

PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA KEKERASAN DAN DAYA HANTAR LISTRIK PADUAN Al-Si-Mg

Nur Hamzah¹⁾, Ahmad Zubair Sultan¹⁾, La Ode Musa¹⁾, Andreas Pangkung¹⁾
¹⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Recently, pure aluminum metal or aluminum alloys have been widely used as conductors. With the consideration that this metal is much lighter than copper, unfortunately its strength is relatively lower. The purpose of this study was to determine the effect of heat treatment on the hardness and electrical conductivity of Al-Si-Mg (A383) alloys. Heat treatment was carried out in 2 stages, namely heat treatment of specimens subjected to solution heat treatment of 550°C with a holding time of 2 hours and then quenched in water media. Furthermore, in the second stage, the specimens were aged with artificial aging at temperatures of 100, 150 and 200°C with holding times of 30, 60 and 90 minutes. The tests carried out are the composition test, the Brinell hardness test and the electrical conductivity test. The results showed that increasing the aging temperature and the amount of silicon elements increased the hardness of aluminum. The maximum electrical conductivity condition of 0.325 mS/cm is obtained at a holding time of 150 minutes and an aging temperature of 200 °C. The optimal condition for the best hardness and electrical conductivity is an aging temperature of 200°C and holding time 88 minutes or an aging temperature of 100°C with a holding time of 30 minutes.

Keywords: *Al-Si-Mg (A383), hardness, electrical conductivity*

1. PENDAHULUAN

Pada sistem transmisi listrik tegangan tinggi umumnya digunakan konduktor dari tembaga. Meskipun memiliki daya hantar hanya sekitar 60% dari tembaga, namun belakangan ini logam aluminium murni ataupun aluminium paduan sudah banyak digunakan sebagai konduktor. Hal ini disebabkan karena pertimbangan bahwa logam ini (berat jenis 2,7 kg/dm³) jauh lebih ringan dibanding tembaga (berat jenis 8,7 kg/dm³). Dari segi kekuatan, kekuatan aluminium hanya berkisar 75% dari kekuatan tembaga, kekuatan aluminium bisa ditingkatkan melalui perlakuan panas dengan metode tertentu, namun disisi lain peningkatan kekuatan aluminium ini akan berpengaruh kepada sifat daya hantar listriknya [1].

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekerasan dan daya hantar listrik Al-Si-Mg A383 setelah proses heat treatment dengan temperatur dan waktu yang bervariasi. Di samping itu juga dilakukan mengoptimasi kekerasan dan daya hantar listrik Al-Si-Mg A383 setelah proses heat treatment.

Urgensi dari penelitian adalah untuk memberikan referensi bagi peneliti dan industri dalam menerapkan perlakuan panas yang sesuai untuk mengoptimalkan daya hantar listrik paduan aluminium, serta untuk memprediksi respon yang sesuai dalam rangka penghematan biaya dan penghematan waktu dalam rangka perlakuan panas paduan aluminium.

Sejumlah peneliti telah menerapkan metode untuk meningkatkan kekuatan aluminium. Di antaranya adalah dengan Pengerasan Regang dan Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) serta penambahan unsur-unsur lain ke dalam aluminium, seperti tembaga, mangan, silisium, magnesium, seng, nikel dan lain-lain. Aluminium dengan penambahan unsur-unsur lain ini disebut Aluminium Paduan. Salah satu jenis Aluminium Paduan adalah Paduan Aluminium Silikon Magnesium (Al-Si-Mg) [2]. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya, yang dapat mengubah sifat-sifat paduan aluminium [3].

Paduan yang diberi perlakuan pelarutan (solution heat treatment), quenching, dan aging dinamakan Silumin α , dan yang hanya mendapat perlakuan aging saja dinamakan silumin β Paduan Al-Si yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas. Bahan paduan ini biasa dipakai untuk torak motor [4]. Penelitian terkait rekayasa proses antara pengecoran dengan berbagai metode telah dilaksanakan oleh beberapa peneliti di Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) diantaranya paduan Aluminium Adc12 [5], pengelasan paduan aluminium [6] dan perlakuan panas paduan Aluminium A383 [7].

