

## **PENGERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 DENGAN METODE CARBURIZING PLASMA LUCUTAN PIJAR**

**BANGUN PRIBADI<sup>\*</sup>, SUPRAPTO<sup>\*\*</sup>, DWI PRIYANTORO<sup>\*</sup>**

*\*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN  
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010  
Telp. 0274.489716, Faks.489715*

*\*\* Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN  
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010  
Telp. 0274.488435, Faks 487824*

### ***Abstrak***

**PENGERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 DENGAN TEKNIK CARBURIZING PLASMA LUCUTAN PIJAR.** Telah dilakukan pengerasan permukaan baja St 40 dengan teknik carburizing plasma lucutan pijar dengan variasi suhu 150 °C, 200 °C, 250 °C dan 300 °C dan variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Hasil proses karburisasi diperoleh nilai kekerasan maksimum 582 KHN pada suhu 300 °C dan waktu 120 menit.

*Kata kunci : Pengerasan permukaan, baja St 40, karburisasi plasma.*

### ***Abstract***

**SURFACE HARDENING OF STEEL ST40 USING PLASMA DISCHARGE GLOWING CARBURIZING TECHNIQUES.** Surface hardening of steel ST40 has been done by using carburizing plasma discharge glowing technique with temperature variation of 150 °C, 200 °C, 250 °C and 300 °C and time variation of 30, 60, 90, 120, and 150 minutes. The maximum hardness in the order of 582 KHN was achieved in temperature 300 °C and time 120 minutes.

*Keywords : Surface hardening, steel St 40, plasma carburizing.*

### **PENDAHULUAN**

Beberapa komponen mesin yang salah satu di antaranya adalah roda gigi, mempunyai permasalahan dalam soal kelelahan yang disebabkan keausan permukaan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan bahan yang mempunyai sifat keras dan ulet. Bahan yang memenuhi sifat-sifat keras dan ulet adalah baja karbon dan baja paduan. Baja karbon mudah didapat di pasaran dan harganya lebih murah, namun kebanyakan baja karbon yang tersedia dipasaran mempunyai sifat kelelahan dengan jangkauan yang terbatas, sedangkan baja paduan mempunyai sifat kelelahan dengan jangkauan yang lebih besar, namun harganya lebih mahal. Agar didapatkan harga yang lebih

murah dan memenuhi sifat-sifat yang diinginkan maka dapat dipilih baja karbon dengan diperbaiki sifat kekerasannya pada bagian permukaan.

Dengan perkembangan teknologi pengerasan permukaan logam yang telah dikembangkan antara lain metode implantasi ion, metode plasma lucutan pijar RF, dan metode plasma lucutan pijar DC. Pada penelitian ini dilakukan pengerasan permukaan logam dengan metode plasma lucutan pijar DC yang diaplikasikan pada proses *carburizing*, sehingga dapat disebut metode *carburizing* plasma lucutan pijar.

## DASAR TEORI

*Carburizing* atau dapat disebut karburisasi adalah cara pengerasan permukaan dengan memanaskan logam (baja) di atas suhu kritis dalam lingkungan yang mengandung karbon. Baja pada suhu sekitar suhu kritis mempunyai afinitas terhadap karbon. Karbon diabsorpsi ke dalam logam membentuk larutan padat karbon-besi dan pada lapisan luar memiliki kadar karbon yang tinggi. Bila cukup waktu, atom karbon akan mempunyai kesempatan untuk berdifusi ke bagian-bagian sebelah dalam. Tebal lapisan tergantung dari waktu dan suhu yang digunakan. Berdasarkan media yang memberikan karbon, secara umum ada tiga macam metode dalam proses karburisasi<sup>[2]</sup> yaitu karburisasi padat (*solid carburizing*) adalah adalah suatu cara karburisasi yang menggunakan bahan karbon berbentuk padat, karburisasi cair (*liquid carburizing*), adalah suatu cara karburisasi dengan menggunakan bahan karbon berbentuk cair, dan karburisasi gas (*gas carburizing*) adalah suatu cara karburisasi dengan menggunakan bahan karbon berbentuk gas.

Proses pengerasan permukaan baja dengan metode *carburizing* cair dilakukan dengan teknik plasma lucutan pijar. Seperti halnya pada proses *carburizing* padat, ataupun gas, maka pada *carburizing* plasma lucutan pijar ini, atom-atom karbon dimasukkan ke dalam permukaan baja dan berdifusi menghasilkan lapisan baja-karbon yang keras.

