

PENGARUH *ELECTROPOLISHING* PADA BAJA TAHAN KARAT AISI 316L YANG MENGALAMI DEFORMASI DINGIN TERHADAP KEKASARAN DAN KEKERASAN PERMUKAAN UNTUK MENDUKUNG KEBUTUHAN MEDIS

Nurfi Ahmadi

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta
Jl Janti Blok R Lanud Adisutjipto, Yogyakarta.
E-mail : ahmadinurfi@gmail.com

Abstract

AISI 316L stainless steel is one of the metals that are widely used to meet medical needs. In its use of these materials must meet several requirements such is violence, corrosion resistance, wear resistance and tenacious. To meet these requirements, the modification techniques continue to be developed, such techniques include electropolishing techniques and cold deformation. This research will be carried out merging technique electropolishing and cold deformation which might be expected to obtain the quality 316L stainless steel is better. Research carried out by deform the specimen with a thick reduction of 40% and then do electropolishing process, then performed the test roughness and hardness on the surface of the specimen. Cold deformation 40% increase surface hardness up 105% from the initial violence. Electropolishing can reduce the surface roughness of up to 14 times.

Keywords: cold deformation, electropolishing

1. Pendahuluan

Biomaterial adalah substansi atau kombinasi beberapa substansi, sintetis atau alami yang dapat digunakan pada periode tertentu, secara keseluruhan atau sebagai bagian dari sistem atau menggantikan jaringan, organ atau fungsi tubuh [1]. Biomaterial yang banyak digunakan untuk perangkat implan antara lain adalah baja tahan karat austenitic tipe 316L, paduan kobalt, titanium murni, dan paduan Ti-6Al-4V[2]. Baja tahan karat 316L mempunyai sifat tahan korosi, *bioinert*, *biocompatible*, permukaan mudah dibersihkan [2] dan harga lebih murah dibanding bio material yang lain, akan tetapi stainless steel 316L mempunyai beberapa kelemahan di antaranya kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap keausan yang rendah [3]. Salah satu usaha untuk meningkatkan kualitas adalah dengan perlakuan

mekanik (*mechanical treatment*) [4]. Salah satu bentuk perlakuan mekanik (*mechanical treatment*) yaitu dengan menggunakan prinsip *severe plastic deformation*. Metode yang telah dilaporkan yaitu *shot peening* [5]. Deformasi dingin merupakan proses deformasi plastis yang dihasilkan melalui proses pengerjaan secara dingin (*cold working*).

Proses deformasi dingin merupakan proses deformasi plastis yang dilakukan di bawah suhu rekristalisasi bahan. Baja tahan karat austenit dapat dikeraskan dengan menggunakan metode deformasi plastis [6]. Perlakuan permukaan dengan *electropolishing* dapat menurunkan kekasaran permukaan dan meningkatkan ketahanan korosi [7]. Hal ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh gabungan deformasi dingin dan *electropolishing* terhadap kekasaran, dan kekerasan permukaan sehingga didapat metode peningkatan kualitas AISI 31L yang paling efektif.

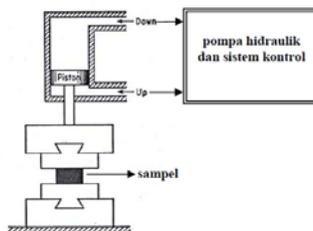
2. Metode Penelitian

2.1. Persiapan Alat dan Bahan

Penelitian diawali dengan persiapan mesin deformasi dan alat electropolishing. Spesimen berupa baja tahan karat AISI 316L dengan komposisi $C \leq 0.03\%$, $Si \leq 1.0\%$, $Mn \leq 2.0\%$, $P \leq 0.045\%$, $12.0 - 15.0\% Ni$, dan $16.0-18.0\% Cr$, dipotong dengan dimensi panjang 15 mm dan lebar 15 mm.

2.2. Proses Deformasi Dingin

Spesimen ditekan dengan mesin hidrolis dengan tekanan 1400 kN selama 10 detik untuk menghasilkan deformasi 40%, deformasi dilakukan pada suhu kamar. Proses deformasi dingin ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses deformasi dingin (Dieter, 1998).

2.3. Proses Electropolishing

Spesimen yang telah *disandblasting* selanjutnya diproses dengan *electropolishing* dengan variasi parameter tegangan 9,5 volt, parameter jarak 1 cm, 3 cm, 5 cm, parameter waktu 5, 10, 15, 20 menit.

2.4. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode micro Vickers. Pengujian kekerasan dilakukan pada penampang melintang sampel, pengujian dilakukan dari sisi paling tepi hingga tengah spesimen. Metode ini dilakukan dengan cara mengindentasi benda uji dengan indentor dengan beban tertentu, kemudian bekas indentor diukur seperti pada gambar 2. [6].



