

PENGARUH IMPLANTASI ION NITROGEN TERHADAP KEKERASAN BAJA TAHAN KARAT TIPE SS 316L YANG DIDEFORMASI DINGIN

Nurfi Ahmadi

Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta
Jl. Janti Blok-R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Email: nurfi.ahmadi@gmail.com

ABSTRAK

Baja tahan karat merupakan logam yang banyak digunakan pada konstruksi, manufaktur maupun medis. Pada penggunaannya bahan-bahan tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan diantaranya adalah kekerasan, ketahanan korosi, ketahanan aus dan ulet yang memadai. Untuk memenuhi persyaratan tersebut maka teknik modifikasi bahan terus dikembangkan diantaranya adalah teknik implantasi ion dan deformasi dingin. Pada penelitian ini akan dilakukan penggabungan teknik implantasi ion dan deformasi dingin yang nantinya diharapkan akan memperoleh kualitas baja tahan karat tipe SS 316L yang lebih baik. Penelitian dilakukan dengan mendeformasi spesimen dengan reduksi tebal 47% kemudian diimplant dengan ion nitrogen dengan waktu 25, 40, 55, dan 60 menit pada arus berkas 50 μ A dan energy 100 keV, dan selanjutnya dilakukan uji kekerasan pada permukaan spesimen. Deformasi dingin 47% meningkatkan kekerasan permukaan hingga 127% dari kekerasan awal, sedangkan implantasi ion nitrogen pada permukaan baja SS tipe SS 316L yang mengalami deformasi dingin dapat meningkatkan kekerasan hingga 380 kg/mm²

Kata kunci: deformasi dingin, implantasi ion, kekerasan

1. PENDAHULUAN

Baja tahan karat memiliki sifat tahan korosi, *biocompatible*, dan harga lebih murah dibanding biomaterial yang lain (Ganesh, dkk, 2005). Selain memiliki beberapa kelebihan, baja jenis ini juga memiliki beberapa kekurangan diantaranya adalah kekuatan dan ketahanan aus yang rendah, terbatasnya teknik modifikasi yang dapat diaplikasikan tanpa menghilangkan kelebihan material tersebut seperti ketahanan korosi dan keuletannya (Roland, dkk, 2006). Teknik modifikasi permukaan dengan implantasi ion hanya memodifikasi bagian permukaan saja sehingga diperlukan teknik yang lain untuk meningkatkan kekerasan pada seluruh material pada penelitian ini dipilih teknik deformasi dingin.

Hasil telaah pustaka menunjukkan bahwa teknik implantasi ion pernah dilakukan beberapa peneliti diantaranya adalah: Kim, dkk (2006), dalam penelitiannya dengan implantasi ion nitrogen dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja chrom sebesar 2,6 kali dari pada material tanpa implantasi, kekerasan awal material 3,8 Gpa setelah implantasi nilai kekerasannya adalah 10 Gpa. Ghorannevis, dkk (2007), dalam penelitiannya menunjukkan pada baja tahan karat SS 304 implantasi ion nitrogen dapat merubah konsentarsi ion nitrogen, sehingga terjadi perubahan kristalinitas Penelitian tentang deformasi dingin telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya adalah: Pengaruh derajat deformasi terhadap struktur mikro butir diteliti oleh Huda (2009) dan Ratuszek, dkk (2008), Mereka menyatakan bahwa material yang terdeformasi struktur butirnya memanjang seiring derajat deformasi. Huda (2009), menyatakan bahwa material yang terdeformasi struktur butirnya memadat. Pengaruh deformasi terhadap kekerasan diteliti oleh Milad, dkk, (2008) dan Huda (2009), Mereka menyatakan kekerasan meningkat sejalan derajat deformasi. Pengaruh deformasi terhadap kekuatan tarik diteliti oleh Ozgowich, dkk (2009), Milad, dkk (2008), dan Olokode, dkk (2008), Mereka menyatakan bahwa kekuatan tarik meningkat sejalan dengan derajat deformasi. Deformasi menyebabkan pergeseran dan slip, pergeseran dan slip menyebabkan densitas dislokasi meningkat, peningkatan densitas dislokasi menyebabkan butir sulit terdislokasi ketika diberi gaya tarik sehingga kekuatan tarik meningkat (Olokode, dkk, 2008).

