



# PENGARUH TEMPERATUR HARDENING TERHADAP DISTRIBUSI KEKERASAN ALUMINIUM A6063 PADA KOMPONEN AUTOMOTIVE MELALUI JOMINY TEST

Abdul Choliq\*, Ahmad Maulana Soehada Sebayang, Tatang Suryana

*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang  
Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia*

Email: dosen02127@unpam.ac.id

*Masuk : 24 Agustus 2022*

*Direvisi : 4 September 2022*

*Disetujui : 26 September 2022*

**Abstrak:** Aluminium A6063 merupakan aluminium paduan magnesium silikon. Aplikasi A6063 cukup luas, salah satunya sebagai komponen automotive seperti pipa dan tabung pneumatic cylinder. Material dasar Al 6063 memiliki kekuatan sedang sehingga mudah dibentuk, namun setelah itu perlu rekayasa untuk meningkatkan kekuatan komponen melalui hardening. Al 6063 dapat diberikan perlakuan panas. Pada penelitian ini akan dicoba mengetahui kemampukerasan Al 6063 melalui uji jominy dengan vareasi pemanasan 350°C, 450°C, dan 550°C, lama penahanan pada temperatur pemanasan adalah 10 menit. Dengan variabel tersebut yang diharapkan mentransformasi sampel A6063 agar mencapai fasa pengerasan ketika diquenching. Alat pemanas yang digunakan berupa tungku pemanas listrik. Pendinginan dengan semprotan air selama 10 menit. Uji kekerasan dilakukan dengan metode Hardness Leeb (HL) yang dilakukan pada 5 titik di 6 daerah permukaan sampel yang berjarak 20mm dari ujung sampel yang berdekatan dengan semburan air hingga pangkal. Indentasi pada 5 titik dilakukan pada dua sisi yang berlawanan dari setiap sampel. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa distribusi kekerasan pada sampel A6063 setelah pemanasan mengalami penurunan dibandingkan sampel tanpa pemanasan. Semakin tinggi temperatur pemanasan akan semakin menurunkan nilai kekerasannya.

**Kata kunci:** Al 6063, Perlakuan Panas, Kemampukerasan, Jominy Test, Hardnest Leeb.

**Abstract:** Aluminum Al 6063 is an aluminum magnesium silicon alloy. One of the applications of this aluminum is as automotive components such as tubes and pipes for pneumatic cylinders. The base material Al 6063 has moderate strength so it is easy to shape, but after that it needs to be engineered to increase the strength of the component through hardening. Al 6063 can be heat treated. In this study, we will try to determine the hardness of Al 6063 through the Jominy test with heating variations of 350 °C, 450 °C, and 550 °C, the length of time being eliminated at heating temperature is 10 minutes. With these variables, it is expected to transform the A6063 sample to achieve hardening when quenched. The heating device used is an electric heating furnace. Cooling with water spray for 10 minutes. The hardness test was carried out using the Hardness Leeb (HL) method which was carried out at 5 points at 6 points on the sample surface which were 20mm from the tip of the sample adjacent to the air jet to the base. Indentation at 5 points is performed on two opposite sides of each sample. The results of the hardness test showed that the distribution of hardness in the sample A6063 after heating decreased compared to the sample without heating. The higher the temperature, the lower the hardness value.

