

# PENGARUH IMPLANTASI ION TiN TERHADAP KETAHANAN KOROSI BAJA KARBON RENDAH PADA MEDIA NaCl

**I Gusti Ketut Puja**

*Jurusan Teknik Mesin, FT, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta*

**Nicodemos Fajar Setiawan**

*Alumni Jurusan TM, FT, Universitas Sanata Dharma*

**BA Tjipto Sujitno**

*P3TM-BATAN*

## ABSTRAK

*PENGARUH IMPLANTASI ION TiN TERHADAP KETAHANAN KOROSI BAJA KARBON RENDAH PADA MEDIA NaCl. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh dari variasi dosis dan variasi energi penembakan ion TiN terhadap sifat ketahanan korosi dan sifat mekanis baja karbon rendah. Uji sifat ketahanan korosi dilakukan secara elektrokimia dengan menggunakan potensiostat PGS-201T. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa terjadi peningkatan ketahanan korosi sekitar 26%. Kondisi optimal dicapai pada dosis  $3,8875 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup> dan energi sebesar 80 keV. Selain itu implantasi ion juga dapat menaikkan angka kekerasan sebesar 21%, kekerasan material awal adalah 262 VHN dan kekerasan optimal sebesar 319 VHN yang dicapai pada dosis  $3,8875 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup> dan energi 40 keV. Dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat bahwa korosi pada baja karbon rendah dapat menurunkan angka kekerasan hingga mencapai kisaran 28%. Sedangkan hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang tidak signifikan terhadap material setelah dan sebelum diuji korosi*

**Kata kunci:** *implantasi ion, ketahanan korosi, baja karbon rendah*

## ABSTRACT

*THE EFFECT OF TiN ION IMPLANTATION ON THE CORROSION RESISTANCE OF LOW CARBON STEEL IN NaCl MEDIA. The aim of this research is to study the effect of ion dose and energy of TiN ion implantation on the corrosion resistance and mechanical property of low carbon steel. Corrosion resistance properties experiments was carried out electrochemically using potensiostat PGS-201T. It was found that there is an increasing corrosion resistance in order of 26%. The optimum condition was achieved at ion dose  $3,8875 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup> and energy 80 keV. Beside them, ion implantation also increase the hardness number in order of 21%. The initial hardness of material is 262 VHN, and the optimum hardness number is 319 VHN. It was achieved at ion dose  $3,8875 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup> and energy 40 keV. It was also found that the corrosion on carbon steel can decrease its hardness in order of 28%. From microstructure analyse, it wasn't indicated significant differences on the material surface.*

**Key word:** *ion implantation, corrosion resistance, low carbon steel*

## PENDAHULUAN

**P**ada saat ini penggunaan material logam, khususnya baja berkembang dengan pesat. Berbagai bidang, baik industri maupun konstruksi menggunakan bahan baja

karena sifatnya yang kuat serta memiliki karakteristik mampu bentuk yang tinggi. Namun baja adalah bahan yang mudah terkorosi pada lingkungan yang korosif. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dikembangkan suatu proses pengerasan permukaan dan perlindungan

terhadap korosi dengan teknologi implantasi ion. Karena proses implantasi ion ini dilakukan pada temperatur kamar, maka tidak akan mengubah kualitas dari sifat bahan dasar. Selain keunggulan tersebut, pada proses ini pengaturan ketebalan lapisan permukaan keras dapat dilakukan dengan mengatur arus berkas ion, energi kinetik rerata yang diberikan, dan lama waktu implantasi.

Puja<sup>[1]</sup>, *et al.* melakukan penelitian mengenai pengaruh nitridasi pada baja karbon rendah terhadap ketahanan leleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nitridasi dengan metode implantasi ion dapat meningkatkan angka kekerasan baja karbon rendah. Penelitian selanjutnya<sup>[2]</sup>, menunjukkan bahwa implantasi ion pada suatu material dapat meningkatkan sifat ketahanan korosi pada material yang diimplantasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh implantasi ion TiN terhadap nilai arus korosi, perubahan struktur mikro, perubahan angka kekerasan bahan, dan menyelidiki pengaruh arus korosi terhadap angka kekerasan bahan.

## DASAR TEORI

### Implantasi ion

Implantasi ion adalah suatu metode untuk menempatkan atom-atom ke dalam suatu bahan dengan cara mengionisasikan atom-atom dopan, mempercepat di dalam medan listrik, kemudian menembakkannya ke dalam permukaan bahan. Besarnya dosis ion yang ditembakkan dapat dihitung dengan persamaan berikut<sup>[3]</sup>

$$D = \frac{i \times t}{e \times A} \quad (1)$$

dengan,

$I$  = arus berkas ion (ampere)

$t$  = lamanya proses implantasi (detik)

$e$  = muatan keunsuran ion ( $1,6 \times 10^{14}$ . Coulomb)

$A$  = luas permukaan target ( $\text{cm}^2$ .)

