

## PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR SILIKON (Si) PADA SHAFT PROPELLER BERBAHAN DASAR Al-Mg-Si

\*Ajeng Fitria Satriani<sup>1</sup>, Athanasius Priharyoto 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: ajengfitrias@yahoo.com

### Abstrak

Aluminium dan paduannya merupakan logam non ferrous yang cukup luas penggunaannya. Shaft propeller merupakan salah satu bagian terpenting dari instalasi penggerak kapal. HPDC (High Pressure Die Casting) merupakan salah satu metode dalam proses pengecoran. Heat treatment dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis dengan proses precipitation hardening. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data nilai porositas, kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro sehingga dapat dibandingkan sifat mekanis antara produk chassis dengan penambahan unsur Magnesium (Mg) dan tanpa penambahan unsur Magnesium (Mg). Dalam penelitian ini, HPDC dilakukan pada tekanan konstan 7 MPa dan variasi penambahan unsur Magnesium (Mg) 0 wt%, 10 wt%, 11wt%, dan 12 wt%. Penambahan unsur magnesium dilakukan melalui proses stirring selama 5 menit dengan kecepatan 65 rpm dengan temperatur penuangan 750oC. Uji porositas dilakukan dengan menggunakan hukum Archimedes yaitu menimbang massa basah dan kering spesimen uji. Uji tarik menggunakan Universal Testing Machine, uji kekerasan menggunakan metode Rockwell dengan skala B, dan uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200X. Hasil pengujian porositas menunjukkan bahwa porositas semakin menurun, pada variasi 0% Mg porositas sebesar 7,85%, pada variasi 11% Mg sebesar 4,96%, dan pada variasi 12% Mg sebesar 3,75%. Kekerasan meningkat seiring dengan penambahan unsur Mg. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa kekerasan meningkat, pada variasi 0% Mg sebesar 62,71 HRB, pada variasi 10% Mg sebesar 70,90 HRB, pada variasi 11% sebesar 71,95 HRB dan pada variasi 12% Mg sebesar 78,90 HRB. Hal ini terjadi karena solidifikasi terjadi lebih cepat sehingga presipitat tumbuh dengan sempurna yang menyebabkan material memiliki jarak antar butir kristal lebih rapat sehingga sulit terjadi dislokasi pada butir.

**Kata kunci:** Alumunium, heat Treatment, porositas

### Abstract

*Aluminum and non-ferrous metal alloys is a fairly wide use. Propeller shafts is one of the most important parts of the installation of ship propulsion. HPDC (High Pressure Die Casting) is one method in the casting process. Heat treatment is done to improve the mechanical properties by precipitation hardening process. This study aims to get the data value of porosity, tensile strength, hardness, and micro structure so it can be compared to the mechanical properties of the product chassis with the addition of the element magnesium (Mg) and without the addition of the element magnesium (Mg). In this research, HPDC performed at a constant pressure of 7 MPa and variation of addition Magnesium is 0 wt%, 10 wt%, 11wt% and 12 wt%. The addition of magnesium done through the process of stirring for 5 minute at a speed of 65 rpm with pouring temperature 700°C. Porosity test performed using the Archimedes law that use mass of wet and dry specimen. Tensile Strength test using an Universal Testing Machine, Hardness test using Rockwell method with the scale of B, and test the microstructure using an optical microscope with a magnification of 200X. The results of porosity test show that the porosity decreased is obtained for composition Mg at 0% is 7,29%, a composition at 10% Mg is 6,07%, at 11% Mg is 4,96% and in composition at 12% is 3,75%. The results of hardness test show that the hardness product in the increasing at composition Mg at 0% is 62,71 HRB, a composition at 10% is 70,90 HRB and in composition at 12% is 78,90 HRB. Hardness most low on the composition of 5% it is caused by the presence of porosity defects. It occurs because the solidification occurs more quickly so that precipitates grow to perfection which causes the material has distance between crystal grains more tightly making it difficult dislocation in point.*

**Keywords:** Alumunium, heat treatment, porosity

## 1. Pendahuluan

Aluminium dan paduannya merupakan logam non ferrous yang cukup luas penggunaannya, mulai dari kebutuhan rumah tangga, otomotif sampai ke pesawat terbang. Hal ini disebabkan karena logam ini mempunyai beberapa kelebihan, seperti : ratio terhadap beban yang tinggi ( high strength to weight ratio), ringan (light), tahan terhadap

korosi dari berbagai macam bahan kimia (resistance to coorosion by many chemicals), konduktifitas panas dan listrik tinggi ( high thermal and electrical conductivity), tidak beracun ( non- toxicity), memantulkan cahaya (reflectivity), mudah dibentuk dan dimachining ( esay of formability and machinability) dan tidak bersifat magnet ( no magnetic). [1].