**Keywords:** Al 6063, Heat Treatment, Hardness, Jominy Test, Hardnest Leeb.

## PENDAHULUAN

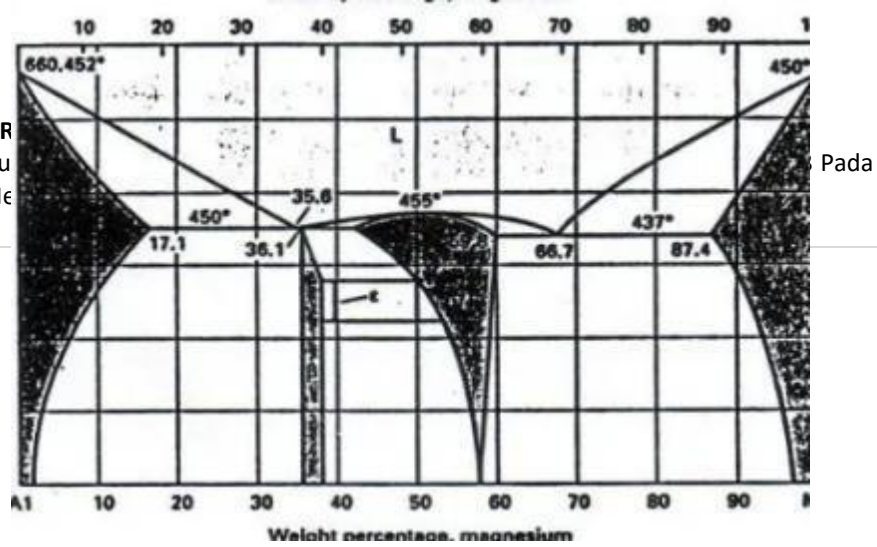
Aluminium merupakan unsur yang melimpah di kerak bumi dan banyak digunakan sebagai material teknik, seperti permesinan, perabot rumah tangga, otomotif, kedirgantaraan, dan konstruksi [1]. Kelebihan aluminium adalah kuat, mudah dibentuk. Dalam salah satu penelitian yang pernah dilakukan menjelaskan bahwa aluminium Al6063 dapat dikembangkan sebagai material crash box yang dipasang di antara bumper dan sasis mobil. Tujuannya dipasangnya crash box adalah sebagai peredam benturan untuk mengurangi kecederaan pengemudi pada saat mobil mengalami benturan [2]. Crash box berbahan aluminium Al6063. Berat jenis < 4 kg/dm<sup>3</sup>, tidak beracun, mudah dilas, dapat diberi perlakuan panas dan baik tampilannya. Aluminium memiliki berat atom 26,98 gr per mol dan densitas 2,7 kg/dm<sup>3</sup>, titik lebur 660,3°C dan titik didih 2470°C [3]. Struktur kristal Face Centered Cubic (FCC), tetap ulet walaupun pada temperatur rendah [3]. Salah satu standart aluminium adalah AA (American Assosiation). Pada jenis paduan aluminium tempa, paduan utamanya dinyatakan pada kode dengan angka pertama. Pada angka kedua jika dinyatakan dengan angka nol, maka kode ini menunjukkan bahwa aluminium tersebut telah dimodifikasi. Angka ketiga dan keempat menunjukkan tingkat kemurnian aluminium, dan dinyatakan dengan dua angka di belakang koma [4]. Kemurnian aluminium berpengaruh pada ketahanan korosi aluminium. Aluminium dengan kemurnian >99,0% lebih tahan terhadap korosi. Nilai konduktor aluminium 65% dari nilai konduktor tembaga. Aluminium dapat digunakan sebagai bahan baku kabel dan aluminium lembaran (*foil*).

Salah satu jenis aluminium adalah aluminium Al 6063 atau Al6063, Mg0.7Si, dan AlMgSi0.5 merupakan paduan aluminium, silikon (Si) dan magnesium (Mg) dan termasuk aluminium berkekuatan sedang [5]. Penggunaan Al 6063 sama populer dengan seri pendahulunya yaitu Al 6061 yang banyak digunakan sebagai material bejana tekanan temperatur rendah, peralatan kelautan, ring pengeboran, pembangunan struktur pesawat, gerbong kereta api, dll. [6]. Tahun 1886 aluminium telah diproduksi secara massal [7]. Table 1 menjelaskan sifat mekanik dan fisik aluminium A6063:

**Tabel 1 Komposisi kimia dan sifat mekanik Al 6063 [8]**

Chemical Composition in % from Supplier Report										
Al6063	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Fe	Ni	Al
Rata - rata	0.2-0.6	0.0-0.1	0.0-0.1	0.45-0.9	0.1-max	0.0-0.1	0.0-0,1	0.0-0.35	0,008	Balance

Sama halnya dengan besi-baja, aluminium memiliki diagram fasa dalam memperkirakan struktur yang terbentuk akibat pemanasan atau pendinginan.

