

**ANALISIS PERUBAHAN NILAI IMPACT VELG LOKAL  
(AL-SI) PADA PERLAKUAN PANAS ARTIFICIAL AGING  
TERHADAP MEDIA PENDINGINAN AIR DAN AIR ES**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi  
Strata I Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**SATRIO PRAKOSO**

**D200 160 061**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS PERUBAHAN NILAI IMPACT VELG LOKAL  
(AL-SI) PADA PERLAKUAN PANAS ARTIFICIAL AGING  
TERHADAP MEDIA PENDINGINAN AIR DAN AIR ES**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**SATRIO PRAKOSO**

**D200 160 061**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen  
Pembimbing



**Ir. Masyrukan, M.T.**

**HALAMAN PENGESAHAN**

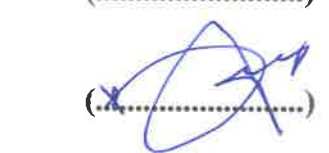
**ANALISIS PERUBAHAN NILAI IMPACT VELG LOKAL  
(AL-SI) PADA PERLAKUAN PANAS ARTIFICIAL AGING  
TERHADAP MEDIA PENDINGINAN AIR DAN AIR ES**

**OLEH  
SATRIO PRAKOSO  
D200160061**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Kamis, 5 Januari 2021  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

1. **Ir. Masyrukan, M.T.**  
**(Ketua Dewan Penguji)**
2. **Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D.**  
**(Anggota I Dewan Penguji)**
3. **Patna Partono, S.T., M.T.**  
**(Anggota II Dewan Penguji)**

  
(.....)  
  
(.....)

  
**Dekan Fakultas Teknik,**  
  
**Ir. Sut Sunarjono, M.T., Ph.D.**  
**NIK. 0630126302**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 5 Januari 2021

Penulis



**SATRIO PRAKOSO**

**D200160061**

## ANALISIS PERUBAHAN NILAI IMPACT VELG LOKAL (AL-SI) PADA PERLAKUAN PANAS ARTIFICIAL AGING TERHADAP MEDIA PENDINGINAN AIR DAN AIR ES

### Abstrak

Spesifikasi yang harus ada pada velg kendaraan adalah mempunyai ketangguhan yang baik, agar saat terjadi benturan velg tidak mudah pecah. *Heat Treatment* dapat dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanis dari paduan aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai impact velg lokal (Al-Si) pada perlakuan panas *Artificial Aging* terhadap media pendingin Air dan Air Es. Penelitian ini menggunakan bahan aluminium dari velg lokal kendaraan roda empat yang dicor ulang menggunakan metode *Sand Casting*. Temperatur *Solution Heat Treatment* yang digunakan 500°C dengan waktu penahanan 5 menit. Media *Quenching* yang digunakan Air dan Air Es. Temperatur *Aging* yang digunakan 180°C dengan waktu penahanan 4 jam. Pendinginan dilakukan secara perlahan dengan spesimen berada di dalam oven. Pada pengujian komposisi kimia diketahui bahwa unsur utama velg lokal adalah Al-Si, dengan presentase Al (92,15%) dan Si (3,65%). Setelah proses *Artificial Aging* peningkatan harga impact tertinggi terjadi pada material dengan media *Quenching* Air Es, dari harga impact 0,067 J/mm<sup>2</sup> menjadi 0,092 J/mm<sup>2</sup>. Dilihat dari struktur mikro, peningkatan harga impact terjadi dikarenakan unsur aluminium yang terdapat pada material setelah proses *Artificial Aging* lebih banyak jika dibandingkan dengan unsur aluminium yang terdapat pada material setelah proses *Re-melting*.

**Kata kunci :** artificial aging, impact, media pendingin, perlakuan panas, velg lokal.

### Abstract

Specifications that must be on the wheels of the vehicle is to have good toughness, so that when the impact of the wheels is not easily broken. Heat Treatment can be carried out to improve the mechanical properties of aluminum alloys. This study aims to find out the change in the impact value of local wheels (Al- Si) on Artificial Aging heat treatment of water and water <10°C cooling media. This study uses aluminum from local alloy wheels for four-wheeled vehicles that re-cast using the method of Sand Casting. Temperature Solution Heat Treatment used was 500 ° C with a holding time of 5 minutes. Media Quenching used water and ice water. Temperature Aging used was 180 ° C with a holding time of 4 hours. Cooling is done slowly with the specimen in the oven. In testing the chemical composition, it is known that the main element of local wheels is Al-Si, with a percentage of Al (92.15%) and Si (3.65%). After the process of Artificial Aging highest value increase impact on media material with Quenching water <10°C, the value impact of 0,067 J /mm<sup>2</sup> be 0.092 J /mm<sup>2</sup>. Seen from the microstructure, the increase in the impact value occurs because the aluminum element present in the material after the process is Artificial Aging more than the aluminum element found in the material after the process of Re-melting.

