



## Studi Karakterisasi Sifat Mekanik Dan struktur Mikro Material Piston Alumunium-Silikon Alloy

Iman Saefuloh<sup>1</sup>, Agus Pramono<sup>2</sup>, Willy Jamaludin<sup>1</sup>, Imron Rosyadi<sup>1</sup>, Haryadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

\*Email Penulis: [iman.saefuloh@untirta.ac.id](mailto:iman.saefuloh@untirta.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 30/09/2018  
Naskah Direvisi 08/10/2018  
Naskah Disetujui 14/10/2018  
Naskah Online 17/10/2018

### ABSTRAK

Pemakaian aluminium khusus pada industri otomotif yang terus meningkat sejak tahun 1980, khususnya paduan aluminium yang digunakan untuk pembuatan piston, blok mesin, kepala silinder dan katup. Dalam penelitian ini menggunakan limbah sepatu rem tromol yang di daur ulang (*remelting*) menjadi piston Honda Vario 110 °C dengan penambahan ADC 12 dilebur dengan proses penuangan gravitasi pada suhu penuangan 700 °C. Untuk meningkatkan sifat mekanis tsb, dalam penelitian ini digunakan metode *aging heat treatment*. Variasi waktu penahanan yang digunakan adalah 2 Jam, 4 Jam dan 5 Jam dengan temperature 155 °C, kegiatan penelitian meliputi uji kekerasan, uji Tarik, Uji keausan, uji X-ray Diffraction (XRD) dan Struktur mikro. Dari material Piston Honda Vario buatan Honda memiliki kekerasan sebesar 114,36 HB, kekuatan Tarik 190 N/mm<sup>2</sup>, faktor keausan  $2.7005 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{N.m}$  Hasil proses perlakuan panas dan *artificial aging* pada material piston Honda Vario berbahan baku 60% skrap sepatu rem + 40% ADC12 meningkat sehingga memiliki sifat mekanik lebih tinggi. hasil uji kekerasan, Kuat Tarik, dan faktor keausan. Waktu aging 4 jam memiliki nilai kekerasan tertinggi 119,320 HB, kuat Tarik 191,6 N/mm<sup>2</sup> dan Faktor keausan  $2,6973 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{N.m}$ . Pada pengujian X-ray Diffraction terdapat senyawa Mg<sub>2</sub>Si pada hasil pengecoran berbahan baku 60% skrap sepatu rem + 40% ADC12. Dan pada pengujian metalografi terdapat perubahan bentuk ukuran butir struktur mikro yang terbentuk, yaitu pada waktu aging 2 jam 5,3323 µm, aging 4 jam 3,1288 µm, aging 5 jam 7,6829 µm

**Kata kunci:** *Artificial Aging, Holding time, Sifat Mekanik, Struktur Mikro*

### 1. Pendahuluan

Pemakaian aluminium khusus pada industri otomotif yang terus meningkat sejak tahun 1980 (Budinski, 2001), dan seiring meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia. Banyak komponen otomotif yang terbuat dari paduan aluminium, diantaranya adalah piston, blok mesin, cylinder head valve dan lain sebagainya. Aluminium memiliki beberapa kelebihan dari pada logam lainnya. Penggunaan paduan aluminium untuk komponen otomotif dituntut memiliki kekuatan yang baik. Agar aluminium mempunyai kekuatan yang baik biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur-unsur seperti: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni dan sebagainya. Mengolah bijih aluminium menjadi logam aluminium (Al) memerlukan energi yang besar dan biaya yang mahal untuk mendapatkan logam aluminium

masalah yang utama sebetulnya pada keterbatasan bijih aluminium di alam, karena bijih aluminium merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui.

Tuntutan akan kebutuhan paduan aluminium yang terus meningkat dan keterbatasan biji aluminium yang ada, merupakan masalah yang harus dicari solusinya. Karena masalah ketersediaan bahan baku biji aluminium ini akan menyebabkan terganggunya proses produksi pada industri-industri pengguna logam aluminium, termasuk industri pembuatan piston. Untuk mengatasi masalah keterbatasan bahan baku piston tersebut salah satu usaha yang dimungkinkan adalah dengan melakukan daur ulang limbah piston bekas. Agar piston hasil daur ulang bisa digunakan dengan baik, aman dan handal, maka perlu dilakukan studi lebih lanjut tentang daur ulang limbah Sepatu rem menjadi material piston baru.

Agar piston hasil daur ulang bisa digunakan dengan baik dan aman, maka perlu dilakukan *treatment* (perlakuan) untuk memperbaiki sifat aluminium piston hasil pengecoran ulang. Karena biasanya sifat dan kualitas piston hasil pengecoran ulang tidak bisa sama dengan piston dari bahan baku baru yaitu Al-Si. Pada penelitian ini, fokus masalah yang ingin dipelajari adalah perlakuan panas (*heat treatment*) pada paduan aluminium sebagai upaya meningkatkan sifat-sifat mekanis piston berbasis material 60% sekrap sepatu rem.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Alumunium

Aluminium merupakan logam non ferro yang memiliki sifat ringan dan tahan karat. Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat-sifat mekanisnya dan mampu cornya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silikon, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya yang dapat merubah sifat paduan aluminium (Surdia, 1991).

