

**PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU PENAHANAN *ARTIFICIAL AGING*
TERHADAP SIFAT-SIFAT MEKANIS PADUAN 50% PISTON BEKAS DAN 50%
ADC 12 UNTUK MATERIAL PISTON MOTOR BENSIN**

Fuad Abdillah*)

Abstrak

Waktu penahanan pada temperatur tertentu untuk artificial aging akan menentukan pengerasan presipitasinya dan sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis paduan 50%piston bekas dan 50%ADC12. Lamanya waktu penahanan akan menghasilkan sifat mekanis yang berbeda, sehingga dalam hal ini akan dicari lama waktu penahanan yang tepat untuk mendapatkan sifat mekanis yang optimum. Dengan studi literatur, maka dilakukan percobaan pada paduan Al-Si dengan perlakuan panas solution heat treatment 505 °C dan di quenching yang dilanjutkan ke temperatur artificial aging 100 °C, 155°C dan 200°C dengan lama waktu penahanan 2, 4 dan 5 jam. Setelah percobaan tersebut, dilakukan pengujian kekerasan, dan pengamatan terhadap perubahan struktur mikro. Berdasarkan percobaan yang dilanjutkan dengan pengujian, maka didapatkan sebuah fenomena dimana semakin lama waktu penahanan dari 2 hingga 5 jam terjadi peningkatan kekerasan material secara drastis tetapi tidak diikuti oleh pengaruh temperatur artificial aging, yang dibuktikan bahwa temperatur optimal yang menghasilkan kekerasan tertinggi adalah 155°C sebesar 81,1 HRB

Kata kunci: *Artificial Aging, Sifat Mekanis, Struktur Mikro*

PENDAHULUAN

Pemakaian aluminium khusus pada industri otomotif juga terus meningkat Sejak tahun 1980 (Budinski, 2001), dan terus meningkat 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. Penggunaan paduan aluminium untuk komponen otomotif dituntut memiliki kekuatan yang baik. Agar aluminium mempunyai kekuatan yang baik biasanya logam aluminium dipadukan dengan 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.

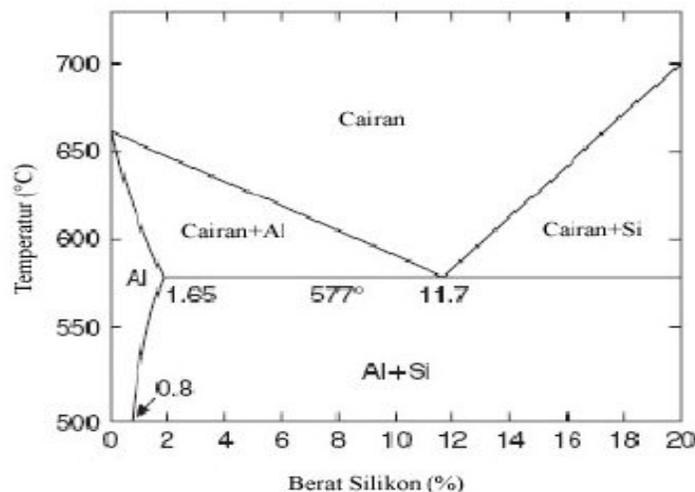
*) Dosen Jurusan S-1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Semarang (UNIMUS)

Salah satu usaha untuk mengatasi hal ini adalah dengan melakukan daur ulang. Karena keterbatasan yang ada seperti pada industri kecil, tidak semua menggunakan bahan baku murni, tetapi memanfaatkan aluminium sekrap atau reject materials dari peleburan sebelumnya untuk dituang ulang (*remelting*). Dari hasil pengecoran industri kecil (pelek misalnya) pada saat digunakan mengalami beban berulang-ulang dan kadang-kadang beban kejut sehingga peralatan tersebut harus mendapatkan jaminan terhadap kerusakan akibat retak-lelah, sehingga aman dalam penggunaan atau bahkan mempunyai usia pakai (*life time*) lebih lama (Purnomo, 204:905)

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 penelitian yang ingin dipelajari adalah proses *artificial aging* pada paduan aluminium sebagai upaya meningkatkan sifat-sifat mekanis piston berbasis material 50% piston bekas dengan 50% ADC12.