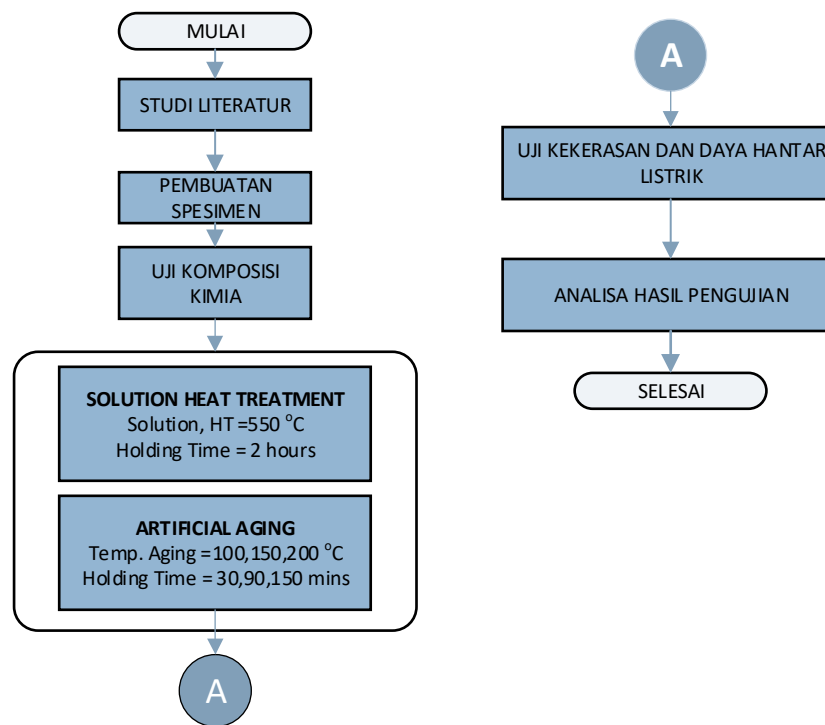
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di bengkel dan laboratorium mekanik PNUP. Mulai dari persiapan material, perlakuan panas dan proses grinding dan polishing untuk pengamatan struktur mikro. Untuk pengambilan

¹ Korespondensi penulis: Nur Hamzah, Telp 081342532295, hamzah_said@poliupg.ac.id

gambar struktur mikro dan karakterisasi material dilakukan di laboratorium bahan Universitas Hasanuddin (UNHAS). Pengujian daya hantar listrik dilakukan pada Laboratorium Teknik Kimia PNUP. Adapun tahapan penelitian ini ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 1.

Tahapan Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pembuatan Spesimen Uji

Karakterisasi pengujian laboratorium dilakukan 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 disediakan sebanyak 12, yaitu 11 sampel sesuai metode central composite design (CCD) dari desain eksperimen yang sudah dirancang serta 1 sampel referensi tanpa perlakuan. Proses perlakuan panas (heat treatment) dilakukan dengan memvariasikan temperatur (100, 150 dan 200 °C) serta waktu tahan yang bervariasi yaitu 30, 90 dan 150 menit pada 11 benda uji.

Treatment Solution

Treatment solution dilakukan dengan parameter proses berupa temperatur pemanasan 550 °C dengan holding time selama 2 jam [8]. Selanjutnya dilakukan pencelupan dengan media air. Tungku furnace yang terdapat di laboratorium mekanik Teknik Mesin PNUP, digunakan untuk memberikan perlakuan panas pada Aluminium silikon A383.