Shaft propeller merupakan salah satu bagian terpenting dari instalasi penggerak kapal. Putaran mesin ditransmisikan ke propeller melalui poros yang selanjutnya disebut sebagai shaft propeller. Shaft propeller dibuat sedemikian rupa agar dapat memindahkan tenaga dari transmisi ke propeller dengan lembut tanpa dipengaruhi kecepatan putar dan ukuran beban.

Untuk menghasilkan shaft propeller dengan kualitas yang bagus, designer propeller kapal harus mempertimbangkan berbagai parameter untuk menghasilkan bentuk, type dan ukuran propeller yang memiliki nilai efektifitas dan efisiensi propulsi tinggi. Shaft propeller biasanya terbuat dari baja namun pada penelitian ini model shaft propeller terbuat dari bahan dasar Aluminium Alloy. Material tersebut harus memiliki sifat mekanik dan ketahanan korosi yang baik.

Pada penelitian ini akan di teliti sifat fisis dan mekanis serta struktur mikro dari shaft propeller dengan bahan dasar aluminium alloy dengan penambahan unsur silikon (Si), melalui proses HPDC (High Pressure Die Casting). Pengujian yang akan dilakukan antara lain pengujian kekuatan tarik, kekerasan, ketahanan korosi dan struktur mikro. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat membuktikan bahwa penambahan unsur silikon dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis shaft propeller tersebut.

## 2. Pemilihan Material

### 2.1 Aluminium Paduan 6063

Paduan aluminium dengan seri 6063 banyak digunakan untuk keperluan kemaritiman, dalam hal ini rancang bangun perahu dan kapal. Paduan aluminium yang bekerja pada fluida air laut yang bergerak memungkinkan terjadinya korosi yang diakibatkan karena erosi air laut. Penambahan magnesium dan silikon sebagai unsur paduan utama akan meningkatkan sifat mekanik secara umum, serta menjadikannya mampu diperlaku-panaskan dan mampu las. Paduan ini mempunyai permukaan hasil finishing yang baik, ketahanan korosi yang tinggi, dan dapat dengan mudah dilakukan anodised, tetapi dalam lingkungan air laut, tetap saja akan dengan mudah terkena korosi. Ion Cl- dalam air laut dapat menyebabkan korosi jenis sumuran pada paduan aluminium. Oleh karena itu, American Bureau of Shipping (ABS) dan American Society for Testing and Material (ASTM) telah mengidentifikasi bahwa paduan aluminium seri 6063 dengan proses solution heat treatment dan artificial aging sesuai untuk bangunan kapal.

**Tabel 1.** Komposisi material aluminium 6063

Al	Mg	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Ni	Zn
98,50	0,515	0,387	0,37	0,064	0,084	0,009	0,006	0,056

### 2.2 Alumunium

Aluminium merupakan salah satu logam yang berasal dari material Bauksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Saat ini penggunaan aluminium sudah sangat luas, diantaranya aluminium banyak digunakan sebagai peralatan rumah tangga, industri otomotif, industri pesawat terbang, konstruksi bangunan, dan sebagainya. Penggunaan aluminium yang cukup luas dikarenakan aluminium memiliki beberapa kelebihan. Sifat Alumunium: Memiliki berat yang relatif ringan, Ketahan terhadap korosi yang baik, Konduktivitas termal tinggi, Mudah untuk dilakukan permesinan, dan Jenis material yang ulet.

### 2.3 Paduan Al-Si

Paduan aluminium-silikon (Al-Si) merupakan paduan yang banyak dimanfaatkan dalam proses pengecoran karena memiliki sifat-sifat unggul, di antaranya berdimensi stabil pada temperatur tinggi, tahan korsi , dan relatif ringan.