### Korosi

Korosi merupakan perubahan struktur logam yang menimbulkan kerapuhan dan yang disebabkan karena reaksi sebagai akibat adanya sel konsentrasi dari ion logam atau adanya proses galvanik. Untuk meningkatkan sifat ketahanan korosi suatu bahan, dapat dilakukan suatu perlakuan, yaitu dengan melapisi permukaan material dengan bahan yang mempunyai arus korosi lebih kecil<sup>[4]</sup>.

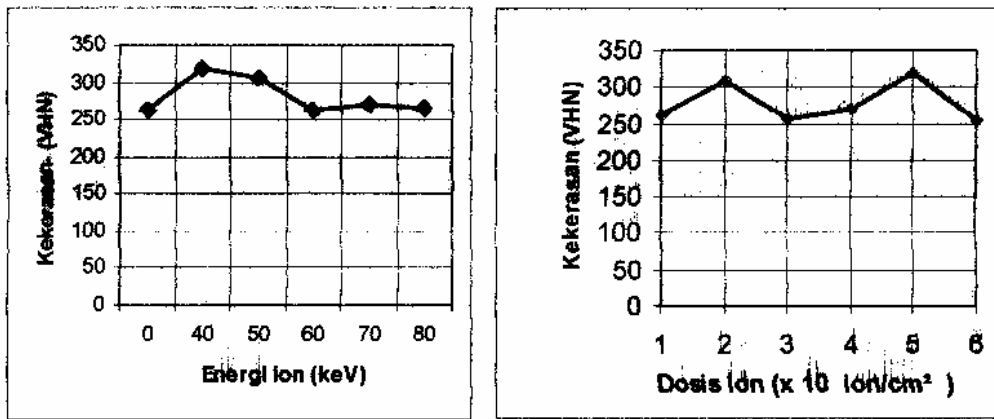
## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis baja karbon rendah. Langkah-langkah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

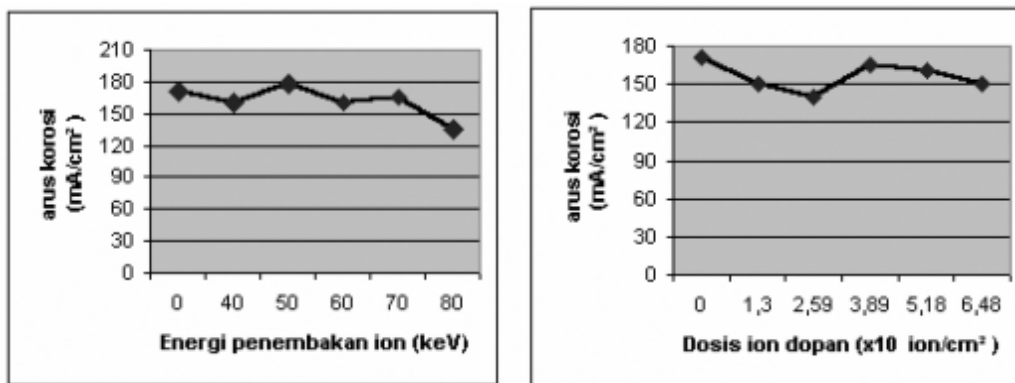
1. Penyiapan benda uji, meliputi pembentukan spesimen, penghalusan dan pembersihan.
2. Proses implantasi ion
3. Pengujian korosi pada material awal dan material yang dilapisi ion TiN.
4. Pengujian kekerasan pada material awal dan material yang dilapisi ion TiN.
5. Pengamatan struktur mikro yang dilanjutkan dengan pembahasan.

## HASIL PENELITIAN

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan permukaan material meningkat pada energi kinetik penembakan antara 40 keV – 50 keV. Namun nilai kekerasan permukaan turun lagi seiring meningkatnya energi sampai dengan 80 keV hingga mendekati nilai kekerasan permukaan material awal. Perubahan nilai kekerasan tersebut diakibatkan oleh kedalaman penetrasi ion TiN pada material target. Besarnya energi penembakan akan mempengaruhi kecepatan partikel penembak yang akan meningkatkan energi kinetik penembakan pada saat terjadi tumbukan dengan material target, semakin besar energi yang diberikan, maka semakin dalam pula ion TiN masuk ke dalam permukaan material target. Angka kekerasan maksimum pada penelitian ini adalah sebesar 319,0 VHN yang dicapai pada energi penembakan sebesar 40 keV.



