# Pengaruh Natural *Aging* Sebelum Proses *Artificial aging* Terhadap Sifat Mekanik Aluminium 6061

Iftika Philo Wardani[1], Vuri Ayu Setyowati[2], Ir. Suheni[3] , dan Agung Bagus Saputro[4]
Jurusan Teknik Mesin – Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3,4]
*e-mail: iftika.wardani@itats.ac.id*

***ABSTRACT***

*In the recent years, aluminium 6061 had been growing rapidly due to its special characteristics. Not only this material having high extrudability but also medium tensile and hardness, high machineability, easy to weld, and great corrosion resistance. This research aimed to study the effect of natural aging that happened in the aluminium 6061 due to intermittent storage for a few days before got artificial aging toward its mechanical behaviour, expecially the effect of natural aging toward hardness and tensile strength material. This research also studied the effect of natural aging toward variation of temperature and holding time, hence in this research using temperature 130, 160, 190$^{o}$C and holding time 1, 3, 5 hours as variation. From the results of the study, natural aging didn't change the trend of the hardness and tensile strength aluminium, which is increasing along with the increase of the temperature and holding time artificial aging. But, comparing with material non-natural aging, material that had natural aging had hardness lower than material that didn't had natural aging. Natural aging also make temperature 190C and holding time up 5 hours safe for artificial aging.*

***Keyword :*** *Aluminium 6061, natural aging, artificial aging, temperature variation, holding time variation*

**ABSTRAK**

Aluminium 6061 merupakan jenis aluminium yang saat ini sedang berkembang pesat dalam penggunaannya, karena sifatnya yang mudah di ekstruksi, mempunyai kekuatan dan kekerasan medium, mudah di machining, mudah di las, dan mempunyai sifat tahan korosi yang baik. Material ini akan mengalami natural *aging* apabila didiamkan selama beberapa hari pada temperatur kamar setelah proses *Solution treatment*. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh dari natural *aging* sebelum *artificial aging* terhadap sifat mekanik material yang berupa kekerasan dan kekuatan tariknya. Penelitian ini dilakukan dengan menvariasikan temperatur dan waktu penahanan *artificial aging* sebesar 130, 160, 190$^{o}$C dan waktu tahan 1, 3, 5 jam. Dari penelitian yang dilakukan diketahui bahwa proses natural *aging* tidak mempengaruhi trend naik dari kekerasan dan kekuatan material akibat kenaikan temperatur dan waktu penahanan saat *artificial aging*. Namun natural *aging* membuat kekerasan material lebih rendah bila dibandingkan dengan material yang tidak mengalami natural *aging* sebelum dilakukan *artificial aging.* Natural *aging* ini juga menyebabkan material tidak mengalami penurunan kekerasan saat material diberi *artificial aging* hingga temperatur 190$^{o}$C dan waktu tahan 5 jam.

**Kata kunci** : Aluminium 6061, natural *aging*, *artificial aging*, variasi temperatur, variasi waktu penahanan

## PENDAHULUAN

Aluminium 6061 merupakan material yang banyak dipakai dalam dunia indutri, otomotif dan kedirgantaraan karena mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, ringan, serta tahan korosi. Salah satu pemakaian Aluminium AA 6061 dalam dunia kedirgantaraan adalah sebagai sayap dan bodi pesawat skala kecil. Sedangkan pada dunia industri otomotif paduan aluminium AA6061 dipakai untuk pembuatan beberapa jenis bagian penting kendaraan seperti roda, panel dan bahkan dalam struktur kendaraan [1], [2].

Material ini banyak digunakan karena mempunyai kemampuan ekstruksi, mampu bentuk, dan mampu las yang baik. Selain itu material ini juga mempunyai kekerasan dan kekuatan yang medium, ketahanan korosi yang baik, serta *surface finish* yang baik [3]. Karena kekerasan dan kekuatannya yang medium ini, material ini banyak dilakukan penguatan dengan

cara *age hardening*, dimana pada prosesnya dilakukan dengan cara *soluten treatment* dan dilanjutkan dengan proses *artificial aging*. Selama proses *age hardening* ini antara proses *solution treatment* dan *artificial aging*, proses tidak boleh terjeda agar tidak terjadi natural *aging*. Banyak penelitian telah dilakukan sebelumnya untuk mengetahui pengaruh temperature dan waktu penahanan saat *artificial aging*, namun tidak banyak yang melakukan penelitian mengenai pengaruh natural *aging* yang terjadi apabila proses antara *solution treatment* dan *artificial aging* ini terjeda selama beberapa hari.

