

# **Pengaruh Proses Thermo Mechanical Treatment (TMT) terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Korosi Tegangan Aluminium AA 2024**

Qamaruddin

Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam "45" (UNISMA) Bekasi 17113

[Qomarq2010@gmail.com](mailto:Qomarq2010@gmail.com)

## **Abstrak**

*Proses pengerasan presipitasi adalah salah satu metode untuk meningkatkan kekuatan material. Dalam penelitian ini ditunjukkan bahwa prinsip tersebut dapat diterapkan pada paduan Aluminium AA 2024 yaitu dengan menerapkan proses TMT yang merupakan gabungan antara perlakuan panas (heat treatment) dan proses deformasi (mechanical treatment). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan proses TMT, sifat mekanik Aluminium AA 2024 dapat ditingkatkan. Secara kualitatif, material hasil TMT masih tahan terhadap korosi tegangan dalam salt spray chamber (kadar NaCl 5%) dengan beban 174,55 MPa dan lama pengujian 30 hari*

## **Abstract**

*One of method to improve the strength of material is by precipitation hardening. In this research, the method is applied to Aluminum alloy AA 2024 through Thermo-mechanical Treatment (TMT) process which is a combination of heat treatment and mechanical deformation processes. The research shows that the mechanical properties of material Aluminum AA 2024 increase remarkably. The material as a result of this TMT has also qualitatively resistance to stress corrosion under test in salt spray chamber (NaCl 5%), loading 174.55 MPa and 30 days exposure.*

**Keywords:** *Precipitation hardening, Thermo-mechanical Treatment (TMT), Stress corrosion*

## **1. PENDAHULUAN**

Salah satu metode meningkatkan kekuatan material adalah dengan proses pengerasan presipitasi. Umumnya metode ini diterapkan pada paduan aluminium seri 2xxx, 6xxx dan 7xxx.

Pada penelitian ini prinsip pengerasan presipitasi itu diterapkan pada paduan aluminium AA 2024 yang merupakan material yang banyak digunakan pada pesawat terbang.

Proses dengan memanfaatkan pengerasan presipitasi itu merupakan gabungan antara perlakuan panas (heat treatment) dan proses deformasi (mechanical treatment) atau disingkat dengan Thermomechanical Treatment (TMT).

Selanjutnya, selain diharapkan terjadi peningkatan sifat mekanik, dengan proses TMT ini juga material diinginkan memiliki ketahanan korosi tegangan yang baik.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan sebagai berikut:

### 1) Penyiapan spesimen

Penyiapan spesimen untuk proses TMT adalah sebagai berikut:

Panjang= 125 mm, lebar = 15 mm, tebal= 0,8 mm, jumlah = 20 spesimen, arah pengerolan adalah longitudinal (arah memanjang)

### 2) Proses Thermomechanical Treatment

Proses TMT yang dilakukan adalah dengan memanaskan material pada temperatur 500<sup>0</sup>C, ditahan 30 menit (tahap ini dinamakan Solution Treatment ,ST) kemudian dicelup cepat (WQ, Water Quenching); lalu artificial aging (AA) tahap I pada 150<sup>0</sup>C, ditahan 15 menit, celup cepat; AA tahap II pada 180<sup>0</sup>C, ditahan 15 menit, celup cepat; cold worked, AA tahap III pada 150<sup>0</sup>C, celup cepat.

Reduksi pengerolan adalah 2%, 3% dan 5%. Waktu aging tahap III adalah 200 menit, 300 menit dan 1000 menit untuk masing-masing reduksi pengerolan dingin.

Untuk proses T3, setelah Solution Treatment (ST) material dirol dingin dengan reduksi 3%.

Proses T4, setelah ST, material di natural aging.

### 3) Uji tarik dan kekerasan.

Setelah proses TMT selesai dilakukan uji tarik dan kekerasan. Pengujian tarik menggunakan standar ASTM E 8-81 dan pengujian kekerasan memakai Micro Hardness dengan beban 300 gram. Pada uji kekerasan setiap spesimen dilakukan 5 kali pengukuran, kemudian diambil harga rata-ratanya.