TINJAUAN PUSTAKA

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan penghantar listrik baik, juga tahan aus serta koefisien pemuaiannya rendah sehingga bahan ini sangat luas pemakaiannya. Untuk keperluan tertentu dan meningkatkan sifat mekaniknya, harus ditambahkan unsur lain seperti Si, Mg, Cu, Zn. dan diberi suatu perlakuan panas (T6), Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Diagram fasa Al-Si

Salah satu ciri Al adalah memiliki sifat mampu-cor yang baik, namun risikonya adalah penurunan sifat mekanik, terlihat pada diagram fase bahwa Si dapat larut dalam α -Al walau prosentasenya terbatas, dan membentuk eutektik pada temperatur $\pm 577^{\circ}\text{C}$. Pemanasan paduan Al-Si ke bawah temperatur batas kelarutan maksimal $\pm 577^{\circ}\text{C}$, mengakibatkan Si terlarut dalam matrix α -Al secara maksimum dengan komposisi eutektik 11,7 % Si. Larutan padat yang terbentuk pada temperatur tinggi dapat dipertahankan dalam keadaan *supersaturated* yaitu dengan pendinginan cepat (quenching), guna mengurangi presipitasi larutan atom yang kasar dan bersifat inkoheren, Jika dilakukan pendinginan cepat sampai temperatur kamar, fasa α tidak sempat membentuk fasa β karena atom Si yang berada dalam α -Al akan terperangkap sehingga tidak sempat keluar dan akhirnya tetap fasa tunggal α super jenuh.

Pemanasan ulang fasa tunggal α super jenuh akan menghasilkan presipitat partikel halus senyawa Mg_2Si . Presipitat tersebut terjadi akibat perlakuan *age hardening* yaitu pemanasan kembali di bawah temperatur batas *GP Zone* (temperatur *aging*), sehingga terjadi proses dekomposisi. Pertumbuhan presipitat akan meningkat seiring dengan naiknya temperatur dan waktu *age hardening*. Presipitat berpartikel halus diperoleh dengan pengaturan temperatur dan waktu aging.

Serangkaian proses di atas salah satunya dikenal sebagai perlakuan panas T6. Perlakuan panas T6 merupakan cara memperbaiki sifat mekanik dengan penguatan presipitasi partikel halus.



Gambar 2. Skema perlakuan panas T6 paduan Al-Si

METODE PENELITIAN

Tahapan Pengecoran

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah material dari 50% piston bekas dan 50% ADC12 yang terlebih dahulu dilakukan pengecoran sebanyak dua kali dengan temperatur penuangan 700°C dan dilanjutkan pembuatan specimen, specimen-specimen tersebut selanjutnya dilakukan pengujian komposisi kimia, kekerasan dan sruktur mikro. Hasil pengujian komposisi kimia mengelompokkan paduan 50% piston bekas dan 50% ADC12 masuk ke dalam kelompok paduan A.333.0 yang biasanya diperuntukkan untuk material piston motor bensin.

Tabel 1 Komposisi kimia paduan A333.0 (Sumber: ASM vol.4)

Alloy	Prod	Composition(%)										
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Others	
											Each	Total
333.0	P	8,0-10,0	1,0	3,0-4,0	0,5	0,05-0,50	-	0,50	1,0	0,25	-	0,50

Tabel 2 .Hasil uji kekerasan paduan 50%Piston bekas dan 50% ADC12

No	PENGECORAN I		PENGECORAN II	
	Nilai Kekerasan HRB	$(HR - \overline{HR})^2$	Nilai Kekerasan HRB	$(HR - \overline{HR})^2$
1	53,00	6,76	50,00	0,01
2	48,50	3,61	46,50	10,89
3	50,00	0,16	51,00	1,21
4	51,00	0,36	48,00	3,61
5	49,50	0,90	54,00	16,81
Total	$\overline{HR}=50,4$	11,79	$\overline{HR}=49,9$	32,53

Tahapan Perlakuan Panas

Proses perlakuan panas dalam penelitian ini mengacu pada tipe perlakuan panas paduan A.333.0 (ASM vol.4) seperti dalam tabel 3 berikut ini:

Table 3. Tipe perlakuan panas paduan A.333.0 (Sumber: ASM vol.4)