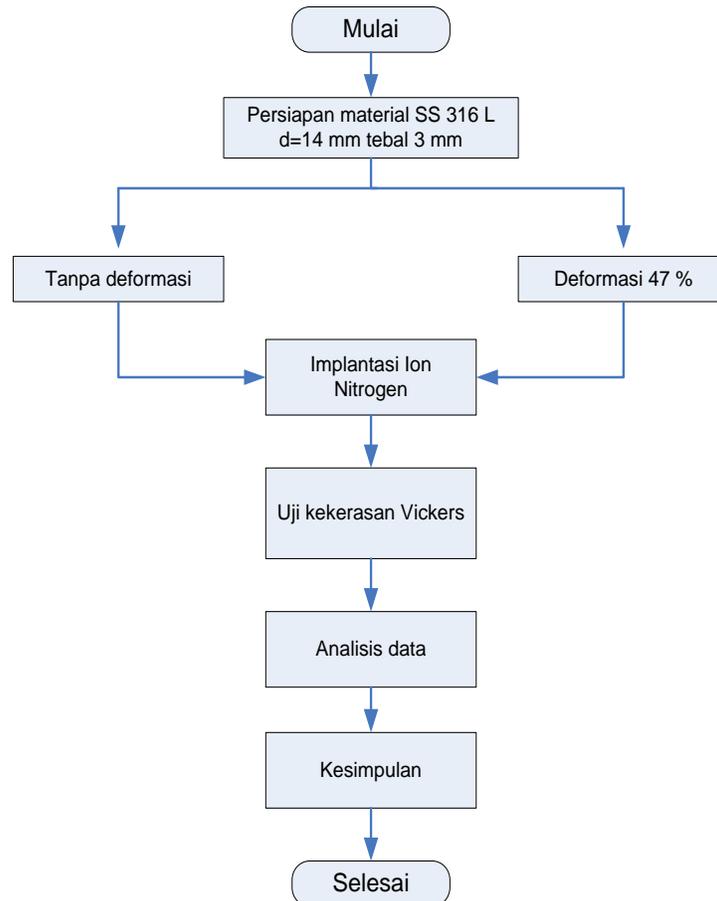
Berdasarkan literatur diatas maka baja tahan karat merupakan bahan yang efisien dikembangkan karena harganya murah dan dapat ditingkatkan sifat mekanisnya. Pada penelitian ini

akan dilakukan penggabungan teknik implantasi ion dan deformasi dingin yang nantinya diharapkan akan memperoleh kualitas baja tahan karat tipe SS 316L yang lebih baik.

2. METODOLOGI

2.1. Proses Penelitian

Proses penelitian yang akan dilakukan dapat digambarkan pada diagram alir gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram alir penelitian

2.2. Alat dan Bahan.

Benda uji yang digunakan adalah baja tahan karat tipe SS 316L, komposisi kimia yang terkandung didalamnya dapat dilihat pada tabel 2.1., bahan ini dipasaran berupa lembaran-lembaran, benda uji dipotong dengan bentuk lingkaran dengan diameter 14 mm tebal 3 mm, kepingan tersebut di deformasi dengan alat pres hidrolik hingga 47%, kepingan hasil deformasi di bersihkan dan di ampelas hingga rata dan diautosal hingga mengkilat, sebelum dilakukan implantasi spesimen tersebut di cuci dengan alkohol kemudian dikeringkan dengan hair dryer kemudian dibungkus tissue dan disimpan dalam wadah kedap udara. Spesimen siap diimplantasi.