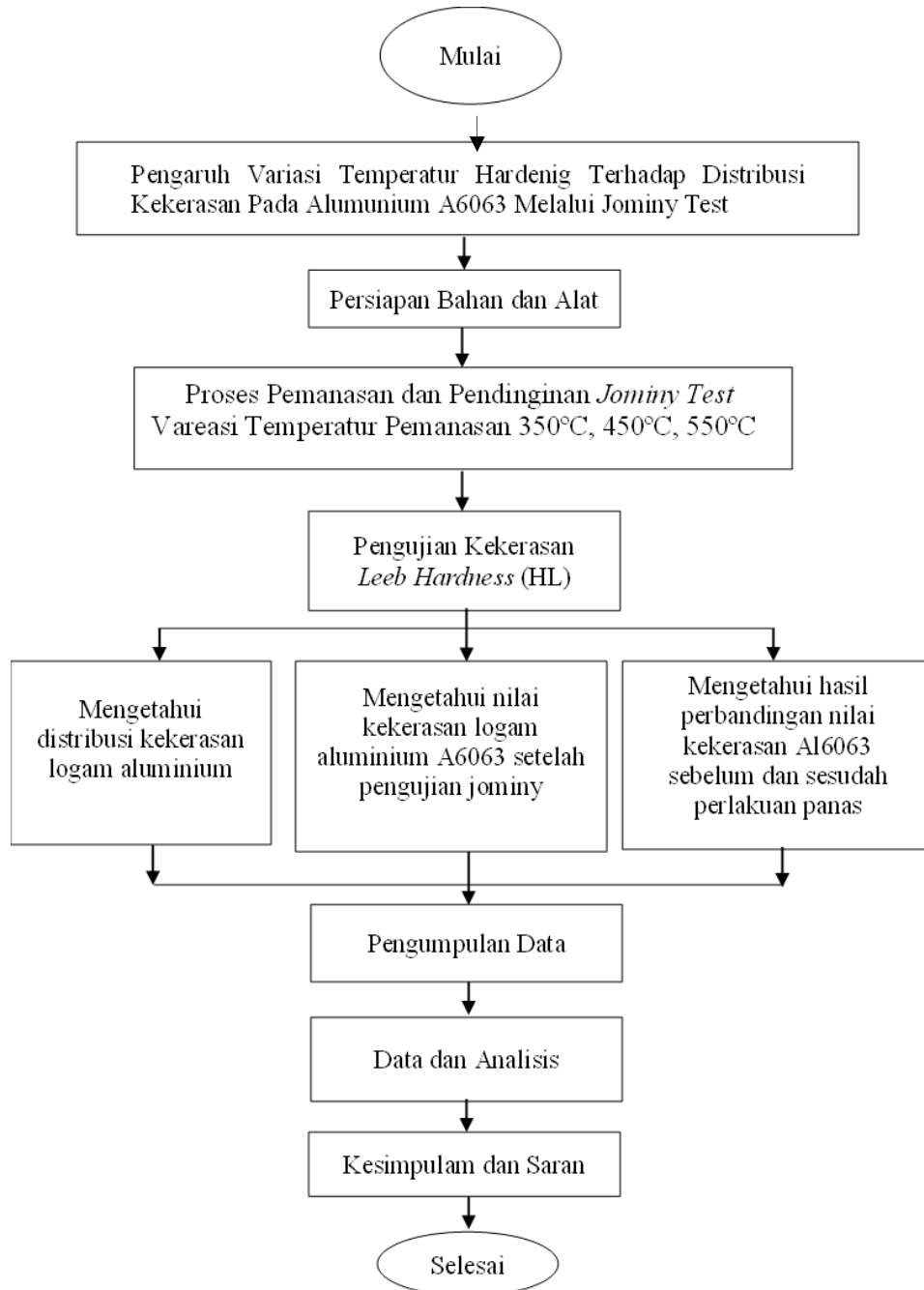


Gambar 1. Diagram Fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si [10]

Pada gambar diagram fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si diatas menunjukkan fasa aluminium yang terbentuk terkait komposisi magnesium dan silikon pada temperatur tertentu. Berdasar diagram fasa diatas, komposisi pada paduan Al 6063 dapat membentuk fasa Mg<sub>2</sub>Si. Pembentukan fasa Mg<sub>2</sub>Si perbandingan yang sesuai yaitu Mg: Si = 1,73. Namun hal ini tidak tercapai melalui operasi biasa sehingga paduan akan mengandung magnesium maupun silikon yang berlebih. Kelebihan magnesium menjadikan paduan lebih tahan terhadap korosi namun turun mampu bentuk dan kekuatannya. Sebaliknya kelebihan silikon meningkatkan kekuatan paduan tanpa kehilangan mampu bentuk dan mampu las, namun lebih berpotensi terjadi korosi *intergranular*.