All os	Tem per	Typ e of casti ng	Solution treatment			Aging treatment		
			Temperat ur		Ti me (h)	Temperat ur		Ti me (h)
			° C	° F		° C	° F	
33 3.0	T6	P	5 0 5	9 6 0	12	1 5 5	3 1 0	2-5

Proses perlakuan panas dimulai dengan cara specimen diberi perlakuan panas pelarutan (*solution heat treatment*) pada temperatur 505 °C selama 12 jam, kemudian di *quench* pada media air 70 °C dengan waktu *delay* 25 detik. Selanjutnya dilakukan pemanasan *artificial aging* dengan variasi temperatur 100 °C, 155 °C dan 200 °C serta variasi lama waktu penahanan adalah 2, 4 dan 5 jam.

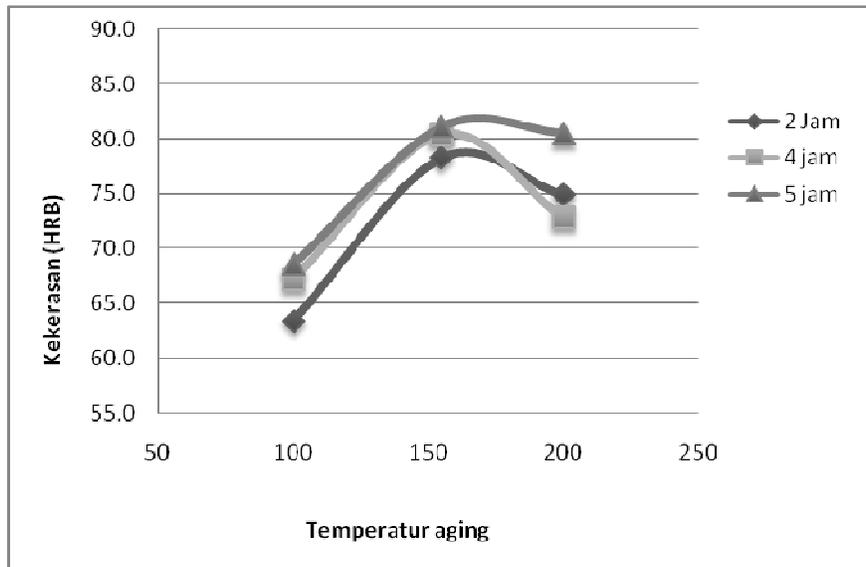
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Kekerasan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat tersaji dalam data-data dengan variabel waktu penahan yang berbeda, kekerasan material tersaji dalam table 2 berikut ini :

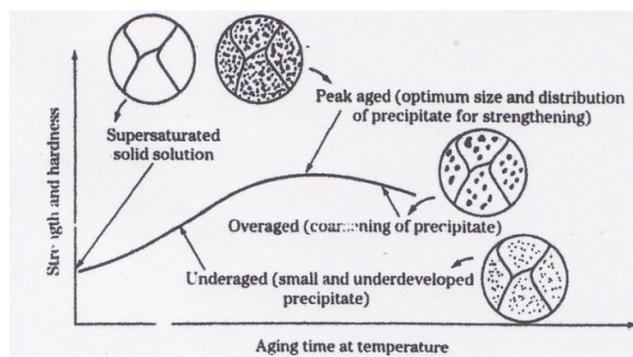
Tabel 4 Hasil pengujian kekerasan hasil proses perlakuan panas

Tmp Penuan gan	Sebelu m Perlak uan panas	Temperatur Aging 100 °C			Temperatur Aging 155 °C			Temperatur Aging 200 °C		
		Wakt u Agin g 2 jam	Wakt u Agin g 4 jam	Wakt u Agin g 5jam	Wakt u Agin g 2 jam	Wakt u Agin g 4 jam	Wakt u Agin g 5jam	Wakt u Agin g 2 jam	Wakt u Agin g 4 jam	Waktu Aging 5jam
700 °C	63.5	63.0	68.0	69.0	76.0	80.5	82.0	70.0	73.5	80.0
	59.5	61.0	64.0	67.0	77.5	79.5	79.5	74.5	72.0	79.0
	60.0	62.0	66.5	71.5	78.0	80.5	82.5	78.0	73.0	79.5
	62.5	65.0	68.5	67.5	80.0	80.5	81.0	77.5	73.5	82.5
	61.5	66.0	69.0	68.0	80.0	81.0	80.5	74.5	72.0	81.5
Rata-rata	61.4	63.4	67.2	68.6	78.3	80.4	81.1	74.9	72.8	80.5



