

## PENGARUH VARIASI TEKANAN TERHADAP SIFAT KEKERASAN BAJA HASIL PLASMA KARBURASI

Nota Ali Sukarno<sup>1</sup>, Anton Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Mesin Universitas Perwira Purbalingga

notalisukarno@unperba.ac.id

### ABSTRAK

Baja merupakan baja tahan karat jenis martensitik yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi tetapi nilai kekerasannya rendah. Proses Karburising terhadap Baja adalah salah satu cara untuk dapat meningkatkan kekerasannya. Untuk mencapai kekerasan yang maksimal diperlukan parameter yang optimum. Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan material yang tahan terhadap gesekan namun tetap ulet pada tengahnya. Penelitian ini dilakukan dengan variasi tekanan 1.2, 1.6, dan 2.0 mBar dengan suhu 500 °C serta waktu 3 jam. Dari hasil penelitian menunjukkan kekerasan yang terbesar atau optimum diperoleh pada tekanan 1.6 mBar, yaitu pada 201,07 HVN. Kemudian hasil dari pengamatan struktur mikro bahwa lapisan tipis terlihat di bagian luar permukaan dengan unsur karbon yang teridentifikasi sangat tipis. Dari hasil pengujian EDS menghasilkan unsur campuran karbon (C) dengan unsur- unsur lainnya seperti campuran Oksigen (O), Silikon (Si), dan Klorida (Cl) dengan besi (Fe).

**Kata kunci :** Karburising, Tekanan, Kekerasan Vickers, Struktur mikro.

### Abstract

*Steel is a martensitic stainless steel which has corrosion resistance but low hardness. The carburising process of steel is one way to increase its hardness. To achieve maximum hardness, optimum parameters are needed. The purpose of this research is to produce a material that is resistant to friction but remains ductile in the middle. This research was conducted with pressure variations of 1.2, 1.6, and 2.0 mBar with a temperature of 500 C and a time of 3 hours. The results showed that the highest or optimum hardness was obtained at a pressure of 1.6 mBar, namely at 201.07 HVN. Then the results from the observation of the microstructure that a thin layer is seen on the outside of the surface with the identified carbon element being very thin. From the results of the EDS test, it produces a mixture of carbon (C) elements with other elements such as a mixture of Oxygen (O), Silicon (Si), and Chloride (Cl) with iron (Fe).*

**Keywords :** Carburising, Pressure, Vickers Hardness, Microstructure.

### PENDAHULUAN

Baja (DIN 42CrMo4) banyak digunakan dalam aplikasi industri, seperti otomotif, dirgantara, dan industri manufaktur [1]. Baja merupakan material baja tahan karat jenis martensitik, mempunyai sifat ketahanan korosi yang baik tapi nilai kekerasannya rendah dibandingkan baja tahan karat jenis austenit lainnya [2]. Penyumbang terbanyak dalam pembuatan komponen mesin yang salah

satunya adalah baja tahan karat/*Stainless Steel* (SS) adalah unsur dari paduan logam [3]. Kemampuan kekerasan dan ketangguhan yang tinggi dapat diperoleh dari paduan Cr dan Mo pada Baja. Oleh karena itu, paduan ini menjadi salah satu bahan substrat untuk aplikasi keausan abrasif dan perekat [1]. Keunggulan dalam sifat ketahanan korosi dan kekuatan mekanis ada pada paduan nitrogen [4]. Untuk memenuhi sifat-sifat yang

dibutuhkan, maka dalam pembuatan komponen mesin menggunakan logam yang bersifat liat dan tangguh [5].

### KAJIAN LITERATUR

Dalam meningkatkan kualitas permukaan suatu material/komponen sesuai yang diinginkan, salah satunya dengan menggunakan *Surface treatment*. [6]. Digunakannya *Surface treatment* adalah untuk meningkatkan sifat permukaan logam seperti peningkatan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan lelah, ketahanan gesek, ketahanan korosi maupun oksidasi [7].

