



Research article

Analisis Sifat Mekanis Baja ST60 Setelah Mengalami Pack Carburizing Karbon Variasi Temperatur 700^o, 800^o, 850^o, 900^o

Pramuko Ilmu Purboputro^{1,}, Subroto¹, Sartono Putro¹*

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

**Corresponding author: pip272@ums.ac.id*

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 10 October 2024

Revised : 18 February 2025

Accepted : 19 February 2025

Available online: 19 February 2025

Keywords: *Solid Carburizing, Hardness, Microstructure Change*

Kata Kunci: *Solid Carburizing, Kekerasan, Perubahan Mikrostruktur*

ABSTRACT

Solid carburization can increase the hardness and wear resistance of steel compared to other methods. In this study, carburizing was carried out using temperatures of 700^o, 800^o, 850^o, 900^o. With this number of variations, the researcher will analyze the physical properties and mechanical properties of ST60 steel after undergoing carbon pack carburizing. In the Rockwell hardness test, the ASTM E 140-02 standard is used. In the Rockwell hardness test results, the hardness value of the raw material before pack carburizing increased after the material was carburized. Thus, the temperature in the carburizing process affects the hardness of the material. Then in the results of the raw material microstructure test, there are more ferrite crystals than pearlite. While the microstructure in pack carburizing has more pearlite crystals than ferrite. This shows that the steel workpiece has increased hardness after undergoing the carburizing process.

ABSTRAK

Karburisasi padat mampu meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus dari baja dibandingkan dengan metode lain. Pada penelitian ini dilakukan carburizing dengan menggunakan suhu temperatur 700^o, 800^o, 850^o, 900^o. Dengan jumlah variasi tersebut, maka peneliti akan melakukan analisis sifat fisis dan sifat mekanis pada baja ST60 setelah mengalami pack carburizing karbon. Pada pengujian kekerasan Rockwell digunakan standar ASTM E 140-02. Pada hasil uji kekerasan Rockwell, nilai kekerasan raw material sebelum pack carburizing meningkat setelah material diberi perlakuan

carburizing. Suhu temperatur pada proses carburizing mempengaruhi kekerasan material. Kemudian pada hasil uji struktur mikro raw material lebih banyak Kristal ferit dibandingkan dengan perlit. Sedangkan struktur mikro pada pack carburizing lebih banyak kristal perlit dibandingkan dengan ferit. Hal ini menunjukkan bahwa benda kerja baja mengalami peningkatan kekerasan setelah mengalami proses carburizing.

1. PENDAHULUAN

Baja karbon merupakan produk dari industri-industri logam. Baja karbon ini dibagi ke dalam tiga kelompok besar berdasarkan besarnya jumlah kandungan unsur karbon (C) di dalamnya, yaitu baja karbon tinggi, baja karbon sedang, dan baja karbon rendah yang ketiganya memiliki karakteristik dan penggunaan yang berbeda-beda. Di lingkungan industri sering juga ditemui banyak komponen mesin atau alat mengalami perlakuan berat akibat adanya gesekan, puntiran, dan tekanan tinggi [1]. Karburisasi adalah metode perlakuan panas yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan aus dari baja karbon dan ini dapat dilakukan dengan salah satu dari tiga metode karburasi cair, karburasi padat dan karburasi gas [2].

Berdasarkan uraian referensi di atas sebagai acuan belum menyebutkan tentang carburizing menggunakan suhu temperatur yang di pakai untuk carburizing, maka pada penelitian ini mengusulkan carburizing dengan menggunakan suhu temperatur 700°, 800°, 850°, 900°. Dengan jumlah variasi tersebut, maka peneliti akan melakukan penelitian yang berjudul Analisis Sifat Fisis dan Sifat Mekanis pada Baja St60 Setelah mengalami Pack Carburizing Karbon Variasi Temperatur 700°, 800°, 850°, 900°[3].

2. METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian yang disampaikan pada naskah ini secara lengkap tergambar pada diagram alir di Gambar 1. Proses dibuat berurutan sedemikian rupa agar mampu memberikan gambaran secara utuh mengenai bagaimana proses perancangan sistem otomatis berbasis PLC pada mesin injeksi cetak plastik tipe vertikal dilakukan pada penelitian ini.

