

Pengaruh Perlakuan Panas *Quenching* terhadap Ketangguhan Impak pada Paduan Aluminium AC7A

Sigit Gunawan*¹

¹Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia
E-mail: 1gunruscit@gmail.com

Abstrak

Aluminium merupakan logam kedua terbesar yang digunakan oleh industri komponen setelah baja. Karena luasnya penggunaan aluminium, maka dibutuhkan suatu karakteristik yang berbeda-beda sesuai penggunaannya. Oleh karena itu diperlukan sebuah proses untuk meningkatkan sifat mekanis aluminium. Sifat mekanis aluminium dapat ditingkatkan melalui proses perlakuan panas. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh perlakuan panas *quenching* terhadap ketangguhan impak pada paduan aluminium AC7A. Variabel penelitian adalah suhu *quenching*. Variasi suhu *quenching* 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen melalui pengujian laboratorium dengan menggunakan proses *quenching*. Paduan aluminium kemudian dibuat spesimen untuk uji kekerasan, uji ketangguhan impak dan uji struktur mikro. Spesimen dibuat dalam dua kondisi yaitu kondisi *raw material* dan kondisi dengan perlakuan panas *quenching*. Proses perlakuan panas *quenching* dilakukan dengan cara memanaskan spesimen pada suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C dengan waktu tahan selama 1 jam, dilanjutkan dengan mencelupkan ke dalam media pendingin air sampai suhu kamar. Tahap selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan, ketangguhan impak dan struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu *quenching* menyebabkan kekerasan menurun dan ketangguhan impak cenderung meningkat. Kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh pada suhu *quenching* 250°C yaitu sebesar 38,667 kg/mm² dan nilai ketangguhan impak tertinggi diperoleh pada suhu *quenching* 450°C sebesar 1,479 J/mm². Semakin tinggi suhu *quenching* struktur Al-Mg mulai hilang dan terlihat unsur Mg menggumpal yang menyebabkan kekerasan menurun dan ketangguhan impak meningkat.

Kata kunci: Ketangguhan, *Quenching*, Waktu Tahan

Abstract

Aluminum is the second largest metal used by the components industry after steel. Due to the wide use of aluminum, it requires different characteristics according to its use. Therefore, a process is needed to improve the mechanical properties of aluminum. The mechanical properties of aluminum can be improved through heat treatment processes. This research aims to investigate the effect of quenching heat treatment on the impact toughness of AC7A aluminum alloy. The research variable is quenching temperature. Variations of quenching temperature 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, and 450°C. This research uses an experimental method through laboratory testing using a quenching process. Aluminum alloys are then made into specimens for hardness testing, impact toughness testing and microstructure testing. Specimens were made in two conditions, namely raw material conditions and conditions with quenching heat treatment. The quenching heat treatment process is carried out by heating the specimen at temperatures of 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, and 450°C with a holding time of 1 hour, followed by immersing it in water cooling media until room temperature. The next stage is testing for hardness, impact toughness and microstructure. The research results show that increasing the quenching temperature causes the hardness to decrease and the impact toughness tends to increase. The highest average hardness was obtained at a quenching temperature of 250°C, namely 38,667 kg/mm² and the highest impact toughness value was obtained at a quenching temperature of 450°C of 1,479 J/mm². The higher the quenching temperature, the Al-Mg structure begins to disappear and the Mg element appears to clump, causing the hardness to decrease and the impact toughness to increase.

Keywords: Holding Time, *Quenching*, Toughness

1. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam *non-ferrous* yang cukup penting karena aplikasinya yang luas dan nilai teknologinya yang tinggi. Logam kedua terbesar yang dipergunakan oleh industri komponen setelah baja adalah aluminium. Aluminium yang dijumpai dalam bidang teknik kebanyakan dalam bentuk *alloy* dengan unsur penambah utama seperti silikon, copper, magnesium, iron, mangan dan zincum (Nadca, 1997). Aluminium paduan merupakan material utama yang saat ini digunakan di banyak industri karena memiliki sifat ringan. Paduan aluminium pada saat ini banyak digunakan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai digunakan untuk keperluan material pesawat terbang, kapal laut, komponen otomotif maupun konstruksi. Luasnya penggunaan logam aluminium, maka dibutuhkan suatu karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan penggunaannya. Aluminium paduan dalam pemakaiannya memerlukan persyaratan seperti tahan terhadap beban kejut, tahan terhadap retak, beban berulang, dan umur pakai yang lebih lama. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk meningkatkan sifat mekanis aluminium adalah dengan menerapkan perlakuan panas. Perlakuan panas yang sering diterapkan adalah perlakuan panas *quenching*. Perlakuan panas *quenching* dilakukan dengan cara memanaskan aluminium sampai suhu tertentu dalam jangka waktu tertentu, kemudian didinginkan secara cepat di dalam media tertentu.

