

## PENGARUH *ARTIFICIAL AGING* DAN *NATURAL AGING* TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PENGECORAN LOGAM PISTON Al-Si

Edriyanto<sup>1</sup>, Ridway Balaka<sup>2</sup>, Aminur<sup>3</sup>

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

<sup>2,3</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo  
Jln. H.E.A Mokodompit, Kampus Bumi Tridarma Andonohu, Kendari 93232

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *artificial aging* dan *natural aging* terhadap peningkatan kekerasan dan struktur mikro paduan Al-Si daur ulang. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan Al-Si yang berasal dari skrap piston sepeda motor yang dicor menyerupai bentuk piston (*prototype*). Metode pengecoran yang digunakan adalah pengecoran tuang dimana suatu logam cair dituang ke dalam cetakan tanpa adanya tekanan. Skrap piston dilebur dengan temperatur 700°C, pada tanur induksi selama 1 jam dan dituang ke dalam cetakan logam (*die casting*). Produk coran yang berupa *prototype* piston sepeda motor dipreparasi/dipotong untuk dijadikan spesimen yang dilanjutkan dengan proses *artificial aging* dan *natural aging* dengan *holding time* 1-3 jam, untuk diuji struktur mikro dan uji kekerasan metode *vickers*. Hasil pengujian kekerasan *Vickers* menunjukkan bahwa, nilai kekerasan maksimum spesimen *artificial aging* yaitu 132,16 Kg/mm<sup>2</sup> dengan waktu penahanan 3 jam, dan nilai kekerasan terendah diperoleh sebesar 110,31 Kg/mm<sup>2</sup> dengan waktu penahanan selama 1 jam. Sedangkan untuk nilai kekerasan maksimum sampel *natural aging* yaitu 101,57 Kg/mm<sup>2</sup> dengan waktu penahanan 3 jam, sementara nilai kekerasan terendah diperoleh sebesar 82,53 Kg/mm<sup>2</sup>. Dengan hasil pengamatan struktur mikro masing-masing sampel mengalami perubahan struktur.

**Kata kunci :** Pengecoran Al-Si, *natural aging*, *artificial aging*, kekerasan, dan struktur mikro.

### Abstract

*The purpose of this research is to know the effect of artificial aging and natural aging on increasing hardness and micro structure of Al-Si alloy recycling. The material used in this research is Al-Si alloy which comes from motorcycle piston scrap which is casted like piston (prototype). The casting method used is a casting wherein a liquid metal is poured into a mold without pressure. Piston scrap is melted with 700°C temperature, on induction furnace for 1 hour and poured into die casting. Product of castings of prototype motorbike piston are prepared to be specimen followed by artificial aging and natural aging process with holding time 1-3 hour to test micro structure and hardness test of vickers method. Vickers hardness test results show that the maximum hardness value of artificial aging specimens is 132,16 Kg / mm<sup>2</sup> with 3 hours hold time, and the lowest hardness value is 110,31 Kg / mm<sup>2</sup> with 1 hour hold time. While for the maximum hardness value of natural aging samples is 101,57 Kg / mm<sup>2</sup> with 3 hour hold time, while the lowest hardness value is obtained equal to 82,53 Kg / mm<sup>2</sup>. With result of observation of micro structure of each sample undergoes structure change.*

**Keywords:** Metal casting, *natural aging*, *artificial aging*, hardness, and micro struktur.

### 1. Pendahuluan

Industri pengecoran logam khususnya aluminium adalah salah satu usaha yang mempunyai peranan strategis pada struktur perekonomian nasional terutama dalam menunjang pengembangan berbagai macam industri, seperti industri penghasil komponen, pengerjaan logam, dan industri lainnya. Hal ini ditandai dengan meningkatnya jumlah permintaan produk pengecoran. sehingga

mendorong para pelaku industri berlomba-lomba untuk menciptakan produk yang tidak hanya unggul dari sisi teknologi melainkan pula dari sisi kualitas, akan tetapi yang menjadi sisi permasalahan yang dihadapi oleh pelaku Industri Kecil dan Menengah (IKM) adalah minimnya ketersediaan bahan baku standar dengan harga yang terjangkau, sebab tuntutan akan kebutuhan paduan aluminium yang terus meningkat

dan keterbatasan biji aluminium yang ada. Olehnya itu hal ini merupakan masalah yang harus dicari solusinya. Karena ketersediaan bahan baku aluminium ini akan menyebabkan terganggunya proses produksi pada industri-industri pengguna logam aluminium, termasuk industri pembuatan piston yang material utamanya berasal dari logam aluminium.

