

## PENGARUH WAKTU PENUAAN TIRUAN TERHADAP KEKERASAN PADUAN Al-10Si-3Cu

Muhammad Syahid<sup>1\*</sup>, Hairul Arsyad<sup>1</sup>, Abdul Fatah Rozali<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Tamalanrea Makassar

<sup>2</sup>Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Tamalanrea Makassar

email: \*syahid@unhas.ac.id

### ABSTRACT

*Paduan Al-Si adalah salah satu paduan yang banyak digunakan dalam industri karena memiliki mampu cor yang baik dan kekuatan yang baik. Untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya dapat ditambahkan paduan Cu yang bisa dilakupanaskan. Paduan Al-10Si-Cu adalah salah satu paduan yang umum digunakan di industri terutama industri otomotif karena memiliki kekuatan mekanik yang baik. Penelitian ini difokuskan untuk melihat pengaruh waktu penuaan tiruan pada perlakuan panas T6 untuk meningkatkan kekerasan paduan Al-10Si-3Cu hasil pengecoran. Laku pelarutan dilakukan pada temperatur 520 °C selama 2 jam kemudian diquenching di air dan selanjutnya dilakukan penuaan tiruan yang dilakukan pada temperature 130°C dengan waktu penuaan yang bervariasi dari 5 menit-120 jam. Karakterisasi material dilakukan pengujian kekerasan, uji tarik, pengamatan struktur mikro dengan mikroskop optik. Kekerasan tertinggi diperoleh dengan waktu penahanan 80 jam yaitu 86,05 BHN dimana presipitat CuAl<sub>2</sub> mengalami kondisi optimum. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada waktu penahanan 80 jam yaitu 335,063 MPa dengan nilai regangan 1,133 %. Nilai regangan yang rendah menunjukkan pada kondisi ini sudah mulai terjadi over ageing sehingga penggetasan sudah mulai terjadi.*

*Kata Kunci: perlakuan panas, aluminium, Al-10Si, penuaan tiruan*

### PENDAHULUAN

Paduan aluminium yang banyak digunakan di industri dan karena memiliki sifat mekanik yang baik, mampu cor yang baik, ringan dan tahan korosi. Untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya, aluminium dapat ditambahkan dengan unsur Cu, Mg, Si, Mn, dan sebagainya. Hal ini juga memberikan sifat-sifat seperti ketahanan aus, koefisien muai rendah dan lain sebagainya. Penambahan paduan selain bertujuan menambah kekuatan mekanik secara langsung dengan terbentuknya fasa kedua, juga dapat ditingkatkan lagi sifat mekaniknya dengan perlakuan panas jika paduan yang ditambahkan dapat dilakupanaskan.

Paduan Al-Si adalah salah satu paduan yang banyak digunakan dalam industri karena memiliki mampu cor yang baik dan kekuatan yang baik. Namun untuk lebih meningkatkan kekuatan mekaniknya dapat ditambahkan paduan yang bisa dilakupanaskan. Dengan proses perlakuan panas dapat meningkatkan kekuatan paduan logam sampai 30%. Paduan yang bisa ditambahkan yaitu Mg, Zn dan Cu. Paduan Al-10Si-Cu adalah salah satu paduan yang umum digunakan di industri terutama industri otomotif karena memiliki kekuatan mekanik yang baik.

Perlakuan panas (heat treatment) pada aluminium meliputi proses laku pelarutan (*solution treatment*), quenching (pelarutan), dan aging (penuaan). Pada proses laku pelarutan,

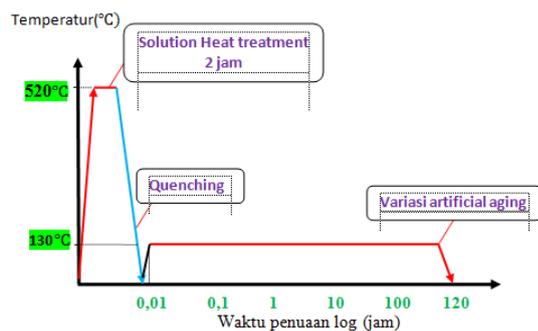
diharapkan fasa kedua yang terdapat pada material larut dalam butir, dan pada proses penuaan diharapkan tumbuh presipitat yang dapat meningkatkan kekerasan. Kekerasan optimum dapat diperoleh dalam waktu tertentu sesuai dengan temperatur penuaan yang dilakukan. Setiap paduan memiliki karakteristik tersendiri dalam respon perlakuan panas tersebut sehingga diperlukannya analisis respon perlakuan penambahan paduan tertentu untuk menentukan waktu peak atau lama penuaan yang dibutuhkan untuk mendapatkan kekerasan dan kekuatan yang paling optimal. 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 di dalam paduan di mana terdapat agregasi atom padat atau pengelompokan atom padat.