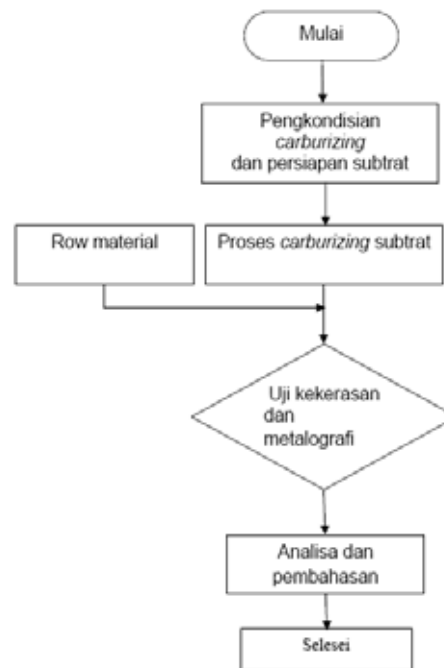
Dengan kata lain *Carburizing* plasma lucutan pijar merupakan suatu proses pengerasan permukaan material (baja) dengan cara pendifusian atom-atom karbon ke dalam permukaan material. Proses pendifusian ini memanfaatkan energi listrik dan energi termal (panas). Energi listrik digunakan untuk mengubah atom-atom karbon yang berasal dari gas benzene ( $C_6H_6$ ) menjadi plasma, dan sekaligus digunakan untuk mendifusikan atom-atom karbon tersebut ke dalam permukaan material. Energi termal yang juga dapat berasal dari energi listrik akan mempercepat proses difusi atom karbon.

Dengan masuknya atom-atom karbon ke permukaan material (baja St 40) maka akan terbentuk larutan padat. Karena atom-atom karbon yang larut mempunyai ukuran (jari-jari) atom yang jauh lebih kecil dari pada ukuran

atom besi, maka atom-atom karbon akan masuk ke permukaan baja dan mengisi ruang-ruang kosong di antara atom-atom besi secara interstisi, sehingga akan terbentuk larutan padat interstisi karbon dalam besi/baja. Terbentuknya larutan padat interstisi ini akan menyebabkan peningkatan kekerasan dari baja. Selain terbentuknya larutan padat interstisi, atom-atom karbon yang masuk ke permukaan akan berikatan kuat dengan atom-atom permukaan (atom-atom Fe) membentuk fase baru yang disebut fasa karbida besi yang mempunyai sifat yang keras.

## TATA KERJA

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *Carburizing* plasma lucutan pijar, ditunjukkan pada Gambar 1. Proses *carburizing* dimulai dengan persiapan yaitu pembuatan substrat (baja St 40) dengan ukuran panjang 1 cm dan diameter 2,5 cm sebanyak 25 buah. Proses *carburizing* dilakukan dengan variasi waktu dan variasi suhu.

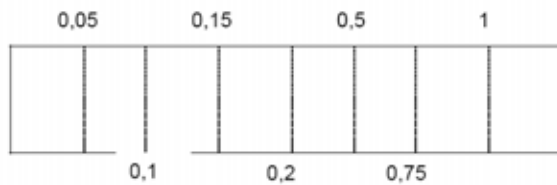


Gambar 1. Diagram Alir Proses *Carburizing* Baja St 40

## Pengujian Hasil *Carburizing*

Pengujian hasil *carburizing* dimaksudkan untuk mengetahui perubahan kekerasan dari permukaan material. Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat uji kekerasan jenis mikro, yaitu *digital micro hardness* tester mxt

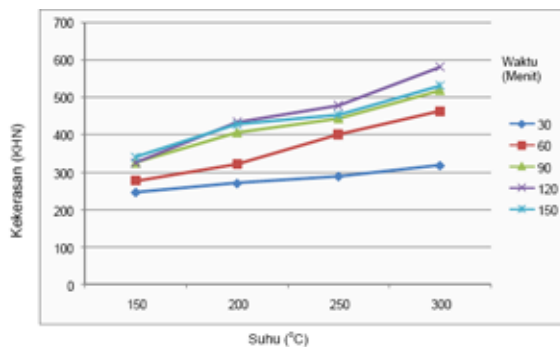
70 merk Matsuzawa dengan metode knoop. Pengamatan perubahan kekerasan dilakukan dengan pengujian kekerasan permukaan di berbagai tempat (Gambar 2). Pengujian dilakukan terhadap material yang telah *dicarburizing* maupun yang tidak *dicarburizing* (*row material*). Pengamatan perubahan struktur mikro juga dilakukan dengan menggunakan mikroskop optic yang dilengkapi dengan kamera untuk mendapatkan gambaran permukaan material.



