



INFOMATEK

Volume 21 Nomor 2 Desember 2019

## PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN (*HOLDING TIME*) PADA PROSES *ARTIFICIAL AGING* TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN ALUMINIUM AC2C

Aa Santosa<sup>1)</sup>, Aripin, Wahid, Iman Dirja

Program Teknik Mesin  
Fakultas Teknik – Universitas Singaperbangsa Karawang

---

**Abstrak:** Salah satu cara merubah sifat mekanik suatu logam dengan cara proses perlakuan panas. *hardness* lunak, dan retak (*crack*) pada produk cor adalah salah satu masalah yang dapat timbul akibat proses perlakuan panas (*heat treatment*) pada aluminium paduan. Perlu tidaknya perlakuan panas dan bagaimana perlakuan panas yang dilakukan tergantung pada sifat coran dan penggunaannya. Untuk itu perlu diketahui secara mendalam sifat-sifat coran tersebut. Selain perlakuan panas yang dilakukan sifat mekanis logam juga akan dipengaruhi oleh proses pendinginan yang dilakukan. Pada penelitian ini, fokus masalah yang ingin dipelajari adalah perlakuan panas khususnya pada proses *Artificial Aging* pada aluminium paduan tipe AC2C. Pengujian dilakukan pada aluminium paduan type AC2C Analisa kekuatan bahan dengan pengujian yang meliputi Uji keras (HB), Struktur mikro. Temperatur *solution treatment* pada suhu 505<sup>0</sup>C, Temperatur *artificial aging* pada suhu 150<sup>0</sup>C dan 200<sup>0</sup>C, Waktu penahanan (*holding time*) 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Hasil memperlihatkan bahwa struktur *dendrit* yang semakin halus seiring dengan semakin meningkatnya temperatur dan waktu tahan

**Kata kunci:** Alumunium Paduan, Perlakuan Panas, Kekerasan

---

### I. PENDAHULUAN

Bahan teknik secara global dapat dibagi menjadi dua yaitu bahan logam dan bahan bukan logam. Bahan logam dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu logam besi (*fero*) dan logam bukan besi (*non fero*). Logam besi yaitu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi, misalnya besi tuang, besi tempa dan baja. Logam non fero yaitu logam yang tidak

mengandung unsur besi (Fe) misalnya tembaga, aluminium, timah dan lainnya. Bahan bukan logam antara lain asbes, karet, plastik dan lainnya.

Untuk saat ini penggunaan logam fero seperti besi dan baja masih mendominasi dalam perencanaan-perencanaan mesin maupun konstruksi. Sedangkan penggunaan logam non fero yang terus meningkat dari tahun ke tahun adalah aluminium. Penggunaan aluminium khusus pada industri otomotif juga terus meningkat sejak tahun 1980 (Budinski [1]), dan terus meningkat seiring

---

<sup>1)</sup> aa\_santosa72@yahoo.com

meningkatnya jumlah produksi kendaraan bermotor di Indonesia. Banyak komponen otomotif yang terbuat dari paduan aluminium diantaranya adalah piston, blok mesin, cylinderhead dan lain sebagainya. Penggunaan paduan aluminium untuk komponen otomotif dituntut memiliki kekuatan yang baik (Mizhar dkk. [2]). Agar aluminium memiliki kekuatan yang baik biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur-unsur seperti: Cu, Si, Mg, Zn, dan sebagainya (Abdillah [3]), selain itu juga biasanya untuk mendapatkan sifat mekanis tertentu dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*) (Surur dkk. [4]).

PT. ADM adalah perusahaan swasta yang bergerak dibidang industri otomotif khususnya industri mobil, dan jumlah produksinya terus meningkat dari tahun ke tahun. Saat ini kapasitas produksinya mencapai hingga 20.000 unit perbulan. Di Indonesia PT ADM memiliki 5 cabang (plant) salah satunya berada di kawasan industri KIIC karawang yang memproduksi bagian terpenting dari mobil, yaitu *Cylinder head*. Berbagai upaya dilakukan untuk dapat meningkatkan kapasitas produksi salah satunya adalah mempersingkat proses produksi, diharapkan dengan semakin singkat waktu produksi maka jumlah produk yang dihasilkan akan semakin meningkat, dengan tidak mengabaikan

standar-standar kualitas yang ditetapkan perusahaan.

