



MEKANIKA – JURNAL TEKNIK MESIN

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Volume 5 No. 2 (2019)

ISSN (p) : 2460-3384 | ISSN (e) : 2686-3693

KAJI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AGING DAN WAKTU AGING PADA PROSES PERLAKUAN PANAS ALUMINIUM 2024 TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Ichlas Wahid, Risqi Fatoni, Amirul Angga Fahrudin

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: ichlaswahid@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *aging* 130⁰ C, 160⁰ C, 190⁰ C dengan waktu *aging* 40 menit, 80 menit, 120 menit. Setelah proses perlakuan panas dilakukan pengujian sifat mekanis meliputi uji kekerasan, uji tarik, dan struktur mikro. Dalam penelitian ini penulis menggunakan material aluminium 2024.

Dari hasil penelitian didapatkan hasil uji kekerasan tertinggi terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas sebesar 82,4 HRB dan untuk hasil uji kekerasan terendah terletak pada aluminium 2024 setelah diberi perlakuan panas dengan temperatur *aging* 190⁰ C dan waktu tahan *aging* 120 menit sebesar 67,8 HRB. Untuk nilai tarik tertinggi terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas sebesar 59,68 Kg/mm² dan nilai tarik terendah terletak pada aluminium 2024 setelah diberi perlakuan panas dengan temperatur *aging* 190⁰ C dan waktu tahan *aging* 120 menit sebesar 40,56 Kg/mm². Ukuran butir struktur mikro paling besar terletak pada aluminium 2024 setelah perlakuan panas dengan temperatur *aging* 190⁰ C dengan waktu tahan 120 menit ukuran butir rata-rata sebesar 60,47 µm dan ukuran butir paling kecil terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas ukuran butir rata-rata sebesar 42,2 µm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aluminium 2024 dengan diberi proses perlakuan dengan variasi temperatur dan waktu *aging* dapat menurunkan sifat mekanis dan dapat merubah ukuran butir struktur mikro menjadi lebih besar pada aluminium 2024.

Kata kunci: Perlakuan panas, sifat mekanis, struktur mikro, aluminium 2024

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang berkembang pesat terutama di bidang industri logam, menyebabkan kebutuhan naik secara otomatis dari tahun ke tahun. Dari banyaknya kebutuhan itulah penulis mengembangkan dan mempelajari sifat mekanis bahan. Bahan yang baik adalah bahan yang memiliki sifat mekanis yang baik pula, sehingga dapat digunakan sesuai kebutuhan. Aluminium

digunakan di berbagai bidang, seperti pada perindustrian sparepart otomotif, bahan pesawat terbang, kapal, konstruksi pembanguna dan sebagainya. Berdasarkan dari jurnal teknik mesin S-1, Vol.4, No.1, Tahun 2016 yang berjudul Pengaruh Penambahan Unsur Tembaga (Cu) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Material *Chassis* Berbahan Dasar Limbah Aluminium Hasil Pengecoran HPDC Yang Disertai

Perlakuan Panas (*Heat Treatment*). Hasil pengujian tarik dengan kandungan 4 % Cu setelah mengalami perlakuan panas adalah yang optimum sebesar 190,3 Mpa, namun nilai kekerasannya rendah sebesar 53,95 HRB. Hasil struktur mikro menunjukkan bahwa semakin banyak unsur tembaga semakin kecil ukuran butirnya. (PandhuMadyantoroArdi, Athanasius Priharyoto Bayuseno, 2016).

Sedangkan pada penelitian ini saya akan melanjutkan jurnal diatas dengan menganalisa kaji eksperimen pengaruh variasi temperatur *aging* dan waktu *aging* pada proses perlakuan panas aluminium 2024 terhadap sifat mekanis dan struktur mikro.

Aluminium

Aluminium dan aluminium paduan merupakan salah satu logam yang banyak digunakan dalam industri otomotif, perkapalan, pesawat terbang dan lain sebagainya. Aluminium murni memiliki sifat yang ringan, lunak, tahan terhadap korosi pengantar listrik dan panas yang baik.

