

## Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Tegangan Dan Keuletan Aluminium Paduan 6082

Nopryandi<sup>1</sup>, Asyari Daryus<sup>1\*</sup>, Trisna Ardi Wiradinata<sup>1</sup>, Didik Sugiyanto<sup>1</sup>, Chandra Laksana Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada Jakarta

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada, (Mahasiswa)

Jl. Taman Malaka Selatan No. 22, Pondok Kelapa, Duren Sawit, DKI Jakarta, Indonesia 13450

\*Koresponden : [asyaridaryus01@gmail.com](mailto:asyaridaryus01@gmail.com)

### Abstrak

Telah dilakukan percobaan perlakuan panas pada aluminium paduan 6082 untuk mempelajari sifat mekaniknya berupa tegangan dan keuletannya. Percobaan dilakukan pada berbagai temperatur pemanasan, yaitu 235<sup>o</sup> C, 250<sup>o</sup> C, 265<sup>o</sup> C dan 280<sup>o</sup> C. Hasil percobaan kemudian dibandingkan dengan percobaan dengan proses penuaan buatan (artificially aging). Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa tegangan maksimum atau kekuatan tarik maksimum meningkat pada proses pemanasan dan paling tinggi diperoleh pada temperatur pemanasan 250<sup>o</sup> C, sementara pada proses penuaan buatan kekuatan tarik maksimum bahan berkurang dari kekuatan tarik maksimum awal. Selanjutnya diperoleh bahwa keuletan bahan pada proses pemanasan meningkat dan maksimal terjadi pada temperatur 250<sup>o</sup> C, sementara untuk proses penuaan buatan, keuletan maksimal terjadi pada temperatur penuaan 200<sup>o</sup> C. Dari penelitian ini diperoleh bahwa kenaikan keuletan bahan lebih cepat terjadi pada proses penuaan buatan.

**Kata kunci:** Aluminium 6082, Perlakuan panas, Kekuatan tarik maksimum, Keuletan

### Abstract

The heat treatments have been done to aluminum alloy 6082 to investigate its mechanical properties, i.e. ultimate strength and ductility. The experiments were done in various temperatures, i.e. 235<sup>o</sup> C, 250<sup>o</sup> C, 265<sup>o</sup> C and 280<sup>o</sup> C. The results than compared to the artificial aging. It is found that ultimate strength increases in the heat treatment and highest value found on temperature 250<sup>o</sup> C. Meanwhile in artificially aging processes, the ultimate strength decrease when temperature increase. For the ductility, its values increase when the temperature increase for heat treatment process and the maximum value found also in temperature 250<sup>o</sup> C, meanwhile in artificially aging process, the highest value found in temperature 200<sup>o</sup> C. The artificially aging process can result high ductility with lower temperature than that of heat treatment process.

**Keywords:** Aluminium 6082, Heat treatment, Ultimate tensile strength, Ductility

### 1. Pendahuluan

Aluminium adalah termasuk jenis logam yang sangat luas diaplikasikan dalam berbagai bidang, terutama di bidang teknik, seperti konstruksi, otomotif, kapal, pesawat udara, komponen mesin, dan sebagainya [1-3]. Sifat-sifat baik dari aluminium ini yang menjadi alasan logam ini banyak digunakan, antara lain: kerapatan rendah/ringan, ketahanan korosi yang tinggi, kemudahan dalam membuat penampang yang rumit, kekuatan tinggi dalam bentuk paduan, dan sebagainya [1-5].

Dalam pemakaian, sering dibutuhkan aluminium dengan sifat yang lebih baik, seperti dalam hal kekuatan kekerasan, keuletan dan sebagainya. Pada prinsipnya, sifat mekanik suatu logam akan mengalami perubahan ketika struktur mikronya mengalami perubahan, sehingga biasanya peningkatan sifat-sifat logam dilakukan dengan merubah struktur mikronya. Salah satu metode merubah struktur mikro logam adalah dengan memberikan perlakuan panas pada logam tersebut [5]. Cara ini juga dapat dilakukan pada aluminium, yaitu untuk jenis aluminium yang dapat diberikan perlakuan panas. Dalam perlakuan panas, variabel yang berperan adalah temperatur pemanasan, lamanya proses pemanasan dan laju pendinginan.

Seputro [5] dalam penelitiannya, yaitu mencari pengaruh perlakuan panas terhadap struktur mikro dan kekerasan pelat komposit aluminium 2075, dimana ia melakukan proses aging pada aluminium dengan berbagai variasi temperatur dan waktu pemanasan kemudian melakukan analisa struktur mikro dan kekerasan.

