

PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN PADA PROSES *ARTIFICIAL AGING* ALUMINIUM DAUR ULANG TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Helmy Alian*, Fajar Ali Safikno

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Palembang
Jalan Srijaya Negara Palembang-Bukit Besar
*e-mail: helmyalian@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini, peneliti melakukan pembandingan antara aluminium bekas yang tidak dilakukan perlakuan panas dengan aluminium bekas yang dilakukan proses artificial aging pada temperatur 160°C, 190°C, dan 210°C dengan waktu tahan selama 5 jam. Penuaan buatan (artificial aging) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di aging hardening dalam keadaan panas. Artificial aging berlangsung pada temperatur antara 93°C-232°C dan dengan lamanya waktu penahanan tergantung jenis paduannya. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji kekerasan (brinell), uji impek dan pengamatan struktur mikro. Pada pengujian kekerasan (brinell) terjadi peningkatan kekerasan aluminium yang maksimal terjadi pada temperatur 190°C yang didinginkan dengan air yang semula kekerasannya 92,33 BHN meningkat menjadi 113,12 BHN dibandingkan dengan proses lainnya. Sedangkan pada pengujian uji impek tingkat keuletan tertingginya terjadi pada temperatur 160°C yang di dinginkan dengan udara yang semula tingkat keuletannya 4,19 joule meningkat menjadi 5,83 joule dibandingkan dengan proses lainnya. Selanjutnya pada pengamatan struktur mikro terjadi penyebaran dan penyempitin batas butir aluminium. Dari pengujian tersebut membuktikan bahwa lamanya waktu penahan dan proses pendinginan berpengaruh pada sifat mekanik aluminium bekas.

Kata kunci : Aluminium bekas, artificial aging, Brinell, impek, Struktur Mikro.

1. PENDAHULUAN

Di masa sekarang ini dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat dan pertumbuhan penduduk yang semakin besar, maka bertambah pula kebutuhan akan material aluminium. Karena aluminium banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti kebutuhan transportasi, peralatan rumah tangga dan lain sebagainya.

Dalam dunia industri, kebutuhan akan aluminium sangat banyak dikarenakan semakin banyaknya kebutuhan yang menggunakan aluminium mengharuskan pabrik-pabrik manufaktur untuk memproduksinya. Untuk memproduksi aluminium dibutuhkan komponen-komponen pendukung seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan. Dalam kehidupan sehari-hari sering kita temukan aluminium yang digunakan tidak sesuai dengan pengaplikasiannya. Hal tersebut bisa diakibatkan karena adanya kecacatan pada material tersebut sehingga kekuatan dan keuletan aluminium menjadi berkurang. Untuk memperbaiki kecacatan pada aluminium bisa dilakukan dengan berbagai proses perlakuan salah satunya dengan perlakuan panas.

Alumunium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali di reduksi sebagai logam oleh H.C. Oersted pada tahun 1825. Secara industri tahun 1886 Paul Heroult di Perancis dan C.M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam alumunium dari alumina dengan cara elektrolisis dari garamnya yang terdifusi. Sampai sekarang proses Heroult-Hall masih dipakai untuk memproduksi alumunium. Penggunaan alumunium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan ke dua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non-ferro. Produksi alumunium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton pertahun pada tahun 1981 [6].

Alumunium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat baik lainnya sebagai logam. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Material ini dipergunakan dalam bidang yang luas bukan saja keperluan rumah tangga tetapi juga

dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya [6].

Aluminium telah menjadi salah satu logam industri yang paling luas penggunaannya di dunia. Aluminium banyak digunakan di dalam semua sektor utama industri seperti angkutan, konstruksi, listrik, peti kemas dan kemasan, alat rumah tangga serta peralatan mekanis. Adapun sifat-sifat aluminium antara lain sebagai berikut:

- Ringan
- Tahan terhadap korosi
- Kuat
- Mudah dibentuk
- Konduktor listrik
- Konduktor panas
- Memantulkan sinar dan panas
- Non magnetic

Pelakuan panas (*heat treatment*) merupakan proses yang bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada logam. Dengan memberikan panas pada suatu logam dengan temperatur tertentu maka akan mendapatkan tingkat kekerasan logam yang tinggi atau menurunkan tingkat kekerasan logam tersebut serta dapat meningkatkan ketangguhan logam tersebut. [5].

