

PENGARUH WAKTU SOLUTION TREATMENT DAN AGING TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK ALUMINIUM PADUAN AA 7075 – T6

Amira Naafila ¹⁾ ✉, Anindito Purnowidodo ¹⁾, Putu Hadi Setyarini ¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
amiranafila@gmail.com
anindito01@yahoo.com
Putu_hadi@ub.ac.id

Abstract

Aluminium 7075 is a material used to plane body, because this material is corrosion-resistant, and its properties can be formed well, low density and light. Aluminium 7075-T6 which is mainly used for aircraft manufacturing, has a content of 0,37% Zn, 0,13% Mg, 0,07% Cu and 0,20% Si. Because this material 7075-T6 is heat treatable. It will be treated with the solution treatment (420°C) and aging treatment (250°C) each in 1hour and 2,5 hours to make precipitation. The hight strength and low hardness to find out the characteristics of aluminium 7075-T6 tensile strength testing, hardness testing and EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) testing will be carried out. And the result of tensile strength testing for raw material has an ultimate tensile strength (125,000MPa), elongation (0,02%) and the result of Rockwell hardness testing has (10,36 HRt). This material done by processed solution treatment with temperature (420°C/hour, 2,5 hours/150°C) has an ultimate tensile strength (95,833 MPa), elongation (0,26%) and for the Rockwell hardness testing the result is (49,2 HRt). The heat treatment made the solution treated aluminium grain bigger but increasing the strength because of precipitation.

Keywords: Aluminium, Solution Treatment, Aging, Micro Structure, EDS, Hardness.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan aluminium merupakan salah satu material *nonferrous* yang pengaplikasiannya cukup luas. Aplikasi yang sangat beragam dalam bidang industri baik untuk keperluan konstruksi pesawat terbang, mobil, *aeronautika*, peralatan rumah tangga sampai dengan peralatan medis disebabkan material ini memiliki ketahanan korosi yang tinggi, ringan, densitas rendah dan dapat dibentuk dengan baik ^[1].

Material ini digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang karena ringan dan mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan–paduan lainnya sehingga sering digunakan untuk bagian pesawat terbang seperti *front spar*, *stabilizier*, *frame* atau bagian lain dengan beban lebih ^[2]. Dan aluminium lebih tahan lama terhadap kerusakan akibat korosi dibandingkan material yang lainnya, alasan inilah yang menjadikan dasar aluminium banyak digunakan pada konstruksi pesawat terbang ^[3]

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanik paduan aluminium adalah dengan memberikan proses perlakuan panas. Proses ini meliputi proses *solution treatment* dan proses *aging*. Pada proses *solution treatment*, aluminium dipanaskan

Corresponding Author:

✉ Amira Naafila

Received on: 2021-01-18

Revised on: 2023-11-12

Accepted on: 2023-11-12

sampai mencapai suhu 420°C dan kemudian di holding untuk menyeragamkan suhu dan strukturnya. Selanjutnya proses ini diakhiri dengan pemberian pendinginan cepat (*quenching*). Tujuan dari proses ini adalah untuk meningkatkan kekuatan pada bahan tersebut ^[4]

Solution treatment adalah tahap pertama dari proses *age hardening* ^[4]. *Solution treatment* yaitu proses pemanasan logam didalam dapur pemanas dengan temperatur 420°C dan dilakukan penahanan atau *holding time* dengan jenis dan ukuran benda kerja. Tujuan dari proses *solution treatment* untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen. ^[5]

Proses *quenching* merupakan tahapan dalam proses perlakuan panas. *Quenching* dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Dalam proses *age hardening* logam yang di *quenching* adalah logam paduan aluminium yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin air. Dipilihnya air sebagai media pendingin pada proses *quenching* karena air merupakan media pendingin yang cocok untuk logam-logam yang memiliki tingkat kekerasan atau *hardenability* yang relatif rendah seperti logam paduan aluminium. Pendinginan dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas (420°C) ke temperatur yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan *quenching* adalah agar larutan padat homogen yang terbentuk pada *solution heat treatment* dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. ^[5,6]

Aging merupakan proses yang harus dilakukan setelah proses *solution treatment* selesai dilakukan. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik proses ini dilakukan dengan cara membiarkan larutan lewat jenuh pada aluminium di temperatur kamar selama beberapa waktu, sehingga terjadi perubahan sifat seiring dengan berjalannya waktu. Hal tersebut terjadi sebagai akibat timbulnya *presipitat* yang merata diseluruh larutan padat Al. *Aging* dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*). Penuaan alami (*natural aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan dingin.

