

PENGARUH SOLUTION TREATMENT DAN ARTIFIAL AGING TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM A383

Ahmad Zubair Sultan¹⁾ dan Nur Hamzah¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap sifat mekanis dan struktur mikro paduan aluminium A383. Metode penelitian meliputi bahan, alat dan proses yang dilakukan selama penelitian. Adapun material atau bahan yang diuji adalah paduan aluminium A383 berbentuk blok silinder, yang nantinya akan dibentuk specimen uji dengan ukuran 10 x 10 x 20 mm. Perlakuan panas dilakukan dalam 2 tahap. Pada tahap pertama, perlakuan panas specimen dikenai perlakuan panas pelarutan (solution heat treatment) 550°C dengan waktu tahan 2 jam kemudian di quenching media air. Selanjutnya pada tahap kedua, specimen dituakan dengan penuaan buatan (artificial aging) pada temperature 100, 150 dan 200°C dengan waktu tahan 0.5, 1 dan 1,5 jam. Adapun pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi, uji kekerasan Brinnel dan uji struktur mikro. Dari hasil pengujian diketahui bahwa Paduan Aluminium Silikon dapat dikeraskan dengan terlebih dahulu diadakan pelakuan pelarutan (solution treatment), pencelupan didalam air (quenching) dan penuaan buatan (artificial aging). Kekerasan maksimum dicapai dengan temperatur penuaan paling tinggi (200°C) serta waktu penahanan paling rendah (30 menit).

Keywords: *solution treatment, microstructure A383*

1. PENDAHULUAN

Di era perkembangan teknologi yang semakin canggih membuat beragam fasilitas berupa alat maupun komponen industri semakin berkualitas, demi mempermudah berbagai macam kegiatan manusia sebagai pengguna teknologi tersebut. Dalam dunia industri saat 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 dicapai sesuai.

Ada berbagai jenis material yang dapat digunakan oleh perusahaan dalam pembuatan sebuah produk, salah satu material yang banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah aluminium. Pengaplikasian dari aluminium itu sendiri tidak hanya dalam kebutuhan rumah tangga akan tetapi hingga kepada kebutuhan otomotif maupun kebutuhan pesawat terbang yang selalu dituntut memiliki teknologi yang semakin canggih. Hal ini disebabkan karena logam ini mempunyai beberapa kelebihan, seperti : rasio terhadap beban yang ringan, tahan terhadap korosi dari berbagai macam bahan kimia, konduktivitas panas dan listrik tinggi, tidak beracun, memantulkan cahaya, mudah dibentuk dan dimachining dan tidak bersifat magnet.

Aluminium itu sendiri adalah logam yang memiliki kekuatan yang relatif rendah dan lunak. Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat lainnya. Aluminium murni merupakan logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tensil aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar 200- 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi.

Aluminium dengan densitas 2.7 g/cm³ dengan sekitar sepertiga dari densitas baja (8.83 g/cm³), tembaga (8.93g/cm³) dan kuningan (8.53 g/cm³), mempunyai sifat yang unik, yaitu: ringan, memiliki kekuatan yang dapat ditingkatkan dan tahan terhadap korosi pada berbagai lingkungan, termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa sistem kimia. Metode yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kekuatan aluminium adalah dengan Pengerasan Regang dan Perlakuan Panas (*Heat Treatment*). Metode yang lain adalah dengan penambahan unsur-unsur lain ke dalam aluminium, antara lain tembaga, mangan, silisium, magnesium, seng, nikel dan lain-lain. Aluminium dengan penambahan unsur lain ini disebut Aluminium Paduan. Salah satu jenis Aluminium Alloy adalah Paduan Aluminium Silikon (Al-Si).

¹ Korespondensi penulis: Ahmad Zubair Sultan, Telp 081144404141, ahmadzubairsultan@poliupg.ac.id

Umumnya aluminium dicampur dengan logam lainnya sehingga membentuk aluminium paduan. Penambahan unsur paduan terhadap aluminium dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan fisis dan mekanis logam tersebut.