**Keyword:** artificial aging, impact, cooling media, heat treatment, local rims.

## 1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya industri manufaktur otomotif pada era *modern* saat ini akan selalu diikuti dengan permintaan produk-produk dengan kualitas yang semakin baik pula. Berbagai cara ditempuh sebuah perusahaan untuk menciptakan produk yang lebih baik dari sebelumnya, salah satunya dengan memodifikasi sifat material yang banyak digunakan diberbagai aspek industri otomotif. Hal tersebut bertujuan agar mempermudah berbagai macam kegiatan manusia sebagai pengguna teknologi. Dalam dunia industri otomotif seperti sekarang ini pemilihan bahan dan proses dalam pembuatan sebuah produk yang diproduksi oleh sebuah perusahaan harus sesuai dengan fungsi dan tujuan diproduksinya produk tersebut. Dengan demikian seorang konsumen akan merasa puas dalam menggunakan produk hasil produksi perusahaan tersebut karena kualitas yang didapatkan sesuai.

Ada berbagai jenis material yang dapat digunakan oleh perusahaan dalam pembuatan sebuah produk salah satu material yang banyak diaplikasikan dalam industri otomotif adalah aluminium. Penggunaan aluminium sendiri digunakan untuk pembuatan kebutuhan otomotif, seperti ; velg, piston, blok silinder dan lain-lain. Hal tersebut dikarenakan aluminium memiliki beberapa kelebihan antara lain, antara lain ; ringan (*light*), tahan terhadap korosi dan berbagai macam bahan kimia (*resistance to corrosion an many chemical*), mudah dalam proses permesinan (*machinability*), dan temperatur lebur yang relatif rendah (650°C-750°C). (ASM International,1993)

Paduan aluminium didasarkan pada enam jenis yaitu : aluminium-copper, aluminium-manganese, aluminium-silicon (*with or without magnesium*), aluminium-magnesium, aluminium-magnesium-silicon, aluminium-zinc (*with or without copper*). Paduan aluminium juga dapat dibedakan berdasarkan penomorannya, antara lain : series 1xxx untuk aluminium murni, 2xxx untuk tembaga, 3xxx untuk mangan, 4xxx untuk silikon, 5xxx untuk magnesium, 6xxx untuk magnesium dan silikon, 7xxx untuk zinc, 8xxx untuk elemen lain (misalnya besi atau timah). Berdasarkan series di atas, paduan aluminium dapat dikelompokkan menjadi *heat-treatable alloy* dan *non-heat-treatable alloy*.

Aluminium series 2xxx, 6xxx, dan 7xxx masuk ke dalam jenis *heat-treatable alloy*, sedangkan aluminium series 3xxx, 4xxx, 5xxx, masuk ke dalam jenis *non-heat-treatable alloy*. (Vasudevan dan Doherty, 1989; Vargel, 2020)

Salah satu perlakuan panas (*heat treatment*) yang dapat dilakukan pada paduan aluminium adalah *natural aging* dan *artificial aging*. *Natural aging* adalah proses penuaan secara alami. Sedangkan *artificial aging* adalah penuaan secara buatan. *Artificial aging* dilakukan dengan cara memanaskan spesimen sampai mencapai fasa tunggal ( $\alpha$ ) dan ditahan beberapa saat, kemudian dilakukan pendinginan secara mendadak (*quenching*). Setelah dilakukan proses *quenching*, kemudian spesimen dipanaskan kembali dengan suhu maksimal 350°C dan ditahan dengan waktu yang lama sebelum dilakukan pendinginan secara lambat dan berkala. (Rashed dan Rashid, 2017)