Artificial aging (menahan paduan secara konstan dengan suhu sedang selama periode yang telah ditentukan) menghasilkan peningkatan sifat mekanik seperti kekuatan dan kekerasan tarik dan dalam pemburukan plastisitas secara bersamaan. Karena pertumbuhannya kekuatan paduan setelah perlakuan panas sangat sering disertai dengan pengurangan plastisitas, mereka hubungan optimal harus dipilih tergantung pada yang diberikan penerapan paduan ^[7]

Natural aging berlangsung pada temperatur ruang antara 15°C – 25°C dan dengan waktu penahanan 5 sampai 8 hari. Dinamakan *natural aging* atau dengan memanaskan kembali larutan lewat jenuh itu ke temperatur dibawah garis *solvus* dan dibiarkan pada temperatur tersebut selama beberapa saat. Sementara itu penuaan buatan (*artificial aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan panas. *Artificial aging* berlangsung pada temperatur antara 100°C - 200°C dan dengan lamanya waktu penahanan antara 1 sampai 24 jam. Jika *aging* dilakukan pada temperatur terlalu tinggi atau *aging time* terlalu panjang maka partikel yang akan terjadi akan terlalu besar (sudah mikroskopik) sehingga efek penguatannya akan menurun bahkan akan menghilang sama sekali, dan ini yang dinamakan *over aged*. Hal tersebut bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh R. Bagus Suryasa Majanasastra yang menyatakan peningkatan waktu dan suhu *aging* akan meningkatkan *presipitat* yang terbentuk ^[4].

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi sejauh mana pengaruh *solution treatment* selama 60 menit pada suhu 420°C dan kemudian dilakukan *artificial aging* selama

150' dan 250' dengan suhu 150°C dan 250°C pada tahap sifat mekanik pada AA 7075-T6. Dimana sifat mekanik yang akan diteliti adalah kekerasan, kekuatan tarik, *elongation* dan mikrostrukturnya.

2. METODE DAN BAHAN

2.1. Bahan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 7075 yang mempunyai komposisi sebagaimana ditabelkan pada Tabel 1 berikut

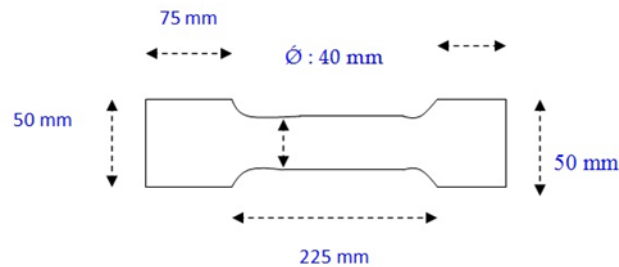
Tabel 1. Komposisi aluminium 7075

No	Kandungan	Kadar (%)
1	Aluminium (Al)	98,52
2	Iron (Fe)	0,53
3	Zinc (Zn)	0,37
4	Silicon (Si)	0,20
5	Magnesium (Mg)	0,13
6	Manganase (Mn)	0,12
7	Copper (Cu)	0,07

Sumber : Laboratorium Material Teknik dan Manufaktur Universitas Gajah Mada

2.2. Metode

Material plat aluminium dibentuk menjadi spesimen uji tarik yang sesuai dengan standar ASTM E8 sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Ukuran dimensi uji tarik sesuai dengan ASTM E8



Gambar 2. Spesimen uji tarik ASTM E8

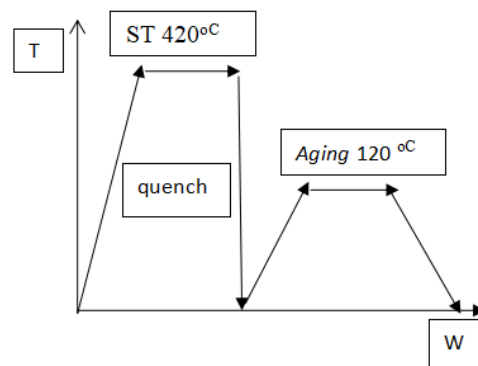
Selanjutnya dilakukan proses *solution treatment* dengan memanaskan spesimen dalam dapur pemanas pada suhu 420°C selama 60 menit untuk menyamakan temperatur pada

seluruh bagian spesimen. Kemudian diberikan proses *quenching*, yaitu pendinginan tiba-tiba dengan media air. Setelah itu proses dilanjutkan dengan proses *artificial aging* dengan suhu pemanasan 150°C dan 250°C, dan waktu tahan 150 menit dan 250 menit. Kemudian dilanjutkan dengan proses pendinginan pada media udara hingga spesimen mencapai suhu ruang.

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan *Universal testing machine*. Sedangkan untuk mengetahui butiran dan presipitat yang terbentuk setelah proses *aging*, dilakukan pengujian mikrostruktur dengan menggunakan mikroskop mikro dengan perbesaran 400X. Sebelumnya permukaan spesimen dihaluskan terlebih dahulu dengan menggunakan kertas gosok ukuran 100, 200, 500, 800, 1.000, 1.500, dan 5.000. Setelah digosok spesimen lalu dihaluskan kembali dengan menggunakan *autosol*, jika terlihat dari penampakannya spesimen telah mengkilat tanpa ada goserasan selanjutnya dilakukan proses spesimen bisa di etsa. Dilanjutkan dengan pemberian larutan etsa *keller's* pada permukaan spesimen. Untuk menganalisis komposisi kimia sebelum dan sesudah proses *aging*, dilakukan dengan pengujian *Energy Dispersive Spectrometer* (EDS) merek SEM *Instrument FEI - Quanta FEG 650*, EDS *software* yang digunakan *AZtecOne*, dari hasil pengujian didapatkan hasil presipitasi Cu yang berkumpul pada suatu titik di lapisan aluminium.

