

PENGARUH IMPLANTASI ION ALUMINIUM NITRIDA TERHADAP KEKERASAN PADA BANTALAN BOLA (*BALL BEARING*)

Indreswari Suroso¹⁾

¹⁾*Program Studi Aeronautika, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan*

Abstrak

Bantalan bola adalah salah satu komponen mesin yang memiliki komponen ring dalam, ring luar, dan bola, gesekan antara ring dan bola menyebabkan keausan, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh implantasi ion AlN terhadap kekerasan dan struktur mikro pada bantalan bola.

Pengaruh implantasi ion Aluminium Nitrida adalah meningkatkan kekerasan bantalan bola dengan hasil penelitian sebagai berikut kekerasan bahan sebelum diimplantasi Aluminium Nitrida (AlN) yaitu kekerasan Bola 864 VHN, kekerasan ring dalam 828 VHN, dan kekerasan ring luar 644 VHN. Hasil pengujian kekerasan Vickers setelah diimplantasi ion AlN pada waktu optimum 90 menit adalah ring luar sebesar 925 VHN, ring dalam 1225 VHN, dan bola 1253 VHN, atau mengalami peningkatan kekerasan bola 45%, ring dalam 48%, dan ring luar 43%.

Pada pengujian struktur mikro bahwa pada sangkar memiliki ukuran butir (particle size) paling besar dibandingkan yang lainnya, sedangkan ring dalam memiliki ukuran butir terkecil, sehingga nilai kekerasan paling rendah dan paling lunak adalah ring luar, sehingga diperlukan perlakuan permukaan (surface treatment) implantasi ion AlN.

Kata kunci : *bantalan bola, implantasi ion, kekerasan, struktur mikro*

Latar Belakang Masalah

Bantalan bola (*ball bearing*) merupakan salah satu komponen pendukung pada mesin dan bagian-bagian peralatan tang berputar seperti *jet engine* dan turbin [1]. Komponen bantalan bola terdiri bagian ring dan bola dalam pengoperasiannya selalu bergesekan satu sama lain, sehingga bagian bantalan bola yang lunak akan cepat aus untuk itu perlu ditingkatkan sifat kekerasannya. Semakin keras material maka material semakin tahan aus. Berarti dengan meningkatkan kekerasan permukaan suatu material secara tidak langsung meningkatkan ketahanan ausnya.

Beberapa cara untuk meningkatkan kekerasan suatu material meliputi cara konvensional dan cara modern. Cara konvensional meliputi cara karburasi dan cara nitridasi. Cara karburasi dengan cara material dipanasi pada suhu 900°C, dalam karbon aktif, kemudian di *quenching*, sedangkan cara nitridasi adalah material dimasukkan dalam suatu bak yang berisigaram *cyanida* dan dipanaskan pada suhu 300°C. Proses berlangsung lama sekitar 2 sampai 3 hari untuk mencapai ketebalan lapisan yang dituju [2].

Cara modern dengan implantasi ion, plasma, dan *sputtering*. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah implantasi ion AlN, cara plasma sangat tepat untuk materi berwujud gas, sedangkan cara *sputtering* menggunakan wujud gas maupun padatan. Akselerator implantasi ion

merupakan jenis akselerator ion yang didesain khusus untuk mengimplantasikan ion-ion dari suatu atom atau molekul ke dalam suatu material. Prinsip implantasi ion adalah pengionan atom-atom dopan dalam sumber ion, mempercepat ion-ion tersebut dalam tabung akselerator selanjutnya memfokuskan ke permukaan suatu target.

Proses perlakuan permukaan (*surface treatment*) menggunakan teknik implantasi ion, faktor yang harus diperhatikan adalah energi (E), dosis/intensitas (D), jenis ion yang diimplantasikan, dan jenis material sasaran. Energi ion akan menentukan kedalaman penetrasi ion terimplantasi, sedangkan dosis ion akan mempengaruhi konsentrasi ion yang terimplantasi dalam material sasaran.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: 1) Apa pengaruh implantasi ion dalam kekerasan material *ball bearing*? 2) Bagaimana struktur mikro material yang sudah mendapat perlakuan permukaan (*surface treatment*)? Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) Mengetahui pengaruh implantasi ion dalam kekerasan material bantalan bola (*ball bearing*), 2) Mengetahui nilai kekerasan material setelah mendapat perlakuan permukaan (*surface treatment*) tertentu.

Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Tinjauan Pustaka

Implantasi ion akan memperbaiki kekerasan suatu paduan material secara signifikan jika dibandingkan tanpa *treatment* [3]. Bahan TiN menghasilkan lapisan yang sangat keras, kestabilan kimia yang tinggi dan gaya *adhesive* yang baik sampai pada suhu 500°C, sedangkan pada suhu lebih dari 700°C terjadi oksidasi [4]. Kerusakan akibat aus pada permukaan benda dapat ditingkatkan dengan implantasi ion. Metode ini sangat menguntungkan dalam merubah sifat-sifat permukaan bahan, yang parameternya jenis ion, energi, rapat arus dari ion, jumlah dosis yang diberikan serta sudut penembakan dapat diatur secara presisi [5].

Proses implantasi ion tidak mengubah struktur substrat namun menghasilkan kulit nitrida yang keras dan meningkatkan daya tahan korosi, implantasi ion pada *ball bearing* inconel 718 dikombinasikan dengan plasma *Chemical Vapor Deposition* (CVD) membentuk film *Diamond Like Carbon* (DLC) yang bersifat keras dan dengan *adhesive* yang sangat kuat sehingga tahan gesekan [6]. Pengembangan sebuah alat untuk mengkaji pengaruh kenaikan temperatur dari bantalan bola terdiri dari unit penggerak, unit pengatur kecepatan dan beban, dan unit pengukur temperatur. Penggunaan bantalan bola pada kecepatan putar tinggi meningkatkan temperatur operasional [7].

Landasan Teori

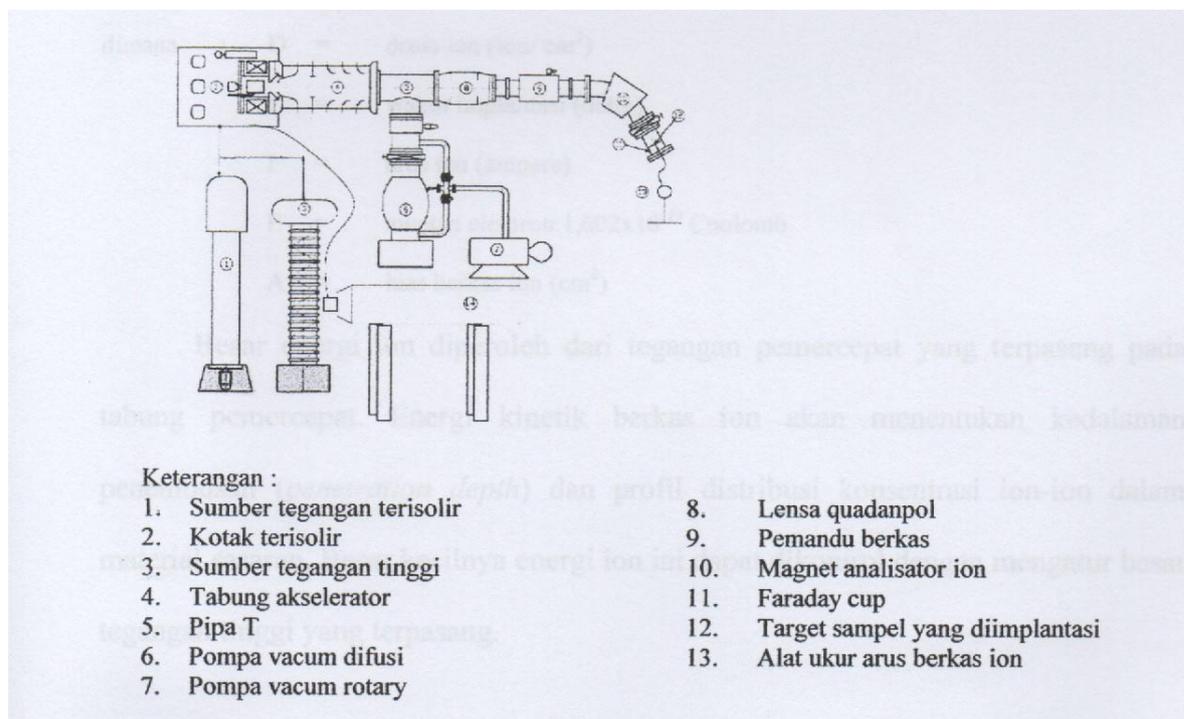
Implantasi ion akan menyebabkan perubahan sifat bahan. Implantasi ion akan meningkatkan kekerasan, meningkatkan ketahanan aus, menurunkan koefisien gesek dan meningkatkan *Compressive Residual Stress* pada permukaan substrat dan meningkatkan sifat *fatigue* dan meningkatkan ketahanan korosi.