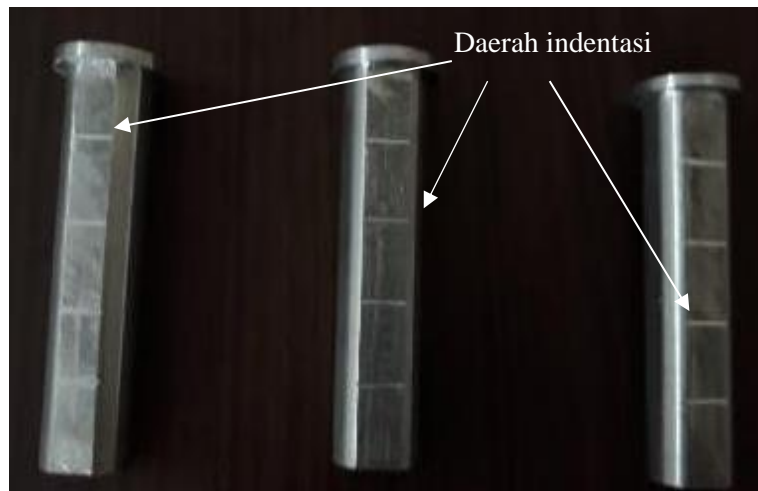
Pada penelitian ini akan coba dilakukan percobaan terhadap aluminium Al6063 melalui uji Jominy. Sebagaimana telah diketahui bahwa jominy test dilakukan untuk mengetahui kemampukerasan material. Hardenability didefinisikan sebagai kemampuan material untuk dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan dan komposisi kimia [11]. Secara singkat tahapan uji jominy adalah dengan memanaskan sampel hingga temperatur austenisasi dan didinginkan dengan cara disemprot air pada bagian bawah dengan arah vertikal [12]. Proses pendinginan akan terjadi secara bervariasi. Bagian sampel yang mendekati air sama dengan quenching, bagian yang tidak terkena air mengalami pendinginan secara konduksi / normal. Melalui pengukuran nilai kekerasan di beberapa titik, maka diketahui distribusi nilai kekerasan serta selisih yang muncul.

## METODOLOGI



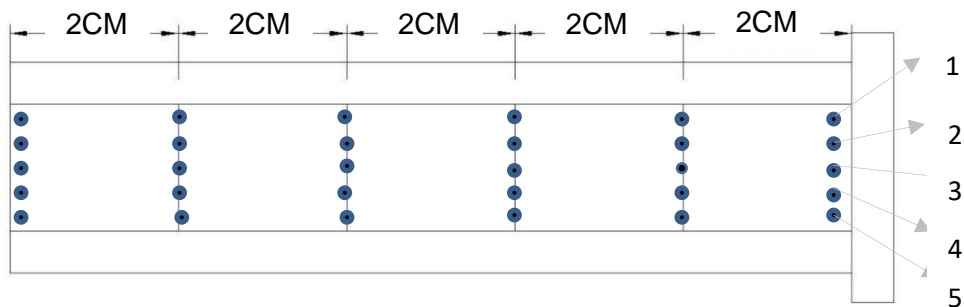
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Sampel penelitian ini berbahan aluminium Al6063 bentuk silinder, ukuran mengikuti standart ASTM A255. Panjang 100mm, diameter batang 25,4mm, diameter kepala spesimen 32mm [12, 13]. Jumlah sampel yang diberikan treatment sebanyak 3 (tiga) specimen. Proses pemanasan sampel menggunakan tungku listrik. Variasi temperatur sampel 350°C, 450°C, 550°C.



Gambar 3. Sampel Uji JominyTest Al6063

Pendinginan menggunakan air sumur temperatur 29°C selama 10 menit. Pengujian kekerasan sampel dilakukan pada 5 titik di 6 daerah dari ujung sampai pangkal sampel dengan jarak masing-masing 2cm seperti tampak pada gambar



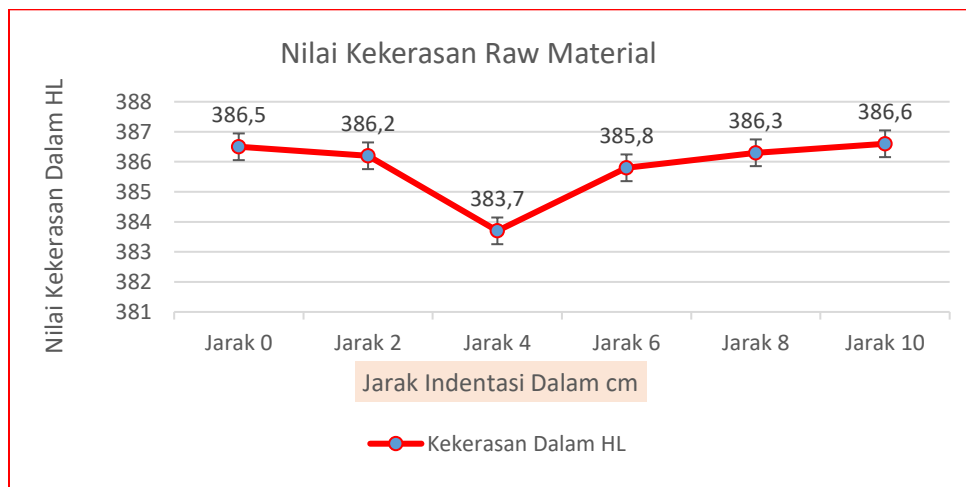
Gambar 4. Jarak Daerah Indentasi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan heat treatment terhadap sampel Al6063 dengan temperatur pemanasan 530°C, holding time selama 30 menit serta pendinginan menggunakan udara. Hasilnya, nilai rata-rata kekerasan sampel tanpa treatment yang semula 45,72 VHN turun menjadi 43,26 VHN [14]. Sedangkan penelitian lain pernah dilakukan penelitian terhadap AlMgSi-Fe diberikan treatment dengan pemanasan 600°C, quenching SAE 20 oil medium. Diikuti temper dengan vareasi temperatur 200°C, 250°C dan 300°C. Hasilnya sampel yang semula hanya memiliki kekerasan 60,96 VHN meningkat menjadi 76,98 VHN [15].

