

SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBON RENDAH DENGAN PERLAKUAN CARBURIZING ARANG BAMBU

Muhammad Rizqi Karim¹, Supriyono²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : D200120035@student.ums.ac.id

Abstrak

Pack carburizing merupakan metode karburisasi yang paling sederhana, yaitu menggunakan serbuk arang sebagai penambahan unsur Karbon. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan sifat-sifat dari baja, baik sifat fisis maupun sifat mekanis setelah mengalami proses pack carburizing dengan bahan karbon arang bambu. Pemilihan bahan dilakukan dengan cara menguji baja lunak (mild steel) < 0,3 % C, sebagai raw material dengan alat Optical Emission Spectrometer. Specimen bersama campuran arang bambu dan NaCO₃ dimasukkan dalam gerabah, kemudian dipanaskan dalam dapur pemanas (furnace) pada temperatur 980°C dengan waktu penahan selama 2 jam. Specimen hasil pack carburizing diuji kekerasannya dengan metode micro Vickers menggunakan alat Micro Hardness Tester, sebanyak 9 titik. Untuk pengamatan struktur mikro digunakan alat Inverted Metallurgical Microscope. Hasil pengujian komposisi kimia unsur yang paling banyak setelah besi (Fe= 98,83%) adalah mangan (Mn= 0,264%), unsur mangan (Mn) kurang dari 8,0%, sehingga raw material ini termasuk dalam baja paduan rendah. Hasil pengamatan struktur mikro raw material lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Sedangkan struktur mikro pack carburizing 2 jam dengan menggunakan media arang bambu lebih banyak kristal perlit dibandingkan ferrit. Hal ini menunjukkan bahwa benda kerja baja mengalami peningkatan nilai kekerasan setelah mengalami proses carburizing. Hasil pengujian kekerasan pada raw materials memiliki nilai kekerasan Vickers rata-rata sebesar 183.817 VHN. Sedangkan kekerasan rata-rata benda setelah mengalami proses carburizing dengan media arang bambu sebesar 219.085 VHN. Jadi benda kerja setelah di carburizing mengalami peningkatan kekerasan sebesar 19,18%

Kata kunci : Baja lunak, Pack Carburizing, Arang bambu

Abstract

Pack carburizing is the simplest carburizing method, using charcoal powder as the carbon addition. The purpose of this study was to determine the changes in steel properties, both physical and mechanical, after undergoing pack carburizing with bamboo charcoal as the carbon source. Material selection was carried out by testing mild steel (<0.3% C) as the raw material using an Optical Emission Spectrometer. The specimens, along with a mixture of bamboo charcoal and NaCO₃, were placed in an earthenware vessel and heated in a furnace at 980°C for 2 hours. The hardness of the pack carburized specimens was tested using the micro Vickers hardness tester at nine points. An inverted metallurgical microscope was used to observe the microstructure. Chemical composition testing revealed that the most abundant element after iron (Fe = 98.83%) was manganese (Mn = 0.264%). The manganese (Mn) content was less than 8.0%, making this raw material a low-alloy steel. Microstructure observations showed that the raw material contained more ferrite crystals than pearlite crystals. Meanwhile, the microstructure of the 2-hour pack carburizing process using bamboo charcoal media contained more pearlite crystals than ferrite. This indicates that the steel workpiece experienced an increase in hardness after the carburizing process. The hardness test results for the raw material showed an average Vickers hardness of 183.817 VHN. The average hardness after carburizing with bamboo charcoal media was 219.085 VHN. Therefore, the workpiece experienced a 19.18% increase in hardness after carburizing.

Keywords: soft steel, Pack Carburizing, bamboo charcoal

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut ketersediaan material dengan kualitas yang baik, khususnya dalam bidang teknik dan industri. Baja karbon rendah merupakan salah satu material yang banyak digunakan karena memiliki keuletan yang tinggi, mudah dibentuk, serta relatif murah. Namun, baja karbon rendah memiliki kelemahan berupa kekerasan dan ketahanan aus yang rendah sehingga tidak dapat langsung diaplikasikan pada komponen mesin yang bekerja dengan beban gesek tinggi (Amstead et al., 1995; Budinski & Budinski, 1999).

Untuk meningkatkan sifat mekanik tersebut, salah satu metode yang banyak digunakan adalah proses *carburizing*. Proses ini bertujuan menambah kandungan karbon pada permukaan baja sehingga terjadi peningkatan kekerasan di permukaan, sementara bagian dalam baja tetap ulet. Metode *pack carburizing* merupakan teknik yang sederhana dan ekonomis karena menggunakan media arang sebagai sumber karbon (Akay et al., 2008).