*Solution Heat Treatment* merupakan langkah awal dari *Heat Treatment* paduan *aluminium*. Dimana pada tahap ini spesimen dipanaskan menuju *temperatur* ( $\alpha$ ) agar menghasilkan fasa yang homogen. Pada saat spesimen mencapai temperatur ( $\alpha$ ), kemudian diperlukan waktu penahanan sesuai dengan dimensi spesimen agar kalor yang masuk lebih merata. Langkah pertama proses perlakuan panas adalah memanaskan logam atau paduan lain pada suhu tertentu kemudian menahannya dan mendinginkannya pada laju pendinginan (*quenching*). Perubahan struktur mikro akan muncul dalam fase, bentuk, atau ukuran butiran kristal dalam proses pemanasan dan pendinginan. Transformasi ini akan mengubah sifat logam atau paduannya juga. (Nur Kholis et al, 2020)

*Quenching* merupakan proses pendinginan yang dilakukan dengan cepat pada paduan setelah mengalami perlakuan panas *solution heat treatment*. Jenis media pendingin dan kondisi proses yang digunakan, yang kedua adalah komposisi kimia dan *hardenbility* dari logam tersebut. *Hardenbility* merupakan fungsi dari komposisi kimia dan ukuran butir pada temperatur tertentu. Selain itu, dimensi dari logam juga berpengaruh terhadap hasil proses *quenching*. Media yang biasa digunakan dalam proses ini adalah air dan oli. media pendingin memiliki beberapa pada suhu yang lebih rendah, dimana retakan lebih mungkin terjadi sehingga pendinginan air biasanya terbatas pada pendinginan sederhana.

Penggunaan media air mengakibatkan laju pendinginan yang cepat sehingga menghasilkan kekerasan dan tegangan yang tidak sama. Oleh karena itu, distribusi tegangan yang tidak merata mengakibatkan distorsi atau titik lunak. Pendinginan air pada produk baja juga dapat menyebabkan korosi sehingga membutuhkan penanganan yang lebih cepat. Media oli memiliki laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan air atau air garam. Oleh karena itu, media pendingin ini dapat mengurangi distorsi dan retakan pada hasil pendinginan. (Hariningsih et al, 2020)

*Aging* (penuaan) adalah proses dimana terjadi atau berlangsung perubahan sifat-sifat dengan seiring berjalan waktu. Berdasarkan temperatur, proses *aging* dibagi menjadi dua yaitu *natural aging* (penuaan alami) dan *artificial aging* (penuaan buatan). Pada penuaan buatan temperatur yang dibutuhkan 100°C - 200°C dalam waktu yang diperlukan selama 1 – 24 jam.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka peneletian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *heat treatment* khususnya *artificial aging* terhadap nilai impak dan perubahan struktur mikro pada paduan aluminium (Al-Si) dari hasil *re-melting* velg Lokal dengan variasi media pendingin air dan air es.

## **2. METODE**

### **2.1 Proses Penelitian**

#### **1. Pengujian raw material**

Velg yang digunakan pada pengujian ini adalah velg lokal kendaraan roda 4. Pengujian yang pertama dilakukan adalah uji komposisi, Uji komposisi bertujuan untuk mengetahui kandungan yang ada didalam velg. Yang kedua uji impak, uji impak bertujuan untuk mengetahui ketangguhan pada material tersebut. Yang ketiga uji struktur mikro, uji struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk butiran yang terkandung di dalamnya.

#### **2. Pengecoran Velg**

Spesimen dipanaskan hingga mencapai titik lebur, sembari menunggu logam melebur dengan sempurna lalu dilakukan pembuatan pola dan pembuatan cetakan, setelah logam mencair lalu di tuangkan

kedalam cetakan tersebut dan di tunngu sampai logam mengeras. Setelah itu dilakukan pembongkaran cetakan, dan spesimen tersebut dipotong sesuai ukuran untuk di uji.

### 3. *Heat Treatment*

Pada *Solution heat treatment* temperatur yang digunakan sebesar 500°C dan dilakukan penahanan selama 5 menit. Kemudian pada *quenching* media pendingin yang di gunakan ada dua yaitu air dan air es, pada *Artificial Aging* temperatur yang digunakan sebesar 180°C dan dilakukan penahanan selama 4 jam dan di dinginkan secara perlahan di dalam oven.

### 4. Pengujian setelah *heat treatment*

Setelah proses *heat treatment* dilakukan pengujian impak untuk mengetahui perubahan harga impak dari raw material dan material setelah *heat treatment*. Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur mikro dari raw material dan setelah *heat treatment*.