Sifat mekanik aluminium yang rendah dapat dinaikkan dengan menambahkan unsur paduan Cu, Si, Zn, Mg, Mn, Ni dan lain-lain. Dengan menambahkan unsur Cu dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatannya namun mengurangi pertambahan panjang aluminium saat ditarik (*elongasi*). Unsur Cu paling optimal untuk campuran aluminium adalah 4-6 %. Unsur Mg dapat meningkatkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. *Weldtability* dan ketahanan korosinya juga baik.

Aluminium seri 2xxx (Al-Cu)

Aluminium seri 2xxx merupakan aluminium dengan unsur paduan utamanya adalah tembaga, dan ada unsur paduan lainnya seperti Mg dan unsur-unsur lain namun hanya sedikit. Dengan menambahkan tembaga dapat meningkatkan kekerasan aluminium namun ketahanan korosinya menurun.

Aluminium 2024

Aluminium 2024 (*Super Duralumin*) merupakan jenis logam aluminium yang

banyak digunakan dalam industri pesawat terbang, otomotif dan sebagainya. Unsur utama paduannya adalah tembaga (Cu) sebesar 3,8-4,9 % dan terdapat unsur Magnesium (Mg) sebesar 1,2-1,8 %. Aluminium dengan unsur paduan Cu dapat diperlakukan dan sifat mekaniknya menyamai dari kekuatan baja lunak.

Sifat Mekanis Aluminium

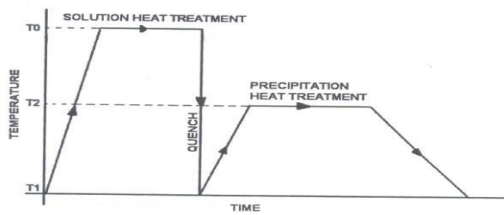
Sifat mekanis adalah kemampuan suatu bahan dalam menerima beban dari luar sebelum mengalami kerusakan. Untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu bahan maka diperlukan suatu pengujian yakni pengujian tarik, kekerasan dan masih ada pengujian lain untuk mengetahui sifat mekanik suatu material, sedangkan untuk mengetahui struktur mikro suatu logam dapat dilakukan dengan pengujian metalografi. Sifat mekanis dan struktur mikro aluminium dan aluminium paduan dipengaruhi oleh unsur paduan yang digunakan dan dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan pada aluminium tersebut.

Perlakuan Panas

Perlakuan panas pada aluminium dilakukan dengan cara memanaskan aluminium sampai menjadi fase tunggal kemudian ditahan sampai beberapa waktu dan didinginkan dengan cepat. Setelah proses pendinginan cepat apabila aluminium tersebut dibiarkan sampai beberapa waktu maka akan terjadi proses penuaan alami (*Natural Aging*) dan apabila setelah proses pendinginan secara cepat kemudian di panaskan kembali di dalam oven maka akan terjadi proses penuaan buatan (*Artificial Aging*).

Proses perlakuan panas adalah salah satu cara untuk menaikkan kekerasan dan kekuatan paduan aluminium namun tidak semuanya. Berikut adalah tahapan dalam proses perlakuan panas :

1. *Solution Treatment*
2. *Quenching*
3. *Artificial Aging*



Gambar 1. Siklus perlakuan panas

1) Solution Heat Treatment (Perlakuan Panas Pelarutan)

Solution Heat Treatment adalah proses memanaskan aluminium di dalam *Furnace* (Tanur) dengan temperatur tertentu. Dalam perlakuan panas pelarutan akan terjadi pelarutan fasa-fasa berubah menjadi larutan padat. Tujuan dari perlakuan panas pelarutan yaitu untuk mengubah larutan padat yang serasi (*homogen*).

2) Quenching (Pendinginan)

Quenching adalah proses pendinginan secara cepat dengan cara mencelupkan logam setelah dipanaskan didalam tanur secara cepat ke dalam air atau media pendingin lainnya sampai mendekati temperatur kamar. Tujuan dari dari pendinginan secara cepat adalah supaya larutan padat yang di bentuk pada proses perlakuan panas pelarutan tidak berubah dan tetap pada tempatnya.