Paduan aluminium pada umumnya tidak dapat di beri perlakuan panas, paduan Al-Si pun demikian, namun penambahan Mg, Cu atau Zn akan memberi respon terhadap perlakuan panas. Pengerasan penuaan pada paduan Al-Mg juga sangat jarang terjadi, kecuali ada kandungan Si dalam jumlah yang relatif banyak barulah dapat dikeraskan dengan aging setelah proses solution heat treatment. Aluminium Silikon A383 banyak digunakan pada komponen otomotif, transmisi, pompa oli, rem dan lain-lain karena memiliki kelebihan yaitu memiliki berat yang relatif ringan, tahan terhadap korosi, konduktivitas termal tinggi, lunak tapi kuat serta ulet sehingga jarang ditemukan retakan.

Berdasarkan uraian diatas maka proses heat treatment dapat dilakukan pada paduan aluminium tertentu dengan cara tertentu pula untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan dan konduktivitas termalnya. Pada penelitian ini akan dilakukan perlakuan pelarutan (solution treatment) yang diikuti dengan dengan quenching pada media air dan selanjutnya penuaan (aging hardening) pada material paduan aluminium A383 (paduan Al-Si-Mg). Aging atau penuaan pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*).

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah: i) Untuk mengetahui tingkat kekerasan Aluminium Silikon A383 setelah proses solution treatment dengan temperatur dan waktu yang bervariasi. ii) Untuk mengetahui tingkat kekerasan dan struktur mikro paduan Aluminium Silikon A383 setelah proses solution treatment (dengan temperatur dan waktu konstan) dan aging hardening (dengan temperatur dan waktu bervariasi), dan iii) untuk mengoptimasi kekerasan dan struktur mikro aluminium silikon A383 setelah proses solution treatment dan aging hardening

Ditargetkan keluaran dari kegiatan ini adalah diperolehnya metode perlakuan panas khusus untuk material paduan Aluminium A383, dimana selama ini belum ada metode perlakuan panas yang menjadi acuan untuk memperoleh sifat kekerasan yang optimal. Selain itu persamaan matematis yang diperoleh dari penelitian juga dapat menjadi rujukan untuk melakukan perlakuan panas pada material sejenis. Kontribusi penelitian ini adalah untuk memberikan referensi bagi industri dalam menerapkan perlakuan panas yang sesuai untuk paduan aluminium sejenis sesuai tingkat kekerasan yang diinginkan. Persamaan matematis yang dikembangkan dapat membantu peneliti dan industri untuk memprediksi respon yang sesuai dalam rangka penghematan biaya dan penghematan waktu dalam rangka perlakuan panas paduan aluminium

Target lebih jauh dari penelitian ini adalah memberi solusi ketermesian material paduan aluminium A383 dengan metode High Speed Machining (HSM). Ketermesian suatu material sangat tergantung dari sifat mekanis material tersebut. Material yang sifat mekanis dan sifat fisiknya kurang menguntungkan (*hard to machining material*) akan sangat merugikan dalam proses pemesinan. Sifat mekanis dan sifat fisika ini dapat diubah melalui berbagai proses perlakuan panas (pengerasan atau pelunakan).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pembuatan Spesimen Uji



Gambar 1. Aluminium silikon A383

Spesimen uji diperoleh dari pasaran dan akan dilakukan karakterisasi melalui pengujian laboratorium untuk mengetahui komposisi kimia material yang dibeli dan dicocokkan dengan komposisi kimia material standard A383. Spesimen uji dibuat dalam ukuran 10 x 10 x 20 mm. Sampel akan disediakan sebanyak 12,

yaitu 11 sampel sesuai metode *central composite design* (CCD) dari design experiment yang sudah dirancang serta 1 sampel referensi tanpa perlakuan.

Proses heat treatment dilakukan dengan memvariasikan temperatur (100°C, 155°C dan 200°C) serta waktu tahan yang bervariasi yaitu 2, 4 dan 5 jam pada 11 benda uji. Variasi temperatur aging dan waktu tahan seperti dalam Table 1.