Gambar 3. Grafik pengujian kekerasan hasil proses perlakuan panas

Dari grafik pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa pada temperatur *aging* 100 °C sampai 155 °C grafik kekerasan hasil perlakuan panas material piston 50% PB + 50% ADC12 menunjukkan kecenderungan menghasilkan nilai kekerasan yang meningkat. Tetapi setelah temperatur *aging* 155 °C grafik menunjukkan kecenderungan menghasilkan nilai kekerasan yang menurun. Sehingga kekerasan optimal didapatkan pada temperatur *aging* 155 °C. Hasil ini sejalan dengan *schematic aging curve (strength or hardness vs time)* oleh Smith, (1993:466) Didapatkannya temperatur *aging* 155 °C sebagai temperatur yang optimum dikarenakan pada temperatur tersebut merupakan titik *peak aged* dimana ukuran dan distribusi pripitation untuk penguatan paduan sudah mencapai titik optimum.



Gambar 4. *schematic aging curve (strength or hardness vs time)*

Rotinsulu, Sinthia S.J. 2001: 10 dalam penelitiannya menyatakan bahwa pada perlakuan panas Al-Si tercapainya kekerasan optimum pada temperatur *aging* tertentu

disebabkan terbentuknya presipitat metastabil yang optimal yang menghalangi pergerakan dislokasi. Sedangkan jika temperatur aging ditingkatkan setelah tercapai titik optimum maka kekerasan cenderung akan menurun. Hal ini dikarenakan oleh penggabungan atau pengerasan presipitat yang menjadi koheren dengan matriknya. Hasil dari penelitian ini sekaligus juga menjawab mengapa pada ASM 4 untuk paduan A.333.0 rekomendasi temperatur aging pada proses perlakuan panas adalah 155 °C

Dari grafik pada Gambar 3 juga dapat diketahui bahwa seiring dengan penambahan waktu aging kekerasan yang dihasilkan cenderung meningkat. Dimana kekerasan tertinggi dihasilkan pada waktu aging 5 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. Akibatnya didapatkan kekerasan paduan Al-Si yang meningkat seiring dengan peningkatan waktu penahan. Peningkatan kekerasan seiring dengan peningkatan waktu aging juga akan menemui titik puncak dan setelah titik puncak dilewati kekerasan cenderung akan menurun.

2. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan baik sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas. Struktur mikro sebelum dilakukan perlakuan panas tersaji pada gambar 5 berikut ini :

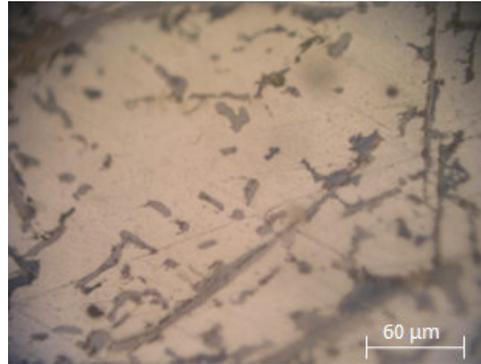


Gambar 5. Struktur mikro paduan 50%PB+50%ADC12 sebelum perlakuan panas

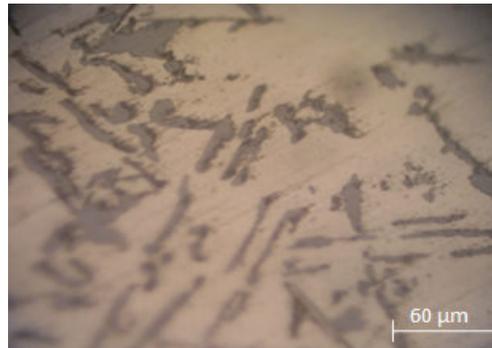
Pengujian struktur mikro setelah proses perlakuan panas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan bentuk struktur mikro sesudah dan sebelum proses

perlakuan panas. Hasil dari pengujian struktur mikro ini diharapkan dapat memperkuat hasil dari pengujian kekerasan, karena dengan pengamatan struktur mikro dapat terlihat susunan dan struktur kristal suatu logam.

