

PENGARUH RASIO CAMPURAN ARANG MEDIA CARBURIZING SERTA PENGGUNAAN KATALISATOR ALAMI TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN BAJA SCM445

Yoga Pangestu Lila Maulana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: yoga.18053@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Kearifan pada komponen roda gigi transmisi, khususnya pada sepeda motor bebek klasik produksi tahun 1990-an, menjadi permasalahan yang signifikan dalam mempertahankan performa kendaraan. Mengingat keterbatasan komponen OEM serta tingginya biaya pengganti, diperlukan upaya rekondisi melalui peningkatan sifat mekanik permukaan, salah satunya dengan metode pack carburizing. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi rasio campuran media arang batok kelapa dan bambu serta jenis katalisator kalsium karbonat terhadap nilai kekerasan permukaan roda gigi bekas. Metode yang digunakan berupa rancangan faktorial 3×2 dengan variasi rasio media 50:50, 60:40, dan 70:30, serta katalisator CaCO_3 alami (cangkang telur) dan komersil (merk dagang Merck). Proses carburizing dilakukan pada suhu 900°C selama 60 menit, dilanjutkan dengan pendinginan cepat menggunakan akuades. Uji kekerasan permukaan dilakukan menggunakan metode Rockwell skala C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi media dan jenis katalisator berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekerasan. Spesimen dengan rasio 70:30 dan katalisator komersil (R3K1) menunjukkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 66 HRC, meningkat sebesar 25,95% dibandingkan spesimen tanpa perlakuan (52,4 HRC). Sebaliknya, nilai terendah diperoleh pada kombinasi rasio 50:50 dan katalisator alami (R1K2) dengan nilai 61,5 HRC. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi media karbon berkarakteristik tinggi dan katalisator efektif mampu meningkatkan kekerasan permukaan secara optimal, serta berpotensi sebagai metode rekondisi komponen roda gigi bekas.

Kata Kunci: *carburizing* padat, roda gigi transmisi, kekerasan permukaan

Abstract

Wear on transmission gear components, particularly in classic motorcycles from the 1990s, presents a significant challenge in maintaining mechanical performance. Due to the limited availability and high cost of OEM components, an alternative solution is needed through mechanical property enhancement, one of which is by applying the pack carburizing method. This study aims to evaluate the effect of varying charcoal media ratios—coconut shell and bamboo—and the type of calcium carbonate catalyst on the surface hardness of used transmission gears. An experimental factorial design (3×2) was employed, utilizing charcoal ratios of 50:50, 60:40, and 70:30, combined with 10% by weight of either natural CaCO_3 (derived from eggshells) or commercial CaCO_3 (Merck). Carburizing was carried out at 900°C for 60 minutes, followed by rapid quenching in distilled water. Surface hardness was measured using the Rockwell hardness test on the C scale. The results indicate that both the charcoal ratio and catalyst type significantly affect surface hardness. The highest hardness value was recorded in the 70:30 coconut shell to bamboo ratio with a commercial catalyst (R3K1), reaching 66 HRC—an increase of 25.95% compared to untreated material (52.4 HRC). Conversely, the lowest hardness (61.5 HRC) was obtained with the 50:50 ratio and natural catalyst (R1K2). These findings demonstrate that an optimized combination of high-carbon fixed media and effective catalyst enhances surface hardness, offering a viable method for reconditioning used transmission gears.

Keywords: *pack carburizing*, transmission gears, surface hardness

PENDAHULUAN

Komponen mesin kendaraan bermotor, khususnya roda gigi transmisi, merupakan komponen yang sering mengalami keausan akibat gesekan berulang selama pengoperasian jangka panjang. Pada kendaraan bermotor keluaran lama, terutama motor bebek klasik keluaran era tahun 1990-an, komponen roda giginya cenderung mengalami penurunan performa akibat keausan.