Sebagai upaya mencari sifat logam dengan yang dibutuhkan diantaranya adalah dengan cara perlakuan panas (Majanasastra [5]). *Hardness* lunak, dan retak (*crack*) pada produk cor adalah salah satu masalah yang dapat timbul akibat proses perlakuan panas (*heat treatment*) pada aluminium paduan. Perlu tidaknya perlakuan panas dan bagaimana perlakuan panas yang dilakukan tergantung pada sifat coran dan penggunaannya. Untuk itu perlu diketahui secara mendalam sifat-sifat coran tersebut. Selain perlakuan panas yang dilakukan sifat mekanis logam juga akan dipengaruhi oleh proses pendinginan yang dilakukan. Pada penelitian ini, fokus masalah yang ingin dipelajari adalah perlakuan panas khususnya pada proses *Artificial Aging* pada aluminium paduan tipe AC2C.

## II. METODOLOGI

### 2.1 Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu kegiatan percobaan secara langsung terhadap benda uji untuk melihat dan membandingkan hasil perlakuan panas yang dilakukan terhadap obyek, dalam hal ini adalah logam paduan aluminium AC2C (AA319-T6) dengan dimensi P x L x T (20 mm x 20 mm x 8 mm) sebanyak

6 spesimen. Masing - masing spesimen diberikan perlakuan panas yang berbeda yaitu dengan variasi temperatur dan waktu tahan (*holding time*) pada saat proses penuaan buatan (*artificial aging*). Pengujian yang dilakukan pada masing–masing spesimen yaitu uji keras dan uji stuktur mikro (*microstructure*).

## 2.2 Bahan

Pada pengujian ini spesimen uji yang digunakan adalah aluminium paduan dengan data sebagai berikut:

1. Merek: PT. ALUMINDO ALLOY ABADI
2. Spesifikasi : AC2C (AA319-T6)
3. Ketebalan: 8 mm
4. Panjang x Lebar: 20 mm x 20 mm
5. Komposisi kimia

Tabel 2 adalah komposisi kimia aluminium paduan AC2C yang digunakan dalam penelitian ini.

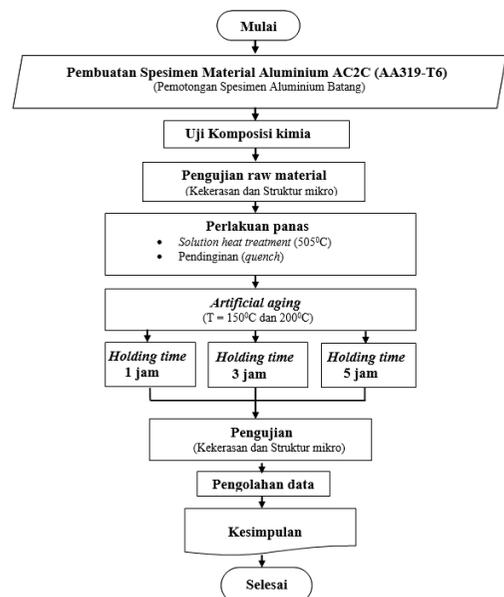
**Tabel 2.**

### Komposisi kimia aluminium paduan AC2C (AA319-T6)

Unsur Kimia (%)					
Cu	Si	Mg	Fe	Mn	Zn
2,57	5,59	0,24	0,40	0,27	0,13

## 2.3. Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah seperti di Gambar 1. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pengujian.