2.3. Proses *Solution treatment* dan *Aging*

Spesimen aluminium yang telah sesuai ASTM E8, dilakukan proses perlakuan panas didalam dapur pemanas Hofmann *Industrieofenbau* melalui beberapa tahapan yaitu proses *solution treatment* dengan suhu 420°C dengan waktu tahan selama 60 menit, *quenching* menggunakan air dan dilanjutkan dengan proses *artificial aging* dengan suhu 150°C dan 250°C dengan waktu tahan selama 150 menit dan 250 menit. Proses waktu tahan pada *solution treatment* dan *aging* terhitung sejak saat suhu pada dapur listrik mulai konstan disuhu yang diinginkan seperti saat *solution treatment* disuhu 420°C dan pada saat *aging* disuhu 250°C^[8].



Gambar 3. Tahapan proses *solution treatment*

2.4. Proses Pengujian Struktur Mikro

Plat aluminium yang telah dipotong dan dilakukan proses perlakuan panas, dihaluskan menggunakan kertas gosok dengan ukuran 500, 800, 1.000, 1.500, dan 5.000. Setelah digosok spesimen lalu dihaluskan kembali dengan menggunakan *autosol*, jika terlihat dari penampakannya spesimen telah mengkilat tanpa ada goserasan selanjutnya dilakukan proses spesimen bisa di etsa. Etsa untuk paduan aluminium 7075 menggunakan etsa dengan cairan *keller's*. Proses etsa spesimen yang telah haluskan permukaannya dengan amplas dan *autosol*

dipastikan bersih dari debu dan kotoran terlebih dahulu lalu, diberikan cairan etsa selama 30 detik, dibilas menggunakan air bersih lalu dibersihkan kembali menggunakan alcohol untuk memastikan spesimen bersih setelah itu spesimen dikeringkan menggunakan *hair dryer*. Setelah proses etsa spesimen dapat dilakukan pengujian struktur mikro dengan menggunakan mikroskop dan EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) dengan menggunakan FEI *Quanta FEG 650* seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Alat pengujian EDS (*energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*)

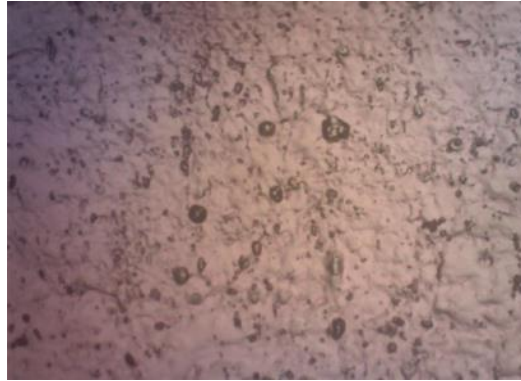
Alat SEM dilengkapi dengan kemampuan *energy dispersive x-ray* (EDX). EDX dihasilkan dari sinar-X, yaitu dengan menembakkan sinar-X pada posisi yang ingin diketahui komposisinya. Setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak – puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung pada material yang diuji. Dengan EDX juga bisa membuat elemental mapping (pemetaan elemen) dengan memberikan warna berbeda – beda dari masing – masing elemen di permukaan material yang diuji. EDX bisa digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing – masing elemen.

SEM-EDX juga memberikan informasi tentang topografi, morfologi, komposisi dari sampel yang dianalisis. Topografi adalah kemampuan untuk menganalisa permukaan dan tekstur. Morfologi adalah kemampuan untuk menganalisa bentuk dan ukuran dari benda sampel. Komposisi adalah kemampuan menganalisa komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif ^[9].

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Tanpa Perlakuan Panas

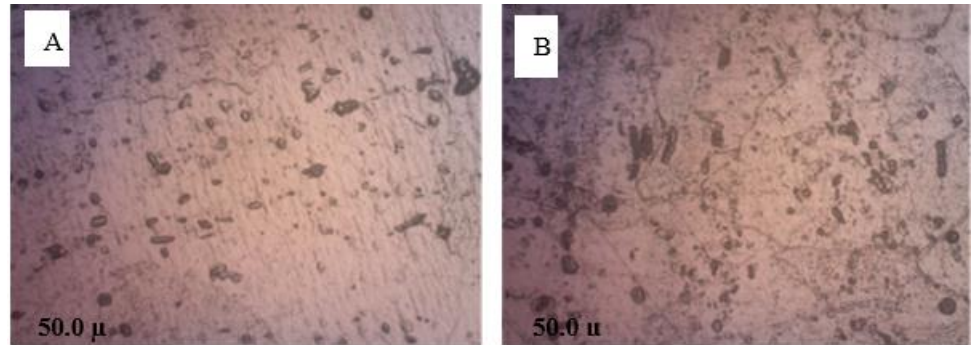
Yang pertama untuk hasil material yang tanpa diberikan perlakuan dapat dilihat pada struktur mikro bahwa struktur butiran belum terbentuk dan masih menyebar berbeda dengan material yang telah diberikan perlakuan dengan *solution treatment* dan *quenching* hasil struktur mikro bisa dilihat jika struktur butiran mulai terarah dan terbentuk, sedangkan untuk hasil sifat mekaniknya pada material yang tanpa perlakuan hasil pengujian tarik dan kekerasannya akan lebih rendah dengan material yang telah diberi perlakuan karena belum terbentuknya presipitasi pada material tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil uji mikro pada paduan aluminium tanpa perlakuan

