

## Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Paduan Aluminium Silikon

Ahmad Zubair Sultan<sup>1\*</sup>, Abram Tangkemanda<sup>2</sup>, Irsyad Amru Djafar<sup>3</sup>, Rio Triwanto Rantepadang<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia  
\*ahmadzubairsultan@poliupg.ac.id

**Abstract:** *The use of aluminum silicon alloys as automotive components is growing along with the growing desire to reduce the weight of the components used. However, aluminum alloys still have low mechanical properties, so other processes are needed to increase their hardness, one of them by heat treatment process. This alloy material is commonly used for motorcycle piston. This study aims to determine the effect of heat treatment on mechanical properties and microstructure of Aluminum Silicon A383 using the age hardening method with variations in aging temperature and different holding times. The testing of mechanical properties is done by testing the hardness and thermal conductivity. From the testing results, composition of aluminum alloy A383 composed of 73.30% aluminum, 22.08% silicon and highest hardness 105.9HB at an aging temperature 200<sup>0</sup>C within 30 minutes and the optimal value of the hardness and thermal conductivity of the aging variations performed are at temperature 200<sup>0</sup>C at holding time 88 minute. As the aging temperature increases, the hardness of aluminum increases and amount of silicon also increase.*

**Keywords :** *aluminium silicon alloy a383, age hardening, hardness, microstructure, optimization*

**Abstrak:** Penggunaan paduan aluminium silikon sebagai komponen otomotif semakin berkembang bersamaan dengan semakin berkembangnya keinginan untuk mengurangi berat dari komponen yang digunakan. Namun paduan aluminium silikon masih memiliki sifat mekanis yang rendah sehingga diperlukan proses lain untuk meningkatkan kekerasannya, salah satunya melalui proses perlakuan panas. Bahan paduan ini biasa dipakai untuk torak motor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan panas terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada Aluminium Silikon A383 menggunakan metode *age hardening* dengan variasi temperatur aging dan waktu penahanan yang berbeda. Dari hasil pengujian, komposisi paduan aluminium A383 tersusun dari aluminium 73,30%, silikon 22,08%, kekerasan tertinggi 105,9HB pada temperature *aging* 200<sup>0</sup>C dalam 30 menit dan nilai optimal kekerasan dan konduktivitas termal dari variasi *aging* yang dilakukan adalah pada suhu 200<sup>0</sup>C dan waktu penahanan 88 menit. Seiring penambahan suhu aging, kekerasan aluminiumpun turut bertambah, dibarengi dengan penambah jumlah unsur silikon

Kata kunci : aluminium silikon A383, *age hardening*, kekerasan, struktur mikro, optimasi.

### I. PENDAHULUAN

Aluminium memiliki banyak kelebihan, salah satunya yaitu paduan aluminium silikon yang biasanya digunakan untuk komponen-komponen otomotif seperti piston pada berbagai kendaraan bermotor[1]. Piston mengalami beban yang besar selama mesin hidup, yaitu mendapat tekanan tinggi saat melakukan langkah kompresi dan mendapat pemanasan tinggi dan tekanan tinggi saat pembakaran dan saat langkah kerja. Oleh karena itu, material yang dibutuhkan piston merupakan material dengan spesifikasi khusus, yaitu paduan Aluminium Silikon(Al-Si) [1,2]. material ini dipilih karena memiliki kekuatan tinggi, koefisien muai rendah, dan juga memiliki daya tahan terhadap abrasi dan korosi, salah satu metode untuk meningkatkan kekerasan suatu logam yaitu heat treatment, dengan proses heat treatment ini diharapkan dapat menghasilkan aluminium silikon dengan tingkat kekerasan dan daya hantar panas yang lebih baik dari sebelumnya. Berdasarkan uraian teori diatas maka Proses *heat treatment* telah biasa dilakukan pada paduan aluminium untuk meningkatkan kekuatan dan konduktivitasnya. Pada penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan aluminium silikon A383.

