

Analisis Struktur Mikro dan Kekerasan Paduan Aluminium ADC12 Hasil Proses Pengecoran Semi Solid dengan Proses Perlakuan Panas

Syahrudin R.¹, Muas M.², Ferdian Rosyid³ dan Nursyam Musfirah^{3*}

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia Makassar 90245, Indonesia
*email: nursyam.musfirah@gmail.com

Abstract: *This research aims to analyze the effect of providing additional heat treatment and artificial aging with variations in temperature of quenching and variations in aging time of ADC12 semi-solid casting result which include hardness and microstructure values. The Selected quenching temperature variations are 10°C, 30°C and 50°C. While the aging time variations are 0 h, 1 h, 3 h, 5 h, 7 h, 9 h, 11 h and 13 h. The tests carried out are hardness testing as well as microstructure that will be used to calculate the grain size values and structural density. The highest hardness value was at 180°C, 10°C cooling media variation with 5 h aging time is 83.10 HB. While the smallest grain size value was at the temperature of 10°C cooling media with an aging time of 5 h is 42.797 μm . The optimal value lies at a temperature of 10°C with an aging time of 5 h resulting hardness 83.7911 HB, the average of grain size is 13.5995 μm and the grain density value is 0.8892 with desirability reaching 0.920.*

Keywords: *ADC12, Semi Solid, Heat Treatment and Aging.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pemberian tambahan perlakuan panas dan penuaan buatan dengan variasi suhu media pendinginan cepat dan variasi waktu penuaan paduan Al-Si hasil pengecoran semi-solid yang meliputi nilai kekerasan dan struktur mikro. Variasi suhu media pendingin sebesar 10°C, 30°C dan 50°C. Sedangkan variasi waktu penuaan yaitu mulai dari 0 jam, 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, 9 jam, 11 jam dan 13 jam. Pengujian yang dilakukan yakni uji kekerasan serta struktur mikro yang akan digunakan untuk menghitung rata-rata ukuran butir dan kerapatannya. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada suhu 180°C, variasi media pendingin 10°C dengan waktu penuaan selama 5 jam sebesar 83.10 HB. Sedangkan nilai ukuran butir terkecil pada suhu media pendingin 10°C dengan waktu penuaan 5 jam yakni sebesar 42.797 μm . Nilai optimal terletak pada suhu media pendingin 10°C dan waktu penuaan 5 jam, menghasilkan kekerasan 83.7911 HB, rata-rata ukuran butir 13.5995 μm dan nilai kerapatan/kepadatan butir 0.8892 dengan desirability mencapai 0.920.

Kata kunci: ADC12, Semi Solid, Perlakuan Panas dan Aging

I. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan salah satu logam ringan yang paling banyak digunakan dalam kehidupan manusia karena memiliki banyak sifat baik. Sifat baik aluminium dapat semakin ditingkatkan jika dipadukan dengan unsur lain sesuai dengan jenis dan kadar unsur yang tepat. Salah satu paduan aluminium yang paling banyak diteliti adalah *Aluminium Die Casting 12 (ADC12)*. ADC12 adalah salah satu jenis paduan Al-12%Si dengan penambahan unsur Cu, Fe, Mn, Mg, Zn, Ti, Cr, Ni, Pb, dan Sn. Unsur silikon pada paduan ADC12 sangat dekat dengan titik eutektik pada diagram fasa Al-Si dan daerah 2 fasa cair dan padat sangat tipis [1]. Pemanfaatan paduan aluminium juga diikuti oleh pengembangan dibidang teknologi prosesnya. Salah satu contoh teknologi prosesnya yaitu proses *semi-solid forming rheocasting* yang juga telah diteliti dalam penelitian sebelumnya [2-7]. Penelitian dilakukan guna meningkatkan kekerasan dan kekuatan bahan aluminium.

Proses rekayasa tambahan guna meningkatkan kekuatan bahan aluminium paduan yang telah melalui proses *semi-solid forming rheocasting* juga sudah dilakukan oleh peneliti dibidang ini. Proses tambahan itu diantaranya dengan melakukan pemberian perlakuan panas (penuaan buatan) pada material hasil proses. Proses pemberian perlakuan panas pada aluminium dilakukan dengan memanaskan aluminium sampai terbentuk fase tunggal yang kemudian ditahan pada suhu tertentu selama beberapa waktu dan dilanjutkan dengan pendinginan cepat hingga tidak sempat beralih ke fase

lain. Setelah proses pendinginan dilakukan pemberian panas lanjutan kemudian di tahan dalam jangka waktu tertentu di bawah temperatur *solvus* dan dilanjutkan dengan pendinginan lambat di udara maka disebut dengan penuaan buatan [8]. Apabila suhu *aging* terlalu tinggi dan waktu *aging* terlalu lama, maka partikel akan membesar dan efek penguatan kemudian akan menurun bahkan menghilang sama sekali [9].