Abdillah (2010) menyatakan bahwa aluminium dapat didaur ulang (*recycle*) tanpa batas dan tanpa kehilangan karakteristik superiornya serta merupakan pertimbangan utama untuk pemanfaatan aluminium selanjutnya, serta dengan melakukan daur ulang (*recycling*) juga dapat mempunyai nilai penting secara ekonomi, energi, lingkungan dan sebagai implikasi penghematan/penekanan sumber daya serta biaya produksi. Dimana hal ini sejalan dengan falsafah rekayasawan, bahwa jika suatu bahan memiliki sifat mekanik tertentu, namun masih terdapat sifat lain yang kurang menguntungkan, maka dari pada memikirkan untuk menggantikannya, lebih baik diambil langkah-langkah untuk bisa mengatasi kekurangan tersebut agar dapat digunakan secara efisien dan bernilai ekonomis.

## 2. Dasar Teori

### Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan proses manufaktur dengan memanaskan logam hingga mencapai titik cair dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam cetakan sehingga berbentuk seperti rongga cetakan. Tujuan dari pengecoran adalah untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan ekonomis yang bebas cacat serta sesuai dengan yang kita butuhkan seperti: kekuatan, keuletan, kekerasan, dan ketelitian dimensi.

Berdasarkan bentuknya, produk pengecoran terdiri dari 2 jenis, yaitu *ingot casting* dan *shape casting*. *Ingot casting* merupakan pengecoran dengan bentuk sederhana, dimana hasilnya

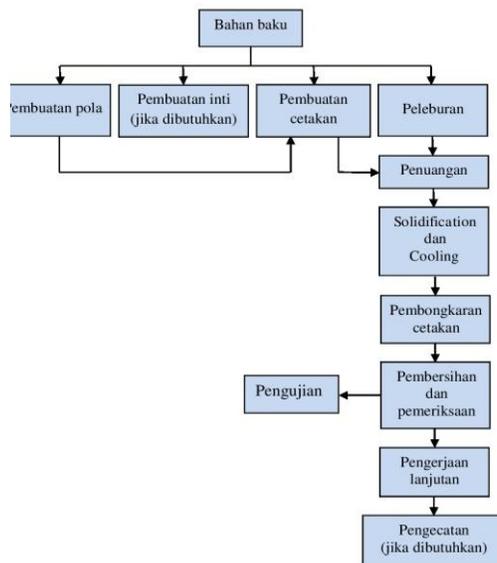
digunakan sebagai bahan baku untuk proses pengerjaan seperti *rolling* atau *forging*. Sedangkan *shape casting* sendiri merupakan pengecoran dengan bentuk geometri yang lebih kompleks dan mendekati bentuk akhir produk yang diharapkan sedang menurut jenis cetakan yang digunakan proses pengecoran dapat klasifikasikan menjadi 2 kategori yaitu:

#### 1. Pengecoran dengan cetakan sekali pakai

Bahan cetakan untuk pengecoran dengan cetakan sekali pakai (*expendable mold*) terbuat dari gips, pasir, keramik dan bahan semacam itu umumnya dicampur dengan berbagai bahan pengikat (*bonding agents*) untuk peningkatan peralatan. Contoh sebuah cetakan pasir khas terdiri dari 90% pasir, 7% tanah liat, dan 3% air.

#### 2. Pengecoran dengan cetakan permanen

Pengecoran dengan cetakan permanen (*permanent mold*) adalah cetakan yang terbuat dari logam yang tahan pada temperatur tinggi. Cetakan logam dapat digunakan kembali karena bersifat konduktor dan lebih baik daripada cetakan non logam yang sifatnya terbuang setelah digunakan. Disisi lain cetakan logam juga mampu menyerap panas logam cair sehingga waktu pembekuan menjadi lebih cepat sehingga dapat mempengaruhi struktur mikro dan ukuran butir produk coran. Jenis cetakan ini sebagian besar digunakan untuk mencetak piston dan bagian-bagian mesin kendaraan, mesin disel dan mesin kapal. Untuk membuat hasil coran yang berkualitas, harus dilakukan beberapa proses seperti penyiapan bahan, penyiapan cetakan, peleburan, penuangan, pembongkaran, dan pembersihan coran seperti dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur kegiatan proses pengecoran logam (Y. Dionisius, 2013)