Tabel 2.1. Komposisi kimia baja tahan karat tipe SS 316L

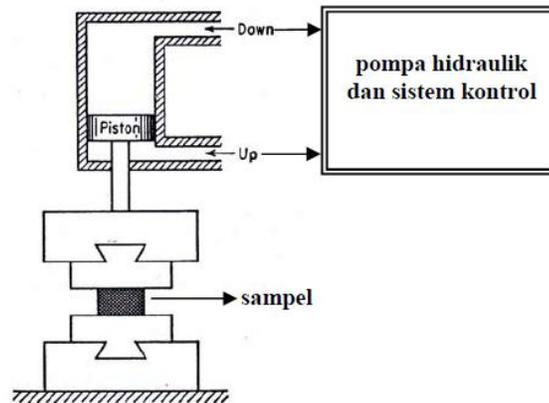
Fe	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	V	W	Ti
67,12	0,030	0,673	0,1738	0,034	0,015	10,567	16,686	2,386	0,342	0,11	0,20	0,002

2.3. Tahapan Pengujian

Pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu proses deformasi dingin hingga 47% dilanjutkan implantasi ion nitrogen dengan arus 50 μA dan energy 100keV. Pengujian kekerasan dengan metode Vickers dengan beban 300 gram selama kurang lebih 10 detik.

2.4. Proses Deformasi Dingin

Proses deformasi dingin dilakukan dengan tekanan 1200 kN selama 5-10 detik, ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Proses deformasi dingin (Dieter, 1988).

2.5. Implantasi Ion

Implantasi ion adalah suatu proses penambahan unsur asing kedalam permukaan material sasaran dengan cara pengionan atom asing tersebut, dalam akselerator oleh medan listrik, atau implantasi ion adalah suatu metode untuk menempatkan atom kedalam bahan dengan cara pengionan atom. Implantasi ion nitrogen dilakukan dengan arus 50 μA dan energy 100 keV.

2.6. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan vickers menggunakan penumbuk (*penetrator*) yang terbuat dari intan, Nilai kekerasan Vickers dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

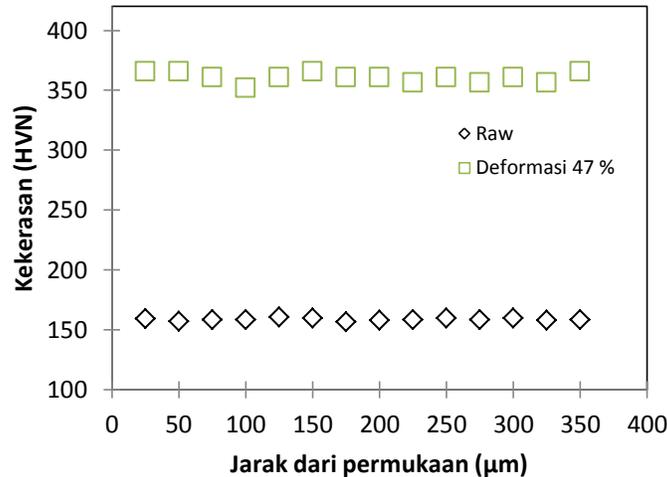
$$VHN = \frac{1,854P}{d^2} \quad (1)$$

Dengan VHN = nilai kekerasan Vickers (kg/mm^2)
 P = pembebanan (kg)
 d = diagonal bekas injakan (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Deformasi Terhadap Kekerasan

Distribusi kekerasan permukaan melintang AISI 316L yang mengalami deformasi 47% ditunjukkan pada Gambar 3.1.



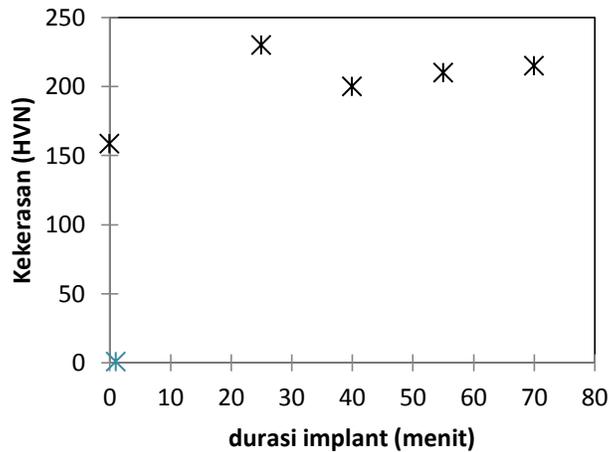
Gambar 3.1. Distribusi kekerasan melintang spesimen baja tahan karat tipe SS 316L setelah dideformasi 47%