Media karburasi yang digunakan dapat memengaruhi hasil proses, di antaranya arang kayu, tempurung kelapa, maupun variasi bahan organik lainnya (Nurharyanto, 2008; Oggo et al., 1996). Pada penelitian ini digunakan arang bambu yang dicampur dengan natrium karbonat (Na_2CO_3) sebagai *energizer*, dengan tujuan meningkatkan difusi karbon ke permukaan baja.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, rumusan masalah yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Bagaimana pengaruh proses *pack carburizing* menggunakan media arang bambu terhadap sifat fisis baja karbon rendah?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur dan waktu penahanan pada proses *carburizing* terhadap sifat mekanis, khususnya kekerasan dan ketahanan aus baja karbon rendah?
3. Apakah penggunaan campuran arang bambu dengan natrium karbonat (Na_2CO_3) sebagai *energizer* mampu meningkatkan difusi karbon pada permukaan baja?
4. Bagaimana perbandingan sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah sebelum dan sesudah diberi perlakuan *carburizing*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh media karburasi arang bambu terhadap perubahan sifat fisis baja karbon rendah.
2. Menganalisis pengaruh variasi temperatur dan waktu penahanan pada proses *pack carburizing* terhadap sifat mekanis baja karbon rendah.
3. Mengevaluasi peran natrium karbonat (Na_2CO_3) sebagai *energizer* dalam meningkatkan difusi karbon ke permukaan baja.
4. Membandingkan sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah sebelum dan sesudah diberi perlakuan *carburizing*.

2. METODE

2.1 Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,3%. Material ini dipilih karena meskipun memiliki keuletan tinggi dan mudah dibentuk, tetapi kekerasan serta ketahanan ausnya relatif rendah sehingga memerlukan perlakuan *carburizing* (Amstead

et al., 1995; Budinski & Budinski, 1999).

Media karburasi yang digunakan adalah arang bambu yang telah dihaluskan, dicampur dengan natrium karbonat (Na_2CO_3) sebagai energizer. Arang bambu dipilih karena kandungan karbonnya tinggi dan relatif mudah diperoleh, sedangkan Na_2CO_3 digunakan untuk mempercepat proses difusi karbon ke permukaan baja (Nurharyanto, 2008).

2.2 Peralatan

Proses *carburizing* dilakukan dengan metode pack carburizing, yaitu memasukkan benda uji baja karbon rendah ke dalam kotak logam yang berisi campuran arang bambu dan Na_2CO_3 , kemudian dipanaskan pada temperatur tertentu. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Tungku pemanas dengan kontrol temperatur,
2. Kotak baja sebagai wadah karburasi,
3. Alat uji kekerasan Rockwell,
4. Mikroskop optik untuk pengamatan struktur mikro,
5. Mesin uji aus (*wear tester*).

2.3 Prosedur Penelitian

1. Persiapan Spesimen
Baja karbon rendah dipotong sesuai dimensi benda uji, kemudian dibersihkan dari kotoran dan minyak untuk memaksimalkan proses difusi karbon.
2. Proses Carburizing
Spesimen baja dimasukkan ke dalam kotak baja yang telah diisi campuran arang bambu dan Na_2CO_3 dengan perbandingan tertentu. Proses pemanasan dilakukan pada temperatur yang telah ditentukan (misalnya 850–950 °C) dengan variasi waktu penahanan sesuai rancangan percobaan (Akay et al., 2008).
3. Pendinginan
Setelah proses penahanan selesai, spesimen dikeluarkan dari tungku dan didinginkan dengan udara hingga mencapai temperatur ruang.
4. Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis
 - a. Uji Kekerasan dilakukan menggunakan metode Rockwell untuk mengetahui peningkatan kekerasan permukaan setelah proses *carburizing*.
 - b. Uji Aus dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan aus material.
 - c. Pengamatan Mikrostruktur dilakukan dengan mikroskop optik untuk melihat distribusi karbon pada permukaan baja serta perubahan fasa akibat perlakuan.

2.4 Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur, waktu penahanan, serta komposisi media karburasi terhadap sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah. Hasil pengujian dibandingkan dengan literatur terkait mengenai pengaruh media arang dan energizer dalam proses *carburizing* (Nurharyanto, 2008; Oggo et al., 1996).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Komposisi Kimia

Hasil uji komposisi awal baja karbon rendah menunjukkan kandungan karbon (C) kurang dari 0,3%, sehingga termasuk dalam kategori baja karbon rendah. Selain itu, unsur utama lain yang terdeteksi adalah Fe sebagai matriks dominan, dengan kandungan unsur Mn, Si, dan S dalam jumlah kecil. Kandungan karbon yang rendah inilah yang menyebabkan baja karbon rendah memiliki sifat ulet, mudah

dibentuk, tetapi dengan kekerasan dan ketahanan aus yang rendah (Amstead et al., 1995; Budinski & Budinski, 1999).