3) Artificial Aging

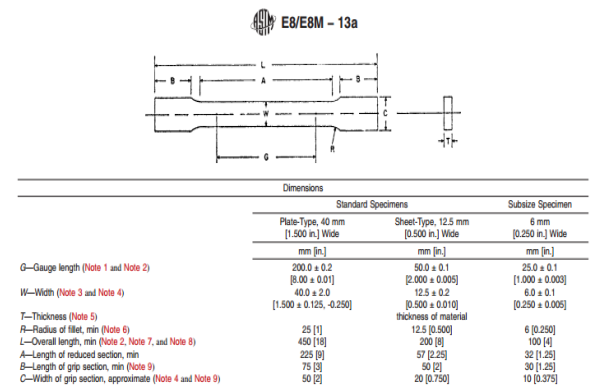
Artificial Aging adalah proses pemanasan kembali setelah proses pendinginan cepat, dalam proses *Artificial Aging* dapat dilakukan beberapa variasi temperatur dan waktu tahannya. Temperatur *aging* berlangsung pada temperatur antara 100°C - 200°C dan dengan lamanya waktu penahanan antara 1 sampai 24 jam. (Schonmetz, 1990)

Dalam proses *Artificial Aging* terjadi perubahan-perubahan fasa atau struktur yang akan mempengaruhi sifat mekanis aluminium tersebut.

Uji Tarik

Pengujian tarik, benda yang akan diuji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan

dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Dari hasil pengujian tarik dapat diketahui kekuatan suatu material dalam menerima gaya atau beban dari luar sampai putus. Dalam penelitian kali ini menggunakan ASTM E8/E8M untuk bentuk dimensi ukuran spesimen benda yang akan diuji .



Gambar 2. Spesimen uji tarik ASTM E8/E8M

Kekuatan tarik dan pertambahan panjang suatu material dapat diketahui dari grafik hasil pengujian tarik yang nantinya akan bisa diketahui juga diagram tegangan-regangan suatu material menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F/P_{max}}{A_o}$$

dimana : σ = tegangan (kg/mm²)

P = beban tarik (kg)

Ao = luas penampang mula-mula (mm²)

$$\epsilon = \Delta L / L_o = (L - L_o) / L_o$$

dimana :

ϵ = regangan (%)

L_o = panjang “batang uji” mula- mula (mm)

L = panjang “batang uji” saat menerima beban (mm)

UJI KEKERASAN

Kekerasan adalah ketahanan sebuah material terhadap beban tekan yang diberikan

dari luar. Pengujian kekerasan yang sering digunakan adalah menggunakan metode *Brinell*, *Rockwell*, dan *Vickers*. Dalam pengujian kali ini menggunakan metode *Rockwell B* dengan indenter ball 1/16 inch dan beban penekanan 100 kg.



TABLE 1 Rockwell Hardness Scales

Scale Symbol	Indenter	Total Test Force, kgf	Dial Figures	Typical Applications of Scales
B	1/16-in. (1,588-mm) ball	100	red	Copper alloys, soft steels, aluminum alloys, malleable iron, etc. Steel, hard cast irons, pearlitic malleable iron, titanium, deep case hardened steel, and other materials harder than B100.
C	diamond	150	black	
A	diamond	60	black	
D	diamond	100	black	Cemented carbides, thin steel, and shallow case-hardened steel. Thin steel and medium case hardened steel, and pearlitic malleable iron.
E	1/16-in. (3,175-mm) ball	100	red	
F	1/16-in. (1,588-mm) ball	60	red	Cast iron, aluminum and magnesium alloys, bearing metals. Annealed copper alloys, thin soft steel metals.
G	1/16-in. (1,588-mm) ball	150	red	
H	1/16-in. (3,175-mm) ball	60	red	Malleable irons, copper-nickel-zinc and cupro-nickel alloys. Upper limit G92 to avoid possible flattening of ball. Aluminum, zinc, lead.
K	1/16-in. (3,175-mm) ball	150	red	
L	1/16-in. (6,350-mm) ball	60	red	Bearing metals and other very soft or thin materials. Use smallest ball and heaviest load that does not give anvil effect.
M	1/16-in. (6,350-mm) ball	100	red	
P	1/16-in. (6,350-mm) ball	150	red	
R	1/16-in. (12,70-mm) ball	60	red	
S	1/16-in. (12,70-mm) ball	100	red	
T	1/16-in. (12,70-mm) ball	150	red	
V	1/16-in. (12,70-mm) ball	150	red	