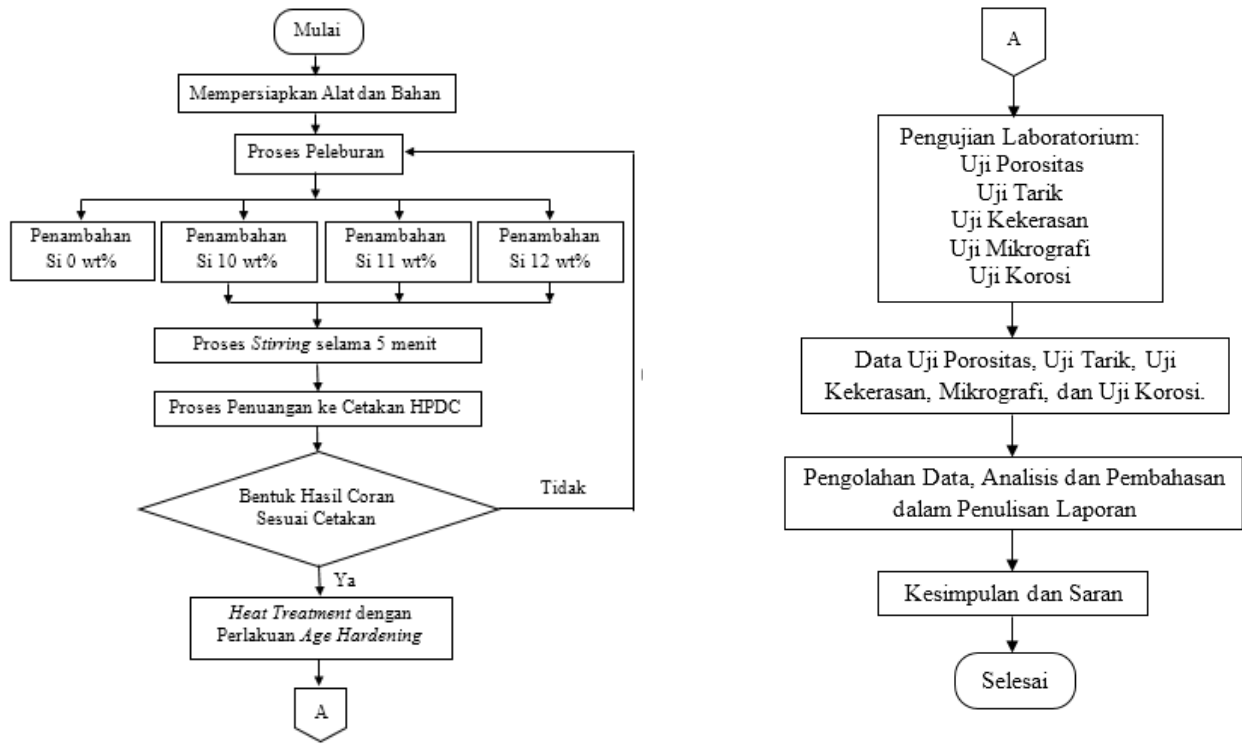
### 2.4 Paduan Al-Mg

Paduan dengan komposisi 2-3% Mg mudah untuk ditempa, dirol, dan di ekstrusi, paduan Al 5052 adalah paduan yang biasa dipakai sebagai bahan tempaan. Paduan Al 5052 adalah paduan yang paling kuat diantara paduan Al-Mg dengan komposisi Mg yang berbeda. Paduan ini digunakan setelah dikeraskan oleh pengerasan regangan (*strain hardening*) apabila diperlukan kekerasan tinggi. Selain paduan Al 5052, paduan Al 5083 yang dianil adalah paduan Al-Mg dengan komposisi 4,5% Mg yang memiliki sifat kuat dan mudah untuk dilakukan pengelasan. Oleh karena ini paduan Al 5083 saat ini banyak digunakan sebagai bahan untuk tangki LNG.

## 3. Metode Penelitian

Proses pembuatan komposit Al6063 ini menggunakan proses pengecoran *stir casting* kemudian dicetak dengan metode HPDC (*High Pressure Die Casting*). HPDC merupakan salah satu jenis dari pengecoran dengan tekanan dimana

logam cair dibekukan pada tekanan yang tinggi diantara cetakan (*dies*) dan piston hidrolik pada ruang tertutup. Proses pengecoran ini pada dasarnya mengkombinasikan antara proses pengecoran dan proses penempaan (akibat adanya tekanan). Dalam penelitian material komposit Al6063 ini mengacu pada diagram alir sebagaimana tercantum pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Persiapan yang diperlukan antara lain, memotong aluminium ingot supaya dapat masuk ke dalam kowi, menimbang potongan aluminium ingot sesuai dengan massa yang dibutuhkan, menyambung tungku, tabung gas LPG dan selang krusibel, menyiapkan alat HPDC, kowi, pengaduk, thermocouple dan display..



