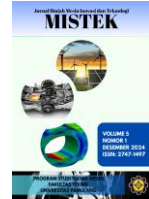




# JURNAL TEKNIK MESIN MISTEK MESIN INOVASI DAN TEKNOLOGI



## ANALISIS KEAUSAN DAN USIA PAKAI DUDUKAN BENDA KERJA DENGAN VARIASI DIAMETER LUBANG PADA ALAT UJI *JOMINY TEST*

Muhamad Supena<sup>1</sup>, Nur Rohmat<sup>2</sup>, Abdul Choliq<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: denvena89@gmail.com<sup>1</sup>

Masuk : 22 Juli 2024

Direvisi : 26 Agustus 2024

Disetujui : 18 September 2024

**Abstrak:** Dudukan benda kerja pada alat uji *Jominy test* merupakan tempat berlangsungnya proses pengujian tersebut. Permasalahan yang muncul adalah dudukan cenderung menyerap dan menahan panas dari spesimen selama pendinginan, sehingga mempercepat penurunan usia pakai dan menyebabkan pengikisan pada diameter lubangnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan diameter lubang akibat keausan, menentukan usia pakai dudukan setelah pengujian, serta menghitung nilai rata-rata dan deviasi pada komponen dudukan mesin *Jominy test*. Penelitian ini menggunakan teknik pengujian secara langsung, yaitu mengamati dan mencatat secara langsung hasil eksperimen, kemudian menyajikan data dan menyimpulkan hasil penelitian. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai tegangan sebesar 0,16 N/m<sup>2</sup> dan nilai regangan sebesar 0,0008 mm, sedangkan momen inersia diperoleh sebesar 0,01512 kg·m<sup>2</sup> atau 0,01512 Nm. Pada perhitungan defleksi diperoleh nilai  $4,6 \times 10^{-5}$  m. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata keausan lubang berbeda pada setiap variasi temperatur, memperlihatkan pengaruh signifikan suhu terhadap tingkat pengikisan diameter dudukan spesimen. Keausan terbesar terjadi pada lubang dudukan spesimen berdiameter 27 mm, yaitu sebesar 0,026 mm. Keausan terendah terdapat pada lubang berdiameter 29 mm, yaitu sebesar 0,001 mm, sedangkan pada dudukan spesimen berdiameter 28 mm, nilai keausannya berkisar antara 0,007 mm hingga 0,010 mm. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa usia pakai dudukan dengan diameter lubang 27 mm adalah 2.286 kali pengujian, diameter 28 mm adalah 4.000 kali pengujian, dan diameter 29 mm mencapai 32.000 kali pengujian. Sementara itu, nilai deviasi atau simpangan rata-rata pada dudukan benda kerja berdiameter 27 mm dengan temperatur 400°C adalah 0,0012 mm, pada 500°C sebesar 0,0057 mm, dan pada 600°C sebesar 0,0058 mm. Pada dudukan berdiameter 28 mm, nilai deviasi pada temperatur 400°C adalah 0,0012 mm, 500°C sebesar 0,0024 mm, dan 600°C sebesar 0,001 mm. Adapun pada dudukan berdiameter 29 mm, deviasi pada temperatur 400°C, 500°C, dan 600°C memiliki nilai yang sama, yaitu 0,0007 mm.

Kata Kunci: *Jominy test*, Baja ST60, Dudukan Benda Uji, Lubang.