Ketangguhan atau *toughness* adalah kemampuan material untuk menahan beban *impact* tinggi atau beban kejut. Pengujian impak ini dapat untuk mengetahui karakteristik dalam analisis kerusakan material yang tidak teramati pada pengujian tarik (Samnur dan Badaruddin, 2022).

Setiadi dan Lanjut (2022) telah melakukan penelitian tentang analisa sifat mekanis velg aluminium sepeda motor dengan menggunakan metode *heat treatment* dengan variasi waktu kelipatan 3 jam pada suhu *aging* 150°C. Hasil penelitian menginformasikan bahwa kekerasan permukaan awal sebesar 82,38 HV dan kekerasan menurun setelah diberi perlakuan panas *quenching* yaitu menjadi 64,98 HV. Rani dan Sitti (2021) telah meneliti metode *heat treatment* pada pengujian kekerasan logam aluminium dengan variasi media pendingin dan diperoleh kesimpulan bahwa kekerasan bahan asal 49,3 HV setelah diberi perlakuan *quenching* dengan media pendingin air diperoleh nilai kekerasan sebesar 44,5 HV, sedangkan yang didinginkan dengan media pendingin oli dan air sabun diperoleh nilai kekerasan masing-masing 35,5 HV dan 41,2 HV. Semakin besar viskositas media pendingin maka kekerasannya semakin rendah. Setelah mendapat perlakuan *quenching* kekerasan cenderung menurun. Permatasari, dkk (2020) melakukan penelitian tentang analisa sifat mekanis aluminium alloy 6151 setelah mengalami perlakuan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan meningkat setelah spesimen diberi perlakuan *quenching*, sedangkan hasil foto mikro memperlihatkan semakin kecil diameter butiran maka sifat mekanis meningkat.

Dwiaji (2023) telah meneliti pengaruh variasi temperatur perlakuan panas dan media pendingin terhadap sifat mekanis dan mikrostruktur aluminium 2024 dan diperoleh hasil bahwa nilai kekerasan aluminium 2024 *raw material* adalah 29,62 HRB dan setelah diberi perlakuan panas *quenching* pada suhu 500°C waktu tahan 35 menit dengan media pendingin oli diperoleh nilai kekerasan 59,68 HRB dan dengan media pendingin air diperoleh nilai kekerasan 56,38 HRB. Dari hasil foto struktur mikro terlihat bahwa semakin banyak sebaran partikel presipitat fasa θ , maka kekerasannya semakin tinggi. Nugroho, dkk (2020) telah melakukan penelitian tentang pengaruh variasi suhu dan waktu *heat treatment* aluminium alloy terhadap sifat kekerasan dan struktur mikro dengan media pendinginan oli dan diperoleh kesimpulan bahwa *heat treatment* dan *quenching* pada aluminium diperoleh nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada suhu 350°C dengan waktu tahan 120 menit sebesar 75,70 HB.

Baihaqi, dkk (2020) melakukan penelitian tentang pengaruh *heat treatment* dan *quenching* terhadap sifat fisis dan mekanis aluminium alloy 2024-T3. Hasil penelitian menginformasikan bahwa kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh pada suhu 150°C dengan waktu tahan 120 menit yaitu sebesar 95,66 HB. Sultan, dkk (2019) telah melakukan penelitian tentang pengaruh perlakuan panas terhadap sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminium silikon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh pada suhu *aging* 200°C dengan waktu tahan 30 menit, yaitu 105,9 HB. Nilai kekerasan aluminium meningkat seiring dengan bertambahnya suhu *aging*, diikuti dengan penambahan jumlah unsur silikon. Mastuki, dkk (2021) meneliti tentang analisa kekerasan dan struktur mikro pada komposit aluminium 6061 paduan pasir besi lokal dengan perlakuan panas T6

variasi komposisi dan *holding time*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai kekerasan Al 6.2 baik yang *raw material* maupun yang telah mendapatkan perlakuan panas *quenching* cenderung lebih tinggi dibanding dengan yang lain.

