

Rancang Bangun Mesin Uji Abrasi Aluminium Dengan Pelumasan Oli

Aditiya Wahyu Eko Saputra^{1*}, Diah Wulandari², Dewi Puspitasari³ Arya Mahendra Sakti⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: aditiya.22047@mhs.unesa.ac.id

Abstrak: Abrasi merupakan mekanisme keausan yang sering terjadi pada komponen mesin akibat kontak gesek berulang. Aluminium banyak digunakan karena sifatnya yang ringan dan tahan korosi, namun tetap rentan mengalami keausan apabila pelumasan tidak bekerja secara optimal. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun mesin uji abrasi skala laboratorium serta menganalisis pengaruh kecepatan putar terhadap keausan aluminium 6061 dengan pelumasan oli. Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan yang meliputi perancangan, pembuatan, perakitan, uji fungsi, dan pengujian abrasi dengan variasi kecepatan 500, 1000, dan 1500 RPM, beban konstan 3 kg, waktu uji 30 menit, serta pelumas oli Shell SAE 10W-30. Data diperoleh dari pengukuran kehilangan massa spesimen sebelum dan sesudah pengujian serta evaluasi performa dan kestabilan mesin. Hasil penelitian menunjukkan mesin uji abrasi mampu beroperasi dengan baik dan dihasilkan data keausan yang konsisten, di mana kehilangan massa aluminium meningkat seiring bertambahnya kecepatan putar dan nilai keausan tertinggi terjadi pada 1500 RPM.

Kata kunci: abrasi, aluminium 6061, pelumasan oli, keausan, kecepatan putar.

Abstract: Abrasion is a wear mechanism that commonly occurs in machine components as a result of repeated frictional contact. Aluminum is widely used due to its light weight and corrosion resistance; however, it remains susceptible to wear when lubrication does not function optimally. This study aims to design and develop a laboratory-scale abrasion testing machine and to analyze the effect of rotational speed on the wear behavior of aluminum 6061 under oil lubrication. The research employed a research and development approach that included design, fabrication, assembly, functional testing, and abrasion testing at rotational speeds of 500, 1000, and 1500 RPM, using a constant load of 3 kg, a test duration of 30 minutes, and Shell SAE 10W-30 oil as the lubricant. Data were obtained from measurements of specimen mass loss before and after testing, as well as from evaluations of machine performance and operational stability. The results indicate that the abrasion testing machine operated reliably and produced consistent wear data, with aluminum mass loss increasing as rotational speed increased and the highest wear occurring at 1500 RPM.

Keywords: abrasion, aluminum 6061, oil lubrication, wear, rotational speed.

© 2026, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN

Kendaraan dengan berbagai merek sering dikendarai oleh masyarakat agar awet dan tahan lama membutuhkan pelumas sesuai standar pabrik, dalam industri sistem pelumas, sifat terpenting dari pelumas diantaranya adalah viskositas. Viskositas dapat dinyatakan sebagai suatu tahanan aliran suatu fluida yang merupakan gesekan antara molekul cairan satu dengan lainnya. Untuk mengetahui oli dalam meredam gesekan digunakan suatu alat yang disebut alat uji ketangguhan oli. Tujuan pengujian ketangguhan oli dalam meredam gesekan dalam oli dengan alat uji gesekan oli dapat mengetahui kualitas yang bisa dilihat dari metal atau media uji dengan melihat keausanya [1].

Saat ini telah ada standar internasional yang mengatur tentang standar dari oli yakni API dan SAE. Untuk nilai dari koefisien gesek oli tersebut tidak dicantumkan pada produk. Di Indonesia sendiri

terdapat berbagai macam jenis oli. Semua produk oli memiliki spesifikasi yang berbeda dan diperuntukkan untuk jenis kendaraan yang berbeda juga contohnya antara mobil diesel dan mobil bensin memiliki standar yang berbeda dalam pemilihan oli mesin. Pelumas sendiri dikategorikan baik salah satunya dengan melihat nilai koefisien geseknya [2].