TABLE 2 Rockwell Superficial Hardness Scales

Total Test Force, kgf (N)	Scale Symbols				
	N Scale, Diamond Indenter	T Scale, 1/16-in. (1,588-mm) Ball	W Scale, 1/16-in. (3,175-mm) Ball	X Scale, 1/16-in. (6,350-mm) Ball	Y Scale, 1/16-in. (12,70-mm) Ball
15 (147)	15N	15T	15W	15X	15Y
30 (294)	30N	30T	30W	30X	30Y
45 (441)	45N	45T	45W	45X	45Y

Gambar 3. Rockwell Hardness Scales (ASTM E18-17)

STRUKTUR MIKRO

Struktur mikro adalah gambaran dari sekumpulan fasa yang bisa dilihat dengan pengujian metalografi. Struktur mikro logam dapat dilihat dengan menggunakan alat mikroskop, sebelum melakukan pengamatan struktur mikro di mikroskop terlebih dahulu benda yang akan diamati harus di amplas sampai halus kemudian di poles sampai mengkilap seperti kaca kemudian di etsa. Dalam penelitian kali ini cairan etsa yang digunakan adalah 3 ml HCL, 2 ml HF, 5 ml HNO₃, 190 ml air. Komposisi cairan etsa ditentukan dari ASTM E407-07 untuk aluminium seri 2xxx.

PLANIMETRI JEFFERIES

Metode ini digunakan untuk menghitung besar butir dengan cara membuat lingkaran berdiameter 5000 mm² di foto hasil pengujian metalografi dan menghitung jumlah butir yang tidak bersinggungan dengan garis dan yang bersinggungan dengan garis, kemudian dimasukkan ke persamaan sebagai berikut :

$$G = [3,322 \text{ Log} (Na) - 2,95]$$

$$\text{dan } Na = f(n1+n2/2)$$

Dimana:

G = besar butir dirujuk ke table ASTM E-112 untuk mencari nilai diameter butir

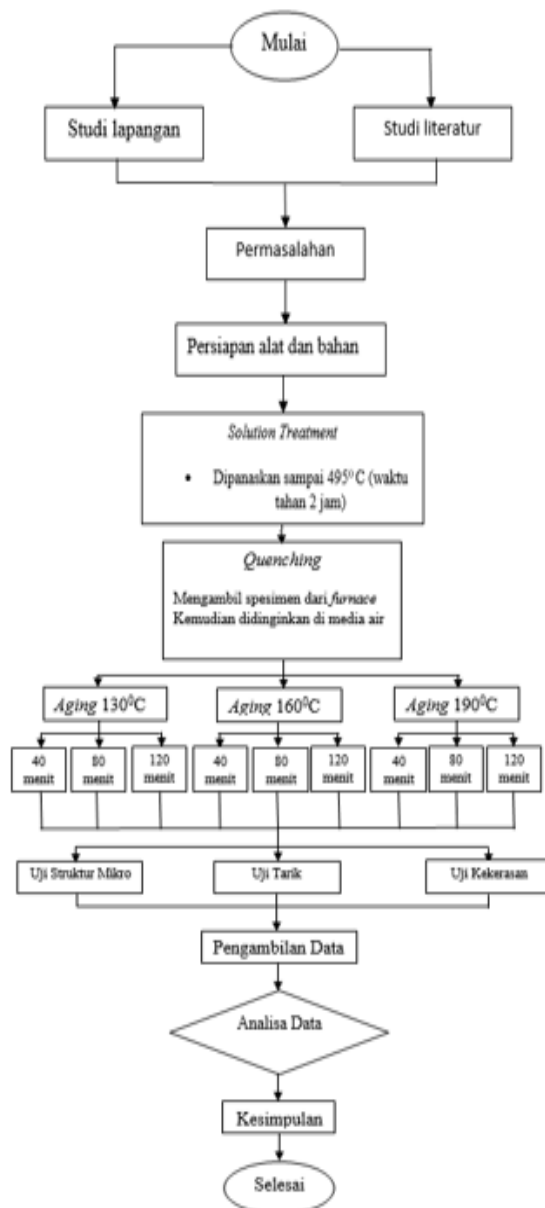
Na = jumlah butir

n1 = jumlah butir dalam lingkaran

n2 = jumlah butir yang bersinggungan dengan garis lingkaran

f = factor pengali pada table Jefferies

PROSEDUR EKSPERIMEN

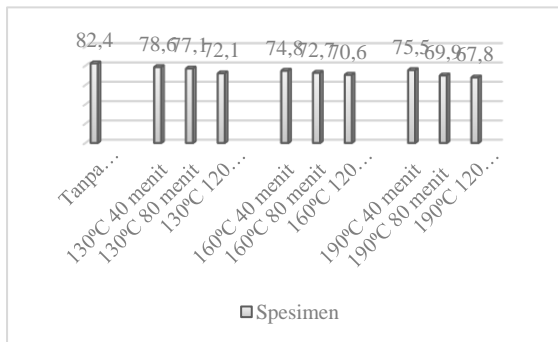


Gambar 4. Alur Penelitian

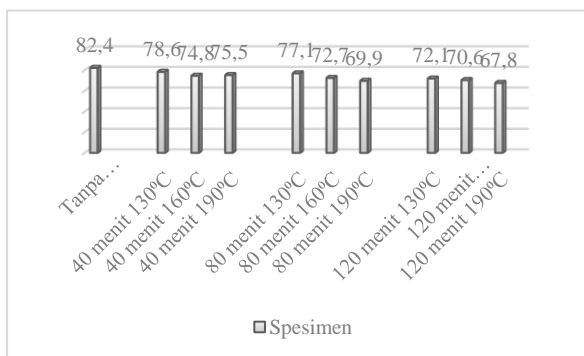
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil kekerasan rata-rata aluminium 2024

Spesimen	Hasil kekerasan rata-rata (HRB)
Al 2024 tanpa perlakuan panas	82,4
Al 2024 aging 130°C waktu tahan 40 menit	78,6
Al 2024 aging 130°C waktu tahan 80 menit	77,1
Al 2024 aging 130°C waktu tahan 120 menit	72,1
Al 2024 aging 160°C waktu tahan 40 menit	74,8
Al 2024 aging 160°C waktu tahan 80 menit	72,7
Al 2024 aging 160°C waktu tahan 120 menit	70,6
Al 2024 aging 190°C waktu tahan 40 menit	75,5
Al 2024 aging 190°C waktu tahan 80 menit	69,9
Al 2024 aging 190°C waktu tahan 120 menit	67,8



Gambar 5. Grafik hasil uji kekerasan aluminium 2024 diurutkan sesuai dengan variasi suhu temperatur *aging*

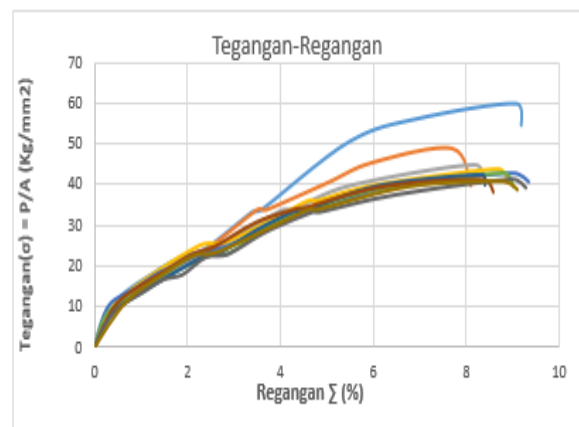


Gambar 6. Grafik hasil uji kekerasan aluminium 2024 diurutkan sesuai dengan variasi waktu tahan *aging*

Dari gambar 5 dan gambar 6 dapat diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata aluminium 2024 tertinggi terdapat pada aluminium 2024 sebelum perlakuan panas sebesar 82,4 HRB dan untuk nilai rata-rata kekerasan aluminium 2024 terendah terletak pada temperatur *aging* 190⁰ C dengan waktu tahan *aging* 120 menit sebesar 67,8 HRB. Dari gambar 5 dan gambar 6 bisa disimpulkan yaitu bertambah tingginya temperatur *aging* dan bertambah lama waktu tahan *aging* bisa menurunkan rata-rata nilai kekerasan aluminium 2024.

