



MENINGKATKAN SIFAT PADUAN ALUMINIUM (7075): MENGEVALUASI DAMPAK WAKTU PEMANASAN, PENAHANAN DAN PENDINGINAN

Ery Sugito¹, Widi Nugraha², Robby Hallun. F³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Ibnu Sina, Batam

Universitas Ibnu Sina, Jl. Teuku Umar, Lubuk Baja, Kota Batam

Email: ery_sugito@hotmail.com

Abstrak

Paduan aluminium (7075) sering digunakan di industri penerbangan, di mana lebih dari 73% dari komponen pesawat terbuat dari bahan ini. Meskipun aluminium murni merupakan bahan yang umum untuk memenuhi kebutuhan industri, namun meningkatkan kekerasannya melalui perlakuan panas sangat diperlukan. Dalam penelitian ini, ditemui kendala konsisten antara input dan output dalam perlakuan panas pada bahan baku aluminium. Untuk mengatasi hal ini, digunakan metode eksperimen Taguchi untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi peningkatan kekerasan dan produktivitas aluminium. Faktor-faktor seperti waktu penahanan, media pendinginan, dan suhu dianalisis dengan waktu penahanan yang telah ditetapkan memiliki dampak paling signifikan, diikuti oleh media pendinginan dan suhu. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi optimal pada waktu penahanan 35 menit, pendinginan dengan air, dan suhu 490°C dapat meningkatkan kekerasan sebesar 74,40% dan produktivitas sebanyak 10 part per minggu dan 40 part per bulan. Oleh karena itu, pendekatan terbaik dan paling efisien dalam perlakuan panas (*heat treatment*) adalah menggunakan waktu penahanan (*holding time*) 35 menit dan pendinginan (*quenching*) dengan air.

Kata Kunci: Aluminium Paduan; Heat Treatment, Holding Time; Media Quenching

Abstract

Aluminum alloy (7075) is widely used in the aviation industry, where more than 73% of aircraft components are made of this material. Although pure aluminum is a common material to meet industrial needs, increasing its hardness through heat treatment is essential. In this study, there was a consistent constraint between input and output in heat treatment of aluminum raw materials. To overcome this, the Taguchi experimental method was used to identify factors that affect the increase in hardness and productivity of aluminum. Factors such as holding time, cooling media, and temperature were analyzed with the holding time that had been set to have the most significant impact, followed by cooling media and temperature. The results of the analysis showed that the optimal conditions at a holding time of 35 minutes, cooling with water, and a temperature of 490°C could increase the hardness by 74.40% and productivity by 10 parts per week and 40 parts per month. Therefore, the best and most efficient approach in heat treatment is to use a holding time of 35 minutes and quenching with water.

Keywords: Aluminum Alloy; Heat Treatment, Holding Time; Quenching Media

PENDAHULUAN

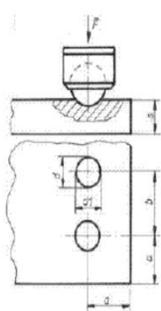
Kebutuhan bahan baku di industri manufacture terus berkembang dan bervariasi, salah satu bahan baku yang banyak digunakan saat ini adalah aluminium. Bahan baku aluminium paduan banyak digunakan di industri pesawat terbang, mobil, kapal ferry dan lain-lain (Khalid et al., 2023; Lin et al., 2022), karena secara keseluruhan aluminium paduan dengan unsur utamanya Al-Zn-Mg-Cu memiliki sifat yang menarik seperti kekuatan tinggi, ketangguhan, daktilitas dan ketahanan leleh yang baik dan sebanding dengan baja (Mouritz, 2012). Membuat paduan aluminium yang baik diperlukan perlakuan panas pada aluminium dimana proses mengubah struktur logam dengan memanaskan spesimen dalam tungku pada suhu dan durasi tertentu, diikuti dengan pendinginan menggunakan berbagai media pendingin seperti udara, air, minyak, atau air garam. Terdapat dua jenis proses perlakuan panas, yaitu pelunakan dan pengerasan. Pelunakan jarang digunakan karena ditujukan untuk melunakkan logam, sedangkan pengerasan sering digunakan dalam penelitian untuk meningkatkan kekerasan logam. Proses hardening (pengerasan) melibatkan metode seperti tempering, normalizing, dan quenching (Zhang et al., 2020).