Artificial Aging

Penuaan buatan dilakukan pada temperature yang bervariasi yaitu 100, 150 dan 200 °C dengan holding time yang juga bervariasi yaitu 30, 90 dan 150 menit. Tungku yang sama dengan proses solution treatment akan digunakan dengan setting temperature yang sesuai.

Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat uji kekerasan yang tersedia pada lab Mekanik PNUP. Setelah dilakukan Solution heat treatment dan aging pada specimen, selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kekerasan yang dialami specimen setelah perlakuan panas tersebut, Uji kekerasan ini dilakukan dengan metode Brinell (HB10) dengan penetrator berbentuk bola

berdiameter 2,5mm dan pembebanan 613N, sebelum dilakukan pengujian kekerasan permukaan specimen diratakan dan dihaluskan terlebih dahulu menggunakan amplas.

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 NaOH) yang akan dilakukan di Lab Mekanik PNUP.

Alat Uji Daya Hantar Listrik

Uji daya hantar listrik akan dilakukan sebagai tambahan untuk memperoleh informasi terkait penggunaan material ini pada beberapa komponen otomotif dan komponen kelistrikan. Uji daya hantar Listrik terdapat di laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, untuk menguji nilai daya hantar listrik specimen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia

Tujuan dari Uji Komposisi Kimia adalah untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat pada sampel. Pengujian Komposisi Kimia ini dilakukan di Laboratorium MIPA UNHAS, Makassar. Uji komposisi kimia ini menggunakan metode XRF. Data-data yang diperoleh dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Kimia Aluminium A383

| Elemen | Al | Si | Cu | Fe | Mn |
|--------|-------|-------|------|------|-------|
| m/m% | 73,30 | 22,08 | 2,07 | 1,28 | 0,486 |

Data Kekerasan dan Daya Hantar Listrik

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 dan 4 titik sisi. Hasil percobaan pada diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Percobaan Kekerasan dan Daya Hantar Listrik dengan variasi temperatur penahanan dan waktu penuaan.

| No | Aging Temperature (AG) (°C) | Holding Time (HT) (menit) | Kekerasan (H) HB | Daya Hantar Listrik (DHL) (mS/cm) |
|----|-----------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 1 | 100 | 30 | 96.6 | 0.307 |
| 2 | 100 | 90 | 93.5 | 0.296 |
| 3 | 100 | 150 | 77.6 | 0.299 |
| 4 | 150 | 30 | 97.8 | 0.293 |
| 5 | 150 | 90 | 79.7 | 0.303 |
| 6 | 150 | 90 | 95.0 | 0.302 |
| 7 | 150 | 90 | 81.6 | 0.301 |
| 8 | 150 | 150 | 95.2 | 0.314 |
| 9 | 200 | 30 | 105.9 | 0.300 |
| 10 | 200 | 90 | 86.7 | 0.313 |
| 11 | 200 | 150 | 78.7 | 0.324 |

Hasil Analisa

Setelah memperoleh data nilai kekerasan dan daya hantar listrik, selanjutnya data diolah menggunakan *software design expert*, untuk mengetahui keterkaitan antara temperatur penuaan dan waktu penahanan dengan nilai kekerasan dan daya hantar listrik.

Hasil analisa varans dan Model Matematika Kekerasan dan Daya Hantar Listrik

Analisa varians (ANOVA) dilakukan untuk menunjukkan pengaruh parameter proses dalam hal ini waktu penahanan dan temperature penuaan terhadap respon berupa kekerasan dan daya hantar listrik. Untuk tujuan tersebut digunakan metode respon permukaan (*Response Surface Method*) dengan *central composite design* (CCD). Model matematis untuk kekerasan dan daya hantar listrik, masing-masing diberikan pada persamaan (1) dan (2). Hubungan antara waktu penahan dan temperatur penuaan terhadap kekerasan dan daya hantar listrik diperlihatkan pada Gambar 2.