Mengingat keterbatasan akses dan tingginya harga komponen OEM (*Original Equipment Manufacturer*) baru, maka diperlukan upaya untuk meningkatkan kembali sifat mekanik roda gigi bekas layak pakai agar dapat digunakan kembali secara optimal. Batas keausan berdasarkan ketebalan pada gigi roda gigi sebaiknya tidak melebihi rentang 10% hingga 20% dari ketebalan awal gigi yang diukur sepanjang busur lingkaran

pitch (G. Ya Yampolski & I.V. Kragelsky, 1973). Untuk mencegah keausan lebih lanjut perlu dilakukan proses perlakuan panas untuk meningkatkan sifat mekanis berupa kekerasan permukaan pada roda gigi. *Heat treatment* atau perlakuan panas digunakan untuk memperbaiki sifat mekanis pada roda gigi.

Metode perlakuan panas yang tepat untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan tanpa mengurangi keuletan dalam inti logam adalah proses *carburizing*, yaitu proses penambahan karbon pada permukaan logam sehingga bagian dalamnya tetap ulet (Palallo, 1995). Pada proses *carburizing* padat untuk mempercepat reaksi pembentukan atmosfer kaya karbon pada media penyedia karbonnya diberi penambahan katalisator. Katalisator ini terdekomposisi secara termal yang kemudian bereaksi dengan media karbon padat melalui reaksi *boudouard* sehingga menghasilkan gas CO yang lebih dominan pada atmosfer *carburizing*. Jenis katalisator yang umum digunakan pada proses *carburizing* merupakan senyawa karbonat alkali seperti CaCO_3 , NaCO_3 , dan BaCO_3 (G. E. Totten, 2006). Setelah dilakukan proses *carburizing* dilanjutkan pendinginan secara cepat (*quenching*) guna memungkinkan terbentuknya struktur martensit yang memerangkap atom karbon sehingga membentuk lapisan keras pada permukaan baja, peningkatan nilai kekerasan permukaan meningkatkan ketahanan aus pada roda gigi serta ketahanan terhadap malfungsi (Callister & Rethwisch, 2018).

Menurut Dudley (2012), menetapkan kekerasan permukaan minimum pada roda gigi baja hasil *case carburizing* memiliki nilai kekerasan permukaan sebesar 60 HRC agar memiliki ketahanan terhadap *pitting* permukaan selama proses pembebanan siklik. Dalam Penelitian ini, dilakukan proses *carburizing* dengan menggunakan variasi media karbon dari campuran arang batok kelapa dan arang bambu dengan rasio 50:50, 60:40, dan 70:30 serta variasi penggunaan katalisator kalsium karbonat komersil dan alami yang diperoleh dari cangkang telur dengan temperatur pemanasan 900°C dan waktu penahanan (*holding time*) selama 1 jam, guna melihat pengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan permukaan roda gigi bekas. Penelitian ini bertujuan sebagai alternatif untuk merekonstitusi komponen roda gigi transmisi bekas yang masih layak pakai dalam ambang batas aus yang masih diizinkan, sehingga dapat memperpanjang masa pakai dan mengurangi ketergantungan terhadap komponen baru.

METODE

Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental dengan metode kuantitatif, yang memiliki tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan permukaan roda gigi transmisi motor bebek dengan kapasitas mesin 100cc menggunakan metode *heat treatment* (*carburizing*) dengan variasi rasio campuran arang batok kelapa dan bambu dengan rasio campuran 50:50, 60:40, dan 70:30 serta penggunaan 10% katalisator kalsium karbonat alami yang terbuat dari limbah cangkang telur dan 10% kalsium karbonat komersil dengan merk dagang “Merck”.

Eksperimen ini menggunakan desain faktorial 3×2 , di mana faktor R merupakan rasio campuran arang batok kelapa dan arang bambu dengan tiga tingkat, yaitu rasio campuran 50:50, 60:40, dan 70:30.. Sementara untuk faktor K adalah jenis katalisator berupa kalsium karbonat yang diperoleh dari cangkang telur dan kalsium karbonat komersil. Paduan kedua faktor R dan K menghasilkan 6 kombinasi media *carburizing*, seperti yang tercantum pada tabel 1.