Salah satu cara perlakuan panas pada logam paduan aluminium adalah dengan penuaan pengerasan (*aging hardening*). Melalui penuaan keras, logam paduan aluminium akan memperoleh kekuatan dan kekerasan yang lebih baik. Pada paduan aluminium, *aging hardening* dibedakan atas *aging hardening* dalam keadaan dingin dan *aging hardening* dalam keadaan panas. Penuaan pengerasan (*aging hardening*) berlangsung dalam tiga tahap yaitu:

Tahap pertama dalam proses *aging hardening* yaitu *solution heat treatment* atau perlakuan panas pelarutan. *Solution heat treatment* yaitu pemanasan logam aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur 496°C-507°C dan dilakukan penahanan atau *holding* sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja. 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 [7].

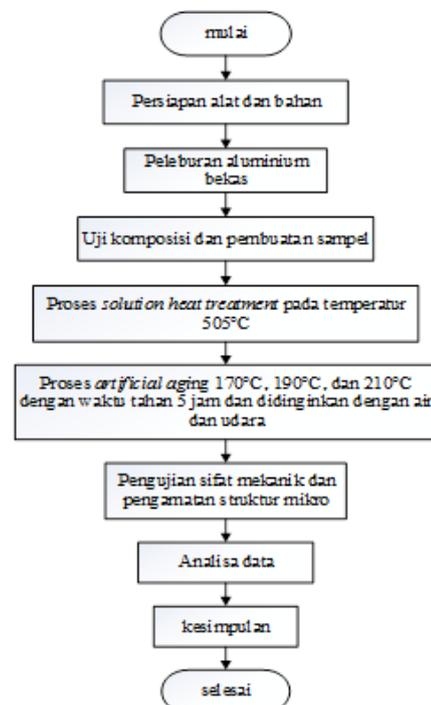
Quenching dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Pendingin dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas (505°C) ke temperatur yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan *quenching* adalah agar larutan 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, namun juga menyebabkan jumlah kekosongan atom dalam jumlah besar.

Setelah *solution heat treatment* dan *quenching* tahap selanjutnya dalam proses *aging hardening* adalah *aging* atau penuaan. Perubahan sifat-sifat dengan berjalannya waktu pada umumnya dinamakan *aging* atau penuaan. *Aging* atau penuaan pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*). Penuaan alami (*natural aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *aging hardening* dalam keadaan dingin. *Natural aging* berlangsung pada temperatur ruang antara 15°C-25°C dan dengan waktu penahanan 5 sampai 8 hari. Penuaan buatan (*artificial aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *aging hardening* dalam keadaan panas. *Artificial aging* berlangsung pada temperatur antara 93°C-232°C dan dengan lamanya waktu penahanan tergantung jenis paduannya. Proses pemanasan *artificial aging* pada temperatur antara 93°C-232°C akan berpengaruh pada tingkat kekerasan. Sebab, pada proses pemanasan *artificial aging* akan mengakibatkan perubahan-perubahan fasa atau struktur. Perubahan fasa tersebut akan memberikan dampak terhadap pengerasan material. [7]

2. METODE PENELITIAN

Dalam kasus ini, metode yang dilakukan pada saat penelitian adalah dengan melakukan eksperimen yang didukung dengan literatur-literatur yang terkait. Langkah kerja yang dilakukan pada penelitian ini terlihat pada gambar 1.



Gambar 1: Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komposisi Kimia

Dari hasil uji komposisi aluminium yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang, memunjukkan bermacam-macam kandungan unsur yang terdapat pada aluminium. Dalam uji komposisi yang telah dilakukan kandungan yang paling besar setelah Al adalah Zn sebesar 2,27% seperti yang terlihat pada tabel 1.