## II. METODE PENELITIAN

### Persiapan Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa benda uji aluminium silikon A383 sebanyak 12 batang yang berbentuk balok dengan dimensi (20x10x10) mm. Peralatan yang digunakan diantaranya : *Chamber furnace N 41/H*, *Hardness Tester (Affri Universal Hardness Tester)*, Mesin *polishing/grinding*, alat uji konduktivitas, mikroskop elektronik (*Meiji Techno*)

### A. Prosedur Penelitian

Pembuatan spesimen uji berupa Aluminium Silikon A383. Spesimen dipotong menjadi 12 Sampel Dengan ukuran 10x10x20mm. Untuk memastikan komposisi spesimen dilakukan uji komposisi kimia dengan menggunakan metode XRF. Setelah itu, spesimen uji sebanyak 11 sampel dimasukkan kedalam *furnace* dengan temperature 550°C selama 2 jam, lalu spesimen dikeluarkan dari *furnace* dan didinginkan secara cepat (*quenching*) dengan menggunakan media air, lalu dilakukan proses *age hardening* dengan variasi temperature dan waktu penahanan

Pengujian berikutnya yaitu uji kekerasan. Uji kekerasan ini dilakukan dengan metode Brinell (HB10) dengan penetrator bola berdiameter 2,5mm, dan pembebanan 613N, sebelum dilakukan pengujian kekerasan permukaan, specimen diratakan dan dihaluskan terlebih dahulu menggunakan amplas Selanjutnya adalah pengujian struktur mikro, specimen terlebih dahulu dihaluskan permukaannya hingga rata dan mengkilap dengan menggunakan mesin grinding dan dipolish menggunakan kain beludru dan pasta. Setelah didapatkan permukaan specimen yang halus dan mengkilap selanjutnya, permukaan specimen dicelupkan pada cairan etsa HF 0,5% agar struktur mikro dapat terlihat dengan jelas Pengamatan Struktur Mikro ini dilakukan dengan pembesaran lensa 20X. Pengujian yang terakhir adalah melakukan uji konduktivitas.

### B. Analisis Data

Data hasil pengujian kekerasan, struktur mikro, konduktivitas termal, selanjutnya diolah menggunakan software design expert untuk mengetahui keterkaitan antara temperature dan waktu penahanan (*holding time*)

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

Komposisi Kimia hasil pengujian terhadap Aluminium Silikon A383 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Kimia Aluminium A383

Elemen	Al	Si	Cu	Fe	Mn
%	84.54	10.54	2.2	1.15	0.497

Data Nilai Kekerasan Aluminium A383 pada **Tabel 2**. adalah hasil percobaan dengan variasi temperature dan waktu aging

Tabel 2: Hasil Percobaan Kekerasan dengan variasi temperature dan waktu aging

NO	Suhu	Holding Time	Kekerasan (HB10)					rata-rata
			1	2	3	4	5	
1	100°C	0.5 jam	93.9	90.2	96.6	93.2	95.2	93,82
2	100°C	1,5 jam	88	85	93.5	97.2	95.2	91.78
3	100°C	2,5 jam	70.4	73	77.6	83.3	75.1	75.88
4	150°C	0,5 jam	97.3	91.1	97.8	100.8	99.6	97.32
5	150°C	1,5 jam (A)	84.3	87.4	81.6	80.9	82.6	83.36
6	150°C	1,5 jam (B)	86.7	90.2	95	99.3	91.7	92.58
7	150°C	1,5 jam (C)	81.3	80.5	79.7	86.7	81.4	81.92

<b>8</b>	150° C	2,5 jam	85.5	99	95.2	98.7	99.6	95.6
<b>9</b>	200° C	0,5 jam	114	111.6	105.9	112.4	109.2	110.62
<b>10</b>	200° C	1,5 jam	83.5	81.5	86.7	79.3	85.7	83,3
<b>11</b>	200° C	2,5 jam	75.60	74.30	78.70	82.10	69.70	76.08
<b>12</b>	Tanpa Heat Treatment		60.9	76.8	83.7	85	85.2	78.32

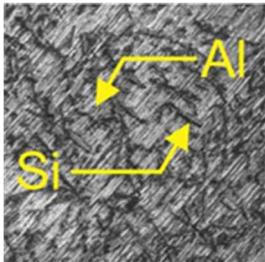
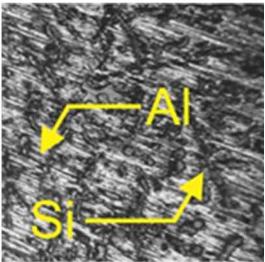
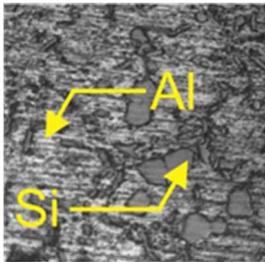
Data konduktivitas thermal Aluminium A383 dapat dilihat pada Tabel 3