Gambar 2. Titik-Titik Pengujian Kekerasan Pada Penampang Melintang

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan perubahan kekerasan dilakukan dengan pengujian kekerasan untuk baja st 40 sebelum dan sesudah proses *carburising* plasma lucutan pijar, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3, 4, dan 5. Pada Gambar 3 diunjukkan hasil pengujian kekerasan terhadap suhu dengan variasi waktu.



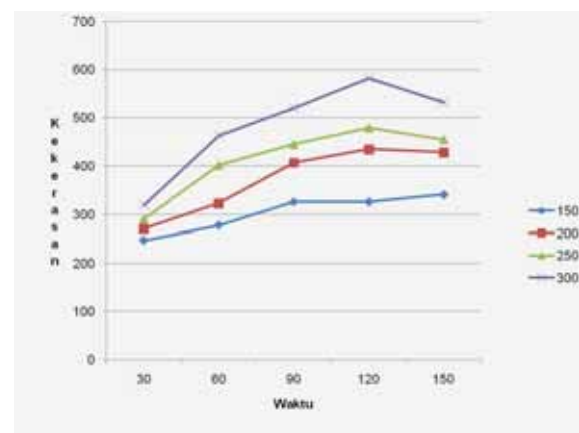
Gambar 3. Kekerasan Sebagai Fungsi Suhu Pada Variasi Waktu Pendeposisian

Pengamatan hasil pengujian ini mengetahui suhu proses yang mempunyai nilai kekerasan maksimum dari Gambar 3 nilai Kekerasan Permukaan Maksimum Baja St 40 Setelah Mengalami Proses *Carburizing* plasma lucutan pijar pada temperature 300 °C. Dalam proses ini jika suhu semakin tinggi maka getaran atom-atom substrat (atom-atom Fe) akan tinggi pula dan membuat jarak atom semakin besar, sehingga atom-atom karbon akan lebih mudah berdifusi di antara celah-celah atom Fe.

Hal ini akan menyebabkan atom-atom karbon terikat kuat dengan atom-atom Fe pada permukaan substrat dan membentuk fase baru yaitu fasa karbida besi yang mempunyai sifat keras.

Banyaknya atom-atom karbon yang terdifusi menjadikan kerapatan permukaan substrat meningkat, sehingga kekerasan meningkat. Atom-atom karbon yang masuk dalam permukaan substrat mempunyai ukuran atom yang lebih kecil dibanding jarak antar atom Fe dan akan menempati ruang di antara atom Fe secara intertisi. Bila energi cukup, atom-atom karbon ini bergerak ke intertisi berikutnya dan pada suhu tinggi gerakannya akan meningkat. Kehadiran atom karbon ini akan mengakibatkan terhambatnya gerakan dislokasi. Gerakan dislokasi yang lambat mengakibatkan peningkatan kekerasan.

Lamanya waktu pendeposisian mempengaruhi kualitas kekerasan yang dihasilkan karena menambah jumlah atom karbon yang tersisip ke dalam permukaan atom Fe.



Gambar 4. Kekerasan Sebagai Fungsi Waktu Pada Variasi Suhu

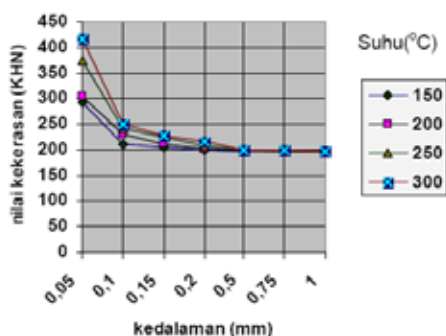
Dari Gambar 4 ditunjukkan hubungan kekerasan terhadap waktu pendeposisian, nilai kekerasan permukaan mencapai harga maksimum pada saat waktu pendeposisian 120 menit. Hal ini disebabkan karena pada permukaan substrat (atom-atom Fe) telah berikatan kuat dengan atom-atom karbon yang berdifusi menempati posisi intertisi (sisipan) pada kisi-kisi kristal permukaan substrat, sehingga kerapatan bahan disekitar permukaan meningkat dan menghasilkan lapisan tipis karbon.

Pada saat proses *carburizing* dengan waktu pendeposisian kurang dari 120 menit, atom-atom karbon belum secara maksimal mengisi ruang di antara atom-atom Fe, sehingga pada permukaan substrat masih banyak terdapat ruang sisipan yang belum terisi oleh atom-atom karbon, akibatnya kekerasan belum maksimal.