Guinier menamakan zona GP yang terbentuk pada tahap mula dengan GP [1]. Dan selanjutnya juga ditemukan” dengan arah yang teratur, oleh Silcock dan kawan-kawan menamakannya GP [2]. Zona GP pada umumnya terbentuk pada tahap mula dari penuaan (*aging*) dalam bentuk plat, spherular atau bentuk asirkular. Zona GP tersebut dapat ditemukan dalam logam paduan Aluminium seperti Al-Ag, Al-Zn, Al-Cu-Mg, Al-Mg, Al-Mg<sub>2</sub>Si. Jika agregat atau zona GP

timbul maka paduan tersebut menjadi keras tetapi konstanta kisi dari fasa induk sukar berubah.

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini difokuskan untuk melihat pengaruh proses perlakuan panas dengan penuaan tiruan untuk meningkatkan kekerasan paduan Al-10Si-3Cu hasil pengecoran. Penelitian ini menggunakan paduan aluminium Al-10Si hasil pengecoran dengan penambahan Cu 3 (wt %) menggunakan cetakan logam. Spesimen uji kekerasan berdimensi (50 mm x 20 mm x 5 mm) dan untuk spesimen Uji Tarik sesuai standart ASTM E-8. Laku pelarutan dilakukan pada temperatur 530 °C selama 2 jam setelah itu di celupkan di air dan selanjutnya dilakukan penuaan tiruan yang dilakukan pada temperature 130 °C dengan waktu penuaan yang bervariasi dari 5 menit-120 jam seperti pada Gambar 1. Karakterisasi material dilakukan melalui berbagai pengujian. Pada material hasil perlakuan panas dilakukan pengujian kekerasan, uji tarik, pengamatan struktur mikro dengan Mikroskop Optik.



Gambar 1. Perlakuan panas T6

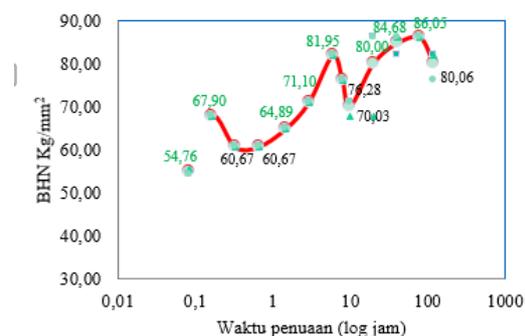
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh waktu penuaan terhadap kekerasan

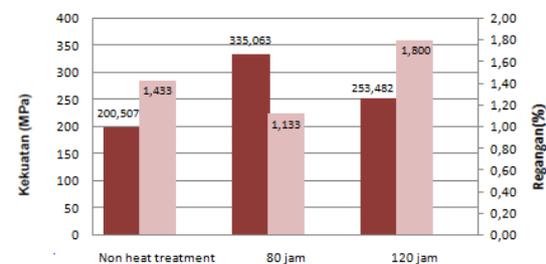
Pengaruh waktu penuaan terhadap kekerasan paduan Al10Si3Cu dapat dilihat pada gambar 2. Pada 5 menit dan 10 menit terjadi penambahan kekerasan yaitu 54,76 dan 67,90 kg/mm<sup>2</sup>, Pada waktu penahanan 20 menit terjadi penurunan kekerasan dari yang sebelumnya 67,90 kg/mm<sup>2</sup> menjadi 60,67 kg/mm<sup>2</sup>, ini bisa terjadi karena spesimen mengalami fasa metastabil dimana partikel precipitate masih sangat halus dan kecil sehingga pengerasan belum sepenuhnya terjadi. Tetapi dengan seiringnya waktu penahanan 90 menit, 3 jam 6 jam, mulai terjadi peningkatan kekerasan berturut-turut hingga mencapai HBN 81,95 kg/mm<sup>2</sup>, ini dikarenakan pada tahap ini ini terjadi peristiwa berpindahnya atom untuk mengisi kekosongan atom (difusi) pada larutan padat lewat jenuh, peristiwa ini disebut juga pengerasan tahap pertama. Saat waktu penahan diperpanjang terjadi