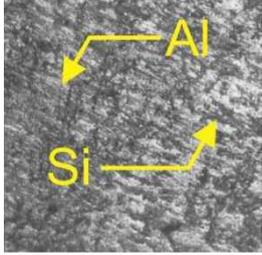
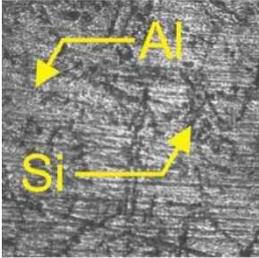
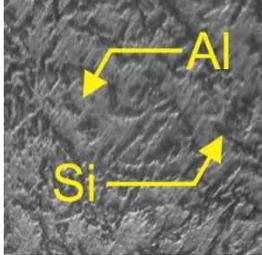
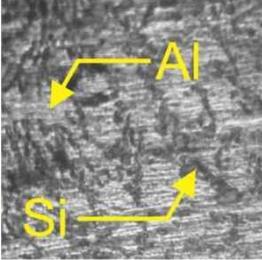
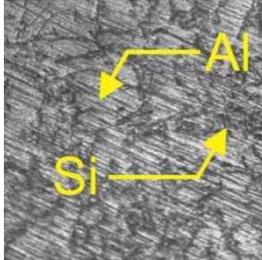
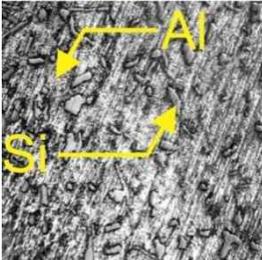
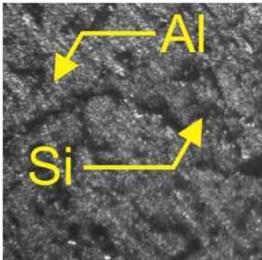
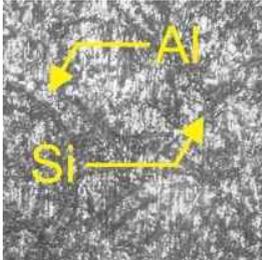
Tabel 3: Hasil Konduktivitas thermal dengan variasi temperature dan waktu aging

No	<i>Aging Temperature</i>	<i>Holding Time</i>	Konduktivitas Thermal
	(C )	(minutes )	(W/mK)
1	100	30	212
2	100	90	206.9
3	100	150	208.3
4	150	30	205.5
5	150	90	209.7
6	150	90	209
7	150	90	210
8	150	150	215.3
9	200	30	208.7
10	200	90	241.8
11	200	150	219.9

Hasil Pengamatan Struktur Mikro dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4: Struktur mikro terhadap suhu dan holding time

Suhu (°C)	Struktur Mikro		
100	 <p>30 Menit</p>	 <p>90 Menit</p>	 <p>150 Menit</p>

<p><b>150</b></p>	 <p>30 Menit</p>	 <p>90 Menit(a)</p>	 <p>90 Menit(b)</p>  <p>150 Menit</p>
<p><b>200</b></p>	 <p>30 Menit</p>	 <p>90 Menit</p>	 <p>150 Menit</p>
<p><b>Tanpa HT</b></p>			

Dari gambar struktur mikro di atas, dapat dilihat bahwa raw material terdapat komposisi aluminium (Al) yang berwarna lebih cerah berada didasar permukaan dan silicon (Si) yang berwarna lebih gelap dengan guratan guratan. Berdasarkan pengamatan struktur mikro dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada struktur mikro dengan temperatur aging 100 °C, terlihat bahwa unsur silicon berbentuk serpihan kecil, tipis, dan pendek. Pada struktur mikro dengan temperatur *aging* 150 °C, terlihat bahwa unsur silicon masi berbentuk serpihan kecil, agak tebal, dan pendek. Pada struktur mikro dengan temperatur aging 200 °C, terlihat semakin jelas bahwa unsur Si berbentuk serpihan lebih besar, tebal, dan rapat. Perubahan temperature aging dari temperature rendah menuju temperature lebih tinggi

menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro, dimana struktur mikro tampak lebih besar dan tebal.

## B. Pembahasan

Setelah memperoleh data nilai kekerasan dan konduktivitas, selanjutnya data akan diolah menggunakan software design expert, untuk mengetahui keterkaitan antara temperature dan waktu penahanan pada proses *aging* dengan nilai kekerasan dan konduktivitas thermal.