Penelitian ini mencoba untuk mengungkapkan pengaruh perlakuan panas *quenching* terhadap ketangguhan impact pada paduan aluminium AC7A. Dengan demikian hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi pada industri yang menggunakan paduan aluminium AC7A, sehingga dapat direncanakan desain konstruksi yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah potongan paduan aluminium AC7A. Bahan ini kemudian dibuat spesimen untuk uji kekerasan, uji ketangguhan impact, dan uji struktur mikro. Spesimen uji kekerasan dan struktur mikro dibuat dengan memotong aluminium dalam bentuk persegi dengan ukuran 20x20x12 mm. Spesimen uji ketangguhan impact mengikuti standar JIS Z 2202 no.4. Spesimen diberi perlakuan panas *quenching* dengan variasi suhu, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C, dengan waktu tahan masing-masing selama 1 jam, dilanjutkan dengan mencelupkan ke dalam media pendingin air sampai suhu kamar.

2.2. Alat yang digunakan

- Mesin uji kekerasan *Rockwell* (Matsuzawa).
- Mesin uji ketangguhan impact (Hung Ta).
- Mikroskop optik model PME3-313UN, merk Olympus dengan kemampuan perbesaran 100, 200, 500, dan 1000 kali.
- Dapur pemanas listrik *muffle furnace treatment* merk Nabertherm tipe L3/12/C6.
- Alat pemotong logam.
- Kertas amplas, autosol, dan larutan etsa.

2.3. Pelaksanaan Penelitian

Diagram alir penelitian sebagai tahap pelaksanaan penelitian diperlihatkan pada Gambar 1. Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur yaitu serangkaian kegiatan yang berhubungan dengan metode pengumpulan data dari sumber-sumber pustaka berupa tulisan, media, atau dokumen yang relevan untuk dijadikan rujukan dalam pelaksanaan penelitian. Langkah berikutnya adalah pembuatan spesimen untuk uji kekerasan, uji ketangguhan impact dan uji struktur mikro menggunakan bahan paduan aluminium AC7A. Spesimen untuk uji kekerasan dan struktur mikro dibuat dengan memotong aluminium dalam bentuk persegi dengan ukuran 20x20x12 mm. Spesimen uji ketangguhan impact dibuat menurut standard JIS Z 2202 no. 4. Spesimen dibuat dalam dua kondisi yaitu kondisi *raw material* dan kondisi dengan perlakuan panas.

Proses perlakuan panas dilakukan dengan cara memanaskan spesimen pada suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C dengan waktu tahan selama 60 menit, kemudian spesimen diberi perlakuan *quenching* dengan cara mencelupkan ke dalam media pendingin berupa air sampai suhu kamar.