Pada proses perlakuan panas, terdapat dua untuk material yaitu, proses solution dan proses aging. Proses solution material dipanaskan didalam tungku air (furnace) dengan suhu 487°C s/d 499°C dan didiamkan selama waktu 45 menit kemudian didinginkan dengan media air, material yang sudah diproses solution dilanjutkan keproses selanjutnya yaitu proses aging yang dimana material dimasukan kembali kedalam tungku air (furnace) dan dipanaskan kembali disuhu 115°C s/d 125°C dan didiamkan kembali selama 23 jam. Dimana paduan logam aluminium sebagai unsur logam utama umumnya terdapat tambahan unsur tembaga, magnesium, mangan, silikon, seng, dan timah. Paduan ini digunakan secara luas dalam struktur dan komponen teknik yang membutuhkan bobot ringan dan ketahanan terhadap karat. Contohnya adalah duraluminium (dural), yang

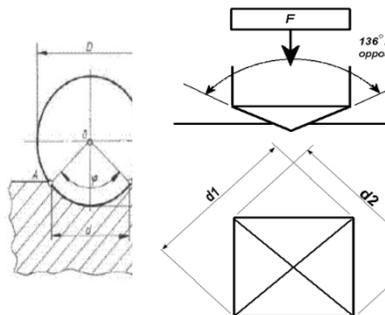
merupakan paduan Al₇-Cu₂-Mg, penambahan magnesium (untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan korosi), serta silikon dan besi juga dapat dilakukan (Nafsin & Rashed, 2013). Komposisi duraluminium umumnya terdiri dari 2,2-5,2% kalsium, magnesium di atas 1,75%, silikon di atas 1%, besi di atas 1%, dan mangan di atas 1% (Gregersen, 2018). Paduan aluminium yang mengandung 8-14% silikon disebut Silumin. Paduan aluminium dengan kandungan (10-13% silikon dan 0,8% tembaga) serta (8-10% silikon, 0,3% magnesium, dan 0,5% mangan) memiliki sifat-sifat yang baik dalam hal kemampuan pengecoran dan ketahanan korosi, serta bersifat lentur. Duraluminium umumnya digunakan dalam badan pesawat terbang, kendaraan bermotor, kapal pesiar, peralatan rumah tangga, dan lain sebagainya (Yoshida, 2023).

Namun, dengan meningkatnya permintaan struktur pesawat komersial yang lebih besar, material yang dibutuhkan tidak hanya kuat dan ringan. Saat ini paduan aluminium sedang dikembangkan untuk mendapatkan material yang kuat, ringan, memiliki masa pakai yang lama, biaya produksi yang rendah, toleransi kegagalan yang tinggi, dan ketahanan korosi yang baik. Sekitar tahun 1900, paduan aluminium dengan tembaga, magnesium, dan mangan pertama kali diperkenalkan di Jerman, yang dikenal sebagai duralium. Jenis paduan ini mampu menjalani perlakuan panas dan menghasilkan kombinasi kekuatan dan ketangguhan yang menguntungkan (Ouissi et al., 2019). Saat ini, paduan ini dikenal sebagai aluminium 2017-T4. Perlu diketahui bahwa proses perlakuan panas merupakan kombinasi antara proses merubah sifat logam dengan cara merubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan sehingga perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan atau sebagian dari logam dan kekuatan suatu material berbanding lurus dengan kekuatannya, dimana semakin keras suatu material maka semakin kuat pula material itu (Rao et al.,

2020; Yudhi, 2023). Didalam pengujian kekerasan terdapat dua cara pengujian kekerasan yaitu pengujian kekerasan Brinell dan pengujian Viker yang umumnya digunakan dalam industri dan laboratorium untuk menentukan kekerasan suatu bahan. Perbedaan utama antara kekerasan Brinell dan Vickers adalah jenis indenter yang digunakan. Kekerasan Brinell menggunakan bola baja besar, sementara kekerasan Vickers menggunakan indenter piramida berlian. Selain itu, skala kekerasan Brinell lebih cocok untuk bahan yang sangat keras, sedangkan skala Vickers lebih cocok untuk bahan yang sangat lembut atau sangat keras. Kedua metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan pilihan antara keduanya tergantung pada jenis bahan yang diuji, persyaratan pengujian, dan preferensi laboratorium atau industri yang menggunakan metode tersebut (Delvi & Kaleemulla, 2021).



Gambar 1. Uji Kekerasan Brinell



Gambar 2. Uji Kekerasan Viker

Untuk mencapai kualitas yang baik, penelitian ini memasukkan metode Taguchi sebagai pendekatan yang menekankan pada kualitas desain baik produk maupun proses. Dalam meningkatkan kualitas dengan menggunakan alat statistik umum, tetapi dengan cara yang disederhanakan dan menetapkan seperangkat pedoman yang ketat untuk desain eksperimen dan analisis kesimpulan atau keputusan sehingga disimpulkan metode Taguchi merupakan metode yang sederhana namun sangat efektif dalam meningkatkan kualitas produk dan proses (Chen et al., 2022; Kurnia et al., 2022). Salah satu perusahaan yang memperbaiki pesawat komersial di Batam di tuntutan oleh customernya untuk menggunakan material yang lebih baik dan layak

digunakan di pesawat sehingga biaya perbaikan dan perawatan pesawat menjadi lebih terjangkau tanpa mengurangi keselamatan penerbangan. Divisi heat treatment dibentuk dalam mengatasi permasalahan ini. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menguji variasi aluminium pada holding time pada durasi 15 menit, 25 menit, dan 35 menit dengan menggunakan media air, air garam, dan oli serta untuk mengetahui mana yang paling efektif dan efisien dalam proses *heat treatment* sehingga kedepannya perusahaan dapat menambah *output* pengeluaran agar dapat mencapai target dari input yang masuk.