Penambahan perlakuan panas pada paduan aluminium digunakan untuk meningkatkan sifat mekanis bahan dengan memanfaatkan mekanisme penguatan presipitasi pada saat proses pemanasan dan pendinginan [10]. Proses perlakuan panas meliputi pemberian panas pada ADC12 dalam batas suhu tertentu, kemudian suhu tersebut dipertahankan hingga proses pendinginan pada saat yang sudah ditentukan pula. Proses perlakuan panas ini diharapkan akan meningkatkan keuletan aluminium, meningkatkan kekerasan bahan, menghaluskan butir kristal, menghilangkan tegangan internal, serta meningkatkan tegangan tarik pada paduan aluminium ini.

Proses perlakuan panas pada bahan ADC12 telah diteliti dengan menggunakan metode *Gas Induced Semi-Solid* (GISS), sehingga masih sangat dimungkinkan dilakukan penelitian dengan penambahan perlakuan yang sama dengan variabel uji berbeda pada benda uji (material ADC12) yang berbeda dengan metode proses pengecoran semi-solid menggunakan pengaduk mekanik [10].

Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh pemberian perlakuan panas terhadap tingkat kekerasan dan penampakan struktur mikro pada aluminium ADC12 hasil pengecoran *semi-solid forming* dengan menambahkan beberapa variabel pengujian.

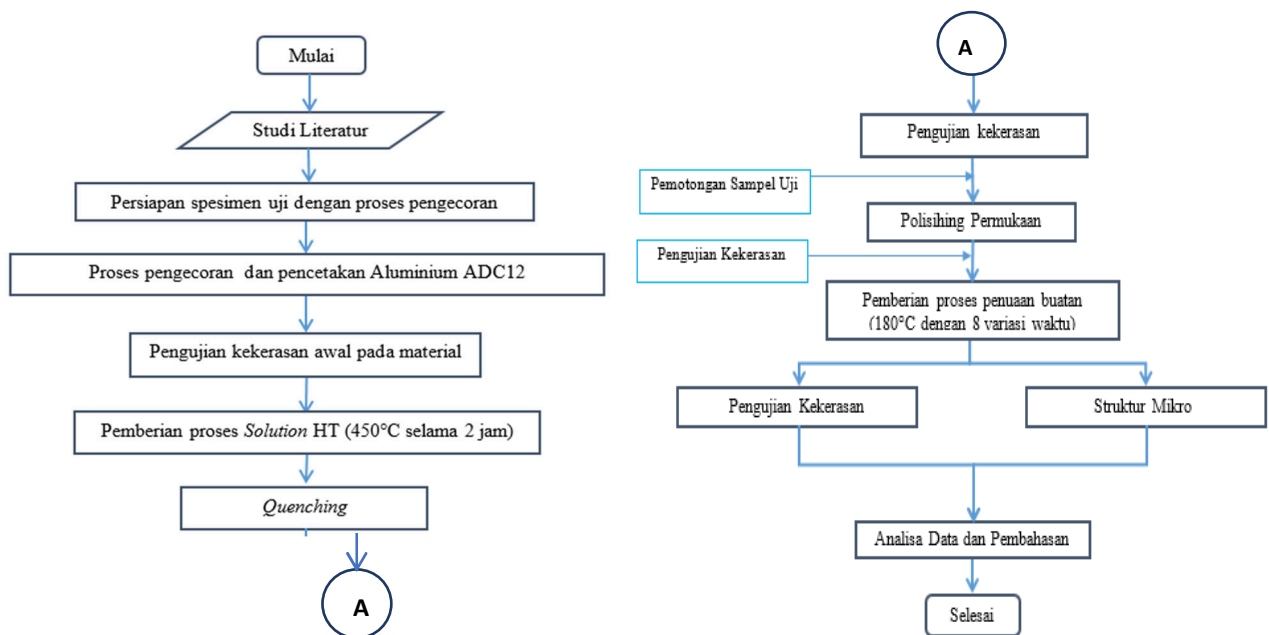
II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Laboratorium Geologi Universitas Hasanuddin dalam waktu 6 bulan.

B. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Studi literatur digunakan untuk menentukan ketepatan penentuan variabel pada setiap parameter pengujian, diantaranya suhu *solution HT* (°C), variasi suhu *quenching* (°C), variasi waktu penuaan buatan (jam), metode pengujian kekerasan (HB), metode pengambilan gambar struktur mikro kemudian dilakukan pengukuran kepadatan dan kerapatan butir sampel uji dengan bantuan aplikasi *Image J* versi 153 *win-java8* dan metode analisis data hasil pengujian. Data-data hasil pengujian yang telah didapatkan kemudian dijelaskan secara deskriptif. Setelah semua ditentukan maka penelitian dilaksanakan, pengolahan data dan analisis serta penarikan kesimpulan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian kekerasan pada aluminium paduan ADC12 dengan pemberian perlakuan panas serta penuaan buatan (*aging*) dapat dilihat pada Tabel 1-5.

Tabel 1 Nilai Kekerasan Aluminium ADC12 Setelah Pengecoran

Metode Uji Kekerasan	No	Data Uji					Rata-Rata
		I	II	III	I	II	
HB10 Ø2,5 613N	Sisi 1	73.3	73.5	65.2	74.5	76.7	71.76
	Sisi 2	70	67.9	73.3	73	65.1	
	Sisi 3	70.7	74.2	71.5	76.7	70.9	

Tabel 2 Nilai Kekerasan Untuk Aluminium ADC12 Setelah Solution HT

Metode Uji Kekerasan	No	Data Uji					Rata-Rata
		I	II	III	IV	V	
HB10 Ø2,5 613N	Sisi 1	67.10	68.20	70.80	74.40	70.80	74.61
	Sisi 2	74.60	71.40	78.20	77.00	76.10	
	Sisi 3	77.90	74.90	76.10	80.90	80.70	

Tabel 3 Nilai Kekerasan Paduan Aluminium ADC12 dengan Variasi Suhu Media Pendingin (Setelah Quenching)

Metode Uji Kekerasan	Suhu Pendingin	No	Data Uji					Rata-Rata
			I	II	III	IV	V	
HB10 Ø2,5 613N	10°C	Sisi 1	70.30	72.70	65.10	67.80	58.10	67.35
		Sisi 2	60.90	69.70	59.30	61.60	71.50	
		Sisi 3	72.10	72.10	73.60	72.00	63.50	
	30°C	Sisi 1	71.30	71.70	70.40	73.80	68.50	72.23
		Sisi 2	73.20	72.10	62.40	68.00	76.20	
		Sisi 3	75.90	80.50	77.00	71.30	71.10	
	50°C	Sisi 1	59.50	72.00	70.40	57.70	66.20	68.93
		Sisi 2	61.00	81.20	70.80	72.00	69.90	
		Sisi 3	67.50	67.50	70.70	77.30	70.30	

Tabel 4 Perbandingan Nilai Kekerasan Rata-rata Sampel Uji

Variasi Waktu Aging	Data Uji Rata-rata Kekerasan "A"	Data Uji Rata-rata Kekerasan "B"	Data Uji Rata-rata Kekerasan "C"
0	62.33	70.11	72.23
1	68.04	73.15	69.09
3	80.90	72.69	79.30
5	83.10	79.00	81.90
7	75.40	78.20	76.70
9	78.19	75.57	78.94
11	76.03	75.13	74.40
13	61.13	75.70	72.90

Keterangan:

Kode "A" Suhu quenching 10°C

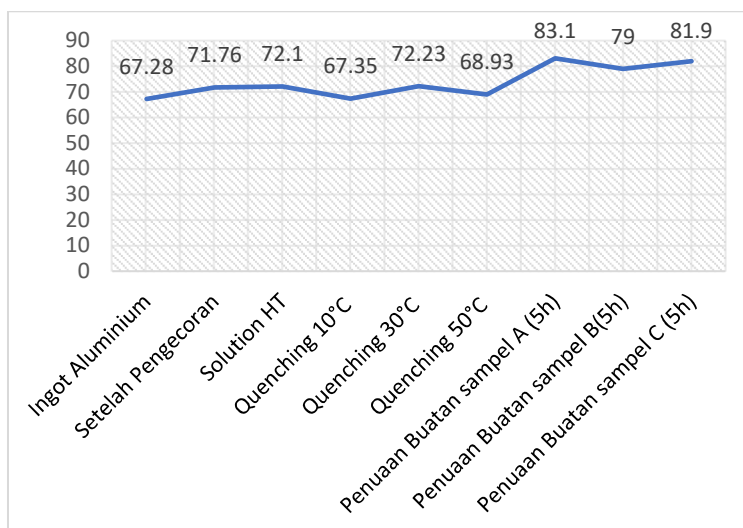
Kode "B" Suhu quenching 30°C

Kode "C" Suhu quenching 50°C

Tabel 5 Perbandingan Nilai Kekerasan Tiap Tahap Penelitian

No	Kondisi Pengujian	Nilai Kekerasan
1	ADC12 Setelah Proses Pengecoran	71.76
2	ADC12 Setelah Proses <i>Solution</i> HT & Quenching	72.10
3	ADC12 Setelah Proses Penuaan Buatan (Optimal 10°C dan 3 jam)	83.10

Berdasarkan data-data pengujian nilai kekerasan dapat dihasilkan grafik perbandingan nilai kekerasan dari proses awal sampai proses akhir pengujian (Gambar 2).

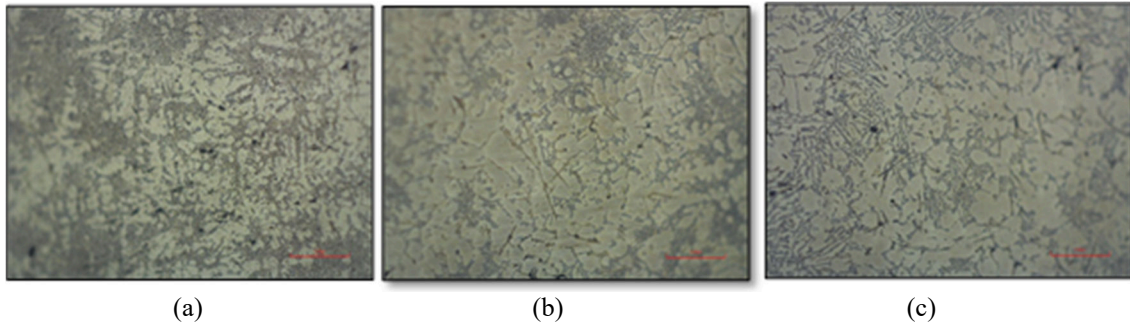


Gambar 2. Perbandingan Nilai Kekerasan ADC12 Keseluruhan

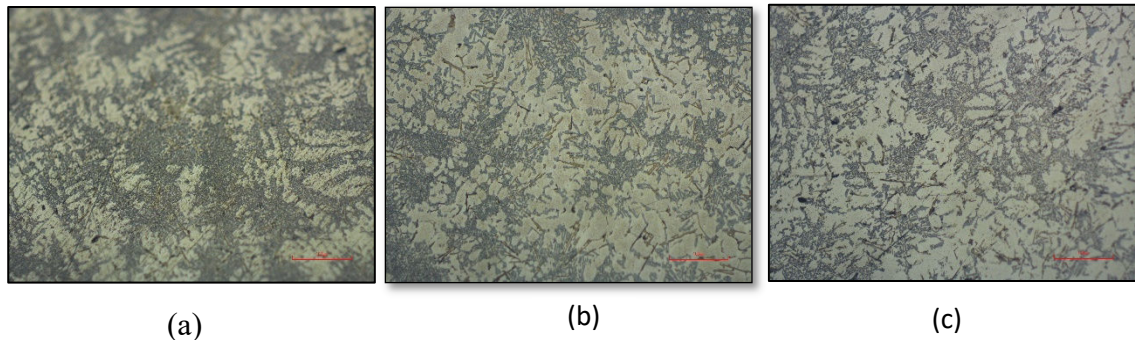
Berdasarkan data nilai kekerasan dapat dikatakan bahwa variasi temperatur quenching 10°C, 30°C dan 50°C serta variasi waktu aging 0 jam, 1 jam, 3 jam, 5jam, 7 jam, 9 jam, 11 jam dan 13 jam menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada suhu quenching 10°C dengan waktu aging 5 jam sebesar 83.10 HB. Berdasarkan data perbandingan nilai kekerasan pada keseluruhan parameter dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai kekerasan semakin meningkat di tiap penambahan perlakuannya.

