

Karakterisasi Baja Karbon ST 37 Akibat Pack Carburizing Arang Cangkang Kemiri Dengan Katalisator Serbuk Kerang Ale-Ale Pantai Oesapa Kota Kupang

Marianus Wiskarjo^{1*}, Wenseslaus Bunganaen², Jahirwan Jasron³

¹⁻³) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: wiskarjo03@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro dan peningkatan kekerasan pada baja karbon rendah (ST 37) melalui proses pack carburizing. Metode yang digunakan melibatkan pemanfaatan arang yang dihasilkan dari cangkang kemiri sebagai sumber karbon dan serbuk kerang ale-ale sebagai katalisator. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan 10 spesimen baja, di mana 9 spesimen diberi perlakuan pack carburizing dengan variasi komposisi katalisator (10%, 20%, dan 30% CaCO₃) pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan 2 jam, dan diikuti dengan proses quenching menggunakan air garam 40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pack carburizing berhasil meningkatkan kekerasan permukaan baja secara signifikan serta menghasilkan perubahan struktur mikro dari ferit-perlit pada material awal menjadi struktur martensit pada permukaan yang dikarburisasi. Temuan ini menyiratkan potensi penggunaan bahan alami sebagai alternatif media karbon dan katalis yang ramah lingkungan untuk meningkatkan sifat mekanik baja karbon rendah.

ABSTRACT

This study aims to determine the changes in microstructure and the increase in hardness of low-carbon steel (ST 37) through the pack carburizing process. The method used involves utilizing charcoal derived from candlenut shells as a carbon source and ale-ale shell powder as a catalyst. The experiment was conducted using 10 steel specimens, where 9 specimens underwent pack carburizing treatment with variations in catalyst composition (10%, 20%, and 30% CaCO₃) at a temperature of 900°C with a holding time of 2 hours, followed by a quenching process using 40% saltwater. The results of the study indicate that the pack carburizing treatment successfully increased the surface hardness of the steel significantly and caused a microstructural transformation from ferrite-pearlite in the initial material to martensitic structure on the carburized surface. These findings suggest the potential use of natural materials as an environmentally friendly alternative for carbon media and catalysts to enhance the mechanical properties of low-carbon steel.

Keywords: Pack Carburizing, low-Carbon Steel, ST 37, Candlenut Shell Charcoal, Catalyst, Ale-ale Shell Powder.

PENDAHULUAN

Baja karbon rendah ST 37 banyak digunakan di industri karena sifatnya yang mudah dibentuk, namun kekerasan permukaan yang rendah menjadi kendala utama pada aplikasinya. Peningkatan kekerasan permukaan melalui perlakuan termokimia, khususnya *pack carburizing*, menjadi solusi untuk meningkatkan performa material. Proses *pack Carburizing* sendiri didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan

unsur karbon (C) pada permukaan baja. Proses *Carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan, sedangkan pada bagian inti tetap ulet. Proses pack carburizing melibatkan difusi atom karbon dari media padat ke dalam permukaan baja pada temperatur tinggi sehingga terjadi peningkatan kekerasan tanpa mengorbankan keuletan bagian inti. Penelitian ini memanfaatkan limbah organik berupa cangkang kemiri dan kerang Ale-ale sebagai sumber karbon dan katalisator, sehingga tidak hanya memberikan manfaat peningkatan sifat mekanik baja tetapi

juga mengoptimalkan pemanfaatan limbah yang ramah lingkungan.

Cangkang kemiri memiliki nilai presentasi karbon sebesar 76,31%. Media ini menjadi salah satu bahan yang cocok sebagai media *pack carburizing*, mengingat ketersediaan bahan yang cukup banyak dan memiliki presentasi karbon yang tinggi. Untuk menjadikan arang cangkang kemiri sebagai sumber karbon, cangkang kemiri terlebih dahulu diubah menjadi bentuk butiran. Bentuk butiran akan membantu proses perubahan karbon padat menjadi gas melalui pemanasan. Selain itu *energizer* yang digunakan adalah serbuk cangkang kerang yang didapatkan dari tumbukan kulit kerang yang sudah dikeringkan sebelumnya. Fungsi dari kulit kerang ini yaitu sebagai katalisator untuk mempercepat proses difusi karbon. Selain calcium carbonate, juga bisa digunakan katalisator jenis lain seperti barium carbonate ($BaCO_3$), potassium carbonate (K_2CO_3), dan sodium carbonate (Na_2CO_3).