Tabel 1. Rancangan penelitian

No	Aging Temperature (C)	Holding Time (minutes)
1	100	150
2	150	90
3	100	30
4	200	90
5	150	90
6	150	90
7	200	30
8	150	150
9	100	90
10	200	150
11	150	30

2.2 Tahap Perlakuan Panas Pelarutan

Tahap pertama dalam proses age hardening yaitu solution heat treatment atau perlakuan panas pelarutan. Solution heat treatment yaitu pemanasan logam aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur 550°C-560°C dan dilakukan penahanan atau holding sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja [1] (Schonmetz, 1990). pada tahap solution heat treatment terjadi pelarutan fasa-fasa yang ada, menjadi larutan padat. Tujuan dari solution heat treatment itu sendiri yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen. Proses solution heat treatment dapat dijelaskan dimana logam paduan aluminium pertama kali dipanaskan dalam dapur pemanas hingga mencapai temperatur T1. Pada temperatur T1 fase logam paduan aluminium akan berupa kristal campuran dalam larutan padat. Pada temperatur T1 tsb. pemanasan ditahan beberapa saat agar didapat larutan padat yang mendekati homogeny.

Treatment solution dilakukan dengan parameter proses berupa temperature pemanasan 550°C dengan holding time selama 2 jam. Tungku furnace yang terdapat di laboratorium mekanik Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, digunakan untuk memberikan perlakuan panas pada Aluminium silikon A383.

2.3 Tahap Pengejukan Pendinginan (Quenching)

Quenching dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Pendingin dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas (505°C) ke temperatur yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan quenching adalah agar larutan padat homogen yang terbentuk pada solution heat treatment dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Pada tahap quenching akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (Super Saturated Solid Solution) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang. Pada proses quenching tidak hanya menyebabkan atom terlarut tetap ada dalam larutan, namun juga menyebabkan jumlah kekosongan atom tetap besar. Adanya kekosongan atom dalam jumlah besar dapat membantu proses difusi atom pada temperatur ruang untuk membentuk Zona-Guinier-Preston (Zona GP). Zona Guinier-Preston (Zona GP) adalah kondisi didalam paduan dimana terdapat agregasi atom padat atau pengelompokan atom padat [2].

2.4 Tahap Pengejukan Pendinginan (Quenching)

Setelah solution heat treatment dan quenching tahap selanjutnya dalam proses age hardening adalah aging atau penuaan. Penuaan buatan dilakukan pada temperature yang bervariasi yaitu 100, 150 dan 200 dengan holding time yang juga bervariasi yaitu 0.5, 1 dan 1.5 jam. Tungku yang sama dengan proses

solution treatment akan digunakan dengan setting temperature yang sesuai. Penuaan buatan (artificial aging) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di age hardening dalam keadaan panas. Artificial aging berlangsung pada temperatur antara 100°C - 200°C dan dengan lamanya waktu penahanan antara 1 sampai 24 jam [1].

Pada tahap artificial aging dalam proses age hardening dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dari proses age hardening. Salah satu variasi tersebut adalah variasi temperatur artificial aging. Temperatur artificial aging dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan paduan aluminium (150°C), di bawah temperatur pengkristalan atau di atas temperatur pengkristalan logam paduan aluminium [1]. Penuaan buatan (artificial aging) berlangsung pada suhu antara 100°C - 200°C.

2.5 Uji Kekerasan

Akan dilakukan dengan alat uji kekerasan yang tersedia di lab Mekanik PNUP. Cara pengujian Brinell dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh suatu gaya tekan secara statis ke dalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan ditiadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka diameter paling atas dari lekukan tersebut diukur secara teliti, yang kemudian dipakai untuk menentukan kekerasan logam yang diuji dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$BHN = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

dimana :

P = beban yang diberikan (KP atau Kgf)

D = diameter indentor yang digunakan

d = diameter bekas lekukan

Standar dari bola Brinell yaitu mempunyai Ø 10 mm atau 0,3937 in, dengan penyimpangan maksimal 0,005 mm atau 0,0002 in. Selain yang telah distandarkan di atas, terdapat juga bola-bola Brinell dengan diameter lebih kecil (Ø 5 mm, Ø 2,5 mm, Ø 2 mm, Ø 1,25 mm, Ø 1 mm, Ø 0,65 mm) yang juga mempunyai toleransi-toleransi tersendiri. Misalnya, untuk diameter 1 sampai dengan 3 mm adalah lebih kurang 0,0035 mm, antara 3 sampai dengan 6 mm adalah 0,004 mm, dan antara 6 sampai dengan 10 mm adalah 0,005 mm. Penggunaannya bergantung pada gaya tekan P dan jenis logam yang diuji, maka penguji harus dapat memilih diameter bola yang paling sesuai.