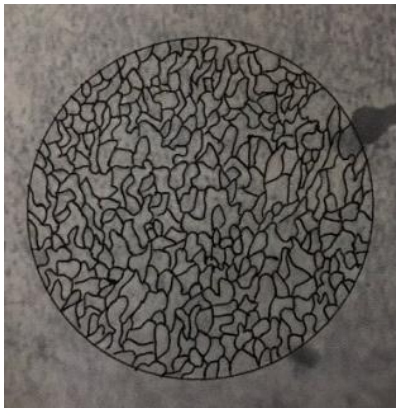
Tabel 2. Hasil pengujian tarik aluminium 2024 dengan semua variasi temperatur dan waktu *aging*

No	Spesiman	Yield Strength, Kg/mm ²	Ultimate Tensile Strength, Kg/mm ²	Beban Putus, Kg/mm ²
1	Tanpa T6	33,70	59,68	54,38
2	130°C 40 menit	33,70	48,71	39,65
3	130°C 80 menit	33,99	45,06	40,22
4	130°C 120 menit	35,97	43,19	41,35
5	160°C 40 menit	34,41	42,94	40,78
6	160°C 80 menit	33,70	42,94	39,65
7	160°C 120 menit	33,70	42,34	39,93
8	190°C 40 menit	34,27	41,27	38,23
9	190°C 80 menit	33,14	41,18	39,08
10	190°C 120 menit	33,70	40,56	38,53

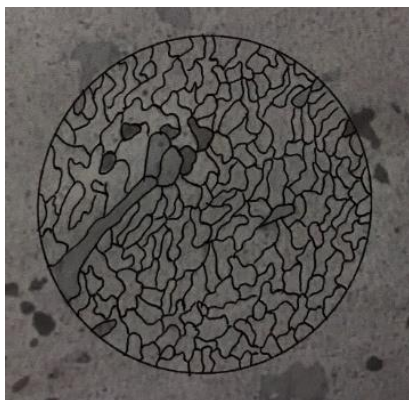


Gambar 7. Grafik tegangan dan regangan uji tarik aluminium 2024 dengan semua variasi temperatur dan waktu *aging*

Dari tabel 2. dan gambar 7. diatas dapat diketahui nilai tarik aluminium 2024 setelah dilakukan proses perlakuan panas nilai tarik aluminium 2024 cenderung semakin menurun dengan semakin tingginya temperatur dan waktu tahan *aging*, nilai tarik tertinggi terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas sebesar 59,68 Kg/mm² dan nilai tarik terendah aluminium 2024 terletak pada temperatur *aging* 190⁰ C dengan waktu tahan 120 menit sebesar 40,56 Kg/mm² .Dari grafik diatas bisa disimpulkan bahwa bertambah tingginya temperatur dan waktu tahan *aging* maka nilai tarik aluminium 2024 akan semakin menurun .



Gambar 8. analisa besar butir aluminium 2024 tanpa perlakuan panas

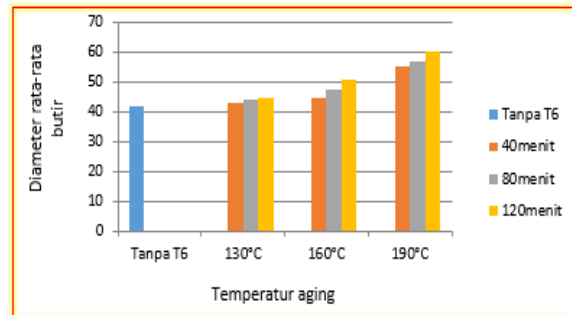


Gambar 9. analisa besar butir aluminium 2024 dengan setelah proses perlakuan panas

Dari analisa gambar foto struktur mikro diatas menggunakan metode *planimetri jefferies* didapatkan rata-rata ukuran besar butir sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil analisa ukuran butir struktur mikro aluminium 2024 sebelum dan sesudah perlakuan panas