### Piston

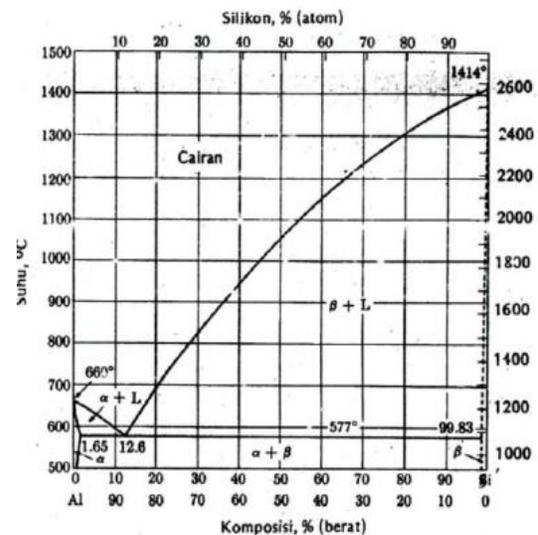
Piston dalam bahasa Indonesia juga dikenal dengan istilah torak adalah komponen dari mesin pembakaran dalam yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima hentakan pembakaran pada ruang bakar silinder liner. Dimana piston terdorong sebagai akibat dari ekspansi tekanan sebagai hasil dari pembakaran, dimana piston selalu menerima temperatur dan tekanan yang tinggi, bergerak dengan kecepatan yang tinggi secara terus menerus. Gerakan langkah piston mencapai  $\pm 2400$  kali setiap menit. Jadi setiap detik piston bergerak sebanyak 40 kali di dalam silindernya (Jalius Jama Dkk, 2008).

### Diagram Aluminium Silikon

Diagram fasa aluminium silikon ditunjukkan pada gambar 1. Diagram ini digunakan sebagai pedoman untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran paduan Al-Si. Kandungan pada diagram fasa aluminium silikon ini terdiri

dari 3 macam yaitu: *hipoeutectic*, *eutectic*, dan *hypereutectic*.

- Hipoeutectic* yaitu apabila terdapat kandungan silikon  $< 17\%$  dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite ( $\alpha$ ) kaya aluminium dengan struktur eutectik sebagai tambahan.
- Eutectic* yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar  $11.7\% - 12.2\%$ . Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari cair ke padat).
- Hypereutectic* yaitu apabila komposisi silikon di atas  $12.2\%$  sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutectik sebagai fasa tambahan dimana keberadaan struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik yaitu:
  - Ketahanan aus paduan meningkat.
  - Ekspansi termal yang rendah, memiliki ketahanan retak panas yang baik.



Gambar 2. diagram fasa aluminium silikon

### Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Salah satu cara perlakuan pada logam paduan aluminium adalah dengan

*precipitation hardening*. Sehingga melalui penuaan keras logam paduan Aluminium akan memperoleh kekuatan dan kekerasan yang lebih baik. Perlakuan panas pada aluminium paduan dilakukan dengan memanaskan sampai terjadi fase tunggal kemudian ditahan beberapa saat dan diteruskan dengan pendinginan cepat hingga tidak sempat berubah ke fase lain. Jika bahan tadi dibiarkan untuk jangka waktu tertentu maka terjadilah proses penuaan (*aging*). Perubahan akan terjadi berupa presipitasi (pengendapan) fase kedua yang dimulai dengan proses nukleasi dan timbulnya kluster atom yang menjadi awal dari presipitat. Presipitat ini dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Proses ini merupakan proses age hardening yang disebut *natural aging*. Jika setelah dilakukan pendinginan cepat kemudian dipanaskan lagi hingga di bawah temperatur solvus (*solvus line*) kemudian ditahan dalam jangka waktu yang lama dan dilanjutkan dengan pendinginan lambat di udara disebut proses penuaan buatan (*artificial aging*). adapun penuaan keras berlangsung dalam 3 tahap yaitu:

a. Tahap perlakuan pelarutan (*solution heat treatment*)

Tahap pertama dalam proses *precipitation hardening* yaitu *solution heat treatment* atau perlakuan pelarutan. *solution heat treatment* yaitu pemanasan logam aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur 550°C-560°C dan dilakukan penahanan (*holding time*) sesuai dengan jenis ukuran benda kerja (Schonmetz, 1990). Dimana 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 pada yang menghendaki homogen.

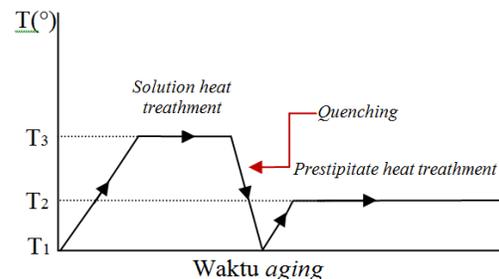
b. Tahap pendinginan cepat (*quenching*)

*Quenching* dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan

dalam dapur pemanas ke dalam media pendingin. Adapun tujuan dilakukannya *quenching* adalah agar larutan padat homogen yang terbentuk pada *solution heat treatment* dan kekosongan keseimbangan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Dimana pada tahap *quenching* juga akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution*) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur ruang atau temperatur biasa.

c. Tahap penuaan (*Aging*)