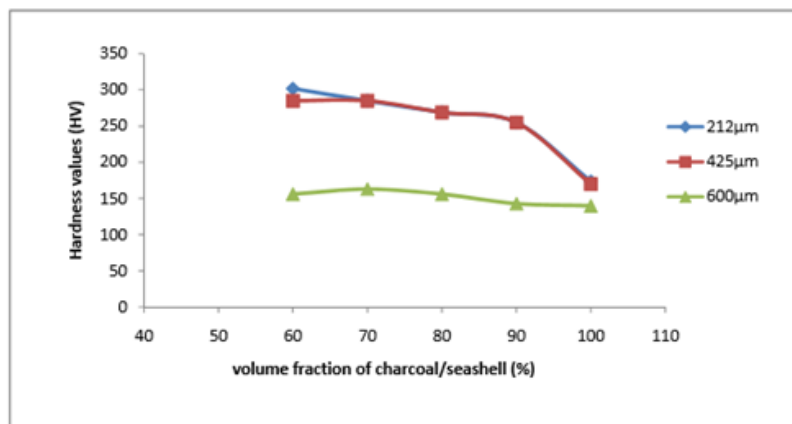
Selanjutnya, untuk membuat suatu mesin injeksi cetak plastik tipe vertikal yang otomatis, maka diperlukan sistem pengkabelan yang dibuat sesederhana mungkin, namun sesuai dengan kebutuhan. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah *wiring diagram*. *Wiring diagram* adalah representasi visual dari instalasi kabel dalam suatu sistem kelistrikan. Diagram ini menggambarkan koneksi kabel dan perangkat yang digunakan dengan menggunakan simbol-simbol yang merujuk pada perangkat kelistrikan. Setiap perangkat memiliki kode alamat yang bertujuan untuk memudahkan pembacaan rangkaian pada sistem elektrik tersebut, sehingga memfasilitasi pemahaman teknisi/pengguna gambar terhadap sistem rangkaian. Dengan demikian, *wiring diagram* mempermudah dalam melakukan perbaikan saat terjadi kerusakan pada sistem. Gambar 2 merupakan *wiring diagram* yang digunakan dalam perancangan sistem PLC pada mesin injeksi plastik tipe vertikal.

Dalam perancangan ini, sistem direalisasikan melalui pembuatan desain mesin dan instalasi perangkat. Sistem diatur menggunakan sensor sebagai masukan yang dipasang pada silinder piston pneumatik dan pemanas (*heater*). Sedangkan luarannya difokuskan pada pengoperasian *heater* dan katup solenoid untuk mengatur suhu pencetakan dan menggerakkan silinder pneumatik. Plastik yang dipanaskan di atas titik lelehnya akan meleleh dan mengalami proses pencairan serta dekomposisi komposisi pembentukannya. Proses dekomposisi ini dipengaruhi oleh laju aliran panas dan pemutusan ika. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis pada

baja ST60 setelah mengalami pack carburizing. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah proses pack carburizing dengan perlakuan temperatur 700°, 800°, 850°, 900°. Proses pack carburizing specimen, pengujian mikrografi dan pengujian kekerasan rockwell dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Material yang disiapkan untuk melakukan penelitian ini adalah silinder baja dengan diameter 28 mm x tebal 4 mm, serbuk arang sekam padi sebagai karbon aktif. Material yang sudah dipotong dengan ketebalan \pm 4 mm dimasukan ke dalam tungku pemanas dan dipanaskan dengan suhu 700°, 800°, 850°, dan 900°C dengan mesin Digital Muffle Furnaces F-14 60 Hz. Pemanasan dilakukan untuk mencapai fasa austenit dan apabila dicampur dengan karbon, maka karbon dapat masuk ke permukaan specimen[4].

