

NASKAH PUBLIKASI ILMIAH

ANALISA *HEAT TREATMENT*

PADA ALUMINIUM MAGNESIUM SILIKON (Al – Mg – Si)

DENGAN SILIKON (Si) (1%, 3%, 5%) TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS



Disusun Untuk Memenuhi Tugas dan Syarat – Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh:

TOGA AGUNG SAPUTRO
NIM: D 200 060 025

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2014

**ANALISA HEAT TREATMENT PADA ALUMINIUM MAGNESIUM SILIKON
(Al – Mg – Si) DENGAN SILIKON (Si) (1%, 3%, 5%)
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS**

Toga Agung Saputro, Masyrukan, Agus Hariyanto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

ABSTRAKSI

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi unsur kimia, struktur mikro, kekuatan impak, kekuatan tarik dan kekerasan bahan spesimen paduan Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) dengan Silikon (Si) dengan variasi penambahan 1%, 3%, dan 5% dengan perlakuan heat treatment.

Metode penelitian meliputi bahan, alat dan proses yang dilakukan selama penelitian. Adapun material atau bahan yang diuji adalah Aluminium (Al) berupa plat aluminium, Magnesium (Mg), berupa serbuk magnesium dan Silikon (Si), berupa serbuk silikon. Komposisi aluminium (Al) masing-masing sama 85% dengan silikon (Si) bervariasi 1%, 3%, 5% dan sisanya magnesium (Mg). Pada perlakuan panas spesimen dikenai perlakuan panas pelarutan (solution heat treatment) 450°C dengan waktu tahan 1 jam, 2 jam, 3 jam kemudian di quenching media air dan terakhir dituakan dengan penuaan buatan (artificial aging) 125°C. Adapun pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi, struktur mikro, uji impak charpy, uji tarik dan uji kekerasan Vickers.

Hasil pengujian komposisi kimia terhadap ketiga paduan tersebut di dapati paduan aluminium (Al) yang kaya akan unsur silikon (Si) adalah pada paduan Al-Mg penambahan Si 5% yaitu, 4,8632%. Dari hasil pengujian impak tampak bahwa harga impak mengalami peningkatan setelah diperlakukan panas dan pada penambahan Si yang lebih banyak material ini mengalami penurunan keuletan material. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada paduan Si yang lebih banyak dapat menurunkan kekuatan tarik. Dari pengujian kekerasan diketahui bahwa penambahan Si yang semakin banyak menyebabkan material semakin rapuh.

Kata kunci : Penambahan Silikon, Perlakuan Panas, Paduan Al-Mg-Si

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI ILMIAH

Makalah berjudul “Analisa *Heat Treatment* Pada Aluminium Magnesium Silikon (Al – Mg - Si) Dengan Silikon (Si) (1%, 3%, 5%) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis”, telah disetujui pembimbing dan disahkan koordinator sebagai syarat untuk seminar Tugas Akhir dan Ujian Tugas Akhir pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh,

Nama : Toga Agung Saputro

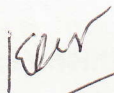
NIM : D200 060 025

Disetujui pada,

Hari : Sabtu

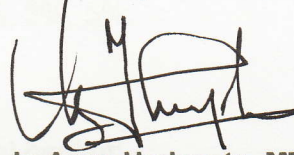
Tanggal : 16 Maret 2013

Pembimbing Utama,



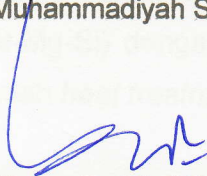
Ir. Masyrukan, MT.

Pembimbing Pendamping,



Ir. Agus Hariyanto, MT.

Ketua Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta



Tri Widodo Besar R, ST. MSc. Ph. D.

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Penambahan unsur paduan terhadap alumunium dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan fisis dan mekanis logam tersebut, seperti paduan antara alumunium dan magnesium (Al-Mg) yang mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik. Sejak lama, paduan ini disebut dengan hidronalium dan dikenal sebagai paduan yang tahan korosi. Jika sedikit magnesium ditambahkan pada alumunium, maka pengerasan penuaan akan sangat jarang terjadi (Surdia, T., 2005).

