

PENGARUH HEAT TREATMENT DAN QUENCHING TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS ALUMINUM ALLOY 2024-T3

Luqman Hakim Al Baihaqi¹, Bambang Junipitoyo¹, Linda Winiasri¹

¹⁾ Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: luqman.baihaqi98@gmail.com

Abstrak

Aluminum alloy banyak digunakan pada industri manufaktur dirgantara sebagai material struktur pesawat terbang karena memiliki sifat yang ringan namun kuat. Aluminum alloy 2024 sering digunakan pada skin pesawat terbang. Pengujian yang dilakukan dengan cara Aluminum Alloy 2024-T3 di heat treatment pada suhu 100, 150 dan 200 °C dengan waktu tahan 60 menit, 90 menit dan 120 menit kemudian di quenching menggunakan air. Setelah dilakukan heat treatment dan quenching Aluminum Alloy 2024-T3 di uji tarik, uji kekerasan brinell, dan pengamatan struktur mikro dari Aluminum Alloy 2024-T3. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa heat treatment dan quenching pada Aluminum Alloy 2024-T3, diperoleh nilai tensile stress rata-rata tertinggi pada suhu 150 °C dengan waktu tahan 90 menit sebesar 154,52 Mpa, kekerasan rata-rata tertinggi pada suhu 150 °C dengan waktu tahan 120 menit sebesar 95,66 HBW.

Kata Kunci: “Aluminum Alloy 2024”, “heat treatment”, “quenching”

PENDAHULUAN

Penggunaan material struktur pesawat terbang yang ringan sangatlah penting. Pada penerbangan komersial, aluminium digunakan hampir 80% dari keseluruhan penggunaan material struktur. Material aluminium disini tentu berbeda dengan aluminium yang kita temui pada kehidupan sehari-hari pada peralatan dapur maupun dekorasi, aluminium untuk struktur pesawat terbang dipadu dengan beberapa bahan campuran (seperti tembaga, magnesium, seng dan mangan) yang dapat meningkatkan kekuatan, kekakuan serta ketangguhannya.

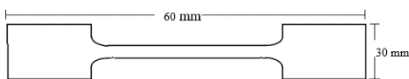
Aluminium murni memiliki kekuatan yang rendah dan hampir tidak digunakan pada aplikasi struktural. Namun, ketika dicampur dengan logam lain sifat-sifatnya mampu ditingkatkan. Tiga kelompok paduan aluminium telah digunakan di industri pesawat selama bertahun-tahun serta

masih berperan penting dalam konstruksi pesawat. Kelompok pertama adalah paduan aluminium dengan tembaga, silikon, mangan dan besi. Komposisi kimia kelompok paduan pertama ini adalah aluminium, 4% tembaga, 0.5% magnesium, 0.5% mangan, 0.3% silikon dan 0.2% besi. Kelompok pertama ini digunakan dalam pembuatan *skin wing* pesawat. Kelompok kedua adalah paduan aluminium dengan 1-2% *nickel* dan kandungan tembaga, *silicon* dan besi yang lebih tinggi. Sifat yang paling penting dari paduan kedua ini adalah kekuatannya pada suhu tinggi sehingga sesuai digunakan untuk pembuatan aero engine dan airframe. Kelompok ketiga adalah paduan aluminium dengan 2.5% tembaga, 5% *zinc*, 3% magnesium dan 1% *nickel*. Kelompok paduan ketiga ini sangat tergantung pada penambahan *zinc*, semakin tinggi jumlah *zinc* maka kekuatannya semakin tinggi. Aluminum alloy 2024 memiliki kandungan 4.4 % *Copper*, 0,8 % *silicon* dan 0.8 % mangan.