## 2.2 Langkah Penelitian

1. Memotong velg lokal kendaraan roda 4 yang akan dilakukan proses pengujian.

Alat dan Bahan : Grida potong, velg lokal

2. Pengujian komposisi kimia raw material.

Alat dan Bahan : *Spectrometer Thermo ARL 3560 OES*

3. Pengujian impak raw material

Alat dan Bahan : *Impact Testing Machine*

4. Pengujian struktur mikro raw material

Alat dan Bahan : *Metallurgical Microscope*

5. Pembuatan Pola

Alat dan Bahan : Pemotong Styrofoam, Styrofoam

6. Peleburan logam

Alat dan Bahan : Kompor, Kowi, Aluminium

7. Pembuatan cetakan  
Alat dan Bahan : Cetakan, Pasir
8. Proses penuangan  
Alat dan Bahan : Kowi
9. Pembongkaran cetakan  
Alat dan Bahan : Tang
10. Pembuatan spesimen  
Alat dan Bahan : Gerinda, Jangka Sorong, Amplas
11. Proses *Solution Heat Treatment*  
Alat dan Bahan : Oven
12. Proses *Quenching*  
Alat dan Bahan : Ember, Air, Air Es
13. Proses *Artificial Aging*  
Alat dan Bahan : Oven
14. Uji Impak Setelah *Heat Treatment*  
Alat dan Bahan : *Impact Testing Machine*
15. Uji Struktur Micro setelah *Heat Treatment*  
Alat dan Bahan : *Metallurgical Microscope*

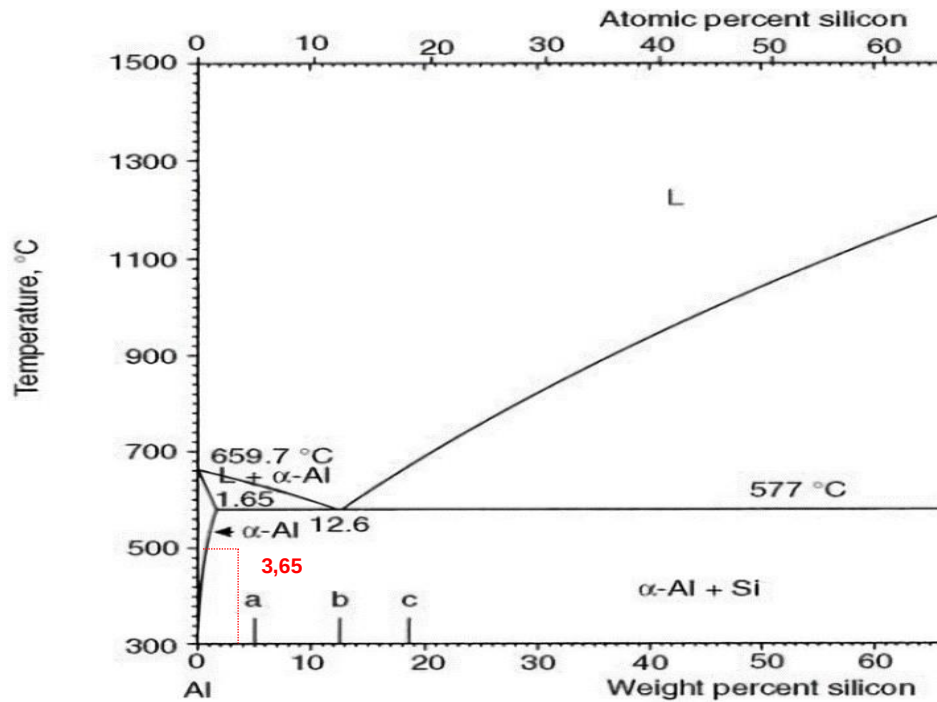
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Kimia.

| Unsur | %      |
|-------|--------|
| Al    | 92,15  |
| Si    | 3,65   |
| Zn    | 1,7667 |
| Cu    | 0,940  |
| Fe    | 0,8814 |
| Mn    | 0,3496 |
| Pb    | 0,1027 |
| Ni    | 0,0509 |
| Mg    | 0,0507 |
| Ti    | 0,0302 |
| Cr    | 0,0236 |
| Sn    | 0,0002 |