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Tungku pemanas (*furnace*), blender, ayakan 50 mesh, alat uji kekerasan (*rockwell*), gerinda listrik, kotak sementasi *carburizing*, bak baja, tang penjepit dan tanah liat. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu baja karbon rendah ST 37 (diameter 20 mm dan tinggi 12 mm), media *carburizing* campuran arang dari cangkang kemiri dan serbuk kerang Ale-ale, campuran air garam 40% serta variasi katalisator 10%, 20% dan 30% $CaCO_3$. Berikutnya yaitu prosedur penelitian dimana yang pertama mempersiapkan specimen.

Prosedur Penelitian

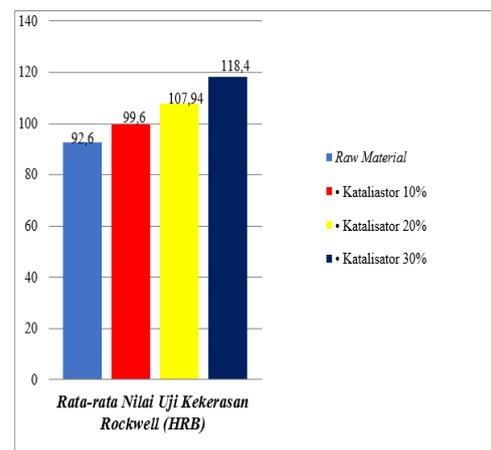
Spesimen dimasukkan ke dalam kotak *pack carburizing* yang berisi campuran media padat. Perlakuan dilakukan pada temperatur $900^\circ C$ dengan waktu penahanan selama 2 jam. Setelah proses pemanasan, spesimen langsung di-*quenching* menggunakan air garam 40% untuk mendapatkan struktur permukaan yang keras

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik untuk mengamati perubahan fasa. Uji kekerasan dengan metode *Rockwell* dilakukan untuk mengukur peningkatan kekerasan sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan serbuk arang cangkang kemiri dan cangkang kerang Ale-ale. Adapun hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Nilai Kekerasan Permukaan Baja Karbon Rendah (ST- 37) Sebelum Dan Sesudah Proses *Pack Carburizing*.

Titik indentasi	Kekerasan (HRB)			
	Variasi Konsentrasi Katalisator (%)			
	Raw material	10	20	30
1	92,3	100,6	110,3	119,8
2	92,6	99,2	108,4	119,2
3	92,7	99,7	108,6	118,9
4	92,6	99	107,1	118,7
5	92,8	97,5	105,3	115,4
Rata-rata (HRB)	92,6	99,6	107,94	118,4



Gambar 1 Grafik Hubungan Konsentrasi Katalisator Serbuk Cangkang Kerang Ale-ale terhadap Nilai Kekerasan Rata-rata

Dari tabel 1 diketahui nilai kekerasan rata-rata pada raw material dari tepi ke tengah tidak menunjukkan penurunan yang tajam, raw material memiliki nilai kekerasan yang hampir sama dibagian tepi dan tengah. Nilai kekerasan rata-rata raw material 92,6 HRB, nilai tersebut meningkat setelah dilakukan proses carburizing dengan variasi komposisi katalisator serbuk cangkang kerang ale-ale, dan diikuti proses quenching dengan air garam. Meningkatnya nilai kekerasan menunjukan bahwa terdapat atom karbn yang terdifusi kedalam baja ST 37. Pada jarak 2 mm dari tepi, nilai kekerasan raw material sebesar 92,3 HRB, sedangkan nilai kekerasan rata-rata hasil karburisasi dengan 10% katalisator cangkang kerang ale-ale sebesar 99,6 HRB, hal ini dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja ST 37 sebesar 6,3% dari raw material.

