

PENGARUH VARIASI WAKTU *SHOT PEENING* TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PERMUKAAN PADA MATERIAL IMPLAN AISI 304

Trio Nur Wibowo¹, Priyo Tri Iswanto¹, Bambang Hari Priyambodo¹, Nur Amin¹

¹Department of Mechanical and Industrial Engineering, Gadjah Mada University
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta, 55281, Indonesia

Email: trio.nur.w@ugm.ac.id

ABSTRACT

AISI 304 stainless steel is a type of implant material with a relatively low cost. However, its mechanical properties need to be improved so it can compensate the AISI 316L and titanium alloy materials. Fatigue characteristic is also one of the important criteria that must be evaluated in order to achieve overall service performance when the material is under dynamic loads. The hardness surface and the nano-structures formation can delay the propagation of fatigue crack initiation and can reduce the corrosion rate. This study is conducted to determine the changes in microstructure and hardness of AISI 304 for shot peening process. The surface treatment by shot peening process is performed by setting the variation of the shooting time of 0, 5, 10, 20, 30 and 40 minutes at a shooting pressure of 7 bar using the Steel Shot diameter of 0.6 mm with a hardness of 40-50 HRC. The distance between the nozzle and the specimen surface is set at 100 mm. The microstructure is analyzed by optical microscope with a magnification of 100 times and photographed using optilab, which is connected to a computer. Surface hardness is tested using a Micro Vickers with indentation load of 10 grams for 10 seconds. The results show that refined microstructure layer is formed in the shot peening surface and the hardness is also increased gradually as well as shot peening time of 0, 5, 10, 20, 30 and 40 minutes. This also increase the hardness number of 241, 404, 418, 437, 481 and 496 VHN. To sum up, the shot peening can be used to refine the grain and to increase the hardness.

Keywords: AISI 304, shot peening, microstructure, Vickers hardness

PENDAHULUAN

Material implan merupakan suatu alat bantu yang digunakan untuk menyambung tulang yang patah. Penggunaan material implan sebagai endoprostetik pada tubuh manusia mensyaratkan biokompatibilitas yang baik, kuat, dan tahan terhadap korosi, khususnya dalam media cairan tubuh. Logam tersebut tidak boleh melepaskan ion-ion yang bersifat racun atau karsinogen bagi sel dan tubuh manusia [1]. Reaksi korosi material implan dapat menimbulkan reaksi peradangan (inflamasi) di sekitar jaringan yang diimplankan sehingga apabila digunakan dalam jangka waktu lama akan sangat berbahaya bagi tubuh [2].

AISI 304 merupakan salah satu material baja tahan karat yang digunakan untuk implant dengan harga relatif lebih murah dibandingkan material implan lainnya, serta banyak ditemukan di pasaran. Namun demikian sifat mekanis dan ketahanan korosinya perlu dioptimalkan, minimal mendekati sifat paduan logam berbasis cobalt dan titanium. Perlakuan permukaan merupakan salah satu metode

peningkatan sifat mekanis, diantaranya dengan metode *shot peening*.

Shot peening merupakan proses perlakuan permukaan menggunakan bola-bola baja yang ditembakkan dengan kecepatan tinggi pada permukaan logam dengan kondisi terkontrol, dimana proses ini ditujukan untuk menghasilkan deformasi plastis dan memberikan *compressive residual stress* pada permukaan [3]. *Shot peening* dapat memberikan efek meningkatnya kekerasan, kerapatan butir dan jarak interplanar dari kisi kristal sehingga dapat menghambat laju rambat retak mikro [4-5]. Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh proses *shot peening* pada AISI 304. Suatu lapisan baru diharapkan akan terbentuk pada AISI 304, selanjutnya akan dianalisis pengaruh terhadap sifat dari AISI 304 ditinjau dari kekerasan, dan struktur mikro untuk aplikasi material implan alternatif.

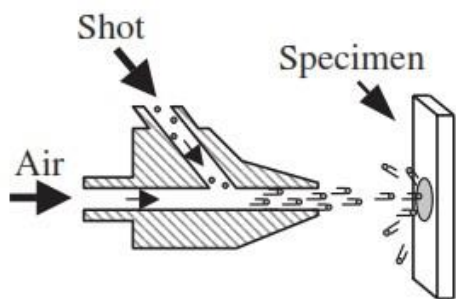
METODOLOGI

Preparasi spesimen

Spesimen menggunakan material AISI 304. Permukaan spesimen dihaluskan menggunakan amplas dan dipoles dengan *metal polish* sehingga didapatkan permukaan yang halus dan mengkilat. Spesimen direndam dalam cairan alkohol selama kurang lebih 15 menit selanjutnya dikeringkan dan siap untuk dilakukan *shot peening*.