Hasil yang didapatkan semakin tinggi temperatur pemanasan dan waktu *aging* maka kekerasan makin tinggi dan ukuran butir semakin kecil. Sementara itu Toric, dkk [4] dalam penelitiannya menganalisa sifat paduan aluminium paduan EN 6082AW T6 pada temperatur tinggi. Sifat yang dianalisa adalah sifat mekanik dan *creep* bahan. Toric memperoleh hasil bahwa interval temperatur kritis *creep* terletak antara 200<sup>0</sup> C-300<sup>0</sup> C, dan sifat-sifat mekanik memenuhi proposal Eurocode 9, serta model analisa *creep* cukup akurat untuk hasil uji *creep*.

Apakah sifat mekanik aluminium seperti kekuatan tarik maksimum dan keuletan bila diberikan perlakuan panas menjadi lebih baik juga? Umumnya peningkatan kekuatan material aluminium dilakukan dengan memberikan perlakuan penuaan buatan (*artificial aging*) dimana proses ini dapat memberikan peningkatan kekuatan yang cukup signifikan terhadap aluminium. Proses ini membutuhkan dua tahapan, yaitu pemanasan dengan diikuti pendinginan cepat dan selanjutnya proses pemanasan pada temperatur yang lebih rendah dengan waktu tertentu. Proses penuaan buatan memerlukan proses yang lebih panjang daripada perlakuan panas biasa, dimana pada proses penuaan dilakukan dalam 2 tahapan proses, yaitu *solution heat treating* dan *artificially aging*, sementara perlakuan panas biasa cukup dengan proses pemberian panas ke temperatur tertentu kemudian didinginkan ke temperatur ruang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap sifat mekanik pada bahan aluminium 6082, yaitu kekuatan tarik maksimum dan keuletan, tanpa proses penuaan buatan dan membandingkan hasilnya dengan proses penuaan buatan untuk melihat perbedaan besar persentase peningkatan kekuatannya.

## 2. Metodologi

Material uji adalah pelat aluminium 6082 dengan ketebalan 1 mm, yang dipotong mengikuti standar ASTM E8M-04. Standar komposisi kimia untuk aluminium 6082 dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk sifat fisika diberikan oleh Tabel 2.

Tabel 1 Komposisi kimia paduan aluminium 6082 (wt%). [6]

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Lainnya
0,7-1,3	0,5 maks	0,1 maks	0,4-1,0	0,6-1,2	0,2 maks	0,1 maks	0,25 maks	0,15 maks

Tabel 2 Sifat Fisika paduan aluminium 6082. [6]

Kerapatan (gm/cc)	Modulus Young (GPa)	Kekuatan Tarik Maksimum (MPa)	Tegangan luluh (MPa)
2,71	71	140-330	260

Material uji diberi perlakuan panas dengan memanaskan di dapur pemanas selama dua jam untuk berbagai temperatur, yaitu 235<sup>0</sup> C, 250<sup>0</sup> C, 265<sup>0</sup> C dan 280<sup>0</sup> C, dan kemudian didinginkan di udara hingga temperatur ruang.

Material uji yang sudah dipanaskan diberikan uji tarik sampai putus untuk mendapatkan kurva tegangan-regangan. Data uji tarik kemudian diolah untuk mendapatkan tegangan, regangan dan modulus elastisitas. Tegangan tarik dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

dan regangan dihitung dengan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \quad (2)$$

sementara Modulus elastisitas dihitung dengan:

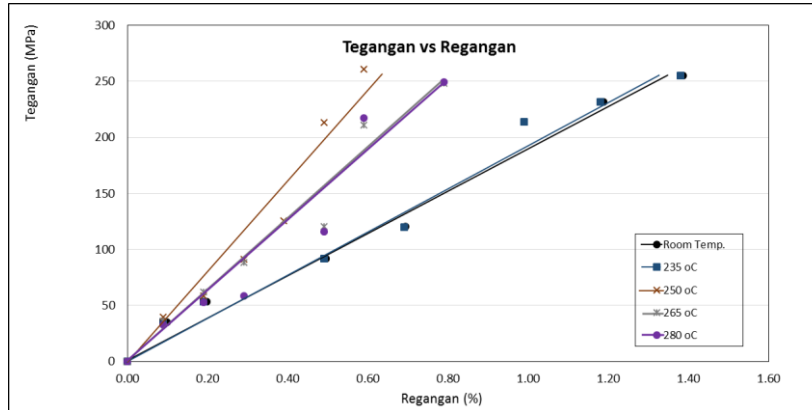
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

dimana  $\sigma$  adalah tegangan (N/mm<sup>2</sup>),  $P$  adalah gaya tarik (N),  $A_0$  adalah luas penampang (mm<sup>2</sup>),  $\varepsilon$  adalah regangan,  $L_1$  adalah panjang material uji setelah uji tarik (mm),  $L_0$  adalah panjang material uji sebelum uji tarik (mm) dan  $E$  adalah modulus elastisitas (N/mm<sup>2</sup> atau MPa).