Paduan alumunium silikon (Al-Si) sangat baik kecairannya, mempunyai permukaan yang bagus., tanpa kegetasan panas, dan sangat baik untuk paduan coran. Silikon juga mempunyai ketahanan korosi yang baik, ringan, koefisien pemuaian yang kecil, serta sebagai penghantar listrik yang baik. Karena mempunyai kelebihan yang sangat menyolok, paduan ini sangat banyak dipakai (Suharto, 1995).

Berdasar uraian teori diatas perlu dilakukan penelitian tentang bahan paduan alumunium dengan magnesium (Al-Mg) dengan penambahan bahan silikon. Dalam penelitian ini penambahan Silikon (Si) dilakukan yang sebanyak 1%, 3%, 5%.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui komposisi unsur kimia bahan yang digunakan dalam penelitian.
- b. Mengetahui struktur mikro bahan spesimen paduan Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) dengan Silikon (Si) 1%, 3%, dan 5% sebelum dan sesudah *heat treatment*.

- c. Mengetahui impak bahan spesimen paduan Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) dengan Silikon (Si) 1%, 3%, dan 5% sebelum dan sesudah *heat treatment*.
- d. Mengetahui kekuatan tarik bahan spesimen paduan Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) dengan Silikon (Si) 1%, 3%, dan 5% sebelum dan sesudah *heat treatment*.
- e. Mengetahui kekerasan bahan spesimen paduan Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) dengan Silikon (Si) 1%, 3%, dan 5% sebelum dan sesudah *heat treatment*.

B. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

1. Tinjauan Pustaka

Sari. K. (2004), melakukan studi penelitian mengenai pengaruh penambahan kadar silikon (Si) terhadap karakteristik *age hardening* paduan Al-1,2Cu. Pengujian dilakukan dengan menvariasikan unsur Si sebesar 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%. Hasil akhir menunjukkan bahwa setelah proses *age hardening* nilai kekerasan meningkat dengan bertambahnya kadar Si. Hasil maksimum dicapai pada penambahan Si 12,5% yaitu sebesar 112 kg/mm².

Rahman. A. (2004), dari hasil pengujian komposisi kimia pada penelitian sifat fisis dan mekanis Al, Mg, Si, pada material *velg racing* didapatkan unsur paduan yang paling besar, yaitu Si sebesar 2,80%, kemudian Al 82,69%, Mg 1,11%. Dari hasil pengujian struktur mikro pada sampel paduan aluminium terdiri dari Al, MgSi dan Si.

Prakoso. C. (2009), dalam penelitian tentang analisis sifat fisis dan mekanis aluminium paduan Al, Si, Cu, terhadap perlakuan *solution treatment*, *quenching* dengan air dan *aging* 150°C ditemukan kekuatan tarik 450°C setelah di *aging*. Pada uji komposisi kimia ini ditemukan unsur Al 86,95%, Cu 5,19 %, Si

4,66 %, Zn 1,66%, Mn 0,19%, Mg 0,25%, Ni 0,061%, Cr 0,013%, Ti 0,042%. Kekuatan tarik tertinggi rata-rata dimiliki oleh material perlakuan *aging* ,yaitu sebesar 16,61 kg/mm². Sedangkan harga impak tidak berubah 0,017 J/mm² setelah dilakukan *aging*.

2. Dasar Teori

Aluminium dipakai sebagai paduan dari pada sebagian logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat-sifat mekaniknya dan mampu cornya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya, yang dapat mengubah sifat-sifat paduan aluminium.

a. Paduan Al-Si

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlakukan tapi dengan penambahan unsur Mg, Cu atau Zn akan merespon terhadap perlakuan panas. Jenis paduan ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak ada retak. Karena sifat-sifatnya, maka jenis paduan Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

b. Paduan Al-Mg

Paduan Al-Mg, sering disebut Hidronalium, merupakan paduan dengan tingkat ketahanan korosi yang paling baik dibandingkan dengan paduan aluminium lainnya, Paduan ini mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan Al-Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

c. Paduan Al-Mg-Si

Kalau sedikit Mg ditambahkan kepada Al, pengerasan penuaan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan. Hal ini disebabkan karena senyawa Mg_2Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dengan Al.