Pada saat proses *carburizing* dengan waktu pendeposisian lebih dari 120 menit, atom-atom karbon yang terdeposisi ke dalam permukaan substrat akan semakin banyak seiring dengan lamanya waktu pendeposisian. Hal ini akan menyebabkan terjadinya penumpukan atom-atom karbon pada permukaan substrat sehingga yang terbentuk bukan lagi sebagai ikatan karbida besi, melainkan hanya merupakan tumpukan atom-atom karbon. Jika waktu yang diberikan untuk proses *carburizing* plasma lucutan pijar semakin lama, maka kekerasan substrat akan semakin turun. Hal ini berarti bahwa penambahan waktu hanya akan menyebabkan pemborosan waktu dan biaya.

Untuk mengetahui perubahan tingkat kekerasan pada penampang melintang akibat dari masuknya ion-ion karbon ke dalam permukaan substrat maka dilakukan pengujian dengan cara mengukur kekerasan material hasil proses *carburizing* plasma lucutan pijar pada penampang melintang. Pengukuran ini dilakukan dari bagian tepi (permukaan yang di-*carburizing*) sampai pada kedalaman (jarak) tertentu, yaitu pada kedalaman yang memberikan nilai kekerasan yang sama atau hampir sama dengan nilai kekerasan row material.

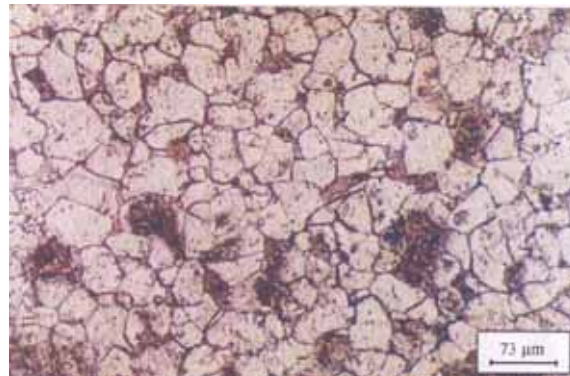
Hubungan antara nilai kekerasan dengan kedalaman dari baja St 40 hasil proses *carburizing* plasma lucutan pijar pada waktu pendeposisian 120 menit dengan variasi suhu ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kekerasan Sebagai Fungsi Kedalaman Pada Variasi Suhu

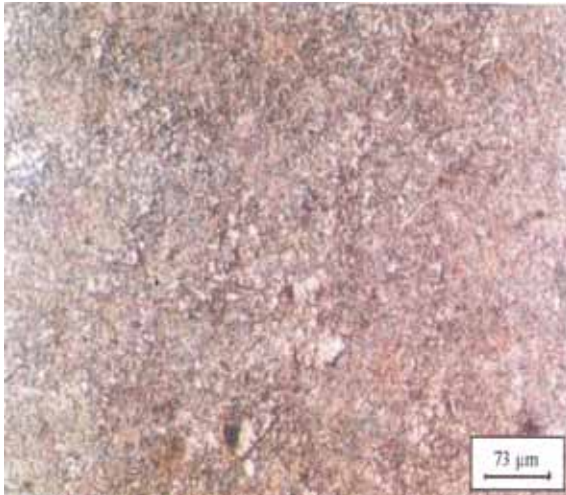
Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak titik pengujian dari permukaan hasil proses *carburizing*, maka nilai kekerasannya akan menurun sampai mendekati/sama dengan nilai kekerasan awal. Hal ini disebabkan karena semakin dalam (jauh dari permukaan hasil proses *carburizing*), atom-atom karbon yang terdeposisi ke dalam permukaan substrat semakin sedikit. Hal ini disebabkan energi atom-atom karbon untuk berdeposisi semakin berkurang sampai akhirnya berhenti pada kedalaman tertentu.

Dari hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat adanya perbedaan antara material yang telah dilakukan proses *carburizing* plasma lucutan pijar dengan *row materialnya*. Pada Gambar 6 ditunjukkan struktur mikro untuk *row material*. Fase yang terdapat pada *row material* terdiri dari ferit (berwarna terang) dan sedikit pearlit. Fase ferit mempunyai sifat lunak dan ulet. Sedikit jumlah pearlit menunjukkan bahwa logam ini mempunyai kandungan karbon yang relative rendah.