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

Proses peleburan dilakukan hingga batangan aluminium ingot mencair dan mencapai suhu sekitar 650oC. Proses pencampuran silikon dilakukan pada saat temperatur cairan aluminium ingot turun mencapai suhu 650oC. Proses pencampuran silikon dilakukan pada 3 variasi yang berbeda yaitu 10 wt%, 11 wt%, dan 12 wt%. Setelah silikon dimasukkan ke dalam cairan aluminium bersuhu 650oC, kemudian dilakukan proses pengadukan menggunakan alat stir casting dengan kecepatan 65 rpm selama 5 menit. Proses penuangan dilakukan ke dalam cetakan (mold) pada mesin HPDC dengan tekanan 7 MPa. Spesimen hasil pengecoran diteliti apakah layak untuk diuji atau tidak. Kelayakan hasil coran ini dilihat dari kesempurnaan produk hasil coran sesuai dengan bentuk cetakan. Spesimen diberi perlakuan panas

dengan solution treatment temperatur 525oC selama 3 jam kemudian dilakukan quenching menggunakan air. Setelah itu spesimen diberi perlakuan artificial aging dengan temperatur 195oC selama 3 jam.

Tahapan berikutnya yaitu pengujian komposit meliputi pengujian densitas, perhitungan porositas, pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengujian korosi dan pengujian struktur mikro. Untuk pengujian densitas, dilakukan dengan menggunakan alat *density meter*. Untuk menghitung nilai densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan persamaan sebagai berikut :

Densitas Aktual

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

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

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{SiC} \cdot V_{SiC} \quad (2)$$

dimana :

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

Kemudian dari data densitas dilakukan perhitungan porositas pada komposit hasil pengecoran dengan persamaan sebagai berikut :

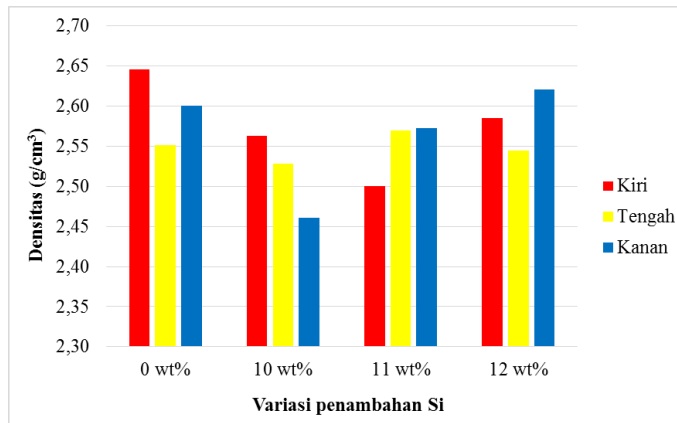
$$Porositas = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}} \quad (3)$$

Pengujian tarik dilakukan dengan berpedoman standar pengujian ASTM E8. Dalam pengujian ini akan didapatkan kurva tegangan-regangan. Sifat mekanik yang bisa diketahui adalah kekuatan luluh, kekuatan tarik, kekuatan patah, keuletan, dan modulus elastisitas. Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester Model HR-150A* dengan menggunakan skala F (HRF). Dengan pembebanan 60 kgf. Kemudian dikonversi ke satuan *Brinell Hardness Number* (BHN) mengikuti standard ASTM E140-05. Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mendapatkan struktur mikro spesimen uji yang kemudian dapat dilakukan perhitungan ukuran butir. Pengujian mikro ini menggunakan mikroskop merk Olympus BX41M dengan perbesaran 200x. Spesimen untuk pengujian struktur mikro terlebih dahulu dilakukan proses pemolesan dengan amplas dan autosol kemudian dilakukan pengetsaaan dengan larutan 2,5 ml HNO<sub>3</sub>, 1 ml HF, 1,5ml HCL, dan 95 ml Aquades. Pengujian korosi dilakukan dengan mengacu pada standar pengujian Immersion Laboratory Test ASTM G31-72. Pengujian ini dilakukan pada media korosif berupa larutan 1M HCL, pengujian bertujuan untuk mengetahui seberapa besar massa yang hilang akibat korosi.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Pengaruh Variasi Persentase Berat Si Terhadap Densitas

Hasil pengujian densitas aktual dan teoritis pada komposit Al6063 dapat dilihat pada Gambar 3.