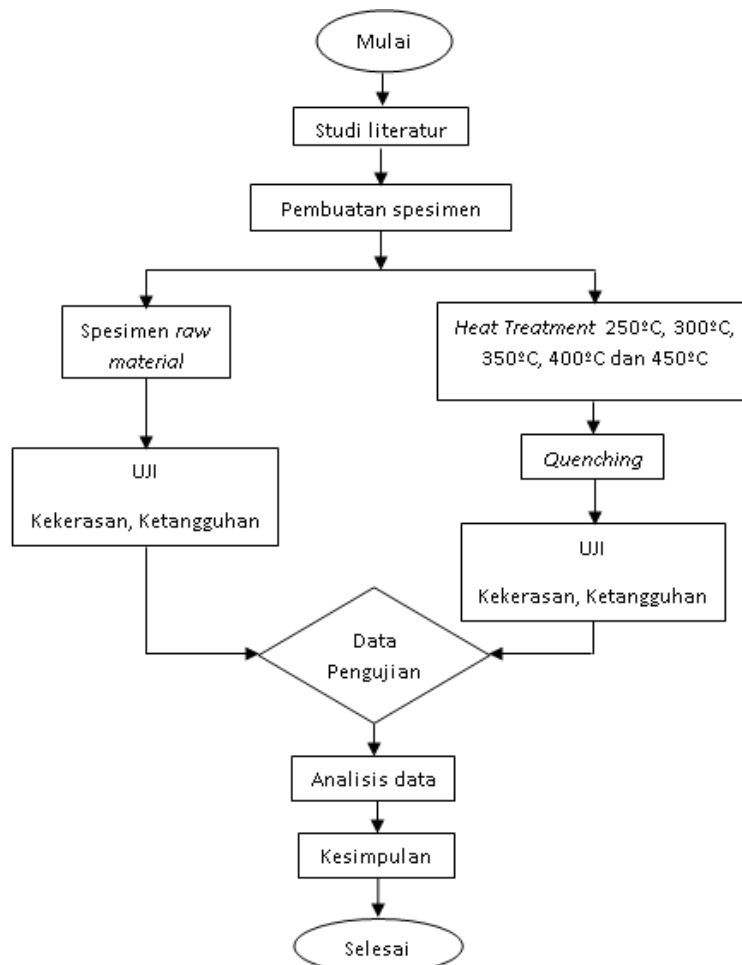
Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell C dengan beban indentasi 60 kg. Kekerasan spesimen uji terbaca secara otomatis pada skala dengan waktu indentasi 5 detik. Sebelumnya permukaan spesimen dihaluskan dengan kertas amplas no. 180, 400, 600 dan 1000. Selanjutnya dilakukan lagi penghalusan menggunakan autosol sampai bekas goresan-goresan hilang.

Pengujian ketangguhan impact menggunakan mesin uji ketangguhan impact Charpy. Pada pengujian ketangguhan impact Charpy beban diayun dengan sudut jatuh α untuk memukul benda uji, yang oleh karenanya akan patah dan berayun melalui sudut β , kemudian dapat diketahui energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Selanjutnya nilai ketangguhan impact Charpy adalah $NI = E/A$.

Struktur mikro diamati dengan mikroskop optik perbesaran 200 kali. Sebelumnya permukaan spesimen dihaluskan dengan amplas no. 180, 400, 600, dan 1000. Setelah permukaan halus, dilakukan

lagi penghalusan menggunakan autosol sampai permukaan menjadi mengkilat, kemudian dietsa dengan larutan etsa (HNO_3 + Etanol).

Langkah selanjutnya adalah analisis terhadap data hasil pengujian kekerasan, ketangguhan impact, dan struktur mikro. Tujuan analisis data adalah untuk mendapatkan informasi yang dapat dipahami dan bermanfaat untuk solusi permasalahan yang dihadapi. Data yang diperoleh dari penelitian ini meliputi data pengujian kekerasan, data pengujian ketangguhan impact, dan data pengujian struktur mikro. Tahap terakhir adalah membuat kesimpulan penelitian berdasarkan hasil analisis data pengujian.