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kekerasan rata-rata pada baja ST-37 dengan komposisi 20% katalisator cangkang kerang Ale-ale sebesar 107,94 HRB. Peningkatan nilai kekerasan ini lebih besar dibandingkan dengan spesimen baja ST-37 dengan komposisi 10% katalisator cangkang kerang Ale-ale. Pada tabel juga menunjukan bahwa kekerasan permukaan baja ST-37 hasil carburizing dengan konsentrasi 30% katalisator pada jarak 2 mm dari tepi memiliki nilai kekerasan tertinggi dibandingkan dengan keempat titik lainnya yaitu sebesar 119,8 HRB. Hal ini disebabkan karena difusi karbon yang terjadi pada proses carburizing berasal dari dua arah yaitu dari tepi dan dari permukaan specimen. Sebaliknya, pada titik 5 mm dari tepi memiliki nilai kekerasan terendah disebabkan karena proses difusi yang terjadi hanya diterima dari permukaan specimen. Hal ini berlaku pada ketiga specimen yang diuji.

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa, pada specimen raw material memiliki nilai kekerasan 92,6 HRB. Ketika dilakukan karburisasi terjadi peningkatan nilai kekerasan dimana penambahan katalisator 10%, 20% dan 30% memiliki nilai kekerasan rata-rata 96,68 HRB, 101,16 HRB dan 119,4 HRB. Campuran komposisi katalis 30% dapat

meningkatkan nilai kekerasan baja ST 37 sebesar 26,8 % dari nilai kekerasan raw material. Dalam proses karburisasi ini penambahan katalisator serbuk cangkang kerang Ale-ale semakin banyak maka karbon yang berdifusi ke baja akan semakin besar nilai kekerasannya sehingga karbon akan lebih mudah berdifusi diantara celah-celah atom Fe.

Setelah dilakukan carburizing dan quenching spesimen dibelah guna mengetahui kedalaman difusi dengan cara pengujian kekerasan 1–5 mm dari tepi permukaannya.

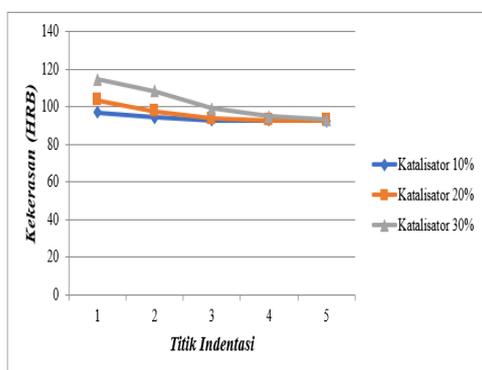
Tabel 2 Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah ST-37 Yang Dibelah Sesudah Proses Pack Carburizing.

Titik indentasi (mm)	Kekerasan (HRB)		
	Variasi Konsentrasi Katalisator (%)		
	10	20	30
1	96,9	110,5	114,5
2	94,4	97,5	108,2
3	92,8	93,8	99,1
4	92,8	92,9	94,9
5	92,6	92,7	93,2

Dari tabel 2 diatas dapat diketahui bahwa penurunan nilai kekerasan baja ST-37 hasil karburisasi yang diikuti proses quenching dengan air garam dan dibelah guna untuk mengetahui kedalaman difusi. Pada kedalaman 1-3 mm dari permukaan, terjadi penurunan nilai kekerasan yang signifikan dari kekerasan rata-rata specimen dengan konsentrasi 10% katalisator sebesar 99,6 HRB dengan penurunan berturut-turut 96,9 HRB, 94,4 HRB dan 92,8 HRB. Sedangkan pada kedalaman 3-5 mm tidak mengalami perubahan nilai kekerasan dan setara dengan nilai kekerasan rata-rata raw material sebesar 92,6 HRB. Penurunan nilai kekerasan dari kedalaman 1-3 mm menunjukan kedalaman difusi karbon yang terjadi pada specimen setelah proses karburisasi menggunakan

konsentrasi 10% katalisator dan dilakukan *quenching* dengan air garam.