**Gambar 1.**  
Diagram Alir Penelitian

## III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Spesimen Aluminium AC2C

Pada pengujian ini, spesimen yang dibuat ada 6 buah yaitu:

- a. Spesimen untuk proses *artificial aging* pada temperatur 150<sup>0</sup>C dan *holding time* selama 1 jam
- b. Spesimen untuk proses *artificial aging* pada temperatur 150<sup>0</sup>C dan *holding time* selama 3 jam
- c. Spesimen untuk proses *artificial aging* pada temperatur 150<sup>0</sup>C dan *holding time* selama 5 jam
- d. Spesimen untuk proses *artificial aging* pada temperatur 200<sup>0</sup>C dan *holding time* selama 1 jam

- e. Spesimen untuk proses *artificial aging* pada temperatur 200°C dan *holding time* selama 3 jam
- f. Spesimen untuk proses *artificial aging* pada temperatur 200°C dan *holding time* selama 5 jam



Gambar 2.  
Spesimen Penelitian

Tabel 2.  
Keterangan Gambar 2

Spesimen	Keterangan
A	Untuk proses <i>artificial aging</i> pada temperatur 150°C dan <i>holding time</i> selama 1 jam
B	Untuk proses <i>artificial aging</i> pada temperatur 150°C dan <i>holding time</i> selama 3 jam
C	Untuk proses <i>artificial aging</i> pada temperatur 150°C dan <i>holding time</i> selama 5 jam
D	Untuk proses <i>artificial aging</i> pada temperatur 200°C dan <i>holding time</i> selama 1 jam
E	Untuk proses <i>artificial aging</i> pada temperatur 200°C dan <i>holding time</i> selama 3 jam
F	Untuk proses <i>artificial aging</i> pada temperatur 200°C dan <i>holding time</i> selama 5 jam

### 3.2 Uji Kekerasan Material dan Struktur Mikro

Dalam penelitian ini pengujian kekerasan dan struktur mikro yang dilakukan yaitu pengujian spesimen sebelum dilakukan perlakuan panas dan setelah dilakukan perlakuan panas. Berikut data parameter standar proses perlakuan panas dan hasil uji kekerasan pada *Cylinder head* di PT.ADM.

Tabel 3.  
Parameter Standar Perlakuan Panas  
*Cylinder head* di PT. ADM

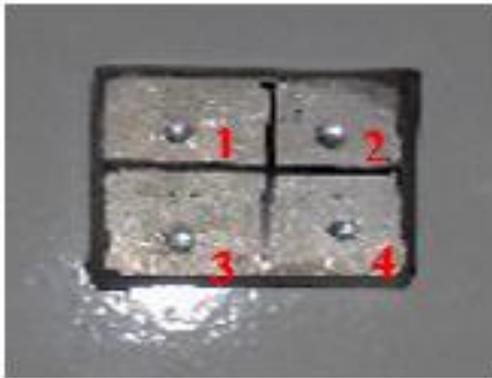
Material	Aluminium AC2C
produk	<i>Cylinderhead</i>
Jenis perlakuan panas	T6 ( <i>precipitation hardening</i> )
<i>Solution treatment</i>	505°C ± 5 dan HT = 4 jam
<i>Quench</i>	70°C - 80°C
<i>Artificial aging</i>	190°C dan HT = 4 jam
Metode uji keras	Harness brinell
Standar kekerasan PT. ADM	90 HB – 130 HB

### 3.3 Uji kekerasan material sebelum perlakuan panas (raw materials)

Pengujian kekerasan material sebelum perlakuan panas dilakukan sebagai data pembandingan data-data yang didapat dari hasil pengujian kekerasan material setelah dilakukan perlakuan panas. Data-data proses pengujian diterangkan pada gambar serta tabel berikut.

**Tabel 4.**  
**Parameter Pengujian**

Parameter	
Metode pengujian	Hardness Brinell
Beban Identasi	1000 N
Identor	Bola baja, diameter 10 mm
Waktu Identasi	30 detik
Jumlah titik pengujian	4 titik



**Gambar 3.**  
Spesimen 0 (raw material)

**Tabel 5.**

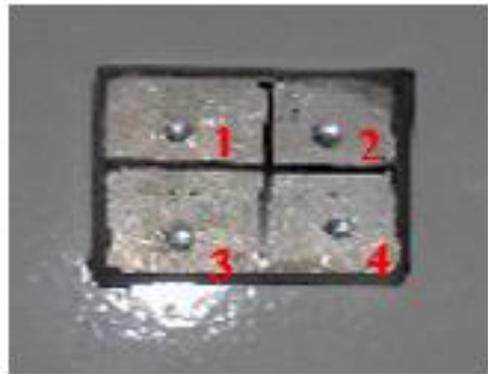
**Data hasil uji keras sebelum dilakukan perlakuan panas**