Shot peening

Proses *shot peening* pada penelitian ini menggunakan lima variasi waktu penembakan yaitu 5, 10, 20, 30 dan 40 menit dengan mengatur tekanan kompresor sebesar 7 bar serta menggunakan *steel shot* berukuran 0,6 mm dengan kekerasan *steel shot* sebesar 40-50 HRC. Jarak tembak antara *nozzle* dengan permukaan spesimen berjarak 100 mm.



Gambar 1. Skema proses *shot peening*

Uji komposisi

Pengujian komposisi menggunakan alat *Desktop Metals Analyser* dengan merk *Metalscan 2500 series*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan komposisi dari spesimen sebelum dilakukan *shot peening*. Hasil dari pengujian komposisi dari logam induk ini dijadikan acuan untuk menentukan jenis spesimen dan parameter dalam pengujian.

Pengamatan struktur mikro

Pada pengamatan struktur mikro, pengujian dilakukan pada penampang melintang spesimen hasil uji *shot peening*. Pengujian ini bertujuan untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi pada spesimen akibat perlakuan *shot peening*. Spesimen dihaluskan menggunakan amplas dan *finishing* menggunakan *metal polish* hingga permukaan kembali mengkilat tanpa goresan. Selanjutnya spesimen dietsa sehingga terjadi korosi pada batas butir. Spesimen kemudian diamati dengan mikroskop optik dengan perbesaran 100 kali dan difoto menggunakan optilab yang dihubungkan dengan komputer. Hasil dari foto struktur mikro disimpan dalam bentuk gambar.

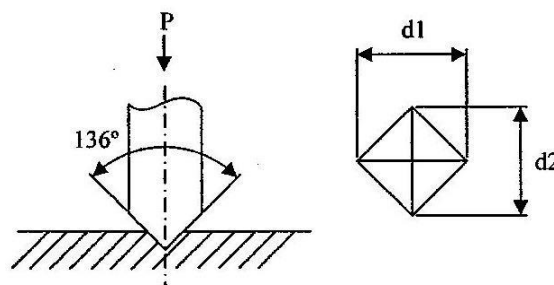
Uji kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan *micro Vickers hardness tester*, dengan beban indentasi 10 gr, waktu 10 detik. Kemudian diukur bekas indentasinya dan dihitung kekerasannya. Pengujian kekerasan akan menganalisa perbandingan hasil kekerasan antara spesimen *non-treatment* dengan spesimen yang sudah dilakukan *shot peening*. Nilai kekerasan Vickers dapat dinyatakan dengan dengan rumus[6] :

$$VHN = \frac{2 \cdot P \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

Dimana :

- VHN = Nilai kekerasan spesimen (kg/mm²)
- P = Beban terpasang (kg)
- d = Biameter rata-rata bekas injakan indenter (mm)
- θ = Sudut piramida intan (136⁰)



Gambar 2. Skema pengujian Vickers [7]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi

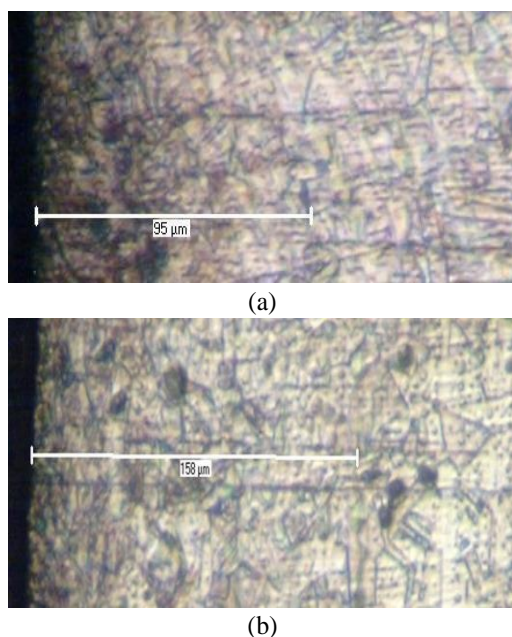
Hasil uji komposisi disajikan pada Tabel 1. yang menunjukkan bahwa material awal sebelum dilakukan proses *shot peening* adalah AISI 304.