*Aging* yaitu perlakuan panas dengan menahannya pada suatu temperatur tertentu (kamar atau temperatur dibawah solvus line batas pelarut) untuk jangka waktu tertentu. Penuaan dapat dibagi menjadi dua yaitu: (1). Penuaan yang dilakukan dengan membiarkan larutan padat jenuh itu pada temperatur kamar selama beberapa waktu, dinamakan *natural aging* yaitu penuaan yang terjadi secara alamiah. (2). Penuaan dengan memanaskan kembali larutan padat jenuh itu kesuatu temperatur dibawah garis solvus dan dibiarkan pada temperatur tersebut selama beberapa saat, dinamakan *artificial aging* (penuaan buatan). Menurut Kusuma dan Citro (2008), pada proses *solution* melalui nukleasi dan pertumbuhan butir dari atom solute menjadi nuklei *precipitate* pada beberapa material, pada beberapa material proses *aging* untuk mencapai kekuatan dan kekerasan.



Gambar 3. Skema perlakuan panas *precipitation hardening* secara teoritik (Calister, 2007).

### 3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti alur diagram alir pada gambar 4. Adapun bahan yang digunakan adalah paduan aluminium silikon dari skrap limbah piston sepeda motor bensin. Sedangkan alat yang digunakan adalah cetakan logam, mesin alat uji kekerasan *vickers*, gergaji besi, kaos tangan, mikroskop uji struktur mikro, tanur peleburan, kowi, ragum, tang, ampelas, kaca, jangka sorong, *stop watch*, penggaris dan peralatan keamanan pengecoran. Cetakan terbuat dari baja karbon tinggi yang tahan panas, dengan mengikuti bentuk prototipe piston.



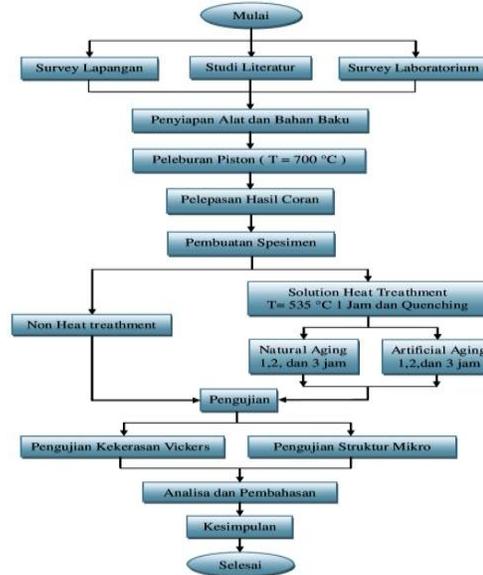
Gambar 4. Cetakan logam prototipe piston

Material dilebur dalam tanur dengan suhu 700 °C dengan waktu tahan 1 jam. Setelah mencapai suhu penelitian paduan Al-Si dituang ke dalam cetakan logam dan disimpan hingga dingin dengan dilanjutkan dengan pembuatan spesimen. Proses pembuatan specimen ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Proses pembuatan spesimen

Spesimen yang terbentuk dipisahkan menjadi 3 bagian, yaitu spesimen *raw material*, *artificial aging*, dan *natural aging* untuk diberikan perlakuan panas. Adapun Jenis pengujian yang dipakai adalah pengujian kekerasan *vickers* dan pengujian struktur mikro. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

### 4. Hasil dan Pembahasan

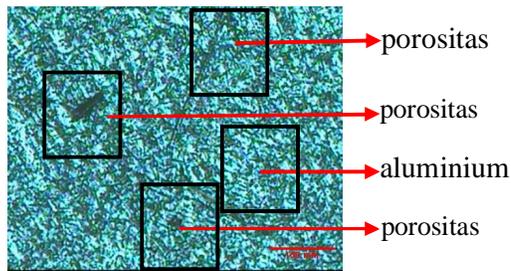
#### Kekerasan Mikro *Vickers*

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan mikro *vickers* Al-Si tanpa perlakuan

Jenis Perlakuan	Titik uji	Nilai HV (Kg/mm <sup>2</sup> )	Nilai HV Rata-rata (Kg/mm <sup>2</sup> )
<i>Raw Material</i>	1	83.2	83.33
	2	81.1	
	3	85.5	
	4	82.02	
	5	84.74	

Dari hasil pengujian kekerasan sampel *raw material* (tabel 1) pada setiap titik bersifat fluktuasi, dimana antara titik pengujian 1 sampai titik pengujian 5 mempunyai nilai kekerasan yang berbeda. Untuk nilai kekerasan tertinggi diperoleh melalui pengujian ke 3 sebesar 85.5