### 2.2. Perlakuan panas (*heat treatment*)

Perlakuan panas atau *heat treatment* adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan specimen pada electric furnace (tungku) pada temperatur rekristalisasi selama periode tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikro logam disamping komposisi kimianya, contoh suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya

Perlakuan panas merupakan proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan sehingga penentuan kesepakatan antara berbagai sifat, lingkungan dan cara penggunaan hingga sampai dimana sifat bahan logam tersebut dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Sifat -sifat bahan logam perlu dikenal secara baik karena bahan logam tersebut dipakai pada berbagai kepentingan dan dalam keadaan sesuai dengan fungsinya. Tetapi terkadang sifat-sifat bahan logam ternyata kurang memenuhi persyaratan sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Sehingga diperlukan suatu usaha untuk dapat meningkatkan atau memperbaiki sifat-sifat logam. Sifat-sifat logam tersebut

dapat ditingkatkan dengan salah satunya adalah perlakuan panas.

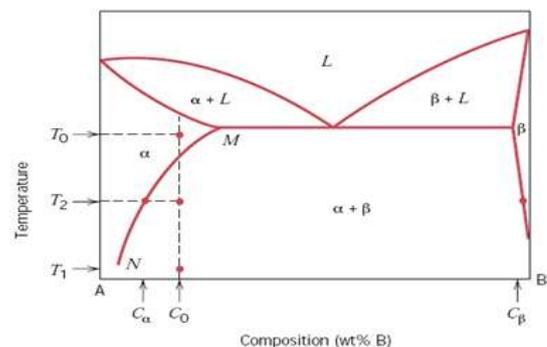
Perlakuan panas adalah proses untuk memperbaiki sifat dari logam dengan jalan memanaskan coran sampai temperatur yang cocok, kemudian dibiarkan beberapa waktu pada temperatur itu, kemudian didinginkan ke temperatur yang lebih rendah dengan kecepatan yang sesuai. Tata Surdia dan Kenji Chijiwa (1991). Salah satu cara perlakuan panas pada logam paduan aluminium adalah dengan penuaan keras (*age hardening*). Melalui penuaan keras (*age hardening*), logam paduan aluminium akan memperoleh kekuatan dan kekerasan yang lebih baik. Dahulu orang menyebut penuaan keras (*age hardening*) dengan sebutan pemuliaan atau penemperan keras. Penamaan tersebut kemudian dibakukan menjadi penuaan keras (*age hardening*) karena penemperan keras pada logam paduan aluminium berbeda dengan penemperan keras yang berlangsung pada penemperan keras baja.

Paduan aluminium yang dapat dituakeraskan atau di *age hardening* dibedakan atas paduan aluminium yang dapat dituakeraskan dalam keadaan dingin dan paduan aluminium yang dapat dituakeraskan dalam keadaan panas. Penuaan keras (*age hardening*) berlangsung dalam tiga tahap yaitu:

#### 2.2.1. Tahap perlakuan panas pelarutan (*Solution heat treatment*)

Tahap pertama dalam proses *age hardening* yaitu *solution heat treatment* atau perlakuan panas pelarutan. *Solution heat treatment* yaitu pemanasan logam aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur  $550^{\circ}\text{C}$  -  $560^{\circ}\text{C}$  dan dilakukan penahanan atau *holding* sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja (Schonmetz, 1990). pada tahap *solution heat treatment* terjadi pelarutan fasa-fasa yang ada, menjadi larutan padat. Tujuan dari *solution heat treatment* itu sendiri yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen.

Proses *solution heat treatment* dapat dijelaskan dalam gambar 1 dimana logam paduan aluminium pertama kali dipanaskan dalam dapur pemanas hingga mencapai temperatur  $T_1$ . Pada temperatur  $T_1$  fase logam paduan aluminium akan berupa kristal campuran  $\alpha$  dalam larutan padat. Pada temperatur  $T_1$  tersebut pemanasan ditahan beberapa saat agar didapat larutan padat yang mendekati homogen.



Gambar 1. Diagram fase pemanasan logam paduan

### 2.2.2. Quenching

*Quenching* merupakan tahap yang paling kritis dalam proses perlakuan panas. *Quenching* dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Dalam proses *age hardening* logam yang diquenching adalah logam paduan aluminium yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin air. Dipilihnya air sebagai media pendingin pada proses *quenching* karena air merupakan media pendingin yang cocok untuk logam-logam yang memiliki tingkat kekerasan atau hardenabiliti yang relatif rendah seperti logam paduan aluminium.

Pendingin dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas (505 °C) ke temperatur yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan quenching adalah agar larutan padat homogen yang terbentuk pada solution heat treatment dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya.

