

EFEK IMPLANTASI ION CHROM DAN CHROMIUM NITRIDA TERHADAP LAJU KOROSI DAN MIKROHARDNESS PADA MACHINERY STEEL VCL 140

Reza Putra

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh

Email : reza_st2002@yahoo.com

Keterbatasan material dalam menghalangi proses korosi merupakan dasar dari dilakukannya penelitian ini. Metoda yang dipilih untuk menghalangi korosi sekaligus meningkatkan kekerasan permukaan material adalah dengan teknik implantasi ion. Uji korosi dilakukan pada sampel menggunakan alat potensiostat PGS 201T dalam media NaCl 0,008M. Material yang terbuat dari baja VCL 140 diimplantasi ion chrom dan chromium nitrida dengan memvariasikan waktu implantasi pada energi 100 keV untuk mendapatkan kondisi optimum dari kekerasan permukaan, penurunan laju korosi dan menganalisa struktur permukaan yang terbentuk. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kekerasan sebesar 439 HVN dan terjadi penurunan laju korosi hingga 1,13 mmpy akibat dari pembentukan lapisan baru pada permukaan material.

Kata kunci : implantasi ion, kekerasan, laju korosi.

PENDAHULUAN

Pelapisan dengan teknik PVD telah digunakan secara luas dalam industri karena ketahanannya terhadap aus, panas, tahan korosi, daya lekat yang baik dan meningkatkan kekerasan [5]. Salah satu teknik PVD yang sering digunakan adalah implantasi ion. Proses implantasi ion hanya memodifikasi bagian material yang paling luar, sedangkan keseluruhan bahan (*bulk material*) tetap tidak berubah dan prosesnya dilakukan pada suhu kamar sehingga tidak mengubah struktur material [7]. Para peneliti telah melakukan implantasi pada baja paduan (*alloy*) dengan ion yang berbeda-beda dalam usaha untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan bahan tersebut terhadap korosi. Karena kekerasan dan ketahanan korosi merupakan suatu sifat dari permukaan, maka implantasi ion merupakan cara yang ideal dalam penelitian ini.

Penelitian dengan menggunakan teknik implantasi ion terhadap bahan ring bantalan bola dan bahan chrom tinggi untuk memperoleh peningkatan kekerasan [5, 8]. Beberapa jenis ion dopan atau bahan yang diimplan seperti chromium, titanium, alumanium, nitrogen dan paduannya juga telah diteliti dengan teknik yang berbeda-beda. Penelitian terhadap ketahanan gesek dan aus dari lapisan CrN pada aluminium 2024 terhadap gesekan bola Si₃N₄ dengan metoda *Arc Ion Plating*. [11]. Penelitian dengan teknik *Elektron Beam* (EB) untuk membombardir ion chrom pada material SAE 1020 [4]. Penelitian

metode pelapisan *multilayer* Cr/CrN dengan teknik PVD *Arc Cathodic* pada baja F1272 [1]. Sedangkan Penelitian terhadap baja paduan Ti-Cr dengan menggunakan alat *argon arc melting*. [9]. Perbaikan terhadap kekerasan dan ketahanan korosi merupakan tujuan utama [1, 9]

Korosi adalah suatu reaksi kimia atau elektrokimia antara material dengan lingkungannya yang menyebabkan terjadinya penurunan mutu (degradasi) sifat dan fisik pada permukaan material tersebut [10]. Reaksi ini berlangsung secara perlahan-lahan tetapi pasti. Tidak ada bahan atau peralatan yang dapat terhindar dari proses korosi, semuanya dalam jangka waktu tertentu akan rusak karena korosi.

Pemilihan unsur *chromium* dan *nitrogen* pada penelitian ini adalah karena *chrom* mampu membentuk lapisan pasif pada permukaan material sedangkan ion *nitrogen* mampu menembus permukaan material, menutup retak mikro dan mengisi kekosongan ruang dalam struktur kristal material [5]. Selain dapat meningkatkan kekerasan dan usia pakai, unsur paduan *chrom* dan *nitrogen* juga dapat meningkatkan ketahanan korosi secara signifikan [1]. Material *Machinery Steel* tipe VCL 140 dipilih sebagai bahan dasar yang diimplan karena penggunaannya yang luas dalam berbagai komponen permesinan, tetapi memiliki sifat mekanik yang masih terbatas dan ketahanan korosi yang rendah. Produk Bohler ini mempunyai komposisi dalam % berat 1,1% Cr,

0,7% Mn, 0,3% Si, 0,41% C, 0,2% Mo dan sisanya 97,29% Fe sebagai penyeimbang (*balance*).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan lapisan pelindung yang tahan terhadap korosi dan membandingkan tingkat kekerasan antara material VCL 140 yang hanya dilapisi ion *chrom* (Cr) dengan yang dilapisi *chromium nitrida* (CrN) dengan variasi waktu implantasi pada arus 10µA dan energi 100 keV.