Gambar 1. Hubungan kekerasan terhadap energi dan dosis ion.



Gambar 2. Grafik pengaruh energi dan dosis ion dopan terhadap arus korosi.

Selain variasi energi penembakan ion dopan, variasi dosis juga dapat mempengaruhi besarnya angka kekerasan permukaan bahan. Dari pengujian, kekerasan optimal dicapai pada dosis  $1,2958 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup>. Namun dengan bertambahnya dosis, nilai kekerasan permukaan menjadi turun dan meningkat lagi hingga mencapai kekerasan optimal kedua pada dosis  $5,1834 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup>. Hal ini dimungkinkan karena selama proses implantasi terjadi kenaikan temperatur benda uji, sehingga akan mengakibatkan ion-ion TiN berdifusi ke tempat yang lebih dalam yang menyebabkan berkurangnya konsentrasi ion TiN pada daerah permukaan material, selain itu pemberian ion TiN pada material yang dilakukan secara terus-menerus akan mengakibatkan kondisi yang jenuh, sehingga material yang ditembakkan

akan membentuk fasa baru yang lebih lunak, kondisi ini akan menyebabkan turunnya nilai kekerasan pada permukaan material<sup>[5]</sup>.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa penembakan permukaan material dengan implantasi ion TiN dapat mereduksi besarnya arus korosi yang menyerang material. Dapat dilihat bahwa material awal yang tidak dilapisi dengan ion TiN memiliki nilai arus korosi sebesar 171,12  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>, namun dengan melapisi permukaan material dengan ion TiN besarnya arus korosi dapat direduksi hingga angka 135,45  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>. Nilai tersebut merupakan nilai optimal yang dicapai pada dosis ion dopan sebesar  $3,8875 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup> dengan energi kinetik penembakan sebesar 80 keV. Namun besarnya arus korosi naik hingga angka 177,44

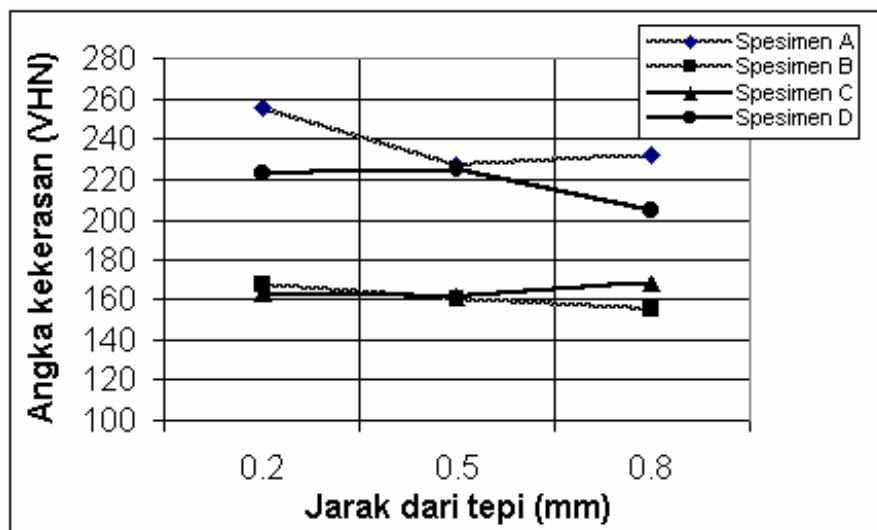
$\mu\text{A}/\text{cm}^2$  pada dosis ion dopan sebesar  $3.8875 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup> dengan energi kinetik penembakan sebesar 50 keV. Hal ini dimungkinkan karena pada kondisi tersebut terjadi tumbukan antara ion dopan dengan inti atom material target yang menimbulkan hamburan elastik, sehingga terjadi proses spalasi, yaitu proses dimana sejumlah fragmen ringan dipancarkan dari inti atom material target yang tereksitasi. Proses spalasi tersebut akan mengakibatkan terjadinya cacat *vacancy* atau kekosongan pada permukaan material target.

Selain kondisi tersebut, peningkatan intensitas arus korosi juga dapat disebabkan karena pada variasi energi kinetik tertentu, ion dopan akan membentuk suatu fasa baru yang memiliki sifat ketahanan korosi yang justru

lebih buruk dibandingkan dengan ketahanan korosi material awal.

Untuk mengetahui pengaruh arus korosi terhadap angka kekerasan bahan, maka dilakukan pengujian kekerasan mikro Vickers pada permukaan potongan melintang dari benda uji. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 3.

