Journal Dynamic sainT
Vol. 11 No. 2, Oktober 2026
E-ISSN : 2722-5364

Analisa Kolerasi Ukuran Butir pada Proses Pack Carburizing Arang Cemara terhadap Keausan Baja ST 37

Nitha[1,*], Reliks[2], Fikran[3], Nofrianto Pasae[4], Isak Pasulu[5], Elisabet Pali[6]

[1,2,3,4]*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Toraja*
[5,6]*Program Studi Manajemen, Universitas Kristen Indonesia Toraja*
[*]*corresponding author : nithan039@gmail.com*

Kata Kunci:
Analisa kolerasi
Arang Cemara
Baja ST 37
Keausan
Ukuran Butir

ABSTRAK

Baja merupakan material penting dalam industri karna sifatnya yang kuat dan mudah dibentuk. Untuk meningkatkan kekerasan pasda permukaan baja, diperlukan proses perlakuan panas seperti *pack carburizing*. Proses ini menambahkan kaarbon kedalam permukaan baja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran butir arang cemara dalam proses *pack carburizing* terhadap laju keausan baja karbon rendah ST 37. Perlakuan dilakukan dengan metode *pack carburizing* menggunakan arang cemara dengan variasi ukuran butir (mesh 30, 40, 50, dan 60) yang dicampur dengan 10% $NaCO_3$ sebagai *energizer*. Proses dilakukan pada temperatur 800°C selama 1 jam, kemudian didinginkan menggunakan media air. Pengujian keausan dilakukan menggunakan mesin uji keausan tipe abrasif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin halus ukuran butir arang cemara (semakin tinggi mesh), maka laju keausan material semakin menurun. Laju keausan terendah yaitu pada mesh 30 sebesar 0,0057 gram/s, sedangkan keausan tertinggi pada mesh 60 sebesar 0,0037 gram/s. Hasil analisis korelasi menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar -0,999, yang menunjukkan hubungan negatif sangat kuat antara ukuran butir arang dan keausan. Nilai koefisien determinasi (r^2) sebesar 99,8% menunjukkan bahwa variasi ukuran butir menjelaskan hampir seluruh perubahan terhadap laju keausan. Dengan melihat hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan penggunaan arang cemara dengan ukuran butir lebih halus dalam proses *pack carburizing* terbukti efektif dalam meningkatkan ketahanan aus permukaan baja ST 37.

Keywords:
Correlation Analysis
Pinewood Charcoal
ST 37 Steel
Wear
Grain Size

ABSTRACT

Steel is an important material in the industry due to its good mechanical properties, strength, and ease of fabrication. To enhance the surface hardness of steel, heat treatment processes such as pack carburizing are required. Pack carburizing is a process that introduces additional carbon into the surface of steel. This study aims to investigate the effect of pinewood charcoal grain size variations in the pack carburizing process on the wear rate of low-carbon ST 37 steel. The pack carburizing process was carried out using pinewood charcoal with different grain sizes (mesh 30, 40, 50, and 60), mixed with 10% $NaCO_3$ as an energizer. The process was conducted at a temperature of 800°C for 1 hour, followed by rapid cooling in water. Wear testing was performed using an abrasive wear testing machine. The results showed that the finer the grain size of the pinewood charcoal (higher mesh), the lower the wear rate of the steel. The highest wear rate was recorded at mesh 30 with a value of 0.0057 g/s, while the lowest wear rate was obtained at mesh 60 with a value of 0.0037 g/s. Correlation analysis indicated a correlation coefficient (r) of -0.999, signifying a very strong negative relationship between charcoal grain size and wear rate. The coefficient of determination (r^2) of 99.8% confirmed that variations in grain size explained almost all changes in wear rate. Thus, the use of finer pinewood charcoal grain size in the pack carburizing process proved effective in improving the wear resistance of ST 37 steel surfaces.