Pada saat specimen dipanaskan, specimen dimasukkan ke pack atau peti untuk mencampur karbon dengan specimen. Pack tersebut berisi specimen dan karbon aktif. Adapun tahapan proses pack Carburizing yakni menyiapkan Spesimen 4 buah, arang sekam padi 140 mesh dengan suhu 700°, 800°, 850°, 900° dan kendi 4 buah. Setiap kendi berisi arang sekam padi dengan ukuran mesh yang berbeda dan diisi 1 buah specimen. Setelah semuanya siap, memasukkan kendi ke dalam tungku pemanas atau furnace naber. Proses pemanasan berjalan selama 60 menit. Proses pack carburizing dapat dilihat pada gambar.tan rantai molekul.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui percobaan menggunakan program PLC dan uji coba sistem pada alat injeksi cetak plastik tipe vertikal. PLC diprogram menggunakan diagram *ladder* sesuai dengan perangkat yang digunakan dan gerak serta sistem kontrol mesin yang diinginkan. Sebagai contoh, piston pendorong injeksi akan bergerak maju saat temperatur mencapai titik leleh bahan plastik yang disesuaikan, dengan sistem jeda yang diatur melalui pewaktu pada PLC. Data tambahan yang diperlukan untuk pengoperasian perangkat yaitu berupa titik leleh pada polimer tertentu, mengingat masing-masing polimer seperti *polypropylene* (PP), *polyethylene* (PE), *polystyrene* (PS), *polymethylmethacrylate* (PMMA), *high density polyethylene* (HDPE), dan *polyvinyl chloride* (PVC) memiliki titik lelehnya masing-masing.



Gambar 1. Hubungan antara kekerasan dan ukuran partikel energizer setelah 4 jam pada 950°C.

2.1 Pengujian Foto Mikro

Pengujian ini dilakukan untuk melihat perubahan butir pada material baja karbon setelah mengalami proses pack carburizing dengan arang sekam padi 140 mesh dengan suhu 700°, 800°, 850° dan 900°. Mikroskop digunakan untuk melakukan observasi dengan meletakkan specimen uji

yang telah dietsa pada kedudukan mikroskop. Perbesaran yang digunakan adalah 200X. Kemudian dipasang optilab agar gambar terlihat pada layar monitor computer. Pemotretan atau pengambilan gambar dilakukan secara langsung menggunakan software optilab view menggunakan laptop yang terhubung dengan optilab pada mikroskop. Pengambilan gambar dilakukan pada spesimen baja karbon setelah mengalami pack carburizing.

2.2 Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (spesimen) yang berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin Spektrometer Thermo ARL 3560 OES dan memberikan hasil pembacaan secara otomatis kandungan komposisi kimia pada material sebelum mengalami heat treatment dan setelah mengalami heat treatment yang ditunjukkan pada Table 1. dibawah ini

Tabel 1. Komposisi Kimia Material

Unsur	Hasil Uji (%)	
	Sebelum heat treatment	Sesudah heat treatment
Fe	97,475	98,20
C	0,40	0,4779
Si	0,24	0,1040
S	0,013	0,0056
P	0,0015	0,0149
Mn	0,70	0,7353
Ni	0,02	0,0284
Cr	0,99	0,3316
Mo	0,163	0,0203
Cu	0	0,0466

Dari hasil pengujian komposisi kimia material setelah dilakukan proses pack carburizing makan termasuk golongan baja karbon sedang ($0,3 > C > 0,6\% C$), dengan penyusun utama Besi (Fe) sebesar 98,20% berpengaruh pada kekuatan dan kekerasan. Karbon (C) 0,4779% bertambah nilai kekerasan baja sebesar 0,0779% dengan sebelum diberi perlakuan pack carburizing 0,4%. Silika (Si) sebesar 0,1040% menambah kekuatan baja. Mangan (Mn) sebesar 0,7353% untuk memperbaiki dan meningkatkan kekuatan, kekerasan dan keuletan. Phospor (P) sebesar 0,0149% menjadikan baja lebih getas. Sulfat (S) sebesar 0,0056% meningkatkan sifat mampu mesin. Khrom (Cr) sebesar 0,3316% meningkatkan kekuatan tarik, mampu keras, tahan korosi serta tahan pada suhu tinggi. Molibdenum (Mo) sebesar 0,0203% menambah ketahanan terhadap suhu tinggi. Nikel (Ni) sebesar 0,0284% meningkatkan sifat keuletan dan tahan karat. Tembaga (Cu) sebesar 0,0466% meningkatkan daya penghantar listrik, daya hantar panas dan tahan karat. Dari hasil pengujian komposisi kimia material setelah dilakukan proses pack carburizing makan