Pada tahap quenching akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (Super Saturated Solid Solution) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang. Pada proses quenching tidak hanya menyebabkan atom terlarut tetap ada dalam larutan, namun juga menyebabkan jumlah kekosongan atom tetap besar. Adanya kekosongan atom dalam jumlah besar dapat membantu proses difusi atom pada temperatur ruang untuk membentuk zona Guinier - Preston (Zona GP). Zona Guinier - Preston (Zona GP) adalah kondisi didalam paduan dimana terdapat agregasi atom padat atau pengelompokan atom padat (Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1992)

### 2.2.3. Aging

Setelah *solution heat treatment* dan *quenching* tahap selanjutnya dalam proses *age hardening* adalah *aging* atau penuaan. Perubahan sifat-sifat dengan berjalannya waktu pada umumnya dinamakan *aging* atau penuaan. *Aging* atau penuaan pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*).

Penuaan alami (*natural aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan dingin. *Natural aging* berlangsung pada temperatur ruang antara 15°C - 25°C dan dengan waktu penahanan 5 sampai 8 hari. Penuaan buatan (*artificial aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan panas. *Artificial aging* berlangsung pada temperature antara 100°C -200°C dan dengan lamanya waktu penahanan antara 1 sampai 24 jam. (Schonmetz, 1990).

Pada tahap *artificial aging* dalam proses *age hardening* dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dari proses *age hardening*. Salah satu variasi tersebut adalah variasi

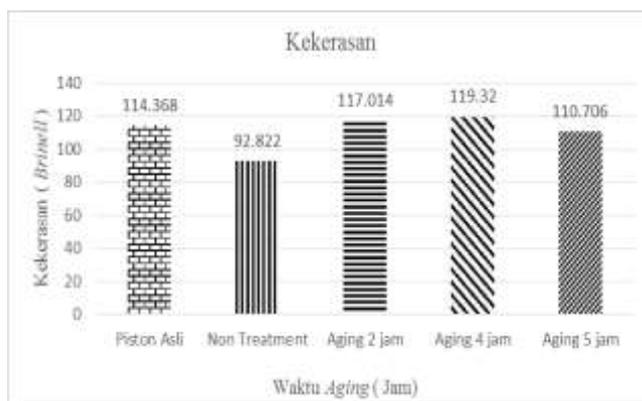
temperatur *artificial aging*. Temperatur *artificial aging* dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan paduan aluminium (150°C), di bawah temperatur pengkristalan atau di atas temperatur pengkristalan logam paduan aluminium. (Schonmetz,1990). Penuaan

## 3. Metodologi

Proses preparasi paduan 60 %skrap dan 40% ADC12 diawali dengan proses *convensional melting* dengan temperatur 720°C dan waktu holding 1 jam. Dalam proses penuangan menggunakan metode *gravity casting* . proses selanjutnya adalah memberikan perlakuan panas dengan *solution treatment* menggunakan temperatur 505°C dengan waktu holding 6 jam. Setelah itu dilakukan proses quench menggunakan air. Pada proses aging dilakukan pada temperatur 155° C dengan waktu holding 2 jam , 4 jam , 5 jam di lakukan dalam furnace, proses pendinginan dilakukan di luar furnace. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan, Tarik, Keausan, XRD (X-ray Diffraction), dan pengamatan metalografi

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Hasil Uji Kekerasan



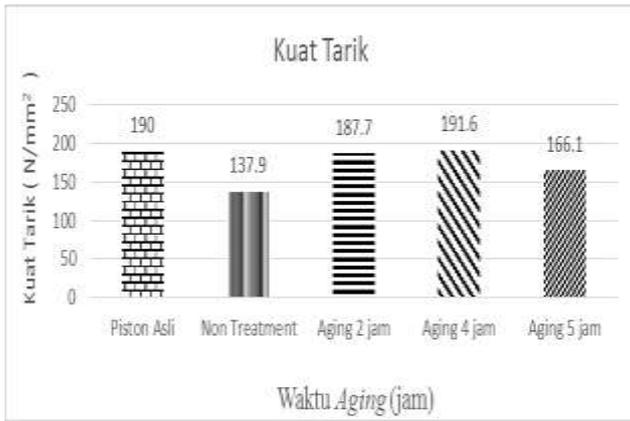
Gambar 4. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Dari Grafik diatas, diketahui bahwa nilai kekerasan dari material hasil pengecoran mengalami peningkatan setelah melalui proses *Aging* . Dan cenderung menurun setelah waktu *aging* 4 jam. Kekerasan piston asli sebesar 114,368 HB dan nilai kekerasan rata-rata tertinggi terjadi pada waktu *aging* 2 jam 4 jam sebesar 117,014 HB dan 191,32 HB. Sedangkan untuk nilai kekerasan rata-rata terendah pada waktu *aging* 5 jam, yaitu 110,706 HB. Dengan nilai kekerasan awal sebesar 92,822 HB.