This is an open access article under the CC–BY-SA license.

https://doi.org/10.47178/hr0tw046

I. Pendahuluan

Baja merupakan material yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Baja merupakan jenis logam yang paling banyak digunakan sebagai bahan teknik dan manufactur. Bahan tersebut mempunyai beberapa jenis salah satunya adalah baja karbon rendah. Karena hampir semua alat yang digunakan pada saat ini terbuat dari unsur logam. Sehingga logam memiliki peranan aktif dalam kehidupan sehari-hari dan menunjang teknologi di zaman sekarang. Oleh karena itu timbul usaha – usaha manusia untuk memperbaiki sifat – sifat dari logam tersebut (Pangestu, 2016)

Keausan merupakan faktor penting dalam mengurangi fungsi permesinan termasuk membatasi usia pakai dan performan berbagai komponen mesin, hal ini mengakibatkan peningkatan biaya *maintenance*. "Pengurangan fungsi suatu komponen mesin 70% disebabkan oleh kerusakan pada permukaan logam yang meliputi keausan (55%), korosi (15%). Mekanisme keausan yang dominan adalah keausan adhesif (25%) dan abrasif (20%), sedangkan sisanya disebabkan oleh mekanisme keausan yang lain". Mengingat bahwa keausan merupakan penyebab utama kehilangan fungsi mesin maka perlu usaha untuk meningkatkan sifat mekanis logam terutama ketahanan terhadap keausan, diantaranya melalui pengerasan permukaan (Hamzah, 2008)

Carburizing dapat meningkatkan kekerasan permukaan sehingga lebih tahan aus yang diikuti dengan peningkatan umur komponen. *Carburizing* adalah proses penambahan atau pemberian kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan, sehingga kekerasan permukaannya lebih meningkat. Sedangkan pada bagian dalamnya diharapkan masih memiliki keuletan (Gunawan, 2015 : 2)

II. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan pengujian keausan pada baja karbon rendah ST 37. Proses perlakuan panas dilakukan melalui metode *pack carburizing* menggunakan media arang cemara yang telah diayak dengan variasi ukuran butir mesh 30, 40, 50, dan 60. Komposisi media karburasi yang digunakan yaitu 90% arang cemara ditambah 10% $NaCO_3$ sebagai energizer. Proses karburisasi dilakukan pada temperatur 800°C dengan waktu tahan selama 1 jam, kemudian spesimen didinginkan menggunakan media air. Selanjutnya, pengujian keausan dilakukan dengan metode abrasif pada beban 1 kg, putaran 190 rpm, dan waktu 60 detik untuk memperoleh data laju keausan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara ukuran butir arang cemara dengan laju keausan baja ST 37.

Berikut Perhitungan laju keausan dapat dihitung dengan rumus

$$w = \frac{\Delta W}{t} \left(\frac{\text{gram}}{\text{second}} \right)$$

Dimana: ΔW = Hasil selisi berat (gram)

t = Waktu lama pengujian (second)

$$\text{Sp1 (laju keausan)} = \frac{0{,}348 \text{ gram}}{60 \text{ second}} = 0{,}0058 \text{ gr/s}$$

$$\text{Sp2 (laju keausan)} = \frac{0{,}375 \text{ gram}}{60 \text{ second}} = 0{,}0063 \text{ gr/s}$$

$$\text{Sp3 (laju keausan)} = \frac{0{,}036 \text{ gram}}{60 \text{ second}} = 0{,}006 \text{ gr/s}$$

Perhitungan laju rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Laju rata-rata} = \frac{\text{Sp1} + \text{Sp2} + \text{Sp3}}{3} \text{ gr/s}$$

$$\text{Laju rata-rata} = \frac{0{,}0058 + 0{,}0063 + 0{,}006}{3} = 0{,}0057 \text{ gr/s}$$

Analisa korelasi ukuran butir arang cemara terhadap laju keausan

$$r = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$

Dimana N = 5; X = 180; Y = 0,0264; x^2 = 8.600; y^2 = 0,0001484; xy = 0,182

$$r = \frac{5 \times 0{,}182 - 180 \times 0{,}0264}{\sqrt{[5(8.600) - (180)^2][5(0{,}0001484) - (0{,}0264)^2]}} = \frac{4{,}06 - 4{,}752}{\sqrt{(43.000 - 32.400)(0{,}000742 - 0{,}0006967)}}$$

$$r = \frac{-0{,}692}{\sqrt{10.600 \times 0{,}0000453}} = \frac{-0{,}692}{\sqrt{0{,}48018}} = \frac{-0{,}692}{0{,}6923} = -0{,}999$$

Jadi koefisien (r) = -0,999

Dari nilai koefisien yang diperoleh yakni -0.999

Dapat ditentukan koefisien determinasi atau koefisien penentunya yaitu:

$$R = r^2 \times 100\% = (-0{,}999)^2 \times 100\% = 0{,}998 \times 100\% = 99{,}8\%$$

Berdasarkan nilai koefisien yang diperoleh yakni -0.999 Dimana pengaruh yang terjadi sebesar 99,8%