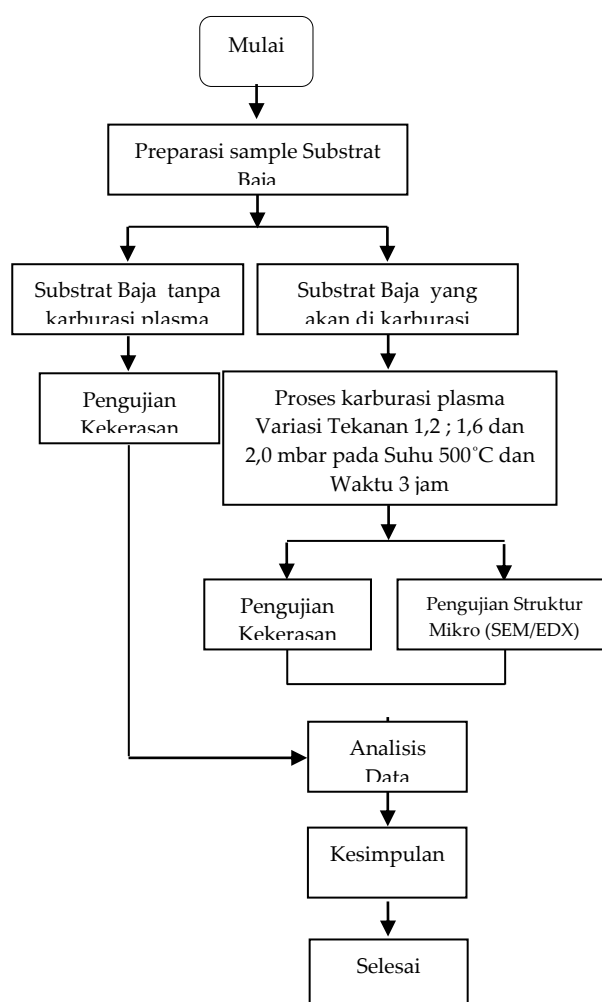
Gas terionisasi dan dikenal sebagai materi fase keempat setelah fase padat, cair, dan gas adalah plasma [8]. Campuran antara elektron yang bermuatan negatif dan ion yang bermuatan positif, yang pada fase ini yang disebut fase plasma dan didefinisikan sebagai gas mempunyai sifat yang berbeda dengan gas dan materi [9]. Waktu pemrosesan yang singkat, struktur metalurgi yang berkualitas, sifat kelelahan yang baik dan akurasi dalam memprediksi kedalaman kekerasan permukaan merupakan keuntungan dari karburasi plasma [10]. Untuk menghilangkan oksida asli ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) pada stainless steel yang menghasilkan penghalang difusi dan mengurangi adhesi antara pelindung dan permukaan baja dapat dilakukan proses karburasi plasma. Untuk menghasilkan lapisan modifikasi yang berkualitas tinggi, ketahanan aus dan korosi. [11].

Walaupun banyak penelitian yang telah dilakukan menggunakan proses karburasi plasma pada berbagai logam, namun proses pemilihan parameter yang optimum tergantung dari jenis dan kondisi bahan itu sendiri. Pada penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekerasan dan struktur mikro dari baja yang telah mengalami proses pelapisan dari metode karburasi plasma. Nilai parameter yang diinginkan pada penelitian ini adalah dengan variasi tekanan, yaitu 1.2; 1.6; dan 2.0 mBar dengan suhu tetap  $500^\circ\text{C}$  dan waktu 3 jam.

### METODE PENELITIAN

Proses karburasi merupakan proses dimana karbon ditambahkan ke dalam permukaan baja, kemudian untuk proses pengerasan permukaan dilakukan dengan pendinginan cepat [11]. Untuk kelarutan karbon yang lebih tinggi proses karburasi plasma biasanya dilakukan pada suhu  $900\text{--}950^\circ\text{C}$  mencapai fase austenitik besi [7].