### 4.2. Hasil Uji Tarik

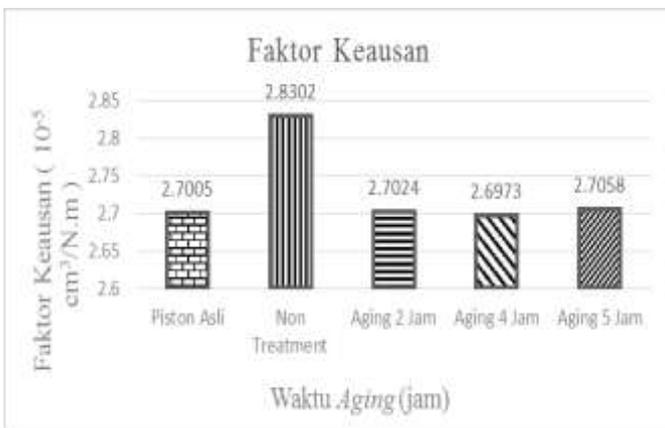
Dari Grafik dibawah, diketahui bahwa nilai Kuat Tarik ( $\sigma_u$ ) dari material hasil pengecoran mengalami peningkatan setelah melalui proses *Aging* . Dan cenderung menurun setelah waktu *aging* 4 jam. Kuat Tarik piston asli sebesar 190 N/mm<sup>2</sup> dan nilai Kuat tarik rata-rata tertinggi terjadi pada waktu *aging* 2 jam 4 jam sebesar 187,7 N/mm<sup>2</sup> dan 191,6 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk nilai kekerasan rata-rata terendah pada waktu

aging 5 jam, yaitu 166,1 N/mm<sup>2</sup>. Dengan nilai kuat tarik awal sebesar 137,9 N/mm<sup>2</sup>.



Gambar 6 Grafik Faktor Keausan

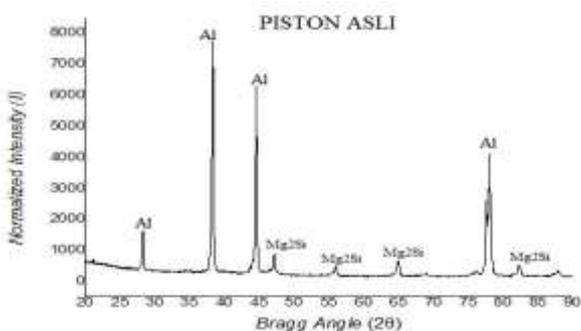
#### 4.3. Hasil Uji Keausan



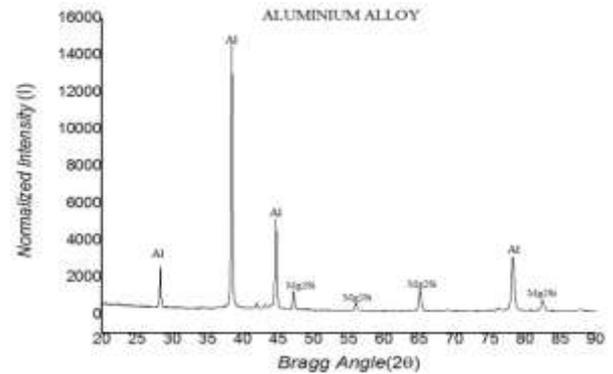
Gambar 6 Grafik Faktor Keausan

Dari Grafik diatas, diketahui bahwa nilai Faktor keausan dari material hasil pengecoran dan *aging* memiliki nilai faktor keausan yang rendah . Dan cenderung meningkat setelah waktu *aging* 4 jam. Faktor keausan piston asli sebesar 2.7005 x 10<sup>-5</sup> cm<sup>3</sup>/N.m dan nilai faktor keausan rata-rata terendah terjadi pada waktu *aging* 2 jam 2.7024 x 10<sup>-5</sup> cm<sup>3</sup>/N.m 4 jam sebesar 2.6973 x 10<sup>-5</sup> cm<sup>3</sup>/N.m .Sedangkan untuk nilai faktor keausan rata-rata tertinggi pada waktu *aging* 5 jam, yaitu 2.7058 x 10<sup>-5</sup> cm<sup>3</sup>/N.m. Dengan nilai faktor keausan awal sebesar 2.8302 x 10<sup>-5</sup> cm<sup>3</sup>/N.m.

#### 4.4. Hasil Uji XRD (X-ray Diffraction)



Gambar 7 Grafik Hasil Uji XRD Piston Asli

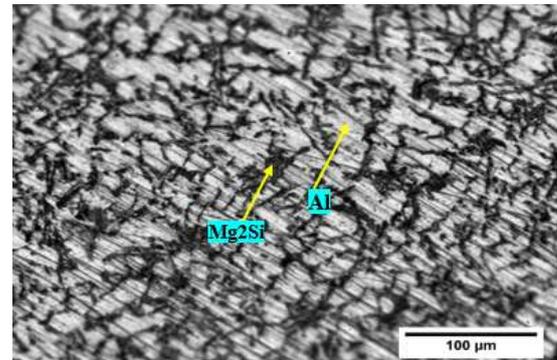


Gambar 8 Grafik Uji XRD Hasil Pengecoran

Dari gambar 7 dan 8 menunjukkan fasa yang sama antara piston asli buatan pabrik dan hasil pengecoran material Sekrap + ADC12 yaitu terdapat Al-Mg<sub>2</sub>Si.