Gambar 6. Struktur Mikro Baja St 40 Sebelum Proses *Carburizing* (Natal 3%, Perbesaran 200×)

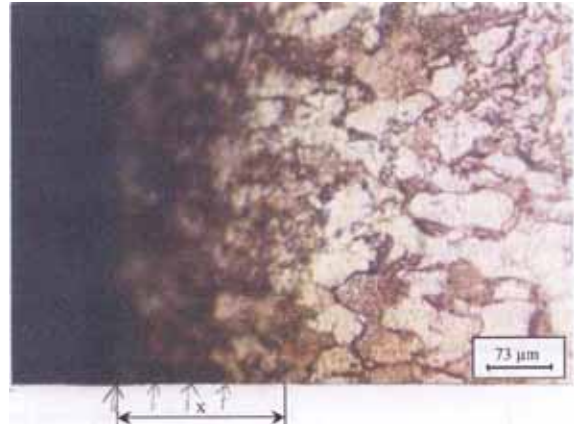
Pada Gambar 7 ditunjukkan struktur mikro pada permukaan dari baja St 40 sesudah proses *carburizing* plasma lucutan pijar pada suhu 300 °C dan waktu pendeposisian 120 menit. Pada kondisi ini terdapat fase ferit dan karbida besi ditandai dengan terlihatnya partikel-partikel karbida pada permukaan substrat hasil proses *carburizing* plasma lucutan pijar (butir-butir halus yang berwarna hitam).



Gambar 7. Struktur Mikro Baja St 40 Sesudah Proses *Carburizing* Pada Suhu 300°C Dengan Waktu Pendeposisian 120 Menit

Struktur mikro pada penampang melintang dari material baja St 40 sesudah proses *carburizing* plasma lucutan pijar dengan suhu 300 °C dan waktu pendeposisian 120 menit ditunjukkan pada Gambar 8. Dari Gambar 8, dapat dilihat bahwa pada lapisan permukaan material hasil *carburizing* plasma lucutan pijar, terjadi perubahan struktur mikro (lihat tanda x). Perubahan ini ditunjukkan dengan terbentuknya fase karbida besi (berwarna hitam). Karbida besi ini terbentuk karena adanya atom-atom karbon yang terdeposisi pada permukaan material kemudian berekombinasi dengan atom-atom Fe pada saat *carburizing* plasma lucutan pijar. Dengan meningkatnya kadar karbon, maka terjadi penurunan dalam jumlah ferit. Semakin jauh dari permukaan maka fase karbida besi akan berkurang. Pada kedalaman sekitar 0,2 mm struktur mikro kembali ke kondisi awal.

Dengan terbentuknya karbida besi ini akan meningkatkan kekerasan dari material baja St 40 hasil proses *carburizing* plasma lucutan pijar.



Gambar 8. Struktur Mikro Penampang Melintang Baja St 40 Sesudah Proses *Carburizing* Pada Suhu 300 °C dan Waktu Pendeposisian 120 Menit.

## KESIMPULAN

Dari hasil proses pengerasan permukaan baja St 40 dengan teknik *carburizing* plasma lucutan pijar dan berdasarkan hasil pengolahan data dapat disimpulkan bahwa :

1. Kekerasan maksimum terjadi pada suhu 300 °C dengan waktu pendeposisian 120 menit.
2. Terjadi peningkatan kekerasan permukaan sebesar 194,51 % yaitu dari 197,54 KHN menjadi 581,78 KHN.

## SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang metode *carburizing* plasma lucutan pijar dengan material, dan kondisi perlakuan yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. DJAPRIE, SRIATI, 1990, *Metalurgi Mekanik*, Erlangga, Jakarta 1987.
2. DJAPRIE, SRIATI, 1990, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, edisi V, Penerbit Erlangga, Jakarta.
3. SURDIA, TATA, 1992, *Pengetahuan Bahan Teknik*, edisi 2, Pradnya Paramita, Jakarta.
4. SMITH. W.F. 1993, *Struktur and properties of engineering alloys*, second edition, Mc graw hill inc, New York.

## TANYA JAWAB

### Pertanyaan

1. Penelitian selanjutnya rancangan bagaimana? Karena belum dilakukan

optimasi antara variabel suhu dan lama waktu pendeposisi.

Saran : perlu dikomposisi dengan hasil riset sejenisnya. (Yudi Pramono)

2. Apakah pengerasan maksimum pada suhu 300oC tidak menyebabkan kegetasan pada bahan tersebut?( Aep Saepudin Catur)
3. Menggunakan variasi suhu terbatas pada suhu 300°C dan waktu 150 menit? (Setyoatmojo)

#### **Jawaban**

1. Akan dilakukan modifikasi alat sehingga bisa dilakukan variasi suhu sampai 500°C.
2. untuk melihat uji kegetasan belum dilakukan penelitian. Karena hanya di uji dengan uji tarik.
3. Untuk variasi suhu dibatasi 300°C karena keterbatasan alat. Lama pendeposisian 150 menit, sudah maksimum karena dengan penambahan lebih dari 150 menit sudah tidak menambah kekerasan.