Sebagaimana dijelaskan diawal, bahwa pemanfaatan Al6063 adalah untuk peningkatan kekuatan aluminium untuk menahan kekuatan impak dan kekuatan tarik [2]. Dengan demikian diharapkan diperoleh simpulan bahwa Al 6063 dapat ditingkatkan kekuatannya melalui metode heat treatment melalui pengerasan. Dari percobaan yang dilakukan telah diperoleh hasil uji kekerasan sampel uji jominy Al 6063 tanpa pemanasan dan sampel-sampel dengan pemanasan temperatur 350°C, 450°C dan 550°C. Hasil uji kekerasan ditampilkan dalam grafik terpisah. Hasil uji keempat sampel kemudian ditampilkan dalam satu grafik untuk memudahkan analisis.

### a. Hasil Pengujian Logam Aluminium Tanpa Perlakuan Panas

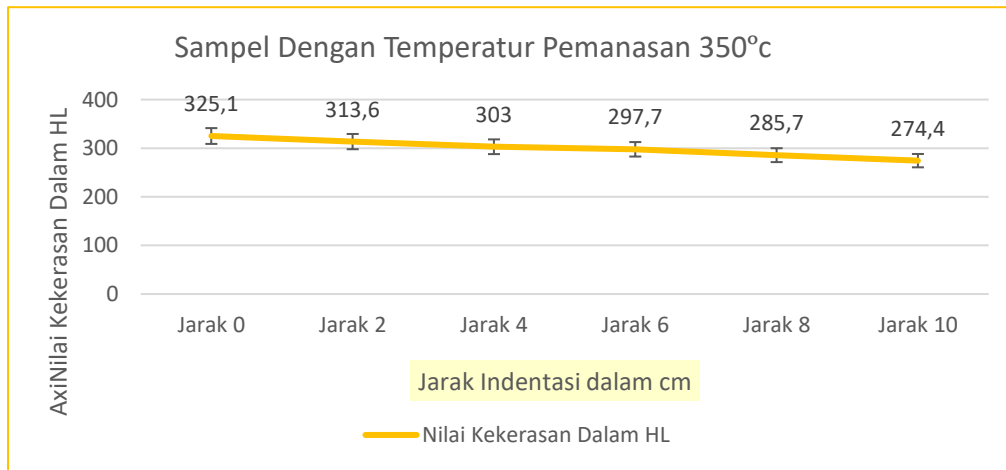


Gambar 5. Distribusi nilai kekerasan rata-rata ketiga spesimen tanpa perlakuan panas

Nilai kekerasan spesimen tanpa perlakuan panas (raw material) yang telah diukur dengan lebh hardness menunjukkan nilai terendah 383,7 HL dan tertinggi 386,5 HL. Dan jika dirata-rata, kekerasan raw material Al 6063 ini adalah 385,8HL (120 HVN). Nilai kekerasan cenderung rata mengingat material masih dalam kondisi belum diberikan treatment untuk merubah karakter material.

**b. Hasil uji kekerasan spesimen 1, temperatur pemanasan 350°C dan holding time 30 menit**

Pada spesimen 1 yang di panaskan pada temperatur 350°C dan dengan *holding time* 30 menit didapatkan distribusi nilai kekerasan yang mulai menampilkan perbedaan di mana kekerasan sampel cenderung turun meskipun belum begitu banyak penurunannya.