3.2. Solution treatment

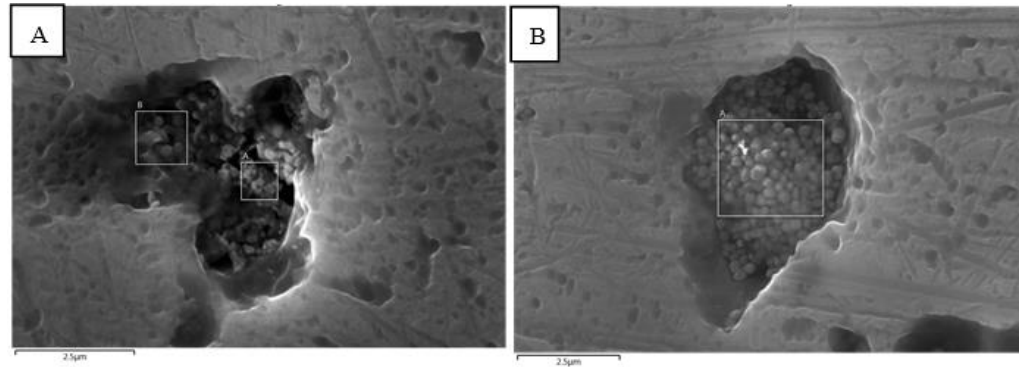
Pengamatan mikroskop optik seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dilakukan untuk memperoleh informasi struktur mikro yang ada pada material awal maupun yang telah mengalami perlakuan penuaan. Pada gambar 6 menunjukkan struktur mikro material aluminium 420°C-60 menit, *quenching* air dan aging 250°C-2,5 jam. Pembesaran yang diambil adalah 400x dengan etsa *keller's reagent*.



Gambar 6. Hasil struktur mikro paduan aluminium setelah mengalami a) *solution treatment* 420°C, aging 150°C 2,5 jam dan b) *solution treatment* 420°C, aging 250°C 2,5 jam.

Daerah berwarna terang merupakan daerah fasa α , daerah berwarna gelap merupakan daerah fasa θ , sedangkan butiran berwarna gelap merupakan *presipitat* θ' . Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro pada aluminium paduan, diantaranya fasa Al, fasa CuAl_2 dan fasa AlSi [10]. Adapun karakteristik dari fasa-fasa tersebut adalah sebagai berikut:

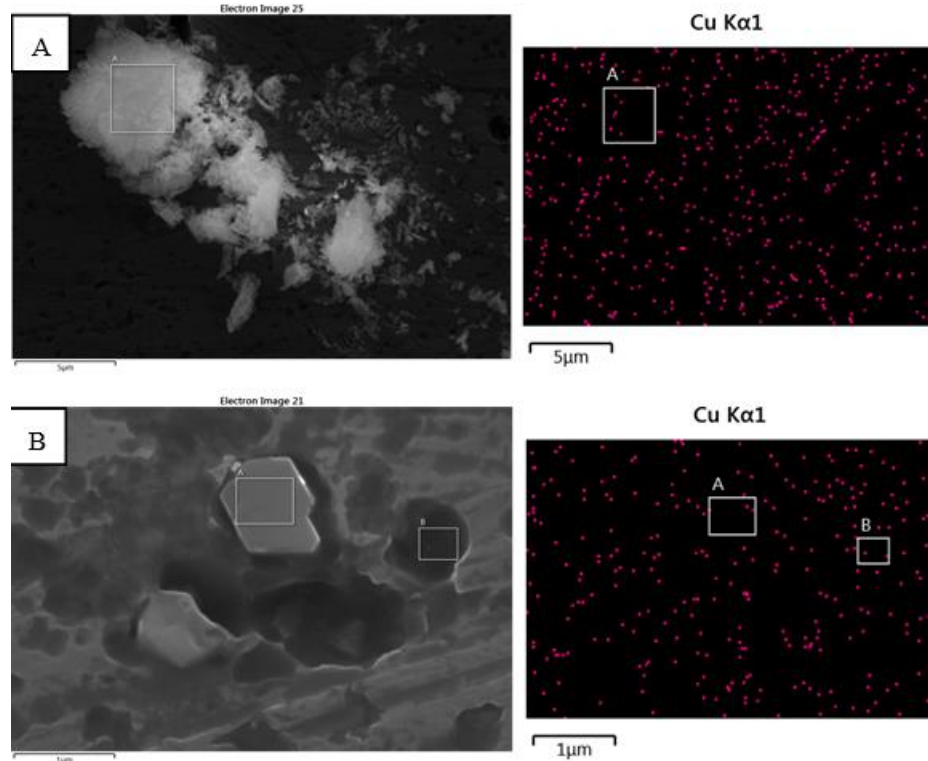
1. Fasa Al (berwarna terang) adalah larutan padat primer.
2. Fasa Al_2Cu (berwarna kelabu kehitam-hitaman). Dengan adanya fasa ini akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan aluminium paduan.
3. AlSi (berwarna kelabu terang). Fasa ini terbentuk karena jumlah prosentase silikon (Si) lebih besar dari magnesium (Mg). Pada Al Cu Al_2 Al Cu Al_2 AlSi A B umumnya akan dapat meningkatkan tingkat kekerasan dan dapat menghambat laju korosi.