Tabel.1 Desain Eksperimen Penelitian

KATALISATO R	RASIO CAMPURAN		
	R ₁	R ₂	R ₃
K ₁	R ₁ K ₁	R ₂ K ₁	R ₃ K ₁
K ₂	R ₁ K ₂	R ₂ K ₂	R ₃ K ₂
RAW MATERIAL			

Keterangan:

- R₁ K₁ = rasio campuran arang 50:50 dengan 10% katalisator komersil
- R₂ K₁ = rasio campuran arang 60:40 dengan 10% katalisator komersil
- R₃ K₁ = rasio campuran arang 70:30 dengan 10% katalisator komersil
- R₁ K₂ = rasio campuran arang 50:50 dengan 10% katalisator alami
- R₂ K₂ = rasio campuran arang 60:40 dengan 10% katalisator alami
- R₃ K₂ = rasio campuran arang 70:30 dengan 10% katalisator alami
- Raw material = spesimen tanpa perlakuan *carburizing*

Waktu dan Lokasi Pelaksanaan

- Waktu Penelitian
Pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 2 bulan, terhitung mulai awal bulan April hingga akhir Mei 2025
- Lokasi Penelitian
 - Pembuatan spesimen dilakukan disalah satu bengkel di daerah Surabaya
 - Di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Laboratorium Advance Material terletak di Gedung A8, Lantai 3.

- Di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Laboratorium Pengujian Bahan terletak di Gedung A6, Lantai 1

Objek Penelitian

Penelitian menggunakan roda gigi transmisi motor yang memiliki kesamaan komposisi dengan baja SCM445

Variabel Penelitian

- Variabel bebas
variasi rasio campuran arang batok kelapa, bambu dan jenis katalisator digunakan dalam penelitian ini.
Variasi rasio : 50:50, 60:40, dan 70:30
Variasi katalisator : CaCO_3 alami dari cangkang telur dan CaCO_3 komersil dengan merk dagang Merck
- Variabel terikat
Nilai kekerasan permukaan spesimen
- Variabel kontrol
Spesimen roda gigi, temperatur pemanasan 900°C dan waktu tahan (holding time) selama 1 jam

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan dua teknik analisa data yaitu *deskriptif kuantitatif* dan *deskriptif kualitatif*. Analisa data dilakukan dengan cara menelaah data dari pengujian kekerasan *rockwell C* berupa nilai, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Selanjutnya dilakukan uji normalitas untuk memastikan data berdistribusi normal lalu dilanjutkan dengan uji homogenitas. Uji homogenitas untuk mengetahui beberapa varian populasi adalah sama atau tidak. Selanjutnya dilakukan pengujian statistik menggunakan Anova (*Analysis of Varians*) satu arah (*One - Way*). Berdasarkan variabel pada penelitian ini dapat dibuat hipotesa sebagai berikut :

- ❖ $H_0 =$ Tidak terdapat perbedaan pada nilai kekerasan roda gigi transmisi yang di carburizing dengan menggunakan variasi rasio campuran arang batok kelapa dan arang bambu dengan rasio campuran 50:50, 60:40, dan 70:30 serta penggunaan media katalisator kalsium karbonat alami dan komersil.

- ❖ $H_1 =$ Terdapat perbedaan pada nilai kekerasan roda gigi transmisi yang di carburizing dengan menggunakan variasi rasio campuran arang batok kelapa dan arang bambu dengan rasio campuran 50:50, 60:40, dan 70:30 serta penggunaan media katalisator kalsium karbonat alami dan komersil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium pengujian bahan jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya pada tanggal 26 Mei 2025. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin hardness rockwell dengan skal HRC untuk mengetahui nilai kekerasan pada material yang diuji. Data yang didapat dari proses pengujian berupa angka yang menunjukan

hasil nilai kekerasan. Pada penelitian ini peneliti melakukan pengujian pada roda gigi motor klasik 100cc yang memiliki kesamaan komposisi dengan baja SCM 445 tanpa perlakuan (raw material) dan roda gigi transmisi motor klasik 100cc yang diberi perlakuan dengan variasi rasio campuran arang batok kelapa dan arang bambu serta penggunaan katalisator CaCO_3 komersil dan alami. ebelum melakukan pengujian kekerasan spesimen terlebih dahulu dihaluskan permukaannya menggunakan kertas amplas dengan grit 120, 400, dan 600 untuk menghilangkan kerak dan karat hasil carburizing agar mempermudah pengamatan hasil indentasi uji kekerasan. Spesimen uji kekerasan kemudian diuji dan ditekan menggunakan indenter intan kerucut dengan pembebanan 150 kgf