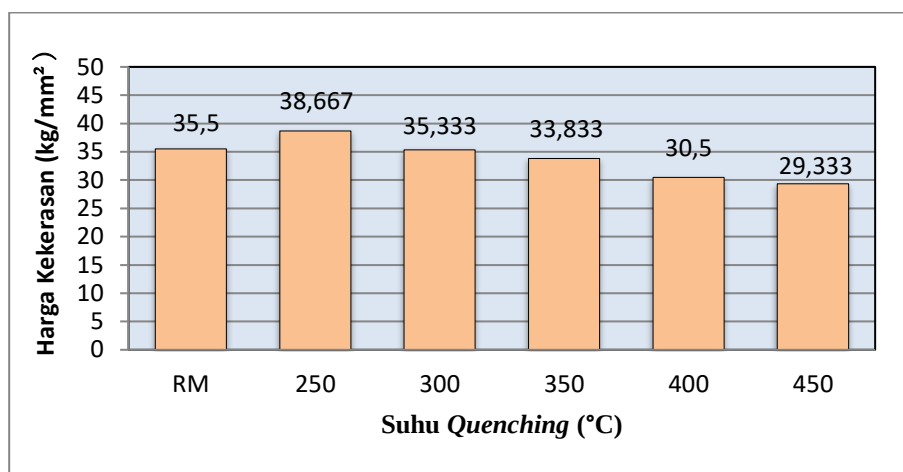


Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

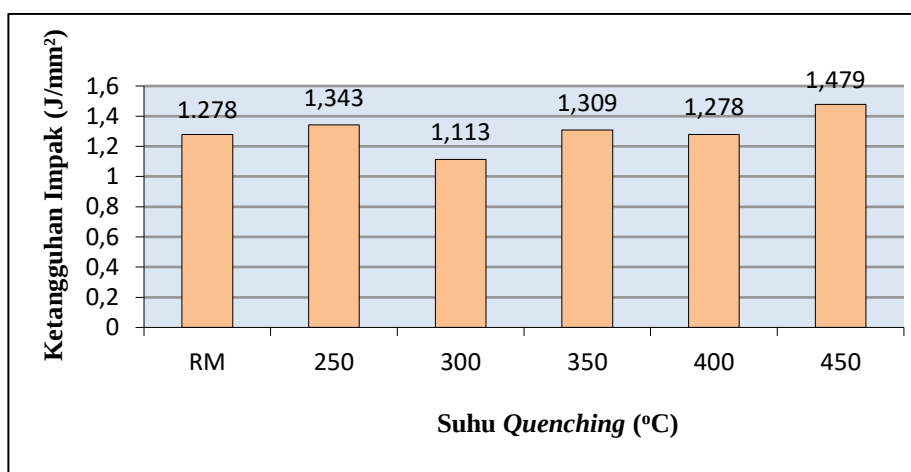
Pengujian kekerasan menggunakan metode kekerasan Rockwell C dengan beban indentasi 60 kg. Kekerasan spesimen uji terbaca secara otomatis pada skala dengan waktu indentasi 5 detik. Hubungan antara suhu *quenching* dan kekerasan ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai kekerasan rata-rata tertinggi adalah 38,667 kg/mm² diperoleh pada spesimen yang mendapat perlakuan *quenching* 250°C dan nilai kekerasan rata-rata terendah adalah 29,333 kg/mm² diperoleh pada suhu *quenching* 450°C. Perlakuan *quenching* pada suhu 250°C diperoleh nilai kekerasan tertinggi. Hasil uji kekerasan setelah diberi perlakuan panas *quenching* menunjukkan bahwa kekerasan cenderung mengalami penurunan seiring dengan kenaikan suhu *quenching*. Hal ini disebabkan karena unsur Al dan Mg yang sudah terurai atau menyebar sehingga spesimen menjadi lebih lunak.