Gambar 7. Hasil pengujian EDS yang telah di etsa pada paduan aluminium setelah proses *solution treatment* 420°C-60 menit, *quenching* air dan *aging* 250°C-2,5 jam.

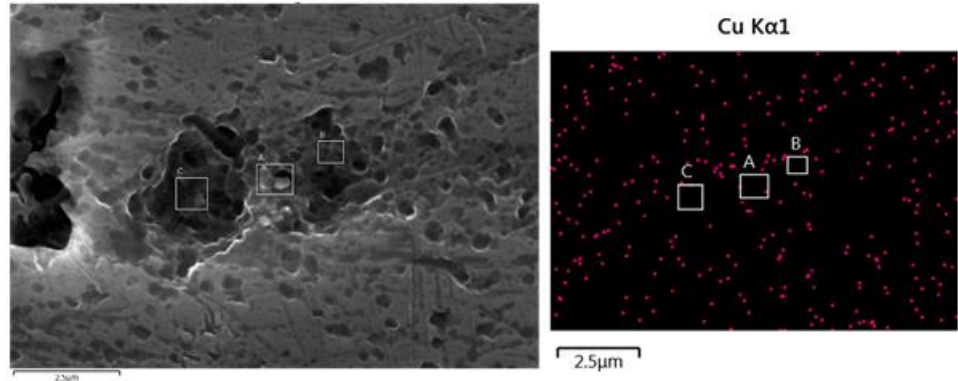
Pada aluminium paduan dengan unsur paduan silikon (Si) 0.20% dan tembaga (Cu) 0.07%, memiliki distribusi dan bentuk struktur butiran fasa AlSi yang cenderung menggumpal dengan ukuran butiran lebih besar dan jarak antar butirannya meregang, serta fasa Al₂Cu yang terbentuk memiliki struktur butiran yang mengelompok.

Hasil pengujian EDS yang telah di etsa semakin tipis membuat presipitasi yang telah terbentuk semakin menipis pula bias dilihat pada gambar 7. Semakin lama dipanaskan kandungan Cu yang terdapat menyebar di seluruh permukaan tetapi Cu tidak larut dalam panas dan membentuk Al₂Cu dan material akan semakin keras. Kandungan Cu yang terdapat pada gambar 7(a) sebesar 0,19% dan paada gambar 7 (b) sebesar 0,29%, Cu yang tersebar merata dengan persentase yang berbeda.



Gambar 8. Hasil pengujian EDS tersebarnya kadar Cu pada *solution treatment* 420°C-60 menit, *quenching* dan *aging* 250°C-2,5 jam.

Gambar 8 menunjukkan bahwa terdapat partikel *copper* berbentuk titik titik yang dihasilkan akibat adanya unsur Fe dalam paduan yang dapat meningkatkan ketahanan aus. Selain itu juga terdapat *presipitat* Al_2Cu yang terlihat di beberapa gambar seperti pada gambar 8 (a), 8 (b) yang dimana berbentuk titik titik berwarna jingga.

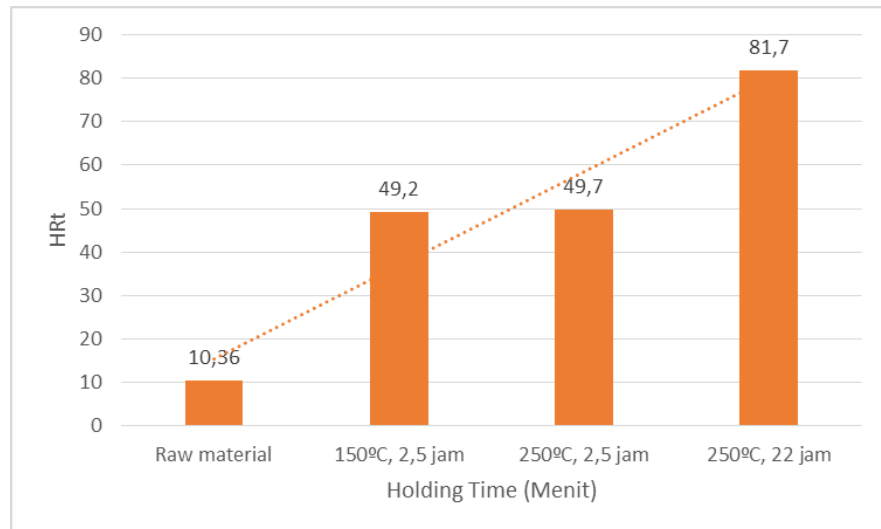


Gambar 9. Hasil pengujian EDS tersebarnya kadar Cu pada solution treatment $420^{\circ}C$ -60 menit, *quenching* dan *aging* $150^{\circ}C$ -2,5 jam.