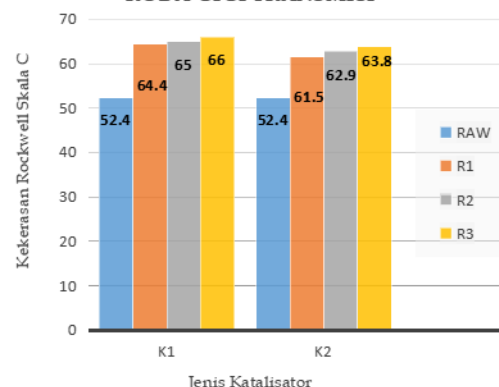


Gambar 1. Spesimen Setelah Indentasi

Tabel 1. Nilai uji kekerasan

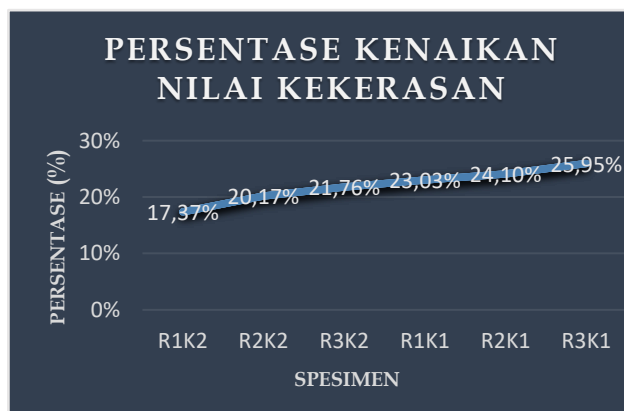
No	Spesimen	Nilai Kekerasan Rockwell C			Rata-rata
		1	2	3	
1	R ₁ K ₁	64,3	64,5	64,6	64,4
2	R ₂ K ₁	64,4	65,2	65,5	65
3	R ₃ K ₁	65,6	66,4	66,0	66
4	R ₁ K ₂	60,8	61,9	61,8	61,5
5	R ₂ K ₂	62,2	63,2	63,5	62,9
6	R ₃ K ₂	63,8	63,4	64,2	63,8
7	RAW	51,8	52,2	53,2	52,4

HASIL UJI RATA-RATA KEKERASAN
RODA GIGI TRANSMISI



Gambar 2. Grafik Hasil Uji kekerasan

Dilihat dari grafik perbandingan hasil nilai rata-rata pengujian kekerasan roda gigi transmisi variasi rasio campuran arang media *carburizing* serta penggunaan katalisator memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan bahan. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen R₃K₁ sebesar 66 HRC dan rata-rata nilai kekerasan terendah pada spesimen R₁K₂ sebesar 61.5 HRC, sedangkan untuk nilai rata-rata kekerasan *raw material* sebesar 52.4 HRC.



Gambar 3. Grafik Persentase Kenaikan Nilai Kekerasan

Dilihat dari grafik persentase kenaikan hasil uji kekerasan, persentase kenaikan tertinggi sekitar $\pm 20\%$ terletak pada rasio R3 dengan katalisator K1 memiliki persentase kenaikan terbesar sebesar 25.95%, sedangkan pada rasio R1 dengan katalisator K2 memiliki nilai persentase kenaikan terendah sebesar 17,37%.

