

# Perbaikan Sifat Korosi Baja Tahan Karat AISI 410 Dengan Perlakuan Implantasi Ion Tin

Gagak Jatisukamto, Viktor Malau, M Noer Ilman, Priyo Tri Iswanto

Jurusan Teknik Mesin dan Industri  
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta  
Email: gagukjtsk@yahoo.co.id  
Telp: 08113507529

---

## Abstrak

Baja tahan karat martensitik AISI 410 digunakan secara luas untuk berbagai peralatan industri maupun peralatan medis. Sifat tahan karat baja AISI 410 dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan permukaan, salah satunya dengan implantasi ion. Implantasi ion pada permukaan memiliki keunggulan, yaitu proses dapat dilakukan pada temperatur rendah, kedalaman penetrasi dapat diatur dan tidak menyebabkan distorsi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh implantasi ion TiN terhadap laju korosi baja tahan karat AISI 410.

Proses perlakuan implantasi ion menggunakan implantor ion milik BATAN Yogyakarta. Bahan yang diimplantasikan adalah TiN dalam bentuk serbuk, diimplantasikan dengan energi 100 keV dan arus 10  $\mu$ A. Sampel dari bahan baja tahan karat AISI 410 dibubut sehingga memiliki diameter 14 mm dan tebal 3 mm. Material diampelas, dipoles, dan dibersihkan dengan ultrasonic cleaner dan selanjutnya dimplatasikan dengan lima variasi waktu, yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Sampel yang telah diimplantasi, selanjutnya dilakukan uji korosi dengan alat Potensiostat PGS 201T dalam media NaCl 0,9%.

Dari pengujian korosi diperoleh hasil bahwa laju korosi raw material sebesar 3,58 mm/year menunjukkan kecenderungan menurun hingga mencapai terendah yaitu 2,34 mm/year, yang diperoleh pada waktu implantasi antara 3 dan 4 jam. Implantasi ion dengan waktu 3 dan 4 jam menunjukkan hasil hampir sama, yaitu masing-masing 2,35 dan 2,34 mm/year. atau dapat dikatakan bahwa laju korosi baja tahan karat AISI 410 yang diberi implantasi ion TiN mengalami penurunan laju korosi sebesar 34,64%. Penambahan waktu implantasi melebihi waktu optimalnya memberikan kecenderungan laju korosi meningkat kembali.

**Kata Kunci:** Implantasi ion, TiN, Laju korosi

---

## 1. PENDAHULUAN

Material untuk berbagai aplikasi industri harus memenuhi sifat yang sesuai dengan lingkungan kerjanya. Sifat-sifat yang diperlukan tersebut diantaranya: kekuatan, tahan aus, tahan korosi, fatik, dan sifat yang diperlukan lainnya. Berbagai upaya terus dikembangkan hingga saat ini untuk memperoleh sifat material yang baik. Upaya memperbaiki sifat material dapat dilakukan dengan teknik perlakuan panas atau teknik deposisi lapisan pada permukaan.

Deposisi lapisan pada permukaan dilakukan dengan teknik *physical vapour deposition* (PVD) atau *chemical vapour deposition* (CVD). Menurut Dobrzansky dkk, 2007, topografi lapisan permukaan yang dideposisikan dengan teknik PVD lebih kuat jika dibandingkan dengan teknik CVD. Deposisi dengan teknik PVD dapat memperbaiki sifat kekerasan material, tahan korosi, dan *roughness* pada permukaan.

Salah satu teknik pelapisan PVD adalah implantasi ion. Kartikasari dkk, 2001, menyatakan bahwa teknik implantasi ion merupakan modifikasi permukaan logam, dimana prosesnya dapat dilakukan dalam waktu cepat, tidak menyebabkan perubahan dimensi, bebas dari kontaminasi, pembentukan paduan tidak tergantung pada batas kelarutan padat dan konstanta difusi, kedalaman penetrasi dapat

diatur secara akurat dengan mengendalikan tegangan pemercepat ion.

Implantasi ion pada dosis optimal dapat memperbaiki sifat tahan korosi, akan tetapi peningkatan dosis melebihi batas optimalnya justru akan meningkatkan laju korosinya (Sundaranajan dan Praunseis, 2004). Lapisan keras pada permukaan harus mencapai tebal kritis tertentu, karena jika kurang dari tebal kritisnya, lapisan keras tersebut akan menghasilkan lobang atau pori sehingga menyebabkan korosi galvanik, sedangkan jika terlalu tebal akan menyebabkan inisiasi retak (Perillo, 2006).

