

Pengaruh Waktu Pemanasan T6 Terhadap Struktur Mikro, Kuat Tarik, dan Kekerasan Pada Paduan Aluminium Tipe 7075

Budiarto¹, Surjo Abadi², Yoshua Gerry Gunawan³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

Jl. Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang, Jakarta Timur 13630, Indonesia

yoshuagerry05@gmail.com

Abstract

A study has been conducted on the effect of artificial aging on the hardness, tensile strength, microstructure, and chemical composition of the Al 7075 alloy. The objective of the research is to determine the impact of the T6 heat treatment process on the mechanical properties, particularly hardness and tensile strength, of the Al 7075 alloy. Sintering heat treatment was performed at a temperature of 450°C for 1 hour. This was followed by rapid quenching in water, and then artificial aging heat treatment at a temperature of 210°C with holding times of 1 hour and 20 hours. The hardness test results showed an increase in hardness after sintering and rapid quenching, but a decrease in hardness with longer holding times. The tensile strength test on the Al 7075 alloy after the T6 process showed a reduction in tensile strength compared to the Al 7075 alloy sample before the heat treatment process. The microstructure observations using SEM showed phase changes indicated by an increase in hardness and tensile strength.

Keywords: Al 7075 alloy, hardness, tensile strength, SEM-EDXS

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengaruh penuaan buatan terhadap kekerasan, kuat Tarik, struktur mikro, dan komposisi unsur kimia pada paduan Al 7075. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh proses pemanasan T6 terhadap sifat mekanik khususnya kekerasan dan kuat Tarik pada paduan Al 7075. Pemanasan sintering pada suhu 450°C selama 1 jam. Kemudian di celup cepat dimedia air, selanjutnya pemanasan penuaan buatan pada suhu 210°C dengan waktu penahanan 1 jam dan 20 jam. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan bertambah setelah disintering dan celup cepat, namun terjadi penurunan nilai kekerasan dengan waktu tahan yang lebih lama. Pengujian kuat Tarik pada paduan Al 7075 setelah proses T6 mengalami kuat Tarik yang berkurang dibanding sampel paduan Al 7075 sebelum proses pemanasan. Hasil pengamatan struktur mikro dengan SEM memperlihatkan terjadinya perubahan pasal yang ditandai dengan kenaikan kekerasan dan kuat Tarik.

Kata Kunci: Paduan Al 7075, kekerasan, kuat tarik, SEM-EDXS

1. PENDAHULUAN

Alat transportasi paling aman dan diminati masyarakat saat ini adalah pesawat terbang. Karena pesawat terbang membutuhkan material yang ringan, kuat dan tahan lama. Dimana material itu bertujuan untuk mengurangi berat dan meningkatkan efisiensi bahan

bakar pada pesawat terbang. Material – material yang biasa digunakan untuk konstruksi pesawat yaitu campuran aluminium, titanium, paduan baja, dan komposit. Salah satu material yang sering digunakan adalah aluminium. Aluminium mempunyai sifat lunak, ringan, tahan lama dan dapat ditempa, namun kekuatannya tidak dapat ditingkatkan langsung melalui proses perlakuan panas (*heat treatment, age hardening*) [1]. Proses *Heat treatment* adalah pemanasan dan pendinginan suatu logam dengan tujuan merubah sifat fisik dan mekanik tanpa merubah bentuknya [2]. Jenis aluminium paduan yang banyak digunakan adalah aluminium paduan seri 7xxx karena mempunyai kekuatan, tahan korosi dan toleransi kerusakan [3] Aluminium 7075 adalah suatu paduan yang terdiri dari 5.5% Zn, 2.5% Mg, 1.5% Cu, 0.3% Cr dan 0.2% Mn. Sifat aluminium 7075 masih dapat ditingkatkan dengan diberi perlakuan khusus. Salah satu perlakuan khusus dengan *heat treatment* yaitu *solution treatment dan aging*. *Solution treatment* berfungsi untuk meningkatkan kekerasan dan keuletan serta kekuatan tarik dari aluminium. Proses selanjutnya adalah *aging* atau penuaan. *Aging* dilakukan menggunakan larutan lewat jenuh pada suhu kamar selama beberapa waktu. Perubahan sifat-sifat dengan berjalannya waktu disebut *aging* atau penuaan. *Aging* pada aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*) [4]. *Natural aging* adalah proses penuaan atau menahan material pada suhu ruangan dalam jangka waktu tertentu. *Natural aging* hanya bisa menghasilkan cluster atau pengelompokan dari elemen paduan terlarut. Contoh pada paduan aluminium AW-6060, akan terbentuk cluster yaitu Mg dan Si. Cluster yang terbentuk ini akan berpengaruh pada peningkatan sifat mekanis [5]. *Artificial aging* adalah penuaan dengan memanaskan kembali sampai suhu dibawah garis solvus dan ditahan beberapa saat dengan dilanjutkan dengan pendinginan lambat pada suhu ruang. Misal, menahan pada suhu 150° C selama 4 jam, atau pada suhu 200° C selama 2 jam [6]. Beberapa penelitian tentang *artificial aging* paduan aluminium. Ahmad, dkk [7] menggunakan aluminium A383, *solution treatment* pada suhu 450°C selama 1 jam dan di *quenching* dengan air. Kekerasan tertinggi diperoleh melalui perlakuan panas *solution treatment* dengan *artificial aging* pada suhu 210°C selama 1 jam. Hasil optimasi kekerasan terbaik pada suhu *aging* 210°C selama 4 jam dan suhu *aging* 210°C selama 20 jam. Perubahan suhu *aging* dari suhu rendah ke tinggi menyebabkan perubahan struktur mikro tampak lebih besar dan tebal. Dengan paduan Al-Cu 4.5% sebelum dan sesudah *remelting* sebanyak 4 kali baru diberi perlakuan *aging* suhu 200°C dengan variasi waktu 3, 6, dan 9 jam [8]. Lalu perlakuan *aging* selama 9 jam, hasil *remelting* menyebabkan nilai keuletan menurun menjadi 0.010 J/mm². Perlakuan *aging* selama 6 jam menghasilkan kekerasan paling tinggi yaitu 97.93 BHN dan kekuatan tarik menurun pada saat *aging* 9 jam yaitu 101.20 MPa. Dengan menggunakan *aging* pada suhu 180°C dengan variasi waktu selama 2, 4, dan 6 jam [9]. Perlakuan *aging* selama 6 jam dengan menggunakan media pendingin air garam menghasilkan butiran paling besar diameter rata-rata sebesar 165.3 nm dan butiran terkecil dengan waktu *aging* yang sama menggunakan media pendingin air sebesar 95.58 nm. Semakin lama waktu *aging*, semakin halus (kecil) ukuran diameter rata-ratanya, kekerasan bahan, kekuatan luluh, keuletan dan ketangguhan bahan semakin meningkat. Menggunakan variasi suhu 175°C, 200°C, dan 225°C dengan waktu *aging* selama 1 jam dan didinginkan dalam udara terbuka. Kekerasan, kekuatan tarik maksimum dan nilai impak terbesar dicapai pada suhu 175°C yaitu 31.66 HRB, 231.67 MPa dan 0.0290 kg.m/mm² [10]. Namun penurunan sifat mekanik Aluminium 6061 disebabkan suhu *aging* yang berlebihan pada suhu 200°C dan 225°C.