Rata-rata nilai kekerasan spesimen uji setelah proses pengecoran sebesar 71.76 HB dan mengalami peningkatan setelah dilakukannya proses solution HT disertai pendinginan cepat (quenching) yakni sebesar 72.10 HB dan terus mengalami peningkatan kekerasan setelah proses penuaan buatan dilakukan yakni sebesar 83.10 HB.

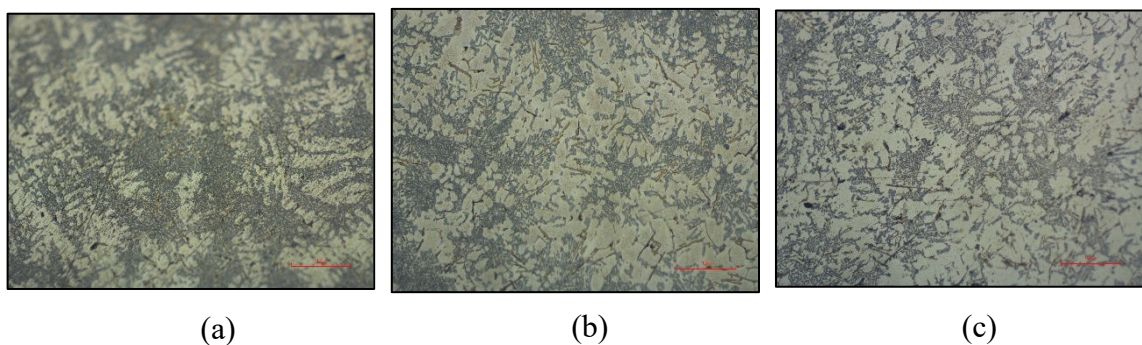
Perbandingan struktur mikro permukaan paduan aluminium ADC12 (variasi waktu quenching 10°C, 30°C dan 50°C serta variasi penuaan buatan 3 jam, 5 jam dan 7 jam dan perbesaran gambar 200X) dapat dilihat pada Gambar 3-5.



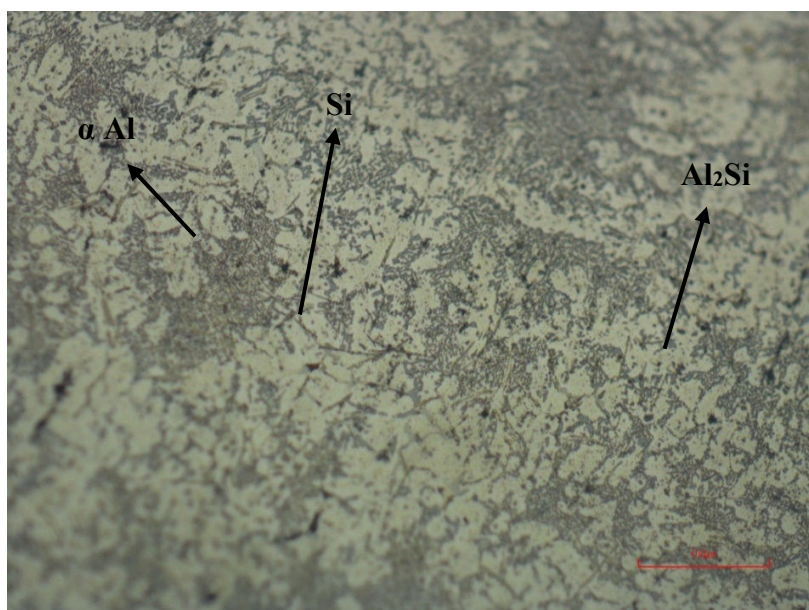
Gambar 3. Pengamatan Struktur ADC12 quenching 10°C, a) 3 jam, b) 5 jam c) 7 jam.



Gambar 4. Pengamatan Struktur ADC12 quenching 30°C, a) 3 jam, b) 5 jam c) 7 jam



Gambar 5. Pengamatan Struktur ADC12 quenching 50°C, a) 3 jam, b) 5 jam c) 7 jam



Gambar 6. Contoh Penampakan Unsur Permukaan Sampel Uji

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 3-5 dapat dilihat bahwa jumlah silikon terbanyak ada pada suhu quenching 10°C (Gambar jarum hitam sangat banyak), sedangkan jumlah silikon terendah dapat ditunjukkan pada gambar dengan suhu quenching 30°C. Penyajian distribusi silikon pada gambar struktur mikro relevan dengan penyajian data grafik pada persebaran nilai kekerasan tiap spesimen uji.