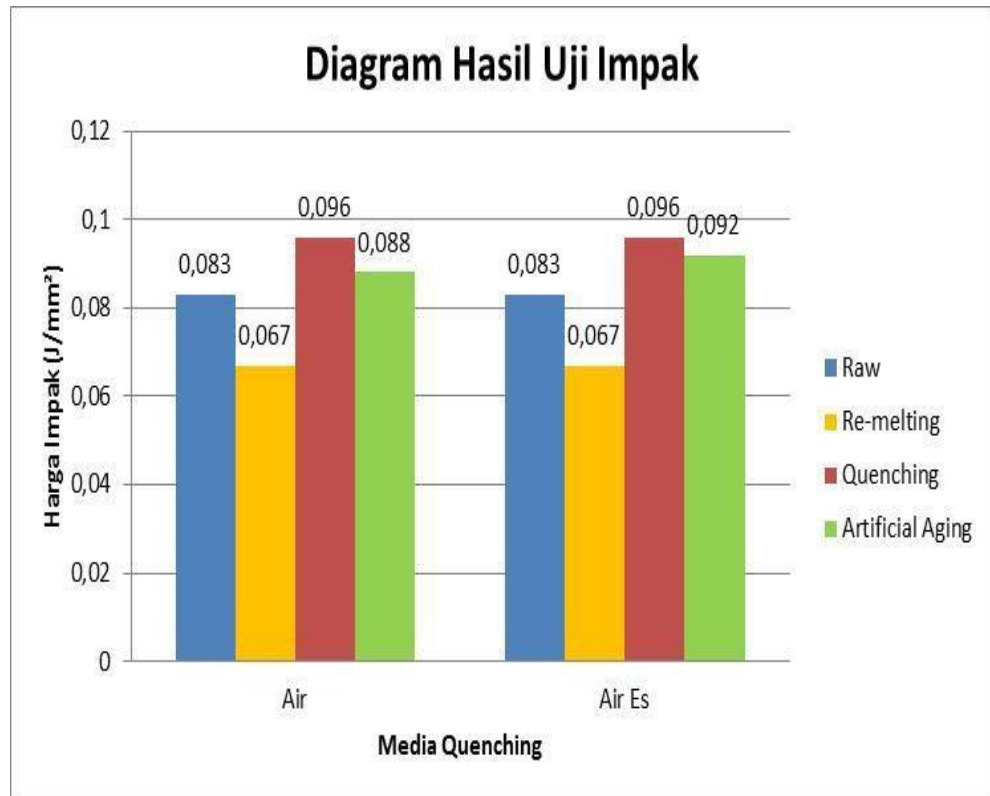
Berdasarkan hasil pengujian pada aluminium paduan, di dapat 5 unsur paduan terbesar dalam pengujian tersebut yaitu Silikon (Si) 3,6500%, Seng (Zn) 1,7667%, Tembaga (Cu) 0,9400%, Besi (Fe) 0,8814% dan Mangan (Mn) 0,3496%. Unsur yang paduan yang paling besar adalah paduan Silikon (Si) 3,65% akan dapat dikatakan menurut tabel 2.1 aluminium paduan hasil uji komposisi masuk kedalam aluminium-silikon (Al-Si) atau aluminium series 4xx.x. Pengaruh Silikon (Si) 3,65% mempunyai pengaruh memiliki aliran fluida dan sifat tahan korosi serta meningkatkan sifat mekanis aluminium paduan. Sedangkan pengaruh buruk yang ditimbulkan adalah penurunan keuletan material terhadap bahan aluminium.



Gambar 1. Diagram Fasa Al-Si

Pada diagram fasa Al-Si diketahui untuk batasan material aluminium paduan yang diberi perlakuan panas memiliki kandungan Si maksimal 1,65% sehingga material yang digunakan dalam pengujian ini termasuk perlakuan panas *nonheat-treatable* sesuai pada tabel 2.1. Pada diagram fasa Al-Si diketahui daerah utama dalam paduan aluminium silikon (Al-Si). Jika dilihat dari kadar unsur paduan silikon (Si) sebesar 3,65% pada velg lokal maka dengan kadar dibawah 11,7% masuk kedalam daerah *hypoeutectic*. Pada komposisi *hypoeutectic* sesuai diagram fasa maka alumnium dari keadaan cair akan membeku mengikuti garis lurus sesuai penurunan temperatur.