Gambar 2. Grafik hubungan antara suhu *quenching* dan kekerasan

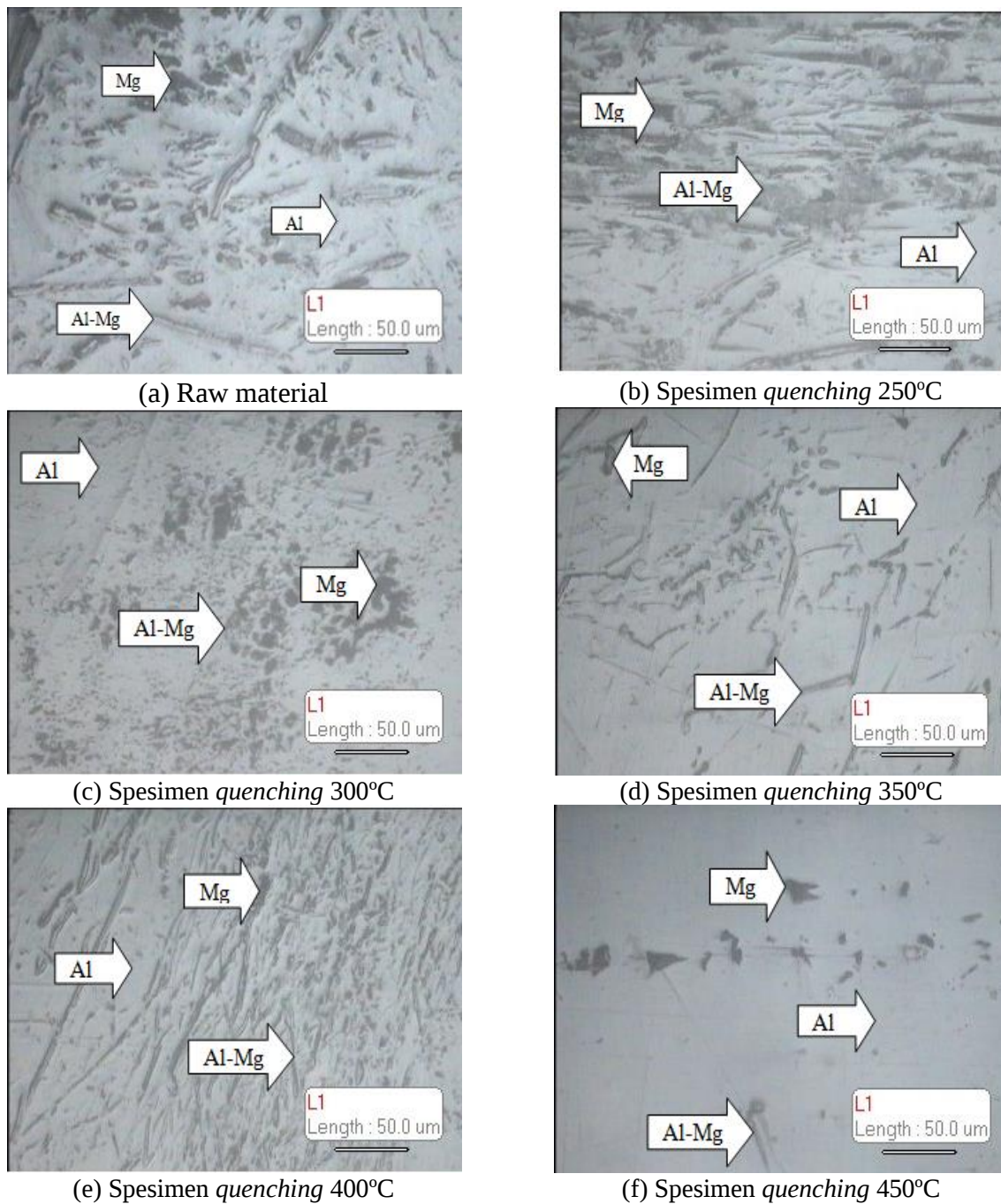
Pengujian ketangguhan impak menggunakan mesin uji ketangguhan impak Charpy. Pada pengujian ketangguhan impak Charpy beban diayun dengan sudut jatuh α untuk memukul benda uji, yang oleh karenanya akan patah dan berayun melalui sudut β , kemudian dapat diketahui energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Hubungan antara suhu *quenching* dan ketangguhan impak diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara suhu *quenching* dan ketangguhan impak

Hasil uji ketangguhan impak memperlihatkan bahwa ketangguhan impak tertinggi diperoleh pada suhu *quenching* 450°C yaitu 1,479 J/mm². Ketangguhan impak cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya suhu *quenching*. Semakin tinggi suhu saat dilakukan perlakuan panas pada aluminium maka aluminium semakin padat sehingga tidak mudah patah pada saat dilakukan pengujian ketangguhan impak (Hutagaol dkk., 2022). Kecenderungan penurunan dan kenaikan ketangguhan impak tersebut dipengaruhi oleh kekerasan bahan hasil perlakuan *quenching*. Ada kecenderungan linear antara kekerasan dan ketangguhan impak yang berarti penurunan kekerasan berhubungan dengan kenaikan ketangguhan impak.

Gambar 4 menginformasikan bahwa struktur mikro sebelum mendapatkan perlakuan *quenching* terlihat paduan Al-Mg banyak dan merata. Dengan memberikan perlakuan panas *quenching* memperlihatkan bahwa struktur Al-Mg yang semula banyak dan merata, semakin tinggi suhu *quenching* menyebabkan struktur Al-Mg mulai terurai dan menyebar. Struktur Al-Mg pada perlakuan *quenching* temperatur 450°C terlihat mulai menghilang dan unsur Mg tampak menggumpal. Hal ini menyebabkan kekerasan cenderung menurun.