Berikut ini keuntungan dari implantasi ion:

- a. Secara teori setiap ion dapat diimplantasikan ke suatu material.
- b. Kemurnian ion dopan dapat dikendalikan dengan tepat yaitu dengan memisahkan berkas ion dengan magnet pemisah berkas ion.
- c. Proses implantasi bersih, karena dilakukan dalam ruang hampa sehingga tidak terkontaminasi permukaan benda.

- d. Proses dapat dikerjakan pada suhu kamar, sehingga kemungkinan timbulnya tegangan karena suhu, dapat dihindari.
- e. Proses lebih cepat dibandingkan metode konvensional.

Berikut ini skema alat implantasi ion seperti pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Skema alat implantasi ion (Sumber: PT APB BATAN Yogyakarta)

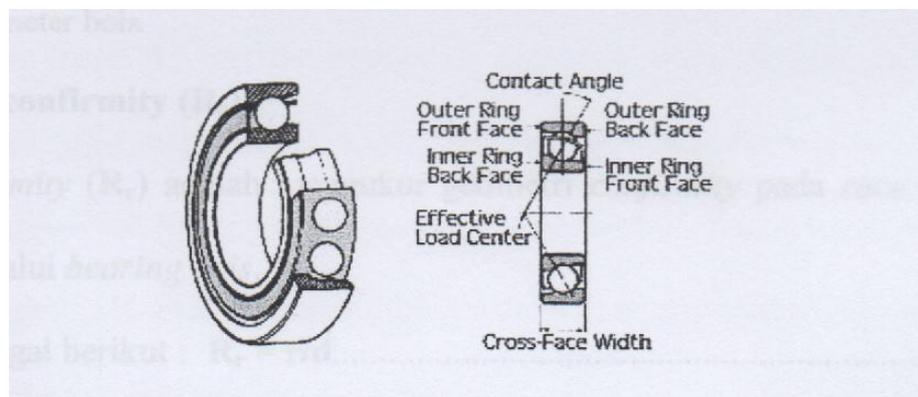
Berikut ini adalah faktor yang mempengaruhi hasil implantasi ion:

- a. Dosis ion adalah jumlah ion yang sampai pada permukaan benda persatuan luas (ion/cm^2), besaran ini menentukan prosentase ion yang terimplantasi.
- b. Energi ion adalah energi yang dihasilkan tegangan pemercepat yang terpasang dari tabung pemercepat.
- c. Waktu implantasi adalah waktu yang diperlukan dalam proses implantasi ion.
- d. Energi kinetik berkas ion akan menentukan kedalaman penembusan.
- e. Luas berkas ion akan mempengaruhi dosis ion.
- f. Arus listrik sangat berpengaruh terhadap dosis ion dengan memvariasikan arus listrik sedangkan waktunya implantasi tetap atau sebaliknya waktu implantasi diubah namun arus listrik dibuat tetap.

Bantalan Bola (*Ball Bearing*)

Jenis material sasaran adalah bantalan bola jenis *angular contact ball bearing* yang memiliki kemampuan menahan beban radial dan beban aksial. Sangkar bola terbuat dari baja, dengan sudut kontak 30° digunakan sangkar bola dari resin *polyamide*. Tipe bantalan ini digunakan pada

kecepatan tinggimisalnya poros mesin gerinda dan poros tegak motor listrik [1] Seperti pada Gambar 2 menyajikan gambar *single angular contact ball bearing*:



Gambar 2. *Single row angular contact ball bearing*

Spesifikasi bahan uji bantalan bola sebagai berikut:

- Diameter dalam (d) = 20 mm
- Diameter luar (D) = 52 mm
- Diameter Bola (d_i) = 10 mm
- Lebar = 15 mm
- Bahan ring dan bola = baja paduan
- Massa jenis bearing = $7,8 \text{ g/cm}^3$