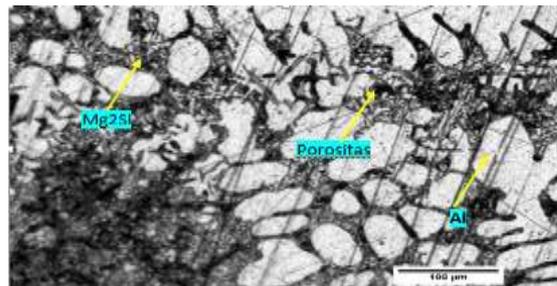
#### 4.5. Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Hasil pengamatan struktur mikro dengan pembesaran 200x terhadap material piston dengan menggunakan skrap sepatu rem 60% dan 40% ADC 12 setelah proses Perlakuan Panas terlihat pada gambar 6



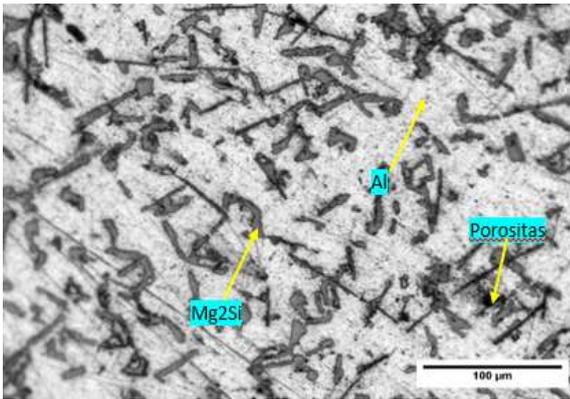
Gambar 9. Struktur Mikro Piston Asli

Hasil pengamatan struktur mikro material Piston Asli terdapat fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si dimana fasa Al (berwarna terang) dan fasa Mg<sub>2</sub>Si (berwarna kelabu kehitam-hitaman) dengan adanya fasa ini akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan aluminium paduan. Pada struktur mikro material piston asli terlihat lebih kecil dengan ukuran butir yaitu 3,7263 μm.



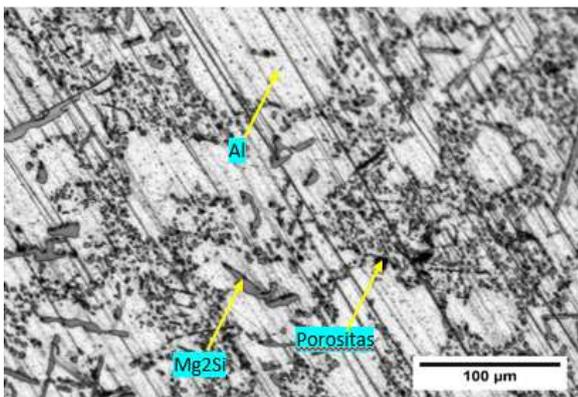
Gambar 9. Struktur Mikro Piston Non Treatment

Hasil pengamatan struktur mikro material hasil pengecoran skrap sepatu rem dan ADC12 terdapat fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si dimana fasa Al (berwarna terang) dan fasa Mg<sub>2</sub>Si (berwarna kelabu kehitam-hitaman) dengan adanya fasa ini akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan aluminium paduan. Pada hasil pengecoran ini terdapat struktur mikro yang terlihat lebih besar dengan ukuran butir yaitu 6,3819 µm.



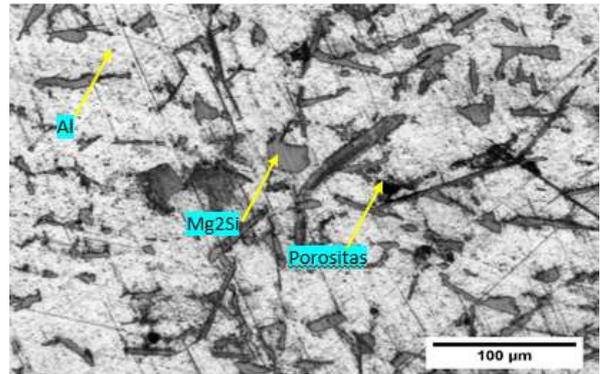
Gambar 11 Struktur mikro *Aging* 2 jam.

Hasil pengamatan struktur mikro material hasil *Aging* 2 jam terdapat fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si dimana fasa Al (berwarna terang) dan fasa Mg<sub>2</sub>Si (berwarna kelabu kehitam-hitaman) dengan adanya fasa ini akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan aluminium paduan. Pada hasil *aging* 2 jam struktur mikro yang terlihat lebih besar dengan ukuran butir yaitu 5,3323 µm.