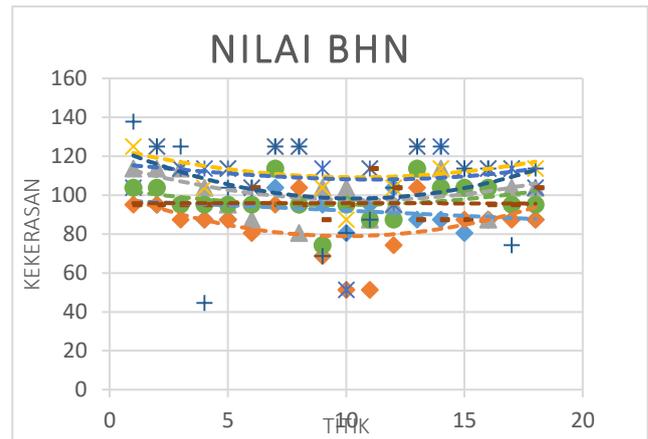
Tabel 1: Hasil pengujian komposisi kimia aluminium daur ulang

Unsur	Kandungan (%)
Al	94,10
Cr	0,084
Mn	0,239
Fe	1,10
Ni	0,105
Cu	1,87
Zn	2,27
Sn	0,040
Pb	0,147

Pengujian Kekerasan (Brinell)

Pengujian kekerasan yang dilakukan dalam penelitian menggunakan alat uji kekerasan brinell yang memiliki ukuran bola baja dengan diameter 5 mm dengan beban 500 kgf. Spesimen yang akan dilakukan uji kekerasan brinell ini sebelumnya telah mengalami proses penggrindaan dan pengamplasan sehingga permukaan spesimen rata. Dalam menentukan nilai kekerasan pada spesimen peneliti menggunakan 18 titik untuk menentukan nilai kekerasan yang terdapat pada tiap-tiap spesimen.

Untuk mempermudah pembacaan nilai kekerasan BHN rata-rata serta untuk menentukan perbedaan dalam pengujian kekerasan ini bisa dilihat pada gambar 2 Berdasarkan gambar 2 yang menjelaskan hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan maka, analisa data nilai kekerasan yang didapatkan mengalami perbedaan peningkatan dan penurunan antara spesimen yang satu dengan yang lainnya. Dalam pengujian ini nilai kekerasn maksimal terjadi pada poses *artificial aging* pada temperatur 190⁰ C yang didinginkan dengan air dengan nilai kekerasan 113,12 BHN, dibandingkan dengan proses lainnya. Dalam pengujian kekerasan ini membuktikan juga bahwa media pendingin juga berpengaruh juga dalam tingkat kekerasan aluminium dimana Aluminium yang didinginkan dengan air memiliki nilai kekerasan yang unggul dibandingkan dengan media pendinginan dengan udara.



Gambar 2: Nilai BHN rata-rata setiap spesimen

Pengujian Impak

Pengujian impak yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan alat uji impak *charpy*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kegetasan atau keuletan pada spesimen aluminium daur ulang. Sebelum melakukan pengujian, spesimen yang akan diuji impak terlebih dahulu dibentuk dan memiliki ukuran yang mengacu pada standar JIS Z 2202. Dalam melakukan pengujian dengan menggunakan mesin *Charpy Impact Testing Machine* dimana dapat diketahui $P = \text{Berat palu} (25,68 \text{ kg}) = (25,68 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s} = 251,921 \text{ N}$, $D = \text{Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat grafitasi} (0,649 \text{ m})$, $A_i = \text{luas penampang dibawah takikan} = 80 \text{ mm}^2$, $\alpha = \text{sudut angkat palu} (90^\circ)$, dan $\theta = \text{sudut ayunan setelah palu mengenai spesimen}$.

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai sudut ayunan pendulum setelah mengenai spesimen. Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui nilai usaha yang dilakukan untuk mematahkan benda kerja dan harga impak dengan menggunakan rumus uji impak yang ada. Berikut merupakan contoh perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui nilai usaha yang dilakukan untuk mematahkan benda kerja dan harga impak pada tiap-tiap spesimen.

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha) \quad (1)$$

$$= 251,921 (0,649 - 0)$$

$$= 163,4967 \text{ Joule}$$

$$E_2 = P (D - D \cos \theta) \quad (2)$$

$$= 251,921 (0,649 - 0,031)$$

$$= 158,4283 \text{ Joule}$$

$$E = E_1 - E_2 \quad (3)$$

$$= 163,4967 - 158,4283 = 5,068399 \text{ Joule}$$

Selanjutnya dapat dicari nilai energi persatuan luasnya dengan proses sebagai berikut:

$$W = \frac{E}{A_i} \quad (4)$$

$$= \frac{5,068399}{80}$$

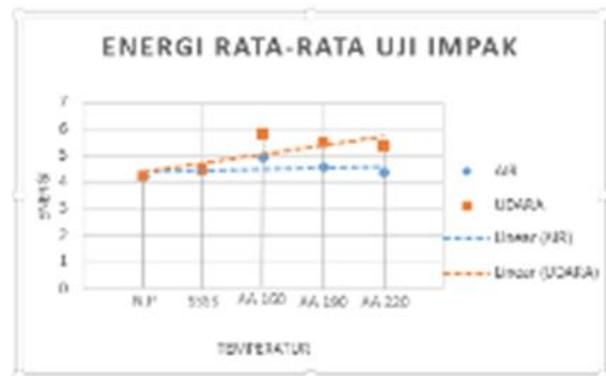
$$= 0,063355 \text{ J/mm}^2$$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas yang dilakukan pada spesimen pertama, maka untuk perhitungan tiap-tiap spesimen lainnya menggunakan rumus yang sama dan peroses pengerjaan yang sama. Sehingga dapat diketahui nilai energi rata-rata (E) dan nilai energi persatuan luasnya (W) seperti yang terlihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2: Hasil perhitungan uji impact

Jenis pelakuan	E (Joule)	W (Joule)	E Rata-rata (Joule)	W Rata-rata (Joule/mm ²)
Non pelakuan	5,068	0,063		
	3,596	0,044	4,196	0,052
	3,923	0,049		
	5,558	0,069		
SSSS	3,923	0,049	4,468	0,055
	3,923	0,049		
AA	5,395	0,067		
160°C	4,414	0,055	4,9594	0,0619
Air	5,068	0,063		
AA	6,212	0,077		
160°C	5,068	0,063	5,831	0,072
Udara	6,212	0,077		
AA	3,923	0,049		
190°C	5,558	0,069	4,577	0,057
Air	4,250	0,053		
AA	5,558	0,069		
190°C	6,212	0,077	5,504	0,068
Udara	4,741	0,059		
AA	3,923	0,049		
220°C	4,741	0,059	4,359	0,054
Air	4,414	0,055		
AA	6,212	0,077		
220°C	5,068	0,063	5,34	0,066
Udara	4,741	0,059		

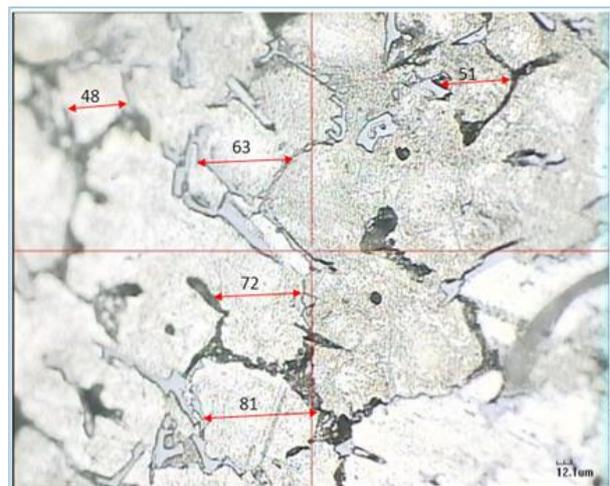
Berdasarkan tabel hasil perhitungan diatas, maka dapat kita ketahui nilai energi rata-ratanya yang paling tinggi terdapat pada proses *artificial aging* pada temperatur 160°C yang didinginkan di udara yaitu sebesar 5,831 Joule dibandingkan dengan temperatur lainnya. Pada proses tersebut membuktikan bahwa tingkat keuletan paling tinggi dibandingkan dengan proses lainnya. Hal tersebut dipengaruhi oleh proses pendinginan yaitu dengan didinginkan dengan udara maka tingkat keuletannya meningkat di bandingkan dengan proses pendinginan dengan air yaitu cenderung malah turun tingkat keuletannya. Untuk memudahkan dalam pembacaan hasil serta sebagai pembandingan dalam pengujian, maka penulis membuat grafik seperti terlihat pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3: Nilai energi rata-rata uji impact