## 3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil percobaan untuk tegangan-regangan pada daerah elastis dengan berbagai suhu perlakuan panas ditunjukkan oleh Gambar 1. Terlihat bahwa pada temperatur pemanasan 235<sup>0</sup> C bahan tidak mengalami perubahan sifat mekanik yang berarti bila dibandingkan dengan kondisi tanpa pemanasan. Ketika suhu

pemanasan dinaikkan ke temperatur 250<sup>0</sup> C, kemiringan kurva meningkat, atau dengan kata lain kurva semakin curam. Dan untuk temperatur di atas 250<sup>0</sup> C, yaitu 265<sup>0</sup> C dan 280<sup>0</sup> C, kemiringan kurva kembali melandai. Untuk temperatur pemanasan 265<sup>0</sup> dan 280<sup>0</sup> C kemiringan kurva keduanya hampir sama. Dapat disimpulkan bahwa ternyata perlakuan panas pada temperatur 250<sup>0</sup> C memberikan kemiringan kurva yang paling tinggi.

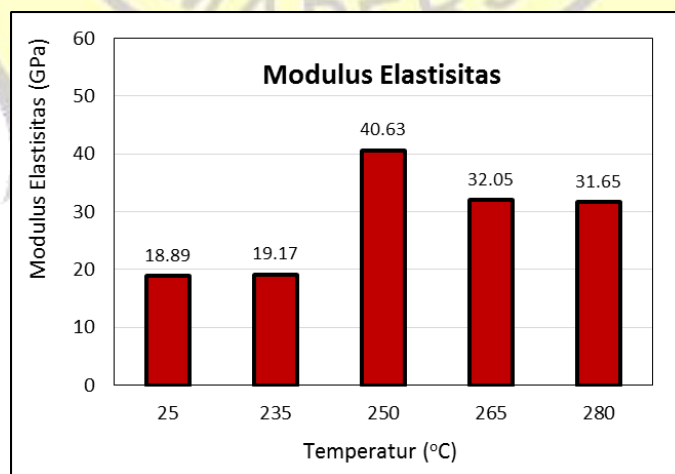


Gambar 1 Kurva Tegangan-Regangan pada daerah elastis.

Untuk nilai Modulus elastisitas atau Modulus Young bahan diberikan oleh Tabel 3. Terlihat bahwa pada pemanasan sampai temperatur 235<sup>0</sup> C, nilai Modulus Young tidak mengalami perubahan yang berarti bila dibandingkan dengan Modulus Young bahan tanpa perlakuan panas. Namun nilai Modulus Young mengalami peningkatan yang cukup signifikan ketika pemanasan dilakukan pada temperatur 250<sup>0</sup> C, yaitu naik dari 18,89 GPa (tanpa perlakuan panas) ke 40,63 GPa, naik lebih dari 2 kali. Selanjutnya, pada temperatur di atas 250<sup>0</sup> C, yaitu pada temperatur 265<sup>0</sup> C, nilai Modulus Young bahan turun ke angka 32,05 GPa dan relatif konstan sampai temperatur perlakuan panas 280<sup>0</sup> C. Secara grafik, nilai Modulus Young dari percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 2.

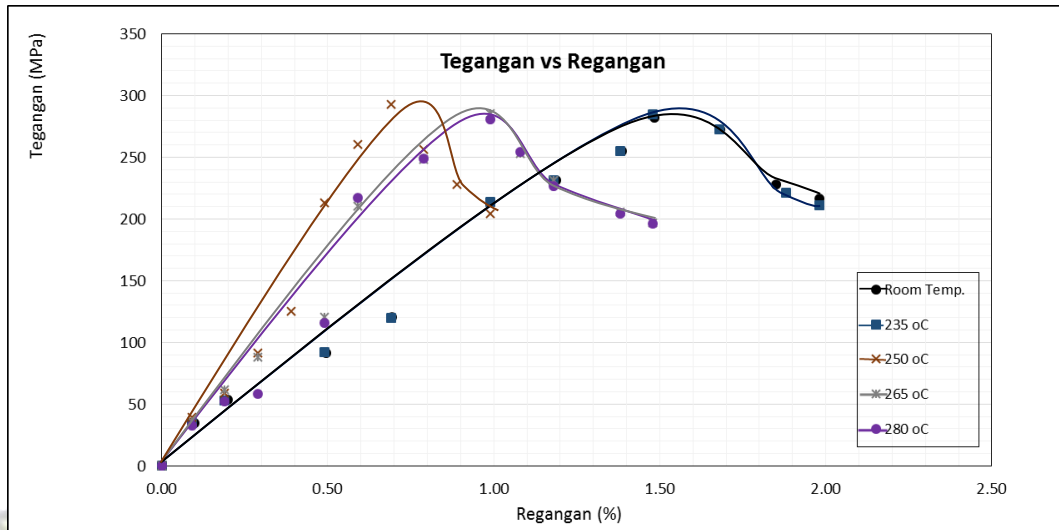
Tabel 3 Nilai Modulus Young.