Kekerasan Bahan

Kekerasan permukaan bahan didefinisikan sebagai ketahanan bahan material terhadap deformasi plastis. Ada beberapa cara untuk mengukur kekerasan permukaan bahan, salah satu diantaranya dengan metode Vickers. Metode Vickers sangat tepat untuk pengujian kekerasan permukaan lapisan tipis. Dalam pengujian ini menggunakan metode Vickers, memiliki indenter berbentuk piramida intan dengan sudut antara permukaan yang berlawanan 136° , berat beban 10 gram. Cara memperoleh harga kekerasan ini dengan mengukur diagonal rata-rata bekas injakan. Nilai kekerasan Vickers dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{VHN} = 1.854 \frac{P}{d^2} \quad (\text{kg/mm}^2) \dots \dots \dots (1)$$

dengan : P = beban yang diberikan (kg)

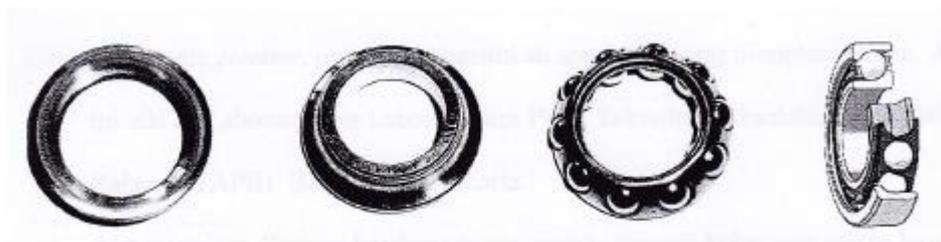
d = diagonal bekas injakan (mm)

Metodologi

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Mesin implantasi ion dilengkapi *rotary pump*, pompa difusi, kontrol vakum, kontrol aliran gas, kontrol suhu, sumber tegangan DC, sistem pendingin, dan regulator tekanan gas, alat ini di BATAN YOGYAKARTA.
- Ultrasonic cleaner* untuk membersihkan spesimen yang diimplantasi ion, alat ini berada di BATAN YOGYAKARTA.
- Alat uji kekerasan Vickers, di Lab.Bahan Teknik Vokasi UGM.
- Foto makro di di Lab.Bahan Teknik Vokasi UGM.
- Mesin polis untuk meratakan permukaan spesimen bantalan bola. Gambar bantalan bola dan spesifikasinya dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 1.



Gambar 3. *Ball bearing* untuk spesimen benda uji

Tabel 1. Spesifikasi *ball bearing* komponen bahan uji

Diameter dalam (d)	20 mm
Diameter luar (D)	52 mm
Diameter bola (D1)	10 mm
Lebar	15 mm
Bahan ring dan bola	Baja paduan
Massa jenis bearing	7.8 gr/cm ³

Bahan Penelitian

Bahan penelitian dalam penelitian ini antara lain:

- a. Bantalan bola dengan no.seri 20 BSW 01.
- b. Aluminium nitrida berbentuk serbuk senagai bahan yang diimplantasikan.
- c. Kertas gosok ukuran 600 sampai 2000 mesh.
- d. Autosol metal polish untuk memoles spesimen dalam uji kekerasan.
- e. Alkohol untuk membersihkan ion.

Cara Kerja Penelitian

Tahap-tahap pengerjaan dalam penelitian ini adalah:

- a. Implantasi ion dilakukan dengan cara bantalan bola 22 buah, terdiri 11 buah yang diimplantasi ion AlN, dan 11 buah yang tidak diimplantasi ion AlN.
- b. Spesimen uji kekerasan menggunakan satu buah bantalan bola dipotong dengan EDM di UNY dengan ukuran 6x6x3 mm kemudian dipoles dengan kertas gosok 600 sampai 200 mesh.
- c. Implantasi ion waktu 90 menit kemudian baru diuji kekerasan Vickers, pengujian kekerasan dengan preparasi bantalan bola.