Perubahan sifat-sifat dengan berjalannya waktu pada umumnya dinamakan penuaan. Apabila proses itu berjalan pada temperatur kamar dinamakan penuaan alamiah, sedangkan apabila proses itu terjadi pada temperatur lebih tinggi dari temperatur kamar (untuk paduan aluminium pada $120^{\circ} - 180^{\circ}C$) dinamakan penuaan buatan atau penuaan temper. Tentu saja selama penuaan terjadi berbagai perubahan dari sifat-sifat fisik dan sifat kimianya.

Khusus bagi peningkatan kekerasan dan kekuatan dinamakan pengerasan penuaan, yang biasanya dipakai untuk memperkuat paduan Al, paduan Cu, paduan Mg. Pada proses hasil solution treatment pada gambar 9 a) $420^{\circ}C$ -60 menit, *quenching* air dan *aging* $150^{\circ}C$ -2,5 jam ini memiliki Al 93,99mm, Cu 0,13mm dan Mg 0,01mm. Terlihat pada gambar 9 memiliki kandungan Al 92,99mm, Cu 0.02mm dan Mg 0.06mm.

3.3. Pengujian Kekerasan



Gambar 10. Grafik hasil pengujian kekerasan pada *solution treatment* $420^{\circ}C$ -60 menit, *quenching* dan variasi *temperature* dan *holding time aging*.

Dari gambar grafik 10 diatas dapat dilihat pada hasil *solution treatment*, *quenching* dan *aging* pada 150°C, 2,5 jam dan 250 °C, 2,5 jam memiliki hasil kekerasan yang tidak begitu jauh yaitu 49,2 HRt dan 49,7 HRt. Dan kekerasan pada hasil *solution treatment*, *quenching* dan *aging* pada 250 °C dengan waktu *holding* 22 jam memiliki kekerasan 81,7 HRt. Pada awal proses *aging* yang terjadi akibat efek *quenching*, proses *quenching* membuat residual stress yang tinggi di dalam paduan. Pada awal proses *aging*, peningkatan kekerasan terjadi sangat lambat sehingga, tempat pengintian presipitat belum tersedia dalam jumlah yang cukup dan peningkatan temperatur digunakan untuk menghilangkan residual *stress* terlebih dahulu. Selain itu peningkatan kekerasan juga dipengaruhi dengan bertambahnya prosentase tembaga dalam paduan.

Hal ini terjadi karena pada saat proses pembentukan presipitat oleh atom Cu, atom Si mempunyai kecenderungan untuk membentuk suatu kelompok dan sebagian menyebar ke dalam matriks. Dengan masuknya silikon ke dalam matriks maka matriksnya akan menjadi lebih keras, karena silikon sendiri lebih keras dari pada aluminium. keberadaan Cu yang kurang dari batas kelarutannya akan Cu tersebut larut dalam Al membentuk *solid solution* dan membentuk presipitat Al₂Cu pada *vacancy* yang terbentuk selama proses *aging*.

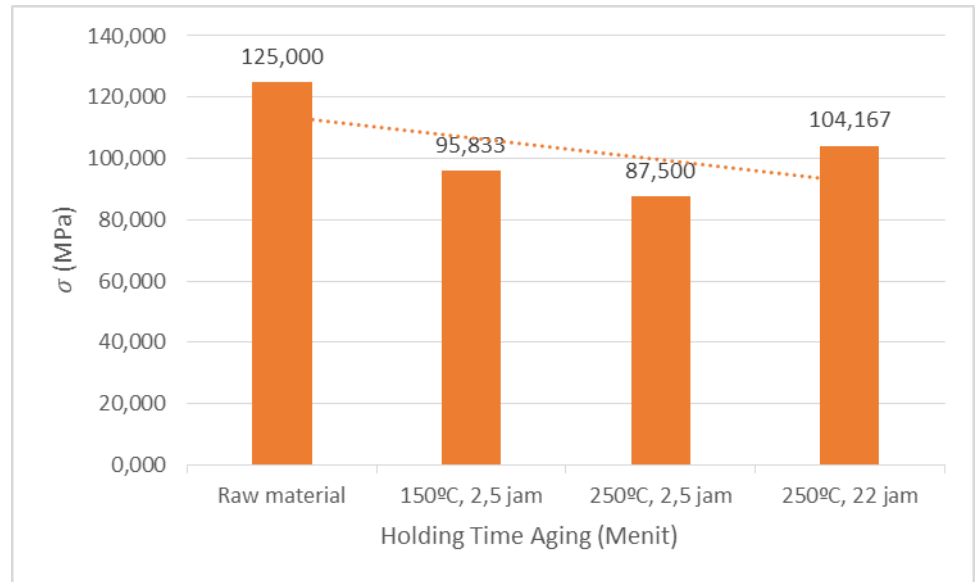
Presipitat ini akan menyebabkan terjadinya tegangan pada *lattis* kristal Al, karena *presipitat* ini tersebar merata dalam *lattis* kristal maka dapat dikatakan seluruh *lattis* menjadi tegang sehingga akan meningkatkan kekerasan. Dengan bertambahnya Cu maka Al₂Cu yang terbentuk juga semakin besar, sehingga *lattis* kristal akan semakin tegang, dengan semakin tegangnya *lattis* kristal inilah yang menyebabkan tingginya nilai kekerasan dengan dinaikkannya Cu.