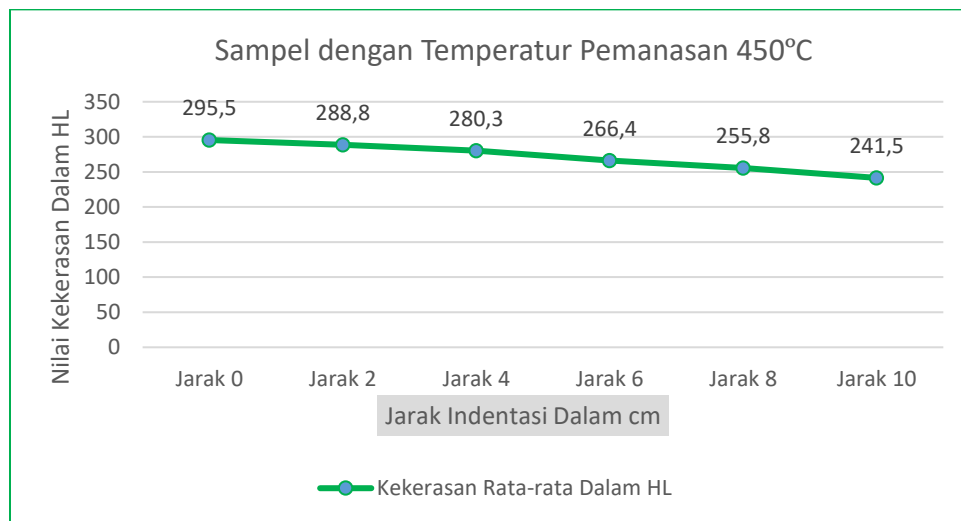


Gambar 6. Grafik analisis distribusi nilai kekerasan spesimen 1 dengan pemanasan 350°C

Dari pemanasan sampel hingga 350°C menunjukkan penurunan kekerasan dari semula 386 HL menjadi 325,1 HL (91VHN) pada terdekat dengan semburan air. Pada jarak yang semakin jauh, penurunan semakin terlihat. Nilai terendah adalah 274,4 HL. Artinya pada sampel dengan pemanasan 350°C mengalami penurunan 16% dari sampel awal tanpa pemanasan.

**c. Hasil pengujian logam aluminium spesimen 2, temperatur 450°C holding time 30 menit**

Penurunan nilai kekerasan tampak semakin besar dengan bertambahnya temperatur pemanasan pada sampel kedua yang dipanaskan hingga 450°C dan dengan *holding time* 30 menit.

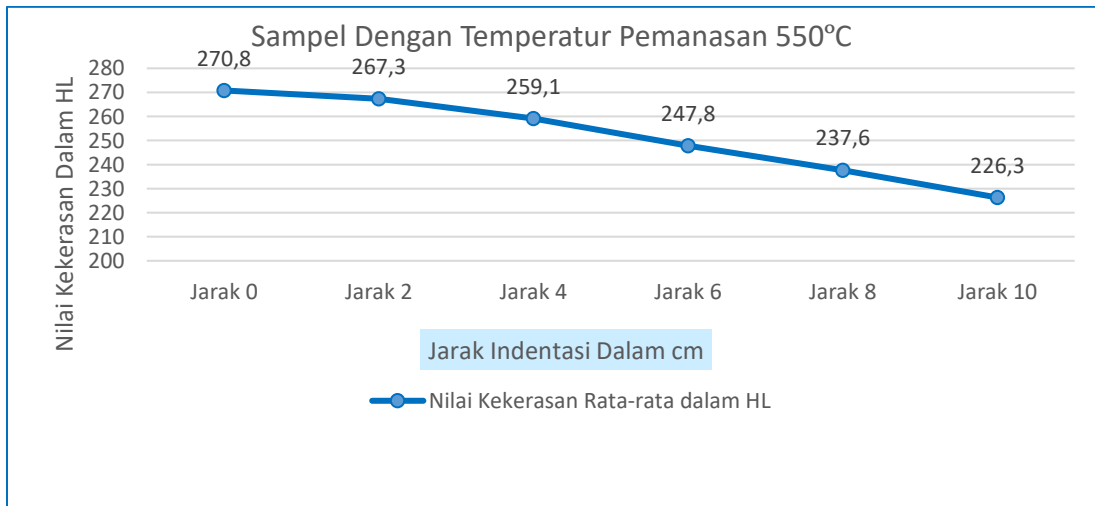


Gambar 7. Grafik distribusi nilai kekerasan spesimen 2 yang dipanaskan pada temperatur 450°C

Daerah paling cepat mengalami pendinginan (terdekat dari air) hanya mampu mencapai nilai kekerasan.295,5 HL (79VHN). Pada daerah terjauh bahkan hanya mencapai 241,5 HL. Penurunan ini lebihh besar dibanding sampel yang dipanaskan hingga temperatur 350°C. Sampel dengan pemanasan 450°C mengalami penurunan 23% dari sampel awal tanpa pemanasan.