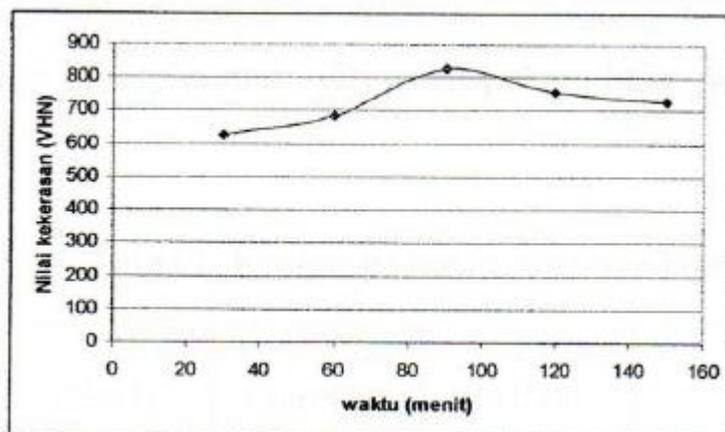
Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Uji Kekerasan Vickers pada *Ball Bearing* (Bantalan Bola)

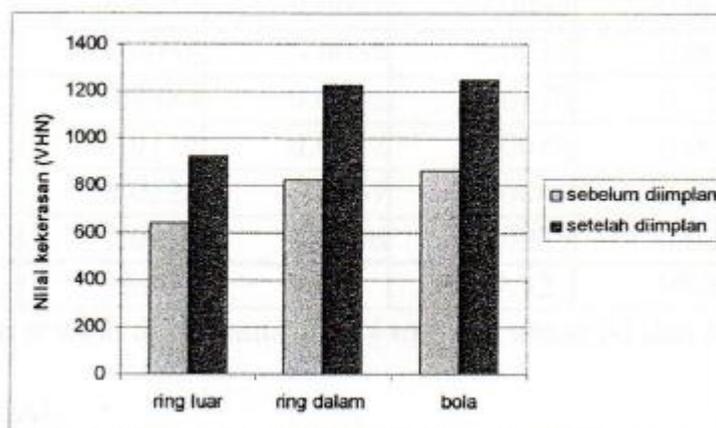
Kekerasan Bahan Sebelum dan Sesudah Diimplantasi Aluminium Nitrida

Kekerasan bahan sebelum diimplantasi Aluminim Nitrida (AlN) yaitu kekerasan Bola 864 VHN, kekerasan ring dalam 828 VHN, dan kekerasan ring luar 644 VHN. Hasil pengujian kekerasan Vickers setelah diimplantasi ion AlN pada waktu optimum 90 menit adalah ring luar sebesar 925 VHN, ring dalam 1225 VHN, dan bola 1253 VHN, atau mengalami peningkatan kekerasan bola 45%, ring dalam 48%, dan ring luar 43%.

Gambar 4 menunjukkan grafik kekerasan bahan terhadap variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit dan gambar 4.2 menunjukkan grafik kekerasan bahan setelah diimplantasi ion AlN:



Gambar 4. Grafik kekerasan bahan terhadap variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit

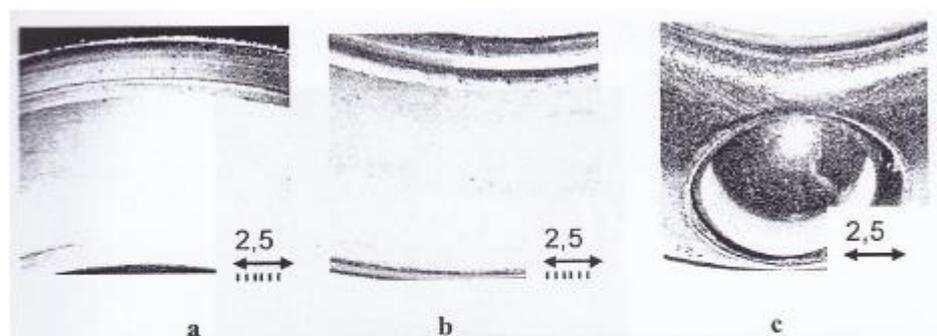
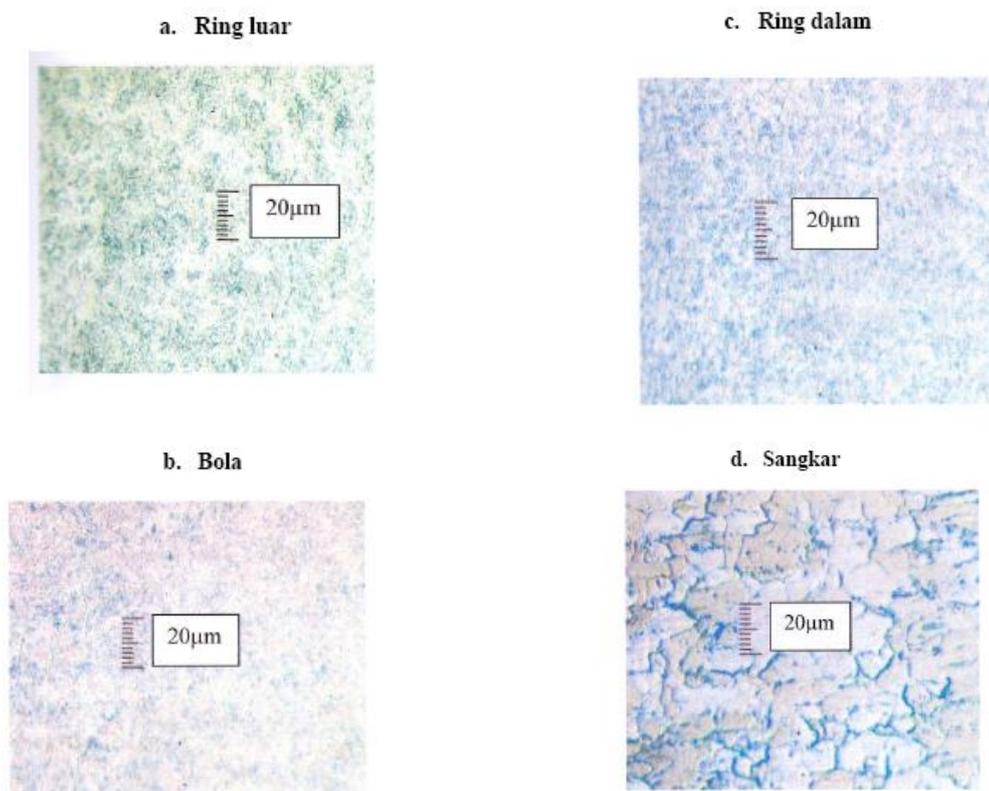


Gambar 5. Grafik kekerasan bahan setelah diimplantasi ion AlN

Kekerasan bahan pada waktu 30, 60, 90 menit semakin meningkat dan mencapai kondisi optimum saat 90 menit, namun saat 120 menit dan 150 menit kekerasan menurun hal ini dikarenakan terjadinya difusi antar atom. Semakin lama waktu yang dibutuhkan berdifusi semakin terjadi kekosongan antar atom sehingga kekerasan menurun sesuai dengan Gambar 5

Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pada pengujian struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa pada sangkar memiliki ukuran butir (*particle size*) paling besar dibandingkan yang lainnya, sedangkan ring dalam memiliki ukuran butir terkecil, sehingga nilai kekerasan paling rendah dan paling lunak adalah ring luar, sehingga diperlukan perlakuan permukaan (*surface treatment*) implantasi ion AlN. Gambar 7 adalah foto makro bantalan bola.