No .	Spesimen	Ukuran butir μm
1	Sebelum perlakuan panas	42,2
2	Temperature aging 130°C waktu tahan 40 menit	43,05
3	Temperature aging 130°C waktu tahan 80 menit	44,3
4	Temperature aging 130°C waktu tahan 120 menit	44,5
5	Temperature aging 160°C waktu tahan 40 menit	44,8
6	Temperature aging 160°C waktu tahan 80 menit	47,45
7	Temperature aging 160°C waktu tahan 120 menit	50,85
8	Temperature aging 190°C waktu tahan 40 menit	55,01
9	Temperature aging 190°C waktu tahan 80 menit	56,83
10	Temperature aging 190°C waktu tahan 120 menit	60,47



Gambar 10. Ukuran butir struktur mikro aluminium 2024 sebelum dan sesudah perlakuan panas

Dari tabel 3 dan gambar 10 menunjukkan bahwa ukuran butir struktur mikro aluminium 2024 terbesar terletak pada aluminium 2024 dengan temperatur *aging* 190°C waktu tahan *aging* 120 menit dengan diameter rata-rata ukuran butirnya sebesar 60,47 μm dan diameter butiran terkecil aluminium 2024 terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas dengan diameter rata-rata ukuran butirnya sebesar 42,2 μm .Semakin meningkat temperatur, diameter rata-rata butiran semakin besar dan sifat mekaniknya semakin menurun.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa data pengaruh sebelum dan sesudah perlakuan panas dengan variasi temperatur dan waktu tahan *aging* terhadap

sifat mekanis dan struktur mikro aluminium 2024, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai kekerasan tertinggi aluminium 2024 terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas sebesar 82,4 HRB. Dan nilai kekerasan terendah terletak pada aluminium 2024 sesudah diberi perlakuan panas pada temperatur *aging* 190⁰ C dan waktu *aging* tahan 120 menit sebesar 67,8 HRB. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *aging* dan semakin lama waktu tahan *aging* pada aluminium 2024 dapat menurunkan nilai kekerasan aluminium 2024.
2. Hasil uji tarik tertinggi aluminium 2024 terletak pada material sebelum proses perlakuan panas sebesar 59,68 Kg/mm² dan nilai tarik terendah terletak pada aluminium 2024 dengan temperatur *aging* 190⁰C dengan waktu tahan *aging* 120 menit sebesar 40,56 Kg/mm² . Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *aging* dan semakin lama waktu tahan *aging* dapat menurunkan nilai tarik aluminium 2024.
3. Ukuran butir struktur mikro paling besar terletak pada aluminium 2024 setelah perlakuan panas dengan temperatur *aging* 190⁰C dengan waktu tahan 120 menit ukuran butir rata-rata sebesar 60,47 μ m dan ukuran butir paling kecil terletak pada aluminium 2024 tanpa perlakuan panas ukuran butir rata-rata sebesar 42,2 μ m. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *aging* dan semakin lama waktu tahan *aging* dapat merubah ukuran butir struktur mikro aluminium 2024 semakin besar.
4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aluminium 2024 dengan diberi proses perlakuan dengan variasi temperatur dan waktu *aging* dapat menurunkan sifat

mekanis dan dapat merubah ukuran butir struktur mikro menjadi lebih besar pada aluminium 2024.

REFERENSI

Pandhu Madyantoro Ardi , Athanasius Priharyoto Bayuseno. 2016” PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR TEMBAGA (Cu) TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS MATERIAL CHASSIS BERBAHAN DASAR LIMBAH ALUMINIUM HASIL PENGECORAN HPDC YANG DISERTAI PERLAKUAN PANAS (HEAT TREATMENT)”

R. Bagus Suryasa Majanasastra. 2015” PENGARUH VARIABLE WAKTU(AGING HEAT TREATMENT) TERHADAP”

Suparjo.2011” ANALISA SIFAT FISIS DAN MEKANIS PULLEY HASIL CORAN DENGAN BAHAN TAMBAH PISTON BEKAS”

“Pengetahuan Bahan Teknik. Edisi kelima. Jakarta : Pradya Paramita” Tata Surdia , Shinroku Saito. 1999.

<http://www.scribd.com/doc/25300537/Makalah-Aluminium>. Abdul Hafizh. 2009

ASTM E8/E8M. “Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials”

ASTM E18-17. “Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials ”

ASTM E407-07. “Standard Test Methods for Microetching Metals and Alloy”

ASTM E112-10. “Standard Test Methods for Determining Average Grain Size”