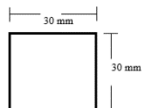
Paduan aluminium 2024 banyak digunakan untuk elemen pada pesawat terbang seperti pada *skin wing* pesawat. Aluminium digunakan untuk bahan pembuatan *skin wing* pesawat karena *ratio strength* dan *weight* yang tinggi. Peningkatan kualitas paduan aluminium ini dapat dilakukan dengan cara perlakuan panas (*heat treatment*). Untuk meningkatkan kualitas paduan aluminium 2024 tersebut dilakukanlah proses *heat treatment*. Terdapat proses perlakuan panas untuk mendapat produk yang diinginkan untuk aplikasi *skin wing* pesawat. Proses terdiri dari, *solution treatment*, *quenching* dan *natural aging*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan material uji berupa aluminum alloy 2024-T3 berbentuk lembaran atau *sheet*, spesimen dibentuk seperti pada gambar 1 untuk uji Tarik, gambar 2 uji mikro dan kekerasan brinell. Suhu yang digunakan 100 °C, 150 °C, 200 °C dengan waktu tahan 60 menit, 90 menit dan 120 menit, setelah dilakukan *heat treatment* kemudian spesimen di *quenching* menggunakan air selama 5 menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tensile stress setiap variasi waktu aging. Pengujian kekerasan brinell dilakukan di tiap-tiap spesimen dengan 3 titik, indentor yang digunakan berukuran 2.5 mm dengan beban 62.5 kgf, hasil yang didapat berupa panjang indentasi kemudian dimasukkan ke mesin uji kekerasan brinell, sehingga diperoleh nilai kekerasan (HBW). Sebelum dilakukan pengujian mikro permukaan spesimen di amplas terlebih dahulu kemudian di etsa.



Gambar 1. Spesimen Pengujian Tarik



Gambar 2. Spesimen kekerasan Brinell dan Struktur mikro

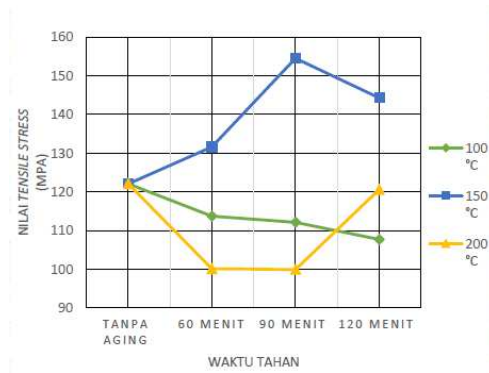
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik pada tabel 1 menunjukkan nilai *tensile stress* yang dihasilkan tiap suhu berbeda-beda karena perubahan nilai struktur mikro yang terjadi selama *heat treatment*. Hasil penelitian Nilai *tensile stress* pada aluminum alloy 2024-T3 adalah 122,07 Mpa, dan nilai *tensile stress* tertinggi didapatkan pada suhu *heat treatment* 150 °C dengan waktu tahan 90 menit. Gambar 3 merupakan hasil tensile stress yang ditampilkan dalam bentuk grafik.

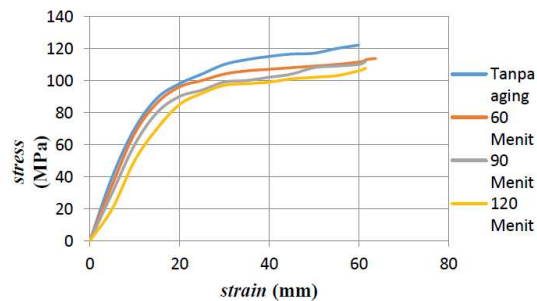
Tabel 1 Data rata-rata tensile stress dan regangan

Suhu (°C)	Variasi waktu (menit)	<i>Force</i> @ <i>Peak</i> (N)	<i>Tensile stress</i> (Mpa)	Rata-rata regangan (%)
100	Tanpa aging	4760,8	122,07	1,6
	60	4607,82	113,72	3,8
	90	4373,77	112,15	1,6
	120	4199,86	107,69	1,6
150	60	5132,15	131,59	1,6
	90	6026,51	154,52	1,06
	120	5626,4	144,27	1,06
200	60	3905,66	100,14	2,7
	90	3896,51	99,91	1,6
	120	4701,96	120,57	1,06