Gambar 2. Pengujian Kekerasan Vickers
Nilai kekerasan Vickers (VHN) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

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

Dimana:

- VHN = Nilai kekerasan Vickers (kg/mm²)
- P = Beban indentasi (kg)
- d = Diagonal bekas indentasi (mm)
- θ = Sudut puncak indentor = 136⁰

2.5. Pengujian Kekasaran

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan pada permukaan material hasil *electropolishing* dan deformasi dingin. Alat yang dipakai adalah dengan profilometer stylus dengan prinsip kerja sebuah stylus berjalan halus sepanjang permukaan selama pemeriksaan, pergerakan naik-turunnya stylus diubah oleh transduser menjadi sinyal listrik yang diperkuat dan menggerakkan pena yang menghasilkan grafik.

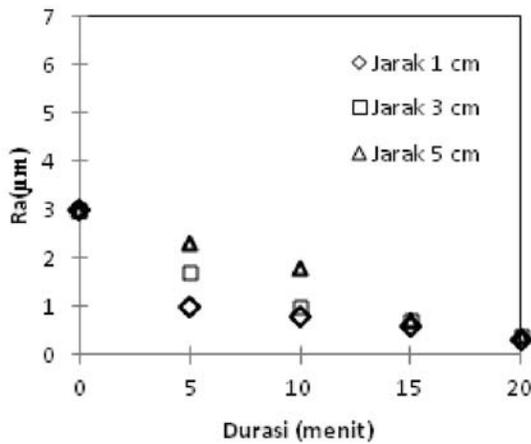
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kekasaran Permukaan

3.1.1. Electropolishing pada raw material

Besar nilai *roughness average* (Ra) hasil proses *electropolishing* ditunjukkan pada Gambar 3.

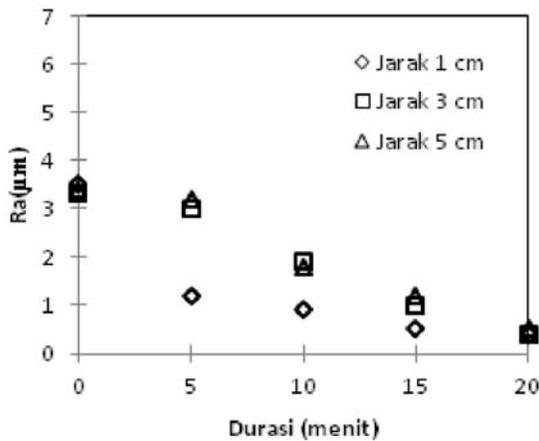
Gambar 3. menunjukkan besarnya nilai Ra hasil proses *electropolishing* dengan parameter durasi perlakuan yang menunjukkan bahwa semakin lama durasi waktu seperti yang ditunjukkan pada sumbu horizontal maka *roughness average* yang ditunjukkan pada sumbu vertikal akan semakin rendah. Gambar 3. ini juga menunjukkan bahwa semakin dekat jarak antara elektroda maka *roughness average* nya juga semakin rendah.



Gambar 3. Pengaruh durasi *electropolishing* terhadap nilai Ra dengan jarak elektroda 1-5 cm pada tegangan 9,5 V (raw material)

3.1.2. *Electropolishing* dan deformasi dingin

Besar nilai *roughness average* (Ra) hasil proses *electropolishing* ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 4. Pengaruh durasi *electropolishing* terhadap nilai Ra dengan jarak elektroda 1-5 cm pada tegangan 9,5 V (material terdeformasi)

Gambar 4. proses *electropolishing* dengan parameter jarak antara elektroda menunjukkan bahwa semakin rapat jarak antar elektroda yaitu 1 cm seperti yang ditunjukkan pada sumbu horisontal maka *roughness average* yang ditunjukkan sumbu vertikal akan semakin rendah. Gambar 4. ini juga menunjukkan bahwa semakin lama durasi maka *roughness averegenya* juga akan semakin rendah.

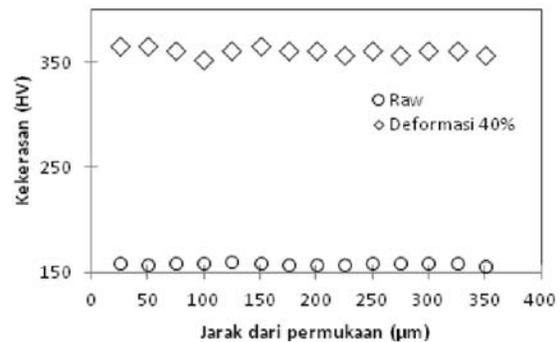
Gambar 3. dan 4. menunjukkan material yang mampu dipindahkan pada proses *electropolishing* berbanding lurus dengan durasi dan berbanding terbalik dengan jarak elektroda. Artinya makin lama durasi waktu yaitu 20 menit dan makin dekat jarak elektroda maka akan semakin banyak material pada permukaan spesimen yang dipindahkan sehingga kekasaran permukaan semakin halus.