Tabel 5: Statistik kecocokan model untuk kekerasan [3,4]

Response: Hardness						
Sequential Model Sum of Squares						
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Mean	88794.26	1	88794.26			
<u>Linear</u>	<u>399.07</u>	<u>2</u>	<u>199.53</u>	<u>3.25</u>	<u>0.0927</u>	<u>Suggested</u>
2FI	16.81	1	16.81	0.25	0.6337	
Quadratic	64.14	2	32.07	0.39	0.6955	
Cubic	188.08	2	94.04	1.27	0.3985	Aliased
Residual	222.13	3	74.04			
Total	89684.49	11	8153.14			
Lack of Fit Tests						
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
<u>Linear</u>	<u>352.07</u>	<u>6</u>	<u>58.68</u>	<u>0.84</u>	<u>0.6317</u>	<u>Suggested</u>
2FI	335.26	5	67.05	0.96	0.5800	
Quadratic	271.13	3	90.38	1.30	0.4627	
Cubic	83.04	1	83.04	1.19	0.3886	Aliased
Pure Error	139.09	2	69.54			

Menurut hasil ANOVA pada Tabel 5, model adalah significant karena Prob > F adalah kurang dari  $\alpha$  (0.05) yang mengimplikasikan 95 % derajat kepercayaan (*confidence interval*). Hasil juga menunjukkan bahwa temperatur *aging* (A) dan waktu tahan (B) adalah faktor signifikan yang mempengaruhi kekerasan[5,6]. Informasi lain bahwa tidak ada interaksi antara temperatur *aging* dan waktu tahan (A\*B). Berikutnya, ketidakcocokan model (*lack of fit*) adalah tidak signifikan karena nilai Prob > F lebih besar dari  $\alpha$  (0.05).

Tabel 6: Statistik kecocokan model untuk konduktivitas termal[3,4]

Response: Konduktivitas

Sequential Model Sum of Squares

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Mean	4.894E+005	1	4.894E+005			
Linear	93.62	2	46.81	4.37	0.0523	
<u>2FI</u>	<u>55.50</u>	<u>1</u>	<u>55.50</u>	<u>12.83</u>	<u>0.0089</u>	<u>Suggested</u>
Quadratic	12.67	2	6.34	1.80	0.2577	
Cubic	16.89	2	8.44	35.58	0.0081	Aliased
Residual	0.71	3	0.24			
Total	4.895E+005	11	44502.79			

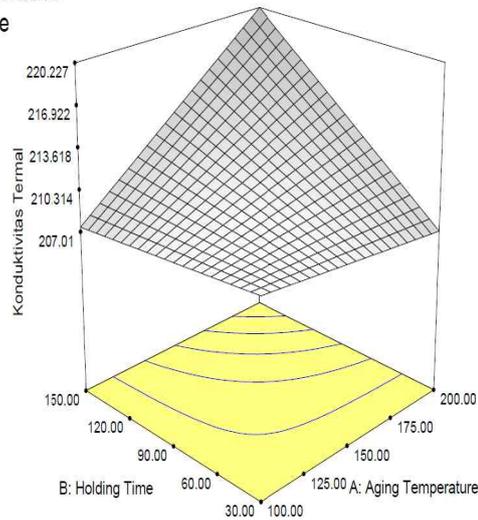
  

Lack of Fit Tests

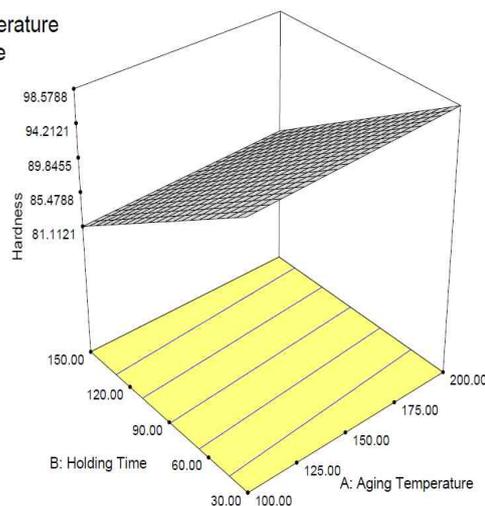
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Linear	85.25	6	14.21	53.95	0.0183	
<u>2FI</u>	<u>29.75</u>	<u>5</u>	<u>5.95</u>	<u>22.59</u>	<u>0.0429</u>	<u>Suggested</u>
Quadratic	17.07	3	5.69	21.61	0.0445	
Cubic	0.19	1	0.19	0.70	0.4898	Aliased
Pure Error	0.53	2	0.26			

Model adalah significant menurut hasil ANOVA pada Tabel 6, karena Prob > F adalah kurang dari  $\alpha$  (0.05) yang mengimplikasikan 95 % derajat kepercayaan (*confidence interval*). Hasil juga menunjukkan bahwa temperatur *aging* (A) dan waktu tahan (B) adalah faktor signifikan yang mempengaruhi konduktivitas termal. Informasi lain bahwa tidak ada interaksi antara temperatur *aging* dan waktu tahan (A\*B). Berikutnya, ketidakcocokan model (*lack of fit*) adalah tidak signifikan karena nilai Prob > F lebih besar dari  $\alpha$  (0.05).