Uji kekerasan material awal (raw) dan hasil deformasi dari baja tahan karat tipe SS 316L pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kekerasan awal (kontrol) untuk penelitian selanjutnya. Distribusi kekerasan spesimen dengan perlakuan deformasi 47%. Kekerasan pada permukaan spesimen meningkat dari 158 kg/cm^2 menjadi 360 kg/cm^2 atau sebesar 127%. Peningkatan kekerasan pada permukaan spesimen diakibatkan oleh proses severe plastic deformation (SPD) yang menyebabkan penghalusan butir, sesuai dengan hukum Hall-Petch yang menyatakan bahwa kekerasan naik seiring penurunan ukuran butiran.

3.2. Pengaruh Implant Ion Nitrogen Pada Raw Material

Distribusi kekerasan pada permukaan spesimen dengan perlakuan *implant ion nitrogen* dengan variasi durasi dapat dilihat pada Gambar 3.2. Metode pengujian kekerasan pada spesimen hasil implant menggunakan metode yang sama dengan metode pada pengujian raw material, yaitu dengan micro Vickers hardness dengan beban 300 gram dan waktu indentasi 10 detik. Spesimen yang diuji adalah spesimen hasil perlakuan implant ion nitrogen dengan variasi waktu 25, 40, 55, 60 menit, yang disajikan pada gambar 3.2. Gambar 3.2. memperlihatkan grafik hubungan antara kekerasan terhadap durasi waktu perlakuan implantasi. Dari hasil uji kekerasan raw material di dapatkan kekerasan sebesar 158 kg/cm^2 . Kekerasan setelah implantasi dengan variasi waktu 25, 40, 55, dan 60 menit pada arus berkas $50 \mu\text{A}$ dan energy 100 keV dapat diamati adanya kenaikan kekerasan, pada durasi waktu 25 menit menghasilkan kekerasan 230 kg/cm^2 atau meningkat sebesar 72 kg/cm^2 , hal ini sesuai dengan teori bahwa dengan penambahan ion nitrogen kekerasan permukaan akan meningkat, akan tetapi untuk durasi waktu selanjutnya kekerasan menunjukkan penurunan hal ini tidak sesuai dengan teori yang ada. Beberapa kemungkinan yang menyebabkan turunnya kekerasan diantaranya adalah:

1. Tempat/bagian yang diuji kekerasannya dimungkinkan berbeda-beda fasenya.
2. Hasil implantasi pada permukaan tidak sempurna

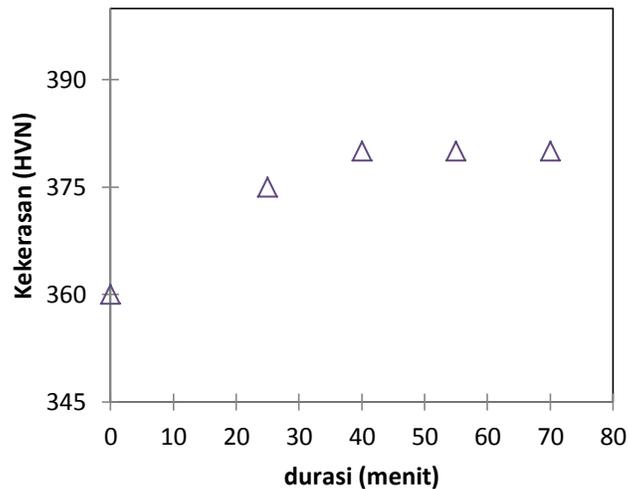


Gambar 3.2. Distribusi kekerasan permukaan spesimen baja tahan karat tipe SS 316L setelah implant ion nitrogen dengan variasi durasi implant pada raw material

Pada durasi 60 menit kekerasan meningkat lagi walaupun nilainya kecil. Pada kondisi itu kekerasan mengalami peningkatan dari 158 kg/cm^2 menjadi 210 kg/cm^2 atau mengalami peningkatan sebesar 52 kg/cm^2 . Hal ini tidak sesuai dengan teori dimana apabila sudah mengalami kejenuhan maka kekerasan akan konstan, hal ini dimungkinkan karena sebab yang sudah disebutkan diatas.