Hasil pengamatan stuktur mikro terhadap material setelah proses perlakuan panas dengan waktu penahanan 2 jam terlihat pada Gambar 6, 7 dan 8 dibawah ini .



Gambar 6 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 100°C



Gambar 7 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 155°C

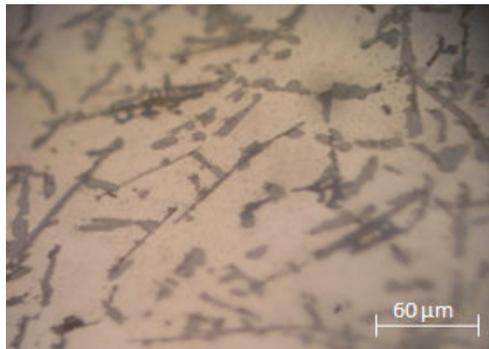


Gambar 8 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 200°C

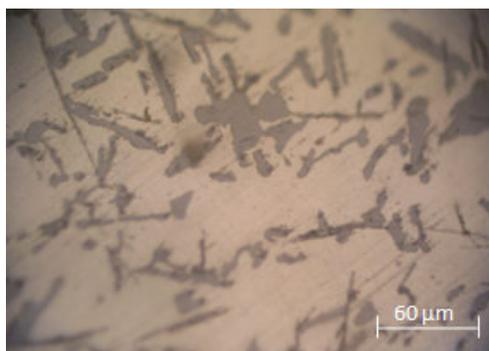
Hasil pengamatan stuktur mikro terhadap material 50%PB+50%ADC12 setelah proses perlakuan panas waktu penahanan 4 jam terlihat pada Gambar 9, 10 dan 11 dibawah ini .



Gambar 9 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 100°C

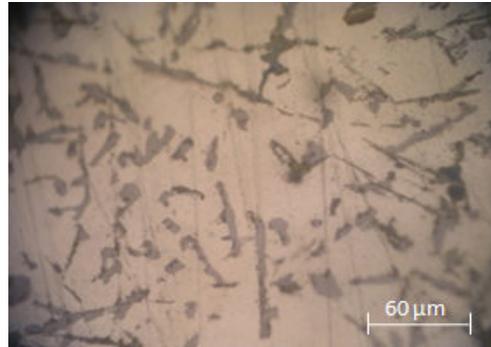


Gambar 10 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 155°C

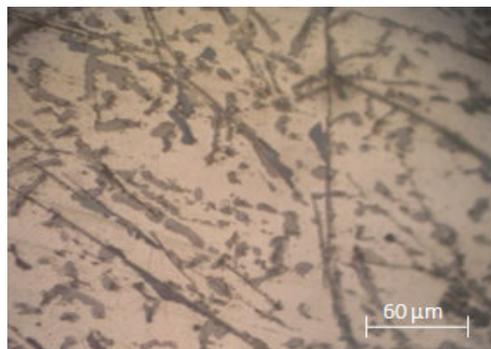


Gambar 11 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 200°C

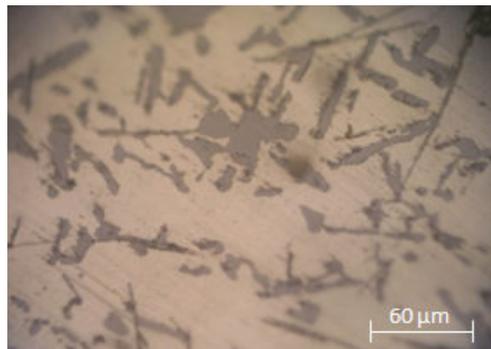
Hasil pengamatan stuktur mikro terhadap material 50%PB+50%ADC12 setelah proses perlakuan panas dengan waktu penahanan 5 jam terlihat pada Gambar 11, 12 dan 13 dibawah ini .



Gambar11 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 100°C



Gambar12 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 155°C



Gambar13 . Struktur mikro setelah perlakuan panas dengan temperatur Aging 200°C

Perlakuan panas menyebabkan perubahan bentuk struktur mikro paduan Al-Si. Hal ini terlihat baik dimana terdapat perbedaan bentuk struktur mikro sebelum dan sesudah perlakuan panas. Perubahan yang terjadi akibat proses perlakuan panas dimungkinkan karena pemanasan yang diberikan memberi peluang atom untuk bergerak dan menata letaknya, sehingga bentuk struktur atom setelah proses perlakuan panas menjadi lebih tertata.