METODE PENELITIAN

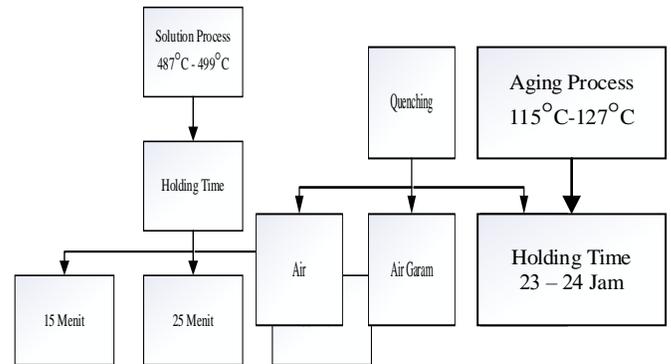
Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan data primer dan data sekunder yang diperoleh melalui pengamatan di Divisi *Heat Treatment*, seperti pengamatan pada aliran produksi, input dan output, serta jadwal kerja karyawan, sementara itu data dan dari sumber informasi seperti jurnal, laporan, buku, dan panduan yang ada, *manual book* pengoperasian mesin *air furnace*, *manual book process heat treatment*, dan *manual book* keselamatan dalam proses *heat treatment* (Iriyadi et al., 2016; Pramiyati et al., 2017). Peneliti juga ikut terlibat langsung dalam proses *heat treatment* dan melakukan eksperimen pada material aluminium paduan 7075. Selama proses beberapa alat pendukung digunakan, salah satunya adalah *air furnace*, yang berfungsi sebagai mesin untuk memproses material aluminium paduan 7075 dan dapat dikatakan mirip dengan sebuah oven besar. *air furnace* ini mampu menghasilkan suhu maksimum hingga 600°C.



Gambar 3. Ruang Heat Treatment dan Air Furnace

Pada penelitian ini menggunakan 9 spesimen aluminium paduan 7075 yang akan diproses *heat treatment* dengan menggunakan durasi penahanan waktu 15 menit, 25 menit, dan 35 menit dan media *quenching* berupa air, air garam, oli. Lalu sembilan spesimen yang sudah melewati proses *heat treatment* dengan variasi *holding time* dan media *quenching* akan diuji kekerasannya. Proses *heat treatment* dalam menaikkan kekerasan aluminium paduan melewati beberapa langkah: yang pertama *solution process* yaitu pemanasan logam aluminium dalam tungku pemanas dengan temperatur 487°C - 499°C dan dilakukan penahanan atau *holding time* sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja. Kedua *procces quenching* yang dimana material aluminium paduan 7075 yang sudah dipanaskan lalu langsung didinginkan di media pendingin. Dalam penelitian ini peneliti menguji media *quenching* air, air garam dan juga oli. ketiga *procces aging* adalah proses lanjutan dari *procces solution* yang dimana aluminium paduan dipanaskan kembali dialam tungku disuhu 115 C s/d 127 C dengan waktu penahanan selama 23 jam s/d 24 jam. Yang terakhir uji kekerasan (*hardness tester*) dimana spesimen material aluminium paduan 7075 diuji kekerasannya untuk mengetahui bahwa material aluminium paduan 7075 sudah mencapai kekerasan yang diinginkan yaitu range kekerasan berada dikisaran minimal 77 HRB dan maximal 94 HRB. Spesimen akan diuji kekerasannya dengan menggunakan alat *hardness tester* yang dimana akan diambil

lima titik pengujian lalu akan diambil rata-rata dari kelima titik tersebut.



Gambar 4. Proses Solution Process & Variasi Holding Time

Gambar 5. Variasi Media Quenching

Gambar 6. Proses Aging

Pemerosesan data yang ditujukan untuk menemukan informasi yang berfungsi sebagai dasar untuk pengambilan keputusan dan pemecahan masalah. Proses analisis ini melibatkan aktivitas seperti pengelompokan data berdasarkan karakteristiknya, pembersihan data, transformasi data, dan pembuatan model data untuk mengekstrak wawasan penting dari data. Metode yang digunakan untuk pengolahan data dalam penelitian ini adalah desain Taguchi yang bertujuan untuk merekayasa atau meningkatkan produktivitas selama penelitian dan pengembangan sehingga produk berkualitas tinggi dapat diproduksi dengan cepat dan biaya rendah. Yaitu dengan: (1). Menentukan ortogonal array (OA) menggunakan metode db (level) dan db (OA) serta menentukan jumlah percobaan berdasarkan larik ortogonal (OA). (2). Melakukan analisis *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) untuk karakteristik kualitas “lebih besar lebih baik”, menentukan nilai *Mean Square of Deviation* (MSD) sesuai dengan karakteristik kualitas yang ditetapkan. (3). Melakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menginterpretasikan hasil analisis dari data eksperimen. (4). Melakukan uji verifikasi untuk mengambil keputusan mengenai keberhasilan percobaan. (5). Menganalisis Fungsi Kerugian Taguchi untuk karakteristik kualitas