### 4) Uji Korosi Tegangan

Pengujian korosi tegangan menggunakan standar ASTM G 39-79 dengan “four point”. Penentuan beban yang bekerja dihitung dengan data-data :  $E = 7 \cdot 10^4$  MPa,  $t = 0,8$  mm,  $H = 123$  mm,  $A = 41,5$  dan  $y = 10$  mm, diperoleh  $\sigma = 174,55$  MPa.

Selanjutnya pengujian dalam salt spray chamber dilakukan sesuai standar ASTM B 117-73 dengan data-data:  $T = 35$  °C (+1,1 – 1,7 °C), kelembaban = 95 – 98%, kabut = 5% berat NaCl + 95% berat aquades dengan pH antar 6,5 dan 7,2. Tekanan 69 – 172 kPa, posisi spesimen 15 – 30 derajat dari vertikal , lama pengujian 30 hari..

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data hasil pengujian tarik dan kekerasan disajikan dalam bentuk grafik-grafik pada

Gambar 1, 2 dan 3. Dan hasil-hasil uji korosi tegangan dan metalografi ditampilkan dalam foto-foto pada Gambar 4 sampai 6.

Secara keseluruhan hasil proses TMT telah meningkatkan sifat mekanik Aluminium AA 2024 dibandingkan yang diproses secara T3 dan T4, kecuali pada reduksi 2 % dan waktu aging 1000 menit.

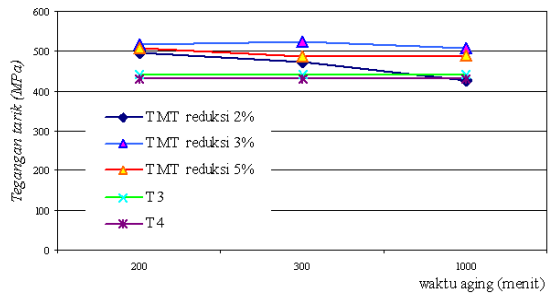
Hal ini makin mempertegas telaah teoritis seperti yang telah dikemukakan sebelumnya. Mekanisme peningkatan kekuatan dan kekerasan paduan aluminium ini lazim disebut “precipitation hardening”. Hal ini terlihat jelas pada reduksi 3% dan waktu aging 300 menit. Data percobaan ini juga memperteguh hasil penelitian sebelumnya [1] bahwa proses TMT yang optimum diperoleh pada reduksi 3% dan waktu aging 300 menit.

Pada reduksi 2% dan waktu aging 1000 menit terjadi penurunan kekuatan yang drastis. Hal ini disebabkan karena kondisi ini sudah “over aging”. Di samping itu reduksi 2% masih relatif rendah untuk meningkatkan kerapatan dislokasi.. Akibatnya hanya sedikit presipitat yang menempati dislokasi-dislokasi. Dengan demikian efek pengerasan presipitasi relatif kecil juga.

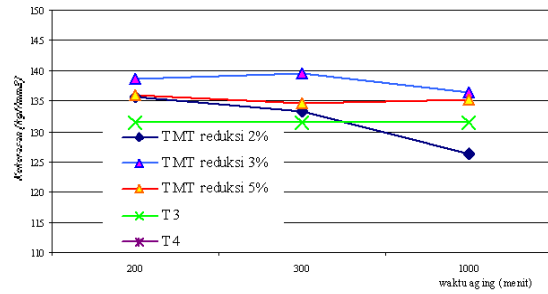
Perpanjangan (elongation) hasil proses TMT ini cukup baik yaitu antara 15,23 dan 16,20 persen. Perpanjangan maksimum didapat pada reduksi 2% dengan waktu aging 1000 menit; perpanjangan minimum diperoleh pada reduksi 5% dan waktu aging 200 menit. Bila elongasi hasil TMT ini dibandingkan dengan proses T2351 yang 12% serta kekuatan tarik 441 MPa, maka dapat dikatakan elongasi hasil TMT ini masih dalam daerah yang wajar. Dan memang tujuan TMT itu sendiri yaitu meningkatkan sifat material Aluminium AA 2024. Untuk waktu aging yang sama terlihat bahwa semakin tinggi reduksi pengerolan, semakin rendah perpanjangannya. Hal ini akibat adanya fenomena pengerasan regangan.