Pada penelitian ini menggunakan roda gigi bekas sebagai spesimennnya, untuk mengetahui kelayakan roda gigi perlu dilakukan analisa visual untuk menganalisa kerusakan makro dilanjutkan perhitungan untuk mengetahui bahwa lebar gigi roda gigi masih berada pada kondisi aus yang dapat diterima. Batas Keausan berdasarkan ketebalan pada gigi roda gigi sebaiknya tidak melebihi rentang 10% hingga 20% dari ketebalan awal gigi yang diukur sepanjang busur lingkaran *pitch* (G. Ya Yampolski & I.V. Kragelsky, 1973). Oleh karena perhitungan dan pengamatan pada spesimen sebelum dilakukan proses *carburizing*, berikut tahapan analisa kelayakan spesimen sebelum dilakukan pemrosesan dan pengujian lebih lanjut:

- Analisa visual spesimen

Pada analisa visual secara makroskopis pada spesimen tidak ditemukan degradasi yang signifikan sehingga dapat diasumsikan roda gigi masih layak untuk dilanjutkan pada pengujian.

- Analisa Perhitungan Lebar Gigi Roda Gigi Teoretis

Berdasarkan buku perencanaan elemen mesin Sularso diketahui rumus perhitungan lebar gigi roda gigi pada busur lingkaran *pitch* sebagai berikut

$$t = \frac{\pi \cdot m}{2}$$

Sebelum melanjutkan ke perhitungan menggunakan rumus diatas perlu diketahui terlebih dahulu untuk nilai modul dari roda gigi, berdasarkan data katalog diketahui jumlah roda gigi pada *main shaft* sebanyak 17 gigi dan pada *counter shaft* 29 gigi. Untuk jarak antar roda gigi diperoleh dari data penelitian oleh Arfian Dicky pada tahun 2021, diketahui jarak antar poros roda gigi sebesar 40,25 mm. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui modul suatu roda gigi.

$$\begin{aligned} m &= \frac{2 \cdot a}{(z_1 + z_2)} \\ &= \frac{2 \cdot 40,25}{(17 + 29)} \\ &= \frac{80,25}{46} \\ m &= 1,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai modul roda gigi sudah diperoleh sehingga dapat dilanjutkan untuk perhitungan lebih lanjut untuk mencari lebar gigi *gear*.

$$\begin{aligned} t &= \frac{\pi \cdot m}{2} \\ &= \frac{3,14 \cdot 1,75}{2} \\ &= \frac{5495}{2} \\ &= 2,747 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui ukuran lebar gigi *gear* teoretis sebesar 2,747 mm, hasil ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung pada spesimen untuk mengetahui persentase pengurangan lebar gigi *gear* pada spesimen dengan lebar gigi *gear* teoretis, apabila pengurangan lebar gigi pada spesimen $> 20\%$ dari ukuran gigi *gear* teoretis maka spesimen dianggap tidak layak untuk digunakan untuk pengujian lebih lanjut.

Dari hasil pengukuran langsung yang dilakukan pada gigi pada daerah *pitch* diameter yang diketahui dengan melakukan pengukuran dari bagian paling atas *addendum* menggunakan jangka sorong sejauh 1.75mm lalu pada titik itu bagian sisi-sisi gigi diukur menggunakan jangka sorong yang kemudian diperoleh rata-rata lebar gigi pada spesimen sebesar 2.653 mm. Lebar gigi pada spesimen kemudian dibandingkan dengan lebar gigi teoretis.

$$2,747 - 2,653 = 0,094$$

$$\begin{aligned}\text{persentase keusan} &= \frac{0,094}{2,747} \times 100\% \\ &= 3,42\%\end{aligned}$$

Dari perbandingan pengurangan lebar gigi pada spesimen dengan gigi teoretis diperoleh nilai persentase pengurangan sebesar 3,42% , karena nilai ini <20% maka dapat dinyatakan bahwa spesimen layak untuk dilakukan pengujian lebih lanjut dikarenakan masih berada dalam aus yang masih diperbolehkan.

Penelitian ini menggunakan spesimen roda gigi transmisi motor bebek 100cc yang memiliki kesamaan komposisi dengan baja SCM 445 Penelitian ini menggunakan variasi rasio campuran arang media *carburizing* dengan perbandingan 50:50, 60:40, dan 70:30 serta penggunaan katalisator kalsium karbonat komersil dan alami. Pengujian kekerasan menggunakan standar ASTM E18.