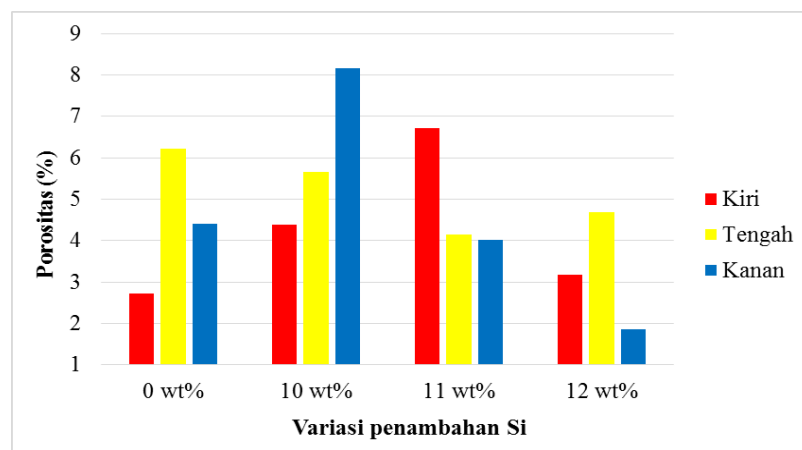
**Gambar 3.** Nilai densitas dengan berbagai macam variasi Si.

Terlihat bahwa densitas dengan nilai terbesar terdapat pada variasi silikon 0% bagian tengah sebesar 2,65 g/cm<sup>3</sup> dan densitas terkecil terdapat pada variasi silikon 10% bagian kanan sebesar 2,46 g/cm<sup>3</sup>. Kesimpulan dari data yang diperoleh terlihat bahwa nilai densitas tidak ada yang homogen untuk variasi silikon 0%, 10%, 11%, dan 12%.

Ketidakhomogenan ini disebabkan oleh faktor pengecoran yang kurang baik sehingga aluminium, dan silikon tidak tersebar merata dan banyaknya jumlah porositas pada setiap variasi silikon yang berbeda-beda.

#### 4.2 Pengaruh Variasi Persentase Berat Si Terhadap Porositas

Perhitungan porositas dilakukan untuk melihat seberapa besar porositas yang dihasilkan pada pengecoran shaft propeller. Semakin banyak persen porositas yang dihasilkan semakin buruk material pengecoran yang dibuat karena dapat menurunkan sifat mekanik pada paduan tersebut.

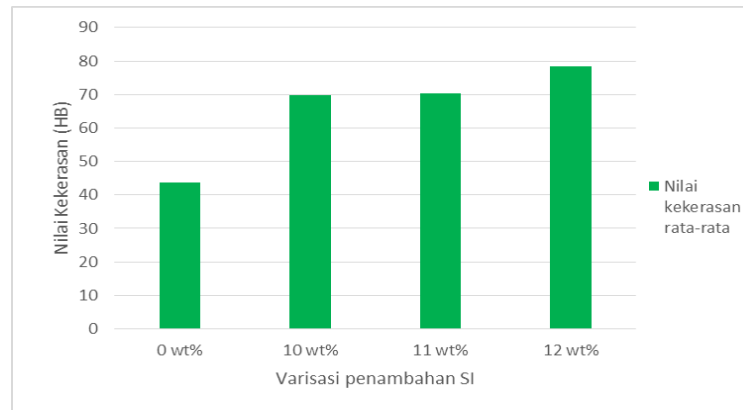


**Gambar 4.** Nilai porositas dengan berbagai macam variasi Si.

Terlihat dari grafik nilai porositas tertinggi terdapat pada variasi penambahan Si 10 wt% bagian kanan dengan nilai porositas sebesar 8,17% dan porositas terendah terdapat pada variasi penambahan Si 12 wt% bagian kanan dengan nilai porositas sebesar 1,86%. Hal ini membuktikan bahwa semakin dekat nilai densitas aktual pada suatu logam pengecoran maka semakin kecil nilai porositasnya. Penurunan nilai porositas pada penambahan unsur silikon yang lebih banyak disebabkan karena semakin banyak silikon yang ditambahkan, maka fluiditas pengecoran akan semakin baik dan laju pembekuan akan semakin merata. Kondisi seperti ini akan menghasilkan jarak struktur mikro yang semakin kecil dan memungkinkan ukuran butir makin halus.

#### 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester Model HR-150A* dengan menggunakan skala B (HB). Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian kekerasan pada komposit Al6063