Penelitian ini dilakukan dengan prosedur penelitian seperti sesuai diagram alir pada Gambar 1. :



Gambar 1. Skema Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam preparasi sampel material Baja dipotong dengan ukuran diameter 3.4 cm dan panjang 19.1 cm, kemudian dibubut dan dipotong kembali dengan ukuran diameter 1.4 cm dan tebal 0.4 cm. Tahap

selanjutnya dilakukan pemolesan menggunakan kertas amplas dengan ukuran mesh 120, 600, 1000, 2000, dan 5000. Selanjutnya sampel sebelum di treatment dengan teknik plasma karburasi dicuci dengan deterjen selama 30 menit menggunakan alat ultrasonic cleaner lalu dibilas dengan air bersih kemudian dibilas dengan cairan alkohol selama 15 menit.

Pembentukan lapisan tipis pada permukaan sampel yaitu dengan metode karburasi plasma, pertama memasukan substrat yang sudah dicuci menggunakan alkohol ke dalam tabung reaktor dan diletakkan di katoda kemudian tutup head reaktor. Setelah itu pasang kembali tegangan tinggi pada head reaktor, lalu katup pembocor di close dan katup buang dalam posisi open. Setelah reaktor plasma dalam keadaan tertutup rapat, saklar utama, saklar instrumen dan saklar vakum dihidupkan. Kemudian tabung reaktor di vakumkan menggunakan pompa rotary hingga mencapai tekanan  $\pm 2.5 \times 10^{-1}$  mbar untuk membersihkan gas-gas yang tersisa di dalam tabung, lalu mengalirkan gas karbon kedalam tabung reaktor dan menghidupkan saklar catu daya. Selanjutnya mengatur tegangan hingga memenuhi nilai parameter yang diinginkan dengan variasi tekanan yang dipakai 1.2; 1.6; dan 2.0 mBar dengan suhu tetap  $500^{\circ}\text{C}$  dan waktu tetap 3 jam.

Setelah selesai proses karburasi plasma, substrat dapat diambil dan dipisahkan menurut parameternya. Kemudian baru dilakukan pengujian selanjutnya yaitu uji kekerasan *Vicker* dan struktur mikro menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*.

Langkah berikutnya adalah uji kekerasan *Vickers* dengan menggunakan indenter standar dan hasilnya sebagian besar kekuatan independen. Dilanjutkan dengan tes Struktur mikro menggunakan scanning electron microscope (SEM). Scanning electron microscopy (SEM) telah banyak digunakan untuk objek pencitraan dengan berbagai dimensi mulai dari

milimeter hingga nanometer. Dibandingkan dengan mikroskopi umum lainnya, SEM menawarkan kombinasi karakteristik pencitraan yang unik termasuk resolusi lateral yang tinggi.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan pembahasan tentang proses pengerasan permukaan atau *Surface treatment* dengan karburasi plasma didapat dari pengambilan data pengujian untuk masing-masing contoh benda uji atau specimen, meliputi uji kekerasan dan uji struktur mikro *Scanning Electron Microscopy (SEM)* setelah melalui proses pembentukan lapisan tipis permukaan specimen Baja.

### A. Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan dilakukan dengan mikro-*Vickers* dengan beban indentasi sebesar 10 gr, jarak  $150\ \mu\text{m}$  dan waktu pembebanan selama 5 detik pada 5 titik sampel. Dimulai pengukuran sisi terluar jarak 10 mm kemudian antara titik ke 2 dan titik-titik selanjutnya  $0.15\ \text{mm}$ .