Dalam bidang medis, implantasi ion banyak diterapkan pada peralatan ortopedi dan ortodontik maupun peralatan lainnya. Implantasi ion pada peralatan medis digunakan untuk memperbaiki sifat fatik, tahan korosi, mengurangi pengaruh kontaminasi antara alat dengan darah, dan untuk memperbaiki sifat tribologinya (Adamus, 2007).

Baja tahan karat martensitik AISI 410 digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi industri, seperti: *steam valve*, *water valve*, pompa, turbin, komponen kompresor, poros, alat potong, peralatan bedah, bearing, *plastic mould* dan perlengkapan industri kimia (Krishna and Bandyopadhyay, 2009). Baja AISI 410 dalam bidang medis digunakan sebagai

cutting instruments dan non cutting instruments, (ASTM F 899-02, 2006).

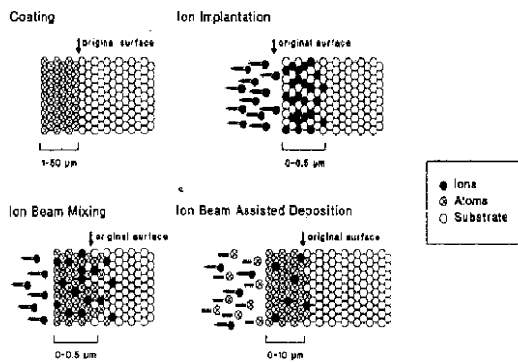
Logam transisi berbasis nitrida seperti TiN banyak digunakan sebagai bahan pelapis karena bersifat keras, koefisien gesekan rendah, tahan aus dan tahan korosi sehingga dapat meningkatkan umur material (Shah dkk, 2010); (Chang dkk, 2009).

Penelitian ini akan mengamati pengaruh implantasi ion TiN terhadap sifat tahan korosi baja tahan karat martensitik AISI 410.

## 2. DASAR TEORI

### a. Implantasi Ion

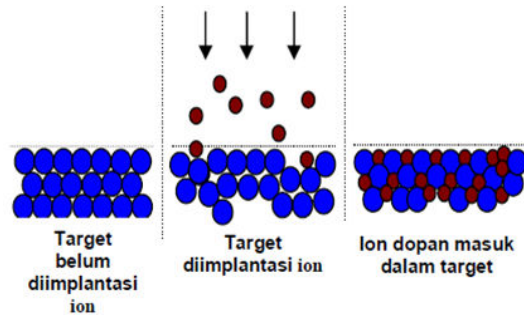
Implantasi ion adalah modifikasi permukaan dengan menggunakan energi tinggi dari ion yang akan diimplantasikan pada permukaan substrat, dengan proses dilakukan dalam ruang hampa (sampai  $10^{-6}$  torr).



Gambar 1: Prinsip Implantasi Ion (Sinha, 2003).

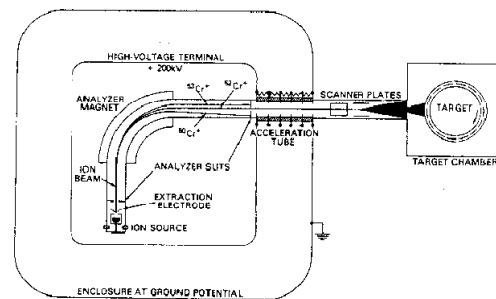
Pada permukaan substrat dibombardir dengan ion-ion, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Implantasi ion pada permukaan logam mampu merubah sifat: mikrostruktur, aus, fatik, kekerasan, oksidasi, dan korosi.

Kedalaman penetrasi rata-rata lapisan implantasi ion merupakan fungsi energi ion, massa atom, jumlah atom material substrat, dan sudut datang. Dalam proses implantasi ion, berkas ion berenergi tinggi akan berinteraksi dan bertumbukan dengan bahan target sehingga atom-atom target tersebut akan bergeser atau terpental sehingga akan merusak struktur bahan tersebut. Atom-atom yang pertama kali terpental akan menumbuk/mendesak atom-atom target tetangganya sehingga mengakibatkan pergeseran atom-atom tersebut dari asalnya.