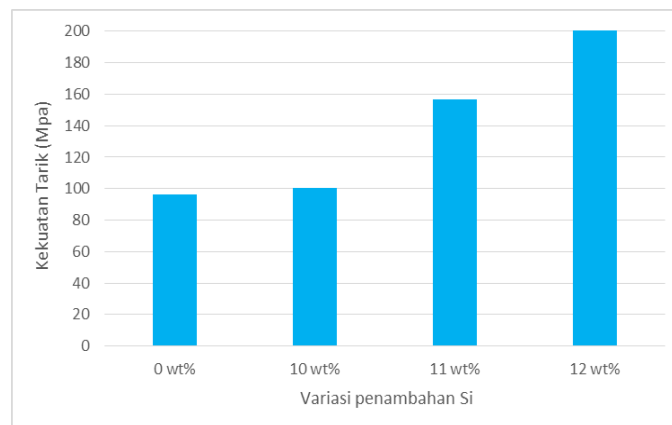


**Gambar 5.** Nilai kekerasan dengan berbagai macam variasi Si.

Pada Gambar 5, menunjukkan bahwa nilai tertinggi ditunjukkan pada variasi 12 wt% Si yaitu sebesar 78,42 HB. Dan yang nilai terkecil ditunjukkan pada variasi 0 wt% Si yaitu sebesar 43,75 HB. Spesimen tanpa perlakuan panas memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding spesimen perlakuan panas. Hal ini membuktikan bahwa dengan dilakukan heat treatment dan quenching kemudian artificial aging pada temperatur 195° C selama 3 jam, butir kristal mengecil dan jarak antar butir kristal menjadi lebih rapat. Peningkatan nilai kekerasan tersebut disebabkan oleh adanya presipitat atom-atom Mg/Si dalam matriknya (Al). Atom-atom Mg atau Si tersebut pada kondisi Artificial Aging akan cenderung memposisikan diri terhadap atom pelarutnya sehingga terjadi koherensi (kesamaletakan). Untuk presipitat yang bertambah kecil dan jumlah yang bertambah banyak menyebabkan jarak antar partikel presipitat semakin rapat. Presipitat rapat inilah yang bertindak sebagai pengahalang yang menyebabkan pergeseran dislokasi semakin sulit ketika terjadi deformasi pada paduannya. Nilai kekerasan yang diperoleh semakin meningkat seiring banyaknya variasi Si yang diberikan, hal ini membuktikan bahwa semakin besar persentase berat Si maka semakin besar pula nilai kekerasannya.

#### 4.4 Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik dengan model kontrol dan pencatatan data secara otomatis dengan program komputer. Pelaksanaan uji tarik berdasarkan standar ASTM E 8M-04. Spesimen yang disiapkan untuk masing-masing variasi adalah 3 spesimen.



**Gambar 6.** Hasil kekuatan tarik dengan berbagai macam variasi Si.

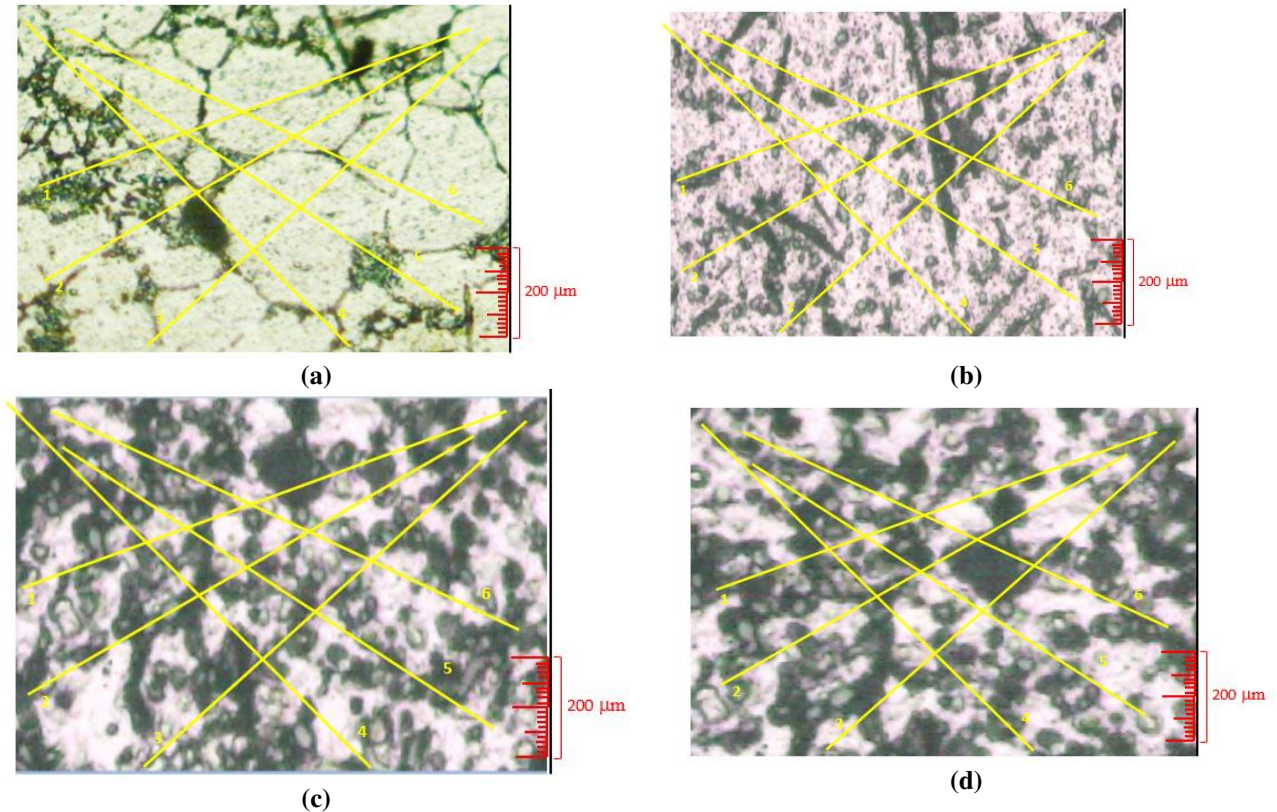
Kekuatan tarik spesimen model shaft propeller dengan variasi Si 12 wt% memiliki kekuatan tarik paling tinggi dibanding dengan spesimen model shaft propeller dengan variasi 0 wt%, 10 wt% dan 11 wt% Si. Spesimen model shaft propeller dengan variasi 0 wt% Si memiliki kekuatan tarik 96,67 MPa. Kekuatan tarik spesimen model shaft propeller mengalami peningkatan pada variasi 10 wt% Si menjadi 100,582 MPa. Kekuatan tarik kembali naik pada penambahan 11 wt% Si menjadi sebesar 156,573 Mpa. Kemudian kekuatan tarik mengalami kenaikan pada variasi 12 wt% Si menjadi sebesar 209,807 Mpa.