2. METODE PENELITIAN

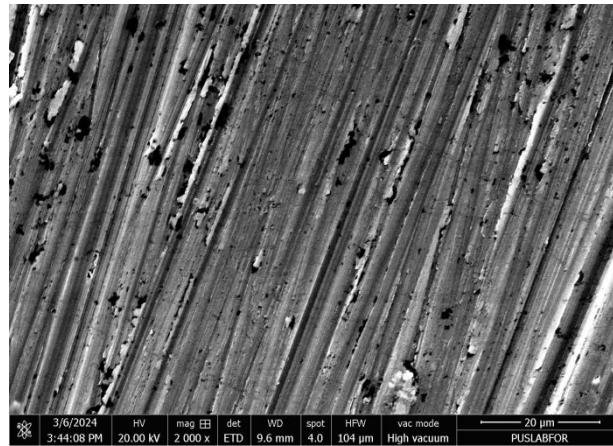
Penulisan artikel ini ditulis dengan menggunakan metode studi literatur, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat mekanik 7075 akibat perlakuan *artificial*

aging. Variasi waktu *aging* bertujuan untuk mencari waktu yang ideal untuk meningkatkan sifat mekanik Aluminium 7075 dengan variasi waktu selama 1, 4 dan 20 jam dengan penggunaan suhu 210°C.

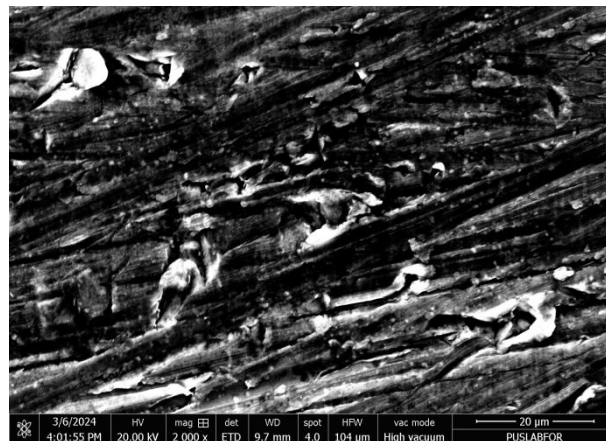
Sampel uji ukuran 10 mm x 10 mm x 20mm dari paduan Al 7075. Pemanasan *sintering* pada suhu 450°C selama 1 jam, selanjutnya didinginkan celup cepat ke suhu ruang media air. Dan dilanjutkan *artificial aging* (penuaan buatan) selama 1 jam dan 20 jam pada suhu 210°C. Material yang diuji adalah material dengan spesifikasi yang umum digunakan untuk bagian dari aluminium. Material yang diuji dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan hasil dari proses pemanasan (heat treatment). Pengujian yang dilakukan ada 3 yaitu pengujian struktur mikro dengan menggunakan SEM EDS, lalu pengujian kuat Tarik dengan alat yang sama tetapi dengan konversi dari hasil kekerasan

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

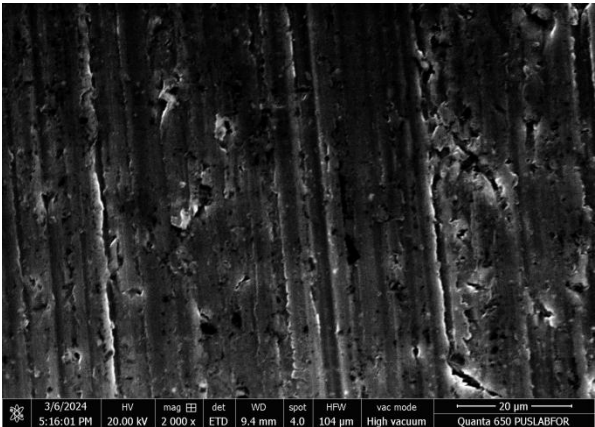
Data hasil penelitian disertai pembahasan didukung kajian teori dan penelitian terdahulu berkaitan dengan penelitian.