2.6 Uji Struktur Mikro

Uji struktur mikro akan dilakukan di Lab Material UNHAS, namun sebelumnya material akan disiapkan terlebih dahulu dengan proses grinding (dengan kertas amplas), polishing (dengan autosol) dan etching (dengan larutan HF) yang akan dilakukan di Lab Mekanik PNUP

2.1.7 Alat uji konduktivitas termal

Uji Konduktivitas termal akan dilakukan sebagai tambahan untuk memperoleh informasi terkait penggunaan material ini pada beberapa komponen otomotif dan komponen kelistrikan. Uji konduktivitas termal terdapat di laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, untuk menguji nilai konduktivitas termal spesimen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat, sejumlah percobaan telah dilakukan. Pengaturan percobaan adalah menggunakan central composites composite design (CCD) dengan total jumlah percobaan sebanyak 11 kali dengan menggunakan 2² desain faktorial dengan 3 titik pusat. Hasil percobaan pada diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kekerasan dan Konduktivitas Termal

No	Aging Temperature (C)	Holding Time (minutes)	Hardness HB	Konduktivitas Thermal W/mK
1	100	150	77.6	208.3
2	150	90	79.7	209.7
3	100	30	96.6	212
4	200	90	86.7	241.8
5	150	90	81.6	210
6	150	90	95	209
7	200	30	105.9	208.7
8	150	150	95.2	215.3
9	100	90	93.5	206.9
10	200	150	78.7	219.9
11	150	30	97.8	205.5

3.1.1 Hasil Analisa Varians dan Model Matematika Untuk Respon Kekerasan

Analisa varians (ANOVA) dilakukan untuk menunjukkan pengaruh parameter proses dalam hal ini waktu penahanan dan temperature penuaan terhadap respon berupa kekerasan. Untuk tujuan tersebut digunakan metode respon permukaan (Response Surface Method) dengan central composite design (CCD). Kecocokan model dan hasil analisa ditunjukkan pada table berikut. Hasil menunjukkan bahwa model linier adalah model yang disarankan.

Tabel 3. Statistik kecocokan model untuk kekerasan

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			

Menurut hasil ANOVA pada Tabel 4, model adalah significant karena Prob > F adalah kurang dari α (0.05) yang mengimplikasikan 95 % derajat kepercayaan (confidence interval). Hasil juga menunjukkan bahwa temperatur penuaan (A) dan waktu tahan (B) adalah faktor signifikan yang mempengaruhi kekerasan. Informasi lain bahwa tidak ada interaksi antara temperatur penuaan dan waktu tahan (A*B). Berikutnya, ketidakcocokan model (lack of fit) adalah tidak signifikan karena nilai Prob > F lebih besar dari α (0.05).

Tabel 4. Hasil ANOVA untuk Kekerasan

Response: Hardness

ANOVA for Response Surface Linear Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	399.07	2	199.53	3.25	0.0427 significant
A	2.16	1	2.16	0.035	0.8559
B	396.91	1	396.91	6.46	0.0346
Residual	491.16	8	61.40		
Lack of Fit	352.07	6	58.68	0.84	0.6317 not significant
Pure Error	139.09	2	69.54		
Cor Total	890.23	10			
Std. Dev.	7.84		R-Squared	0.4483	
Mean	89.85		Adj R-Squared	0.3103	
C.V.	8.72		Pred R-Square	0.0256	
PRESS	867.45		Adeq Precisor	4.269	

Nilai R² sebesar 0.4483 menunjukkan bahwa model adalah dapat diterima. Adequate precision juga memenuhi syarat dimana nilainya harus lebih besar dari 4. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model matematika untuk memperkirakan nilai kekerasan dapat digunakan.

Model matematika yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Hardness = 100.25 + 0.012 \times Aging\ Temp - 0.136 \times Holding\ Time \dots\dots\dots (1)$$

Kekerasan optimum diperoleh dengan mengatur ke batas nilai maksimum sesuai respon yang diinginkan. Kriteria penentuan parameter proses dimana temperature dan waktu tahan pada saat penuaan ditetapkan berada diantara nilai tertinggi dan terendah (*is in range*) sesuai rancangan percobaan sebelumnya. Kekerasan ditetapkan ke nilai maksimum (*maximize*) sesuai tujuan perlakuan panas untuk menaikkan kekerasan.