**c. Hasil pengujian logam aluminium spesimen 3 dengan temperatur 550°C holding time 30 menit**

Penurunan kekerasan sampel terus berlangsung dengan bertambahnya temperatur pemanasan. Hal ini terbukti pada sampel 3 yang dipanaskan dengan temperatur 550°C dan dengan *holding time* 30 menit. Penurunan kekerasannya melebihi penurunan dua sampel sebelumnya yang dipanaskan hingga temperatur 350°C dan 450°C.



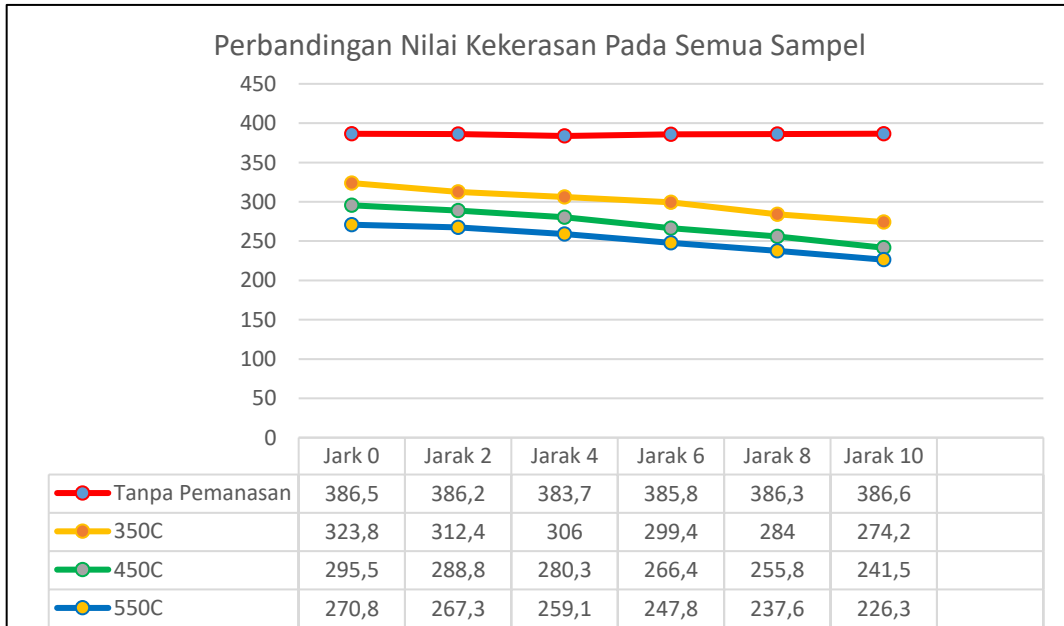
Gambar 8. Grafik analisis distribusi nilai rata-rata kekerasan spesimen 3 yang dipanaskan pada temperatur 550°C

Spesimen 3 yang dipanaskan hingga temperatur 550°C mencapai nilai kekerasan hingga 270,8 HL (<70VHN) di daerah terdekat dari penyemprotan air. Pada daerah terjauh dari penyemprotan airhanya mencapai 226,3 HL. Ini merupakan penurunan terbesar dari ketiga sampel yaitu turun hingga 30%.



**d. Perbandingan Distribusi Nilai Kekerasan Logam Aluminium Dengan dan Tanpa Perlakuan Panas Dengan Temperatur 350°C, 450°C dan 550°C**

Berdasarkan data hasil perhitungan distribusi nilai kekerasan pada logam aluminium tanpa perlakuan panas dan perlakuan panas dengan temperatur 350°C, 450°C, dan 550°C sebagai berikut:



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Pada Semua Sampel

Dari grafik uji kekerasan di atas jika aluminium A6063 yang dipanaskan hingga 350°C, 450°C, dan 550°C dan ditahan hingga 30 menit menjadikan kekerasannya justru turun. Kedua, semakin lambat laju pendinginan semakin menurunkan kekerasan sampel uji Al 6063. Pada sampel dipanaskan dengan temperatur 550°C mengalami penurunan distribusi kekerasan yang paling drastis. Hasil percobaan ini tidak menghasilkan peningkatan kekerasan, justru malah terjadi penurunan. Penyebabnya ada dua hal, yang pertama temperatur pemanasan kurang tinggi sehingga tidak melewati garis solvus (590°C) dan tidak tercapai fasa tunggal aluminium. Dampaknya ketika dilakukan pendinginan tidak terjadi pengendapan (presipitasi) secara sempurna. Karena presipitasi tidak tercapai maka proses pengerasan tidak terjadi. Kedua, sampel pada temperatur di mana terjadi kondisi / fasa tidak stabil dari pergerakan atom-atom aluminium. Akibatnya, ketika sampel didinginkan dengan cepat menjadikan atom-atom terjebak dan banyak kisi kosong. Kekosongan ini yang menurunkan nilai kekerasan aluminium tersebut [1][4]. Berdasarkan dengan data yang diperoleh, maka semakin tinggi temperatur pemanasan pada sampel A6063, maka nilai kekerasan yang terbentuk pada A6063 menjadi semakin rendah.

**KESIMPULAN**

Uji jominy terhadap sampel A6063 dengan vareasi temperatur pemanasan 350°C, 450°C, 550°C merubah distribusi kekerasan semua sampel. Nilai kekerasan daerah terdekat penyemprotan air lebih tinggi dibandingkan daerah yang jauh dari penyemprotan air [8]. Sampel dengan pemanasan 350°C memiliki nilai

kekerasan 314 HL pada daerah terdekat penyemprotan, dan 274,4 HL pada daerah terjauh. Sampel dengan pemanasan 450°C memiliki nilai kekerasan 295,5 HL pada daerah terdekat penyemprotan air, dan 241,5 HL pada daerah terjauh. Sampel dengan pemanasan 550°C memiliki nilai kekerasan 270,8 HL pada daerah terdekat penyemprotan air, dan 226,3 HL pada daerah terjauh. Dengan pemanasan 350°C, 450°C, dan 550°C pada A6063 justru menurunkan nilai kekerasan sampel, dan semakin tinggi temperatur pemanasan diberikan, maka kekerasan sampel menjadi semakin rendah. Maka tidak disarankan mengeraskan logam A6063 dengan temperatur pemanasan 350°C, 450°C, dan 550°C. Maka untuk meningkatkan kekerasan sampel Al6063, temperatur pemanasan sampel perlu ditambah di atas 590°C namun tidak boleh melewati titik cairnya sekitar 660°C.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prayitno, D. (2010). *Teknologi Rekayasa Material*. Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti.
- [2] Darmadi, M. A. (2018). Pengaruh Variasi Sambungan pada Crash Box Multi Segmen terhadap Kemampuan Penyerapan Energi dengan Uji Quasi Static. *Jurnal Rekayasa Mesin, Universitas Brawijaya*, 9. doi: Pengaruh Variasi Sambungan pada Crash Box Multi Segmen terhadap Kemampuan Penyerapan Energi dengan Uji Quasi Static
- [3] Alois Schonmetz, d. (2013). *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*. Bandung: Angkasa.
- [4] Sofyan, B. T. (2011). *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik.
- [5] Surono, B. (2011). Perubahan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Al-Mg-Si Akibat Variasi
- [6] Widyantoro, E. K. (2020). Pengaruh Variasi Temperatur Aging pada Alu
- [7] Tata Surdia, d. (2013). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Balai Pustaka.
- [8] <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2812>
- [9] <https://matrudian.wordpress.com/2010/10/24/heat-treatment-pada-aluminium-paduan/>
- [10] Anrinal. (2013). *Metalurgi Fisik*. Jogjakarta: ANDI.
- [11] Wardoyo, & Sumpena. (2018). Pengaruh Variasi Temperatur Quenching Pada Aluminium Paduan AlMgSi-Fe12% Terhadap Keausan. *Jurnal Engine; Universitas Proklamasi 45 Jogjakarta*.
- [12] Rokhman, T. (2015). Perancangan Alat Uji Kemampukerasan Jominy Test Untuk Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam "45" Bekasi. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, , 68-80.
- [13] Herdi Susanto, J. S. (2016). Rancang Bangun Alat Uji Jominy (Jominy Hardenability Test). *Jurnal Mekanova*, 97-107.
- [14] Novri, M. (Juni 2020). Analisis Perubahan Sifat Mekanik Al 6063 Setelah. *Bina Teknik*, 35-42.
- [15] Sumpena, W. ( Mei 2018). Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Dan Tempering Paduan. *Jurnal ENGINE 2* , 26-32 .