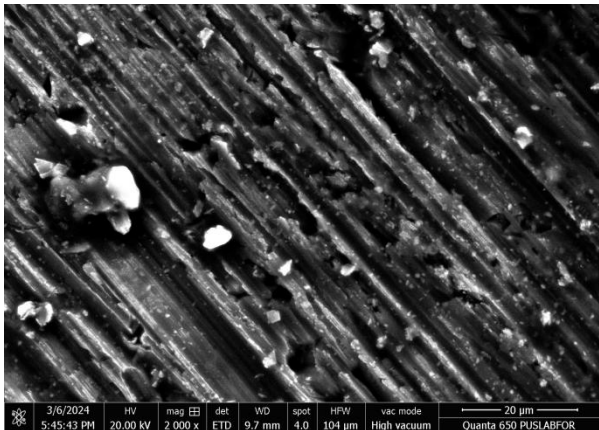
Gambar 1. Micrograb dari sampel normal Al 7075, pembesaran 2000X



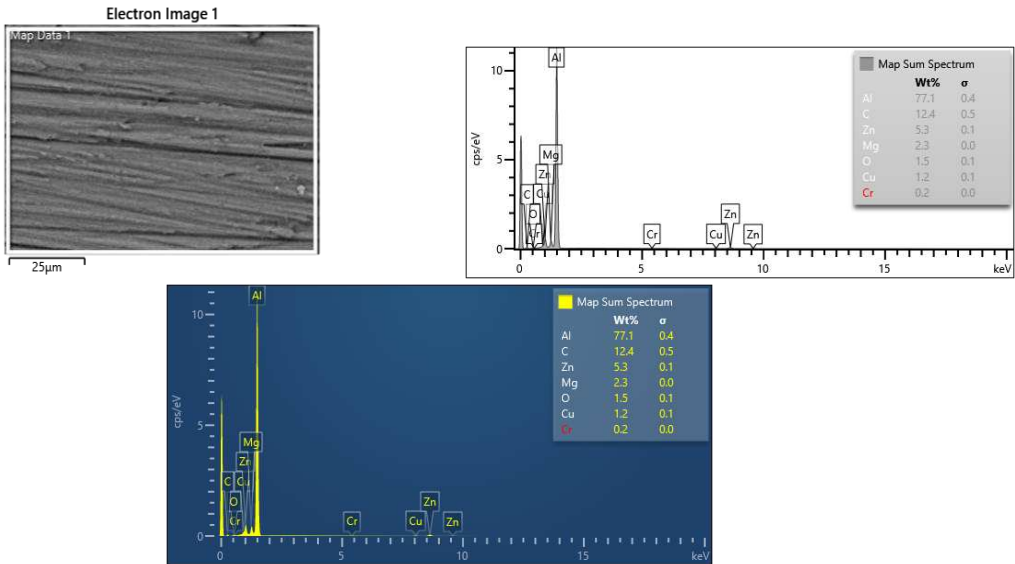
Gambar 2. Micrograb Al 7075 sampel Al 7075, 450°C Q air, pembesaran 2000X



Gambar 3. micrograb Al 7075, 210°C 1 jam, pembesaran 2000X



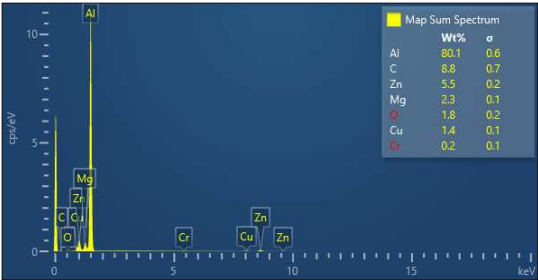
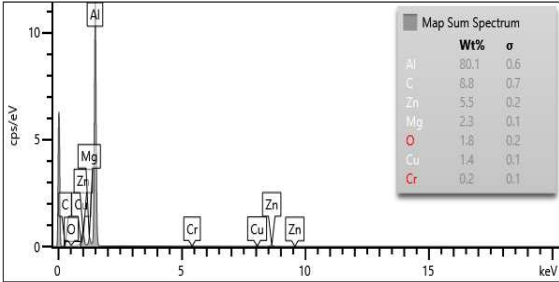
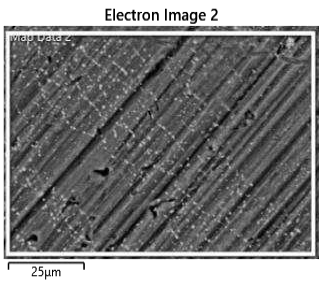
Gambar 4. Micrograb Al 7075, 210°C 20 jam, pembesaran 2000X