Gambar 2: Kerusakan Susunan Atom Pada Target

Setiap kali tumbukan akan kehilangan energi, sehingga pada suatu saat atom-atom tersebut akan kehabisan energi dan akhirnya akan menempati ruang kosong yang ditinggalkan atom-atom target. Demikian juga ion-ion yang masuk kedalam target akan kehilangan energi dan berhenti menempati ruang antara atom-atom target sehingga kerapatan atom-atom bertambah, dan hal ini akan meningkatkan daya tahan material target tersebut. Implantasi ion dengan kedalaman kurang dari  $1 \mu\text{m}$  dengan dosis berkisar antara interval 2 sampai  $6 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup> dilakukan dengan energi 50 sampai 100 keV. Untuk kedalaman penetrasi lapisan sekitar  $5 \mu\text{m}$  diperlukan energi implantasi sekitar 1 sampai 10 MeV.



Gambar 3: Akselerator Implantasi Ion (Sinha, 2003)

Kedalaman penetrasi dari ion dopan di dalam material dinyatakan sebagai jangkauan terproyeksi ion  $R_p$ . Jangkauan terproyeksi ion menyatakan jarak atau kedalaman penetrasi rata-rata dari ion relatif terhadap permukaan material target. Jangkauan terproyeksi ion  $R_p$  dalam material target dapat ditentukan dengan persamaan (Kartikasari dkk, 2001):

$$R_p = \frac{1,1 \times 10^{26} (M_1 + M_2) (Z_1^{2/3} + Z_2^{2/3})^{1/2}}{N_0 (3M_1 + M_2) Z_1 Z_2} E (A)^0 \quad (1)$$

dengan

$M_1$  = massa ion dopan (sma)

$M_2$  = massa atom target (sma)



NaCl 0,9%. Laju korosi dinyatakan dengan persamaan (Jones, 1992):

$$r = 0,129 (EW \times i_{corr})/D \quad (6)$$

dengan:

- r = laju korosi (mpy)
- EW = berat ekuivalen
- $i_{corr}$  = arus korosi ( $\mu A/cm^2$ )
- D = densitas ( $g/cm^3$ )

Jika dinyatakan dalam millimeter per year (mm/year), maka bilangan 0,129 pada Persamaan 6 diganti dengan 0,00327. Berat ekuivalen (EW) dihitung sebagai berikut:

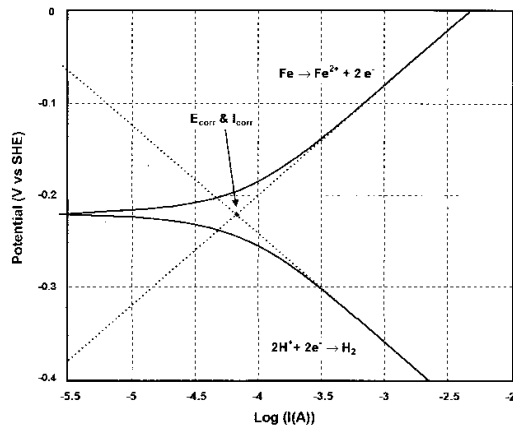
$$EW = (N_{EQ})^{-1} \cdot \dots \cdot (7)$$

$$N_{EQ} = \sum \left( \frac{f_i}{a_i/n_i} \right) = \sum \left( \frac{f_i n_i}{a_i} \right) \quad (8)$$

dengan:

- $f_i$ , = fraksi massa atom
- $n_i$ , = elektron valensi
- $a_i$  = massa atom

Untuk menentukan arus korosi ( $i_{corr}$ ), maka diambil dari hasil pegujian berdasarkan diagram Tafel, seperti pada Gambar 5.



Gambar 5: Diagram Tafel

#### d. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan skala mikrohardness Vickers, dengan beban 10 gf dengan lama indentasi 10 detik. Kekerasan Vickers dapat dicari dengan rumus:

$$VHN = \frac{1,854P}{(d_{in})^2} \quad (kg/mm^2) \dots (9)$$

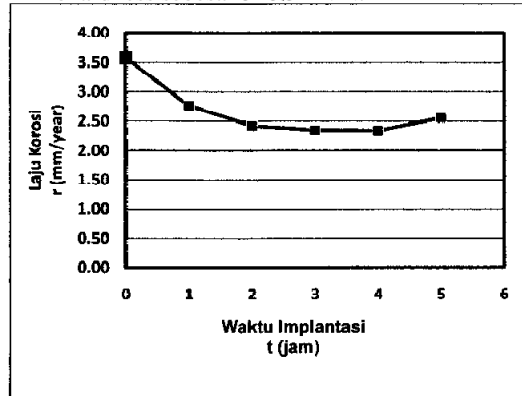
dengan:

- P = beban (kg)
- $d_{in}$  = diagonal rata-rata bekas injakan (mm).