Dari hasil uji korosi tegangan terlihat bahwa spesimen mengalami korosi pitting dan korosi batas butir seperti diperlihatkan pada Gb.4 sampai Gb.6. Korosi pitting ini terjadi karena spesimen ditempatkan dalam lingkungan yang agresif (kabut larutan NaCl); sedangkan korosi batas butir terjadi karena batas butir memiliki energi yang tinggi. Spesimen yang diproses dengan TMT lebih peka terhadap korosi batas butir karena adanya presipitat.

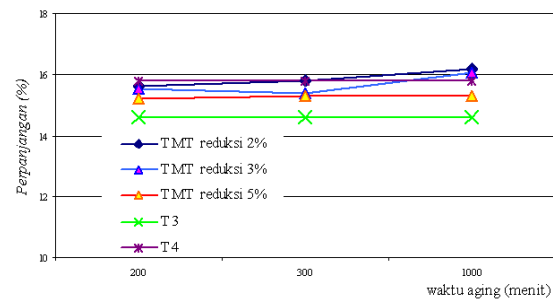
Pada permukaan ketiga spesimen tidak terdapat adanya retakan. dengan demikian belum terjadi retakan korosi tegangan (Stress Corrosion Cracking). Hal ini karena arah tegangan tarik searah dengan serat butir. Selain itu tegangan yang diberikan masih relatif rendah



Gb..1 Pengaruh waktu aging tahap III (pada 150 0C) terhadap kekuatan



Gb..2 Pengaruh waktu aging tahap III (pada 150 0C) terhadap kekerasan



Gb..3 Pengaruh waktu aging tahap III (pada 150 0C) terhadap perpanjangan



Gb.5 Spesimen T3



Gb.5a Penampang A-A (40x)  
Korosi Pitting



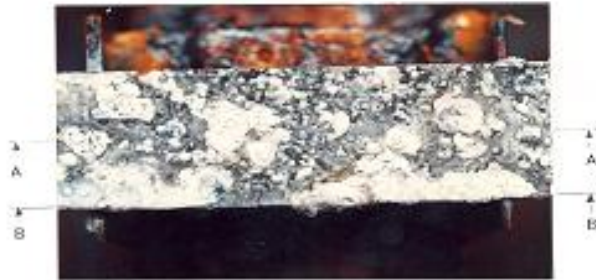
Gb.5b Struktur mikro penampang A-A (320x)  
Korosi batas butir



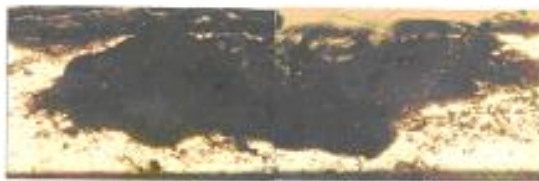
Gb.5c Struktur mikro penampang A-A (320x)  
Di tempat lain

TABEL I  
PERBANDINGAN HASIL UJI MEKANIK PROSES TMT OPTIMUM, T3 DAN T4

Proses	$\sigma_u$ (MPa)	$\sigma_y$ (MPa)	e (%)	VHN
TMT <sub>optimum</sub>	522,1	353,4	15,40	139,6
T3	440,2	312,0	14,58	131,0
T4	429,5	257,7	15,80	125,8