Gambar 12 Struktur mikro *Aging* 4 jam

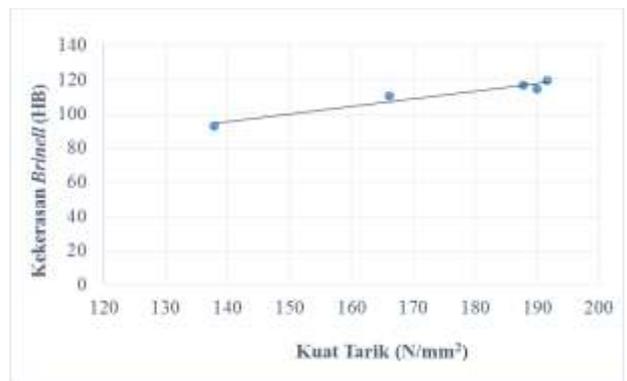
Hasil pengamatan struktur mikro material hasil *Aging* 4 jam terdapat fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si dimana fasa Al (berwarna terang) dan fasa Mg<sub>2</sub>Si (berwarna kelabu kehitam-hitaman) dengan adanya fasa ini akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan aluminium paduan. Pada hasil *aging* 4 jam struktur mikro yang terlihat lebih kecil dengan



Gambar 13 Struktur mikro *Aging* 5 jam

Hasil pengamatan struktur mikro material hasil *Aging* 5 jam terdapat fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si dimana fasa Al (berwarna terang) dan fasa Mg<sub>2</sub>Si (berwarna kelabu kehitam-hitaman) dengan adanya fasa ini akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan aluminium paduan. Pada hasil *aging* 5 jam struktur mikro yang terlihat lebih sedikit dan besar dengan ukuran butir yaitu 7,6829 µm.

#### 4.6. Hubungan Antara Kekerasan Dengan Kekuatan Tarik

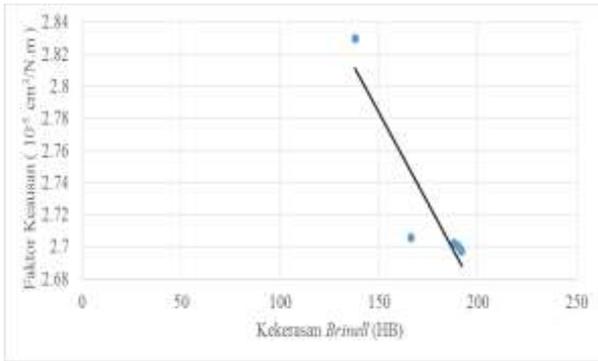


Gambar 14 Grafik Hubungan antara kekerasan dengan kuat tarik

Dari gambar grafik 14 diketahui bahwa semakin tinggi nilai kekerasan maka semakin tinggi pula nilai kuat tariknya. Material hasil pengecoran mengalami peningkatan setelah melalui proses *Aging*, dan cenderung menurun setelah waktu *aging* 4 jam. Dapat diketahui bahwa seiring dengan penambahan waktu *aging* kekerasan dan Kuat Tarik yang dihasilkan cenderung meningkat. Dimana kekerasan tertinggi dihasilkan pada waktu *aging* 4 jam. Hal ini dikarenakan pada waktu permulaan *aging*, Zona GP yang terbentuk terus berkembang baik dari segi ukuran, maupun jumlah seiring dengan bertambahnya waktu *aging*. Untuk presipitat yang bertambah besar dan jumlah yang juga bertambah banyak menyebabkan jarak antar partikel presipitat semakin rapat. Presipitat yang rapat inilah yang bertindak sebagai penghalang yang menyebabkan pergeseran dislokasi semakin sulit ketika terjadi

deformasi pada paduan. Smith, (1993:464-466). Akibatnya didapatkan kekerasan dan Kuat Tarik paduan Al Mg<sub>2</sub>Si yang meningkat seiring dengan peningkatan waktu penahanan. Peningkatan kekerasan dan kuat Tarik seiring dengan peningkatan waktu *aging* juga akan menemui titik puncak dan setelah titik puncak dilewati kekerasan dan Kuat Tarik cenderung akan menurun.

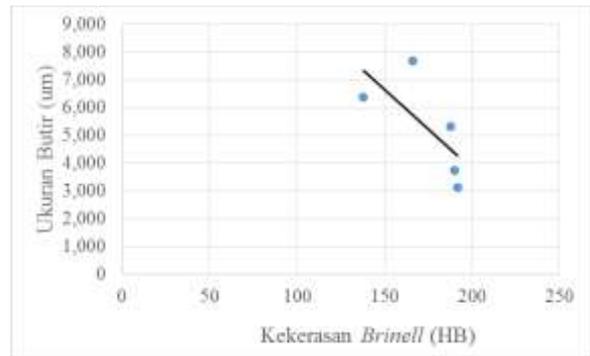
#### 4.7. Hubungan Kekerasan dengan Faktor Keausan terhadap waktu aging



Gambar 15 Grafik Hubungan antara faktor keausan dengan faktor keausan.