TEORI DASAR

Proses implantasi ion dilakukan dengan menggunakan seperangkat mesin implantasi ion, dimana energi dan dosis ion sangat berpengaruh pada jangkauan ion dopan dan distribusi konsentrasi ion yang terimplantasi pada bahan target. Dosis ion didefinisikan banyaknya ion yang diberikan pada substrat persatuan berkas, jumlah ion yang diberikan sangat tergantung lamanya waktu implantasi ion serta luas penampang material yang diimplan. Dosis ion biasanya diberikan biasanya $10^6 - 10^8$ ion/cm², banyak dosis ion yang diberikan akan meningkatkan kekerasan suatu material yang diimplan [7]. Dosis ion diperoleh dengan memvariasikan waktu, sedangkan arus berkas ion dibuat tetap.

Banyaknya dosis ion yang diberikan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$D = \frac{i}{eA} \int_0^t idt = \frac{it}{eA} \quad (\text{ion/cm}^2)$$

dengan,

D = Dosis ion (ion/cm²)

e = Muatan ion ($1,602 \times 10^{-19}$ Coulomb)

i = Arus berkas ion ($10 \mu\text{A} = 10^{-4}$ A)

t = Waktu implantasi (detik)

A = Luas permukaan material target. (cm²)

Pada proses uji kekerasan digunakan alat uji Vickers dengan indenter yang kecil (*microhardness*) pada beban sebesar 0,1 kgf, dan waktu pembebanan selama 10 detik sehingga variasi kekerasan sebagai akibat dari variasi struktur mikro dapat diidentifikasi [6]. Sedangkan proses uji korosi dilakukan ada temperatur kamar dengan menggunakan alat Potensiostat PGS 201T dengan media pengkorosi garam *Natrium Klorida* (NaCl 0,008M). Prinsip

alat ini adalah tegangan anoda dikontrol secara otomatis dengan rentang potensial selama waktu tertentu, dengan laju yang tidak berubah. Kemudian dibuat plot antara potensial dengan arus polarisasi hingga nilai intensitas laju korosi benda uji diperoleh. Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan laju korosi suatu bahan adalah sebagai berikut [10]:

$$r = 0,129 \frac{ai}{nD} \quad \dots\dots (2)$$

dengan,

r = laju korosi (mpy)

a = berat atom

i = rapat arus korosi (µA/cm²)

n = valensi atom

D = Berat jenis sampel (gr/cm³)

Laju korosi dari rumus di atas di dapat dalam satuan *mils per year* dapat diartikan sebagai mil per tahun yang berarti hilangnya berat sebagian spesimen karena pengaruh korosi dalam satuan mili inchi per tahun. Konversi *mils per year* ke satuan metrik dapat dilihat dari rumusan di bawah :

$$0,0254 \frac{\text{mm}}{\text{yr}} = 25,4 \frac{\mu\text{m}}{\text{yr}} = 2,9 \frac{\text{mm}}{\text{yr}} \quad \dots(3)$$

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

a. Bahan : Baja VCL 140

Dimensi Spesimen untuk uji kekerasan: diameter 14 mm, tebal 3 mm

b. SerbukCr (chrom) dan CrN (Chromium Nitrida) sebagai bahan yang diimplantasi

c. Resin dan Alkohol

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Mesin bubut Merek : Emco
2. Mesin Polish
3. Alat Uji Kekerasan, Merek; Buchler. Beban10 gram, waktu 10 detik
4. Timbangan Digital
5. Alat uji struktur mikro, microscop optik logam Olympus dan cairan etsa yang digunakan berupa larutan nital (propanol+5% HNO₃).
6. Mesin implantasi ion
7. Alat uji korosi Potensiostat/Galvanostat

Tahapan Penelitian

Benda uji yang digunakan sebagai benda target adalah baja VCL 140 dengan diameter 20 mm, kemudian baja tersebut dibubut sampai mencapai diameter 14 mm. Setelah itu dipotong dengan mesin bubut berupa kepingan dengan ketebalan 3 mm. Selanjutnya spesimen tersebut di resin supaya mudah dan rata saat dipolish dengan mesin polish menggunakan ampelas ukuran 320 mesh, 400, 600, 1000, 1500 dan 2000 mesh. Setelah proses ini selesai, dilakukan proses pencucian dengan deterjen, alkohol dan kemudian dikeringkan. Selanjutnya bahan disimpan. Spesimen siap untuk diimplantasi ion.