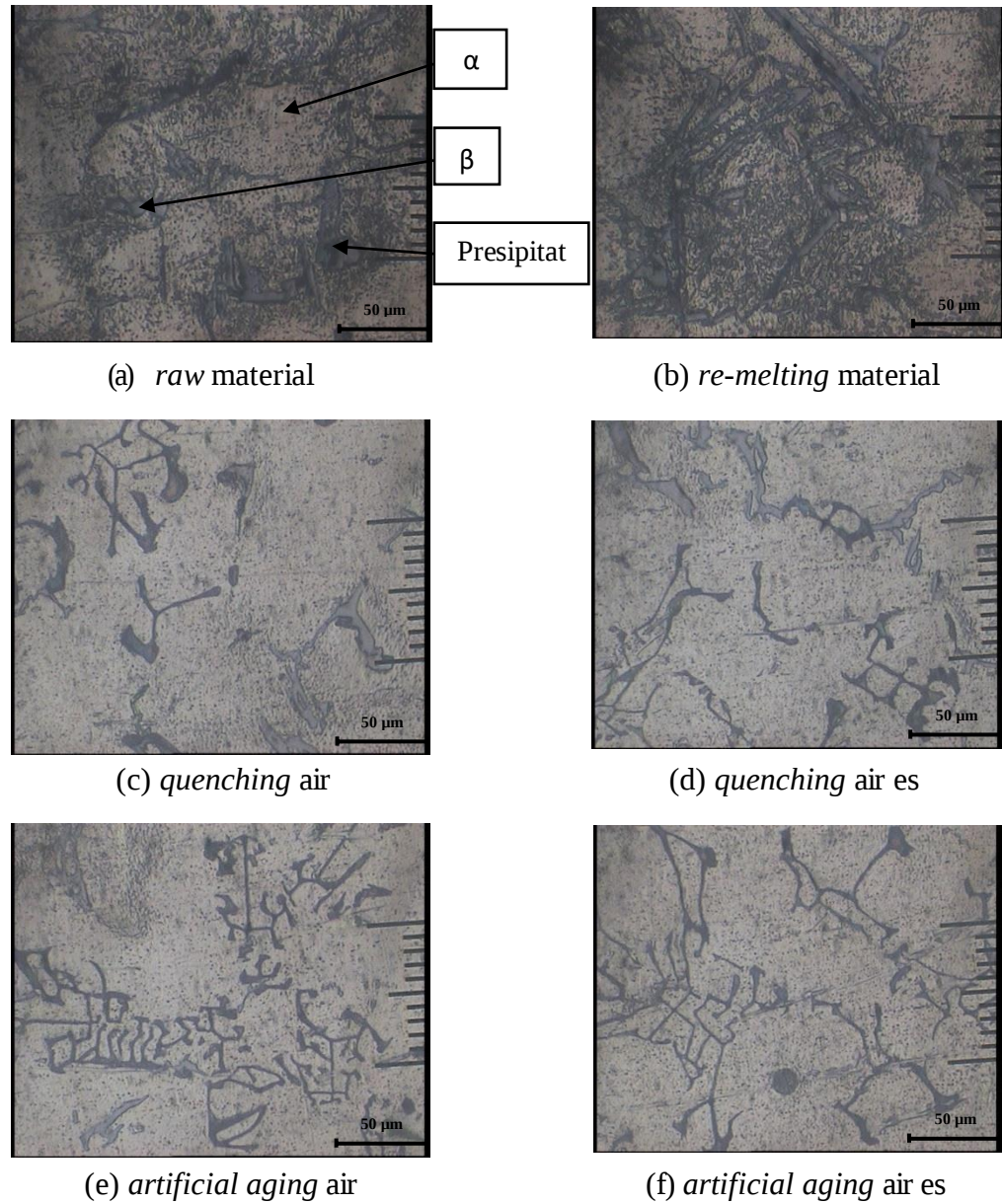
### 3.3 Data Hasil Pengujian Impak



Gambar 2. Diagram Hasil Pengujian Impak.

Dari hasil pengujian impak *raw material* velg memiliki harga impak 0,083 J/mm<sup>2</sup>. Harga impak setelah proses *re-melting* sebesar 0,067 J/mm<sup>2</sup>. Harga impak setelah proses *quenching* menggunakan air sebesar 0,096 J/mm<sup>2</sup> dan harga impak setelah proses *quenching* menggunakan air es sebesar 0,096 J/mm<sup>2</sup>. Setelah proses *artificial aging*, spesimen dengan media *quenching* air memiliki harga impak sebesar 0,088 J/mm<sup>2</sup> dan spesimen dengan media *quenching* air es memiliki harga impak sebesar 0,092 J/mm<sup>2</sup>.