Sebagian besar penelitian terkait keausan dan pelumasan masih menggunakan alat uji standar industri seperti tribometer yang relatif mahal dan kurang fleksibel untuk kebutuhan laboratorium pendidikan. Beberapa studi menunjukkan bahwa variasi kecepatan putar, beban, dan jenis pelumas berpengaruh signifikan terhadap koefisien gesek dan laju keausan material, tetapi belum banyak penelitian yang mengkaji pengaruh kecepatan putar terhadap abrasi aluminium menggunakan mesin uji sederhana berskala laboratorium [3]. Oleh karena itu, diperlukan rancang bangun mesin uji abrasi yang mampu mengontrol parameter utama pengujian dan dihasilkan

data kuantitatif yang representatif, khususnya untuk material aluminium yang banyak digunakan pada komponen mesin kendaraan [4].

Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan alat uji skala laboratorium yang mampu mensimulasikan kondisi gesekan dan pelumasan secara terkontrol. Dalam penelitian ini, beberapa batasan telah ditetapkan untuk memfokuskan dan membatasi cakupan penelitian: (1) Spesimen yang diuji menggunakan material aluminium 6061; (2) Lawan uji menggunakan material Baja Karbon S45C; (3) Proses pengujian menggunakan satu jenis oli dengan Merk Shell SAE 10W-30; (4) Mesin di buat untuk skala laboratorium atau prototipe.

DASAR TEORI

UJI ABRASI MATERIAL

Definisi uji abrasi material adalah pengujian laboratorium yang digunakan untuk menilai ketahanan suatu material terhadap keausan atau pengikisan akibat gesekan mekanis, penggilingan, atau penggosokan antara permukaan material dengan benda lain. Uji ini biasanya dinyatakan sebagai persentase perubahan berat atau volume material sebelum dan sesudah pengujian untuk menunjukkan tingkat keausan yang dialami [5].

Tribologi merupakan ilmu yang mempelajari gesekan, keausan, dan pelumasan pada dua permukaan yang saling berkontak dan bergerak relative [6]. Keausan abrasif adalah mekanisme keausan akibat gesekan yang menyebabkan hilangnya material pada permukaan kontak.

Mesin uji abrasi dirancang untuk mengontrol parameter beban, kecepatan putar, dan pelumasan guna dihasilkan data keausan yang representatif. Motor listrik dan sistem transmisi *pulley* V-belt digunakan untuk dihasilkan putaran poros yang stabil dan mudah diatur [7].

Aluminium 6061 digunakan sebagai spesimen uji karena banyak diaplikasikan pada industri; tetapi memiliki ketahanan abrasi yang relatif rendah. Baja karbon S45C digunakan sebagai lawan gesek karena memiliki kekerasan lebih tinggi [8].

Beban dan kecepatan putar berpengaruh langsung terhadap laju abrasi karena peningkatan kedua parameter tersebut memperbesar gaya dan energi gesek. Oli pelumas berperan mengurangi kontak langsung antar permukaan sehingga dapat menurunkan gaya gesek dan laju keausan material [9].

Mesin Uji Abrasi

Mesin uji abrasi oli adalah alat yang dirancang untuk mensimulasikan kondisi gesekan dan keausan (abrasi) antara dua permukaan logam dalam kehadiran pelumas (oli). Mesin ini digunakan untuk menilai efektivitas pelumasan, laju keausan, serta kualitas pelumas dalam melindungi material terhadap kerusakan akibat gesekan.



Gambar 1. Mesin Uji Abrasi

METODE

Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk menganalisis karakteristik keausan abrasif material aluminium melalui pengujian laboratorium dengan parameter terkontrol. Pendekatan eksperimen dipilih karena mampu memberikan data

kuantitatif yang menggambarkan pengaruh kondisi operasi terhadap laju keausan material secara langsung [10].

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian diawali dengan perancangan dan perakitan mesin uji abrasi, kemudian dilanjutkan dengan uji fungsi untuk memastikan kestabilan sistem penggerak dan kesesuaian parameter pengujian. Spesimen aluminium 6061 dibersihkan dan ditimbang untuk memperoleh massa awal, kemudian dipasang pada dudukan uji dengan baja karbon S45C sebagai lawan gesek. Pengujian dilakukan sesuai variasi kecepatan putar yang telah ditetapkan, setelah itu spesimen dibersihkan dan ditimbang kembali untuk memperoleh massa akhir sebagai dasar perhitungan keausan [11].