Untuk itulah pada penelitian kali ini, penulis ingin meneliti pengaruh natural *aging* yang terjadi saat ada jeda beberapa hari pada proses *solution treatment* dan *artificial aging* terhadap sifat mekaniknya dengan menggunakan variasi temperature dan waktu tahan, serta membandingkannya dengan penelitian yang telah ada sebelumnya, yaitu penelitian yang tanpa mengalami proses natural *aging*.

## TINJAUAN PUSTAKA

Aluminium 6061 termasuk dalam kategori aluminium paduan seri 6xxx, dimana aluminium ini mempunyai unsur paduan utama Mg dan Si. Aluminium 6061 ini mempunyai komposisi kimia berupa 95.85 - 98.56 %Al, 0.8 - 1.2 %Mg, 0.40 - 0.8 %Si, serta sejumlah kecil unsur Fe, Cu, Cr, Zn, Ti, Mn [4].

Salah satu keunggulan Aluminium 6061 ini adalah pada kemampuan ekstruksinya yang tinggi. Hal ini dikarenakan aluminium seri 6xxx mempunyai kandungan solute yang kecil dan juga titik leleh yang tinggi [5]. Namun dari segi kekuatannya, aluminium seri ini mempunyai kekuatan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan aluminium seri 2xxx dan 7xxx. Untuk itulah pada penggunaannya, material aluminium seri 6xxx ini biasanya akan diberi proses penguatan berupa *solid solution*, *dislocation*, *grain boundary*, dan *precipitate strengthening* [6].

Pada penelitian kali ini akan difokuskan penguatan aluminium 6061 dengan cara *precipitate strengthening* atau yang biasa disebut dengan *age hardening*. Proses *age hardening* ini dilakukan dengan 2 proses yang saling berurutan yaitu dengan *solution treatment* dan dilanjutkan dengan *artificial aging*.

Demir dan Gündüz, melakukan pengujian pada material aluminium 6061 yang diberi *artificial aging* pada temperatur 180°C dan ditahan sebanyak 1 jam, 5 jam, 11 jam, dan 24 jam. Dari pengujian tersebut diketahui bahwa nilai kekerasan aluminium 6061 pada material yang diberi *artificial aging* akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan specimen yang hanya di *Solution treatment* saja. Dari pengujian tersebut juga diketahui bahwa semakin lama waktu penahanan maka semakin naik pula kekerasannya. Hal lain yang bisa disimpulkan dari penelitian Demir dan Gündüz adalah bahwa pada umumnya nilai kekerasan pada aluminium 6000 akan menurun pada temperatur berkisar 200ºC, karena pada temperatur ini aluminium akan mulai membentuk fasa θ [2].

Atria,dkk, melakukan pengujian pada material aluminium 6061 dengan variasi temperatur 100°, 125°, 150°, 175°, 200°C dan waktu penahanan 1 jam. Dari penelitiannya diketahui bahwa nilai kekerasan akan naik seiring kenaikan temperatur dan mencapai puncaknya pada temperatur 150ºC. Pada temperatur 175ºC keatas, nilai kekerasan aluminium mulai mengalami penurunan [7].

Menurut Bahman dan Mostafa, spesimen yang telah di *Solution treatment* memiliki kekuatan tarik dan elastisitas (elongation) yang lebih rendah dari spesimen yang dilakukan proses cold working dan *aging* pada temperatur 180°C dan ditahan dalam temperatur ruang selama 4 jam setelahnya [8].