Gambar 1 menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh melalui perlakuan panas solution treatment dengan diikuti penuaan pada temperature aging tertinggi (200 °C) dengan waktu tahan terendah (0.5 jam). Gambar 2 menunjukkan nilai kekerasan yang diperoleh pada temperature 100°C (Gambar 2a) temperature 150°C (Gambar 2b) dan tempertaur 200°C (Gambar 2c).

3.1.2 Hasil Analisa Varians dan Model Matematika Untuk Respon Konduktivitas Termal

Untuk respon berupa konduktivitas termal, hasil perhitungan statistic diberikan pada table berikut dimana kecocokan model dan hasil analisa ditunjukkan pada table berikut. Hasil menunjukkan bahwa model 2FI (two factor interaction) adalah model yang disarankan.

Tabel 5. Statistik kecocokan model untuk konduktivitas termal

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			

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

Tabel 6. Hasil ANOVA untuk Kekerasan

Response: Konduktivitas Termal
ANOVA for Response Surface 2FI Model
Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Model	149.12	3	49.71	11.49	0.0043	significant
A	43.74	1	43.74	10.11	0.0155	
B	49.88	1	49.88	11.53	0.0115	
AB	55.50	1	55.50	12.83	0.0089	
Residual	30.27	7	4.32			
Lack of Fit	29.75	5	5.95	22.59	0.0529	not significant
Pure Error	0.53	2	0.26			
Cor Total	179.40	10				
Std. Dev.	2.08		R-Squared	0.8313		
Mean	210.92		Adj R-Squared	0.7589		
C.V.	0.99		Pred R-Squared	0.1856		
PRESS	146.11		Adeq Precisor	10.539		

Nilai R^2 sebesar 0.8313 menunjukkan bahwa model adalah dapat diterima. Adequate precision juga memenuhi syarat dimana nilainya harus lebih besar dari 4. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model matematika untuk memperkirakan nilai konduktivitas termal dapat digunakan.

Model matematika yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Kond.Termal = 215.26 - 0.056 \times Aging Temp - 0.138 \times Holding Time + (1.24 \times Aging Temp \times Holding Time) \dots\dots (2)$$

3.1.3 Optimasi

Optimasi bertujuan untuk mencari nilai kekerasan tertinggi berdasarkan temperatur penuaan dan waktu tahan penuaan.

Tabel 7. Pengaturan untuk optimasi parameter proses dan respon

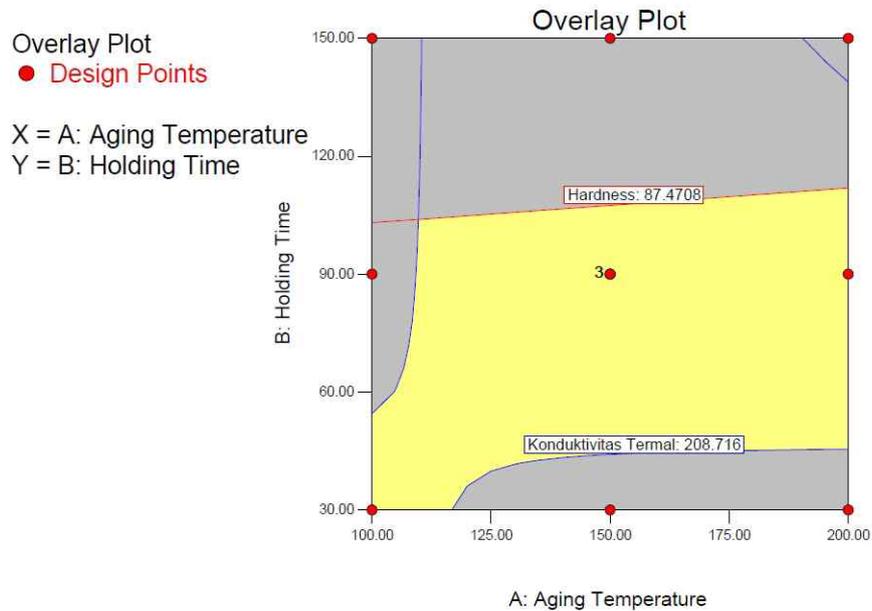
Constraints		Lower	Upper	Lower	Upper	
Name	Goal	Limit	Limit	Weight	Weight	Importance
Aging Temper	is in range	100	200	1	1	3
Holding Time	is in range	30	150	1	1	3
Hardness	maximize	80	105.9	1.09849	1	3
Konduktivitas	maximize	205.5	219.9	1	1	3