Tabel 1. Komposisi paduan *stainless steel* 304 (%)

C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr
0.028	0.496	0.0007	0.032	1.861	8.364	17.263

Hasil uji struktur mikro

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk struktur mikro akibat proses *shot peening*. Spesimen yang telah dietsa ketika dilihat melalui mikroskop akan terlihat butiran-butiran struktur mikro dari spesimen uji. Hasil pengujian struktur mikro spesimen *stainless steel* 304 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.a. dan 3.b.



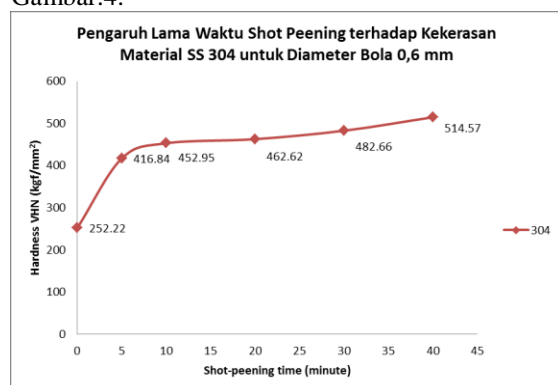
Gambar 3. struktur mikro pada spesimen

Gambar 3.a menunjukkan struktur mikro pada spesimen dengan perlakuan *shot peening* selama 5 menit, dimana pengecilan struktur mikro terjadi sampai kedalaman 95 μm dan Gambar 3.a menunjukkan struktur mikro pada spesimen dengan perlakuan *shot peening* selama 20 menit, dimana pengecilan struktur mikro terjadi sampai kedalaman 158 μm 20 menit. Dapat disimpulkan bahwa kedalaman perubahan struktur mikro sangat tergantung pada lama waktu proses *shot peening*, semakin lama proses *shot peening* semakin dalam perubahan struktur mikro yang terjadi.

Hasil uji kekerasan

Hasil uji kekerasan permukaan

Penelitian ini dilakukan dengan 5 variasi lama proses *shot peening* (5, 10, 20, 30 dan 40) menit. Perbandingan nilai kekerasan permukaan AISI 304 sebelum dan setelah dilakukan *shot peening* ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar.4.



Gambar 4. Grafik nilai kekerasan permukaan AISI 304

Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa proses *shot peening* dapat meningkatkan kekerasan permukaan AISI 304. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada waktu penembakan 40 menit yang ditunjukkan dengan hasil uji kekerasan sebesar

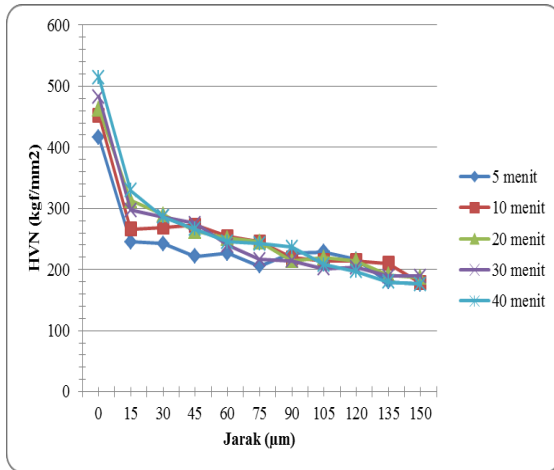
495.89HV, sehingga dapat meningkatkan kekerasan sebesar 97% dari spesimen sebelum *dishot peening*. Semakin lama proses *shot peening*, kekerasan permukaan juga semakin meningkat. Peningkatan kekerasan permukaan diakibatkan adanya tegangan sisa tekan yang dihasilkan selama proses *shot peening*, hal ini disebabkan adanya peningkatan deformasi plastis yang terjadi pada permukaan spesimen setelah proses *shot peening* sehingga dapat menimbulkan kerapatan dislokasi. Semakin besar deformasi plastis yang diberikan, maka akan menyebabkan bertambahnya dislokasi yang akan membentuk interaksi antar dislokasi yang satu dengan yang lainnya. Interaksi ini menyebabkan kerapatan dislokasi yang tinggi terutama pada batas butirnya dan akan saling menghambat, sehingga dapat menimbulkan efek pengerasan regangan (*strain hardening effect*) [7].