A. Alat uji keausan



Gambar 1. Alat uji keausan

B. Dapur pemanas (furnance)



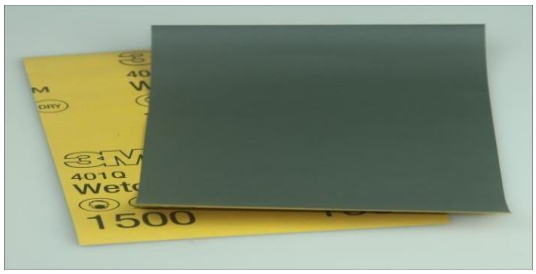
Gambar 2. Dapur pemanas (*furnance*)

C. Timbangan digital



Gambar 3. Timbangan digital

D. Kertas Amplas



Gambar 4. Kertas Amplas

E. Gerinda tangan



Gambar 5. Gerinda tangan

F. Sumpit tang besi



Gambar 6. Sumpit tang besi

G. Jangka sorong



Gambar 7. Jangka sorong

H. Baja karbon rendah



Gambar 8. Baja karbon rendah

I. Butir arang cemara



Gambar 9. Butir arang cemara

J. Natrium karbonat ($NaCO_3$)



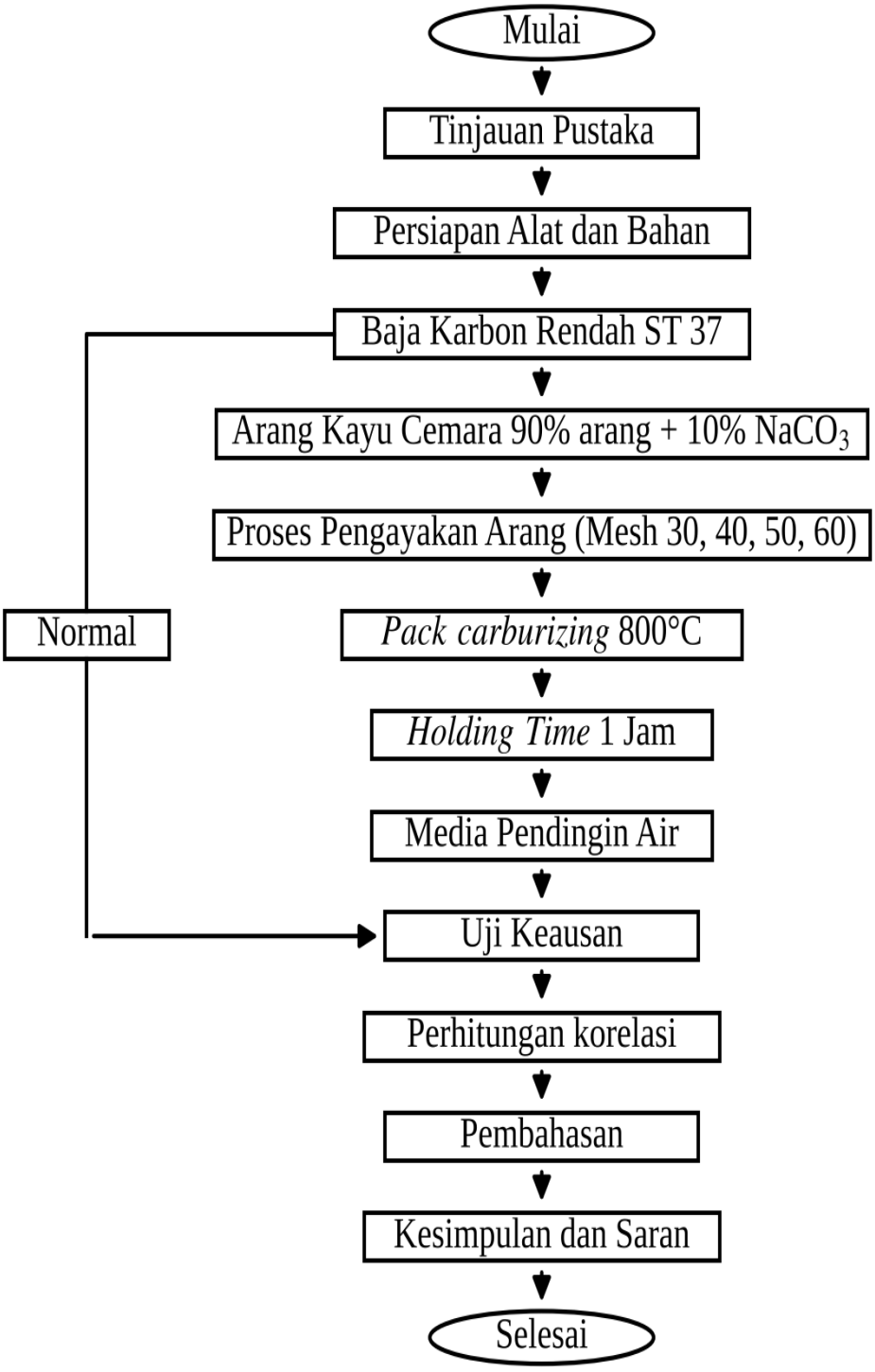
Gambar 10. Natrium karbonat ($NaCO_3$)