Pada beberapa kasus saat proses proses produksi suatu barang, setelah proses *solution treatment*, barang umumnya tidak dapat langsung mendapat proses *artificial aging* melainkan akan disimpan secara sementara pada temperatur ruang, hal ini akan menyebabkan material tersebut mengalami natural *aging* [9]. Proses natural *aging* ini pada aluminium seri 7xxx akan

menyebabkan kenaikan kekerasan material aluminium akibat adanya kluster yang menyebabkan terhambatnya dislokasi [10]. Namun pada material paduan yang mempunyai kekuatan tinggi, proses natural *aging* ini justru mempunyai efek negatif, dimana proses ini akan menurunkan nilai kekerasan material [9], [11]–[13].

Menurut Jorstad, *machineablity* aluminium diukur oleh nilai kekerasan material tersebut, diamana menurut Jorstad semakin naik kekerasannya maka semakin naik pula kemampuan mampu mesinnya [14]. Karena itulah pada penelitian kali ini hanya difokuskan pada sifat mekanik berupa kekerasan dan kekuatannya saja.

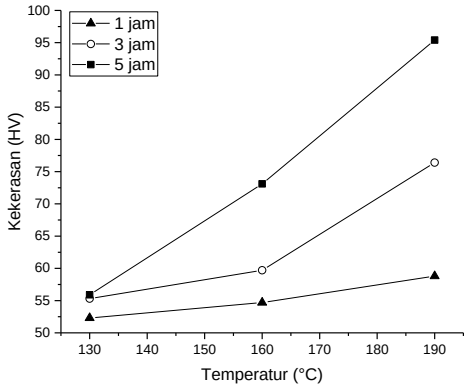
## METODE

Spesimen yang digunakan pada penelitian kali ini sebanyak sembilan buah, dimana specimen tersebut didapatkan dari batang aluminium 6061 yang berbentuk solid pejal yang kemudian di machining sesuai standar uji Tarik ASTM B557. Setelah itu kesembilan specimen tersebut dipanaskan pada furnace hingga temperatur 500$^{o}$C dan ditahan selama 4 jam. Specimen tersebut kemudian di quenching dengan menggunakan media air. Setelah quenching material didiamkan selama beberapa hari dalam temperatur kamar baru kemudian dilanjutkan dengan proses *artificial aging* melalui pemanasan kembali specimen hingga temperatur 130°C, 160°C, dan 190°C dan variasi waktu penahanan 1 jam, 3 jam, 5 jam. Material tersebut kemudian diuji kekuatan dan kekerasannya dengan mesin uji Tarik dan uji kekerasan Vickers.

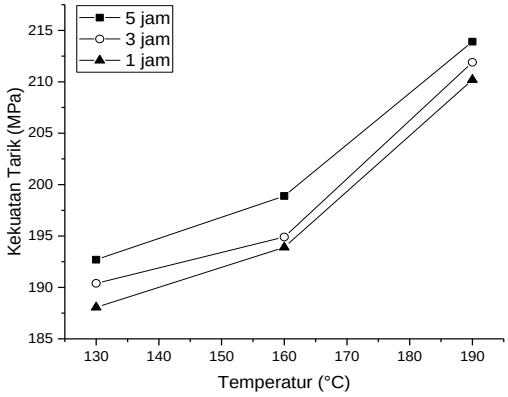
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Natural *aging* Terhadap Sifat Mekanik Material

Berdasarkan pengujian kekerasan dan kekuatan tarik yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji Vickers dan uji tarik, didapatkan hasil seperti berikut ini :




Gambar 1. Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Aluminium 6061




Gambar 2. Hasil Pengujian Tarik Aluminium 6061

Dari Gambar 1 diatas diketahui bahwa semakin naik temperatur *artificial aging* maka akan semakin tingggi pula kekerasan material. Begitu pula dengan nilai kekerasan yang semakin naik dengan kenaikan waktu penahanan. Hal ini menunjukkan bahwa proses natural *aging* tidak merubah trend kenaikan kekerasan yang diakibatkan oleh kenaikan temperatur dan waktu penahanan pada proses penguatan *artificial aging*. Bahkan dengan adanya natural *aging* ini kenaikan temperatur terjadi hingga temperatur 190$^{o}$C, dimana temperatur ini sangat mendekati