### 3.4 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro



Gambar 3. Foto Struktur Mikro Material

Pada proses *quenching* dengan media Air dan Air Es, butiran (*grain*) yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan butiran (*grain*) yang terbentuk pada *re-melting* material, dikarenakan butiran (*grain*) yang terbentuk sedikit maka unsur aluminium yang terbentuk pada proses *quenching* lebih banyak, maka membuat harga impact lebih tinggi.

Pada proses *artificial aging* dengan media Air dan Air Es butiran (*grain*) yang terbentuk lebih banyak dibandingkan butiran (*grain*) yang terbentuk pada proses *quenching*, dikarenakan butiran (*grain*) yang terbentuk banyak maka unsur aluminium yang terbentuk pada proses *artificial aging* lebih sedikit, maka membuat harga impact lebih rendah.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian komposisi kimia pada *raw material* velg lokal terdapat unsur berupa aluminium (Al) 92,15%, silikon (Si) 3,65%, seng (Zn) 1,7667%, tembaga (Cu) 0,9400%, besi (Fe) 0,8814% dan mangan (Mn) 0,3496%. Sehingga dari unsur yang ada ini termasuk logam aluminium paduan silikon (Al-Si) karena unsur silikon (Si) merupakan paduan terbesar 3,65%.
2. Berdasarkan hasil pengujian impact, harga impact *re-melting* material setelah dilakukan proses *artificial aging* mengalami peningkatan disemua media pendingin, Peningkatan terbesar terjadi pada media pendingin air es sebesar 37,31% dari harga impact 0,067 J/mm<sup>2</sup> menjadi 0,092 J/mm<sup>2</sup>.
3. Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro, butiran (*grain*) yang terbentuk pada proses *quenching* lebih sedikit dibandingkan pada *re-melting* material sehingga unsur aluminium pada proses *quenching* lebih banyak, sedangkan butiran (*grain*) yang terbentuk pada proses *artificial aging* lebih banyak dibandingkan pada proses *quenching* sehingga unsur aluminium pada *artificial aging* lebih sedikit.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariningsih, Sumpena, H. Sukarjo. (2020). "The effectivity of used-oil as quenching medium of 42CrMo steel for automotive materials". *Applied Research and Smart Technology*, Vol. 1 No. 1 pp.28-34, 2020. <https://doi.org/10.23917/arstech.vli1.11>
- [2] N. Kholis, N. Nuryanto, A. Mustofa. (2020). "Characteristics of hardness and microstructure of extraction forceps for dental and oral care made of stainless-steel", *Applied Research and Smart Technology*, Vol. 1 No. 2 pp.56-63, 2020. <https://doi.org/10.23917/arstech.vli2.184>
- [3] Abdillah, F. (2010). "Perlakuan Panas Paduan Al-Si pada Prototipe Piston Berbasis Material Piston Bekas". Tesis S-2, Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.
- [4] ASM International. (1993). Introduction to Aluminum and Aluminum Alloys. *ASM Specialty Handbook: Aluminum and Aluminum Alloys*.
- [5] ASM International. (2004). Chapter 1 : Introduction to Aluminum-Silicon Casting Alloys. *Aluminum-Silicon Casting Alloys*.
- [6] Callister Jr., W. D. (1940). *Material Science and Engineering, Seventh Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Dwight, J. (1999). *Aluminium Design and Construction*. London: E & FN Spon.
- [8] Majanasastra, R. S. (2015). Pengaruh Variables Waktu (Aging Heat Treatment) terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan dan Struktur Mikro Kepala Piston Sepeda Motor Honda Vario. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 3, No. 2 Agustus 2015 Universitas Islam 45 Bekasi.
- [9] Rashed, H., & Rashid, A. B. (2017). Heat Treatment of Aluminum Alloys. *Material Science and Materials Engineering*, Elsevier inc.
- [10] Surdia, T. (1976). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [11] Vasudevan, A. K., & Doherty, R. D. (1989). *Aluminum Alloys - Contemporary Research and Application*. San Diego: Academic Press, Inc.