Gambar 3. Grafik hasil uji Tarik

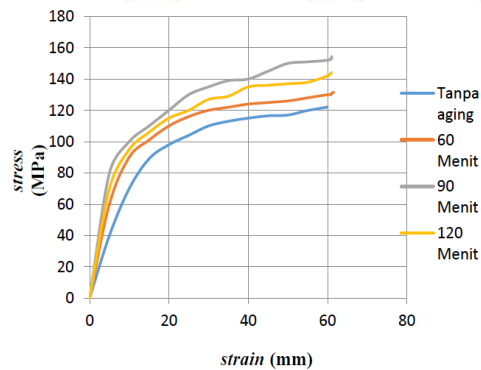
Pada gambar 4 merupakan hasil grafik *stress – strain* antara spesimen tanpa *aging* dengan spesimen yang di *heat treatment* pada suhu 100 °C menggunakan waktu tahan 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Grafik tersebut menunjukkan perbedaan titik yang mengalami perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 102 MPa, 100 MPa, 94 MPa, dan 92 MPa. Sedangkan nilai *tensile stress*, yaitu merupakan titik akhir pengujian tarik yang ditandai dengan perpatahan berada pada nilai 122,07 MPa, 113,72 MPa, 112,15 MPa dan 107,69 MPa. Pada gambar 4 menunjukkan nilai tensile stress tertinggi didapatkan oleh spesimen tanpa di lakukan *heat treatment* dibandingkan dengan spesimen yang di *heat treatment* di suhu 100 °C dengan waktu tahan 60 menit 90 menit maupun 120 menit.



Gambar 4. Grafik *stress-strain* suhu 100 °C

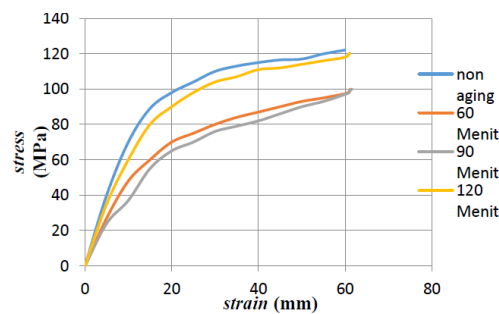
Pada gambar 5 merupakan hasil grafik *stress – strain* antara spesimen tanpa *aging* dengan spesimen yang di *heat treatment* pada suhu 150 °C menggunakan waktu tahan 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Dari grafik tersebut menunjukkan titik yang mengalami perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 102 MPa, 116 MPa, 130 MPa, dan 120 MPa. Sedangkan nilai *tensile stress*, yaitu merupakan titik akhir pengujian tarik yang ditandai dengan perpatahan berada pada nilai 122,07 MPa, 131,59 MPa, 154,52 MPa dan 144,27 MPa. Pada gambar

5 spesimen yang di *heat treatment* pada suhu 150 °C dengan waktu tahan 90 menit memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan spesimen tanpa di lakukan *heat treatment* dan di *heat treatment* di suhu 150 °C dengan waktu tahan 60 menit dan 120 menit.



Gambar 5. Grafik *stress-strain* suhu 150 °C

Pada gambar 6 merupakan hasil grafik *stress – strain* antara spesimen tanpa *aging* dengan spesimen yang di *heat treatment* pada suhu 200 °C menggunakan waktu tahan 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Dari grafik tersebut menunjukkan titik yang mengalami perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis berada pada nilai 102 MPa, 73 MPa, 68 MPa, dan 98 MPa. Sedangkan nilai *tensile stress*, yaitu merupakan titik akhir pengujian tarik yang ditandai dengan perpatahan berada pada nilai 122,07 MPa, 100,14 MPa, 99,91 MPa dan 120,57 MPa. Pada grafik ini spesimen yang tidak dilakukan *heat treatment* memiliki nilai kekerasan tertinggi dibandingkan dengan yang di *heat treatment* di suhu 200 °C dengan waktu tahan 60 menit, 90 menit dan 120 menit.



