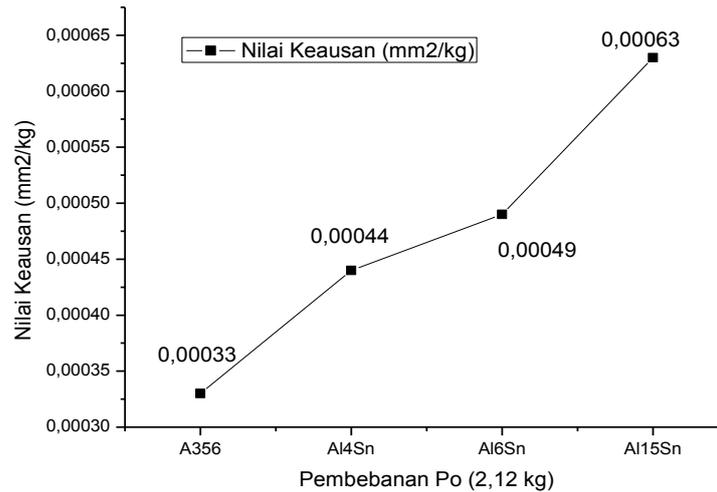
Persebaran Sn yang semakin merata pada komposisi Sn 15% juga menujukkan kemampuan keras dari material tersebut, yang mana Sn merupakan material lunak yang memiliki nilai keras yang sangat kecil, namun dilain sisi hal tersebut sangatlah baik untuk karakteristik material *bearing* yang dibutuhkan.

#### 4.5 Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan digunakan untuk mengetahui nilai aus dari suatu material. Dalam pengujian ini uji keausan material menggunakan metode Ogoshi dengan alat *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine Type OAT-U*. Pengujian diambil dengan menggunakan pembebanan 2,12 kg dengan abrasi distance 66,6 m<sup>l</sup>. Data hasil pengujian aus dapat dilihat pada Tabel 4.

Alloy	bo (mm)	bo <sup>3</sup> (mm)	Ws (mm <sup>2</sup> /kg)
A356	1,23	1,86	<b>0,00033</b>
Al4Sn	1,35	2,46	<b>0,00044</b>
Al6Sn	1,4	2,74	<b>0,00049</b>
Al15Sn	1,53	3,58	<b>0,00063</b>

Dapat dilihat nilai hasil uji keausan bahwa nilai aus dari A356 sebesar 0,00033 mm<sup>2</sup>/kg, sedangkan pada Al4Sn sebesar 0,00044 mm<sup>2</sup>/kg, pada material 0,00049 mm<sup>2</sup>/kg, dan pada Al15Sn sebesar 0,00063 mm<sup>2</sup>/kg. Pada Gambar 8 akan disajikan data hasil keausan dengan grafik.



**Gambar 8.** Grafik hasil pengujian keausan.

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan nilai Sn maka semakin pula nilai dari keausan material tersebut, karena Sn merupakan material yang lunak maka area pemakanan dari specimen juga semakin dalam setiap kilogramnya sehingga material tersebut semakin aus.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan :

- Hasil pengujian densitas diketahui bahwa semakin bertambahnya nilai Sn maka semakin turun pula nilai dari densitas tersebut, hal ini dipengaruhi oleh sifat Sn yang menyebabkan porositas dari hasil pengecoran.
- Hasil pengujian porositas diketahui bahwa semakin bertambahnya nilai Sn dalam hasil pengecoran maka semakin besar pula nilai porositasnya, nilai terbesar dari porositas dimiliki oleh kandungan Sn sebesar 15% dari hasil pengecoran.
- Hasil pengujian kekerasan diketahui bahwa semakin bertambahnya nilai Sn dalam hasil pengecoran, maka nilai kekerasan dari material A356 semakin menurun. Pada komposisi 0% didapat nilai kekerasan 63,31 HRF, pada komposisi 4% didapat 60,53 HRF, pada komposisi 6% didapat 51,08 HRF, pada komposisi 15% didapat 47,28 HRF.
- Hasil dari pengujian tekan diketahui bahwa penambahan nilai Sn dengan nilai *ultimate tensile strength* tertinggi dimiliki oleh hasil pengecoran dengan komposisi 6% dengan nilai 337,274 MPa sedangkan nilai terendah dimiliki oleh hasil pengecoran dengan komposisi 15% dengan nilai 263,496 MPa. Dapat disimpulkan apabila penambahan Sn terlalu besar maka kekuatan tekan dari material tersebut dapat turun.
- Hasil dari pengujian mikrografi diperoleh bahwa semakin banyak penambahan unsur Sn maka semakin banyak Sn itu menutupi area dari Al yang mana menyebabkan material pada paduan ini semakin lunak dan semakin aus.
- Hasil dari pengujian keausan diketahui bahwa penambahan nilai Sn dalam hasil pengecoran mempengaruhi pula nilai keausannya. Pada komposisi 0% Sn di dapat nilai aus sebesar 0,00033 mm<sup>2</sup>/kg, pada komposisi 4% Sn didapat nilai aus sebesar 0,00044 mm<sup>2</sup>/kg, pada komposisi Sn 6% didapat nilai aus sebesar 0,00049 mm<sup>2</sup>/kg, pada komposisi Sn 15% didapat nilai aus sebesar 0,00063 mm<sup>2</sup>/kg. Dengan bertambahnya nilai Sn maka material tersebut semakin aus dengan penambahan luas area pemakanan yang semakin besar dalam setiap kilogramnya.

#### Daftar Pustaka

- [1] J. P. Pathak and S. N. Tiwari, 1991, *On The Mechanical and Wear Properties of Copper – Lead Bearing Alloys*, Department of Mechanical Engineering, Institute of Technology, India
- [2] Mao, F., Yan, G., and Xuan Z., 2015, *Effect of Eu Addition on The Microstructures and Mechanical Properties of A356 Aluminum Alloys*, Journal of Alloys and Compounds 650, Elsevier, China, pp. 896 – 906.
- [3] ASM International, 2004, *ASM Metal Handbook, Volume 2 – Properties and Selection : Nonferrous Alloy and Special Purpose Material*, United State of America.
- [4] <http://bilangapax.blogspot.co.id/2011/02/timah-dan-paduannya.html> (diakses pada tanggal 27 Desember 2015)
- [5] ASTM E18 – 3, *Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials*.
- [6] ASTM E9 – 00, *Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature*.
- [7] *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine Instruction Manual*.