Spesimen	Titik Pengujian				Rata-rata Brinell (HB)
	1	2	3	4	
Sebelum perlakuan panas (0)	79	77	77	77	77,5
kekerasan standar PT ADM (X)	90 - 130	90 - 130	90 - 130	90 - 130	90 - 130

### 3.4 Uji Kekerasan Setelah Proses Perlakuan Panas

Data-data hasil pengujian kekerasan dirangkum dan dijelaskan pada tabel-tabel berikut;

#### 1) Uji kekerasan hasil proses *natural aging* selama 10 hari



**Gambar 4.**  
Spesimen untuk *Natural Aging* selama 10 hari

**Tabel 6.**  
**Parameter Pengujian**

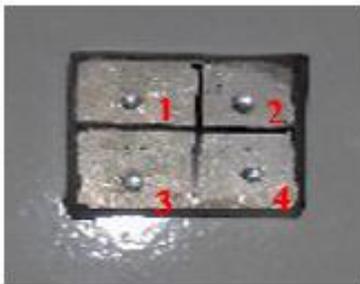
Parameter	
<i>Solution</i>	505 <sup>0</sup> C
<i>Quenching</i>	70 <sup>0</sup> C - 80 <sup>0</sup> C (media air)
<i>Natural Aging</i>	10 hari
Metode pengujian	Hardness Brinell
Beban Identasi	1000 N
Identor	Bola baja, diameter 10 mm
Waktu Identasi	30 detik
Jumlah titik pengujian	4 titik

**Tabel 7.**

**Data hasil uji keras pada *natural aging* selama 10 hari**

Spesimen	Titik Pengujian				Rata-rata Brinell (HB)
	1	2	3	4	
Sebelum perlakuan panas (0)	79	77	77	77	77,5
<i>Natural aging</i> 10 hari (G)	89	99	94	96	108
kekerasan standar PT ADM (X)	90 - 130	90 - 130	90 - 130	90 - 130	90 - 130

**2) Kekerasan hasil proses *Artificial Aging* pada temperatur 150°C**



**Gambar 5.**

Spesimen untuk *Artificial Aging* 150°C

**Tabel 8.**

**Parameter Pengujian**

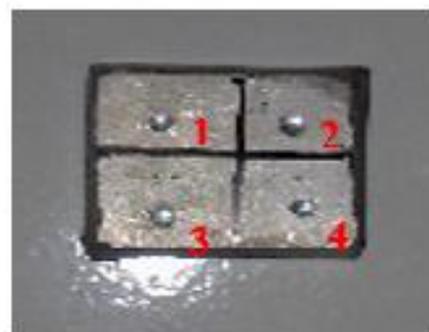
Parameter	Parameter
<i>Solution</i>	505°C
<i>Quenching</i>	70°C - 80°C (media air)
<i>Artificial Aging</i>	150°C
<i>Holding Time</i>	1 jam, 3 jam, 5 jam
Metode pengujian	Hardness Brinell
Beban Identasi	1000 N
Identor	Bola baja, diameter 10 mm
Waktu Identasi	30 detik
Jumlah titik pengujian	4 titik

**Tabel 9.**

**Kekerasan Hasil Proses *Artificial Aging* temperatur 150°C**

Spesimen	Titik Pengujian				Rata-rata Brinell (HB)
	1	2	3	4	
<b>A</b> ( <i>Holding Time</i> 1 Jam)	73	90	85	98	86,5
<b>B</b> ( <i>Holding Time</i> 3 Jam)	87	84	90	90	87,75
<b>C</b> ( <i>Holding Time</i> 5 Jam)	91	87	91	88	89,25
<b>0</b> (Sebelum perlakuan panas)	79	77	77	77	77,5
<b>X</b> (kekerasan standar PT ADM)	90 - 130	90 - 130	90 - 130	90 - 130	90 - 130