Dalam pengujian ini, pada jarak antara elektroda (anoda dan katoda) sebesar 1 cm durasi *electropolishing* 20 menit tegangan 9,5 volt pada material terdeformasi 40% diperoleh hasil kekasaran permukaan sebesar 0,22 μm di mana kekasaran permukaan awal adalah 3,27 μm. Nilai ini meningkat lebih dari 14 kali lipat.

3.2. Kekerasan Permukaan

3.2.1. Deformasi dingin pada raw material

Distribusi kekerasan penampang melintang spesimen baja tahan karat AISI 316L raw material dan spesimen hasil dideformasi dingin ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi kekerasan pada permukaan melintang akibat deformasi

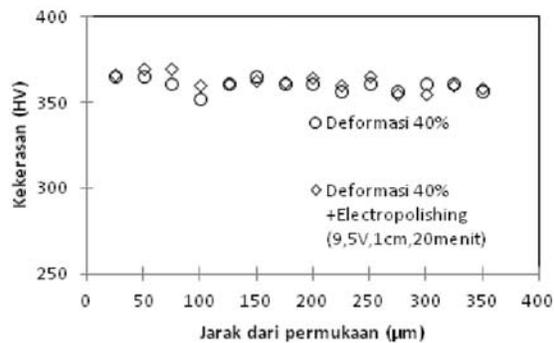
Kekerasan baja tahan karat AISI316L meningkat akibat deformasi. Pernyataan yang sama juga diungkapkan untuk material yang berbeda [6,8,9]. Peningkatan kekerasan terjadi karena terjadi *strain hardening* [6,8,9]. *Strain hardening* terjadi akibat adanya tekanan pada spesimen yang menimbulkan terjadinya dislokasi sehingga menimbulkan slip pada butir dan pergeseran pada batas butir. Material dengan butiran yang halus lebih keras dibanding material yang sama dengan butiran yang kasar [9]. Hasil uji kekerasan material yang mengalami deformasi dingin 40% menunjukkan

bahwa terjadi kenaikan kekerasan dari 158,73 kg/mm² menjadi 325,06 kg/mm² raw material.

3.2.2. *Electropolishing* pada material terdeformasi

Kekerasan permukaan spesimen baja tahan karat AISI 316L spesimen hasil *electropolishing* pada material terdeformasi dingin ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada gambar 6. spesimen dengan perlakuan deformasi 40% dilanjutkan *electropolishing* dengan parameter tegangan 9,5V, jarak elektroda 1 cm dengan durasi 20 menit, menunjukkan bahwa kekerasan permukaan cenderung tidak mengalami perubahan, hal ini menunjukkan proses *electropolishing* hanya mengikis permukaan material saja tanpa mempengaruhi kekerasan material.



Gambar 6. Distribusi kekerasan pada permukaan melintang akibat deformasi dan *electropolishing*

4. Kesimpulan

Berdasarkan data-data hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan :

1. Deformasi dingin 40% dapat meningkatkan kekerasan baja tahan karat AISI 316L hingga 105%.
2. Proses *electropolishing* pada berbagai variasi parameter (jarak elektroda dan durasi) menyebabkan penurunan kekasaran pada permukaan baja tahan karat AISI 316L hingga 14 kali lipat namun tidak mempengaruhi kekerasan permukaan material.

5. Saran

Saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian adalah:

- a. Perlu dilakukan deformasi dingin dengan berbagai variasi tekanan untuk melihat pengaruh tekanan terhadap perubahan kekerasan material.
- b. Perlu dilakukan perlakuan *electropolishing* dengan variasi tegangan listrik untuk mengamati pengaruh besarnya tegangan listrik terhadap kekasaran permukaan material

6. Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto yang telah memberi dukungan financial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Williams, D.F., 1987, Proceeding of a Consensus Conference of the European Society of Biomaterials, Elsevier, Amsterdam.
- [2] Bombac D., Brojan M., Fajfar P., Kosel F., Turk R., 2007, *Review of Material in Medical Applications*, RMZ-Material and Geoenvironment, Vol. 54, pp. 471-499.
- [3] Chen X.H., Lu.J., Lu.L., dan Lu.K., 2005, *The Properties of Nanocrystalline 316L Austenitic Stainless steel*, Scripta Materialia, Vol. 52, pp. 1039-1044.
- [4] Dieter G.E., 1988, *Mechanical Metallurgy*, McGraw-Hill Book Company, S1 Metric edition, London, United Kingdom
- [5] Mahagaonkar S. B. dan Brahmankar P. K. , 2008, *Effect of Shot peening Parameters on Microhardness of AISI 1045 and 316L material: an analysis using design of experiment*, International Journal Advance Manufactur Technology, Vol.38, pp. 563-574.
- [6] Callister Jr., W.D., 2001, *Fundamentals of Materials Science and Engineering*,

Interactive e Text, John Wiley & Sons, Fifth Edition, New York, United States Of America.

[7] Hryniewicz T., Rokosz K., and Filippi M., 2009, *Biomaterials studies on AISI 316L Stainless Steel after Magneto-electropolishing*, Journal of Materials, Vol.2. pp. 129-145.

[8] 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.

[9] 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.