**Abstract:** The specimen holder on the *Jominy test* apparatus serves as the location where the hardness testing process takes place. A recurring issue is that the holder tends to absorb and retain heat from the specimen during cooling, which accelerates the degradation of its service life and causes wear on the hole diameter. This study aims to analyze changes in hole diameter due to wear, determine the service life of the holder after repeated testing, and calculate the mean values and deviations of the components of the *Jominy test* holder. The research employed a direct testing method by observing and recording experimental results, followed by data presentation and conclusion drawing. The calculations showed that the stress value was 0.16 N/m<sup>2</sup> and the strain value was 0.0008 mm, while the moment of inertia was found to be 0.01512 kg·m<sup>2</sup> or 0.01512 Nm. The deflection value obtained was  $4.6 \times 10^{-5}$  m. The results further indicated that the average wear of the hole varied at each temperature level, demonstrating a significant influence of temperature on the degree of diameter degradation. The highest wear occurred in the holder hole with a diameter of 27 mm, amounting to 0.026 mm. The lowest wear was found in the 29 mm hole, which was 0.001 mm, while for the 28 mm diameter holder, wear ranged between 0.007 mm and 0.010 mm. Based on the calculations, the estimated service life of the holder with a 27 mm hole was 2,286 test cycles; for the 28 mm hole, 4,000 cycles; and for the 29 mm hole, 32,000 cycles. Meanwhile, the deviation values for the 27 mm diameter holder at temperatures of 400°C, 500°C, and 600°C were 0.0012 mm, 0.0057 mm, and 0.0058 mm, respectively. For the 28 mm holder, the deviations were 0.0012 mm at 400°C, 0.0024 mm at 500°C, and 0.001 mm at 600°C. For the 29 mm holder, all temperature variations (400°C, 500°C, and 600°C) produced the same deviation value of 0.0007 mm.

Keywords: *Jominy Test*, ST60 Steel, Specimen Holder, Hole Wear.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat di berbagai belahan dunia telah menghasilkan beragam alat dan mesin yang berperan penting dalam meningkatkan kesejahteraan manusia serta memudahkan berbagai aktivitas. Bidang permesinan menjadi salah satu sektor yang memiliki kontribusi besar terhadap kemajuan teknologi tersebut. Di satu sisi, bidang ini berfungsi sebagai produsen teknologi, dan di sisi lain menjadi pengguna yang memanfaatkan teknologi untuk mendukung proses produksi [1], [2].

Salah satu perkembangan penting dalam dunia permesinan adalah teknologi pengujian kekerasan logam. Pengujian kekerasan dapat dilakukan melalui berbagai metode, seperti uji tarik, uji puntir, dan uji tekan. Selain itu, terdapat alat khusus yang digunakan untuk mendukung proses pengujian kekerasan, salah satunya adalah *Jominy test* [3].

*Jominy test* digunakan sebagai perangkat bantu dalam proses pendinginan (*quenching*) untuk melakukan pengujian kemampukerasan (*hardenability*) [4]. Pengujian ini sangat diperlukan untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu logam. Kekerasan (*hardness*) merupakan parameter penting dalam pemilihan bahan karena berhubungan erat dengan kekuatan, ketahanan terhadap korosi, getaran, dan tekanan, baik yang dipengaruhi oleh faktor internal maupun eksternal [5], [6].

Sifat kekerasan logam merupakan salah satu persyaratan utama dalam menentukan kelayakan suatu elemen mesin [7]. Kekerasan dapat dimodifikasi tanpa menambah unsur paduan, yakni melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) [8]. Kemampukerasan (*hardenability*) adalah kemampuan suatu material untuk mengalami pengerasan hingga kedalaman tertentu melalui proses *hardening*, yaitu perlakuan panas yang diakhiri dengan pendinginan cepat hingga menghasilkan struktur martensit dengan tingkat kekerasan tertentu [9].

Tidak semua material mampu dikeraskan melalui metode tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pengujian kemampukerasan atau *hardenability test*, salah satunya menggunakan metode *Jominy test*. Prinsip kerja pengujian *Jominy* adalah dengan memanaskan benda uji (*specimen*) hingga mencapai temperatur tertentu, kemudian mendinginkannya melalui penyemprotan air pada bagian ujung bawah spesimen. Setelah proses pendinginan selesai, kekerasan spesimen diukur menggunakan alat uji kekerasan untuk memperoleh profil distribusi kekerasan sepanjang panjang spesimen.