Konduktivitas Termal  
 X = A: Aging Temperature  
 Y = B: Holding Time



DESIGN-EXPERT Plot  
 Hardness  
 X = A: Aging Temperature  
 Y = B: Holding Time



Grafik 1. Kekerasan dan konduktivitas termal terhadap *holding time* dan *aging temperature*

Gambar yang tertera pada Grafik 1 menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh melalui perlakuan panas *solution treatment* dengan diikuti *aging* pada temperatur *aging* tertinggi ( 200 °C) dengan waktu tahan terendah (0.5 jam). Konduktivitas termal tertinggi dan temperatur *aging* tertinggi (200 °C) dengan *holding time* tertinggi (1.5 jam).

### Optimasi

Optimasi bertujuan untuk mencari nilai kekerasan tertinggi berdasarkan temperatur *aging* dan waktu tahan *aging*. Pengaturan untuk optimasi proses dan respon dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Pengaturan untuk optimasi parameter proses dan respon[5,6]

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Aging Temper.	is in range	100	200	1	1	3
Holding Time	is in range	30	150	1	1	3
Hardness	maximize	80	105.9	1.09849	1	3
Konduktivitas	maximize	205.5	219.9	1	1	3

Solusi yang diperoleh untuk batasan sebagaimana tersebut diatas diperlihatkan pada Tabel 7.

Tabel 8. Solusi yang memungkinkan untuk optimasi kekerasan[5,6]

Solutions						
Number	Aging Temperature	Holding Time	Hardness	Konduktivitas	Desirability	
1	200.00	88.12	90.7009	213.411	0.456	Selected
2	100.00	30.00	97.3788	209.06	0.399	

Terdapat 2 solusi yang memberikan nilai kekerasan terbaik yaitu dengan aging temperatur 200<sup>0</sup>C dan waktu tahan 88 menit atau temperatur *aging* 100<sup>0</sup>C dengan waktu tahan 30 menit. (Tabel 8.)

#### IV. KESIMPULAN

1. Paduan Aluminium Silikon A383 memiliki unsur aluminium 73.30 % dan Silikon 22.08%
2. Kekerasan terbesar diperoleh pada suhu aging 200<sup>0</sup>C dengan waktu 30 menit dengan nilai kekerasan 105,9 HB
3. Dari hasil optimasi kekerasan terbaik yaitu dengan *aging temperature* 200<sup>0</sup>C dan *holding time* 88 menit atau *aging temperature* 200<sup>0</sup>C dan *holding time* 88 menit.
4. Seiring penambahan suhu *aging*, kekerasan aluminiumpun turut bertambah. Dibarengi dengan penambahn jumlah unsur silicon

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Bagus Suryasa M, "Pengaruh Variable Waktu (*Aging Heat Treatment*) Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Dan Struktur Mikro Kepala Piston Sepeda Motor Honda Vario". Fakultas Teknik Mesin. Universitas Islam 45 Bekasi, 2015.
- [2] Dri Handono Sulis, "Pengaruh Temperatur Peleburan Pada Pengecororan Logam Paduan Al-Si Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro" Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung, 2015.
- [3] Mugiono, "Pengaruh Penambahan Mg Terhadap Sifat Kekerasan dan Kekuatan Impak Serta Struktur Mikro Pada Paduan Al-Si Berbasis Material Piston Bekas" Fakultas Teknik Mesin Universitas Pancasakti, Tegal, 2016.
- [4] Alois Schonmetz, Karl Gruber. "Pengetahuan bahan dalam pengerjaan logam". Bandung: Angakasa. 1995, Hal 224.
- [5] Prakoso, Catur "Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Alumunium Paduan Al,Si,Cu Terhadap Perlakuan Solution Treatment 450<sup>0</sup>C, Quenching dengan Air, dan Aging 150<sup>0</sup>C", Tugas Akhir S-1 ,Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. 2009, Hal 6770.
- [6] Surdia T & Saito S., "Pengetahuan Bahan Teknik," Jakarta: PT Pradnya Paramita, 1999.