Pengujian kekerasan dilakukan untuk melihat perubahan nilai kekerasan pada hasil *carburizing* dengan variasi rasio campuran arang media *carburizing* dan jenis katalisator. Penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan *rockwell* dengan skala C. Rata-rata nilai kekerasan pada spesimen R1K1 sebesar 64,4 HRC, rata-rata nilai kekerasan pada spesimen R1K2 sebesar 61,5 HRC, rata-rata nilai kekerasan pada spesimen R2K1 sebesar 65 HRC, rata-rata nilai kekerasan pada spesimen R2K2 sebesar 62,9 HRC, rata-rata nilai kekerasan pada spesimen R3K1 sebesar 66 HRC, rata-rata nilai kekerasan pada spesimen R3K2 sebesar 63,8 HRC, rata-rata nilai kekerasan *raw material* sebesar 52,4 HRC. Hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh variasi rasio campuran arang media *carburizing* dan jenis katalisator yang digunakan terhadap hasil nilai kekerasan.

Menurut penelitian (Trio Nur Wibowo dkk, 2022) katalis memiliki peranan yang sangat penting dalam proses carburizing sebagai penyedia reaksi alternatif pembentukan gas karbon monoksida (CO), sehingga lebih banyak atom karbon yang dapat berdifusi ke dalam permukaan baja. Pada penelitian ini digunakan tiga jenis katalisator karbonat alkali berbeda yang terdiri dari BaCO₃, CaCO₃, dan NaCO₃ dengan persentase penambahan masing-masing katalis ke arang media *carburizing* sebesar 15%, 25%, dan 35%. Hasil dari penelitian ini didapat bahwa katalis kalsium karbonat memiliki kemampuan mendifusikan karbon yang lebih baik dibandingkan jenis katalis lain dengan persentase penambahan yang sama. Penambahan katalis dengan persentase lebih tinggi tidak selalu memberikan peningkatan kekerasan yang lebih tinggi dibanding dengan pemberian katalis dengan persentase rendah, hal ini bisa terjadi karena pemberian katalis dengan persentase tinggi menyebabkan gas CO hasil

dekomposisi media *carburizing* terlalu banyak sehingga permukaan baja lebih cepat menjadi jenuh karbon dan membatasi laju difusi karbon ke dalam baja.

Pada penelitian (Wenseslaus Bunganaen dkk, 2023) nilai kekerasan baja setelah proses *carburizing* akan meningkat apabila media arangnya menggunakan media arang dengan persentase *fixed carbon* lebih tinggi, hal ini disebabkan pada suhu tinggi arang dengan kadar *fixed carbon* tinggi terbakar lebih lambat sehingga dapat menghasilkan gas CO lebih konsisten dibandingkan dengan arang yang memiliki kadar karbon rendah. Selain itu arang dengan kadar *fixed carbon* rendah memiliki kadar abu yang cukup tinggi, abu yang terbentuk selama proses pemanasan dapat menyerap CO yang mana hal ini menyebabkan penghambatan pada laju difusi karbon ke dalam baja.

Pada penelitian (Murakami dkk, 2021) kandungan kalsium karbonat pada cangkang telur memiliki kadar kemurnian pada rentang sekitar 93 - 97% lebih rendah dibandingkan dengan kalsium karbonat standar laboratorium yang memiliki kemurnian ≥99%. Selain itu cangkang telur juga mengandung bahan organik seperti protein dan mineral minor seperti mangan dan fosfat. Hasil analisis termal TG (*thermogravimetry*) menunjukkan bahwa kalsium karbonat pada cangkang telur memiliki stabilitas termal yang lebih tinggi dibandingkan dengan kalsium karbonat standar laboratorium, dengan puncak temperatur dekomposisi pada temperatur ±771°C, dibandingkan dengan kalsium karbonat standar lab yang mengalami dekomposisi pada temperatur ±749°C. hal ini mengindikasikan proses dekomposisi kalsium karbonat pada kalsium karbonat alami lebih lambat. Sehingga peran kalsium karbonat sebagai katalis untuk memfasilitasi reaksi *boudouard* untuk menghasilkan gas 2CO berlangsung lebih lambat pada kalsium karbonat cangkang telur jika dibandingkan dengan kalsium karbonat standar lab.