Solusi yang diperoleh untuk batasan sebagaimana tersebut diatas diperlihatkan pada Tabel 8. Terdapat 2 solusi yang memberikan nilai kekerasan terbaik yaitu dengan Temperatur penuaan 200°C dan waktu tahan 88 menit atau temperatur penuaan 100°C dengan waktu tahan 30 menit.

Tabel 8. Solusi yang memungkinkan untuk optimasi kekerasan

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

DESIGN-EXPERT Plot

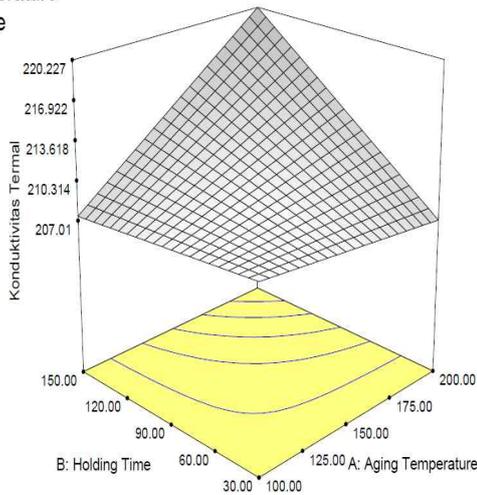


Gambar 1. Daerah kekerasan dan konduktivitas termal optimum

3.2 Pembahasan

Persamaan yang diperoleh (Persamaan 1) dapat digambarkan melalui grafik kontur dan grafik permukaan tiga dimensi (Gambar 2a dan 2b) untuk menggambarkan pengaruh temperature dan waktu aging terhadap kekerasan.

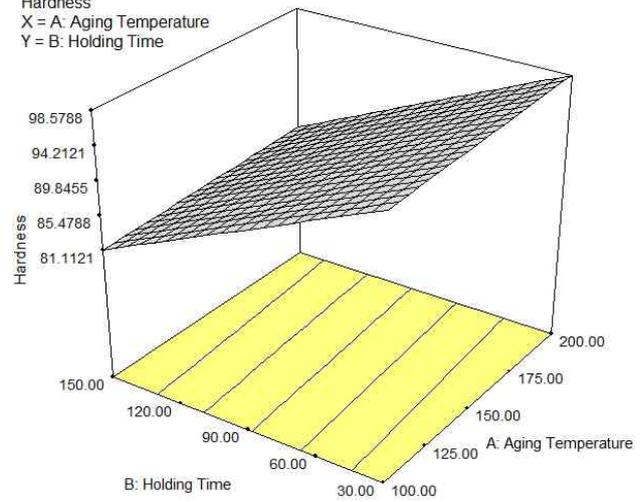
Konduktivitas Termal
 X = A: Aging Temperature
 Y = B: Holding Time



(a)

DESIGN-EXPERT Plot

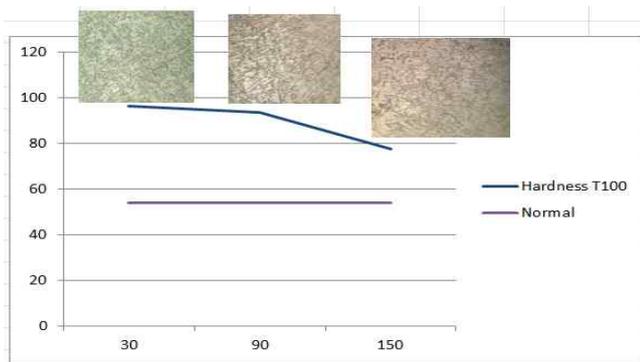
Hardness
 X = A: Aging Temperature
 Y = B: Holding Time