Dari Gambar 3. dapat dilihat bahwa besarnya arus korosi dapat menurunkan angka kekerasan bahan. Pada spesimen A yang tidak mengalami korosi nilai kekerasan materialnya sebesar 255,5 ; 227,2 dan 231,8 VHN. Pada spesimen B yang merupakan material awal yang dikorosi, besarnya nilai kekerasannya menurun menjadi 167,2 ; 159,6 dan 155,1 VHN.



**Gambar 3. Grafik pengaruh intensitas arus korosi terhadap angka kekerasan permukaan potongan melintang bahan sebagai fungsi jarak.**

Keterangan gambar :

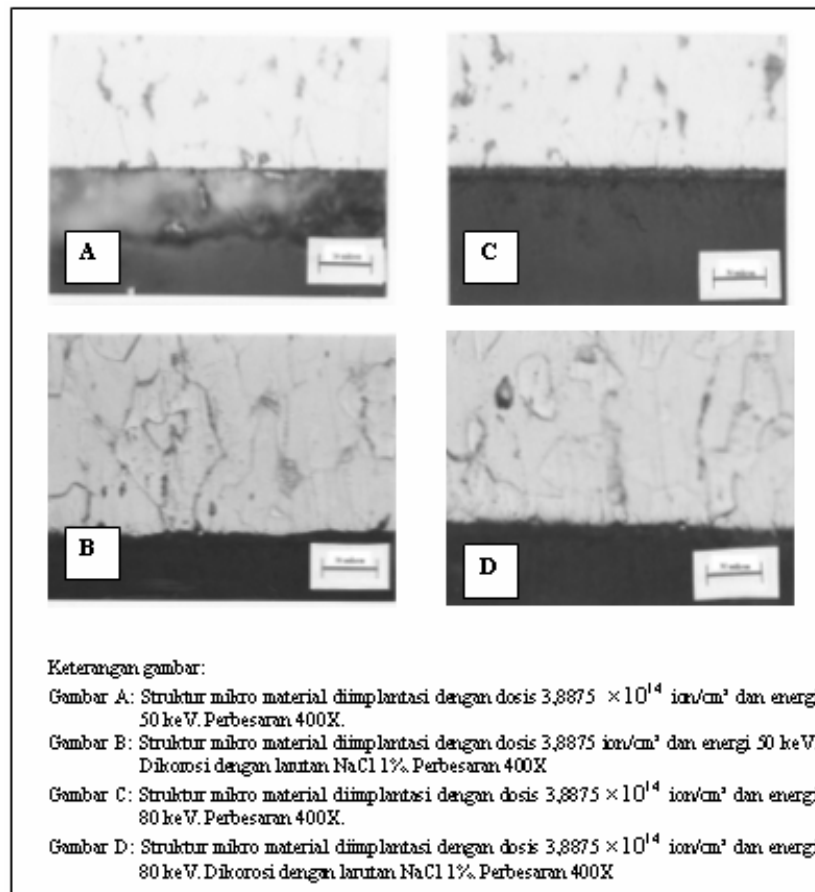
- Spesimen A: merupakan material dengan kondisi awal yang tidak diimplantasi dengan ion TiN dan tidak dikorosi.
- Spesimen B: merupakan material tanpa implantasi ion TiN, namun dikorosi.
- Spesimen C: merupakan material dengan intensitas arus korosi tertinggi. Pada material ini dilapisi ion TiN dengan energi penembakan sebesar 50 keV dan waktu implantasi selama 900 detik.
- Spesimen D: merupakan material dengan intensitas arus korosi terendah (optimal). Pada material ini dilapisi ion TiN dengan energi penembakan sebesar 80 keV dan waktu implantasi selama 900 detik.

Pada spesimen D yang merupakan variasi penembakan ion TiN yang optimal, karena pada posisi tersebut besarnya arus korosi dapat ditekan hingga  $135,45 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Pada arus korosi optimal tersebut, angka kekerasan bahan dapat dipertahankan hingga mendekati angka kekerasan material awal yang tidak mengalami korosi. Dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa pelapisan permukaan bahan dengan menggunakan ion TiN dapat menghambat besarnya intensitas arus korosi yang menyerang material, karena besarnya arus korosi dapat ditekan, maka angka kekerasan yang menurun akibat terjadinya korosi dapat dihindari atau dikurangi.

Untuk mengetahui gambaran struktur mikro dari material, maka dilakukan pengamatan dan pemotretan dengan menggunakan mikroskop metalografi yang dipasang sebuah

kamera. Pada Gambar 4 disajikan hasil dari pemotretan struktur mikro benda uji.