Gambar 6. Grafik *stress-strain* suhu 200 °C

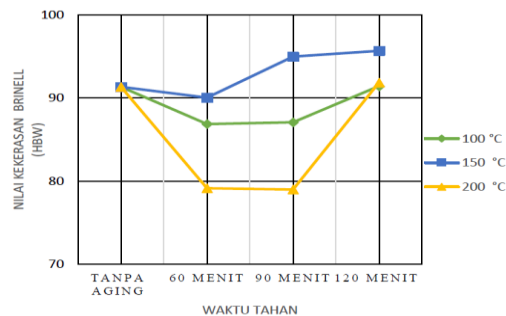
Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Nilai kekerasan aluminum alloy 2024 yang telah di *heat treatment* ditunjukkan pada tabel 2. Nilai kekerasan aluminum alloy 2024-T3 adalah 91.327 HBW. Pada suhu 100 °C dengan waktu tahan

60, 90, 120 menit mengalami penurunan menjadi 86,853 HBW, 87,053 HBW, 91,413 HBW. Pada suhu 150 °C dengan waktu tahan 60 menit mengalami penurunan kekerasan menjadi 90,03 HBW, namun pada suhu 150 °C dengan waktu tahan 90 dan 120 menit mengalami kenaikan kekerasan menjadi 94,96 HBW, 95,66 HBW. Pada suhu 200 °C dengan waktu tahan 60 dan 90 menit mengalami penurunan kekerasan menjadi 79,143 HBW dan 78,983 HBW. Sedangkan pada suhu 200 °C dengan waktu tahan 120 menit mengalami kenaikan kekerasan tetapi tidak signifikan menjadi 91,843 HBW. Hasil pengujian kekerasan brinell spesimen yang di *heat treatment* pada suhu 150 °C dengan waktu tahan 120 menit mempunyai nilai kekerasan paling besar yaitu 95,66 HBW. Gambar 7 merupakan hasil kekerasan uji brinell yang ditampilkan dalam bentuk grafik.

Tabel 2 data rata-rata uji kekerasan brinell

Suhu (°C)	Variasi waktu (menit)	Kekerasan Brinell (HBW)
Tanpa Aging		91,327
100	60	86,853
	90	87,053
	120	91,413
150	60	90,03
	90	94,96
	120	95,66
200	60	79,143
	90	78,983
	120	91,843

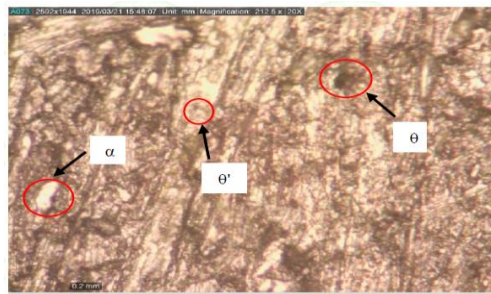


Gambar 7 Grafik hasil pengujian kekerasan brinell

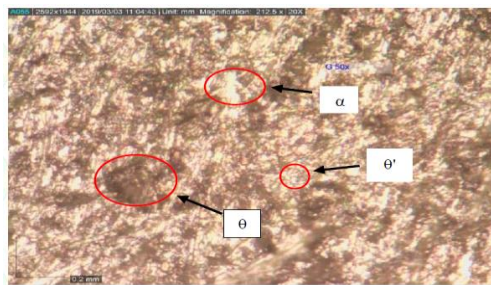
Hasil Pengujian Struktur Mikro

Dari gambar struktur mikro didapatkan daerah berwarna gelap, butiran berupa titik-titik hitam dan daerah terang. Menurut Zainul huda (2008) daerah berwarna terang merupakan daerah fasa α , daerah butiran berwarna gelap merupakan daerah presipitat θ' , sedangkan daerah berwarna gelap merupakan daerah fasa θ .