penurunan nilai kekerasan di waktu penahanan 8 jam, dan 10 jam.

Hal ini di indikasikan bisa terjadi karena spesimen mengalami fasa kritis dimana kondisi didalam paduan terdapat agregasi atom, dan pada kasus ini precipitate terbentuk yang nantinya hanya menghambat pergerakan disklokasi dimana penguatan logam paduan akan keras dan tak berlangsung lama dan penguatan precipitate tidak optimal yang menyebabkan nilai kekerasan menurun namun dengan seiringnya waktu penahanan 20 jam, 40 jam 80 jam, mulai terjadi peningkatan kekerasan berturut-turut. Pada waktu penuaan tiruan 80 jam diperoleh kekerasan yang paling optimum yaitu 86,05 BHN, hal ini terjadi karena mulai masuk di Zona GP 2 atau terbentuk fasa  $\Theta''$ , dimana ukuran partikel precipitate CuAl<sub>2</sub> telah terbentuk secara optimal sehingga mampu menghambat pergerakan disklokasi dan menyebabkan paduan menjadi lebih keras. Pada saat waktu penuaan tiruan diperpanjang sampai pada 120 jam kekerasan paduan mulai menurun, pada titik ini diindikasikan terjadi fasa  $\Theta$  dimana pertumbuhan precipitate menjadi lebih kasar sehingga hambatan terhadap dislokasi menjadi kurang dan kekerasan paduan menjadi turun.



Gambar 2. Pengaruh waktu penuaan tiruan terhadap kekerasan paduan Al-10Si-3Cu dengan temperature penuaan 130 °C.

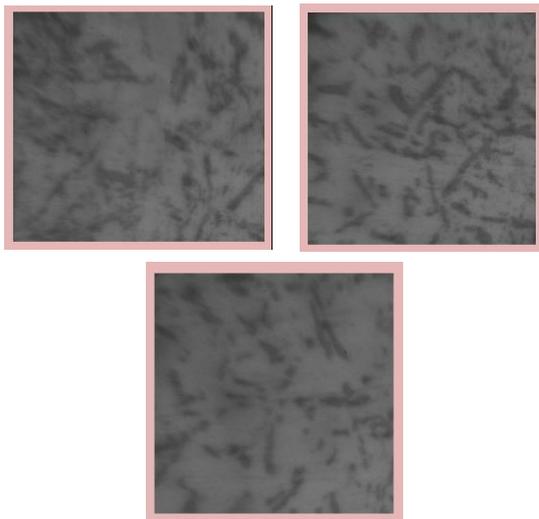


Gambar 3. Perbandingan kekuatan tarik dan regangan paduan Al-10Si-3Cu ascast, waktu penuaan 80 jam dan waktu penuaan 120 jam

Pada Gambar 3 menunjukkan perbandingan kekuatan tarik dan regangan material antara kondisi tanpa perlakuan panas, kondisi peak (80 jam) dan *over aging* (120 jam). Tegangan tarik minimum terjadi pada specimen tanpa perlakuan panas yaitu sebesar tegangan 200,507 MPa. Tegangan tarik optimal terjadi pada aging di 80 jam dimana besarnya tegangan maksimum 335,063 MPa. Pada Gambar 3 juga menunjukkan perbandingan regangan, pada waktu penuaan 80 jam memiliki nilai regangan rata-rata yang paling rendah yaitu 1,133 %. Nilai ini memerlukan validasi lebih lanjut karena jumlah sample hanya 3 dan deviasi yang tinggi.