3.4. Pengujian Tarik.

Data hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa variasi waktu penuaan memberikan suatu variasi kekuatan tarik pada paduan aluminium secara keseluruhan gambar 8. Sebagai pembanding material awal paduan aluminium mempunyai kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) sebesar 35 KN dan 23 in mm.

Tabel 2. Pengaruh waktu *aging* terhadap kekuatan tarik paduan aluminium

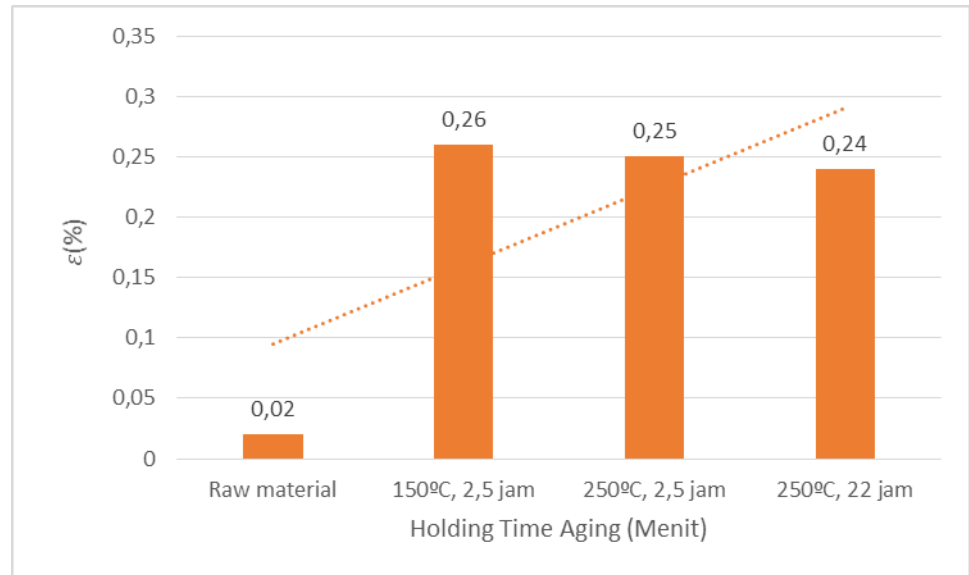
No	Waktu <i>aging</i>	Kekuatan Tarik (MPa)	Elongation (%)
1	Raw material	125,000	0,02
2	150°C, 2,5 jam	95,833	0,26
3	250°C, 2,5 jam	87,500	0,25
4	250°C, 22 jam	104,167	0,24



Gambar 11. Grafik hasil pengujian kekuatan tarik pada *solution treatment* 420°C-60 menit, *quenching* dan variasi *temperature* dan *holding time aging*

Pada tabel 2 ditampilkan data hubungan waktu penuaan terhadap kekuatan tarik maksimum dari spesimen setelah proses aging pada berbagai variasi waktu penuaan (2,5 jam dan 22 jam). Kenaikan kekuatan tarik maksimum paling besar terjadi pada spesimen dengan waktu penuaan 22 jam 104,167 MPa ini merupakan kekuatan paling besar dari spesimen yang telah diberikan proses *solution treatment*, *quenching* dan *aging*. Fenomena ini berbeda pada spesimen dengan waktu penuaan 2,5 jam 150°C dimana pada kurva terlihat terjadinya penurunan kekuatan tarik menjadi 95,833 MPa kemudian terjadi penurunan yang cukup signifikan pada kekuatan tarik untuk spesimen dengan waktu penuaan 2,5 jam 250°C, yakni menjadi 87,500 MPa. Dari tabel 3 khususnya pada waktu 2,5 jam 250°C dapat dilihat bahwa kekuatan tarik maksimum spesimen paduan aluminium setelah proses penuaan mengalami penurunan yang cukup signifikan. Namun demikian fenomena ini tidaklah tepat digunakan sebagai acuan untuk menentukan waktu penuaan yang paling tepat tanpa memperhatikan elongation yang diperoleh.

Untuk menjelaskan fenomena-fenomena yang terdapat pada kekuatan tarik maksimum, kekuatan luluh beserta *elongation* paduan aluminium paduan, dengan adanya proses penuaan menjadi akan mengalami suatu proses *precipitation hardening*. Banyak tidaknya *presipitat* yang terbentuk, merata atau tidaknya penyebaran *presipitat*, serta apakah spesimen mengalami *underaged*, *criticalaged* atau *overaged* inilah yang akan mempengaruhi besarnya kekuatan tarik maksimum (σ_{uts}), dan *elongation* (ϵ) dari spesimen aluminium paduan [11-12].



Gambar 12. Grafik hasil *elongation* pada *solution treatment* 420°C-60 menit, *quenching* dan variasi *temperature* dan *holding time aging*.