Parameter Pengujian

Parameter pengujian ditetapkan secara konstan dan terkontrol untuk memperoleh hasil yang representatif. Beban pengujian ditetapkan sebesar 3 kg dan waktu pengujian selama 30 menit dengan pelumasan oli Shell SAE 10W-30 untuk menyimulasikan kondisi kerja aktual komponen mesin. Variasi kecepatan putar ditetapkan sebesar 500, 1000, dan 1500 RPM karena kecepatan putar merupakan parameter dominan yang memengaruhi laju abrasi material [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan menyajikan hasil dari penelitian ini mulai dari perhitungan komponen, proses perakitan alat, prosedur pengujian dan hasil uji fungsi dari mesin uji abrasi.

Perhitungan Komponen Pembebanan

Menentukan besar gaya yang benar-benar bekerja pada spesimen. Karena sistem menggunakan dua lengan (dua pivot), maka gaya harus dihitung dengan kesetimbangan momen.

Data pembebanan Pertama menghitung massa pembebanan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F_b &= m \cdot g \\ &= 3 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ F_b &= 29,43 \text{ N} \end{aligned}$$

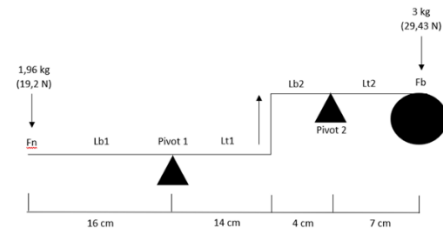
Keterangan:

F_b = Gaya berat (Newton)

m = massa pembebanan (Kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Sistem Pembebanan 2 pivot



Gambar 3. Diagram kesetimbangan tuas pembebanan

Untuk mencari gaya yang diteruskan ke lengan 2 dilakukan perhitungan pada lengan 1.

$$\begin{aligned} F_b \cdot L_{b1} &= F_{t1} \cdot L_{t1} \\ F_{t1} &= \frac{F_b \cdot L_{b1}}{L_{t1}} \\ &= \frac{29,43 \text{ N} \cdot 0,16 \text{ m}}{0,14 \text{ m}} \\ F_{t1} &= 33,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Keterangan:

L_{b1} = Jarak beban ke pivot 1

L_{t1} = Jarak pivot 1 ke sambungan lengan 2

F_{t1} = Keseimbangan momen pivot 1

F_b = Gaya beban

Selanjutnya menentukan gaya tekan nyata ke rotor dengan menghitung Lengan 2

$$\begin{aligned} F_{t1} \cdot L_{b2} &= F_n \cdot L_{t2} \\ F_n &= \frac{F_{t1} \cdot L_{b2}}{L_{t2}} \\ &= \frac{33,6 \text{ N} \cdot 0,04 \text{ m}}{0,07 \text{ m}} \\ F_n &= 19,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Keterangan:

L_{b2} = Jarak gaya dari lengan 1 ke pivot 2

L_{t2} = Jarak pivot 2 ke titik tekan rotor

F_{t1} = Keseimbangan momen pivot 1

F_n = Gaya normal rotor

Torsi Rotor Friksi

Menghitung torsi untuk mengetahui besarnya momen puntir akibat gaya tekan yaitu seperti berikut :

$$\begin{aligned} T &= F_n \cdot r \\ &= 19,2 \text{ N} \cdot 0,035 \text{ m} \\ T &= 0,672 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Keterangan :

T = Torsi (N.m)

F_n = Massa ekuivalen (Newton)

r = Jari jari rotor friksi (m)

Menghitung Daya Yang Dibutuhkan

Perhitungan untuk mencari daya yang dibutuhkan ditunjukkan pada persamaan di bawah

$$P = T \cdot \omega$$

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi n}{60} \\ &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2800 \text{ RPM}}{60}\end{aligned}$$

$$\omega = 293,06 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,672 \text{ Nm} \cdot 293,06 \text{ rad/s}$$

$$P = 196,93 \text{ watt}$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

T = Torsi rotor friksi (N.m)

ω = Kecepatan sudut

n = Putaran poros (RPM)

Menghitung Sistem Transmisi

Menghitung sistem transmisi pada *pulley* bisa dilihat pada persamaan dibawah:

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{D_1}{D_2}$$

$$\begin{aligned}N_2 &= 2800 \text{ RPM} \cdot \frac{31 \text{ mm}}{81 \text{ mm}} \\ &= 2800 \text{ RPM} \cdot 0,381\end{aligned}$$

$$N_2 = 1067 \text{ RPM}$$

Keterangan:

N_2 = Rasio *pulley*

N_1 = Putaran motor

D_1 = *Pulley* motor

D_2 = *Pulley* rotor friksi

Menghitung Panjang V-belt

Menentukan panjang V-belt dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut:

$$C = 400 \text{ mm}$$

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$= \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2)$$

$$= \frac{\pi}{2}(31 + 81)$$

$$= 1,5708 \times 11$$

$$L = 175,93 \text{ mm}$$

Koreksi perbedaan diameter *pulley*

$$= \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$= \frac{(81 - 31)^2}{4.400}$$

$$= \frac{50^2}{1600}$$

$$= 1,56 \text{ mm}$$

Lalu jumlah panjang total V-belt

$$L = 800 + 175,93 + 1,56$$

$$L = 977,5 \text{ mm}$$

$$= 980 \text{ mm}$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

T = Torsi rotor friksi (N.m)

ω = Kecepatan sudut

n = Putaran poros (RPM)

Proses Perakitan Mesin

Persiapan alat dan bahan yang diperlukan dalam pengerjaan mesin uji abrasi adalah (1) Besi *hollow* (2) Plat besi (3) Peralatan pengukuran (4) Gerinda (5) Mesin LAS SMAW.

Sesudah alat dan bahan terkumpul selanjutnya dilakukan proses pengukuran dan pemotongan sesuai dengan desain yang sudah dibuat. Selanjutnya dilakukan pengelasan menggunakan las SMAW. Lalu terakhir perakitan komponen.

Prosedur Pengujian Mesin

Pengujian abrasi dilakukan menggunakan mesin uji yang telah dirakit dan diuji fungsinya. Spesimen aluminium 6061 terlebih dahulu dibersihkan dan ditimbang untuk memperoleh massa awal, kemudian dipasang padaudukan uji dengan lawan gesek baja karbon S45C. Pengujian dilakukan dengan beban konstan 3 kg dan waktu pengujian 30 menit, menggunakan pelumasan oli Shell SAE 10W-30.

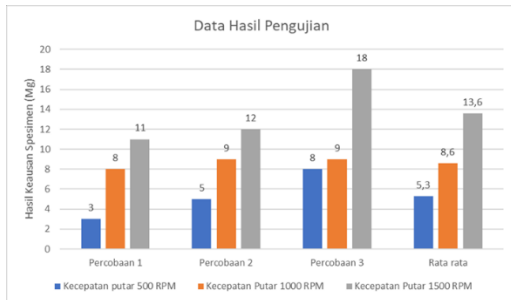
Variasi kecepatan putar ditetapkan sebesar 500, 1000, dan 1500 RPM yang dikontrol menggunakan dimmer dan diverifikasi dengan tachometer. Setelah pengujian selesai, spesimen dibersihkan dan ditimbang kembali untuk memperoleh massa akhir, kemudian kehilangan massa dihitung sebagai indikator laju abrasi.

Hasil Pengujian Mesin

Hasil pengujian abrasi aluminium 6061 menunjukkan adanya peningkatan kehilangan massa seiring dengan bertambahnya kecepatan putar. Pada pengujian dengan beban konstan 3 kg, waktu pengujian 30 menit, dan pelumasan oli Shell SAE 10W-30, nilai kehilangan massa yang diperoleh masing-masing sebesar 5,3 mg pada kecepatan 500 RPM, 8,6 mg pada 1000 RPM, dan 13,6 mg pada 1500 RPM. Hasil ini mengindikasikan bahwa kecepatan putar memiliki pengaruh signifikan terhadap laju abrasi aluminium 6061.

Grafik hubungan antara kecepatan putar dan kehilangan massa menunjukkan tren meningkat secara hampir linier, di mana kenaikan kecepatan putar

diikuti oleh peningkatan laju keausan. Peningkatan kecepatan menyebabkan frekuensi dan energi gesek antar permukaan kontak semakin besar, sehingga mempercepat mekanisme keausan abrasif pada permukaan aluminium. Meskipun penggunaan pelumas mampu menurunkan kontak langsung antar permukaan, pada kecepatan tinggi efektivitas film pelumas cenderung menurun akibat peningkatan gaya geser.