C. METODOLOGI PENELITIAN

1. Bahan

Material atau bahan yang diuji dalam penelitian ini adalah :

- a. Aluminium (Al), berupa plat aluminium
- b. Magnesium (Mg), berupa serbuk magnesium
- c. Silikon (Si), berupa serbuk silikon

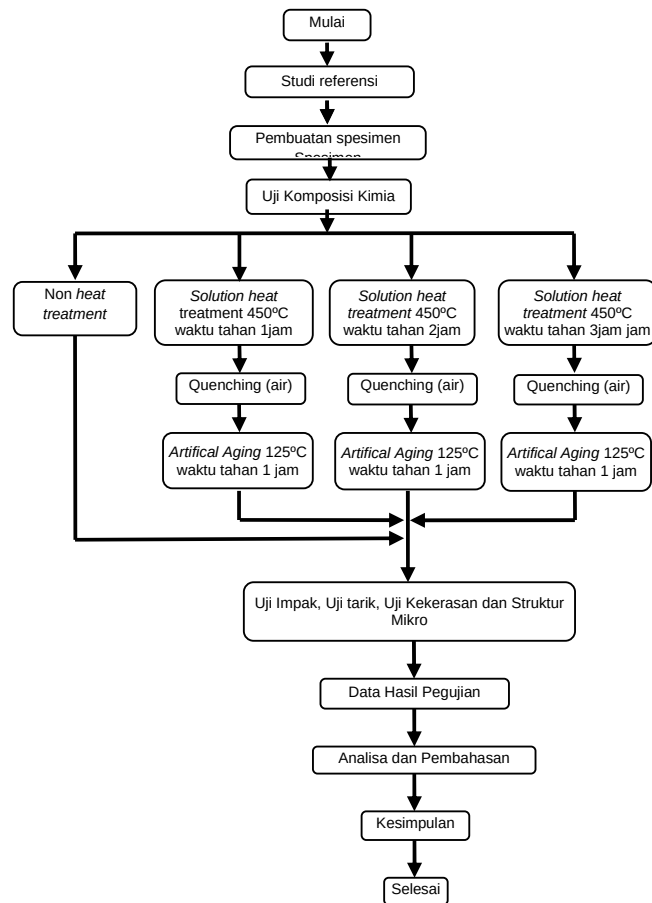
2. Alat Penelitian

- a. Tungku
- b. Kompor *Blower* untuk menyemprotkan solar.
- c. Cetakan pasir yang terdiri dari pola atas (*cup*) dan pola bawah (*drag*),
- d. Dapur pemanas
- e. Bak air (proses *quenching*)
- f. Catut

3. Alat Uji Bantu

- a. Mesin *milling* dan sekrap untuk spesimen tarik dan impak.
- b. Amplas ukuran 400, 800, 1000 dan 1200 : untuk menghaluskan permukaan spesimen uji kekerasan dan struktur mikro.
- c. Mesin *polish* dan *autosol* untuk menghaluskan dan mengkilapkan permukaan setelah diampas pada spesimen uji struktur mikro.
- d. Bahan etsa, berupa NaOH : untuk mengetsa atau mengikis permukaan logam Al sebelum dilihat dengan mikroskop.
- e. Mistar, pensil, spidol, kertas milimeter, *hair dryer*, dan jangka sorong.