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa penurunan nilai kekerasan spesimen yang dibelah dengan konsentrasi 20% katalisator dimana nilai kekerasan rata-rata permukaan sebesar 107,94 HRB dengan kedalaman 1-5 mm dari permukaan berturut-turut 103,5 HRB, 97,5 HRB, 93,8 HRB, 92,9 HRB dan 92,7 HRB. Penurunan nilai kekerasan membuktikan adanya karbon yang berdifusi kedalam permukaan baja sampai pada kekerasan terendah atau setara dengan kekerasan raw material sebesar 92,6 HRB. Pada tabel juga menunjukkan penurunan nilai kekerasan pada spesimen 30% katalisator dimana nilai kekerasan rata-rata permukaan sebesar 118,4 HRB, terjadi penurunan pada kedalaman 1-5 mm dari permukaan berturut-turut sebesar 114,5 HRB, 108,2 HRB, 99,1 HRB, 94,9 HRB dan 93,2 HRB. Penurunan yang signifikan ini terjadi karena pengaruh jumlah karbon yang berdifusi kedalam permukaan baja berkurang sesuai ketebalan spesimen yang di carburizing. Pada spesimen 30% katalisator memiliki nilai kekerasan tertinggi disetiap kedalamannya, hal ini membuktikan bahwa semakin banyak kandungan katalisator cangkang kerang ale-ale maka semakin banyak juga unsur karbon yang berdifusi kedalam baja ST 37.



Gambar 2 Grafik Hubungan Nilai Kekerasan dari Spesimen yang dibelah dengan Komposisi Katalisator.

Dari grafik diatas menunjukkan hubungan nilai kekerasan dengan komposisi katalisator terhadap spesimen yang dibelah guna mengetahui kedalaman difusi karbonnya. Dari data tersebut diketahui bahwa semakin banyak komposisi katalisator cangkang kerang Ale-ale diikuti dengan pendinginan cepat dapat meningkatkan nilai kekerasan dan semakin banyak pula atom-atom karbon yang berdifusi ke dalam baja ST-37. Penurunan nilai kekerasan yang terjadi pada kedalaman 1-5 mm pada tiap spesimen dengan semua konsentrasi (10-30%) cangkang kerang Ale-ale disebabkan oleh masuknya atom karbon (berdifusi) ke dalam struktur baja. Sebuah atom karbon yang masuk dari tepi terluar ke bagian dalam diikuti oleh atom-atom karbon yang lain. Peristiwa ini berlangsung terus-menerus selama terjadi proses *pack carburizing*. Kondisi ini akan menyebabkan lebih banyak atom karbon yang berada dibagian tepi dibandingkan pada bagian dalam. Sehingga pada spesimen tersebut kekerasan pada bagian tepi lebih tinggi dibandingkan dengan titik lainnya.

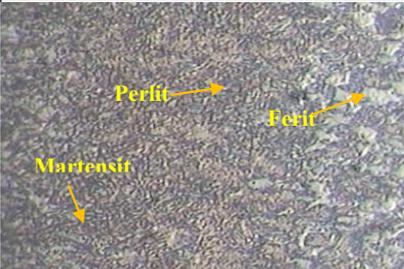
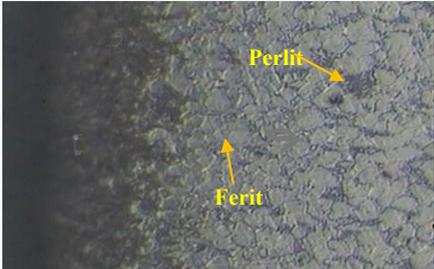
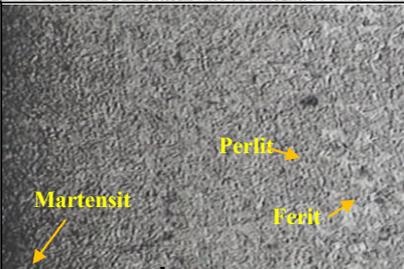
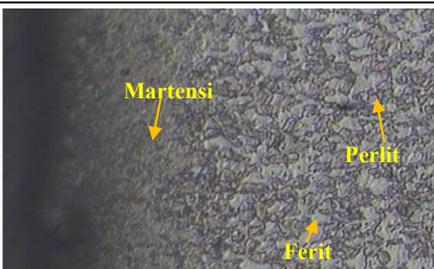
Analisis Data Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk melihat perubahan struktur mikro setelah mengalami proses *carburizing*. Pembesaran yang digunakan dalam pengamatan ini yaitu 200x. foto struktur mikro diambil pada bagian tepi spesimen.