Gambar 12 diatas menunjukkan hasil *elongation* yang terjadi pada spesimen setelah diberikan proses *solution treatment*, *quenching* dan *aging*. Pada spesimen yang telah di *aging* dengan *temperature* 150°C 2,5 jam mengalami *elongation* sebesar 0,26% dan penurunan yang tidak signifikan pada spesimen dengan 250°C 2,5 jam yaitu 0,25% dan pada spesimen yang diberikan waktu *holding time* selama 22 jam 250°C memiliki hasil *elongation* 0,24%.

Peningkatan *elongation* pada spesimen aluminium yang mengalami proses *solution treatment*, *quenching* dan *aging* terjadi karena terbentuknya *presipitat*. *Presipitat* berbeda dengan ukuran atom zat pelarut, bila ukuran *presipitat* lebih kecil, akan menyebabkan terjadinya tegangan tarik. Sehingga semakin banyak *presipitat* yang terbentuk, sifat mekanik spesimen, dalam hal ini *elongation*, akan semakin meningkat karena jumlah *presipitat* yang terbentuk meningkat pada saat spesimen diberi proses *solution treatment*, *quenching* dan *aging*.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian waktu *solution treatment* dan *aging* ini sifat mekanik yang terbentuk dengan hasil maksimal terjadi di waktu *solution treatment* 420°C selama 60 menit, *quenching* air dan *aging* 150°C selama 2,5 jam. Selanjutnya sifat mekanik dan *presipitasi* yang terbentuk diatas waktu *aging* 22 jam sudah tidak maksimal kembali karena persebaran *presipitasi* mengakibatkan nilai kekerasan yang terus menunjukkan peningkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. B. Hadzley, A. A. Anis, M. N. Farizan, M. H. Osman, T. Norfauzi, and S. Noorazizi, "Analysis of surface integrity and formation of material side flow in dry and wet machining of aluminum alloy," J. Adv. Manuf. Technol., vol. 12, no. Specialissue1, pp. 501–512, 2018.
- [2] D. P. Putri, B. J. Siswanto, D. Antonius, J. T. Mesin, and U. K. Indonesia, "Pengaruh Waktu Artificial Aging terhadap Struktur Kristal Kerapatan Dislokasi dan Kekerasan pada Paduan Al-7075 Effect of Artificial Aging Time on Crystal Structure, Dislocation Density And Hardness of Al-7075 Alloy," vol. 4, no. 2, pp. 114–128, 2020.

- [3] N. Dariyanto, H. Hartopo, MT, “Stuktur Pada *Nose Bay Side Plate Plate* Pesawat T-34C-1 Charlie” INDEPT, Vol. 4, No. 3, 2014
- [4] R. B. S. Majanasastra, “Pengaruh Variable Waktu (*Aging Heat Treatment*) Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Dan Struktur Mikro,” vol. 3, no. 2, pp. 87–101, 2015.
- [5] I. Saefuloh, A. Pramono, W. Jamaludin, and I. Rosyadi, “Studi Karakterisasi Sifat Mekanik Dan struktur Mikro Material Piston Alumunium-Silikon *Alloy*,” FLYWHEEL, J. Tek. mesin Untirta, vol. IV, no. 2, pp. 56–63, 2018.
- [6] W. H. Candra and Sutarsis, “Pengaruh Temperatur dan Waktu Tahan Aging Presipitasi Hardening terhadap Struktur Mikro,” J. Tek. Pomits, vol. 3, no. 2, pp. 232–236, 2014.
- [7] R. M. D. dan Sutarsis, “Pengaruh Temperatur *Aging* dan Waktu 5Al-1 % Y untuk Aplikasi Komponen Otomotif,” vol. 3, no. 2, 2014.
- [8] R. M. D. dan Sutarsis, “Pengaruh Temperatur *Aging* dan Waktu 5Al-1 % Y untuk Aplikasi Komponen Otomotif,” vol. 3, no. 2, 2014.
- [9] B. Budiarto, D. Antonius, and B. A. Putra, “Analisis Pengaruh Waktu Artificial Age Terhadap Kekerasan, Densitas Dan Struktur Kristal Paduan Alumunium (7075) Untuk Bahan Sirip Roket,” J. Kaji. Ilm., vol. 20, no. 1, pp. 13–28, 2020.
- [10] S. Syahputra, “Pengaruh Penambahan Cu Dan *Solution Treatment* Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Aluminium Paduan a356,” no. 14, pp. 39–45, 2
- [11] H. M. Unggul, H. Ardhyanta, and A. T. Wibisono, “Analisis Pengaruh Komposisi Aluminium (Al) Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Laju Korosi Anoda Tumbal Berbasis Seng (Zn) untuk Kapal dengan Metode Pengecoran,” J. Tek. ITS, vol. 7, no. 2, 2019.
- [12] Y. Xu, L. Zhan, S. Li, and X. Wu, “*Effect of Stress-Aging Treatments on Precipitates of Pre-retrogressed Al-Zn-Mg-Cu Alloy*,” Xiyou Jinshu Cailiao Yu Gongcheng/Rare Met. Mater. Eng., vol. 46, no. 2, pp. 355–362, 2017.