Setelah perlakuan *pack carburizing* dengan media arang bambu, hasil uji komposisi memperlihatkan peningkatan kandungan karbon pada lapisan permukaan spesimen. Hal ini membuktikan bahwa proses difusi karbon dari media karburasi berlangsung efektif. Kandungan karbon yang meningkat di permukaan baja berperan dalam pembentukan martensit saat pendinginan, sehingga memperkuat kekerasan dan meningkatkan ketahanan aus. Temuan ini konsisten dengan penelitian Nurharyanto (2008), yang melaporkan bahwa penggunaan arang sebagai media karburasi mampu meningkatkan kadar karbon permukaan baja secara signifikan.

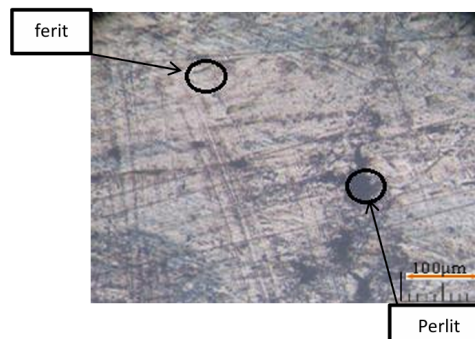
Tabel 1. Uji komposisi kimia

UNSUR	KOMPOSISI	UNSUR	Komposisi
Fe	98.83	Mo	0.022
C	0.170	Cu	0.071
Si	0.235	Pb	0.0029
Mn	0.264	V	0.089
P	0.008	Ti	0.003
S	0.012	Nb	0.016
Ni	0.000	Al	0.026
Cr	0.040	W	0.000

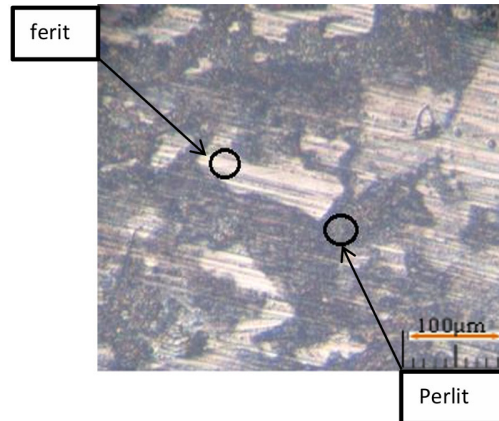
3.2 Hasil Uji Struktur Mikro

Analisis mikrostruktur menunjukkan bahwa pada baja karbon rendah tanpa perlakuan, struktur didominasi oleh fasa ferit dan perlit. Setelah perlakuan karburasi, terlihat terbentuknya lapisan difusi karbon di permukaan baja. Lapisan ini semakin tebal dengan meningkatnya temperatur dan waktu penahanan, yang mengindikasikan bahwa difusi karbon berlangsung lebih optimal pada kondisi tersebut.

Menurut Akay et al. (2008), proses *pack carburizing* dengan media organik dapat menghasilkan kedalaman difusi karbon yang signifikan bila dilakukan pada temperatur tinggi dan waktu penahanan yang cukup. Hasil penelitian ini mendukung temuan tersebut, di mana penggunaan arang bambu sebagai sumber karbon mampu menghasilkan peningkatan kedalaman difusi dan perubahan mikrostruktur pada baja.



Gambar 1. Struktur mikro Raw material

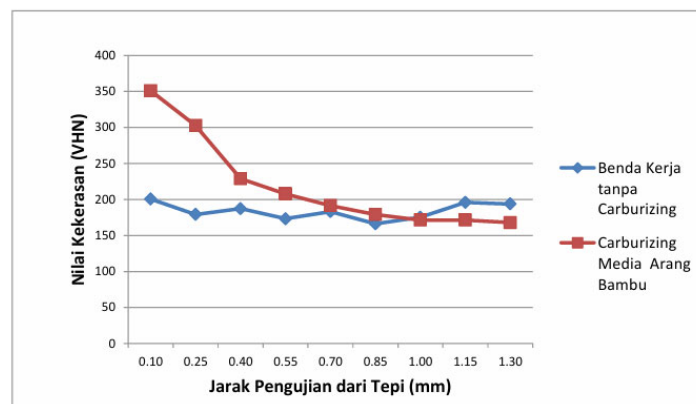


Gambar 2. Struktur mikro setelah carburizing dengan penahanan 2 jam

3.3 Hasil Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan Rockwell menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada spesimen baja karbon rendah setelah diberi perlakuan *carburizing* menggunakan media arang bambu dengan penambahan Na_2CO_3 sebagai *energizer*. Pada spesimen tanpa perlakuan, nilai kekerasan relatif rendah karena kandungan karbonnya <0,3%. Setelah proses karburasi, nilai kekerasan meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur dan waktu penahanan.