## METODOLOGI

Baja merupakan paduan antara logam besi dan karbon, serta dapat mengandung unsur paduan lain dalam konsentrasi tertentu. Besi (Fe) berfungsi sebagai unsur dasar, sedangkan karbon (C) merupakan unsur paduan utama. Dalam proses pembuatan baja, sering dijumpai penambahan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan unsur-unsur lainnya sesuai dengan sifat akhir baja yang diinginkan. Baja karbon mengandung karbon sebesar 0,2%–2,14%, di mana kandungan karbon tersebut berperan sebagai unsur pengeras dalam struktur baja.

Karbon berfungsi mengeraskan kisi kristal atom besi. Selain karbon sebagai unsur paduan utama, terdapat pula unsur-unsur lain seperti titanium (Ti), krom (Cr), nikel (Ni), vanadium (V), kobalt (Co), dan tungsten (W). Unsur-unsur tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanis baja, seperti kekuatan, ketangguhan, serta ketahanan terhadap aus dan korosi.

### Diagram Alir Penelitian

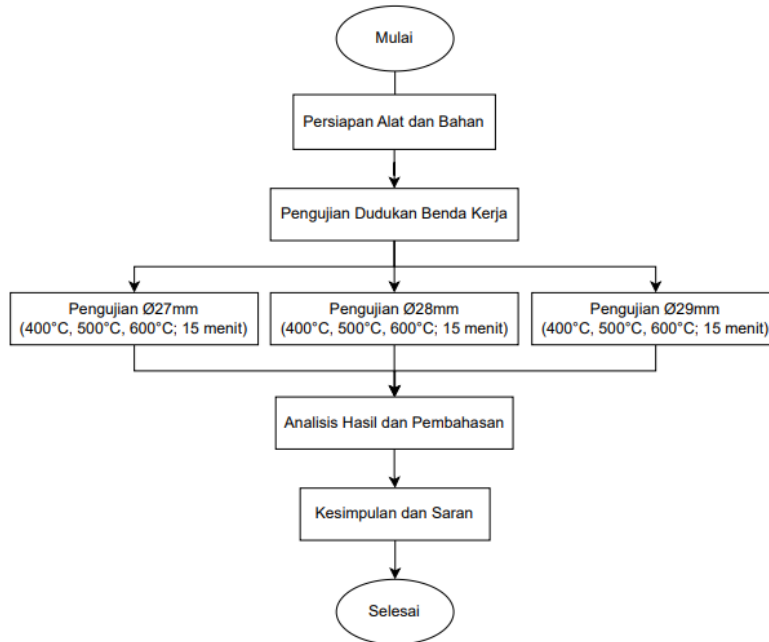
Penelitian ini dimulai dengan tahap persiapan, yang meliputi penyiapan seluruh alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses pengujian. Pada tahap ini, dudukan benda kerja dengan variasi diameter lubang 27 mm, 28 mm, dan 29 mm dipersiapkan sebagai sampel utama. Selain itu, perangkat pemanas, alat pendingin (*quenching*), serta alat ukur diameter disiapkan agar proses eksperimen dapat berjalan sesuai prosedur.

Setelah seluruh peralatan siap, penelitian memasuki tahap pengujian dudukan benda kerja. Proses pengujian dilakukan dengan memberikan perlakuan termal pada masing-masing variasi diameter lubang. Setiap sampel diuji pada tiga tingkat suhu yang berbeda, yaitu 400°C, 500°C, dan 600°C, dengan durasi pemanasan selama 15 menit untuk setiap perlakuan. Setelah pemanasan, sampel didinginkan menggunakan metode penyemprotan air sesuai prosedur uji *Jominy*. Pengujian dilakukan secara berulang untuk memastikan konsistensi dan akurasi hasil pengukuran.