4. Diagram alir penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel D.1. 1 Data Hasil Uji Komposisi Kimia

No	Unsur	Penambahan Si 1%	Penambahan Si 3%	Penambahan Si 5%
1.	Al	84,5672	85,0672	84,9236
2.	Mg	12,3461	10,1326	8,7213
3.	Si	0,9341	2,7643	4,8632
4.	Fe	0,4671	0,4324	0,2721
5.	Cu	0,2831	0,3712	0,1634
6.	Mn	0,2243	0,1025	0,0823
7.	Zn	0,1612	0,1717	0,1929
8.	Ti	0,1035	0,2412	0,2432
9.	Cr	0,1227	0,1121	0,1413
10.	Ni	0,1456	0,2273	0,0325
11.	Pb	0,3425	0,2700	0,1426
12.	Sn	0,3026	0,1075	0,2216

Dalam Hal ini paduan aluminium (Al) yang kaya akan unsur silikon (Si) adalah pada paduan Al-Mg penambahan Si 5% yaitu, 4,8632%. Diketahui pada aluminium (Al) unsur silikon (Si) memberikan pengaruh baik secara mekanik seperti mempermudah proses pengecoran, meningkatkan ketahanan korosi, memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran, menurunkan penyusutan dalam coran. Akan tetapi silikon (Si) juga mempunyai pengaruh buruk terhadap paduan aluminium (Al) diantaranya akan menurunkan keuletan material terhadap beban kejut dan coran akan rapuh jika kandungan terlalu tinggi. Sedangkan unsur magnesium (Mg) dalam paduan aluminium (Al) berguna untuk memberikan sifat-sifat yang baik terhadap ketahanan korosi, kemampuan dilas dan kekuatan yang cukup. Dan diharapkan sifat baik dari unsur-unsur tersebut akan berpengaruh baik pada paduan aluminium (Al).

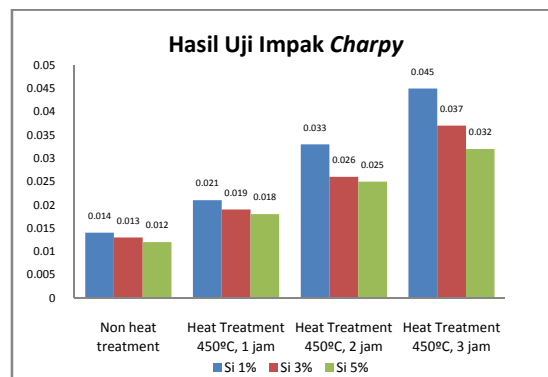
2. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pada material paduan Al-Mg penambahan Si (1%, 3%, 5%) yang telah mengalami perlakuan panas (*heat treatment*), telah mengalami proses difusi yaitu, telah mengalami pergerakan atau molekul dalam bahan dan proses ini diharapkan akan menghasilkan penyeragaman komposisi atau homogen. Sedangkan magnesium (Mg) masih berbentuk butiran mengelompok, dalam hal ini disebabkan magnesium (Mg) merupakan unsur material kelompok *non heat treable* yaitu tidak dapat dikeraskan dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Disini unsur silikon (Si) dalam paduan aluminium (Al) berfungsi berfungsi untuk memperbaiki sifat atau karakteristik coran, menurunkan penyusutan dalam coran meningkatkan ketahanan korosi dan meningkatkan kehalusan permukaan.

3. Hasil Pengujian Impak

Tabel D. 3. 2 Data Hasil Uji Impak *Charpy*

Spesimen	No	(α °)	(β °)	(W) Tenaga Serap (joule)	(A) Luas Penampang Patah (mm ²)	HI (j/mm ²)	HI rata-rata (j/mm ²)
<i>Non heat treatment</i>	Si 1%	1	156	154	1,1	77,42	0,014
		2	156	154	1,1	75,46	
		3	156	154	1,1	77,42	
	Si 3%	1	156	155	1	75,46	0,013
		2	156	154	1	76,63	
		3	156	154	1	76,44	
	Si 5%	1	156	154	1	78,21	0,012
		2	156	154	1	76,32	
		3	156	153,5	1,1	79,2	
<i>Heat Treatment t 450°C, 1 Jam</i>	Si 1%	1	156	153,5	1,6	75,84	0,021
	Si 3%	1	156	153,5	1,5	76,8	0,019
	Si 5%	1	156	153	1,4	75,46	0,018
<i>Heat Treatment t 450°C, 2 Jam</i>	Si 1%	1	156	149,5	2,6	76,63	0,033
	Si 3%	1	156	152	2	76,63	0,026
	Si 5%	1	156	152,5	2	78,21	0,025
<i>Heat Treatment t 450°C, 3 Jam</i>	Si 1%	1	156	150	3,5	77,63	0,045
	Si 3%	1	156	149	2,9	77,42	0,037
	Si 5%	1	156	150	2,5	76,46	0,032