K. Air



Gambar 11. Air

L. Diagram alir



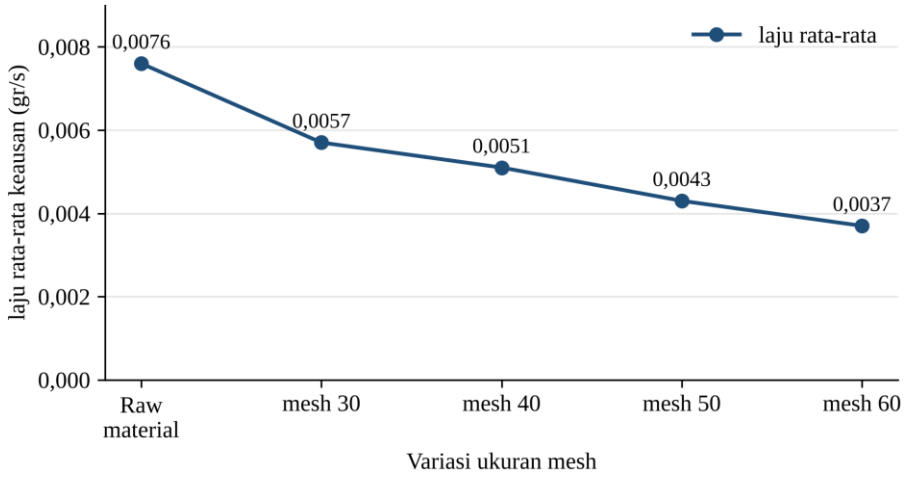
Gambar 12. Diagram alir penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Data hasil penelitian pengujian keausan

No	Ukuran Mesh	S	W_o	W_1	ΔW	Laju Keausan (gr/s)	Laju Rata-Rata (gr/s)
1	Raw Material	1	45,220	44,730	0,49	0,0082	0,0076
		2	45,220	44,780	0,44	0,0073	
		3	45,220	44,760	0,46	0,0072	
2	Mesh 30	1	45,220	44,872	0,348	0,0058	0,0057
		2	45,220	44,845	0,375	0,0063	
		3	45,220	44,860	0,36	0,006	
3	Mesh 40	1	45,220	44,900	0,32	0,0058	0,0051
		2	45,220	44,920	0,3	0,0063	
		3	45,220	44,922	0,298	0,006	
4	Mesh 50	1	45,220	44,980	0,24	0,004	0,0043
		2	45,220	44,970	0,25	0,0042	
		3	45,220	44,930	0,29	0,0048	
5	Mesh 60	1	45,220	45,020	0,2	0,0033	0,0037
		2	45,220	44,983	0,237	0,0039	
		3	45,220	44,990	0,23	0,0038	

Dari data hasil pengujian keausan pada Tabel 1 maka didapatkan grafik perbandingan sebagai berikut



Gambar 13. Grafik pengaruh variasi ukuran butir (mesh) terhadap laju rata-rata keausan

Pada Gambar 13 dapat di simpulkan bahwa pada Raw material menghasilkan laju keausan 0,0076 gr/s, mesh 30 menghasilkan laju keausan 0,0057 gr/s, mesh 40 menghasilkan laju keausan 0,0051 gr/s, mesh 50 menghasilkan laju keausan 0,0043 gr/s, mesh 60 menghasilkan laju keausan 0,0037 gr/s.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi ukuran butir arang cemara pada proses *pack carburizing* terhadap keausan baja ST 37, maka di peroleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Ukuran butir arang cemara berpengaruh terhadap laju keausan Baja ST 37 pada proses *pack carburizing* dengan laju keausan tertinggi sebesar 0,0057gr/s pada mesh 30, dan yang terendah sebesar 0,0037gr/s pada mesh 60.