Gambar 4. Grafik hasil keausan spesimen aluminium 6061 pada variasi kecepatan putar 500, 1000, dan 1500 RPM

Berdasarkan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi dengan kecepatan putar rendah dihasilkan tingkat keausan yang lebih kecil dan lebih stabil. Dengan demikian, grafik hasil pengujian mempertegas bahwa kecepatan putar merupakan parameter dominan dalam menentukan laju keausan aluminium 6061 pada kondisi pelumasan oli.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan uji fungsi yang telah dilakukan oleh peneliti maka dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Mesin uji abrasi aluminium berhasil dirancang dan berfungsi baik pada pengujian skala laboratorium.
2. Peningkatan kecepatan putar menyebabkan peningkatan laju keausan aluminium 6061.
3. Mesin uji abrasi layak digunakan untuk evaluasi keausan material dengan pelumasan oli.

REFERENSI

- [1] T. S. Zenal Abidin. (2022). "Pengujian Oli Terhadap Gesekan Dengan Alat Uji Kualitas Oli," *MESTRO J. Ilm.*, vol. 4, no. 01, pp. 7–13.
- [2] M. Ginting, Sailon, M. Yusuf, and R. A. Prasetyo, (2018) "Analisa koefisien gesek pelumas mesin multi grade," *J. Austenit*, vol. 10, no. 2, pp. 61–66.
- [3] Rahayu Deny Danar dan Alvi Furwanti Alwie, A. B. Prasetyo, R. Andespa, P. N. Lhokseumawe, and K. Pengantar, (2020) "Rancang Bangun Oil Friction Tester Kapasitas Pembebanan 10 Kgf," *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret 201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49.

- [4] Y. B. Prasetya, (2022) "Optimasi Parameter Keausan Paduan Aluminium 2024 pada Perlakuan Panas Natural Aging," *Transmisi*, vol. 18, no. 1, pp. 1–4, doi: 10.26905/jtmt.v18i1.7552.
- [5] Randhawa Bobby, (2024) "Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan," *Anal. Kerusakan Gearbox pada Mesin Rotary Dry. di PT. Perkeb. Nusantara IV Kebun Pabatu*, 2023.
- [6] M. G. G. and S. Owen-Jones, (1997) "Wear Testing Methods and Their Relevance To," vol., no. June, 2017.
- [7] L. D. Mahendra, (2021) "Analisis Kebutuhan Motor Listrik Pada Mesin Pengering Biji-Bijian Type Rotary Dryer,".
- [8] F. MS, D. Bayin, Y. Yuliani, E. Saud, S. Prasetyo, and M. F. I. Mukamal, (2024) "Uji Kekerasan Terhadap Aluminium dan Baja Karbon Rendah Hasil Rendaman Media Konsentrasi Asam Klorida 3%," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 130–133, doi: 10.24127/trb.v13i1.3285.
- [9] M. R. Kusnadi, I. N. Gusniar, and Kardiman, (2021) "Rancang Bangun Alat Filterasi Limbah Minyak Pelumas (Oli Bekas) Menggunakan Pasir Zeolit, Karbon Aktif Dan Membran Keramik," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 99–107, doi: https://doi.org/10.30596/rmme.v4i2.8070.
- [10] A. Rachman, E. Yochanan, A. I. Samanlangi, and H. Purnomo, (2024) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Cetakan Pe. Karawang: CV Saba Jaya Publisher.
- [11] H. R. A. A.-D. Riyadh, (2012) "Effect of Load and Sliding Speed on Wear and Friction of," vol. 2, no. 3, pp. 3–6.
- [12] A. Suprayitno, T. U. Adi Subekhi, Y. Heryadi, C. Anwar, and S. Herdiana, (2023) "Analisis Pengaruh Beban Dan Kecepatan Terhadap Penampang Gesekan Ban Pada Lintasan Beton," *J. Appl. Mech. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 12–19, doi: 10.31884/jamet.v2i2.36.