Gambar 4. Hasil pengujian struktur mikro

4. KESIMPULAN

Kekerasan cenderung menurun bila suhu *quenching* naik. Kekerasan rata-rata tertinggi dihasilkan pada spesimen yang mendapat perlakuan *quenching* suhu 250°C, yaitu 38,667 kg/mm² dan kekerasan rata-rata terendah diperoleh pada suhu *quenching* 450°C, yaitu 29,667 kg/mm². Penurunan kekerasan ini disebabkan karena unsur Al dan Mg yang sudah terurai dan menyebar sehingga spesimen menjadi lebih lunak.

Ketangguhan impak tertinggi sebesar 1,479 J/mm² dicapai pada suhu *quenching* 450°C. Semakin tinggi suhu *quenching* ketangguhan impak semakin meningkat. Peningkatan ketangguhan impak tersebut dipengaruhi oleh kekerasan bahan.

Hasil foto struktur mikro bahan asal terlihat bahwa struktur paduan Al-Mg banyak dan merata. Spesimen yang mendapatkan perlakuan *quenching* struktur mikro memperlihatkan bahwa semakin tinggi suhu *quenching* struktur Al-Mg mulai menyebar dan terurai yang pada akhirnya unsur Mg berdiri sendiri dan tampak menggumpal, sehingga nilai kekerasan menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Baihaqi, L. H. A., Bambang, J., & Linda, W. (2020). Pengaruh Heat Treatment dan Quenching Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Aluminium Alloy 2024-T3. *Jurnal Penelitian*, Vol. 5, No. 1.
- Dwiaji, C. Y. (2023). Pengaruh Variasi Temperatur Perlakuan Panas dan Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis dan Mikrostruktur Aluminium 2024. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, Vol. 3, No. 2.
- Hutagaol, P. A., Junaidi., & Fadly, A. K. (2022). Analisa Heat Treatment Terhadap Kekuatan Uji Impact Aluminium 5083 Tahun 2021. *Prosiding Seminar Nasional Teknik*, Universitas Islam Sumatera Utara.
- Mastuki., Bramiana, M. I., & Zainurrozzaq, F. (2021). Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Komposit Aluminium 6061 Paduan Pasir Besi Lokal Dengan Perlakuan Panas T6 Variasi Komposisi dan Holding Time. *Jurnal Mekanika*, Vol. 7, No. 2, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Nadca. (1997). *Alloy Data; Aluminium Die Casting Alloys*, NADCA Product Specification Standards for Die Casting, Sec.3.
- Nugroho, A. D., Bambang, J., & Linda, W. (2020). Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu Heat Treatment Aluminium Alloy Terhadap Sifat Kekerasan dan Struktur Mikro Dengan Media Pendinginan Oli. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, Vol. 4, No. 2.
- Permatasari, D., Zuhaimi., & A. Jannifar. (2020). Analisa Sifat Mekanis Aluminium Alloy 6151 Setelah Mengalami Perlakuan Panas. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, Vol. 4, No. 1.
- Rani, A. R. S., & Sitti, N. (2021). Metode Heat Treatment Pada Pengujian Kekerasan Logam Aluminium Dengan Variasi Media Pendingin. *Jurnal Sains Fisika*, Vol. 1.
- Samnur & Badaruddin, A. (2022). *Pengujian Bahan Teknik*, Cetakan Pertama, Deepublish, Yogyakarta.
- Setiadi, B., & Lanjut, M. D. L. T. (2022). Analisa Sifat Mekanis Velg Aluminium Sepeda Motor Menggunakan Metode Heat Treatment Dengan Variasi Waktu Kelipatan 3 Jam Pada Suhu Aging 150°C. *Jurnal Sainstech*, Vol. 32, No. 4.
- Sultan, A. Z., dkk. (2019). Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Aluminium Silikon. *Jurnal SINERGI*, Vol. 17, No. 2.

Halaman Ini Dikosongkan