"lebih besar lebih baik". Teknik-teknik ini digunakan untuk memastikan pemrosesan data yang efektif dan memfasilitasi pengambilan keputusan dalam proses penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Penentuan Faktor dan Level

Pada tahap ini, semua data yang relevan terkait dengan proses perlakuan panas dikumpulkan. Data tersebut meliputi komposisi material dan parameter proses perlakuan panas, yang akan mendukung analisis dan optimalisasi proses perlakuan panas. Penentuan kadar faktor terdiri dari dua variabel yaitu faktor bebas yang meliputi waktu penahanan perlakuan panas dan medium quenching, dan variabel terikat seperti kekerasan bahan paduan 7075. Dalam penelitian ini sumber faktor gangguan meliputi sumber daya, kongesti mesin, dan faktor sejenis lainnya. Selain itu, faktor kesalahan manusia tidak diperiksa atau dipertimbangkan secara khusus. Tingkatkan dan nilai faktor disesuaikan berdasarkan pada media quenching pada tingkat 1 yaitu air ditetapkan dengan waktu penahanan selama 15 menit dengan suhu 490° C, Air Garam ditetapkan waktu penahanan selama 25 menit dengan suhu 493° C, sementara itu untuk minyak dengan ketentuan waktu penahanan selama 35 menit dengan suhu 495° C. Perhitungan derajat bebas faktor yang diamati adalah sebagai *matriks orthogonal array* berikut : $V_{fl} = (\text{Jumlah level}) - 1$ Dimana perhitungan derajat bebas dari setiap faktor dan derajat bebas total penelitian didapatkan nilai derajat bebas total adalah enam.

Tabel 1. Derajat Bebas Faktor

Faktor	Derajat Bebas
A	$3 - 1 = 2$
B	$3 - 1 = 2$
C	$3 - 1 = 2$
Total	6

Perhitungan matrix menggunakan perhitungan L9 (33). Dimana derajat kebebasan dapat dihitung sebagai berikut: Derajat kebebasan = (jumlah faktor) x (jumlah level - 1) = 3 x (3-1) = 6. Karena derajat kebebasan di L9 (33) lebih besar dari derajat kebebasan dalam percobaan, dan perbedaan

derajat kebebasan tidak signifikan, Orthogonal Array L9 (33) cocok dan cukup untuk digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan matriks ortogonal L9 (33) sehingga penelitian ini akan melibatkan 9 percobaan dengan durasi waktu yang berbeda dan pada suhu yang berbeda (table 2)

Tabel 2. Tabel Eksperimen

N O	SPESIM EN	HOLDI NG TIME (Minute s)	MEDIA QUENCH ING	SUH U (Degr ee Celsi us)
1	Spesime n 1 AL 7075	15	AIR	490 ⁰
	Spesime n 1 AL 7075	25		493 ⁰
	Spesime n 1 AL 7075	35		495 ⁰
2	Spesime n 2 AL 7075	15	AIR GARAM	493 ⁰
	Spesime n 2 AL 7075	25		495 ⁰
	Spesime n 2 AL 7075	35		490 ⁰
3	Spesime n 3 AL 7075	15	OLI	495 ⁰
	Spesime n 3 AL 7075	25		490 ⁰
	Spesime n 3 AL 7075	35		493 ⁰

Ada beberapa alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan eksperimen kali ini diantara persiapan untuk proses *heat treatment* dan media pendukung lainnya seperti mesin *air furnace*, *media quenching* yang terdiri dari *quenching* air, *quenching* air garam (50%-60% dan

quenching oli (60%-100%) dan alat ukur kekerasan



Figure 7. Media *Quenching* dan *Hardener Tester*

Terdapat 9 spesimen yang sudah dipersiapkan untuk eksperimen kali ini yang dipotong 7x7 cm dari material aluminium Paduan 7075.

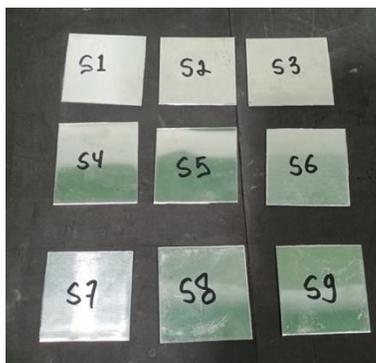
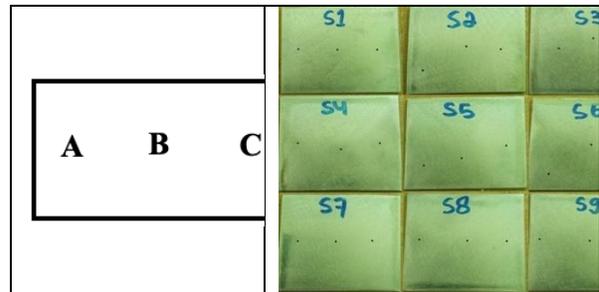