Pada gambar 4 juga menunjukkan nilai kekerasan optimum saat proses *shot peening* diperoleh pada waktu 5 menit. Sedangkan setelah waktu 5 menit peningkatan kekerasan permukaan spesimen tidak terlalu signifikan, hal ini karena setelah perlakuan *shot peening* sudah terjadi pengerasan regangan permukaan spesimen dari proses *shot peening* sebelumnya. Dimana diketahui bahwa tekanan kerja dan diameter bola-bola baja yang digunakan konstan, sehingga seiring dengan waktu energi kinetik yang dihasilkan oleh bola-bola baja yang ditembakkan kepermukaan spesimen sudah tidak mampu lagi membuat indentasi-indentasi yang menghasilkan deformasi plastis yang sama besar pada permukaan saat spesimen sebelum dilakukan perlakuan permukaan dengan *shot peening*.

Hasil uji kekerasan melintang

Selain pengujian kekerasan permukaan, juga dilakukan pengujian kekerasan pada potongan melintang. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tebal lapisan yang terpengaruh *shot peening* dan kekerasan dari permukaan sampai kedalaman tertentu. Data hasil pengujian kekerasan melintang spesimen *stainless steel* 304 ditunjukkan pada gambar 5.

Nilai distribusi kekerasan pada potongan melintang spesimen SS 304 ditunjukkan pada Gambar 5, indentasi pertama dilakukan pada jarak 15 μm dari sisi yang terkena perlakuan *shot peening* dan pengujian dilakukan hingga jarak 150 μm dari permukaan yang terkena *shot peening*.



*) nilai kekerasan pada jarak 0 µm merupakan nilai kekerasan permukaan

Gambar 5. Grafik distribusi nilai kekerasan pada penampang melintang material SS 304 setelah perlakuan *shot peening*

Data menunjukkan terjadi penurunan kekerasan seiring dengan semakin jauh jarak dari permukaan yang diberi perlakuan *shot peening*. Hal ini disebabkan tekanan yang diterima pada bagian permukaan lebih besar dan semakin mengcil pada bagian yang lebih dalam, sehingga struktur pada permukaan lebih kecil. Hal ini berakibat pada tingkat kekerasan yang semakin menurun pada area yang lebih dalam. Pengujian kekerasan pada penampang melintang hingga jarak 150 µm hampir mendekati nilai kekerasan mikro *raw material* spesimen, yaitu sebesar 130,17 kg/mm².

KESIMPULAN

Shot peening dapat digunakan untuk memperhalus struktur mikro dan meningkatkan

kekerasan. Semakin lama proses *shot peening* semakin dalam pengecilan struktur mikro dan semakin meningkat pula nilai kekerasan permukaannya.

REFERENSI

- [1] Syarif Junaidi, 2009, "Biomaterial Berbasis Logam", [http://www.infometrik.com/biomaterial-berbasis-logam/Aplikasi Teknologi Featured, Material Sains](http://www.infometrik.com/biomaterial-berbasis-logam/Aplikasi%20Teknologi%20Featured,%20Material%20Sains.%20Diakses%20November%202015.). Diakses November 2015.
- [2] Manivasagam G, Dhinasekaran D, Rajaminickam A. 2010. "Biomedical implants: corrosion and its prevention – a review". *Recent Patents on Corrosion Science* 2: 40-54.
- [3] Benedetti, M., Fontanari, B. Winiarski, P.J. Withers, M. Allahkarami, J.C. Hanan., 2015, Fatigue Behavior of Shot Peened Notched Specimens: Effect of The Residual Stress Field Ahead of The Notch Root, *Procedia Engineering* 109, pp. 80-88, Elsevier.
- [4] Dalaeia, K., Karlssona, B., Svensson, L.E., 2010, Stability of Residual Stresses Created by Shot Peening of Pearlitic Steel and Their Influence on Fatigue Behaviour, *Procedia Engineering* 2, pp. 613–622, Elsevier.
- [5] Zhan, K., Jiang, C. H., Wu, X. Y. and Ji, V., 2012, Surface Layer Characteristics of S30432 Austenite Stainless Steel after Shot Peening, *Materials Transactions*, Vol. 53, No. 5, pp. 1002-1006, Elsevier.
- [6] ASM Metals Handbook Volume 8, 2000, Mechanical Testing and Evaluation. Feng,
- [7] Q., Jiang, C., and Xu, Z., 2014, Residual Stress Relaxation of Shot-Peened Deformation Surface Layer on Duplex Stainless Steel Under Applied Loading, *JMEPEG*, pp. 408–412, Elsevier.