**3) Kekerasan hasil proses *Artificial Aging* pada temperatur 200°C**



**Gambar 6.**

Spesimen untuk *Artificial Aging* 200°C

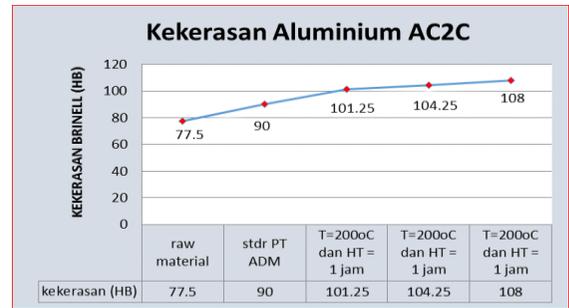
**Tabel 10.**  
**Parameter Pengujian**

Parameter	Parameter
Solution	505 <sup>0</sup> C
Quenching	70 <sup>0</sup> C - 80 <sup>0</sup> C (media air)
Natural Aging	200 <sup>0</sup> C
Holding Time	1 jam, 3 jam, 5 jam
Metode pengujian	Hardness Brinell
Beban Identasi	1000 N
Identor	Bola baja, diameter 10 mm
Waktu Identasi	30 detik
Jumlah titik pengujian	4 titik

**Tabel 11.**

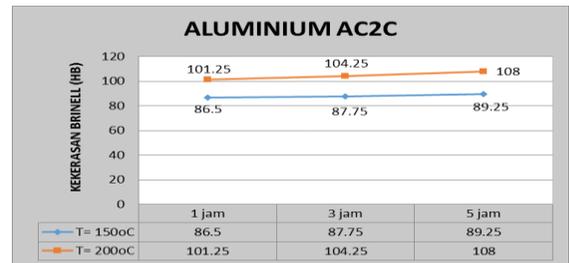
**Kekerasan Hasil Proses Artificial Aging temperatur 200°C**

Spesimen	Titik Pengujian				Rata-rata Brinell (HB)
	1	2	3	4	
<b>D</b> ( <i>Holding Time</i> 1 Jam)	104	108	90	103	101,25
<b>E</b> ( <i>Holding Time</i> 3 Jam)	93	109	105	110	104,25
<b>F</b> ( <i>Holding Time</i> 5 Jam)	101	111	107	113	108
<b>0</b> (Sebelum perlakuan panas)	79	77	77	77	77,5
<b>X</b> (kekerasan standar PT ADM)	90 - 130	90 - 130	90 - 130	90 - 130	90 - 130



**Gambar 7**

**Grafik Aluminium AC2C (temperatur Artificial Aging 200°C)**



**Gambar 8.**

**Grafik Pengaruh Holding Time Terhadap Kekerasan**

**3.4 Struktur Mikro**

a. Struktur Mikro Raw Material



**Gambar 9.**

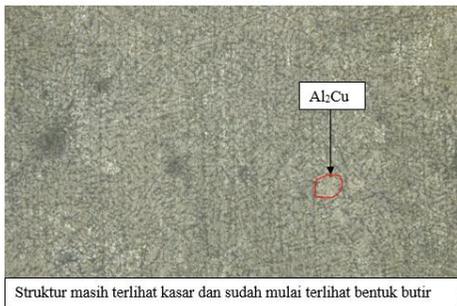
**Struktur Mikro raw material (perbesaran 200x)**

b. Struktur Mikro Hasil Proses *Artificial Aging* pada temperatur 150°C



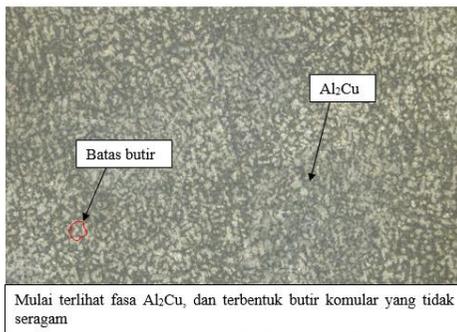
Gambar 10.

Struktur mikro *Artificial Aging* 150°C dan HT 1 jam



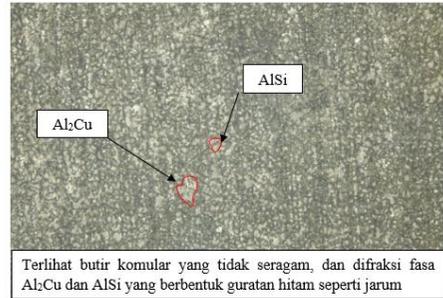
Gambar 11.