Pengujian pertama dilakukan pada dudukan dengan diameter lubang 27 mm. Sampel dipanaskan berturut-turut pada suhu 400°C, 500°C, dan 600°C, kemudian dilakukan pendinginan dan pengukuran perubahan diameter setelah perlakuan. Prosedur yang sama diterapkan pada dudukan berdiameter 28 mm dan 29 mm, sehingga diperoleh data keausan dari ketiga variasi diameter pada berbagai kondisi suhu.

Setelah seluruh proses pengujian selesai, data hasil pengukuran dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik untuk mempermudah interpretasi. Analisis dilakukan untuk membandingkan tingkat keausan pada masing-masing variasi diameter serta melihat hubungan pengaruh temperatur terhadap perubahan dimensi lubang dudukan benda kerja. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam penyusunan pembahasan penelitian.

Tahap terakhir dari alur penelitian adalah penarikan kesimpulan dan penyusunan saran. Kesimpulan mencakup temuan utama mengenai tingkat keausan, estimasi usia pakai dudukan, serta pengaruh variasi diameter dan suhu terhadap perubahan geometri lubang. Saran kemudian diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya atau perbaikan proses teknis yang relevan. Seluruh rangkaian aktivitas tersebut menutup keseluruhan proses penelitian. Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian.



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

**Analisis Data**

Data hasil pengukuran dimasukkan ke dalam tabel. Untuk memperoleh data yang valid pada setiap langkah pengambilan data, pengujian dilakukan sebanyak empat kali untuk setiap sampel, kemudian dihitung nilai deviasinya.

Penelitian ini menggunakan teknik pengujian langsung, yaitu dengan mengamati dan mencatat hasil eksperimen secara langsung. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam tabel, diolah menjadi grafik, dan dilakukan perhitungan lanjutan sebagaimana dijelaskan pada Bab IV. Dari hasil analisis tersebut ditarik kesimpulan agar dapat diketahui perbedaan respon pengujian pada setiap kondisi pembebanan.

**Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengembangan Teknik Mesin, Universitas Pamulang Witanaharja.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian dan perhitungan keausan atau pembesaran diameter lubang yang ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Hasil Pengujian Dudukan Kerja**

No	Suhu (°C)	Diameter lubang (mm)	Nilai Hasil Pengujian						
			Uji ke 1 (X <sub>1</sub> )	Uji ke 2 (X <sub>2</sub> )	Uji ke 3 (X <sub>3</sub> )	Rata-rata (mm)	Nilai Keausan (mm)	Rata-Rata Keausan (mm)	Nilai Deviasi (%)
1	400°C	27	27.005	27.005	27.003	27.004	0,004	0,014	0,0012
	500°C		27.010	27.010	27.020	27.013	0,013		0,0057
	600°C		27.020	27.030	27.026	27.026	0,026		0,0058
2	400°C	28	28.008	28.006	28.008	28.007	0,007	0,008	0,0012
	500°C		28.006	28.010	28.010	28.008	0,008		0,0024
	600°C		28.010	28.011	28.011	28.010	0,010		0,001
3	400°C	29	29.002	29.001	29.001	29.001	0,001	0,001	0,0007
	500°C		29.001	29.002	29.002	29.001	0,001		0,0007
	600°C		29.001	29.003	29.002	29.002	0,002		0,0007

**Penentuan Usia Pakai**

Perhitungan usia pakai dilakukan menggunakan nilai rata-rata keausan ( $\bar{X}$ ) dari setiap spesimen, yaitu:

1. Diameter 27 mm  

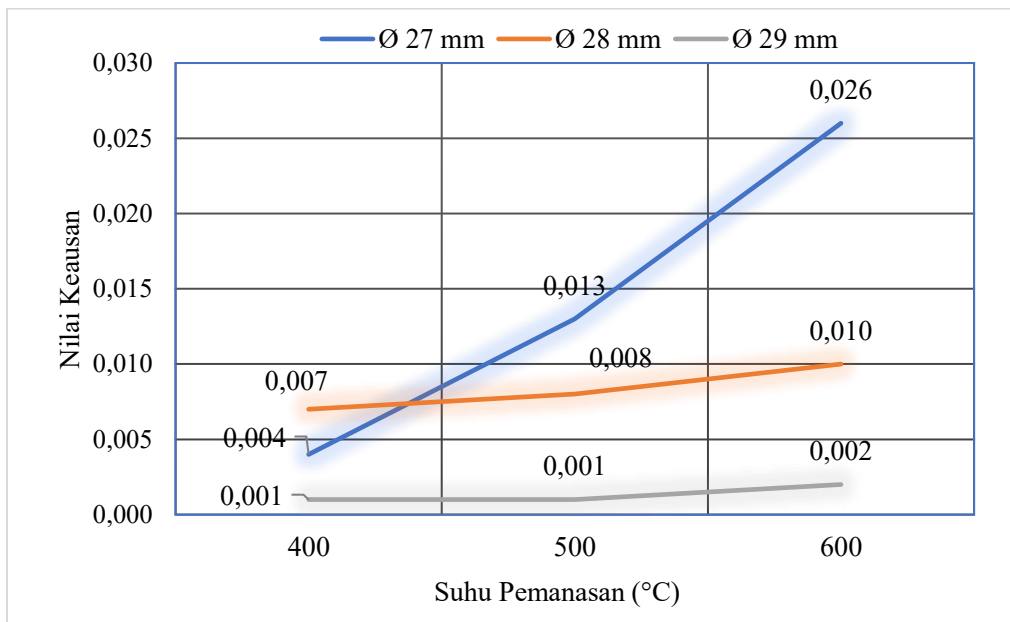
$$\frac{\bar{X}}{\phi} = \frac{32 \text{ mm}}{0,014 \text{ mm}} = \frac{32000 \mu\text{m}}{14 \mu\text{m}} = 2286 \text{ kali pemakaian}$$
2. Diameter 28 mm  

$$\frac{\bar{X}}{\phi} = \frac{32 \text{ mm}}{0,008 \text{ mm}} = \frac{32000 \mu\text{m}}{8 \mu\text{m}} = 4000 \text{ kali pemakaian}$$
3. Diameter 29 mm  

$$\frac{\bar{X}}{\phi} = \frac{32 \text{ mm}}{0,001 \text{ mm}} = \frac{32000 \mu\text{m}}{1 \mu\text{m}} = 32000 \text{ kali pemakaian}$$

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata keausan dudukan benda uji setelah tiga kali pengujian pada temperatur 400°C, 500°C, dan 600°C memiliki perbedaan yang jelas pada setiap variasi suhu dan diameter awal lubang spesimen. Keausan terbesar terjadi pada dudukan dengan diameter 27 mm, yaitu sebesar 0,026 mm. Sebaliknya, keausan terendah ditemukan pada lubang berdiameter 29 mm, yakni sebesar 0,001 mm. Untuk dudukan berdiameter 28 mm, keausan berada pada rentang 0,007 mm hingga 0,010 mm. Berdasarkan hasil tersebut, perhitungan usia pakai dudukan menunjukkan bahwa diameter 27 mm memiliki usia pakai sekitar 2.286 kali pengujian, diameter 28 mm mencapai 4.000 kali pengujian, dan diameter 29 mm dapat digunakan hingga 32.000 kali pengujian.

Nilai deviasi atau simpangan rata-rata juga memperlihatkan variasi diameter lubang dan temperatur pengujian. Pada dudukan berdiameter 27 mm, nilai deviasi masing-masing adalah 0,0012 mm pada 400°C, 0,0057 mm pada 500°C, dan 0,0058 mm pada 600°C. Untuk diameter 28 mm, deviasi yang diperoleh adalah 0,0012 mm pada 400°C, 0,0024 mm pada 500°C, dan 0,001 mm pada 600°C. Sementara itu, dudukan berdiameter 29 mm menunjukkan nilai deviasi yang sama pada ketiga temperatur pengujian, yaitu 0,0007 mm.



**Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Dudukan Kerja**

Gambar 2 menunjukkan perbedaan tingkat keausan yang jelas antara variasi temperatur dan diameter lubang dudukan. Keausan tertinggi kembali teridentifikasi pada diameter 27 mm dengan nilai 0,026 mm, sedangkan keausan paling rendah terdapat pada diameter 29 mm sebesar 0,001 mm. Pada spesimen berdiameter 28 mm, nilai keausan berkisar antara 0,007 mm hingga 0,010 mm. Selain itu, setiap pengujian diberi jeda waktu sekitar 5 menit sebelum pengujian berikutnya dilakukan, untuk memastikan spesimen mencapai suhu ruangan sebelum siklus selanjutnya dimulai.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan mekanis, analisis keausan, dan nilai deviasi pada berbagai variasi diameter dan temperatur, dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter lubang dudukan benda uji, semakin kecil tingkat keausan yang terjadi dan semakin panjang usia pakainya; dimana dudukan berdiameter 27 mm menunjukkan keausan terbesar dan usia pakai terpendek, sedangkan diameter 29 mm memiliki keausan paling rendah, deviasi paling stabil, dan usia pakai paling panjang, sehingga diameter lebih besar terbukti memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap pengaruh pemanasan dan pendinginan berulang pada pengujian *Jominy*.

Disarankan untuk menggunakan dudukan dengan diameter lubang yang lebih besar, seperti 29 mm, karena memiliki ketahanan aus lebih baik dan usia pakai lebih panjang. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan pengujian dengan variasi material dudukan atau kondisi termal berbeda guna memperoleh performa yang lebih optimal.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Zhang, M. Xu, Y. Yang, and Z. Song, "Technological Innovation, Production Efficiency, and Sustainable Development: A Case Study from Shenzhen in China," *Sustainability*, vol. 13, no. 19. p. 10827, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/su131910827>.
- [2] I. Palčič and J. Prester, "Impact of Advanced Manufacturing Technologies on Green Innovation," *Sustainability*, vol. 12, no. 8. p. 3499, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/su12083499>.
- [3] K. Priyanto, M. H. Palmiyanto, B. H. Priyambodo, and E. Cahyono, "Studi Variasi Temperatur Hardening Terhadap Kekerasan Baja AISI 4340 Melalui Jominy Test," *Teknika*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: <https://doi.org/10.52561/teknika.v8i1.205>.
- [4] J.-K. Hwang, "Effects of Water Jet Height and End Dipping on the Cooling Rate and Hardenability in the Jominy End Quench Test," *Processes*, vol. 9, no. 4. p. 607, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/pr9040607>.
- [5] B. Podgornik, M. Sedlaček, B. Žužek, and A. Guštin, "Properties of Tool Steels and Their Importance When Used in a Coated System," *Coatings*, vol. 10, no. 3. p. 265, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings10030265>.
- [6] M. A. Chowdhury *et al.*, "Analysis of thin film electrochemical deposition process diffused by carbon tool steels," *Results Chem.*, vol. 5, p. 100878, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.100878>.
- [7] P. Landgraf, P. Birnbaum, E. Meza-García, T. Grund, V. Kräusel, and T. Lampke, "Jominy End Quench Test of Martensitic Stainless Steel X30Cr13," *Metals*, vol. 11, no. 7. p. 1071, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/met11071071>.
- [8] A. Novendra, Refdinal, and S. K. Le, "Hardness Analysis of Stone Breaker Chisel Made of Medium Carbon Steel as a Result of Hardening Using Water Cooling Media," *Teknomekanik*, vol. 3, no. 1, pp. 22–27, 2020, doi: <https://doi.org/10.24036/tm.v3i1.5172>.
- [9] L. Allen, A. Gill, A. Smith, D. Hill, P. Z. Moghadam, and J. Cordiner, "Development of a machine learning framework to determine optimal alloy composition based on steel hardenability prediction," *Digit. Chem. Eng.*, vol. 9, p. 100118, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.dche.2023.100118>.