#### 4. HASIL

Uji kekerasan mikrohardness menunjukkan hasil bahwa kekerasan permukaan semakin

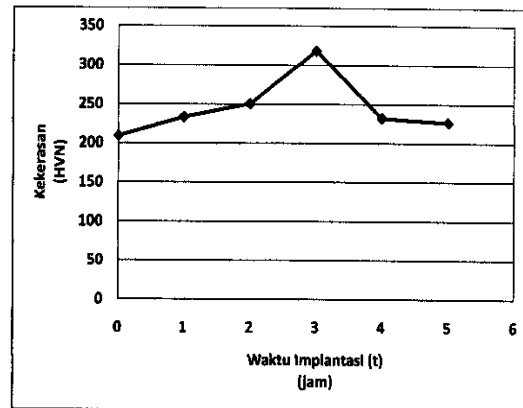
meningkat hingga mencapai angka maksimum, yaitu pada waktu implantasi 3 jam. Angka kekerasan mikrohardness sebesar 318.5 HVN.



Gambar 6: Hubungan Waktu Implantasi TiN dengan Kekerasan Baja Tahan Karat AISI 410

Gambar 6 memperlihatkan bahwa kekerasan meningkat untuk lama implantasi naik dari 1 sampai 3 jam, dan selanjutnya kekerasannya menurun bila lama implantasi lebih besar daripada 3 jam.

Distribusi laju korosi ditunjukkan pada Gambar 7. Semakin lama waktu implantasi, laju korosi memiliki kecenderungan menurun hingga mencapai harga optimalnya yaitu pada waktu implantasi 3 jam, semakin lama waktu implantasi laju korosi menunjukkan kecenderungan meningkat kembali.



Gambar 7: Pengaruh Implantasi Ion TiN Terhadap Laju Korosi Baja Tahan Karat AISI 410

#### 5. PEMBAHASAN

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara waktu implantasi ion TiN dengan kekerasan baja AISI 410. Peningkatan waktu implantasi ion dapat meningkatkan kekerasan baja AISI 410 hingga mencapai optimalnya pada waktu implantasi 3 jam, dengan kekerasan mencapai 318,5 HV atau meningkat 52,25% dibandingkan kekerasan raw material. Penambahan waktu implantasi tidak dapat meningkatkan kekerasan baja AISI 410 kembali, karena proses difusi mengalami kejenuhan.

Hubungan antara waktu implantasi dengan laju korosi ditunjukkan pada Gambar 7. Hubungan antara waktu implantasi dengan laju korosi menunjukkan kesesuaian dengan grafik hubungan antara kekerasan dengan waktu implantasi. Peningkatan waktu implantasi akan menurunkan laju korosi hingga mencapai harga optimalnya. Penurunan laju korosi mencapai harga optimal sekitar 2,34 mm/year, atau dapat meningkatkan ketahanan korosi baja AISI 410 sebesar 34,36% dan terjadi pada waktu implantasi antara 3 dan 4 jam, karena keduanya memberikan harga yang sama, yaitu 2,35 dan 2,34 mm/year. Peningkatan waktu implantasi selanjutnya akan meningkatkan laju korosinya lagi.

Peningkatan ketahanan korosi sebesar 34,36% pada baja tahan karat AISI 410 diperoleh pada saat material diimplan titanium nitrida pada dosis ion optimum. Pada dosis ini jumlah ion yang diimplantasikan akan efektif masuk ke dalam target. Selanjutnya peluang ion dopan untuk menempati celah semakin besar dan semakin besar pula kemungkinan ion-ion dopan untuk terdistribusi secara merata. Terdistribusinya secara merata ion-ion dopan akan menyebabkan susunan atom-atom target menjadi rapat. Dengan demikian keadaan ini akan menambah daya lekat dari lapisan pelindung yang melindungi logam dibawahnya dari kontak dengan elektrolit pengkorosi, sehingga dapat menurunkan laju korosinya.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ternyata dengan adanya implantasi ion TiN dosis tertentu pada baja tahan karat martensitik AISI 410 secara keseluruhan dapat menurunkan laju korosi material. Peningkatan dosis diatas harga optimalnya sudah tidak efektif menurunkan laju korosi. Oleh karena itu teknik implantasi ion titanium nitride (TiN) dapat meningkatkan ketahanan korosi baja tahan karat martensitik AISI 410.