Struktur mikro *Artificial Aging* 150°C dan HT 3 jam



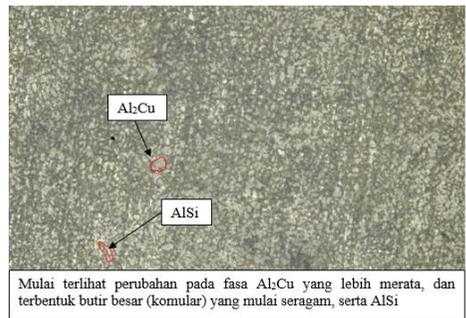
Gambar 12.

Struktur mikro *Artificial Aging* 150°C dan HT 5 jam



Gambar 13.

Struktur mikro *Artificial Aging* 200°C dan HT 1 jam



Gambar 14.

Struktur mikro *Artificial Aging* 200°C dan HT 3 jam



Gambar 15.

Struktur mikro *Artificial Aging* 200°C dan HT 5 jam

## V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sifat mekanik material aluminium AC2C yang merupakan paduan Al-Si-Cu cenderung meningkat terutama sifat kekerasannya setelah dilakukan penuaan buatan (*Artificial Aging*) pada temperatur 150<sup>0</sup>C dan 200<sup>0</sup>C. Sifat kekerasan juga meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu pemanasan. Kekerasan rata-rata pada raw material adalah 77,5 HB dan kekerasan material AC2C setelah dilakukan penuaan buatan pada tempetur 150<sup>0</sup>C dan waktu penahanan 1 jam, 3 jam dan 5 jam berturut-turut adalah 86,5 HB, 87,75 HB, dan 89,25 HB. Kekerasan semakin meningkat setelah dilakukan penuaan buatan pada temperatur 200<sup>0</sup>C dan waktu penahanan 1 jam, 3 jam dan 5 jam yaitu berturut-turut 101,25 HB, 104,25 HB, dan 108 HB.
2. Dari hasil pengamatan menggunakan mikroskop memperlihatkan struktur mikro mengalami perubahan seiring dengan meningkatnya temperatur dan waktu pemanasan pada proses penuaan buatan (*artificial aging*). Hal ini dapat dilihat pada perubahan struktur *dendrit* yang semakin halus

seiring dengan semakin meningkatnya temperatur dan waktu tahan (*holding time*). Puncak pola difraksi menunjukkan kecenderungan terjadi pembentukan fasa kedua yang mengarah pada pembentukan presipitat Al<sub>2</sub>Cu. Dapat dilihat juga perubahan pada butir atom yang semakin halus yang berpengaruh pada meningkatnya kekerasan. Semakin halus butir maka kekerasan semakin baik, sesuai dengan teori Hall Pecth.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budinsky, K. *Engineering Materials, Properties and Selection*, Vol. 35, p.p 151-171, 1996
- [2] Mizhar, S., Suherman, Fauzi, R. "Pengaruh Penambahan Magnesium Terhadap Kekerasan, Kekuatan Impak, dan Struktur Mikro pada Aluminium Panduan (Al-Si) dengan Metode Lost Foam Casting," *Jurnal Ilmiah Mekanik*, vol. 2 no.2, pp. 77-84, 2016.
- [3] Abdillah, F. "Pengaruh Temparat dan Waktu Penahan Artificial Aging terhadap Sifat-sifat Mekanis Paduan 50% Piston Bekas dan 50% ADC 12 untuk Material Piston Motor Bensin," *Traksi*, vol. 10 no. 1, pp. 44-55, 2010.

- [4] Surur, R.S., Irfa'i, A. "Studi Perlakuan Panas Artificial Aging terhadap Angka Muai dan Konduktivitas Termal Material Komposit AL-Abu Dasar Batubara," *JTM*, vol. 1 no. 1, pp. 68-72, 2015.
- [5] Majanasastra, B.S. "Pengaruh Variabel 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, pp. 87-101, 2015.