3.3. Pengaruh Implant Ion Nitrogen Pada Material Terdeformasi 47 %.

Kekerasan pada permukaan spesimen yang terdeformasi 47% dengan perlakuan *implant ion nitrogen* dengan variasi durasi dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Distribusi kekerasan permukaan spesimen baja tahan karat tipe SS 316L setelah implant ion nitrogen dengan variasi durasi implant pada material terdeformasi 47%.

Implantasi ion nitrogen pada material terdeformasi 47% dengan durasi 25 menit mengakibatkan kenaikan kekerasan dari 360,74 kg/cm² menjadi 375 kg/cm² atau mengalami kenaikan sebesar 14,26 kg/cm², pada durasi 40 menit kekerasan mencapai nilai optimum sebesar 380 kg/cm² hal ini ditunjukkan dengan penambahan durasi implantasi kekerasan tidak mengalami kenaikan. Kondisi optimum ini dicapai karena pada kondisi tersebut kemungkinan besar batas kelarutan atom-atom target telah terpenuhi dan apabila durasi dinaikkan maka kemungkinan kekerasannya akan konstan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan:

1. Proses deformasi 47% meningkatkan kekerasan pada permukaan spesimen dari 158 kg/mm² menjadi 360 kg/mm²
2. Proses implantasi ion nitrogen pada raw material dapat meningkatkan kekerasan pada permukaan spesimen dari 158 kg/mm² menjadi 230 kg/mm²
3. Gabungan proses deformasi dan implantasi ion nitrogen menyebabkan peningkatan kekerasan dari 158 kg/mm² menjadi 380 kg/mm²

DAFTAR PUSTAKA

- Dieter G.E., (1988), Mechanical Metallurgy, McGraw-Hill Book Company, S1 Metric edition, London, United Kingdom.
- Ganesh V.K., Ramakrishna K., Ghista D.N., (2005), Biomechanics of Bone-Fracture Fixation by Stiffness-Graded Plates in Comparison with Stainless-steel Plates, Bio Medical Engineering Online, pp.1 - 15.
- Ghoranneviss. M.A. Shokouhy, M.M.Larijani, S.H. Haji Hosseini, (2007), Corrosion Behavior of Low Energy, High Temperature Nitrogen ion Implanted AISI 304 Stainless Steel, Journal Indian Academy of Science, Vol.68.No.1.
- Huda Z., (2007), Effects of Degrees of Cold Working and Recrystallisation on the Microstructure and Hardness of Commercial-Purity Aluminum, European Journal of Scientific Research, Vol. 26, pp.549-557.
- Kim, B., Lee, S., Kim, K., (2006), Enhancement of Mechanical Properties of High Chromium Steel by Nitrogen Ion Implantation, Proceedings of EPAC, Edinburgh, Scotland.
- Milad, M., Zreiba, N., Elhalouani, F., Baradai C., (2008), The Effect of Cold Work on Structure and Properties of AISI 304 Stainless Steel, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 203, pp. 80-85.
- Olokode, Bolaji, Aiyedun, (2008), Effects of Process *Annealing* on Mechanical Properties of Strain-Hardened Copper: A Case of Kabel Metal Nigeria Limited, The Pacific Journal of Science and Technology, Vol. 9, pp. 278 – 283.
- Ozgowicz, W., Kurc, A., (2009), The Effect of The Cold Rolling on The Structure and Mechanical Properties in *Austenitic* Stainless Steels Type 18-8, Archive Metallurgy and material, Vol. 38, pp. 26-33.
- Ratuszek W., Kowalska J., Bunsch A., Ruminsky M., Zielinsky A., (2008), Development of Deformation Texture of *Austenitic* Steel Wire, Archive Metallurgy and material, Vol. 38, pp.167-172.
- Roland T., Retraint D., Lu K., Lu J., (2006), Fatigue Life Improvement Through Surface Nanostructuring of Stainless Steel by Means of Surface Mechanical Attrition Treatment. Scripta materialia, Vol.54, pp.1049-1054.