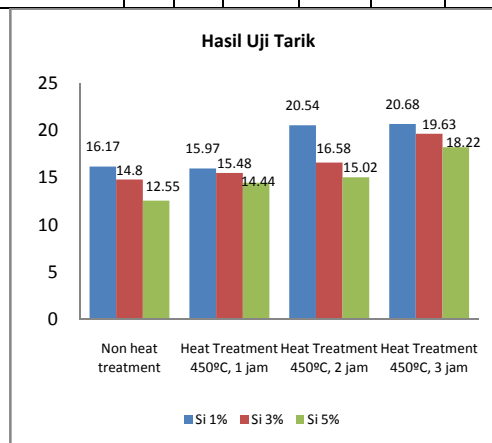
Gambar 2 Histogram uji impak antara *non heat treatment* dan perlakuan panas pelarutan (*solution heat treatment*) 450°C waktu tahan 1 jam, 2 jam dan 3 jam, *quenching*, *artificial aging* 125°C 1 jam

Dari hasil pengujian impak di atas tampak bahwa harga impak rata-rata mengalami peningkatan setelah diperlakukan panas dan pada penambahan Si yang lebih banyak material ini mengalami mengalami penurunan keuletan material. Disini dapat diketahui bahwa Si bersifat mengurangi keuletan material terhadap beban kejut paduan aluminium, dan pada penelitian ini terbukti bahwa semakin banyak komposisi penambahan Si semakin rendah keuletan dari material tersebut.

4. Hasil Pengujian Tarik

Tabel D. 4. 3 Data Hasil Uji Tarik

Spesimen	Si	No	P (N)	A (mm ²)	σ (N/m ²)	σ rata-rata (N/m ²)
Non heat treatment	1%	1	2254	134,4	16,77	16,17
		2	2136,4	137,2	15,57	
	3%	1	1940,4	133	14,58	14,8
		2	2018,8	134,4	15,02	
	5%	1	1470	128,8	11,41	12,55
		2	1803,2	131,6	13,70	
Heat Treatment 450°C, 1 Jam	1%	1	2058	128,8	15,97	15,97
	3%	1	2038,4	131,6	15,48	15,48
	5%	1	1901,2	131,6	14,44	14,44
Heat Treatment 450°C, 2 Jam	1%	1	2646	128,8	20,54	20,54
	3%	1	2136,4	128,8	16,58	16,58
	5%	1	2018,8	134,4	15,02	15,02
Heat Treatment 450°C, 3 Jam	1%	1	2606,8	126	20,68	20,68
	3%	1	2528,4	128,8	19,63	19,63
	5%	1	2450	134,4	18,22	18,22



Gambar 3 Histogram hasil uji tarik antara *non heat treatment* dan perlakuan panas pelarutan (*solution heat treatment*) 450°C waktu tahan 1 jam, 2 jam dan 3 jam, *quenching*, *artificial aging* 125°C 1 jam