Figure 8. Spesimen Eksperimen

b. Pengujian Eksperimen

Sembilan spesimen akan dilakukan pengujian mulai dari proses *heat treatment* sampai dengan pengujian kekerasan, spesimen akan melalui proses *heat treatment* yang dimana spesimen akan dimasukkan kedalam *air furnace* dengan suhu 490°C dengan *holding time* yang sudah ditentukan, lalu spesimen akan dikeluarkan dan langsung didinginkan dengan media *quenching* yang sudah disediakan, setelah dingin spesimen akan dimasukkan kembali kedalam *air furnace* dengan suhu 120°C dengan *holding time* selama 23 jam, setelah 23 jam spesimen akan dikeluarkan dan akan diuji kekerasannya dengan proses:

1. *Solution Program* yang telah disetting untuk suhu sesuai eksperimen (490°C, 493°C, dan 495°C) dan *holding time* sesuai dengan eksperimen yang akan dilakukan (15 menit, 25 menit, dan 35 menit)
2. *Aging Program* yang telah disetting untuk suhu 120°C dan *holding time* 23 jam, yang dimana process aging ini adalah proses lanjutan dari proses *solution* untuk process pengerasan aluminium paduan 7075.
3. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin Rockwel, terdapat 3 titik uji dengan hasil uji specimen sebagai berikut:



Gambar 9. Titik Uji Kekerasan dan hasil Uji kekerasan (Heat Treatment Test)

c. Hasil Pengujian Eksperimen

Dari hasil eksperimen 1 sampai 9 pada spesimen aluminium Paduan 7075 diperoleh hasil pengujian specimen 1 dengan uji kekerasan dengan media *quenching* air pada suhu 490°C *holding time* selama 15 menit diperoleh nilai rata-rata sebesar 77.6 HRB dengan rentang nilai kekerasan tertinggi dan terendah adalah 78.8 dan 76.7 HRB. Hasil pengujian specimen 2 dengan uji kekerasan dengan media *quenching* air pada suhu 490°C *holding time* selama 25 menit, nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 79.9 HRB dengan rentang nilai 80.8 dan 79.3 HRB. Hasil pengujian specimen 3 dengan uji dengan pengujian *heat treatment* dengan media *quenching* air pada suhu 495°C *holding time* selama 35 menit, nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 83.1 HRB dengan rentang nilai 83.5 dan 82.9 HRB. Hasil specimen 4 dengan pengujian *heat treatment* dengan media *quenching* air garam pada suhu 493°C *holding time* selama 15 menit, nilai rata-rata diperoleh sebesar 77.7 HRB dengan rentang nilai 78.2 dan 76.8 HRB. Pengujian

specimen 5 dengan media *quenching* air pada suhu 495°C *holding time* selama 25 menit, nilai rata-rata diperoleh sebesar 80.1 HRB dengan rentang nilai adalah 81.4 dan 78.9 HRB. Pengujian specimen 6 dengan media *quenching* air garam pada suhu 490°C *holding time* selama 35 menit, nilai rata-rata diperoleh sebesar 79.9 HRB dengan rentang nilai 80.8 dan 79.3 HRB. Pengujian specimen 7 dengan media *quenching* oli pada suhu 495°C *holding time* selama 15 menit, nilai rata-rata kekerasan yang diperoleh sebesar 78.0 HRB dengan rentang nilai adalah 78.8 dan 77.4 HRB. Pengujian specimen 8 dengan media *quenching* oli pada suhu 490°C ditahan *holding time* 25 menit, nilai rata-rata kekerasan yang diperoleh sebesar 78.1 HRB. Dengan rentang nilai kekerasan tertinggi dan terendah adalah 78.6 dan 77.5 HRB. Dan yang terakhir Pengujian specimen 9 dengan media *quenching* oli pada suhu 493°C *holding time* selama 35 menit, nilai rata-rata kekerasan yang diperoleh sebesar 81.1 HRB dengan rentang nilai kekerasan tertinggi dan terendah adalah 82.3 dan 80.0 HRB

d. Analisis Uji dengan Eksperimen Taguchi
 Tahap analisis dengan menggunakan Taguchi terdapat beberapa perhitungan, yaitu perhitungan terhadap rata-rata masing-masing variabel respon, analisa variasi dan perhitungan terhadap *signal to noise* (S/N) ratio masing-masing respon. Dari sembilan eksperimen diperoleh hasil pada table 3 yang berdasarkan pada matriks orthogonal $L_9(3^3)$:

Tabel 3. Orotgonal Array $L_9(3^3)$

Ekperimen	Faktor			Hasil Uji Kekerasan (HRB)
	Media <i>Quenching</i> Air	Media <i>Quenching</i> Air Garam	Media <i>Queching</i> Oli	
1	Air	15Menit	490C	77,6
2		25Menit	493C	79,9
3		35Menit	495C	83,1
4	AirGaram	15Menit	493C	77,7