termasuk golongan baja karbon sedang ($0,3 > C > 0,6\%C$), dengan penyusun utama Besi (Fe) sebesar 98,20% berpengaruh pada kekuatan dan kekerasan. Karbon (C) 0,4779% bertambah nilai kekerasan baja sebesar 0,0779% dengan sebelum diberi perlakuan pack carburizing 0,4%. Silika (Si) sebesar 0,1040% menambah kekuatan baja. Mangan (Mn) sebesar 0,7353% untuk memperbaiki dan meningkatkan kekuatan, kekerasan dan keuletan. Fosfor (P) sebesar 0,0149% menjadikan baja lebih getas. Sulfat (S) sebesar 0,0056% meningkatkan sifat mampu mesin. Khrom (Cr) sebesar 0,3316% meningkatkan kekuatan tarik, mampu keras, tahan korosi serta tahan pada suhu tinggi. Molibdenum (Mo) sebesar 0,0203% menambah ketahanan terhadap suhu tinggi. Nikel (Ni) sebesar 0,0284% meningkatkan sifat keuletan dan tahan karat. Tembaga (Cu) sebesar 0,0466% meningkatkan daya penghantar listrik, daya hantar panas dan tahan karat[4][5][6].

3.2 Pengujian Kekerasan Rockwell

Kekerasan permukaan material di uji dengan menggunakan metode Hardness Rockwell. Pada uji Hardness Rockwell digunakan skala C dengan beban (P) major 60 kgf. Pengujian dilakukan pada kelima spesimen yaitu diantaranya raw material dan setelah mengalami carburizing dengan suhu 700°, 800°, 850° dan 900°. Pengujian diatas dilakukan pada masing- masing bahan uji sebanyak 3 titik sampel kemudian diambil nilai rata-ratanya[7]. Hasil kekerasan pada baja karbon sebelum dan sesudah carburizing dapat dilihat pada Tabel 2.

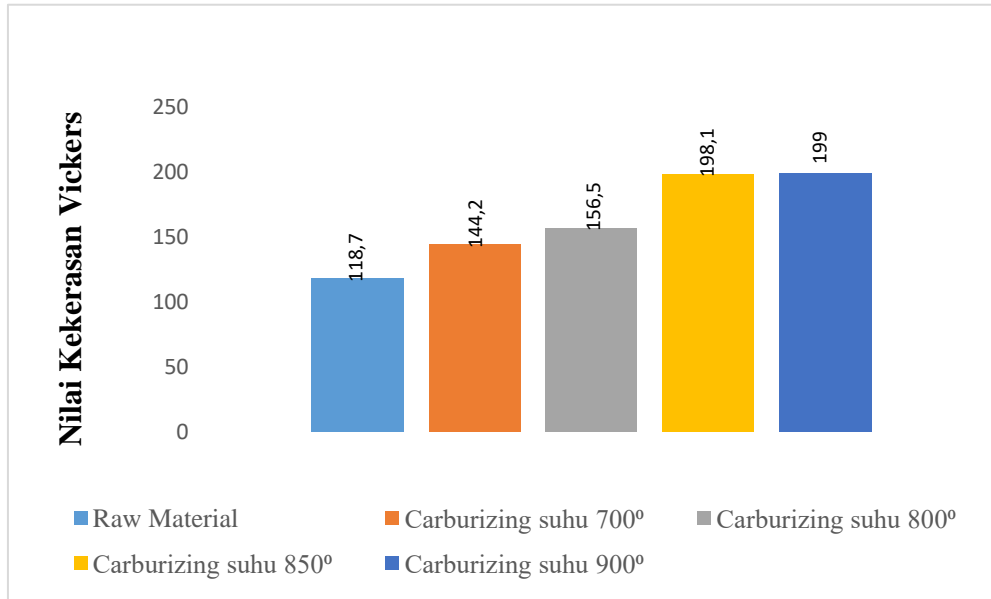
Tabel 2. Hasil Carburizing terhadap Suhu Carburizing

No	Raw Material	Carburizing suhu 700°	Carburizing suhu 800°	Carburizing suhu 850°	Carburizing suhu 900°
	HRB	HRA	HRA	HRA	HRA
1	65	43,9	48,2	55,7	57,2
2	68	48,7	54,2	56,7	57,0
3	67	52,2	49,4	58,0	56,8
Rata- rata	66,7	48,2	50,6	56,8	57,0

Untuk mempermudah analisa mengenai hasil kekerasan dari raw material dan material setelah carburizing maka hasil kekerasan Rockwell dikonversikan ke Vickers Hardness Number (VHN) sesuai dengan ASTM E 140-02. Maka diperoleh tabel sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan Dikonversi ke Vickers (Vhn) Sebelum dan Sesudah Carburizing