Kenaikan variasi penambahan silikon mengakibatkan peningkatan kekuatan tarik, hal ini terjadi karena semakin banyak silikon akan meningkatkan fluiditas pengecoran, sehingga kualitas pengecoran akan semakin baik dengan ditandai penurunan nilai porositas pengecoran.



#### 4.5 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro produk shaft propeller hasil HPDC dengan penambahan unsur silikon bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro pada variasi penambahan unsur silikon 0 wt%, 10 wt%, 11 wt%, dan 12 wt% dengan posisi pengujian yang berbeda, yaitu pada posisi kanan, tengah, dan kiri produk shaft propeller. Hasil dari pengujian struktur mikro ini diharapkan dapat memperkuat hasil dari pengujian kekerasan, karena dengan pengamatan struktur mikro dapat terlihat susunan dan struktur kristal paduan yang terbentuk.



**Gambar 7.** Hasil mikrografi perbesaran 200X (a) Al6063-0%Si (b) Al6063-10%Si (c) Al6063-11%Si (d) Al6063-12%Si.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa pada variasi penambahan 12 wt% Si ukuran butir menunjukkan hasil yang paling kecil. Semakin kecil besar butir, maka susunan butir menjadi lebih rapat dan lebih sulit terjadi dislokasi pada butir, sehingga kekerasan material akan meningkat. Pada variasi penambahan 0 wt%, 10 wt% dan 11 wt% Si menunjukkan nilai ukuran butir yang lebih besar dari ukuran butir pada variasi penambahan 12 wt% Si. Hal ini menyebabkan nilai kekerasannya menjadi lebih rendah karena struktur butir lebih mudah terjadi dislokasi.

#### 4.6 Pengujian Korosi

Pengujian korosi produk *shaft propeller* hasil HPDC dengan penambahan unsur silikon bertujuan untuk mengetahui ketahanan korosi hasil pengecoran dengan cara menghitung massa yang hilang selama pengujian. Perhitungan laju korosi terhadap *shaft propeller* dilakukan dengan mengikuti rumus sebagai berikut.

$$\text{Laju korosi (mm/y)} = \frac{KW}{DAT} \quad (4)$$

dimana,

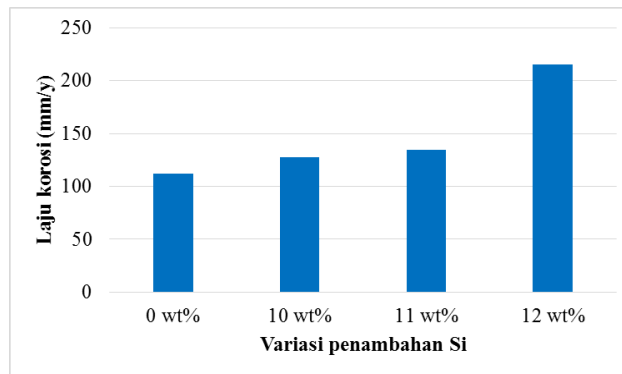
$K$  = Konstanta ( $8,76 \times 10^4$ )