Gambar 5. Komposisi dari sampel normal AL 7075

Tabel 1. Komposisi unsur kimia sampel normal Al7075

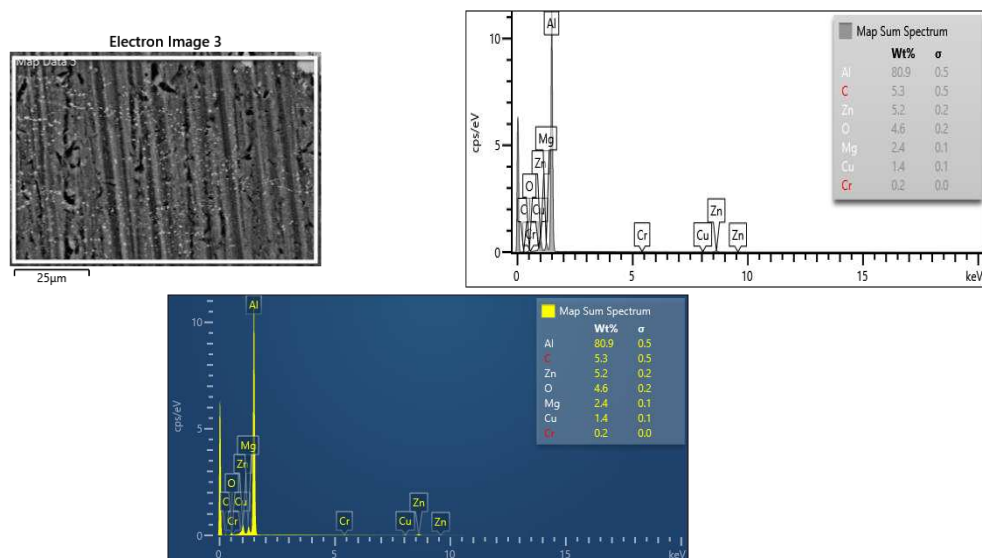
Element	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Factory Standard	Standard Calibration Date
C	K series	0.72	0.00725	12.41	0.46	C Vit	Yes	
O	K series	0.69	0.00231	1.46	0.12	SiO2	Yes	
Mg	K series	1.90	0.01259	2.33	0.04	MgO	Yes	
Al	K series	60.95	0.43778	77.12	0.43	Al2O3	Yes	
Cr	K series	0.11	0.00113	0.18	0.04	Cr	Yes	
Cu	K series	0.72	0.00718	1.19	0.08	Cu	Yes	
Zn	K series	3.19	0.03186	5.30	0.13	Zn	Yes	
Total:				100.00				



Gambar 6. Electron dari sampel AL 7075, 450°C Q air

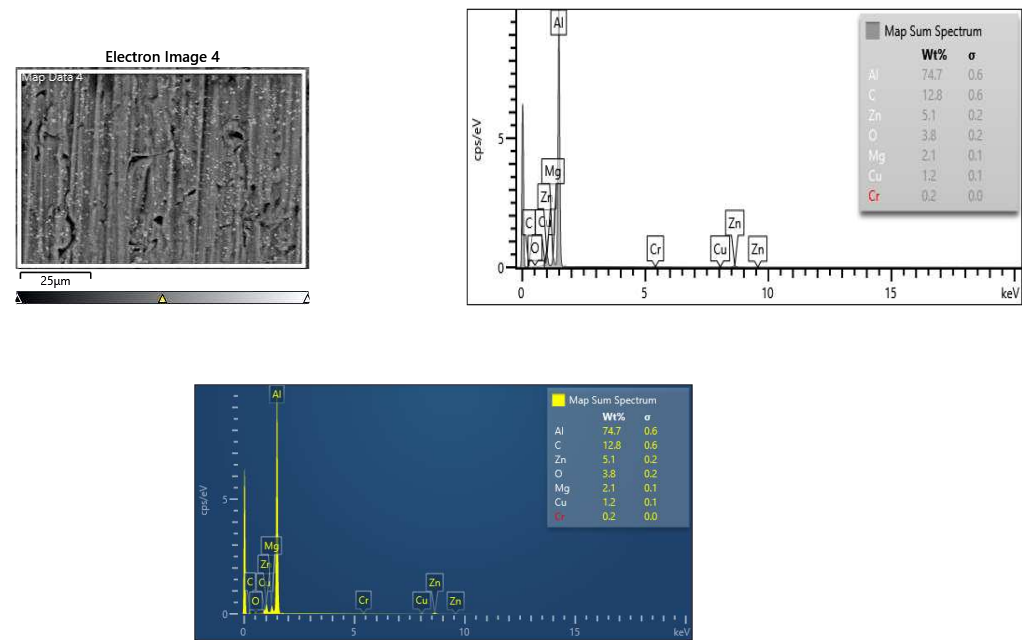
Tabel 2. Komposisi unsur kimia sampel 450°C Q A Al7075

Element	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Factory Standard	Standard Calibration Date
C	K series	0.48	0.00481	8.83	0.65	C Vit	Yes	
O	K series	0.84	0.00284	1.79	0.18	SiO ₂	Yes	
Mg	K series	1.77	0.01177	2.25	0.07	MgO	Yes	
Al	K series	61.19	0.43946	80.08	0.62	Al ₂ O ₃	Yes	
Cr	K series	0.11	0.00106	0.18	0.06	Cr	Yes	
Cu	K series	0.79	0.00791	1.36	0.12	Cu	Yes	
Zn	K series	3.21	0.03214	5.52	0.19	Zn	Yes	
Total:				100.00				

**Gambar 7.** Komposisi dari sampel 1jam AL 7075**Tabel 3.** Komposisi unsur kimia sampel 1 jam Al 7075

Element	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Factory Standard	Standard Calibration Date
---------	-----------	------------------------	---------	-----	-----------	----------------	------------------	---------------------------

C	K series	0.28	0.00285	5.34	0.53	C Vit	Yes	
O	K series	2.29	0.00771	4.62	0.20	SiO2	Yes	
Mg	K series	1.83	0.01215	2.36	0.06	MgO	Yes	
Al	K series	60.88	0.43724	80.91	0.51	Al2O3	Yes	
Cr	K series	0.11	0.00111	0.19	0.05	Cr	Yes	
Cu	K series	0.80	0.00798	1.38	0.10	Cu	Yes	
Zn	K series	3.00	0.03005	5.20	0.17	Zn	Yes	
Total:				100.00				