Dari gambar grafik 15 diketahui bahwa tingkat kekerasan semakin tinggi maka Faktor Keausan semakin rendah. Material hasil pengecoran mengalami penurunan setelah melalui proses *Aging*, dan cenderung meningkat setelah waktu *aging* 4 jam. Dapat diketahui bahwa seiring dengan penambahan waktu *aging* Faktor keausan yang dihasilkan cenderung menurun. Dimana faktor keausan terendah dihasilkan pada waktu 4 jam. Hal ini dikarenakan pada waktu permulaan *aging*, Zona GP yang terbentuk terus berkembang baik dari segi ukuran, maupun jumlah seiring dengan bertambahnya waktu *aging*. Untuk presipitat yang bertambah besar dan jumlah yang juga bertambah banyak menyebabkan jarak antar partikel presipitat semakin rapat. Presipitat yang rapat inilah yang bertindak sebagai penghalang yang menyebabkan pergeseran dislokasi semakin sulit ketika terjadi deformasi pada paduan. Smith, (1993:464-466). Akibatnya didapatkan faktor keausan paduan Al Mg<sub>2</sub>Si yang menurun dengan peningkatan waktu penahanan. Penurunan faktor keausan seiring dengan peningkatan waktu *aging* juga akan menemui titik puncak dan setelah titik puncak dilewati faktor keausan cenderung akan meningkat.

#### 4.8. Hubungan ukuran butir dengan kekerasan



Gambar 16 Grafik hubungan antara ukuran butir dengan kekerasan. Dari gambar 16 dapat diketahui bahwa semakin tinggi tingkat kekerasan maka semakin kecil ukuran butir. *Artificial Aging* menyebabkan perubahan bentuk struktur mikro paduan Al-Mg<sub>2</sub>Si. Hal ini terlihat baik pada waktu *aging* 2 jam, 4 jam, dan 5 jam dimana terdapat perbedaan bentuk struktur mikro sebelum dan sesudah *Aging*. Perubahan yang terjadi akibat proses *Artificial Aging* dimungkinkan karena pemanasan yang diberikan memberi peluang atom untuk bergerak dan menata letaknya, sehingga bentuk struktur atom setelah proses pelakuan panas menjadi lebih tertata, seiring dengan penambahan waktu *aging* bentuk butir menjadi tertata dan kelihatan lebih rapat, dengan ukuran butir sebagai berikut *Non Treatment* 6.3819 um., *Aging* 2 jam 5.3323 um., *Aging* 4 jam 3.1288 um., *aging* 5 jam 7.6829 um. Dapat diketahui bahwa seiring dengan penambahan waktu *aging* ukuran butir yang dihasilkan cenderung kecil. Dimana ukuran butir terkecil dihasilkan pada waktu *aging* 4 jam. Hal ini dikarenakan pada waktu permulaan *aging*, Zona GP yang terbentuk terus berkembang baik dari segi ukuran, maupun jumlah seiring dengan bertambahnya waktu *aging*. Untuk presipitat yang bertambah besar dan jumlah yang juga bertambah banyak menyebabkan jarak antar partikel presipitat semakin rapat. Presipitat yang rapat inilah yang bertindak sebagai penghalang yang menyebabkan pergeseran dislokasi semakin sulit ketika terjadi deformasi pada paduan. Smith, (1993:464-466). Akibatnya didapatkan ukuran butir paduan Al Mg<sub>2</sub>Si yang kecil seiring dengan peningkatan waktu penahanan. Peningkatan ukuran butir seiring dengan peningkatan waktu *aging* juga akan menemui titik puncak dan setelah titik puncak dilewati ukuran butir cenderung akan membesar.

#### 5. Kesimpulan.

Berdasarkan hasil analisa pada proses aluminium alloy hasil pengecoran dan dilanjutkan dengan proses *Artificial Aging* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses *Artificial Aging* dapat menghasilkan sifat mekanik lebih dari piston asli. pada temperatur *aging* 155 °C dengan waktu *aging* 4 jam, sebesar 119.32 HB., Kuat Tarik ( $\sigma_u$ ) sebesar 191,6 N/mm<sup>2</sup> ., dan Faktor keausan 2,6973 x10<sup>-5</sup> cm<sup>3</sup> /N.m, Serta kekerasasn piston asli yaitu 114.36 HB., Kuat Tarik ( $\sigma_u$ ) sebesar 190 N/mm<sup>2</sup> dan faktor

keausan  $2.7005 \times 10^{-5} \text{ cm}^3 / \text{N.m}$  .dimana hasil pengujian ini tidak bisa dibandingkan antara piston asli dengan hasil pengecoran dikarenakan dimensi yang tidak sesuai standar uji.