$$H = 100.25 + 0.012 \times AG - 0.136 \times HT \quad (1)$$

$$DHL = 0.31398 - 1.233 \times 10^{-4} \times AG - 2.97222 \times 10^{-4} \times HT + 2.97222 \times 10^{-6} \times AG \times HT \quad (2)$$

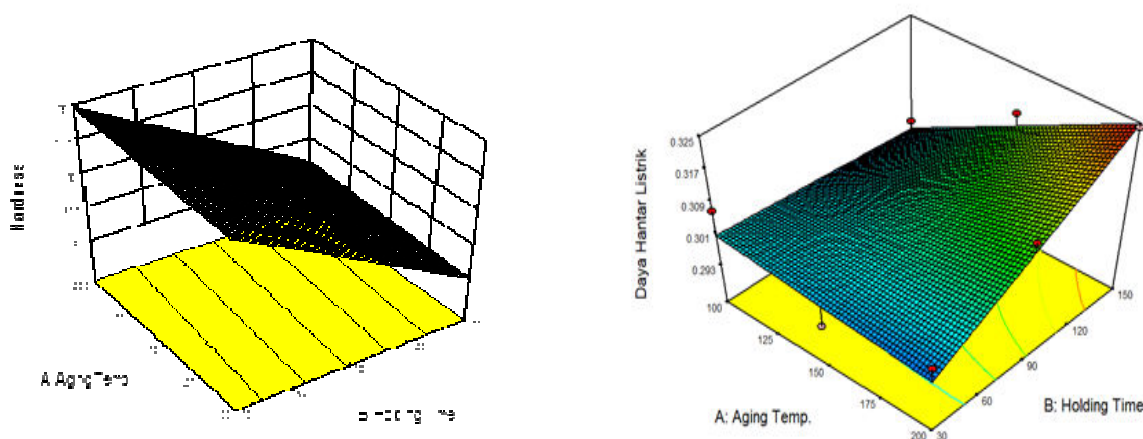
dimana :

AG = Temperatur penuaan (°C)

HT = Waktu penahanan (menit)

H = Kekerasan (HB)

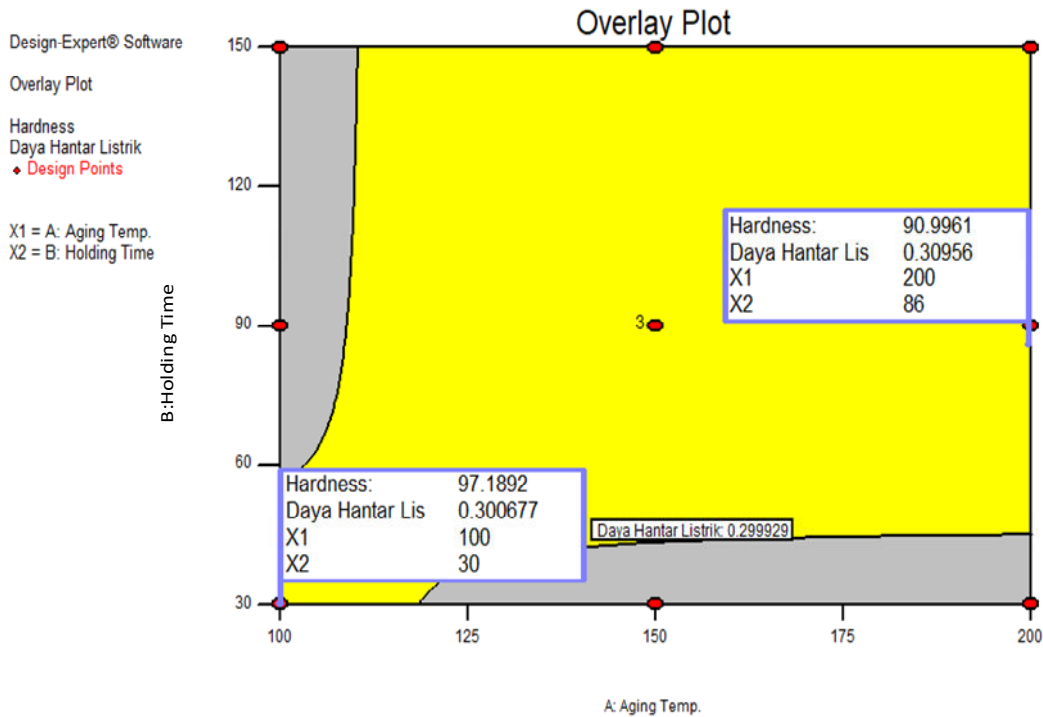
DHL = Daya Hantar Listrik (mS/cm)