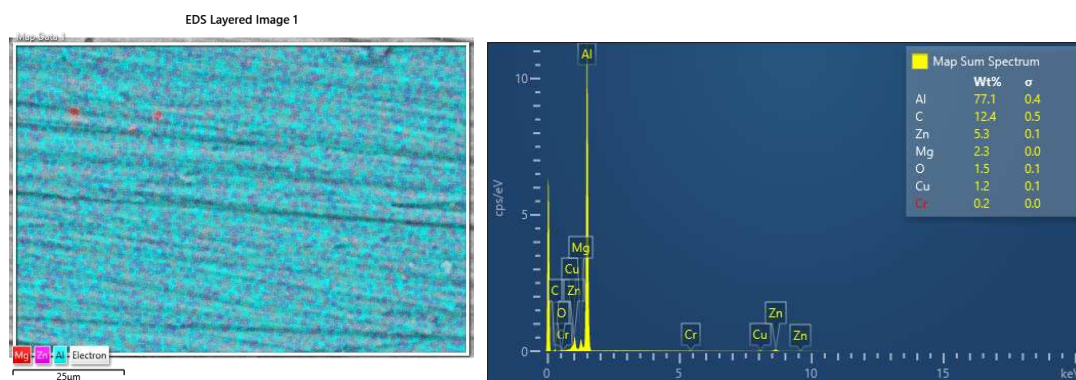


Gambar 8. Komposisi unsur kimia sampel 20 jam Al7075

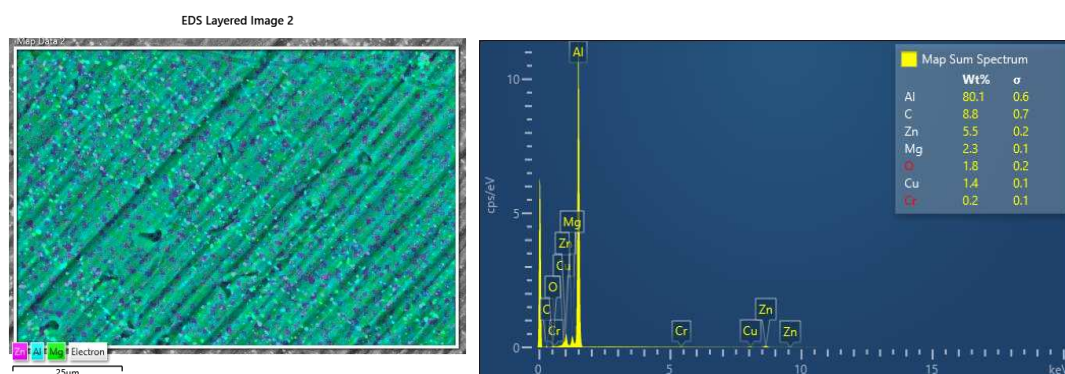
Tabel 4. Komposisi unsur kimia sampel 20 jam Al7075

Element	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Factory Standard	Standard Calibration Date
C	K series	0.77	0.00771	12.83	0.61	C Vit	Yes	

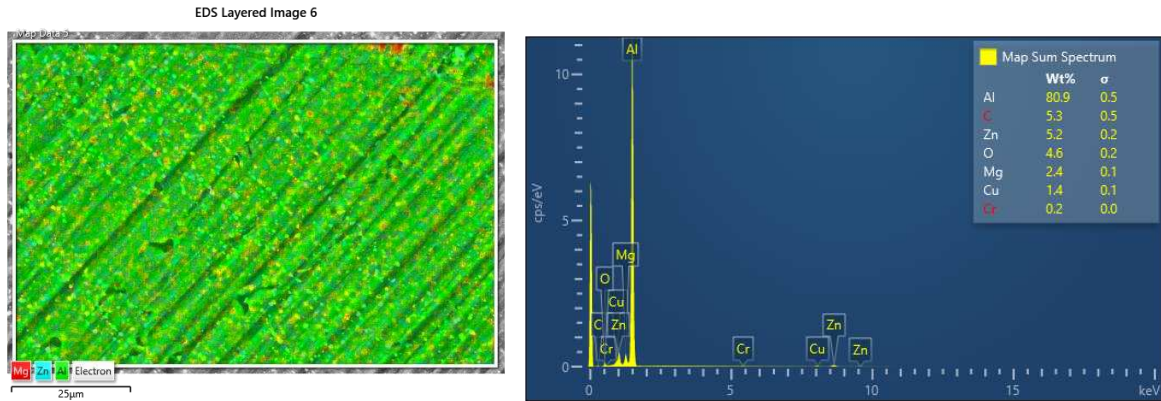
O	K series	1.82	0.00614	3.81	0.19	SiO ₂	Yes	
Mg	K series	1.71	0.01137	2.13	0.06	MgO	Yes	
Al	K series	58.67	0.42141	74.70	0.57	Al ₂ O ₃	Yes	
Cr	K series	0.14	0.00145	0.24	0.05	Cr	Yes	
Cu	K series	0.72	0.00717	1.19	0.10	Cu	Yes	
Zn	K series	3.06	0.03062	5.10	0.17	Zn	Yes	
Total:				100.00				