2. Kolerasi antara ukuran butir arang cemara terhadap laju keausan Baja ST 37 merupakan kolerasi nengatif sangat kuat yakni 99,8%.

Daftar Pustaka

[1] Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Hakim, J. A. R. (2015). *analisa laju korosi pada pelat baja karbon dengan variasi ketebalan coating.*

[2] Ardiantoni, A., Syahputra, D., & Santosa, W. (2023). *Pengaruh variasi ukuran mesh dan komposisi media pack carburizing terhadap kekerasan baja ST 37 menggunakan katalis kerang kepah*. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, 15(2), 101–108.

[3] Dera, N. (2019). *Studi sifat fisis dan mekanis carburizing padat dengan arang tempurung kelapa berukuran mesh 200 dan hasil shaker mill* (doctoral dissertation, universitas muhammadiyah surakarta).

[4] Gunawan, S. (2015). Analisis pengaruh media pack carburizing terhadap keausan dan kekerasan sproket sepeda motor. 15(2).

[5] Hamzah, M. S. (2008). *Peningkatan ketahanan aus baja karbon rendah dengan metode carburizing*. *6*(3).

[6] Hidayat, W. (2019). *klasifikasi dan sifat material teknik serta pengujian material*. ina-rxiv. https://doi.org/10.31227/osf.io/6bmfu

[7] Karo, A. K. (2007). *aplikasi resin epoksi sebagai matriks pada pembuatan komposit magnetostriktif terfenol-d*.

[8] Kartini, R., Darmasetiawan, H., & Karo, A. K. (2002). *pembuatan dan karakterisasi komposit polimer berpenguat serat alam*. *3*(3).

[9] Kuswanto, B. (2010a). perlakuan pack carburizing pada baja karbon rendah sebagai material altrenatif untuk pisau potong pada penerapan teknologi tepat guna.

[10] Kuswanto, B. (2010). *Pengaruh Perbedaan Ukuran Butir Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Material Baja ST 37 Dengan Proses Pack Carburizing* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).

[11] Muhammad Iqbal. (2008). *pengaruh temperatur terhadap sifat mekanis pada proses pengkarbonan padat baja karbon rendah*. *6*(2).

[12] Nitha, N. (2019). pengaruh pack carburizing arang tulang kerbau mesh 30 dan temperatur 9500c terhadap keausan baja karbon sedang. mechanical engineering science (mes), 1(1), 14–17.

[13] Nitha, et. all. (2025). The Influence of Cooling Techniques on the Performance of Pack Carburized Low Carbon Steel Using Cypress Charcoal. Aceh International Journal of Science & Technology, 14(1), 84.

[14] Pangestu, I., Suprapto, A., & Widyastuti, I. (2016). *analisis nilai kekerasan pada baja st37 pasca proses pack carburizing sebagai material dasar sprocket*.

[15] Permana, B. A. (2016). *studi eksperimen dan analisa laju keausan material alternatif bearing pada poros propeller kapal*.

[16] Samlawi, A. K., & Siswanto, R. (2016). *program studi teknik mesin fakultas teknik* universitas lambung mangkurat 2016.

[17] Sardjono, H. K., & Diniardi, E. (2009). *Studi sifat mekanis dan struktur mikro pada baja din 1.7223 41crmo4 dengan pengaruh perlakuan panas*.

[18] Seng, A. (2021). *analisis sifat mekanis baja karbon akibat pembebanan dinamis*.

[19] Suarsana, K. G. S. (2009). *m3-019 pengaruh variasi sumber karbon pada proses pack carburizing terhadap distribusi nilai kekerasan baja krupp 1191*.

[20] Sulandari, L. (2018). *Studi pengaruh suhu, waktu pemanasan, dan ukuran butir karbon berbahan dasar arang tempurung kelapa terhadap struktur mikro dan kekerasan baja tahan karat aisi 316l hasil proses carburizing* (doctoral dissertation, universitas brawijaya).

[21] Tribakti, M. F. (2020). *studi eksperimental pengaruh variasi model piringan cakram terhadap laju keausan kampas rem dan efek pengereman*.

[22] Trihutomo, P. (2014). *pengaruh proses annealing pada hasil pengelasan terhadap sifat mekanik baja karbon rendah*.

[23] Wahid, A. (2014). *Bab 02b Logam, Non-logam dan Metaloid*. Unpublished. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2569.1923

[24] Nitha, Arma, L. H., Sutresman, O. S., & Aminy, A. Y. (2023). Identifying of chemical composition changes during the carburizing process of carbon steel under tension. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(12 (124), 26–36. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286199