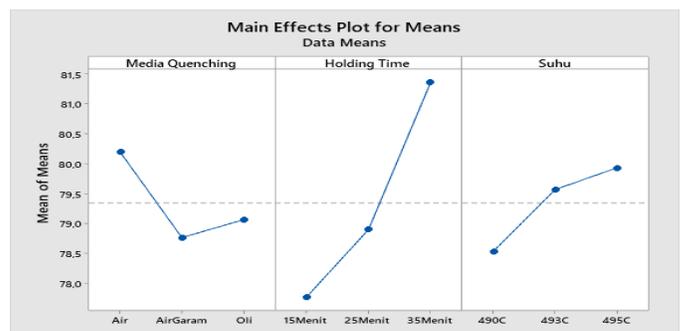
5	Oli	25Menit	495C	78,7
6		35Menit	490C	79,9
7		15Menit	495C	78,0
8	Oli	25Menit	490C	78,1
9		35Menit	493C	81,1

Serta pengaruh rata-rata respon kekerasan material aluminium paduan 7075 dengan formula Rata-rata total = (Jumlah hasil pengukuran x nilai bobot) / (Jumlah pengukuran). Hasil yang diperoleh dari masing-masing factor perhitungan dengan menggunakan Minitab 19 ditunjukkan pada Tabel.4

Tabel 4. Rata-Rata Kekerasan Material Aluminium Paduan 7075

Level	Media <i>Quenching</i>	<i>Holding Time</i>	Suhu
1	80,20	77,77	78,53
2	78,77	78,90	79,57
3	79,07	81,37	79,93
Delta	1,43	3,60	1,40
Rank	2	1	3

hasil kurva perhitungan dengan menggunakan software Minitab 19 yang ditunjukkan pengaruh faktor terhadap rata-rata kekerasan pada gambar 10.



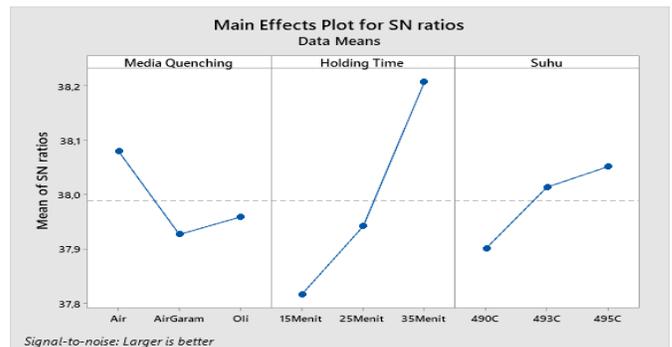
Gambar 10. Kurva rata-rata Kekerasan material Aluminium Paduan 7075

Berdasarkan Gambar 10 dan Tabel 4 dapat diketahui urutan faktor yang mempengaruhi kekerasan rata-rata material paduan aluminium 7075 dengan karakteristik “Besar lebih baik” adalah faktor B (*holding time*), faktor A (*media quenching*), dan faktor C (Suhu). Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh nilai rata-rata tertinggi untuk faktor B pada level 3, faktor A pada level 1, dan faktor C pada level 3. Rasio *signal to noise* (S/N) merupakan parameter penting dalam metode eksperimen Taguchi untuk mengevaluasi kualitas atau kinerja produk yang dihasilkan dari proses produksi dengan membandingkan sumber sinyal atau variasi yang diinginkan dengan *noise* atau variasi yang tidak diinginkan. Pada penelitian ini digunakan karakteristik “Lebih besar lebih baik” karena nilai kekerasan yang memenuhi standar untuk material paduan aluminium 7075 menurut B.A.C 5602 berada pada kisaran 77-94 HRB. Oleh karena itu, ditetapkan sebagai target untuk menghitung rasio *signal to noise* (S/N) dengan rumus yang digunakan untuk karakteristik “Lebih besar lebih baik” adalah $S/N = -10 \times \log_{10}(\text{jumlah}(1/y^2)/n)$. Dengan menggunakan software Minitab 19 diperoleh hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Signal to Noise Ratio Kekerasan Material Aluminium Paduan 7075

Level	Media Quenching	Holding Time	Suhu
1	38,08	37,82	37,90
2	37,93	37,94	38,01
3	37,96	38,21	38,05
Delta	0,15	0,39	0,15
Rank	2	1	3

hasil kurva perhitungan dengan menggunakan software Minitab 19 yang ditunjukkan pada Gambar 11 Mengenai pengaruh faktor terhadap rata-rata kekerasan.