2. Pada waktu aging 4 jam sifat mekanis menunjukkan kecenderungan yang meningkat. Tetapi setelah waktu aging 4 jam grafik menunjukkan kecenderungan menurun. Sehingga kekerasan yang optimal didapatkan pada waktu aging 4 jam.
3. Proses *artificial aging* menyebabkan perubahan bentuk struktur paduan Al-Mg<sub>2</sub>Si baik pada waktu *aging* 2 jam, 4 jam, dan 5 jam., dimana ukuran butir semakin kecil maka semakin tinggi pula tingkat kekerasan dan kuat tariknya serta rendahnya nilai faktor keausan dan begitu pula sebaliknya. Didapatkan ukuran butir rata-rata yang terdapat pada waktu aging 2 jam 5,3323  $\mu\text{m}$ , waktu aging 4 jam 3,1288  $\mu\text{m}$ , waktu aging, 5 jam 7,6829  $\mu\text{m}$ , Non treatment 6,3819  $\mu\text{m}$ , piston asli 3,7263  $\mu\text{m}$

## 6. Daftar Pustaka

- ASM Handbook, Vol.2, "**Properties and selection Nonferrous Alloys and Special Purpose Mat**".
- ASM Handbook, Vol 04, *Heat treating* ASM Handbook, vol 08, "**Mechanical Testing and Evaluation**"
- ASM Handbook, vol 09, "**Metallography and Microstructure**", 2004
- ASM Handbook, vol 15 "**Casting**", 2004
- Bondan T.Sofyan, 2010, "**Pengantar Material Teknik**", Salemba Teknika, Jagakarsa, Jakarta.
- William D. Callister, Jr., 1990., "**Materials Science And Engineering An Introduction**", *second edition.*, New York.
- Smith, F. William. 1995. "**Material Science and engineering**". (*second edition*). New York: Mc Graw- Hill inc.
- Budinski, 2001, "**Engineering Materials Properties and Selection**", PHI New Delhi, pp. 517–536.
- Surdia, T. dan Cijiwa K, 1991, "**Teknik Pengecoran Logam**", PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Surdia, T. dan Shinroku, 1982, "**Pengetahuan Bahan Teknik**", PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Anne Zulfa dkk., 2010., "**Proses Penuaan (Aging) pada Paduan Aluminium AA 333 Hasil Proses Sand Casting**" Universitas Indonesia, Jakarta.
- Fuad Abdillah., 2010., "**Perlakuan Panas Paduan Al-Si pada prototype piston berbasis material piston bekas**", Universitas Diponegoro., Semarang.
- Nurhadi, 2010., "**Studi karakteristik material piston dan pengembangan prototype piston berbasis limbah piston bekas**", Universitas Diponegoro., Semarang.
- Iman Saefuloh, Haryadi, A Zahrawani, 2017., "**Pengaruh Proses Quenching Dan Tempering Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Paduan Laterit**" Flywheel, Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. IV, No. 1, hal. 56 – 64
- Iman Saefuloh, Haryadi, M Gema, 2017, "**Sudi Analisa Kuat Arus Proses Elektroplating Dengan Pelapis Nikel Cobalt Terhadap Kekerasan, Ketahanan Korosi, Dan Penambahan Tebal Baja Karbon Rendah ST 41**", Flywheel, Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. III, No. 2, hal. 42 -47
- R.bagus Suryana Majanasastra, 2015., "**Pengaruh Variabel Waktu (Aging Heat Treatment) Terhadap peningkatan kekerasan permukaan dan struktur mikro kepala piston sepeda motor Honda Vario Universitas Islam 45 Bekasi**".
- Rieco Malik dan Sutaris., 2014., "**Pengaruh Temperatur Aging dan Waktu Holding Aging presipitasi Hardening pada Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Paduan Mg-5Al-1%Y untuk Aplikasi komponen Otomotif Temperatur Tinggi**" Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Surabaya
- R.Sivashankar, S.Maheswaran., E.Hariharan., 2016., "**Characterization of Mechanical Properties and wear behavior of aluminium -Silicon piston alloy. Institute of Technology**", salem, India.
- Solechan., 2010., "**Studi Pembuatan Prototipe Material Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas Dan ADC 12 Yang Diperkuat Dengan Insert ST 60 Dan Besi Cor**", Universitas Diponegoro., Semarang.
- Sumpena, 2017., "**Pengaruh Paduan Serbuk Fe 12% Pada Aluminium Terhadap Porositas Dan Struktur Mikro Dengan Metode Grafity Casting**", Universitas 45 Yogyakarta., Yogyakarta
- Suyanto dkk. 2016, "**ADC3 Yang Dibuat Dengan Peleburan Ulang Aluminium Sebagai Bahan Propeler Kapal Kayu**", Akademi Teknik Perkapalan Veteran.
- Widi Aprianto., Arie Triyadi S., 2014., "**Pemilihan bahan dan proses**" Universitas Jenderal Achmad Yani., Bandung