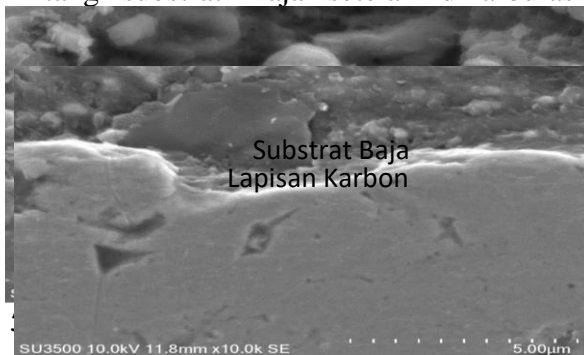
Dari pengujian kekerasan dihasilkan bahwa pada tekanan 1,6 mBar, suhu  $500^{\circ}\text{C}$  waktu 3 jam, kekerasan Baja meningkat dari 130,2 VHN menjadi 201,07 VHN tetapi kekerasannya menurun pada tekanan 2,0 mBar menjadi 170,36 VHN. Dari hasil kekerasan yang diperoleh setelah mengalami tekanan yang bervariasi dari 1,2; 1,6; dan 2,0 mBar, kekerasan optimum diperoleh pada tekanan 1,6 mBar. Disebabkan laju deposisi terlalu besar tetapi laju difusi dan kelarutan secara interstisi atom karbon pada baja tidak dapat mengikuti laju deposisi maka akan terjadi penumpukan atom karbon pada permukaan karena laju deposisi lebih besar dari laju difusi dan kelarutan secara interstisi. Dengan demikian sebagai akibat menumpuknya atom karbon pada permukaan, kekerasan permukaan tidak naik melainkan menurun [12].

## B. Uji SEM-EDX

Tujuan pengujian struktur mikro ini utamanya untuk mengetahui perubahan struktur akibat terbentuknya karbida hasil reaksi karbon dengan logam induk (substrat baja) dan kedalaman difusi karbon yang dideposisikan. Setelah dikarburasi, pada penampang melintang diamati struktur mikro-nya, dilakukan 2 pengamatan, yaitu pengamatan pertama untuk mengamati penampang melintang bahan setelah dikarburasi pada tekanan 1,2 mBar dan kedua pada tekanan 2,0 mBar.

Lapisan Karbon  
Substrat Baja

Gambar 2. Pengamatan SEM tampang-lintang substrat Baja setelah dikarburasi



Dari hasil pengamatan SEM, sampel baja yang sudah diproses karburasi dengan tekanan 1,2 dan 2,0 mBar, pada substrat terbentuklah lapisan tipis. Lapisan karbida dapat terlihat dengan jelas pada tekanan 2,0 mBar, sedangkan pada tekanan 1,2 mBar tidak terlihat jelas. Pembentukan lapisan tipis dapat terjadi karena percikan atom-atom besi yang keluar dari permukaan substrat yang diakibatkan reaksi dari ion-ion karbon dalam fase gas dalam membentuk FeC yang tidak bisa stabil, terkondensasi dipermukaan substrat, melepaskan karbon dan membentuk karbida besi yang stabil.

Dari hasil uji EDS diambil pada bagian substrat yang menghasilkan unsur campuran C, O, Al, Si dan Cl dengan unsur besi (Fe). Substrat bagian dalam prosentasi karbon-nya lebih besar dan kekerasannya naik menjadi 203,02 VHN dari sebelumnya 133,93 VHN [13].