Gambar 11. Kurva *Signal to Noise Ratio* Kekerasan Material Aluminium Paduan 7075

Berdasarkan perhitungan Rasio S/N dengan karakteristik “larger is better” dengan menggunakan software Minitab 19, tingkat optimum untuk mencapai nilai kekerasan 77-94 HRB adalah B3, A1, dan C3 yang sesuai dengan waktu penahanan 35 menit, media diquenching dengan udara, dan suhu 495°C. Selanjutnya diketahui juga bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap S/N Ratio kekerasan material paduan aluminium 7075 adalah waktu penahanan 35 menit, pendinginan media dengan udara, dan suhu 490°C. *Analysis of Variance* (ANOVA) bertujuan untuk menganalisis perbedaan rata-rata hasil pengujian tiap kombinasi parameter. ANOVA memungkinkan kita untuk menentukan sejauh mana pengaruh setiap parameter terhadap hasil pengujian dan apakah pengaruh tersebut signifikan atau tidak. Perhitungan ANOVA dilakukan untuk mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh, dan hasil yang diperoleh dengan menggunakan Minitab 19 ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. *Analisis Varians* (ANOVA) Terhadap Rata-Rata Kekerasan material Aluminium Paduan 7075

Source	D F	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Media Quenching	2	3,4289	12,55%	3,4289	1,7144	8,52	0,105
Holdin g Time	2	20,3289	74,40%	20,3289	10,1644	50,54	0,019

Suhu	2	3,162	11,57%	3,162	1,581	7,8	0,1
		2		2	1	6	13
Error	2	0,402	1,47%	0,402	0,201		
		2		2	1		
Total	8	27,32	100,00%				
		22					

Berdasarkan Tabel 6, nilai *Contribution* yang paling besar yakni senilai 74,40 % didapatkan oleh faktor B (*holding time*). Hal ini menunjukkan *holding time* merupakan faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi rata-rata kekerasan material aluminium Paduan 7075.

e. Pembahasan

Berdasarkan tinjauan literatur dan studi lapangan yang dilakukan, faktor-faktor yang mempengaruhi proses perlakuan panas (*heat treatment*) pada material paduan aluminium 7075 diidentifikasi sebagai media *quenching*, *holding time*, dan temperatur. Level untuk media *quenching* adalah *quenching* udara, *quenching* air garam, dan *quenching* oli. Level waktu penahanan terdiri dari 15 menit, 25 menit, dan 35 menit. Tingkat suhunya adalah 490°C, 493°C, dan 495°C. Berdasarkan faktor dan level yang telah ditentukan, matriks larik ortogonal yang digunakan dalam metode Taguchi adalah larik ortogonal L9(3³). Setelah melakukan percobaan berdasarkan orthogonal array matrix, dilakukan pengujian kekerasan pada material paduan aluminium 7075 pada setiap percobaan. Pengujian melibatkan pengukuran kekerasan material. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bahan paduan aluminium 7075 memenuhi standar BAC5946 di semua percobaan. Oleh karena itu, analisis data dilakukan dengan menggunakan nilai kekerasan sebagai responnya. Menurut standar BAC5946, kisaran kekerasan adalah 77-94 HRB, dan kekerasan target termasuk dalam kisaran ini. Metode Taguchi digunakan dengan karakteristik "larger is better", yang berarti bahwa nilai kekerasan yang lebih tinggi menunjukkan kualitas yang lebih baik untuk bahan paduan aluminium 7075 dengan perhitungan dilakukan berdasarkan nilai kekerasan rata-rata yang diperoleh dan rasio S/N untuk setiap percobaan dimana waktu penahanan, media *quenching*, dan temperature

yang mempengaruhi kekerasan. Serta berdasarakan perhitungan ANOVA, *holding time* berpengaruh terhadap *hardness* sebesar 74,40%, media *quenching* sebesar 12,55%, dan temperatur sebesar 11,57%. Selain itu, dengan menggunakan analisis metode Taguchi, kombinasi level untuk setiap faktor untuk mencapai kekerasan maksimal ditentukan. Kombinasi optimal adalah waktu penahanan 35 menit (*peringkat* 1), pendinginan udara (*peringkat* 2), dan suhu 490°C (*peringkat* 3) dan tingkat optimum untuk mencapai nilai kekerasan 77-94 HRB adalah B3, A1, dan C2 yang sesuai dengan waktu penahanan 35 menit, pendinginan udara, dan suhu 490°C. Selanjutnya diketahui juga bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap rasio S/N kekerasan material paduan aluminium 7075 adalah waktu penahanan 35 menit.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan bahwa urutan faktor yang berpengaruh terhadap kekerasan material aluminium paduan 7075 setelah melalui proses *heat treatment* yakni media *quenching* air berada di rank 1 sebesar 45,31%, media *quenching* oli berada pada rank 2 sebesar 33,01% dan media *quenching* air garam berada pada rank 3 sebesar 20,45%. Selain itu dengan analisa metode taguchi didapatkan kombinasi level pada setiap faktor untuk mendapatkan nilai kekerasan maksimum pada media *quenching* air dan *holding time* 35 menit mendapatkan kekerasan rata-rata 79,91 HRB, sedangkan rank 2 ditempati oleh media *quenching* oli dengan *holding time* 35 menit mendapatkan rata-rata kekerasan sebesar 79,90 HRB, dan rank 3 ditempati oleh media *quenching* air garam dengan *holding time* 25 menit dengan rata-rata kekerasan sebesar 79,66 HRB. Sehingga terdapat faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas divisi *heat treatment* adalah *holding time* sebesar 35 menit & media *quenching* air yang paling efektif dan efisien digunakan dikarenakan memiliki kontribusi sebesar 45,31% dengan rata-rata kekerasan sebesar 79,91 HRB yang dimana