Gambar A dan B merupakan hasil pengamatan struktur mikro dari material yang diimplantasi dengan dosis  $3,8875 \times 10^{14}$  ion/cm<sup>2</sup> dan energi 50 keV. Pada kondisi tersebut besarnya arus korosi mencapai titik tertinggi yaitu  $177,44 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Namun kedalaman korosinya belum dapat dilihat melalui gambar tersebut, karena waktu korosinya terlalu singkat yaitu selama 30 menit, sehingga serangan korosi pada material masih terlalu dangkal, dan kemampuan alat yang digunakan tidak mencukupi untuk mengamati-nya. Kondisi yang sama juga terjadi pada Gambar C dan D yang merupakan variasi implantasi yang optimal dengan intensitas arus korosi yang rendah yaitu sebesar  $135,45 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ .



**Gambar 4. Struktur mikro pada penampang melintang material sebelum dan setelah uji korosi.**

## KESIMPULAN

Dari penelitian pengaruh implantasi ion TiN terhadap intensitas laju korosi pada bahan baja karbon rendah yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Besarnya intensitas arus korosi pada bahan baja karbon rendah dapat ditekan menggunakan cara melapisi permukaan dengan ion TiN. Ketahanan terhadap arus korosi mencapai titik optimal pada kisaran  $135 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  yang dicapai pada dosis ion  $3,8875 \times 10^{14} \text{ ion}/\text{cm}^2$  dengan energi pe-nembakan sebesar 80 keV. Peningkatan ketahanan korosi dapat mencapai angka sebesar 26,68 % dari material awal yang memiliki arus korosi sekitar  $170 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ .
2. Hasil pengamatan struktur mikro tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, hal ini dimungkinkan karena waktu pengkorosian yang cukup singkat dan kedalaman penetrasi ion TiN yang cukup dangkal.
3. Implantasi dengan menggunakan ion TiN dapat mengubah sifat mekanis baja karbon rendah. Dengan metode tersebut angka kekerasan bahan dapat ditingkatkan dari sekitar 262 VHN pada material awal, hingga mencapai angka 319 VHN. Angka kekerasan maksimum tersebut dicapai pada dosis  $3,8875 \times 10^{14} \text{ ion}/\text{cm}^2$  dengan energi penembakan sebesar 40 keV dan dosis  $5,1834 \times 10^{14} \text{ ion}/\text{cm}^2$  dengan energi penembakan sebesar 70 keV.
4. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa baja karbon rendah yang dikorosi mengalami penurunan nilai kekerasan, kekerasan permukaan material awal berkisar antara 227 VHN sampai dengan 255 VHN. Namun pada kondisi intensitas laju korosi tertinggi kekerasan permukaan turun pada kisaran angka 161 VHN sampai dengan 168 VHN.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PUJA, I.G.K., *Pengaruh Temperatur Pengujian Terhadap Ketahanan Lelah Baja*

*Karbon Rendah Yang Dinitridasi*, Magister Teknik, UGM, Yogyakarta, 2001.

- [2] INDARWATI, S., *Efek Implantasi Ion Cerium Terhadap Ketahanan Oksidasi Material SS 316 L*, Fisika, UNS, Surakarta, 2002.
- [3] RYSSEL. H., RUGE. I., *Ion Implantation*, John Willey and Sons, Chichester, 1986.
- [4] CHAMBERLAIN, J., TRETHERWEY, K. R., *Korosi Untuk Mahasiswa dan Reka-yasawan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.
- [5] SUJITNO. T., SUDJATMOKO, SIMBOLON. S., SUASITA. L., *Efek Implantasi Elemen Reaktif Yttrium Terhadap Sifat Ketahanan Korosi Paduan NiCr*, Prosiding pertemuan dan presentasi ilmiah, P3TMBATAN, Yogyakarta, 1999.

---

## TANYA JAWAB

### Ratmi Utami

- Untuk uji kekerasan dan uji korosi dari cuplikan yang diimplantasi, apakah sudah dibuat cuplikan duplo atau uji kekerasan lalu diuji korosi?
- Fenomena dan kesimpulan apa yang diperoleh dari hasil penelitian ini selain dari kesimpulan yang sudah ada (sifat kesimpulan yang sudah ada hanya merupakan rangkuman data) kondisi optimum yang diperoleh.

### I Gusti Ketut Puja

- Untuk pengujian ini dilakukan implantasi pada 20 sampel, yang ditujukan untuk uji korosi 10 sampel dan uji kekerasan 10 sampel
- Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk mengganti jenis bahan pada suatu konstruksi (pemesinan), yang rentan terhadap korosi atau yang bekerja pada lingkungan yang korosif.