Gb 4 Spesimen TMT optimum



Gb 4.a Penampang B-B (40x)  
Korosi Pitting



Gb 4b Struktur mikro penampang B-B (320x)  
Korosi batas butir



Gb 4c Struktur mikro penampang B-B (320x)  
Di tempat lain



Gb 4d Penampang A-A (40x)  
Korosi Pitting



Gb 4e Struktur mikro penampang A-A (320x)  
Korosi batas butir



Gb 6 Spesimen T4



Gb 5d Penampang B-B (40x)  
Korosi Pitting



Gb 5e Struktur mikro penampang B-B (320x)



Gb 6a Penampang B-B (40x)  
Korosi Pitting



Gb 6b Struktur mikro penampang B-B (320x)



Gb 6c Struktur mikro penampang B-B (320x)  
Di tempat lain



Gb 6d Penampang A-A (320x)  
Korosi Pitting



Gb 6e Struktur mikro penampang A-A (320x)  
Korosi batas butir

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil-hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut:

1. Dengan proses thermomechanical treatment (optimum), sifat mekanik Aluminium AA 2024 dapat ditingkatkan menjadi:

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 522,1 \text{ MPa (62 kgf/mm}^2\text{)} \\ \sigma_y &= 353,4 \text{ MPa (50 kgf/mm}^2\text{)} \\ e &= 15,4 \% \\ \text{VHN} &= 139,6 \text{ kgf/mm}^2\end{aligned}$$

2. Secara kualitatif ketiga spesimen yaitu Aluminium AA 2024 TMT-optimum, AA 2024-T3 dan AA 2024-T4 masih tahan terhadap korosi tegangan dalam salt spray chamber (kadar NaCl 5%) dengan beban 174,55 MPa dan lama pengujian 30 hari.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Adi,N., "Pengaruh Proses Thermomechanical Treatment Terhadap Sifat Mekanik Aluminium AA 2024", Tugas Sarjana, Jurusan Mesin ITB, 1991
- [2] ASM, Metal Handbook, Vol.I, *Properties and Selection of Metal, American Society for Metals, 8th ed.*, Ohio, 1973
- [3] Altenpohl,D., "Aluminum viewed from Within", Aluminum Verlag, Dusseldorf, 1982
- [4] Siswosuwarno, M., "Korelasi Antara Sifat Mekanik dengan Transformasi Fasa", Lab.Thermodinamika, PAU ITB, Bandung, 1988.
- [5] Robertson,W.D., "Stress Corrosion Cracking and Embrittlement", John Wiley, New York, 1956.
- [6] Schjive,J., "Lecture Notes on Fatigue, Static Tensile Strength and Stress Corrosion of Aircraft Materials and Structures", Delft University of Technology, October 1982, 74-87.
- [7] Dieter, G.E., "Mechanical Metallurgy", Third Edition, Mc Graw-Hill, Singapore, 1986.
- [8] AGARD no.53, *Engineering Practices to avoid Stress Corrosion Cracking*, Advisory Group for Aerospace Research and Development, February 1970.
- [9] AGARD no.278, *Aircraft Corrosion: Causes and Case Histories*, Advisory Group for Aerospace Research and Development, July 1985,127-164.
- [10]AGARD no.98, *Specialist Meeting on Stress Corrosion Testing Methods*, Advisory Group for Aerospace Research and Development, January 1972.
- [12]Courtney,T.H., "Mechanical Behavior of Materials", Mc Graw-Hill, Singapore, 1990.
- [13] ASM, Metal Handbook, Vol.II, *Heat Treating, Cleaning and Finishing*, American Society for Metals, 8th ed., Ohio, 1964

### *Daftar istilah dan simbol*

ST = Solution treatment, pemanasan pada 500<sup>0</sup>C ditahan selama 30 menit

WQ = Water quenching, celup cepat

AA= Artificial aging

NA = Natural aging, didinginkan di udara

CW = Cold worked , dirol dingin

TMT = Themomechanical treatment (ST→ WQ→ AA I →AA II → CW→ AA III)

T3 = ST→ WQ→ CW→NA

T4 = ST →WQ→NA

$\sigma_u$  = kekuatan tarik material (Ultimate tensile strength)

$\sigma_y$  = kekuatan luluh material (Yield strength)