dapat meningkatkan proses produksi sebanyak 10 Part per minggunya dan 40 Part perbulannya yang dapat diproses, sehingga *holding time* 35 menit & media *quenching* air adalah kombinasi yang paling efektif dan efisien. Untuk penelitian selanjutnya yang ingin mengambil penelitian serupa dapat

melakukan penelitian dengan mengambil faktor lain dari proses *heat treatment* atau menerapkan metode lain sehingga memberikan usulan yang dapat memberikan perbaikan yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSATAKA

- [1] Yudhi, C. D. (2023). Pengaruh Variasi Temperatur Perlakuan Panas dan Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis dan Mikrostruktur Aluminium 2024. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy (JAMERE)*, 3(2), 57–68. <https://journal.isas.or.id/index.php/JAMERE>
- [2] Chen, W. H., Carrera Uribe, M., Kwon, E. E., Lin, K. Y. A., Park, Y. K., Ding, L., & Saw, L. H. (2022). A comprehensive review of thermoelectric generation optimization by statistical approach: Taguchi method, analysis of variance (ANOVA), and response surface methodology (RSM). In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 169). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112917>
- [3] Delvi, M. K., & Kaleemulla, M. (2021). Hardness Examination of ZA 27/MoS₂ Hybrid metal matrix composite using Vicker and Brinell hardness test. In *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* (Vol. 12, Issue 10).
- [4] Gregersen, E. (2018). Duralumin. In E. Gregersen (Ed.), *Encyclopedia Britannica*. Britannica. <https://www.britannica.com/technology/duralumin>
- [5] Iriyadi, Budi, S., & Sutarti. (2016). Pelatihan analisis data penelitian (primer dan skunder) agi mahasiswa STIE Kesatuan. *Jurnal. Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 1–4.
- [6] Khalid, M. Y., Umer, R., & Khan, K. A. (2023). Review of recent trends and developments in aluminium 7075 alloy and its metal matrix composites (MMCs) for aircraft applications. In *Results in Engineering* (Vol. 20). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101372>
- [7] Kurnia, J. C., Haryoko, L. A. F., Taufiqurrahman, I., Chen, L., Jiang, L., & Sasmito, A. P. (2022). Optimization of an innovative hybrid thermal energy storage with phase change material (PCM) wall insulator utilizing Taguchi method. *Journal of Energy Storage*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104067>
- [8] Lin, R., Liu, B., Zhang, J., & Zhang, S. (2022). Microstructure evolution and properties of 7075 aluminum alloy recycled from scrap aircraft aluminum alloys. *Journal of Materials Research and Technology*, 19, 354–367. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.05.011>
- [9] Mouritz, Adrian. P. (2012). *Introduction to aerospace materials* (A. P. Mouritz, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Woodhead Pub.
- [10] Nafsin, N., & Rashed, H. M. M. A. (2013). Effects of copper and magnesium on phase



formation modeling and mechanical behavior in Al-Cu-Mg alloys. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 8(1), 1151–1161. <https://doi.org/10.15282/ijame.8.2013.6.0094>

Performance, 29(1), 620–625. <https://doi.org/10.1007/s11665-019-04545-7>

- [11] Ouissi, T., Collaveri, G., Sciau, P., Olivier, J. M., & Brunet, M. (2019). Comparison of aluminum alloys from aircraft of four nations involved in the wwii conflict using multiscale analyses and archival study. *Heritage*, 2(4), 2784–2801. <https://doi.org/10.3390/heritage2040172>
- [12] Pramiyati, T., Jayanta, & Yulnelly. (2017). Peran data primer pada pembentukan skem konseptual yang faktual (studi kasus: skema konseptual basis data Simbumil). *Jurnal SIMETRIS*, 8(2), 679–686.
- [13] Rao, V., Kamlesh, M. R., & Bhavesh, R. R. (2020). Study the effect of various quenching media on hardening behavior of EN 9 Steel. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 4(10), 253–259. <http://www.ijeast.com>
- [14] Yoshida, H. (2023). History of the Development of Extra Super Duralumin and Future Research Issues of AlZnMg Alloys. In *Materials Transactions* (Vol. 64, Issue 2, pp. 341–351). Japan Institute of Metals (JIM). <https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-LA2022019>
- [15] Zhang, Z., Zhang, X., & He, D. (2020). Forming and Warm Die Quenching Process for AA7075 Aluminum Alloy and Its Application. *Journal of Materials Engineering and*