Kg/mm<sup>2</sup> sedangkan nilai kekerasan terendah diperoleh pada pengujian ke 4 yaitu sebesar 82,02 Kg/mm<sup>2</sup>. salah satu penyebabnya yaitu karena faktor perbedaan laju pendinginan antara permukaan coran sehingga menyebabkan terjadinya porositas pada permukaan coran. Terjadinya perbedaan laju pendinginan pada bagian permukaan coran akan mempengaruhi sifat kekerasan bahan. Sebab pada saat proses pembekuan berlangsung, perlu adanya keseragaman pembekuan untuk menghindari adanya cairan logam sisa yang terlambat membeku. Hal itu diperkuat dengan data hasil pengujian struktur mikro. Dimana untuk permukaan struk turmikro pada jenis sampel *raw material* memperlihatkan bahwa permukaannya didominasi oleh fasa  $\alpha$ -aluminium yang relatif lunak serta dikelilingi oleh cacat porositas dengan jumlah yang banyak.



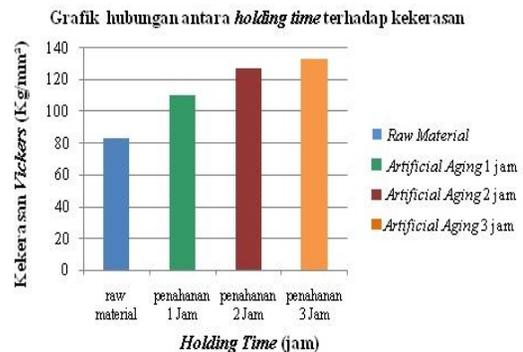
Gambar 7. Hasil pengujian struk turmikro sampel *raw material*

Setelah dilakukan perlakuan panas, dan dilanjutkan dengan *artificial aging*, hasil rata-rata kekerasan mikro *vickers* (tabel 2) mengalami kenaikan nilai kekerasan yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan *raw material*.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan mikro *vickers* Al-Si *Artificial Aging*

Jenis Perlakuan	Titik uji	Nilai HV (Kg/mm <sup>2</sup> )	Nilai HV rata-rata (Kg/mm <sup>2</sup> )
<i>Artificial Aging</i> 1 jam	1	109	110,31
	2	106	
	3	116	
	4	111	
	5	109	
<i>Artificial Aging</i> 2 jam	1	124	127,36
	2	131	
	3	130	
	4	126	
	5	125	
<i>Artificial Aging</i> 3 jam	1	127	133,32
	2	136	
	3	136	
	4	135	
	5	132	

Berdasarkan data hasil pengujian nilai kekerasan mikro *vickers* (Tabel 4.1 dan 4.2), maka selanjutnya ditabulasikan dalam bentuk grafik diagram batang (*histogram*).



Gambar 8. Grafik hubungan antara *holding time* terhadap kekerasan dengan perlakuan panas *Artificial Aging*

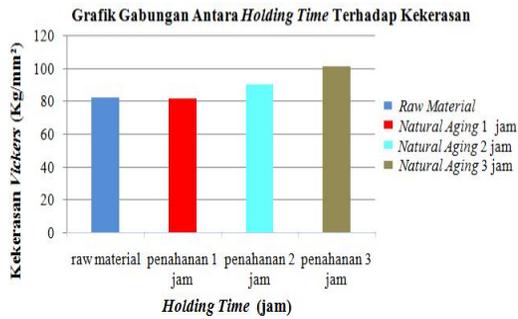
Dari gambar grafik di atas, terlihat bahwa sampel Al-Si dengan perlakuan *artificial aging* mengalami peningkatan nilai kekerasan seiring dengan penambahan waktu penahanan (*holding time*). Dimana nilai kekerasan untuk *artificial aging* dengan *holding time* 1 jam yaitu sebesar 110,31 Kg/mm<sup>2</sup>, dan untuk nilai kekerasan

*Vickers* pada sampel *artificial aging* dengan *holding time* 2 jam yaitu 127,37 Kg/mm<sup>2</sup>. sedangkan untuk sampel *artificial aging* dengan *holding time* 3 jam mempunyai nilai kekerasan *vickers* tertinggi yaitu sebesar 133,3 Kg/mm<sup>2</sup>. dan untuk nilai kekerasan *vickers* terendah diperoleh pada sampel *raw material* yaitu sebesar 83,33 Kg/mm<sup>2</sup>. hal ini menunjukkan bahwa perlakuan panas dan *artificial aging* berpengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan jika dibandingkan dengan sampel *raw material*. hal itu disebabkan pada saat pemberian perlakuan panas *artificial aging* terdapat proses penambahan waktu tahan sebagai variable pembanding yang berpengaruh terhadap partikel yang cenderung membentuk suatu kelompok dislokasi dan sebagian besar menyebar keseluruh permukaan matriks. Maka dari itu, jika ditelaah lebih lanjut berdasarkan karakteristik logam Al-Si yang memiliki kandungan silikon lebih dari 12 % akan menghasilkan silikon primer dimana dengan masuknya silikon ke dalam matriks maka matriksnya akan menjadi lebih keras, seperti yang dikemukakan oleh Kimiarta dan Ardhyanta (2013), bahwasanya silikon lebih keras jika dibandingkan dengan aluminium, yang menyebabkan transformasi membentuk satu fase baru yang mempunyai komposisi atau struktur kristal yang berbeda dengan bahan induk (bahan sebelum dilakukan proses penuaan).