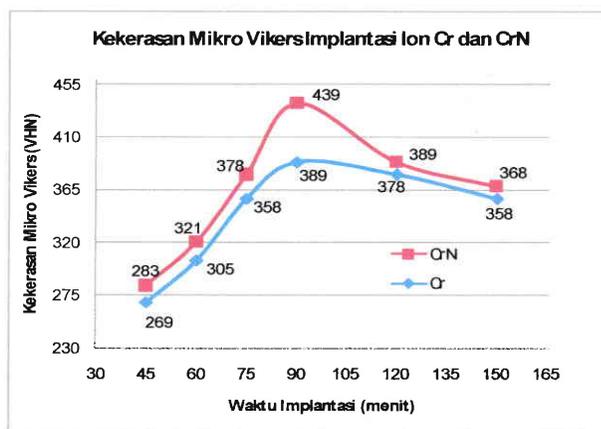
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan hasil perbandingan dosis ion chromium dan nitrogen yang diimplankan pada material VCL 140 menggunakan persamaan (1), disajikan pada tabel (1) berikut :

Tabel I. Hasil perhitungan dosis ion Cr dan N pada material VCL 140.

No	Energi (keV)	Waktu (detik)	Dosis ion (10^{16} ion/cm ²)
1	100	2700	2,738
2	100	3600	3,651
3	100	4500	4,564
4	100	5400	5,477
5	100	7200	7,302
6	100	9000	9.128

Setelah VCL 140 diimplantasi ion chromium dan nitrogen maka akan terbentuk lapisan proteksi yang melapisi material VCL 140 sehingga meningkat kekerasannya. Data nilai kekerasan diplot dalam bentuk grafik untuk memudahkan penganalisaan, hal ini dapat dilihat pada grafik dibawah ini,



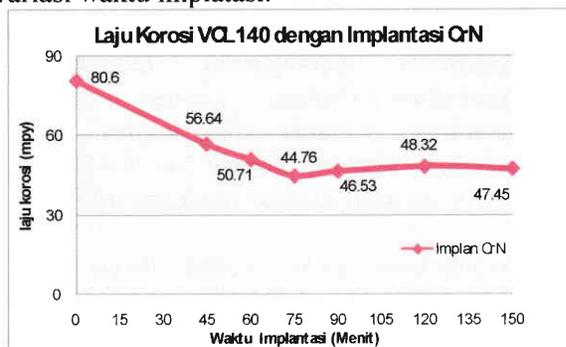
Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan(VHN) pada implantasi ion Chromium dan Chomium Nitrida.

Pada pelapisan *chrom* maupun *chromium nitrida* dari grafik diatas, terjadi peningkatan kekerasan hingga waktu 90 menit dan terjadi penurunan nilai kekerasan untuk waktu seterusnya. Berdasarkan Penelitian [7], banyaknya dosis ion yang diberikan akan meningkatkan kekerasan suatu material sedangkan lamanya waktu implantasi sangat mempengaruhi banyaknya jumlah ion yang terimplantasi pada permukaan material. Hal ini dapat dijelaskan bahwa dalam jangka waktu pelapisan 45 menit hingga 90 menit, peningkatan kekerasan terjadi karena penumbukan ion-ion dopan pada permukaan material menyebabkan ion-ion tersebut terdifusi kedalam material dan lamanya waktu implantasi juga menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur oleh tumbukan-tumbukan ion-ion dopan yang membuat semakin renggangnya jarak atom sehingga semakin banyak ion dopan yang dapat menyisip pada susunan atom material.

Selanjutnya pada waktu diatas 90 menit, penurunan nilai kekerasan material disebabkan ion dopan hanya menepuk dipermukaan material karena tidak ada lagi ruang kosong yang bisa diisi hingga terjadi kejenuhan ion-ion dopan pada permukaan material. *Nitrogen* yang diimplantasikan setelah *chromium* dengan memvariasikan waktu dengan arus dan energi yang tetap juga memperlihatkan hasil yang signifikan, dimana terjadi peningkatan nilai kekerasan. Peningkatan kekerasan disebabkan oleh terbentuknya lapisan baru (*bilayers*) dari ikatan kimia *chrom* dan *nitrogen* yang membentuk senyawa fase kedua, yaitu *chromium nitrida* (CrN). Ukuran *nitrogen* yang lebih dkecil dibandingkan atom *chrom* dan besi juga mempermudah terjadinya penyisipan atom *nitrogen* pada susunan atom material saat proses

implantasi berlangsung. Pada Pelapisan *chromium nitrida*, nilai kekerasan tertinggi pada waktu 90 menit sebesar 439 VHN, terjadi peningkatan kekerasan hampir 1,7 kali dibandingkan kekerasan awal material VCL 140 yang hanya 257 VHN. Nilai kekerasan ini lebih baik dari pada nilai kekerasan maksimum pada pelapisan *chromium* yang hanya 389 VHN.