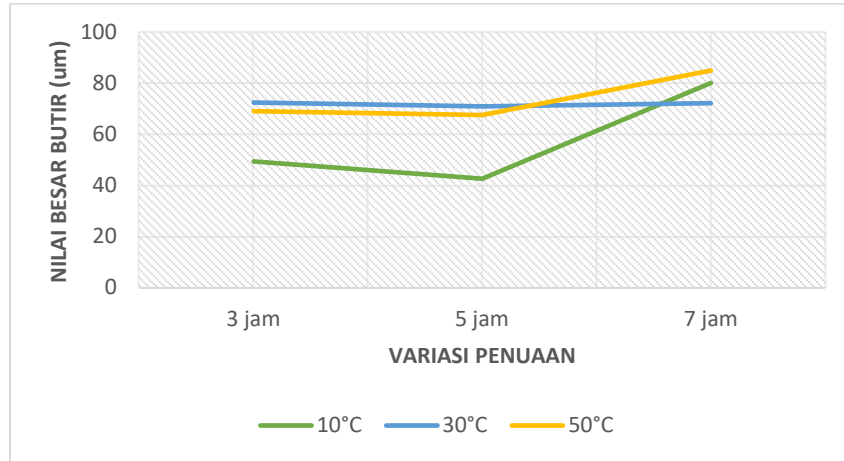
Berdasarkan foto struktur mikro, maka selanjutnya dilakukan pengukuran ukuran butir dan kerapatan butir dengan menggunakan bantuan software Image J. Berikut merupakan tabel ukuran butir dan kerapatan butir pada paduan aluminium ADC12:

Tabel 6. Nilai Rata-Rata Ukuran Butir dan Kepadatan/Kerapatan Butir

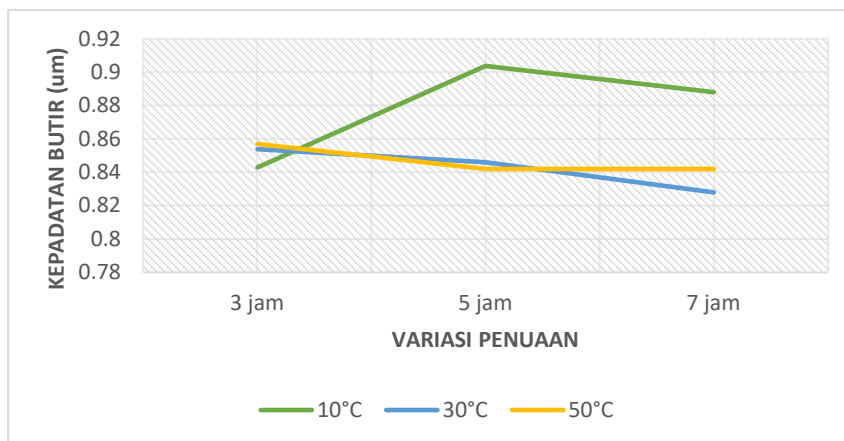
Kode Spesimen	Average Size	Solidity
A3	49.506	0.843
A5	42.797	0.904
A7	80.321	0.888
B3	72.676	0.854
B5	71.095	0.846
B7	72.373	0.828
C3	69.164	0.857
C5	67.705	0.842
C7	85.209	0.842

Grafik perbandingan ukuran butir dan kerapatan butir terhadap variasi waktu penuaan dapat

dilihat pada Gambar 7-8.



Gambar 7. Distribusi Rata-rata Ukuran Butir Terhadap Variasi Waktu



Gambar 8. Distribusi Rata-rata Kepadatan Terhadap Variasi Waktu

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata nilai ukuran butir dan kepadatan butir struktur mikro spesimen yang telah mendapatkan penambahan perlakuan panas dan proses penuaan, menunjukkan nilai rata-rata ukuran butir terendah pada suhu *quenching* 10°C dengan variasi waktu *aging* 5 jam sebesar 42.797 μm . Sedangkan yang menunjukkan nilai rata-rata ukuran butir tertinggi yaitu pada suhu *quenching* 50°C dengan variasi waktu *aging* 7 jam. Hal tersebut membuktikan bahwa terdapat hubungan antara nilai rata-rata ukuran butir terhadap variasi suhu *quenching* yang diberikan. Semakin rendah nilai ukuran butir, maka semakin tinggi tingkat kekerasan suatu spesimen uji.