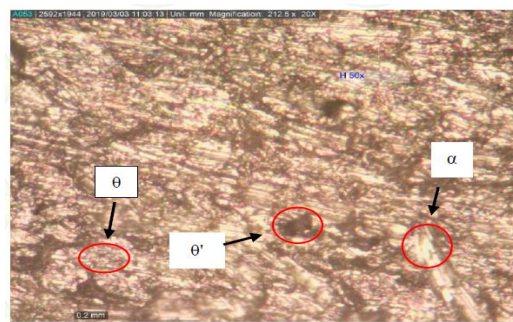
Pada struktur mikro yang tidak di lakukan heat treatment fasa α menyebar lebih merata. Semakin tinggi suhu heat treatment dan semakin lama waktu tahan heat treatment menyebabkan sturktur mikro yang dihasilkan lebih banyak presipitat θ' , seperti pada suhu 150 °C dengan waktu tahan 90 menit dan 120 menit yang merapatnya presipitat θ' . Pada suhu 200 °C dengan waktu tahan 60, 90, dan 120 menit terjadi over aging terlihat dari struktur yang kembali meregang.



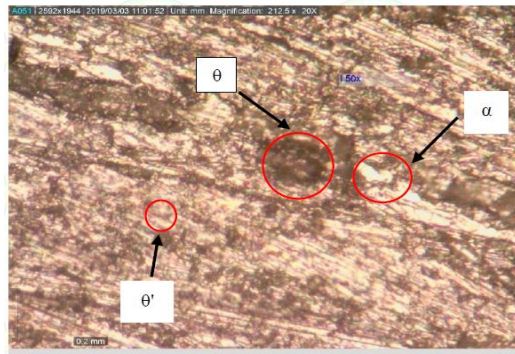
Gambar 8 Spesimen tanpa perlakuan panas



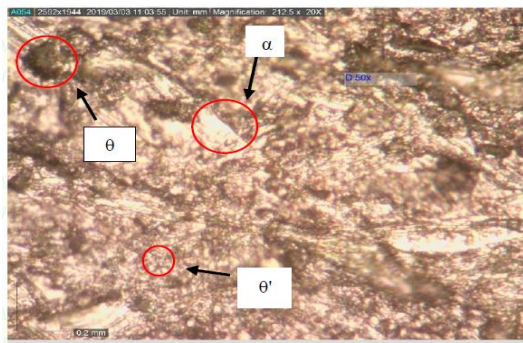
Gambar 9 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 100 °C waktu tahan 60 Menit



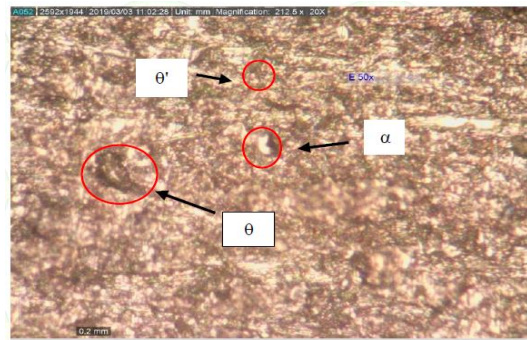
Gambar 10 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 100 °C waktu tahan 90 Menit



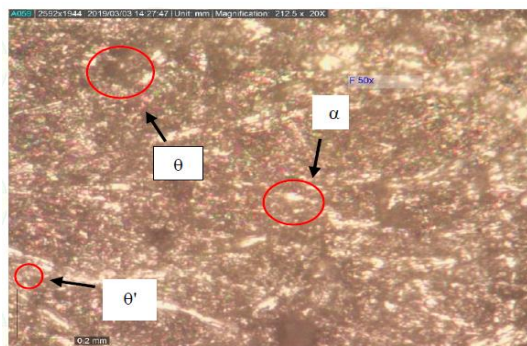
Gambar 11 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 100 °C waktu tahan 120 Menit