Temperatur Pemanasan °C	Modulus Young GPa
tanpa pemanasan	18,89
235	19,17
250	40,63
265	32,05
280	31,65



Gambar 2. Nilai Modulus Young untuk berbagai temperatur pemanasan.

Kurva tegangan-regangan untuk setiap temperatur percobaan ditunjukkan oleh Gambar 3. Terjadi pergeseran kemiringan kurva ke kiri ketika temperatur pemanasan naik hingga 250<sup>0</sup> C dan bergeser kembali ke kanan ketika temperatur pemanasannya di atas 250<sup>0</sup> C. Dapat disimpulkan bahwa pemanasan bahan akan menurunkan keuletannya, dan keuletan paling rendah diperoleh pada pemanasan di temperatur 250<sup>0</sup> C dengan nilai regangan sekitar sekitar 0,99%. Nilai penurunan regangan untuk temperatur pemanasan lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 3 Kurva Tegangan-Regangan.

Tabel 4 Nilai Regangan Maksimum dan Kekuatan Tarik Maksimum.

Temperatur Pemanasan (°C)	Regangan maksimum (%)	Perubahan Regangan (%)	Tegangan Maksimum (MPa)	Perubahan Tegangan Maksimum (%)
Tanpa pemanasan	1,98	-	284,5	-
235	1,98	0	284,5	0
250	0,99	-50	292,8	2,9
265	1,48	-25,25	285,2	0,25
280	1,48	-25,25	280,6	-1,37

Untuk nilai kekuatan tarik maksimum atau tegangan maksimum, nilai maksimal diperoleh pada temperatur pemanasan 250<sup>0</sup> C, yaitu sebesar 2,9%, sementara untuk percobaan lainnya dapat dikatakan tidak terjadi kenaikan nilai kekuatan tarik yang berarti, seperti dapat dilihat di Tabel 4. Terlihat bahwa proses pemanasan menaikkan kekuatan tarik sampai suhu 250<sup>0</sup> C dan turun untuk temperatur yang lebih tinggi.

Apakah fenomena sama dengan yang dijumpai pada proses penuaan buatan dan kalau sama, berapa perbedaannya? Untuk menjawab pertanyaan ini perlu data mengenai pengujian uji tarik untuk aluminium dengan proses penuaan buatan. Data diambil dari data sekunder, yaitu hasil penelitian yang dilakukan oleh Torca dkk. [7]. Torca melakukan penelitian pada aluminium paduan 6082 dengan memberikan perlakuan *solution heat treating* di temperatur sekitar 500<sup>0</sup> C selama 4 jam, diikuti dengan pendinginan cepat ke temperatur ruang. Setelah itu dilakukan *natural aging* selama 7 jam dan selanjutnya *artificial aging* (penuaan buatan) untuk 3 temperatur yang berbeda selama 2,5 jam. Temperatur yang dipilih untuk penuaan buatan adalah 150<sup>0</sup> C, 200<sup>0</sup> C dan 250<sup>0</sup> C. Percobaan dilakukan dengan laju regangan, yaitu 0,01 s<sup>-1</sup>. Hasil penelitian ditunjukkan oleh Tabel 5.

Perubahan tegangan untuk proses penuaan buatan ternyata memberikan hasil yang negatif, artinya terjadi penurunan tegangan tarik bahan, dan hasil penurunan terkecil diberikan oleh temperatur pemanasan 200<sup>0</sup> C (Tabel 5). Apabila dibandingkan dengan hasil pemanasan tanpa penuaan (Tabel 4), ternyata hasilnya tidaklah sama, dimana tanpa proses penuaan nilai tegangan maksimumnya positif, walaupun tidak besar. Jadi dari sisi kekuatan, ternyata kedua proses ini memberikan hasil yang berbeda.