IV. KESIMPULAN

1. Variasi temperatur *quenching* 10°C, 30°C dan 50°C serta variasi waktu *aging* 0 jam, 1 jam, 3 jam, 5jam, 7 jam, 9 jam, 11 jam dan 13 jam menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada suhu *quenching* 10°C dengan waktu *aging* 5 jam sebesar 83.10 HB. Adapun nilai rata-rata ukuran butir terkecil pada suhu *quenching* 10°C dengan waktu *aging* 5 jam yakni sebesar 42.797 μm .
2. Rata-rata nilai kekerasan spesimen uji setelah proses pengecoran sebesar 71.76 HB dan mengalami peningkatan setelah dilakukannya proses *solution* HT disertai pendinginan cepat

(quenching) yakni sebesar 72.10 HB dan terus mengalami peningkatan kekerasan setelah proses penuaan dilakukan yakni sebesar 83.10 HB.

3. Berdasarkan pemanfaatan aplikasi DoE, solusi optimal pada penelitian terletak pada variasi media pendingin 10°C dengan waktu penuaan selama 5 jam, menghasilkan kekerasan 81.7911 HB, rata-rata ukuran butir 13.5995 μm , dan nilai kerapatan/kepadatan butir 0.8892 dengan desirability mencapai 0.920. Jadi, dapat kami simpulkan bahwa variasi suhu media pendingin serta variasi waktu penuaan memberikan pengaruh terhadap sifat mekanis dan struktur mikro paduan aluminium ADC12. Sedangkan variasi waktu penuaan disarankan selama 5 jam sesuai dengan waktu terbaik yang kami ambil pada proses pengujian kekerasan spesimen uji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Rasyid and M. Muas, "Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan Aluminium Adc12 Dengan Teknik Pengecoran Semi Solid (Rheocasting)," in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 2018.
- [2] S. Rasyid and M. Muas, "ANALISIS STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM ADC12 PADA PENGECORAN SEMI SOLID DENGAN PENGADUK MEKANIK JENIS TURBIN," in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 2019, pp. 26–32.
- [3] S. Rasyid, A. H. Razak, F. Fahmi, and D. A. Lestari, "Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Scrap (ADC12) Menggunakan Tungku Listrik," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 17, no. 2, pp. 184–193, 2020.
- [4] S. Rasyid, A. Tangkemanda, M. H. Hasbullah, and M. Al-Fandi, "Analisis Struktur Mikro Globular Dan Kekerasan Paduan Aluminium ADC12 Pada Pengecoran Semi Solid Dengan Metode Stir Casting," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 17, no. 2, pp. 194–202, 2020.
- [5] S. Rasyid, I. Renreng, E. Arif, H. Arsyad, and M. Syahid, "Optimization of stirring parameters on the rheocast microstructure and mechanical properties of aluminum alloy ADC12," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 619, no. 1, p. 12028.
- [6] S. Rasyid, E. Arif, H. Arsyad, and M. Syahid, "Effect of mechanical stirrer and pouring temperature on semi solid rheocasting of ADC12 Al Alloy," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 13, p. 13, 2018.
- [7] S. Rasyid, E. Arif, H. Arsyad, and M. Syahid, "Effects of stirring parameters on the rheocast microstructure and mechanical properties of aluminum alloy ADC12," in *Matec Web Of Conferences*, 2018, vol. 197, p. 12004.
- [8] A. D. Isadare, B. Aremo, M. O. Adeoye, O. J. Olawale, and M. D. Shittu, "Effect of heat treatment on some mechanical properties of 7075 aluminium alloy," *Mater. Res.*, vol. 16, no. 1, pp. 190–194, 2013.
- [9] W. K. Dalton, *The technology of metallurgy*. Merrill New York, 1994.
- [10] R. Canyook, R. Utakrut, C. Wongnichakorn, K. Fakpan, and S. Kongiang, "The effects of heat treatment on microstructure and mechanical properties of rheocasting ADC12 aluminum alloy," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 3, pp. 9476–9482, 2018.