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan mikro *vickers* Al-Si *Natural Aging*

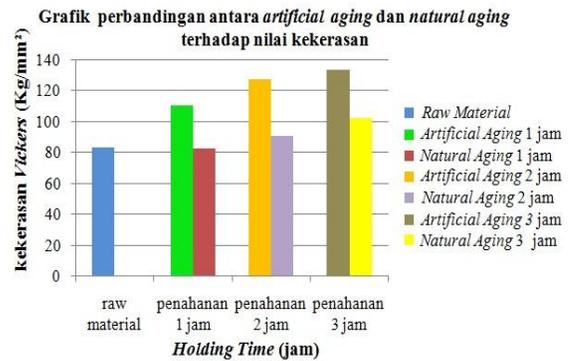
Jenis perlakuan	Titik Uji	Nilai HV (Kg/mm <sup>2</sup> )	Nilai HV rata-rata (Kg/mm <sup>2</sup> )
<i>Natural Aging</i> , 1 jam	1	83.14	82.53
	2	83.10	
	3	84.41	
	4	82.44	
	5	79.57	
<i>Natural Aging</i> 2 jam	1	83.28	90.49
	2	88.52	
	3	91.72	
	4	91.55	
	5	97.40	
<i>Natural Aging</i> 3 jam	1	97.59	101.57
	2	103.06	
	3	96.71	
	4	103.89	
	5	106.60	

Melalui tabel 3. dapat dilihat bahwa nilai kekerasan mikro *vickers* Al-Si dengan perlakuan *natural aging* bersifat meningkat seiring dengan penambahan waktu penahanan. Dimana nilai kekerasan yang diperoleh melalui penuaan *natural aging* antara waktu 1-3 jam adalah 81,72 Kg/mm<sup>2</sup>, 90,49 Kg/mm<sup>2</sup>, 101,57 Kg/mm<sup>2</sup>. sedangkan untuk *raw material* mencapai nilai kekerasan sekitar 82,53 Kg/mm<sup>2</sup>. kenaikan nilai kekerasan ini juga dilakukan oleh peneliti dahulu, yang mengatakan bahwa nilai kekerasan sampel melalui proses *natural aging* dapat ditingkatkan berdasarkan fungsi waktu (Koswara, 2007). Adapun peningkatan nilai kekerasan dapat dilihat pada diagram batang berikut ini.



Gambar 9. Grafik hubungan antara *holding time* terhadap kekerasan dengan perlakuan panas *natural aging*

Dengan melihat grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai kekerasan mengalami peningkatan setelah dilakukan perlakuan panas. Meningkatnya nilai kekerasan ini disebabkan oleh adanya fasa kedua (*precipitate*) yang terdistribusi secara merata dan halus di dalam matriks paduan, yang merupakan hasil daripada proses *natural aging*. Hal tersebut mengacu pada hasil pengamatan strukturmikro yang memberikan perbedaan secara visual berdasarkan kerapatan dan ukuran butir struktur penyusunnya. Dimana hubungan perubahan nilai kekerasan dengan perubahan kondisi struktur mikro terlihat nyata dari nilai hasil kekerasan terendah 81,72 Kg/mm<sup>2</sup>, pada tahap awal mempunyai nilai kekerasan terendah (gambar 11.1) ditunjukkan dengan struktur mikro pembentukan aluminium silicon yang tidak merata dan ukuran partikel dengan jarak antar partikel yang lebih besar (gambar 11.2). Sedangkan pada nilai kekerasan tertinggi 101,57 Kg/mm<sup>2</sup> strukturmikro yang terbentuk relatif rapat dan tersebar merata dengan ukuran partikel yang rapat (gambar 11.3).