Peningkatan ini terjadi karena atom karbon dari media karburasi berdifusi masuk ke permukaan baja, sehingga kandungan karbon meningkat pada lapisan permukaan. Lapisan yang kaya karbon ini kemudian membentuk martensit setelah pendinginan, yang meningkatkan kekerasan baja. Hal ini sesuai dengan teori dasar proses *carburizing* yang menyatakan bahwa perlakuan ini efektif untuk memperbaiki kekerasan permukaan baja karbon rendah (Amstead et al., 1995; Budinski & Budinski, 1999).



Gambar 3. Perbandingan kekerasan benda kerja waktu penahanan 2 jam

3.4 Hasil Uji Aus

Pengujian ketahanan aus memperlihatkan bahwa baja karbon rendah yang telah mengalami karburasi memiliki ketahanan aus lebih baik dibandingkan baja tanpa perlakuan. Semakin tinggi temperatur karburasi (misalnya pada 950 °C) dan semakin lama waktu penahanan, semakin kecil volume keausan yang terjadi. Hal ini membuktikan adanya hubungan langsung antara peningkatan kekerasan permukaan dengan ketahanan aus material.

Fenomena tersebut sejalan dengan hasil penelitian Oggo et al. (1996), yang menunjukkan bahwa penggunaan media karburasi dengan kandungan karbon tinggi mampu meningkatkan ketahanan aus baja melalui pembentukan lapisan kaya karbon di permukaan. Dengan demikian, arang bambu berpotensi menjadi alternatif media karburasi yang ekonomis dan ramah lingkungan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan arang bambu sebagai media karburasi dengan tambahan Na_2CO_3 efektif meningkatkan sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah. Kekerasan meningkat karena terbentuknya martensit pada lapisan permukaan, ketahanan aus membaik akibat peningkatan kekerasan, dan mikrostruktur menunjukkan distribusi karbon yang lebih merata.

Metode ini memberikan alternatif yang lebih ekonomis dibandingkan media karburasi berbasis bahan kimia sintesis, serta mendukung pemanfaatan bahan organik lokal. Hal ini sejalan dengan penelitian Nurharyanto (2008), yang menyatakan bahwa variasi media organik dapat digunakan sebagai sumber karbon pada proses karburasi.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa proses pack carburizing dengan media arang bambu dapat meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, serta kualitas lapisan permukaan baja karbon rendah, sehingga material ini lebih layak digunakan untuk komponen mesin yang mengalami beban gesek tinggi.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Komposisi kimia baja karbon rendah menunjukkan kadar karbon awal <0,3%, sehingga termasuk baja karbon rendah dengan sifat ulet namun kekerasan rendah. Setelah proses karburasi, kandungan karbon pada lapisan permukaan meningkat, membuktikan terjadinya difusi karbon dari media arang bambu.
2. Nilai kekerasan permukaan meningkat signifikan setelah perlakuan karburasi. Peningkatan temperatur dan waktu penahanan menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi akibat terbentuknya lapisan martensit pada permukaan baja (Amstead et al., 1995; Budinski & Budinski, 1999).
3. Ketahanan aus baja karbon rendah membaik setelah karburasi. Volume keausan menurun seiring dengan peningkatan temperatur dan waktu penahanan, yang menunjukkan bahwa peningkatan kekerasan berbanding lurus dengan daya tahan material terhadap gesekan (Oggo et al., 1996).
4. Mikrostruktur baja karbon rendah berubah setelah karburasi, ditandai dengan terbentuknya lapisan kaya karbon di permukaan yang semakin tebal pada temperatur dan waktu penahanan tinggi. Perubahan ini mengindikasikan difusi karbon berlangsung efektif (Akay et al., 2008).

DAFTAR PUSTAKA

- Akay, A., Sahin, Y., & Misirli, C. (2008). Effect of carburizing on the wear behavior of AISI 1020 and AISI 1040 steels. *Materials and Design*, 29(3), 887–893.
- Amstead, B. H., Ostwald, P. H., & Begeman, M. L. (1995). *Teknologi Mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- Budinski, K. G., & Budinski, M. K. (1999). *Engineering Materials: Properties and Selection* (6th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Nurharyanto, L. (2008). Pengaruh media karburasi arang terhadap sifat mekanik baja karbon rendah. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 55–62.
- Oggo, I., Siregar, H., & Tobing, M. (1996). Pengaruh variasi media karburasi terhadap kekerasan baja karbon rendah. *Jurnal Material Teknik*, 4(1), 25–32.