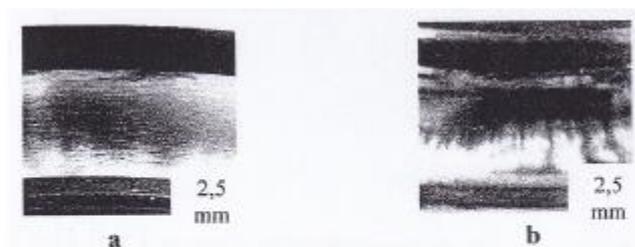


a. Ring luar

b. Ring dalam

c. Bola dan sangkar

Gambar 6. Gambar foto makro bantalan bola sebelum diimplantasi ion AlN

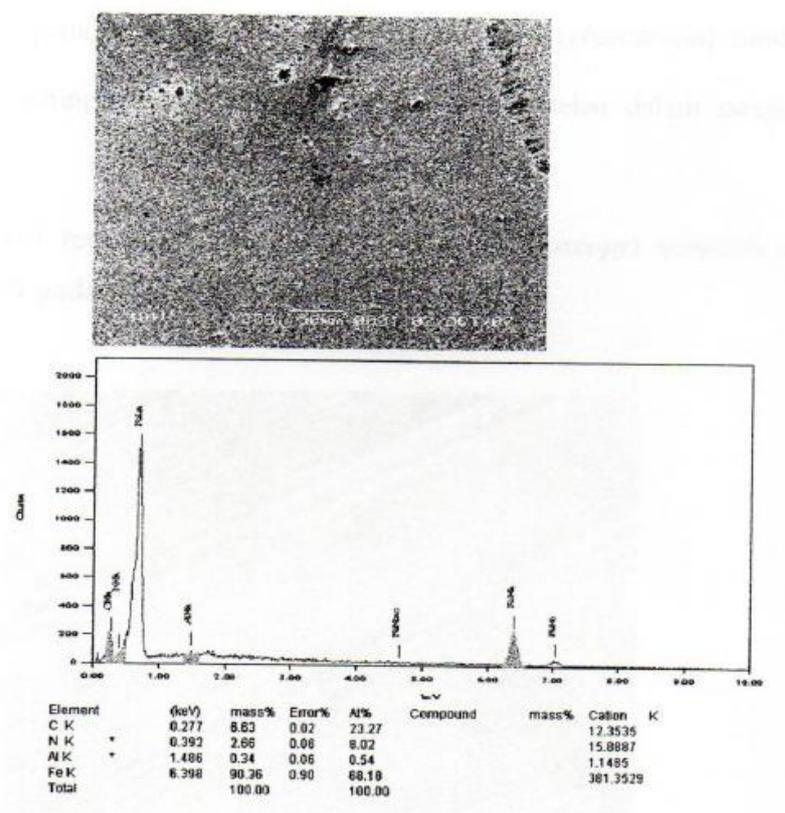


a. Ring luar

b. Ring dalam

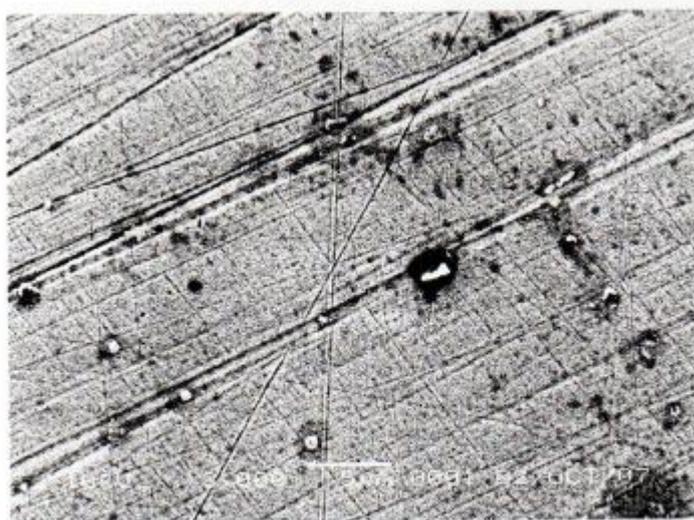
Gambar 7. foto makro bantalan bola setelah diimplantasi ion AlN

Hasil EDAX (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometry*)



Gambar 8. Hasil EDAX Hasil EDAX (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometry*)

Komposisi unsur yang dominan prosentasenya ditunjukkan dengan pitch tertinggi, prosentase tertinggi pada Fe sebesar 68.18% dan terendah Nitrogen sebesar 8.02%. pada spesimen setelah diimplan timbul unsur Carbon sebesar 23.27%, hal ini disebabkan pada pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) terdapat unsur C pada lem karbon. Berikut ini Gambar 9 hasil foto SEM Bola setelah diimplantasi ion AlN pada waktu optimum 90 menit; Gambar 10 Foto SEM ring dalam dan Gambar 10 foto SEM ring luar pada bantalan bola.