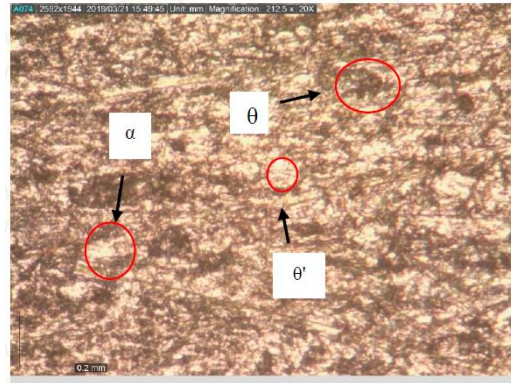
Gambar 12 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 150 °C waktu tahan 60 Menit



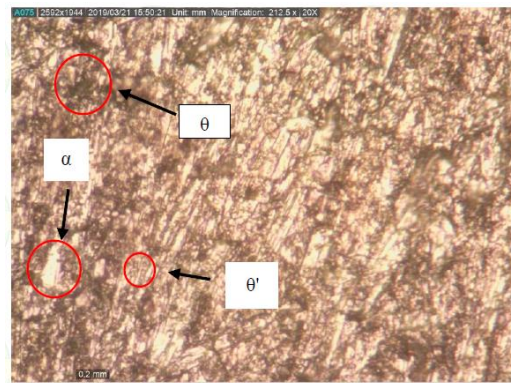
Gambar 13 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 150 °C waktu tahan 90 Menit



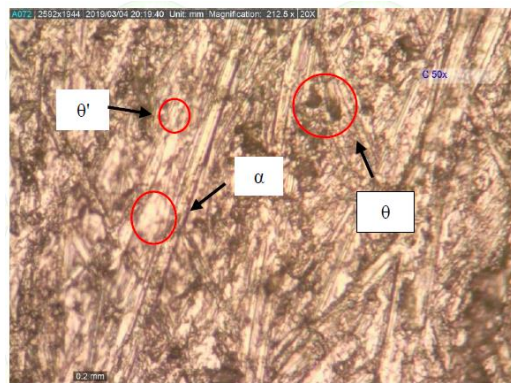
Gambar 14 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 150 °C waktu tahan 120 Menit



Gambar 15 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 200 °C waktu tahan 60 menit



Gambar 16 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 200 °C waktu tahan 90 menit



Gambar 17 Spesimen di *heat treatment* dengan suhu 200 °C waktu tahan 120 menit

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari pengujian Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian *heat treatment* tidak ada perubahan sifat fisis seperti perubahan panjang ataupun lebar spesimen.
2. Nilai tensile stress tertinggi terdapat pada spesimen dengan suhu *heat treatment* pada suhu 150 °C dan waktu tahan 90 menit kemudian di *quenching* menggunakan air.

3. Aluminum alloy 2024-T3 di *heat treatment* pada suhu 150 °C dan waktu tahan 120 menit dan di *quenching* menggunakan air menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada pengujian ini.
4. Hasil pengujian struktur mikro pada aluminum alloy 2024-T3 semakin rapat struktur mikro akan mempengaruhi hasil uji tarik dan hasil uji kekerasan.

DAFTAR PUSTAKA

Caesarti, Astri Widya. 2018. Pengaruh Aging dan Cladding Pada Paduan Alumium 2024 Terhadap Sifat Mekanik Konduktivitas Listrik dan Ketahanan Korosi Untk Aplikasi Skin Wing Pesawat. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Hariyadi, Setyo . 2017. *Aircraft Material*. Surabaya. Aviation Polythectnic Of Surabaya.

Huda, Zainul, Nur Iskandar Taib and Tuan Zaharinie. 2008. *Characterization of 2024-T3: An Aerospace Aluminum Alloy*. Kuala lumpur. *ScienceDirect*

Reis D.A.P and Counto A.A. et.al. 2012. *Effect of Artificial Aging on Mechanical Properties of an Aerospace Aluminum Alloy 2024*.

Ipran, Fransiskus. 2007. Pengaruh Aging Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Paduan Aluminum. Yogyakarta. Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

FAA, 2008. *Aviation Maintenance Technician Handbook General Chapter 5*.

ASM INTERNATIONAL, 1991. *ASM Handbook Volume 4 Heat Treating*.