Pengamatan Struktur Mikro

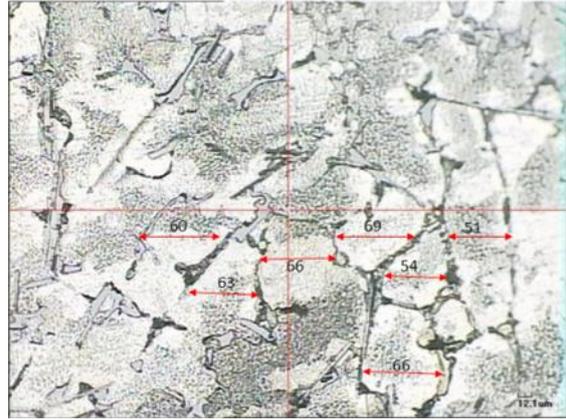
Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur material yang dihasilkan sewaktu dilakukan poses pelakuan panas. Dalam pengamatan ini menggunakan *measuring microscope* yang dilakukan di laboratorium CAD/CAM teknik mesin universitas sriwijaya. Sebelum dilakukan pengamatan struktur mikro, spesimen terlebih dahulu dilakukan pengamplasan dan pengetsaan sehingga permukaan spesimen rata dan bersih. Setelah melakukan pengamatan struktur mikro pada laboratorium CAD/CAM maka hasil pengamatan struktur mikro yang didapat dengan pembesaran 200x dapat dilihat pada gambar berikut ini:



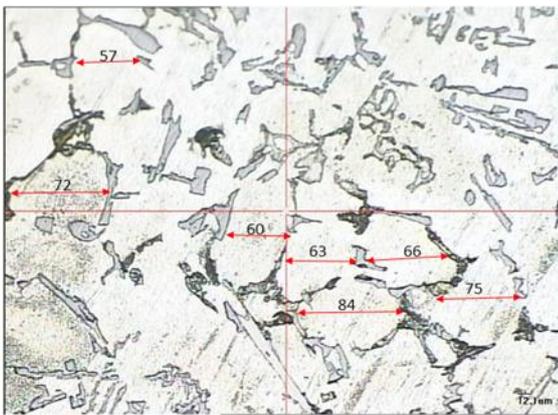
Gambar 4: tanpa perlakuan panas dengan pembesaran 200x dengan ukuran batas butir antara 48 µm - 81 µm



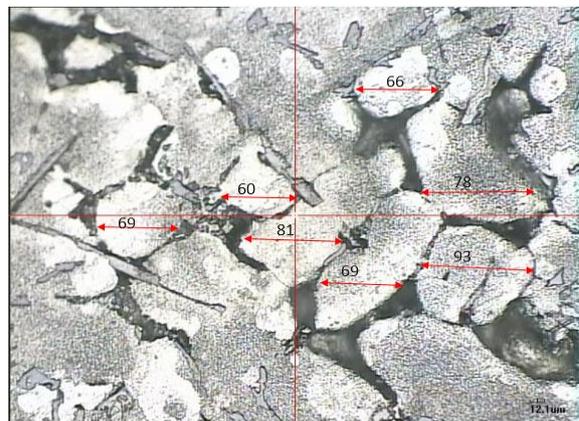
Gambar 5: *Super Saturated Solid Solution* dengan pembesaran 200x dengan ukuran batas butir antara 33 μm - 81 μm



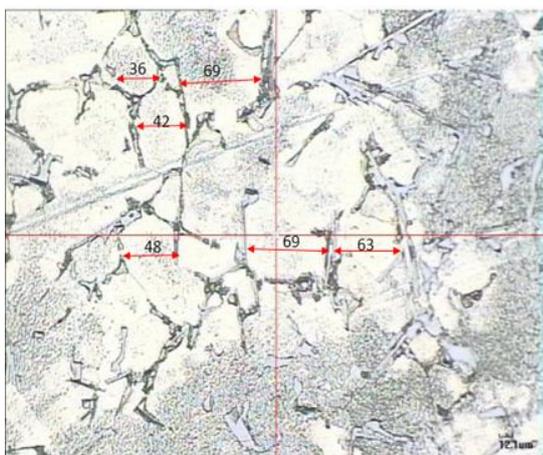
Gambar 8: *artificial aging* temperatur 190°C didinginkan oleh air dengan pembesaran 200x dengan ukuran batas butir antara 51 μm - 81 μm