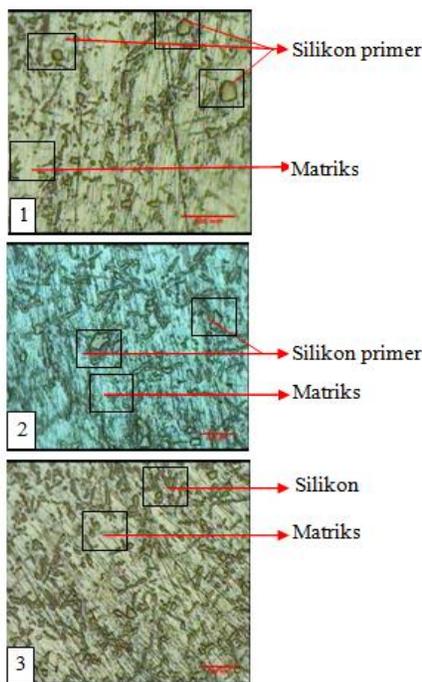
Gambar 10. Grafik perbandingan kekerasan antara *artificial aging* dan *natural aging*

Dari hasil akumulasi nilai kekerasan rata-rata kedua jenis penuaan yang disajikan pada gambar 10 dapat diamati bahwasanya perlakuan *artificial aging* dan *natural aging* mengalami peningkatan nilai kekerasan Dimana pada perlakuan *artificial aging* nilai kekerasan mengalami peningkatan secara signifikan seiring dengan penambahan waktu penahanan. Adapun hasil pengujian kekerasan *vickers* dengan *range* waktu 1-3 jam adalah 110,33 Kg/mm<sup>2</sup>, 127,2 Kg/mm<sup>2</sup> dan 132,16 Kg/mm<sup>2</sup>. Begitu juga halnya yang terjadi pada perlakuan *natural aging*, yaitu mengalami peningkatan nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya waktu penahanan meskipun kurang signifikan. Dimana hasil pengujian kekerasan mikro *vickers* dengan perlakuan *natural aging* *range* waktu antara 1-3 jam adalah 81,72 Kg/mm<sup>2</sup>, 90,49 Kg/mm<sup>2</sup>, 101,57 Kg/mm<sup>2</sup>.

### Pengujian Struktur Mikro

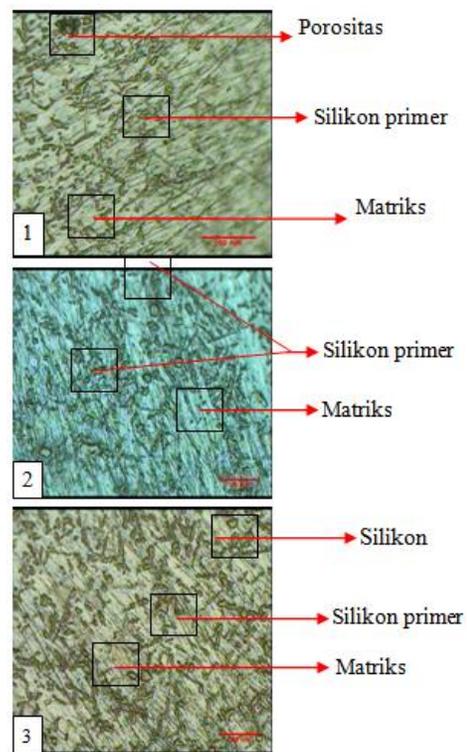
Pengamatan struktur mikro dimaksudkan untuk memperoleh gambaran mikroskopik struktur permukaan produk hasil coran Al-Si yang telah dibuat, baik dalam berupa material awal (*raw material*) maupun material yang telah mengalami perlakuan. Sebab bila mana logam yang telah mengalami pengerjaan panas, dengan salah satu jenis perlakuan, akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat

fisik maupun sifat mekanik, dalam hal ini struktur mikro. Maka olehnya itu penting bahwasanya peneliti untuk menjelaskan fenomena-fenomena yang menjadi faktor perubahan sifat yang terjadi secara mendasar, sehingga dapat ditarik korelasi antara nilai kekerasan mikro *vickers* dengan struktur mikro yang mengirinya. Adapun tahapan proses pengujian ini meliputi persiapan spesimen, melalui tahapan: *Cutting* (pemotongan), *mounting* (penyalutan), *grinding* (penggerindaan), *polishing* (pemolesan), dan *etching* (pengetsaan). Dimana pengamatan dilakukan setelah spesimen rata dan digosok menggunakan autosol di atas kain beludru, kemudian dilakukan pengetsaan dengan menggunakan larutan etsa sebelum sampel ditempatkan di bawah objek mikroskop optik. Adapun hasil pengujian struktur mikro Al-Si dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 11. Strukturmikro hasil coran Al-Si dengan perlakuan *artificial aging* dengan pembesaran 20X. (1) penahanan 1 jam. (2) penahanan 2 jam. (3) penahanan 3 jam.

Berdasarkan hasil pengujian strukturmikro coran untuk perlakuan *artificial aging* diatas memperlihatkan fasa Si primer dan fasa eutektik (campuran fasa  $\alpha$  dan silikon). Pada *artificial aging* dengan *holding time* 1 jam penyebaran partikel kurang merata dan ukuran serta menyebabkan jarak antara partikel menjadi berjauhan antara satu sama lain. Jika ditelaah lebih lanjut hal tersebut disebabkan oleh belum maksimalnya waktu penahanan sehingga elemen pepadu yang terdapat pada paduan belum menyebar secara sempurna, dan adanya peluang untuk terjadinya kecelakaan pada saat dilakukannya *Solution heat treatment*, yang menyebabkan spesimen kurang terkontrol.