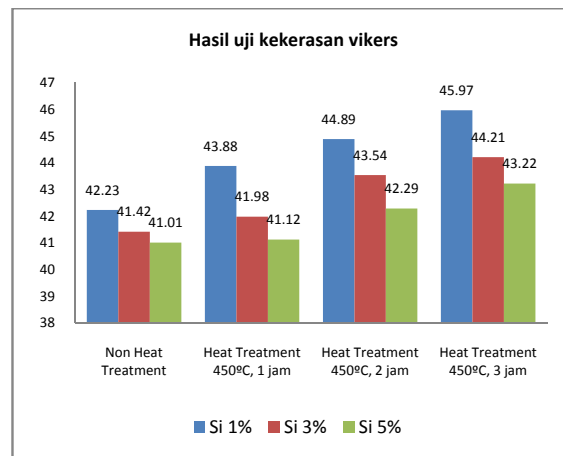
Dari hasil pengujian tarik tersebut dapat diketahui bahwa kekuatan tarik pada paduan Si yang lebih banyak dapat menurunkan kekuatan tarik dari material aluminium dan Kalau sedikit Mg ditambahkan kepada Al, pengerasan penuaan jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan.

Hal ini disebabkan karena senyawa Mg_2Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dengan Al. Penambahan unsur Si sendiri bersifat memperbaiki sifat-sifat karakteristik coran, tetapi apabila penambahan Si terlalu banyak dapat mengurangi kekuatan tarik, sehingga material dengan komposisi Si terkecil dan perlakuan panas yang berlangsung dengan waktu tahan yang lama adalah material yang kekuatan tariknya paling tinggi, yaitu pada komposisi penambahan Si 1% dan perlakuan panas pelarutan $450^{\circ}C$ dengan waktu tahan 3 jam.

5. Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 4 Data Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

Spesimen	No	d1 (mm ²)	d2 (mm ²)	d rata- rata (mm ²)	P (kg)	HVN (kg/ mm ²)	HVN rata- rata (kg/m m ²)
Non heat treatme nt	Si 1%	1	0,7	0,73	0,71	15,62	40,78
		2	0,7	0,7	0,7	15,62	41,37
		3	0,63	0,67	0,65	15,62	44,55
	Si 3%	1	0,67	0,67	0,67	15,62	43,22
		2	0,7	0,7	0,7	15,62	41,37
		3	0,73	0,73	0,73	15,62	39,67
	Si 5%	1	0,7	0,67	0,68	15,62	42,58
		2	0,7	0,73	0,71	15,62	40,78
		3	0,73	0,73	0,73	15,62	39,67
	Si 1%	1	0,63	0,67	0,65	15,62	44,55
		2	0,67	0,67	0,67	15,62	43,22
		3	0,68	0,7	0,69	15,62	42,59
Heat Treatme nt $450^{\circ}C$ 1 Jam	Si 1%	1	0,68	0,7	0,69	15,62	42,59
		2	0,7	0,71	0,70	15,62	41,37
		3	0,73	0,73	0,73	15,62	39,67
	Si 3%	1	0,67	0,67	0,67	15,62	43,22
		2	0,7	0,7	0,7	15,62	41,37
		3	0,73	0,73	0,73	15,62	39,67
	Si 5%	1	0,65	0,63	0,64	15,62	45,24
		2	0,63	0,67	0,65	15,62	44,55
		3	0,65	0,7	0,67	15,62	43,22
	Si 1%	1	0,65	0,63	0,64	15,62	45,24
		2	0,6	0,65	0,62	15,62	46,70
		3	0,65	0,67	0,66	15,62	43,87
Heat Treatme nt $450^{\circ}C$,2 Jam	Si 1%	1	0,65	0,63	0,64	15,62	45,24
		2	0,6	0,65	0,62	15,62	46,70
		3	0,65	0,67	0,66	15,62	43,87
	Si 3%	1	0,67	0,68	0,67	15,62	43,22
		2	0,7	0,7	0,7	15,62	41,37
		3	0,73	0,73	0,73	15,62	39,67
	Si 5%	1	0,65	0,63	0,64	15,62	45,24
		2	0,6	0,65	0,62	15,62	46,70
		3	0,65	0,67	0,66	15,62	43,87
	Si 1%	1	0,65	0,63	0,64	15,62	45,24
		2	0,6	0,65	0,62	15,62	46,70
		3	0,65	0,67	0,66	15,62	43,87
Heat Treatme nt $450^{\circ}C$ 3 Jam	Si 1%	1	0,65	0,63	0,64	15,62	45,24
		2	0,6	0,65	0,62	15,62	46,70
		3	0,65	0,67	0,66	15,62	43,87
	Si 3%	1	0,67	0,68	0,67	15,62	43,22
		2	0,7	0,7	0,7	15,62	41,37
		3	0,73	0,73	0,73	15,62	39,67
	Si 5%	1	0,65	0,63	0,64	15,62	45,24
		2	0,6	0,65	0,62	15,62	46,70
		3	0,65	0,67	0,66	15,62	43,87
	Si 1%	1	0,65	0,63	0,64	15,62	45,24
		2	0,6	0,65	0,62	15,62	46,70
		3	0,65	0,67	0,66	15,62	43,87