## SIMPULAN

Dari analisa pengujian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Hasil kekerasan pada tekanan 1,2; 1,6 dan 2,0 mBar, kekerasan optimum diperoleh di tekanan 1,6 mbar. Disebabkan karena laju deposisi terlalu besar tetapi laju difusi dan kelarutan secara interstisi atom karbon pada Baja tidak dapat mengikuti laju deposisi maka akan terjadi penumpukan atom karbon pada permukaan karena laju deposisi lebih besar dari laju difusi dan kelarutan secara interstisi. Sebagai akibat menumpuknya atom karbon di permukaan substrat maka kekerasan permukaan tidak naik melainkan menurun [12].
- Lapisan tipis terbentuk pada permukaan substrat baja dapat terlihat dengan berdasarkan hasil pengamatan SEM setelah mengalami proses karburasi di tekanan 1,2 mBar dan 2,0 mBar. Lapisan karbida dapat terlihat dengan jelas pada tekanan 2,0 mBar, sedangkan pada tekanan 1,2 mBar tidak terlihat jelas. Pembentukan lapisan tipis dapat terjadi karena percikan atom-atom besi yang keluar dari permukaan substrat yang diakibatkan reaksi dari ion-ion karbon dalam fase gas dalam membentuk FeC yang tidak bisa stabil, terkondensasi dipermukaan substrat, melepaskan karbon dan membentuk karbida besi yang stabil. Dari hasil uji EDS diambil pada bagian substrat yang menghasilkan unsur campuran C, O, Al, Si dan Cl dengan unsur besi (Fe).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ulutan, O. N. Celik, H. Gasan, and U. Er, "Effect of different surface treatment methods on the friction and wear behavior of AISI 4140 steel," *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 3, pp. 251–257, 2010, doi: 10.1016/S1005-0302(10)60042-4.

- [2] M. Achyarsyah and E. Hidayat, *Analisis Sifat Mekanik Pada Material Aisi 4140 Dan Creusabro 8000 Untuk Aplikasi Gigi Bucket Produksi Pt. Polman Swadaya*, vol. 1, no. 1. 2014.
- [3] H. Setiadi, P. Studi, M. Teknik, S. Pascasarjana, and U. M. Surakarta, "ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK LAPISAN NiCr-Al YANG DIBENTUK DENGAN METODE SPUTTERING PADA BAJA ST 40," 2018.
- [4] F. Bottoli, M. S. Jellesen, T. L. Christiansen, G. Winther, and M. A. J. Somers, "High temperature solution-nitriding and low-temperature nitriding of AISI 316: Effect on pitting potential and crevice corrosion performance," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 431, pp. 24–31, 2018, doi: 10.1016/j.apsusc.2017.06.094.
- [5] Suprpto, Sudjatmoko, and T. Sujitno, "Pengaruh nitridasi plasma terhadap kekerasan aisi 304 dan baja karbon rendah," *J. Iptek Nukl. Ganendra Vol. 13 No. 2 Juli 2010 93-100*, vol. 13, no. 2, pp. 93–100, 2010.
- [6] Suprpto and T. Sujitno, "Pengerasan permukaan baja st 42 dengan teknik nitridasi ion," *Pros. PPI - PDIPTN 2005 Puslitbang Teknol. Maju - BATAN Yogyakarta, 12 Juli 2005*, pp. 51–63, 2005.
- [7] T. Sujitno, "PEMANFAATAN IMPLANTOR ION 150 keV/2mA UNTUK SURFACE TREATMENT," pp. 62–69, 2006.
- [8] B. Setiyana, "Pengaruh teknologi sistem plasma lucutan pijar terhadap tingkat pengerasan permukaan logam," *Momentum*, vol. 4, pp. 43–47, 2008.
- [9] N. Muhammad, *Fisika Plasma dan Aplikasi*. 2011.
- [10] M. H. Jacobs, T. J. Law, and F. Ribet, "Plasma Carburizing: Theory; Industrial Benefits and Practices," *Surf. Eng.*, vol. 1, no. 2, 1985.
- [11] Y. Sun, "Response of cast austenitic stainless steel to low temperature plasma carburizing," *Mater. Des.*, vol. 30, no. 4, pp. 1377–1380, 2009.
- [12] Suprpto and T. Sujitno, "Pengerasan permukaan baja st 42 dengan teknik nitridasi ion," *Pros. PPI - PDIPTN 2005 Puslitbang Teknol. Maju - BATAN Yogyakarta, 12 Juli 2005*, pp. 51–63, 2005.
- [13] B. Suh and W. Lee, "Surface hardening of AISI 316L stainless steel using plasma carburizing \ IIJ," vol. 295, pp. 185–192, 1997.