Dari ketiga variasi rasio dan kedua variasi katalisator dapat dilihat bahwa pada spesimen R3K1 memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 66 HRC atau meningkat sekitar 25,95% dari *raw material*, sedangkan pada spesimen R1K2 memiliki nilai kekerasan terendah sebesar 61,5 HRC atau meningkat sekitar 17,37% dari *raw material*. Jadi dapat disimpulkan bahwa proses *carburizing* sejalan dengan teori bahwa peningkatan kandungan karbon pada permukaan baja melalui proses carburizing mampu membentuk lapisan martensit yang keras saat dilakukan pendinginan secara cepat (Callister & Rethwisch, 2018).

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian yang telah dilakukan dan evaluasi data serta dilakukan

pembahasan pengaruh variasi rasio campuran arang batok kelapa dan arang bambu media carburizing dan penggunaan katalisator kalsium karbonat komersil dan alami pada material gigi transmisi motor klasik 100cc terhadap nilai kekerasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Terdapat pengaruh yang signifikan pada variasi rasio campuran media *carburizing* yang digunakan terhadap nilai kekerasan roda gigi transmisi. Spesimen R3K1 yang menggunakan rasio campuran arang 70% arang batok kelapa dan 30% arang bambu dengan tambahan 10% katalisator CaCO_3 komersil, memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 66 HRC meningkat sebesar 25,95% dari nilai kekerasan RAW material sebesar 52,4 HRC. Sedangkan peningkatan kekerasan terendah terdapat pada spesimen R1K2 yang menggunakan rasio campuran arang 50% arang batok kelapa dan 50% arang bambu dengan tambahan CaCO_3 cangkang telur, memiliki nilai kekerasan sebesar 61,5 HRC meningkat sebesar 17,37% dari nilai kekerasan RAW material sebesar 52,4 HRC.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan saran yang diberikan oleh penulis yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya:

1. Diharapkan pada penelitian lebih lanjut menggunakan alat pengaduk/pencampur yang memiliki standar sehingga campuran antara kombinasi arang dan katalisator dapat tercampur dengan lebih merata.
2. Pada penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan media pendingin selain akuades.
3. Disarankan pada penelitian lebih lanjut dilakukan pengujian yang memiliki keterkaitan dengan pengaruh adanya kekerasan permukaan seperti uji struktur mikro, uji laju keausan, dan pengujian dampak.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2023). *ASTM E18-23: Standard test methods for Rockwell hardness of metallic materials*. ASTM International
- Bunganaen, W., Domingus, G. H. A., & Adoe, P. (2023). Pengaruh variasi media carburizer terhadap struktur mikro dan kekerasan baja AISI 1045. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 10(2), 69–72.
- Callister, W. D., Jr., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials science and engineering* (10th ed.). John Wiley & Sons.
- Ismail, R. (2014). Perbandingan produk roda gigi UKM dan roda gigi original equipment manufacturer (OEM) untuk produk roda gigi transmisi sepeda motor. *Jurnal Rotasi*, 16(2), 32–37

Murakami, F. S., Silva, M. A. S., Nascimento, T. L., & Fuentefria, A. M. (2021). Physicochemical study of calcium carbonate obtained from eggshells and comparison with analytical grade CaCO_3 . *Science of the Total Environment*, 771, 145423.

Palallo, F. (1995). *Perlakuan panas logam*. PPPG Teknologi.

Radzevich, S. P. (Ed.). (2012). *Dudley's handbook of practical gear design and manufacture* (2nd ed.). CRC Press.

Totten, G. E. (2006). *Steel heat treatment: Metallurgy and technologies* (2nd ed.). CRC Press.

Wibowo, T. N., & Pratiwi, Y. D. (2022). Analisis pengaruh variasi jenis dan presentase katalis pada proses pack carburizing baja ST42 terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro. *Jurnal Creative Research in Engineering*, 2(1), 42–51.

Wibowo, T. N., & Pratiwi, Y. D. (2022). Analisis pengaruh variasi jenis dan presentase katalis pada proses pack carburizing baja ST42 terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro. *Jurnal Creative Research in Engineering*, 2(1), 42–51.