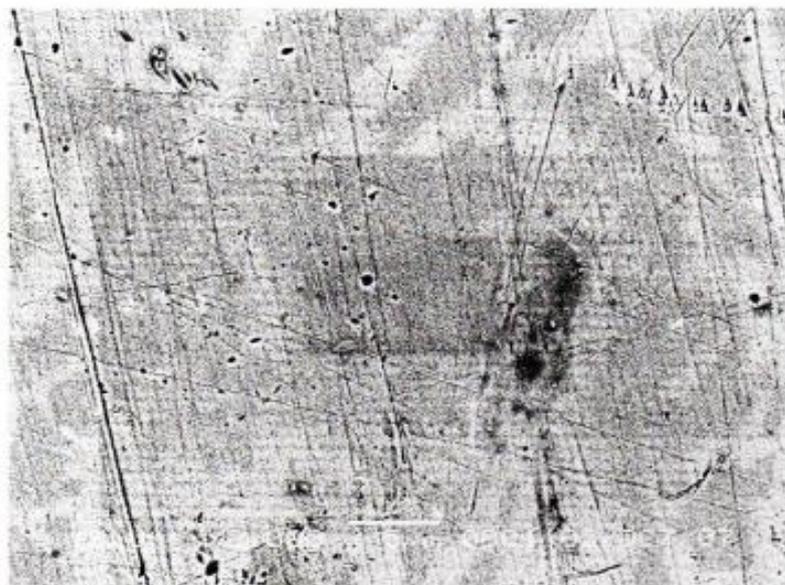


Gambar 9 Hasil foto SEM Bola setelah diimplantasi ion AlN pada waktu optimum 90 menit



Gambar 10. Hasil foto SEM ring dalam setelah diimplantasi ion AlN pada waktu optimum 90 Menit

Pada Gambar 9 dan Gambar 10 warna gelap berarti cacat yang menempel pada specimen kurang bersih dalam mengetsa sebelum diimplantasi ion AlN. Pada gambar 4.7 warna gelap adalah perlit sedangkan warna putih melebar adalah ferit. Kandungan karbon agak tinggi karena ada lem karbon.



Gambar 4.9 Hasil foto SEM ring luar setelah diimplantasi ion AlN pada waktu optimum 90 menit

Kesimpulan

Pengaruh implantasi ion Aluminium Nitrida adalah meningkatkan kekerasan bantalan bola dengan hasil penelitian sebagai berikut kekerasan bahan sebelum diimplantasi Aluminium Nitrida (AlN) yaitu kekerasan Bola 864 VHN, kekerasan ring dalam 828 VHN, dan kekerasan ring luar 644 VHN. Hasil pengujian kekerasan Vickers setelah diimplantasi ion AlN pada waktu optimum 90 menit adalah ring luar sebesar 925 VHN, ring dalam 1225 VHN, dan bola 1253 VHN, atau mengalami peningkatan kekerasan bola 45%, ring dalam 48%, dan ring luar 43%.

Pada pengujian struktur mikro bahwa pada sangkar memiliki ukuran butir (*particle size*) paling besar dibandingkan yang lainnya, sedangkan ring dalam memiliki ukuran butir terkecil, sehingga nilai kekerasan paling rendah dan paling lunak adalah ring luar, sehingga diperlukan perlakuan permukaan (*surface treatment*) implantasi ion AlN.

Saran

Untuk penelitian lanjutan dapat diperhatikan hal-hal berikut:

1. Diperlukan ketelitian yang tinggi dalam mengetsa agar tidak terjadi kerusakan permukaan bantalan bola sebelum diimplantasi ion.
2. Ada keterkaitan antara ukuran butir struktur mikro bantalan bola dengan kekerasan bahan sehingga diperlukan ketelitian dalam penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] NSK, *Rolling Motion and Rolling Element*, Singapore: NSK Co. Ltd, 2003.
- [2] P.A. Dearly, "A Review of metallic, ceramic, and surface treated metal used for bearing surface in human joint replacement," *Proc. International Mech Engineering, Vol.213 part II*, 1999.
- [3] M. Ueda, M., F.G. Gomes, F.G., dkk, "Result from experience on hybrid plasma immersion ion implantation", *Brazilzn Journal of Physics*, 2004.
- [4] S.H. Yao, W. Kao, dkk, "Effect of perodes on wear performance of TiN superlattice films", *Material Science and Engineering A392*, pp.380-385, 2004.
- [5] W. Moller, and S. Mukherjee, "Plasma based ion implantation", *Current Science, Vol.83*, No.3, 2002.
- [6] F. Kenji, W. Koichiro, U. Kazuo, and S. Tadashi, "Preparation of highly adhesive diamond-like carbon films by plasma CVD combined with ion implantation," *IHI Engineering Review*, Vol. 37, No 1, 2004.
- [7] Jeng dan P. Huang, "Predictions of temperature rise for ball bearing", *Tribology Transactions, Vol.46*, pp.49-56, 2003.