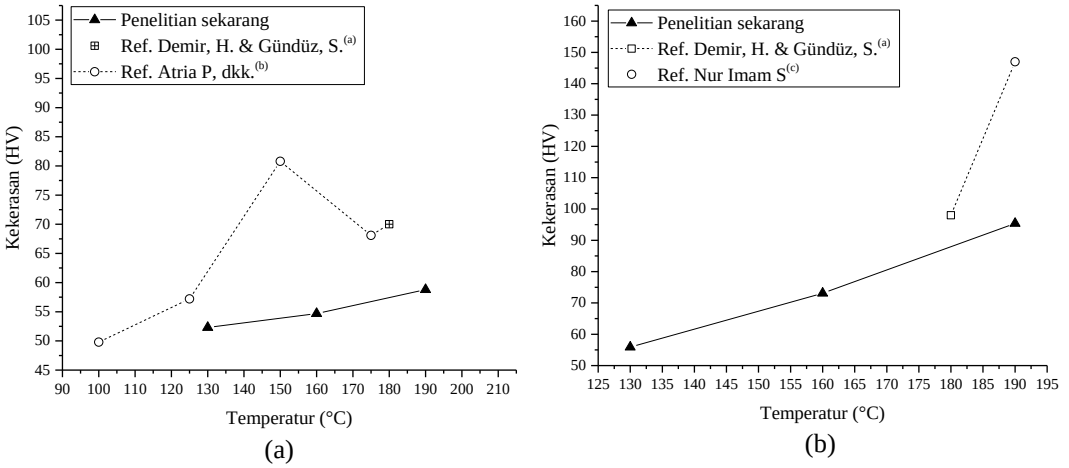
temperatur perubahan fasa θ aluminium, yang merupakan indikasi penurunan kekerasan pada *artificial aging*.

Berdasar penelitian yang dilakukan oleh penulis, dengan temperatur 190ºC dan waktu penahanan hingga 5 jam masih bisa dikatakan sebagai zona aman, karena grafik masih bersifat naik dan belum menunjukkan penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi temperatur 190ºC dan waktu penahanan 5 jam masih aman untuk digunakan sebagai temperatur *artificial aging*.

Berdasar Gambar 2 diketahui pula bahwa seiring dengan naiknya temperatur dan waktu penahanan maka kekuatan tarik material juga semakin naik. Hal ini menunjukkan bahwa natural *aging* juga tidak merubah trend kenaikan kekuatan tarik aluminium akibat kenaikan temperatur dan waktu penahanan *artificial aging*.

**Perbandingan Material dengan Natural *aging* dan Non-Natural *Aging***

Dengan membandingkan antara hasil penelitian penulis dan beberapa penelitian yang sebelumnya didapatkan :




Gambar 3. Perbandingan kekerasan antara aluminium 6061 yang mengalami natural *aging* dan tanpa natural *aging*, a) Waktu tahan 1 jam, b) waktu tahan 5 jam

*Sumber : (a) Referensi [15]; (b) Referensi [7]*

Dari *Gambar 3* (a) dan (b) diketahui bahwa baik dengan waktu tahan 1 jam ataupun 5 jam, proses natural *aging* akan menurunkan nilai kekerasan material aluminium 6061 bila dibandingkan dengan material yang tidak diberi jeda sebelum proses *artificial aging*. Hal ini dikarenakan pada proses natural *aging* yang diterima oleh aluminium 6061 akan menurunkan fraksi volume material dan/atau tidak meratanya distribusi dari *precipitat* (terutama β") sehingga akan membuat *hardenability* aluminium 6061 menjadi mengecil [9]. Akibatnya, nilai kekerasan material yang mengalami natural *aging* sebelum *artificial aging* akan menjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan material yang sesaat setelah *solution treatment* mendapatkan *artificial aging*.