Gambar 2 Hubungan kekerasan dan daya hantar listrik terhadap holding time dan aging temperature

Optimasi

Optimasi bertujuan untuk mencari nilai kekerasan dan daya hantar tertinggi berdasarkan temperatur penuaan dan waktu tahan penuaan. Hasil keluaran dari Design Expert menunjukkan bahwa terdapat 5 solusi yang memberikan nilai kekerasan terbaik, dua di antaranya adalah temperatur penuaan 200°C dan waktu tahan 100 menit atau temperatur penuaan 100°C dengan waktu tahan 30 menit. Gambar 3 menunjukkan daerah optimum (area kuning) untuk kekerasan, sementara daya hantar listrik diperoleh 0,3129 mS/cm pada kondisi aging temperature 200 °C dan Holding Time 100 menit.



Gambar 3 Daerah kekerasan dan daya hantar listrik optimum

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa data, maka disimpulkan sebagai berikut:

Paduan Aluminium Silikon A383 memiliki unsur aluminium 73.30 % dan Silikon 22.08%. Kekerasan terbesar diperoleh pada suhu aging 200 oC dengan waktu 30 menit dengan nilai kekerasan 105,9 HB. Penambahan suhu aging dan jumlah unsur silicon meningkatkan kekerasan aluminium. Kondisi maksimum daya hantar listrik 0,325 mS/cm diperoleh pada waktu tahan 150 menit dan Temperatur penuaan 200 °C. 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

- [1] A.H. Suhartono, “Analisa Keandalan Mekanik Kabel Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi” Jurnal Sains dan Teknologi, Vol. 6 No 2. p. 23-31 (Agustus 2004)
- [2] S.H.Avner. Introduction to Physical Metallurgy. New York: McGraw-Hill Inc., 2004
- [3] W.D. Callister. Fundamentals of Materials Science and Engineering, New York: John Wiley & Sons, Inc., 2012
- [4] T. Surdia and Chijiwa K. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta:PT. Pradnya Paramita, 2005.
- [5] S. Rasyid and M.Muas “Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan Aluminium Adc12 Dengan Teknik Pengecoran Semi Solid (Rheocasting)”. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNP2M 2018),2018, 2-3 November 2019.
- [6] R. Nur, Muhammad Arsyad Suyuti dan Ahmad Zubair Sultan. Mechanical Properties On Friction Stir Welding of Aluminum Alloy 5052. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol 12 No 15.2017

- [7] Ahmad Zubair Sultan dan Nur Hamzah. (2019) “Pengaruh Solution Treatment Dan Artificial Aging Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Paduan Aluminium A383”. Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat 2019. (SNP2M 2019). 2019, 2-3 November 2019.
- [8] A. Schonmetz and K. Gruber. 1995. Pengetahuan bahan dalam pengerjaan logam. Bandung:Angkasa, 1995

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Padang atas pembiayaan yang telah diberikan melalui Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Penugasan Nomor : B/40/PL10.13/PT.01.05/2020, tanggal 13 April 2020. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh staf teknisi dan PLP pada Laboratorium Mekanik PNUP, Laboratorium Material UNHAS dan Laboratorium Teknik Kimia PNUP atas segala bantuannya dalam menyiapkan dan menguji spesimen kami.