Gambar 4 Histogram hasil uji kekerasan antara *non heat treatment* dan perlakuan panas pelarutan (*solution heat treatment*) 450°C waktu tahan 1 jam, 2 jam dan 3 jam, *quenching*, *artificial aging* 125°C 1 jam

Dari hasil pengujian dan grafik diatas terlihat bahwa terjadi penurunan kekerasan rata-rata. Penurunan kekerasan terjadi dikarenakan penambahan Si yang semakin banyak menyebabkan material semakin rapuh dan penyebaran butiran Si lebih merata (homogen) diseluruh permukaan material ukuran butir yang menjadi lebih halus, sehingga diameter penumbuk piramidnya semakin kecil maka tingkat kekerasan akan meningkat dan begitu pula sebaliknya, jika diameter penumbuk piramidnya semakin besar maka kekerasannya akan menurun.

E. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan menganalisa data hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian komposisi kimia terhadap ketiga paduan tersebut di dapati paduan aluminium (Al) yang kaya akan unsur silicon (Si) adalah pada paduan Al-Mg penambahan Si 5% yaitu, 4,8632%.
2. Dari hasil pengujian dampak bahwa harga dampak mengalami peningkatan setelah diperlakukan panas dan pada penambahan Si yang lebih banyak material ini mengalami penurunan keuletan

material. Disini dapat diketahui bahwa Si bersifat mengurangi keuletan material terhadap beban kejut paduan aluminium,

3. Dari hasil pengujian tarik diketahui bahwa kekuatan tarik pada paduan Si lebih banyak dapat menurunkan kekuatan tarik. Kemudian material yang mengalami perlakuan panas dengan waktu tahan yang lama adalah material yang kekuatan tariknya paling tinggi,
4. Dari pengujian kekerasan diketahui bahwa penambahan Si yang semakin banyak menyebabkan material semakin rapuh. Kemudian material yang mengalami perlakuan panas dengan waktu tahan yang lama adalah material yang nilai kekerasannya paling tinggi.

F. SARAN

1. Apabila melakukan sebuah penelitian secara kelompok, diperlukan kerja sama secara team dan saling berkoordinasi antara anggota kelompok agar mendapatkan hasil yang maksimal dari apa yang telah diteliti.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh *aging* pada bahan-bahan paduan aluminium lain yang memiliki kandungan unsur dengan kandungan Si yang sangat kecil
3. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi manfaat bagi semua pihak yang telah membaca laporan tugas akhir ini. Dan diharapkan bisa dikembangkan untuk mahasiswa angkatan berikutnya agar penelitian ini bisa lebih disempurnakan.

DAFTAR PUSTAKA

- JIS Hand Book., 1981, "*Non-Ferrous Metal and Metallurgy*", Japan.
- Sari. K. 2004. *Pengaruh Penambahan Silikon (Si) Dengan Variasi (5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%) Terhadap Karakteristik Age Hardening*. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Prakoso, Catur. 2009 "*Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Alumunium Paduan Al,Si,Cu Terhadap Perlakuan Solution Treatment 450°C, Quenching Dengan Air, Dan Aging 150°C*", Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rahman, A. 2004. *Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Al, Mg, Si Pada Material Velg Racing*. Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Suharto., 1995, "*Teori Bahan dan Pengaturan Teknik*", PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Surdia, T., Chijiwa, K., 2005, *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.