Dari *Gambar 3* (a) ini juga diketahui bahwa natural *aging* juga menyebabkan temperatur *artificial aging* optimum akan bergeser ke kanan dengan waktu penahanan 1 jam. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh atria, dkk, diketahui bahwa setelah temperatur 150ºC nilai kekerasan menurun [7], namun dengan adanya natural *aging*, hingga pada temperatur 190ºC nilai kekerasan masih bergerak naik.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa natural *aging* tidak mempengaruhi trend kenaikan dari kekerasan dan kekuatan material terhadap kenaikan temperatur dan waktu penahanan. Namun natural *aging* akan menurunkan nilai kekerasan material bila dibandingkan dengan material yang setelah s*olution treatment* segera diberi *artificial aging*. Dari penelitian ini juga diketahui bahwa dengan adanya proses natural *aging*, hingga temperatur *artificial aging* 190$^{o}$C dan waktu penahanan 5 jam, masih bisa dikatakan sebagai temperatur aman untuk melakukan *artificial aging*.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Sharon, A. S. L. Rodriguez, C. Sharon, and P. S. Gallardo, Nanotechnology in the Defense Industri: Advances, Innovation, and Practical Application. John Wiley & Sons Inc., 2019.
[2] H. Demir and S. Gündüz, "The effects of *aging* on machinability of 6061 aluminium alloy," Mater. Des., vol. 30, no. 5, pp. 1480–1483, May 2009.
[3] J. A. DeRose, T. Suter, A. Bałkowiec, J. Michalski, K. J. Kurzydlowski, and P. Schmutz, "Localised corrosion initiation and microstructural characterisation of an Al 2024 alloy with a higher Cu to Mg ratio," Corros. Sci., vol. 55, pp. 313–325, Feb. 2012.
[4] B. Committee, Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate (Metric). .
[5] F. C. Campbell, Elements of Metallurgy and Engineering Alloys. ASM International, 2008.
[6] R. N. Lumley, Fundamentals of Aluminium Metallurgy. Woodhead Publishing, 2018.
[7] A. Pradityana and E. K. Widyantoro, "Effects of Holding Time During Artificial *aging* Process on AA6061 to the Mechanical Properties," IPTEK J. Proc. Ser., vol. 0, no. 3, p. 121, 2019.
[8] B. Mirzakhani and M. Mansourinejad, "Tensile properties of AA6061 in different designated precipitation hardening and cold working," in Procedia Engineering, 2011, vol. 10, pp. 136–140.
[9] A. Poznak, V. Thole, and P. Sanders, "The natural *aging* effect on hardenability in Al-Mg-Si: A complex interaction between composition and heat treatment parameters," Metals (Basel)., vol. 8, no. 5, 2018.
[10] Q. Meng and G. S. Frankel, "Effect of Cu Content on Corrosion Behavior of 7xxx Series Aluminum Alloys," J. Electrochem. Soc., vol. 151, no. 5, p. B271, Apr. 2004.
[11] T. Hirata and S. Matsuo, "Two Step Ageing Behaviour in an Al-1.2 wt% Mg2Si Alloy," Trans Jap Inst Met, vol. 13, no. 4, pp. 231–237, 1972.
[12] D. W. Pashley, M. H. Jacobs, and J. T. Vietz, "The basic processes affecting two-step ageing in an Al-Mg-Si alloy," Philos. Mag., vol. 16, no. 139, pp. 51–76, 1967.
[13] D. Pashley, J. Rhodes, A. S.-I. M. J, and U. 1966, "Delayed Ageing In Aluminium-Magnesium-Silicon Alloys Effect on Structure and Mechanical Properties."
[14] J. L. Jorstad, "Influence of Aluminum Casting Alloy Metallurgical Factors on Machinability," SAE Transactions, vol. 89. SAE International, pp. 1892–1906, 1980.
[15] H. Demir and G. Suleyman, "The Effects Of *Aging* On Machinability Of 6061 Alumunium Alloy," Karabuk, 2008.
[16] N. I. Subagyo, "Analisis Pengaruh Artificial *aging* Terhadap Sifat Mekanis Pada Aluminium Seri 6061," Tek. Mesin Univ. Lampung, vol. 6061, 2017.

*ISSN (print) : 2686-0023*
*ISSN (online) : 2685-6875*