No	Raw Material	Carburizing suhu 700°	Carburizing suhu 800°	Carburizing suhu 850°	Carburizing suhu 900°
	VHN	VHN	VHN	VHN	VHN
1	116	123,2	143,4	189,6	200,7
2	121	144,8	176,6	196,0	200
3	119	164,6	149,9	208,9	196,3
Rata-Rata	118,7	144,2	156,5	198,1	199



Gambar 2. Grafik hasil pengujian kekerasan menggunakan Rockwell dikonversi ke Vickers (VHN) sebelum dan sesudah carburizing

Terlihat bahwa nilai kekerasan raw material sebelum carburizing adalah 66,7 HRB, nilai kekerasan meningkat setelah material baja ST 60 diberi perlakuan carburizing dan penambahan karbon arang sekam padi dengan suhu 700° sebesar 48,2 HRA. Lalu pada carburizing dengan penambahan karbon suhu 800° menunjukkan nilai sebesar 50,6 HRA, meningkat lagi pada penambahan karbon dengan suhu 850° yaitu sebesar 56,8 HRA dan pada carburizing dengan karbon suhu 900° semakin meningkat menjadi 57,0 HRA. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran butir karbon yang semakin kecil membuat permukaan baja ST 60 semakin keras. Hal ini sesuai dengan penelitian [6] yaitu semakin kecil butir karbon maka kekerasan permukaan baja akan semakin meningkat.

Dari penelitian yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa kecil ukuran karbon maka dapat menaikkan kekerasan karena mengakibatkan pengecilan pada butir. Selain itu proses pack carburizing sangat efektif untuk menaikkan kekerasan karena terdapat energi ikat yang kuat antara dislokasi dan atom karbon. Peningkatan kekerasan diakibatkan dislokasi atom karbon yang besar dan gaya ikat yang tinggi antara dislokasi dan atom karbon.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis data hasil pengamatan komposisi kimia, struktur mikro dan kekerasan rockwell dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian kekerasan rockwell, nilai kekerasan raw material sebelum dicarburizing dan normalizing adalah 66,7 HRB, nilai kekerasan meningkat setelah material diberi perlakuan carburizing dengan suhu 700° dan normalizing sebesar 48,2 HRA, pada penambahan karbon dengan suhu 850° menunjukkan nilai sebesar 50,6 HRA, pada penambahan karbon dengan suhu 850° nilai kekerasan meningkat menjadi 56,8 HRA, dan pada penambahan karbon dengan suhu 900° kekerasan meningkat sebesar 57,0 HRA. Dengan demikian suhu tempratur pada proses carburizing mempengaruhi kekerasan material. Pengujian

struktur mikro raw material lebih banyak Kristal ferit dibandingkan dengan perlit. Sedangkan struktur mikro pada pack carburizing lebih banyak Kristal perlit dibandingkan dengan ferit. Hal ini menunjukkan bahwa benda kerja baja mengalami peningkatan kekerasan setelah mengalami proses carburizing.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. B. Ooi, "Effects of graphite oxide and single-walled carbon nanotubes as diesel additives on the performance, combustion, and emission characteristics of a light-duty diesel engine," *Energy*, vol. 161, pp. 70–80, 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.07.062.
- [2] C. Dal et al., "Production of curcumin-resveratrol cocrystal using cocrystallization with supercritical solvent," *J. Supercrit. Fluids*, vol. 171, no. February, p. 105190, 2021, doi: 10.1016/j.supflu.2021.105190.
- [3] F. D'Souza and K. M. Kadish, *Handbook of Carbon Nano Materials Vol. 1 Synthesis and Supramolecular Systems*. 2011.
- [4] P. I. Purboputro et al., "The Effect of the Quenching and Tempering Process on Hardness Value and Medium Carbon Steel Microstructure with Variations in Holding Time of 10 Minutes, 30 Minutes, and 60 Minutes," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2838, no. 1, 2024, doi: 10.1063/5.0180339.
- [5] N. Hu, *Composites and*, vol. 12, no. 2. 2006.
- [6] F. S. Baker, C. E. Miller, A. J. Repik, and E. D. Tolles, *Carbon, Activated*. 2003. doi: 10.1002/0471238961.0103200902011105.a01.pub2.
- [7] R. A. Hutchins, *Activated carbon*. 2018. doi: 10.1142/9789813221918_0005.