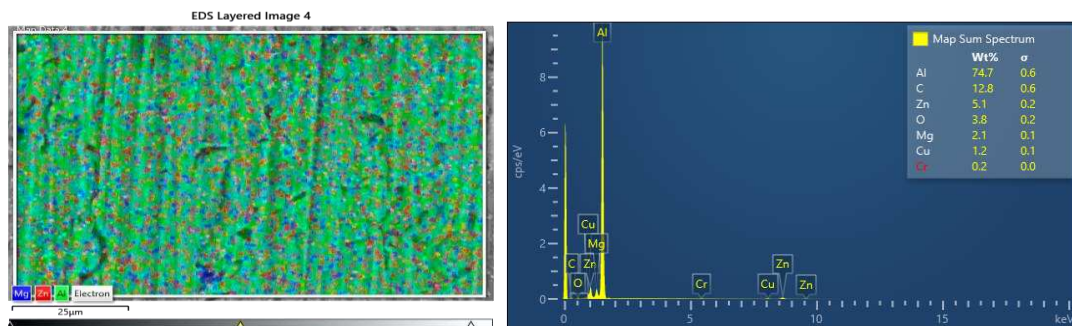
Gambar 9. EDS dari sampel normal AL 7075



Gambar 10. EDS dari sampel AL 7075, 450°C Q air



Gambar 11. EDS dari sampel AL 7075, 210°C selama 1 Jam



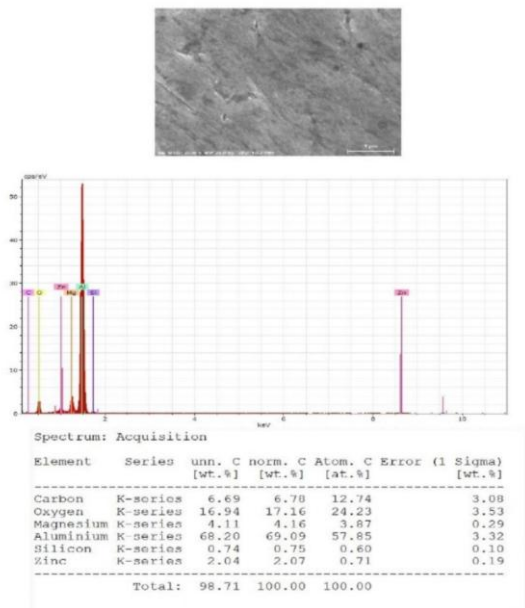
Gambar 12. EDS dari sampel AL 7075, 210°C selama 20 Jam

4.1.1.1 Analisa Komposisi Unsur Kimia Paduan Al 7075 Dengan Optik Emisi Spektrometer (OES)

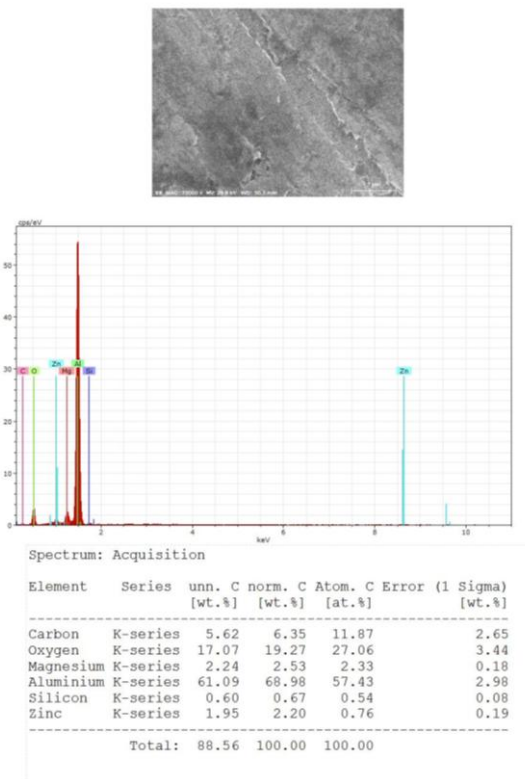
Hasil pengujian komposisi unsur kimia material paduan Al 7075 dengan alat Energy Dispersif Sinar-X (EDX) dilihat Tabel 4.

Tabel 5. Data hasil pengujian komposisi unsur material paduan Al 7075

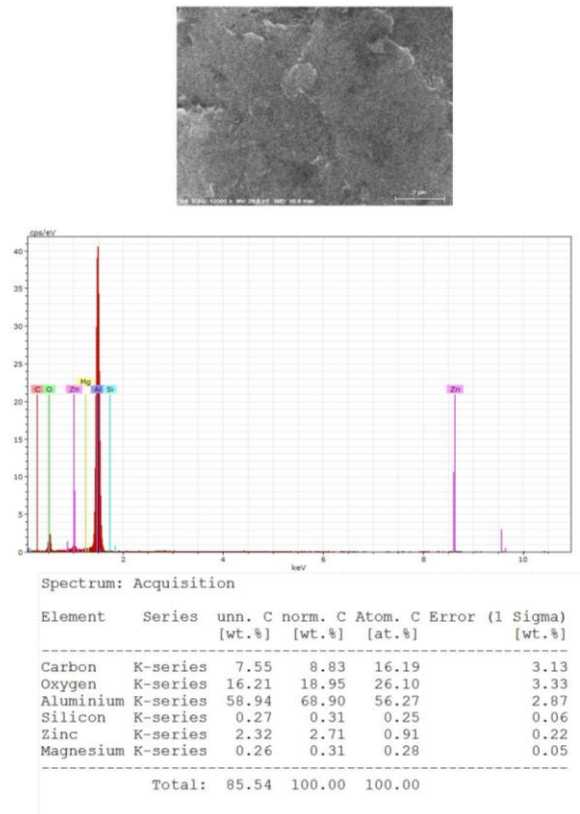
No.	Nama Unsur	Sampel A, %	Sampel B, %	Sampel C, %	Standar UNS A97075, %
1.	Alumunium	87,8	87,9	88,3	87 – 92
2.	Magnesium	2,85	2,68	2,2	2,1 – 2,9
3.	Silicon	1,03	0,818	0,939	Maks. 0,4
4.	Zinc	4,870	3,790	5.843	5,1 – 6,1
5.	Nickel	0,248	0,245	0,212	Maks.0,4
6.	Lain-lain	Maks. 0,2	Maks.0,4	Maks. 0,3	Maks.0,5



Gambar 13. Komposisi unsur kimia material paduan Al-7075 dengan EDX, penuaan buatan temperatur 450⁰C dan Q A AIR.