Seiring dengan penambahan waktu aging bentuk matrik Si menjadi tertata dan kelihatan lebih rapat. Struktur mikro yang kelihatan tertata seiring dengan pertambahan waktu aging dikarenakan Zona GP yang terbentuk terus berkembang baik dari segi ukuran, maupun jumlahnya. Perlakuan panas menyebabkan presipitat bertambah besar dan jumlah juga bertambah banyak, hal ini menyebabkan jarak antar partikel presipitat semakin rapat. Presipitat yang rapat inilah yang kemudian bertindak sebagai penghalang terjadinya dislokasi. Sehingga ketika terjadi deformasi maka, akan sulit terjadi dislokasi. Hasil struktur mikro ini memperkuat hasil pengujian kekerasan dimana seiring bertambahnya waktu aging kekerasan paduan Al-Si menjadi meningkat.

Kenaikan temperatur aging dapat memperbaiki susunan struktur mikro. Hal ini terlihat pada gambar struktur mikro temperatur aging 100 °C dan 155 °C. Dimana bentuk struktur mikro temperatur aging 155 °C lebih tertata dan merata matrik Si nya dibandingkan pada paduan 100 °C. Akan tetapi pada temperatur aging 200 °C bentuk struktur mikronya tidak lebih baik dibandingkan pada temperatur aging 155 °C.

Kesimpulan

Dari pembahasan data hasil pengujian pada penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Upaya meningkatkan sifat mekanik material piston berbasis 50% piston bekas dan 50% ADC12 salah satunya adalah proses *Artificial Aging*
2. Temperatur aging yang menghasilkan kekerasan tertinggi adalah 155°C dan waktu agingnya 5 jam.
3. Pertambahan angka kekerasan setelah *artificial aging* material piston berbasis 50% piston bekas dan 50% ADC12 mencapai 60%

Daftar Pustaka

1. Budinski., 2001, "Engineering Materials Properties and Selection," PHI New Delhi, pp. 517–536.
2. Cole, G S., and Sherman, A. M., 1995, "Light weight materials for automotive applications," *Material Characterization*, 35 (1) pp. 3–9.
3. Durrant, G., Gallerneault, M., Cantor, B., 1996, "Squeeze cast aluminum reinforced with mild steel inserts" *J Mater Science*, 31 pp. 589–602.

4. Eided Witthaya, 2007 “ Effect of solution treatment and Sr-Modification on microstructure and mechanical properties of Al-Si piston alloys.
5. Haque, M. M., *et al.*, 2001, “study on wear properties of aluminum – silicon piston alloy,” *J Material processing technology* , 118 pp. 69–73.
6. Kim, W. J., *et al* 2005, “Corrosion performance of plasma sprayed Cast Iron coatings on Aluminum alloy for automotive component,” *Surface coating and Technology*, 200 pp 1162-67.
7. Noorsy. [2007], *impor Aluminium akan melonjak*, Sinar Harapan, 5542....
8. Smith, F. William. 1995. *Material Science and engineering. (second edition)*. New York: Mc Graw- Hill inc.
9. Surdia, Tata & Saito, Shinroku. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik. (edisi kedua)*. Jakarta: Pradnya Paramita
10. T.V. Rajan, CP Sharma & Sharma Ashok ,1997, “Heat Treatment principle and Techniques “ (revised edition), PHI New Delhi, pp. 110001
11. Viala, V. C., Peronnet. M., Bosselet F., Bouix, J., 2002, “Interface chemistry in aluminum alloy with iron base inserts,” *Composites, Part A*, 33, pp. 1417– 1420
12. Vaillant ,P., Petitet, J. P.,1995, “Interactions under hydrostatic pressure of mild steel with liquid aluminum alloys,” *J Mater Science* 30 pp 4659–4668
13. Wang ,Y ., *et al*, 2005, “Scuffing resistance of coated piston skirts run against cylinder bores,” *Wear* 259, pp. 1041–1047
14. Zeren Muzaffer, 2006 “ The effect of heat treatment on aluminium-based piston alloys”