Pada gambar foto struktur mikro permukaan spesimen baja ST-37 dengan kandungan 20%-30% katalisator cangkang kerang Ale-ale terlihat bahwa jumlah fasa perlit dan martensit semakin meningkat sesuai dengan banyaknya komposisi katalisator cangkang Ale-ale. Semakin banyak komposisi katalisator cangkang kerang Ale-ale maka semakin mudah atom karbon berdifusi ke dalam baja ST-37. Pengujian kekerasan yang dilakukan pada spesimen *carburizing* menghasilkan distribusi kekerasan yang berbeda dari bagian permukaan menuju inti. Hasil pengujian kekerasan mikro material *carburizing* dengan variasi komposisi katalisator cangkang kerang Ale-ale 10%,

20% dan 30%. Perbedaan tingkat kekerasan tersebut dipengaruhi oleh variasi komposisi katalisator yang digunakan selama proses pengarbonan, sehingga atom C yang

terdistribusi semakin banyak yang mempengaruhi peningkatan kekerasan.

Katalisator	Permukaan Spesimen	Spesimen yang Dibelah (kedalaman difusi)
10%		
20%		
30%		

Gambar 3 Hasil Pengamatan Struktur Mikro Baja ST- 37 setelah Proses *Carburizin*

KESIMPULAN

- Proses *carburizing* menggunakan arang cangkang kemiri, katalisator cangkang kerang Ale-ale dan *quenching* menggunakan air garam dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja ST 37.

- Peningkatan nilai kekerasan rata-rata baja ST 37 hasil carburaizing terdapat pada spesimen 10% cangkang kerang Ale-ale sebesar 99,6 HRB sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada komposisi 30% cangkang kerang Ale-ale sebesar 118,4 HRB.
- Hasil pengamatan struktur mikro pada permukaan spesimen menunjukkan fasa martensit, semakin banyak fasa martensit yang terbentuk menyebabkan tingkat

kekerasan permukaan semakin tinggi sama dengan meningkatnya komposisi katalisator cangkang kerang Ale-ale.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Effendi, R., Hermanto, H., Makhsud, A., & Sungkono, S. 2020. Analisis Karakteristik Briket dari Cangkang Kemiri sebagai Bahan Bakar Alternatif. *J-Move: Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 31 – 36.
- [2]. Handoko, D. Vivaldi, V. 2020. Pengaruh Paduan Arang Aktif Kayu Belian/ulin dan Katalisator Kerang Ale-Ale pada Proses Pack Carburizing terhadap Perubahan Komposisi dan Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah (Low Carbon steel) ST 37. *Vokasi: Jurnal Publikasi Ilmiah*. 15 (2): 57-64.
- [3]. Riyanto, N. Akbar, A. Y. 2009. Super Jenius Olimpiade Kimia SMA Nasional dan Internasional. Yogyakarta: Pustaka Widyatama.
- [4]. Sofyan, B. T. (2021). Pengantar Material Teknik Edisi Kedua. Bogor: UNHAN RI PRESS.
- [5]. Utami, L. P., Istana, B., 2019. Analisis Pengaruh Variasi Komposisi Katalis pada Proses Pack Carburizing Baja Karbon Rendah terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro. *Jurnal Surya Teknika*. 6 (1):26-31.
- [6]. Zainuri, A., Setyawan, P. D., & Atmam, P. 2011. Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja AISI 1018 Akibat Proses Pack Carburizing dengan Variasi Konsentrasi Serbuk Cangkang Keong Emas. *Dinamika Teknik Mesin*, 1(1).
- [7]. Zubaydi, A. Budipriyanto, A. 2020. Material *Sandwich* Teori, Desain dan Aplikasi. Surabaya: Airlangga University Press