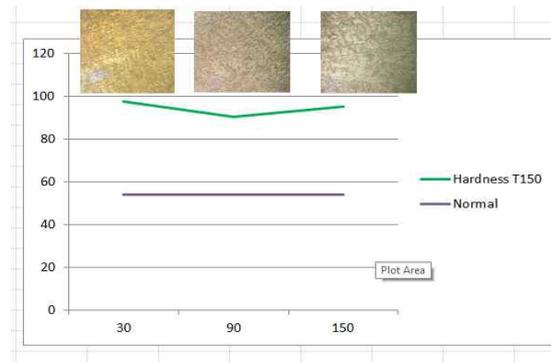
(b)

Gambar 2. (a) Grafik 3D Konduktivitas Termal dan (b) Grafik permukaan 3D untuk Kekerasan

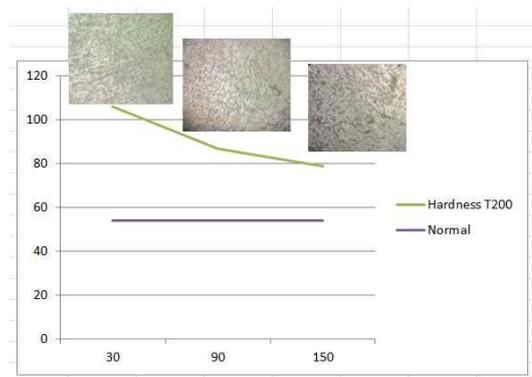
Grafik 2(b) menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh melalui perlakuan panas solution treatment dengan diikuti penuaan pada temperature aging tertinggi (175 – 200) dengan waktu tahan terendah (0.5 jam). Gambar 3 menunjukkan Nilai kekerasan yang diperoleh pada lama waktu penahanan yang berbeda. Struktur mikro masing-masing perlakuan yang berbeda diperlihatkan pada grafik. Pada Gambar 3a diperlihatkan kekerasan dan struktur mikro pada temperature penuaan 100°C. Dari grafik 3a ini terlihat bahwa kekerasan akan turun dengan makin lamanya waktu penahanan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Kekerasan berdasarkan (a) Temperatur 100 (b) Temperatur 150 dan (c) Temperatur 200 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 silikon 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 temperatur aging dari temperature rendah menuju temperature lebih tinggi menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro, dimana struktur mikro tampak lebih besar dan tebal.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan menganalisa data hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa paduan Aluminium Silikon dapat dikeraskan dengan terlebih dahulu diadakan pelakuan pelarutan (solution treatment), pencelupan didalam air (quenching) dan penuaan buatan (artificial aging). Kekerasan maksimum dicapai dengan temperatur penuaan paling tinggi (200°C) serta waktu penahanan paling rendah (30 menit). Dari hasil optimasi kekerasan terbaik yaitu dengan Temperatur penuaan 200°C dan waktu tahan 88 menit atau temperatur penuaan 100°C dengan waktu tahan 30 menit.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [2] T. Surdia, Chijiwa K. "Teknik Pengecoran Logam", Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta. (2005).
- Nader El-Bagoury; Mohamed Ramadan (2012). Heat Treatment Effect On Microstructure And Mechanical Properties Of Re-Containing Inconel 718 Alloy. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. pp. 924-930
- Nuraini, E; Martoyo; Sigit (1996) Pengaruh Suhu Dan Media Pendingin Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Perlakuan Panas ALMG2. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah*. pp 57 – 62.
- 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.
- Rasyid, S; Muas M. (2018) Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan Aluminium Adc12 Dengan Teknik Pengecoran Semi Solid (Rheocasting). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNP2M 2018)*
- Roger, N; Lumley; David Viano; John R; Griffiths; Cameron J. Davidson (2010). The Effect Of Heat Treatment On Tensile, Fatigue And Fracture Resistance Of ADC3, ADC10, And ADC12 Alloys. *Proceedings Of The 12th International Conference On Aluminium Alloys*, pp. 340-350.
- Saputro, Toga Agung; Masyrukan; A. Hariyanto (2014). Analisa Heat Treatment Pada Aluminium Magnesium Silikon (Al – Mg – Si) Dengan Silikon (Si) (1%, 3%, 5%) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- 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.