## 6. KESIMPULAN

1. Implantasi ion Titanium Nitrida pada baja tahan karat martensitik AISI 410 dapat menyebabkan perubahan sifat ketahanan korosinya.
2. Baja tahan karat martensitik AISI 410 yang telah diimplantasi ion titanium nitrida mengalami peningkatan ketahanan korosi sebesar 34,36% atau sekitar 2,34 mm/year, dengan media pengkorosi NaCl 0,9%, dibandingkan baja tahan karat AISI 410 yang tidak diimplantasi. Kondisi ini terjadi pada dosis  $7,5 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup> dan energi ion 100 keV dan arus 10  $\mu$ A, dengan laju korosi 2,34 mm/year.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Adamus, J., 2007, "Forming of Titanium Implants and Medical Tools by Metal Working", Archives of Materials Science and Engineering, Vol. 28, Issue 5, pp. 313-316

2. ASTM Standards, 2006, "Medical and Surgical Material and Devices; Anesthetic and Respiratory Equipment; Pharmaceutical Application of Process Analytical Technology", Vol. 13.01
3. Chang, C. L., Lee, J. W., Tseng, M. D., 2009, "Microstructure, Corrosion and Tribological Behaviors of TiAlSiN Coatings Deposited by Cathodic Arc Plasma Deposition", Thin Solid Films 517, pp. 5231-5236
4. Dobrzanski, L. A., Lukaszkoicz, K., Pakula, D., Mikula, J., 2007, "Corrosion Resistance of Multilayer and Gradient Coatings Deposited by PVD and CVD Techniques", Archives of Materials Science and Engineering, Vol. 28, Issue 1, pp. 12-18
5. Fontana, M. G., Greene, N. D., 1984, "Corrosion Engineering", McGraw Hill, Singapore.
6. Jones, D. A., 1992, "Principles and Prevention of Corrosion", MacMillan Publishing Company, New York
7. Kartikasari, K., Soekrisno, Sudjatmoko, 2001., "Studi Pengaruh Implantasi Ion Karbon Terhadap Kekerasan Permukaan Baja AISI 1040", Media Teknik, No. 2, Tahun XXIII
8. Krishna, B. V., Bandyopadhyay, A, 2009, "Surface Modification of AISI 410 Stainless Steel Using Laser Engineered Net Shaping (LENS<sup>TM</sup>)", Materials and Design 30 pp. 1490-149
9. Lukaszkoicz, K., Dobrzansky, L. A., Pancielejko, M., 2007, "Mechanical Properties of the PVD Gradient Coatings Deposited onto the Hot Work Tool Steel X40CrMoV5-1", Journal of Achievement in Materials and Manufacturing Engineering", Vol. 24, Issue 2, pp. 115-118
10. Perillo, P. M., 2006, "Corrosion Behavior of Coatings of Titanium Nitride and Titanium-Titanium Nitride on Steel Substrates", Corrosion, Vol. 62, No. 2, pp. 182-185
11. Podgornik, B., Vizintin, J., 2003, "Tribology of Thin and Their Use in the Field of Machine Element", Vacuum, pp. 39-47.
12. Shah, H. N., Chawla, V., Jayaganthan, R., Kaur, D., 2010, "Microstructural Characterizations and Hardness Evaluation of d.c. reactive magnetron Sputtered CrN Thin Films on Stainless Steel Substrate", Bulletin Material Science Vol. 33, No. 2, pp. 103-110.
13. Suroso, I., Mudjijana., Suyitno, T., 2009, "Pengaruh Implantasi AlN Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Bantalan Bola",

- Jurnal Mesin dan Industri, Volume 6, No. 1,  
ISSN 1693-704X, pp. 37-46.
14. Sundaranajan, T., Praunseis, Z., 2004, "*The Effect of Nitrogen-Ion Implantation on The Corrosion Resistance of Titanium in Comparison With Oxygen and Argon-Ion Implantation*", *Materiali in Technologije* 38, pp. 19-24
  15. Wagiyo, H., Wulan, P., 2008, "Pengaruh Implantasi Ion Aluminium Terhadap Ketahanan Korosi Suhu Tinggi Baja Corten, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, ISSN: 1411-1098, pp. 115-119
  16. Wen, F. L., Lo, Y. L., Yu, Y. C., 2007, "*Surface Modification of SKD-61 Steel by Ion Implantation Technique*", *JVST A*, Vol. 25, No. 4, pp. 1137-1142