$W$  = Kehilangan berat (gram)

$D$  = Densitas logam ( $\text{gr/cm}^3$ )

$A$  = Luas permukaan logam ( $\text{cm}^2$ )

$T$  = Waktu (detik)



**Gambar 8.** Laju korosi dengan variasi penambahan Si

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa pada variasi penambahan 12 wt% Si laju korosi menunjukkan hasil yang paling tinggi sebesar 1,721mm/y. Semakin tinggi laju korosi, maka semakin cepat material tersebut mengalami kegagalan. Pada variasi penambahan 0 wt%, 10 wt% dan 11 wt% Si menunjukkan nilai laju korosi sebesar 1,134 mm/y, 0,733mm/y, 0,991 mm/y.

## 5. Kesimpulan

- Porositas akan menurun seiring dengan penambahan unsur Si dalam paduan aluminium. Tingkat porositas terendah terdapat pada penambahan 12% Si yaitu sebesar 3,25 %. Sedangkan pada variasi penambahan 10%, dan 11% sebesar 6,07%, dan 4,96%. Namun terjadi kenaikan porositas tanpa penambahan unsur Si yaitu sebesar 4,45%. Hal ini disebabkan oleh kurang baiknya hasil pengecoran saat penambahan Si.
- Tegangan tarik aluminium pada penambahan 10% Si sebesar 100,582 MPa, pada penambahan 11% Si sebesar 156,573 MPa dan pada penambahan 12% Si sebesar 209,807 MPa. Sedangkan tanpa penambahan unsur Si sebesar 96,587 MPa,.
- Kekerasan aluminium akan meningkat seiring dengan penambahan unsur Si. Kekerasan paling tinggi terdapat pada penambahan 12% Si yaitu sebesar 78,42 HB. Sedangkan pada variasi penambahan 10% dan 11% sebesar 70,39 HB dan 69,70 HB. Tanpa penambahan unsur si nilai kekerasannya sebesar 43,75 HB.
- Dari struktur mikro terlihat adanya perbedaan struktur butir, material tanpa variasi Si dengan variasi Si dan memiliki ukuran butir yang berbeda. Pertumbuhan butir banyak terbentuk pada material yang diberi variasi terbesar yaitu 12 wt% Si.
- Dari pengujian ketahanan korosi terlihat peningkatan laju korosi seiring dengan penambahan variasi Si. Laju korosi tertinggi diperoleh saat penambahan unsur Si sebanyak 12 wt% sebesar 172,6 mm/y sedangkan dengan penambahan variasi 0 wt%, 10 wt% dan 11 wt% Si menunjukkan nilai laju korosi sebesar 112,16 mm/y, 73,33 mm/y, 99,1 mm/y.

## 6. Daftar Pustaka

- Dwivedi, S.P., Sharma, S., Mishra, R.K., 2014, *Microstructure and Mechanical Properties of A356/SiC Composites Fabricated by Electromagnetic Stir Casting*, Material Science, Elsevier, India, pp. 1524–1532.
- Seo, S.H., and Kang, C.G., 1995, *The Effect Of Applied Pressure On Particle-Dispersion Characteristics and Mechanical Properties in Melt-Stirring Squeeze-Cast SiCp/Al Composites*, Journal of Materials Processing Technology 55, Elsevier, South Korea, pp. 370-379.
- 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.
- ASM International, 2004, *ASM Metal Handbook, Volume 2 – Properties and Selection : Nonferrous Alloy and Special Purpose Material*, United State of America.
- Pierson, H.O., 1996, *Handbook of Refractory Carbides and Nitrides : Properties, Characteristics, Processing and Applications*, Noyes Publication, United State of America.
- Lin, S., Aliravci, C., & Pekguleryuz, M. O., 2007, *Hot-tear Susceptibility of Aluminum Wrought Alloys and The Effect of Grain Refining*, Metallurgical and Materials Transactions A, 38(5), 1056-1068.
- Khosravi, H., and F. Akhlaghi., 2015, *Comparison of Microstructure and Wear Resistance of A356–SiCp Composites Processed Via Compocasting and Vibrating Cooling Slope*, Transactions of Nonferrous Metals Society of China 25, no. 8: 2490-2498.