Tabel 5 Nilai Tegangan Maksimum untuk proses penuaan buatan [7].

Temperatur Pemanasan ( $^{\circ}$ C)	True Stress Maksimum (%)	Perubahan True stress Maks. (%)
25	420	-
150	342	-18,6
200	398	-5,2
250	240	-42,9

Kalau ditinjau dari nilai hasil regangan maksimum bahan, dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa untuk temperatur penuaan  $200^{\circ}$  C nilainya paling besar dan positif, namun untuk temperatur penuaan  $250^{\circ}$  C hasilnya malah negatif. Artinya, temperatur penuaan sampai  $200^{\circ}$  C akan memberikan tambahan keuletan dari bahan dan temperatur diatasnya malah mengurangi keuletannya. Apabila dibandingkan dengan nilai regangan maksimum tanpa proses penuaan (Tabel 4), maka nilai maksimum diperoleh pada temperatur pemanasan  $250^{\circ}$  C dan nilai negatif baru terjadi pada temperatur pemanasan  $280^{\circ}$  C. Kenaikan regangan pada temperatur  $200^{\circ}$  C dipercaya adalah merupakan gejala terjadi pengerasan presipitasi. Dapat disimpulkan bahwa pada proses penuaan buatan, penurunan regangan terjadi di temperatur yang lebih rendah bila dibandingkan dengan proses perlakuan panas biasa.

Tabel 6 Nilai Regangan Maksimum untuk proses penuaan buatan [7].

Temperatur Pemanasan ( $^{\circ}$ C)	Regangan Maksimum (%)	Perubahan Regangan Maks. (%)
25	16,8	-
200	20,1	19,6
250	13,7	-18,5

#### 4. Kesimpulan

Telah dilakukan proses perlakuan panas pada aluminium paduan 6082 dengan variasi temperatur. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan proses pemanasan penuaan buatan (*artificially aging*). Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa kekuatan tarik meningkat pada proses pemanasan dan paling tinggi diperoleh pada temperatur pemanasan  $250^{\circ}$  C, sementara pada proses penuaan buatan kekuatan tarik bahan berkurang dari kekuatan bahan awal. Untuk keuletan bahan, pada proses pemanasan keuletan meningkat dan maksimal terjadi pada temperatur  $250^{\circ}$  C, sementara untuk proses penuaan buatan, keuletan maksimal terjadi pada temperatur penuaan  $200^{\circ}$  C. Kenaikan keuletan bahan lebih cepat terjadi pada proses penuaan buatan dengan nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan proses pemanasan tanpa penuaan. .

#### Daftar Pustaka

- [1] F. A. Bhat and S. Sharma, "Analysis of hardness of aluminium alloy 6082 at different thickness levels", *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, vol. 8, no. 2, pp. 826-832, 2021, doi:
- [2] D. Sandar and S. Yasasvi, "Design and analysis of aluminium 6082-T6 piston", *International Journal for Innovative in Science & Technology*, vol. 3, no. 11, pp. 39-47, 2017, doi:
- [3] S. Cecchel, D. Ferrario, G. Cornacchia, "Heat treatments of EN AW 6082 aluminium forging alloy: effect on microstructure and mechanical properties", *La Metallurgia Italiana, International Journal of the Italian Association for Metallurgy*, vol. 2020, doi:
- [4] N. Toric, J. Brnic, I. Boko, M. Brcic, I. W. Burgess, I. Uzelac, "Experimental analysis of the behavior of aluminium alloy EN 6082AW T6 at high temperatur", *Metals*, vol. 2017, no. 7, 2017, doi: 10.3390/met7040126
- [5] H. Seputro and A. Amanuddin, "Efek perlakuan panas T6 terhadap struktur mikro (ukuran butir) dan kekerasan pelat komposit aluminium 2075-abu dasar batubara", *Mekanika*, vol. 5, no. 1, pp. 31-39, 2019, doi:
- [6] Wikipedia, "6082 Aluminium alloy", [https://en.m.wikipedia.org/wiki/6082\\_aluminium\\_alloy](https://en.m.wikipedia.org/wiki/6082_aluminium_alloy) (accessed Feb. 08, 2024).

- [7] I. Torca, A. Aginagalde, J. A. Esnaola, L. Galdos, dan C. Garcia, "Tensile behaviour of 6082 aluminium alloy sheet under different conditions of heat treatment, temperatur and strain rate", *Key Engineering Materials*, vol. 423 (2010), pp. 105-112, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.423.105.