Gambar 14. Komposisi unsur kimia material paduan Al-7075 dengan EDX, penuaan buatan temperatur 210⁰C dan waktu 1 jam.



Gambar 15. Komposisi unsur kimia material paduan Al-7075 dengan EDX, penuaan buatan temperatur 210°C dan waktu 20 jam.

Dari Tabel 5. menunjukkan bahwa material paduan Al 7075 yang dibeli dipasaran, pemanasan diawali proses sintering, kemudian quenching, proses artificial aging. Pemanasan sintering temperatur 450°C , Quenching media air dan artificial aging waktu tahan 1 jam, dan 20 jam temperature tetap 210°C , hasil uji komposisi unsur kimia yaitu mulai Al, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Si, Ti, Zn, Ni dan lain-lain. Sebagian besar sesuai standar UNS A9. Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 dimana pengujian komposisi unsur kimia dengan EDX, menunjukkan komposisi unsur kimia yang sama yaitu Al, Mg, Si, Zn

4.1 Analisa Kekerasan

Tabel 6. Data hasil pengujian kekerasan material paduan Al 7075

No.	Nama Sampel Uji	Hasil Uji Kekerasan (HBN)
1.	Al 7075 As Cast/Asli (A)	21,43
2.	Al 7075 sesudah quenching (B)	25,22
3.	Al7075 artificial age, 210°C , waktu tahan 1 jam (C)	23,54
4.	Al7075 artificial age, 210°C , waktu tahan 20 jam (D)	19,38

Dari Tabel 6 hasil pengamatan nilai kekerasan material paduan Al 7075 setelah dilakukan pemanasan quenching (celup cepat) media air mengalami kenaikan nilai kekerasan sekitar 17,6% dari 21,43 HBN menjadi 25,22 HBN, dan dilanjutkan penuaan buatan (*artificial aged*) pada temperatur 210°C dengan waktu tahan 1 jam, nilai kekerasan terjadi penurunan 6,6% (25,22 HBN ke 23,54 HBN), serta mengalami penurunan kekerasan waktu tahan 20 jam yaitu 19,38 HBN. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan mengalami penurunan yang signifikan. Tetapi bila dibandingkan sampel material paduan Al 7075 as cast/asli setelah sintering naik dari 21,43 HBN menjadi 25,22 HBN sebesar 17,6%, hal ini terjadi karena terbentuk presipitat (endapan) Mg_2Si dan $MgZn_2$. Sehingga, endapan tersebut menghalangi dislokasi yang akan terjadi. Namun pada sampel material paduan Al 7075 setelah penuaan buatan dari waktu tahan 1 jam dibandingkan waktu tahan 20 jam terjadi penurunan kekerasan sebesar 6,6% dan 17,4%. Hal ini disebabkan telah terjadi *over age*. Kekuatan paduan penguatan presipitat terutama dikendalikan oleh fraksi volum, ukuran, dan jarak antar presipitat dalam matriks Aluminium. Kekuatan yang tinggi akan diperoleh bila partikel yang terbentuk kristal berukuran sangat kecil dan keras dengan fraksi volum yang tinggi, hal mana dicapai dalam sistem penguatan penuaan buatan. Dalam paduan aluminium penguatan presipitat, pembentukan presipitat fasa kesetimbangan biasanya didahului oleh pembentukan kluster atom-atom solut (G-P zones) dan/atau presipitat antara yang dapat digeser oleh dislokasi.

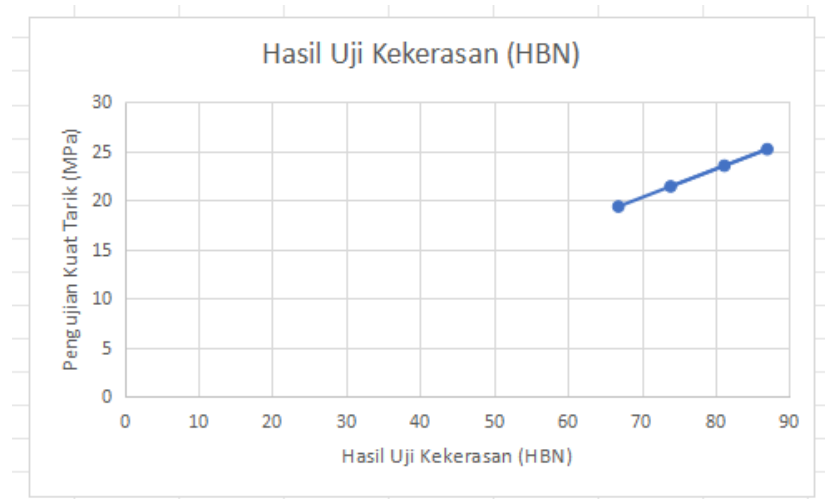
4.2 Analisa Kuat Tarik

Tabel 7. Data hasil pengujian kuat tarik material paduan Al 7075

No.	Nama Sampel Uji	Pengujian Kuat Tarik (MPa)
1.	Al 7075 As Cast/Asli (A)	73,93
2.	Al 7075 sesudah quenching (B)	87,01
3.	Al7075 artificial age, 210°C, waktu tahan 1 jam (C)	81,21
4.	Al7075 artificial age, 210°C, waktu tahan 20 jam (D)	66,86