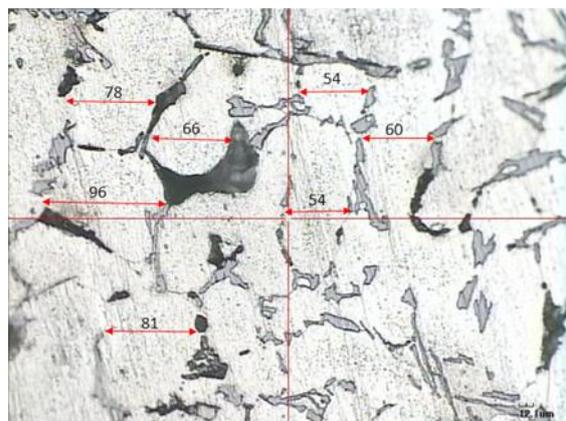
Gambar 6: *artificial aging* temperatur 160oC didinginkan oleh air dengan pembesaran 200x dengan ukuran batas butir antara 57 μm - 84 μm



Gambar 9: *artificial aging* temperatur 190°C didinginkan oleh udara dengan pembesaran 200x dengan ukuran batas butir antara 54 μm - 96 μm



Gambar 7: *artificial aging* temperatur 160oC didinginkan oleh udara dengan pembesaran 200x dengan ukuran batas butir antara 36 μm - 69 μm



Gambar 10: *artificial aging* temperatur 220°C didinginkan oleh air dengan pembesaran 200x dengan ukuran batas butir antara 60 μm - 93 μm



Gambar 11: *artificial aging* temperatur 220°C didinginkan oleh udara dengan pembesaran 200x dengan ukuran batas butir antara 45 μm - 87 μm

Dari gambar-gambar diatas dapat dilihat pada tiap-tiap pengamatan spesimen yang terjadi yaitu terletak pada bagian batas butirnya. Perubahan batas butir aluminium yang terjadi yaitu semakin menyebar dan semakin merapatnya butiran-butiran aluminium. Hal tersebut dipengaruhi oleh proses pemanasan dan pendinginan yang dilakukan dalam pengujian ini. Dalam pengamatan struktur mikro yang telah dilakukan, batas butir yang rapat dipengaruhi oleh proses pendinginan yang cepat yaitu dengan didinginkan oleh air, sedangkan pada batas butir yang menyebar dipengaruhi oleh proses pendinginan di udara.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan berbagai pengujian, seperti uji kekerasan, uji impek, serta pengamatan struktur mikro maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Pada proses *aging hardening* yang telah dilakukan, menunjukkan kenaikan dan penurunan nilai kekerasan dan keuletan pada tiap-tiap spesimen. Hal tersebut dipengaruhi oleh proses pendinginan dan lamanya waktu penahanan pada proses pemanasan.

Pada pengujian kekerasan brinell yang telah dilakukan, didapatkan nilai kekerasan BHN rata-rata tertinggi terdapat pada proses *artificial aging* pada temperatur 190°C dengan didinginkan oleh air dengan nilai kekerasan sebesar 113,12 BHN, dibandingkan dengan proses lainnya.

Pada uji impak dapat kita ketahui nilai energi rata-ratanya yang paling tinggi terdapat pada proses *artificial aging* pada temperatur 160°C yang didinginkan di udara sebesar 5,831 Joule. Pada proses tersebut membuktikan bahwa tingkat keuletannya paling tinggi dibandingkan dengan proses lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] ASTM (2003). Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials. E 92-82. ASTM Internasional

- [2] Bagus, R. Suryasa Majanasastra. (2015). Pengaruh variable waktu (*aging heat treatment*) terhadap peningkatan kekerasan permukaan dan struktur mikro kepala piston sepeda motor honda vario.
- [3] Dieter, G., terjemah oleh Sriati Djaprie, 1987, *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1, edisi ketiga, Erlangga. Jakarta
- [4] Mulyanti, J. (2011). Pengaruh Temperatur Proses Aging Terhadap Karakteristik Material Komposit Logam Al-Sic Hasil *Stircasting*
- [5] Sinha, A. K. (2003). *Physical Metallurgy Handbook*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- [6] Surdia, T., & Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [7] Totten, G. E. (2003). *Physical Metallurgy and Proses Handbook*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- [8] Umbu, E. Kondi Maliwemu. (2012). Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik Aluminium Scrap Dengan Heat Treatment T6 Pada Proses *Centrifugal Casting*
- [9] Wiryosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT pradnya paramita.
- [10] Zulfia, A, dkk. (2010). Proses Penuaan Aging Pada Paduan Aluminium AA 333 Hasil Proses Sand Casting