Material VCL 140 yang telah diimplan CrN diuji ketahanannya terhadap korosi dengan menggunakan perangkat alat Potensiostat PGS 201T dari potensial -2000 mV sampai 2000 mV, terhadap 18 buah target VCL 140 dalam media pengkorosi garam *natrium klorida* (NaCl $0,008$ M). Satu buah material yang tidak diimplantasi mewakili ketahanan korosi VCL 140 sebelum diimplantasi. Hasil uji korosi memberikan data besarnya rapat arus korosi (I_{kor}) tiap target. Rapat arus korosi (I_{kor}) tersebut dapat digunakan untuk menghitung laju korosi (r_{kor}) dalam *mpy* atau *mils per year* dengan menggunakan persamaan (2). Material VCL 140 yang mengalami proses implantasi CrN dengan variasi waktu akan memperoleh dosis ion yang bervariasi juga dan gambar dibawah menunjukkan hasil perhitungan laju korosi material VCL 140 yang telah diimplantasi CrN dalam media garam *natrium klorida* (NaCl $0,008$ M) berdasarkan variasi waktu implatasi.



Gambar 2. Grafik Perhitungan laju korosi terhadap waktu implantasi CrN pada material VCL 140.

Nilai laju korosi sebesar $80,6$ *mpy* pada waktu nol menit merupakan nilai dari material tanpa implantasi CrN. Hal ini berarti, material VCL 140 yang tidak diimplantasi akan terkorosi permukaannya sedalam $80,6$ mil atau kira-kira sedalam 2 mm dalam setahun. Secara ideal, dengan dosis ion dopan semakin tinggi akan diperoleh material dengan kecenderungan mengalami penurunan laju korosi sampai batas tertentu. Pada waktu 75 menit, besar laju korosi yang terjadi adalah sebesar $44,76$ *mpy* atau menurun hingga 1,8 kali dari material VCL 140

tanpa diimplan. Hal ini berarti bahwa material target VCL 140 dalam setahun akan terkorosi permukaannya sedalam $1,13$ mm. Kondisi ini terjadi pada dosis ion $4,564 \cdot 10^{16}$ ion/cm^2 , sehingga dengan melakukan proses implantasi CrN terhadap VCL 140 selama 75 menit merupakan waktu optimum untuk memperlambat laju korosi.

KESIMPULAN

1. Implantasi ion *chromium* dan ion *nitrogen* yang dilakukan pada permukaan material VCL 140 dapat memperbaiki sifat kekerasan dan ketahanan terhadap korosi menjadi lebih baik.
2. Senyawa *chromium nitrida* (CrN) yang terbentuk pada proses implantasi telah meningkatkan kekerasan material VCL 140 sebesar 439 VHN pada dosis $5,477 \cdot 10^{16}$ ion/cm^2 atau 1,7 kali lebih tinggi dari material tanpa implantasi dan pada dosis $4,564 \cdot 10^{16}$ ion/cm^2 dengan arus $10\mu\text{A}$ dan energi 100 keV mampu mengurangi laju korosi sebesar 1,8 kali atau $44,76$ *mpy*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bayon, R., Igartua, A., Fernandez, X., Martinez, R., "Corrosion-wear behaviour of PVD Cr/CrN multilayer coatings for gear applications" Tribology International, Elsevier. 2008.
2. Callister, W.D., "Material Science and Engineering an Introduction" Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc. 2001.
3. Fontana, M.G., "Corrosion Engineering", Third Edition, New York, McGraw Hill Book Company. 1986.
4. Gomes, G.F., Ueda, M., Reuther, H., "Chromium Recoil Implantation Into SAE 1020 Steel By Nitrogen Ion Bombardement" Brazilian journal of Physics, Vol. 34, no.4B.2004.
5. Kim B., Lee S., Kim, K. "Enhancement of Mechanical Properties of High Chromium Steel by Nitrogen Ion Implantation" Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland. 2006.
6. Malau.V., "Perlakuan Permukaan" Diktat kuliah. Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. 2003.

7. Sujitno, T., "Pelatihan Teknologi Akselerator dan Aplikasinya", BATAN, Yogyakarta. 2003.
8. Suroso, I., "Pengaruh Implantasi AiN terhadap kekerasan dan keausan Pada Bahan Ring Bantalan Bola" Tesis. Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 2007.
9. Takemoto, S., Hattori, M., Yoshinari, M., Kawada, E., "Corrosion Mechanism Of Ti-Cr Alloys In Solution Containing Fluoride". Dental Material, Elsevier. 2008.
10. Tretheway. K.R., Chamberlain, J., "Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa", Terjemahan. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 1991.
11. Zhou, F., Chen, K., Wang, M., Xu, X., "Friction and wear properties of CrN coating sliding against Si_3N_4 balls in Water and Air" wear, Vol. 265, Issues 7-8, Pages 1029-1037. Elsevier. 2008.