Gambar 12. Strukturmikro hasil coran Al-Si dengan perlakuan *natural aging* dengan pembesaran 20X. (1) penahanan 1 jam. (2) penahanan 2 jam. (3) penahanan 3 jam.

Berdasarkan proses solidifikasi seperti yang ada pada gambar di atas, hasil pengujian metalografi dengan pembesaran 20X untuk masing masing variasi *holding time* (waktu penahanan) pada *artificial aging* (penuaan buatan) dapat diketahui bahwa terdapat hubungan antara sifat kekerasan dan struktur mikro. Dimana fasa yang terbentuk dalam Al-Si *hypereutectoid* ini lebih didominasi oleh matriks aluminium. dimana untuk waktu penahanan 1 jam terlihat bahwasanya strukturmikro sudah mulai tumbuh denrit-denrit akan tetapi masih bersifat heterogen, dengan ukuran yang tidak sama antara satu sama lain. Hal demikian mengindikasikan bahwa ketidakrataan distribusi partikel, sehingga menyebabkan ketidak seragaman ukuran butir, hal itu ditunjukkan dengan terlihatnya gumpalan silikon primer yang mengendap berwarna abu-abu yang berukuran besar. Perbaikan struktur butir terlihat pada struktur mikro aluminium silikon dengan waktu penahanan 2 jam. secara visual dapat dibandingkan antara strukturmikro penahanan 1 jam dengan penahanan 2 jam ternyata strukturmikro dengan waktu penahanan 2 jam lebih terdistribusi secara merata dibandingkan dengan strukturmikro dengan waktu penahanan 1 jam. Begitu pun juga yang terjadi dengan struktur mikro perlakuan *natural aging* dimana hampir tidak terjadi perubahan dari waktu ke waktu.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan bahwasanya sampel produk pengecoran aluminium silikon yang diberikan penuaan buatan (*artificial aging*) dan penuaan alami dapat memberikan peningkatan nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya waktu penahanan (*holding time*). dimana untuk perlakuan *artificial*

*aging* kekerasan terendah diperoleh pada *holding time* 1 jam, yaitu 110,31 Kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk nilai kekerasan *vickers* tertinggi diperoleh pada *holding time* 3 jam, yaitu 132,16 Kg/mm<sup>2</sup>. Begitu juga halnya pada perlakuan *natural aging* diperoleh nilai kekerasan terendah pada *holding time* 1 jam, 81,72 Kg/mm<sup>2</sup>. Dan untuk nilai kekerasan tertinggi diperoleh melalui *holding time* 3 jam, yaitu 102. Kg/mm<sup>2</sup>. Sementara untuk struktur mikro yang terbentuk cenderung memperlihatkan fasa yang hamper sama, yaitu didominasi oleh fasa matriks aluminium dan silikon primer.

### Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada saat penuangan material ke dalam cetakan, sangat rentan terhadap terjadinya pembekuan dini yang menyebabkan proses pembekuan yang tidak seragam, sehingga untuk peneliti selanjutnya perlu memberikan pemanasan awal pada cetakan yang akan dipakai .
2. Sebaiknya untuk peneliti selanjutnya menggunakan variable suhu pemanasan serta waktu tahan yang berbeda.

### Daftar Pustaka

- Abdillah, F., 2010, *Perlakuan Panas Paduan Al-Si Pada Prototipe Piston Berbasis Material Piston Bekas*, Tesis Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Calister, D., 2007. *Material Science and Engineering: An Introduction*, 7<sup>th</sup> Ed. New York: John Willey And Sons.
- Dionisius, Y. 2013. *Pengecoran Logam*. Younggi Foundation 2013. Yogyakarta.

Jama, J., Dkk., 2008, *Teknologi Sepeda Motor*, Jilid 1. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta.

Kimiarta, I.M.,P.,&, Ardhyananta., *Pengaruh Penambahan Tembaga (Cu) Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Pada Paduan Aluminium-Silikon (Al-Si) Melalui Proses Pengecoran*, Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi, Fakultas Teknologi industri Insitut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Koswara, A.L. 2007. *Pengerasan Al-2024 Melalup Proses Pengerasan Endap Secara Natural. Berita Teknologi Bahan Dan Barang Teknik No.21/2007.*

Kusuma, T.M. dan. Tjitro, S., 2008. *Karakterisasi dan peningkatan kekerasan material cetakan blow molding.* Paper.

Schonmetz, A. dan. Karl Gruber. 1990. *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam.* Bandung: Angakasa.