Dari Tabel 7 hasil pengujian kuat tarik material paduan Al 7075 setelah dilakukan pemanasan quenching (celup cepat) media air mengalami kenaikan nilai kuat tarik dari 73,93 MPa menjadi 87,01 MPa, dan dilanjutkan penuaan buatan (*artificial aged*) pada temperatur 210°C dengan waktu tahan 1 jam, nilai kuat tarik terjadi penurunan dari 87,01 MPa ke 81,21 MPa, serta mengalami penurunan kuat tarik lagi pada waktu tahan 20 jam yaitu 66,86 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat tarik mengalami penurunan yang signifikan pada waktu tahan dari 1jam ke 20 jam.. Tetapi bila dibandingkan sampel material paduan Al 7075 as cast/asli setelah sintering naik dari 73,93 MPa menjadi 87,01 MPa, hal ini terjadi karena terbentuk presipitat (endapan) Mg_2Si dan $MgZn_2$. Sehingga, endapan tersebut menghalangi dislokasi yang akan terjadi. Namun pada sampel material paduan Al 7075 setelah penuaan buatan dari waktu tahan 1 jam dibandingkan waktu tahan 20 jam terjadi penurunan kekerasan. Hal ini disebabkan telah terjadi *over age*. Kekuatan

paduan Al 7075 karena adanya presipitat terutama dikendalikan oleh fraksi volum, ukuran, dan jarak antar presipitat dalam matriks Alumunium. Kekuatan yang tinggi akan diperoleh bila partikel yang terbentuk kristal berukuran sangat kecil dan keras dengan fraksi volum yang tinggi, hal mana dicapai dalam sistem penguatan penuaan buatan. Pada paduan aluminium dengan telah terbentuknya presipitat ini, menyebabkan terjadi fasa kesetimbangan biasanya didahului oleh pembentukan kluster atom-atom solut (G-P zones) dan/atau presipitat antara yang dapat digeser oleh dislokasi.



Grafik 1. Hasil uji Kekerasan dan Kuat Tarik

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Alumunium 7075 mencapai kekerasan maksimum pada suhu artificial aging 210°C dengan waktu 1 jam sebesar 23.035 HBN. Sedangkan pengujian untuk sampel alumunium 7075 tanpa perlakuan panas mempunyai nilai kekerasan sebesar 20,118 HBN. Namun pada sampel material paduan Al 7075 setelah penuaan buatan dari waktu tahan 1 jam dibandingkan waktu tahan 20 jam terjadi penurunan kekerasan sebesar 17,93% dan 14,58%.
- Pengujian komposisi unsur kimia pada alumunium 7075 dengan menggunakan EDX, menunjukkan komposisi unsur kimia yang sama yaitu Al, Mg, Si, Zn.

5. REFERENSI

- [1] Brown, JR. (2001). Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook, Eleventh Edition, Oxford: ButterworthHeinemann., ASM Hand Book Volume 3, 1994, "Alloy Phase Diagrams"
- [2] Marlaud, T, Malki, B, Henon, C, Deschamps, A, and Baroux, B, (2011), Relationship Between Alloy Composition Microstructure And Exfoliation Corrosion in Al-Zn-Mg-Cu Alloys, Corrosion Science 53 (2011)3139-3149S., Ngai, T., Zhang, G., Zhai, T., Jia, S., Li, L., Precipitation Strengthening Mechanisms During Natural Ageing and Subsequent Artificial Ageing in an Al-Mg-Si-Cu Alloy, Materials Science and Engineering, Vol. 724 (2018), pp. 53-59.
- [3] Shwe Wut, H.A., Kay Thi, L., Waing, K.K., The Effect of Ageing Treatment of Aluminum Alloys for Fuselage Structure-Light Aircraft, World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 46 (2008), pp. 696-699.

- [4] Jin, S., Ngai, T., Zhang, G., Zhai, T., Jia, S., Li, L., Precipitation Strengthening Mechanisms During Natural Ageing and Subsequent Artificial Ageing in an Al-Mg-Si-Cu Alloy, *Materials Science and Engineering*, Vol. 724 (2018), pp. 53-59.
- [5] Schonmetz, S. & Reiter, H., 1990, *Pengerjaan Logam dengan Mesin*, Angkasa, Bandung.
- [6] E. S. Mochamad, A. Muftinur, Haryono, "Pengaruh Holding Time Pada Proses Heat Treatment Terhadap Nilai Kekerasan Material Aluminium Alloy AC8A .pdf." 2017. Anugerah Novrio Angga, "Pengaruh Aging 200°C dengan Waktu 1-9 jam terhadap Sifat Mekanik pada Al-Cu Remelting", 2018.
- [7] Ahmad Zubair Sultan, Nur Hamzah, "Pengaruh Solution Treatment dan Artificial Aging Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Paduan Aluminium A383". 2019.
- [8] Juli Susabto, Harjo Seputro, Edi Santoso, "Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Waktu Aging pada Perlakuan Panas T terhadap Struktur Mikro Komposit Aluminium Abu Dasar Batubara", 2018.
- [9] Jaelani Sidik, M. Sholihin, Riyan Arthur, "Pengaruh Variasi Temperatur Perlakuan Panas Aging terhadap sifat Mekanik Aluminium AA 6061", 2019
- [10] Anugerah Novrio Angga, "Pengaruh Aging 200°C dengan Waktu 1-9 jam terhadap Sifat Mekanik pada Al-Cu Remelting", 2018.