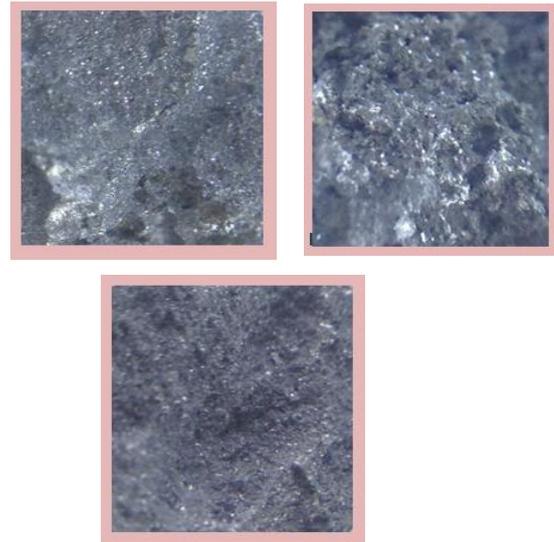
#### Struktur mikro dan Permukaan Patahan

Perbandingan foto struktur mikro paduan Al-10Si-3Cu kondisi as cast, waktu penuaan 80 jam dan 120 jam. Tidak terlihat perbedaan yang mendasar pada ketiga specimen. Hal ini disebabkan proses perlakuan panas tidak mengubah ukuran dan bentuk Si eutektik dan ukuran butir. Pertumbuhan presipitat dalam matriks tidak bisa dideteksi dengan mikroskop optik karena memiliki ukuran nano.



Gambar 4. Perbandingan struktur mikro paduan Al-10Si-3Cu as cast, waktu penuaan 80 jam dan waktu penuaan 120 jam

Pada Gambar 5 terlihat perbandingan permukaan patahan paduan Al-10Si-3Cu kondisi as cast, waktu penuaan 80 jam dan 120 jam, permukaan patahan pada kondisi penuaan 80 jam menunjukkan permukaan yang lebih rata yang menunjukkan bahwa material tersebut lebih getas, demikian juga dengan pada kondisi penuaan 120 jam. Oleh karena itu kondisi optimum waktu penahanan bisa terjadi pada 8 jam atau 16 jam, namun masih membutuhkan analisis lebih lanjut.



Gambar 5. Perbandingan permukaan patahan paduan Al-10Si-3Cu as cast, waktu penuaan 80 jam dan waktu penuaan 120 jam

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekerasan tertinggi diperoleh dengan waktu penahanan 80 jam yaitu 86,05 BHN dimana presipitat  $\text{CuAl}_2$  mengalami kondisi optimum.
2. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada waktu penahanan 80 jam yaitu 335,063 MPa dengan nilai regangan 1,133 %. Nilai regangan yang rendah menunjukkan pada kondisi ini sudah mulai terjadi over ageing sehingga penggetasan sudah mulai terjadi

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dieter E. George, 1988 “*Mechanical Metallurgy*”, McGraw-Hill Book Company
- [2] J. Gilbert Kaufman, Elwin L. Rooy. 2004. “*ASM International Aluminium Alloy Casting's: Properties, Processes, and Applications*”.
- [3] R.F smallman, R. J bishop edisi keenam. “*Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*”
- [4] Haryanto., Didik., 2006. “*Pengaruh Artificial Aging T6 terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Aluminium Tuang*”. Teknik mesin. Fakultas teknik, Universitas Negeri Semarang
- [5] Muhammad Syahid, Bondan T.Sofyan, Singgih Giri Basuki, Bayu Adam, 2013, “*Characterization of Al-7Si-Mg-Cu Alloy Radial Inflow Turbine Blade produced by Investment Casting*”, *Advances Material Research*, vol.789, 2013, pp 324-329

- [6] Zang jin-xin, Zhang kun, Dai Sheng-long, 2012, “*Precipitation Behavior and Properties of a New High Strength Al-Zn-Mg-Cu alloy*”, Tran. Nonferrous Met. Soc. China, Vol. 22, 2012, pp. 2638-2644
- [7] Kusumawardani, J, 2008, “*Response ageing of Al-2Cu-9Si with the addition of Al-Ti grain refining powder 0.027 wt. % Titanium*”, Final Project, Universitas Indonesia