

**PENGARUH VARIASI WAKTU PADA PERLAKUAN SHOT PEENING
 SESUDAH PROSES DRILLING TERHADAP STRUKTUR MIKRO/MAKRO,
 KEKASARAN PERMUKAAN, GEOMETRI, WETTABILITY, DAN KEKERASAN
 PADA PERMUKAAN DYNAMIC COMPRESSION PLATE (DCP) BERBAHAN
 STAINLESS STEEL 316L**

Aris Widyo Nugroho^{1,a}, Sunardi^{1,b}, Nugei Mulyati^{1,c}

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
 Yogyakarta
 Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan,DIYogyakarta, Indonesia 55183
^anugeimulyati6gmail.com

Abstract

Stainless steel 316L (SS316L) is a type of metal that is widely used in the field of medical devices manufacturing such as medical devices themselves and implants. This material SS-316L is chosen as dynamic compression plate (DCP) because it has good corrosion resistance characteristics, and easy maintenance. However, SS-316L has low tribological properties (wear and tear) compared with titanium or cobalt materia,l therefore surface treatment is required. Shot peening is one method of cold treatment (cold working) by firing the balls of steam at constant high speed on the surface of the specimen. The aim of the research is to know the effect of shot peening time variation after drilling the microhardness, surface roughness, macro and micro structures, geometry, and wettability on SS-316L DCP surface.

The treatment of shot peening was given on DCP SS-316L with dimensions of 105 mm × 14 mm × 4 mm with 6 parallel holes in the form of a circle with 5 mm diameter. The variables used are variation of steel ball shooting time they are 8 minutes, 10 minutes, and 12 minutes. With a 0.6 mm steel ball diameter, constant pressure of 6 bar, and nozzle spacing of 100 mm specimens.

The results showed that the shot peening process can change the macro structure so it formed craters on the surface. The shot peening process also changed the micro structure into the flat one. The result of wettability of the contact angle increased from 65,63° to 79,70°. The surface roughness increased from 0.83 μm to 2.05 μm. The geometric measurements which consist of plate thickness, plate hole diameter, and ellipse diameter decreased in size. The average result of microhardness increased from 247.3 HVN to 345.7 HVN.

Keywords: Shot peening, stainless steel 316L, dynamic compression plate, drilling

1. PENDAHULUAN

Kasus patah tulang di Indonesia banyak terjadi dikarenakan tingginya tingkat kecelakaan dan bencana alam. Menurut data dari Sistem Informasi Rumah Sakit (SIRS) 2010, kasus patah tulang terus meningkat sejak tahun 2007. Pada tahun 2007 ada 22.815 insiden patah tulang, tahun 2008 menjadi 36.947, tahun 2009 menjadi 42.280, dan pada tahun 2010 menjadi 43.003 kasus (Triono dan Murinto, 2015). Untuk mengatasi kasus tersebut tidak dapat hanya dilakukan dengan mengonsumsi obat-obatan atau terapi fisik saja. Oleh karena itu perlu dilakukan proses bedah untuk mengganti tulang yang rusak atau patah sebagai pengganti struktur dan fungsi bagian biologis (Annur dan Yusuf, 2015). Tulang merupakan jaringan tubuh yang mampu beregenerasi dengan cepat. Implan merupakan salah satu media yang digunakan untuk membantu proses penyembuhan pada tulang yang rusak atau patah. Material logam yang paling banyak digunakan adalah jenis logam baja tahan karat dikarenakan harga yang relatif murah dan dapat ditingkatkan kualitasnya (Sutowo dkk, 2014). *Stainless steel 316L (SS-316L)* merupakan jenis logam baja tahan karat yang banyak digunakan pada bidang pembuatan alat medis seperti alat-alat operasi dan pembuatan implan. Selain dari segi harga yang murah SS-316L juga mudah didapat dan terjangkau oleh masyarakat tanpa harus impor bahan implan (Sunardi

dkk, 2013).

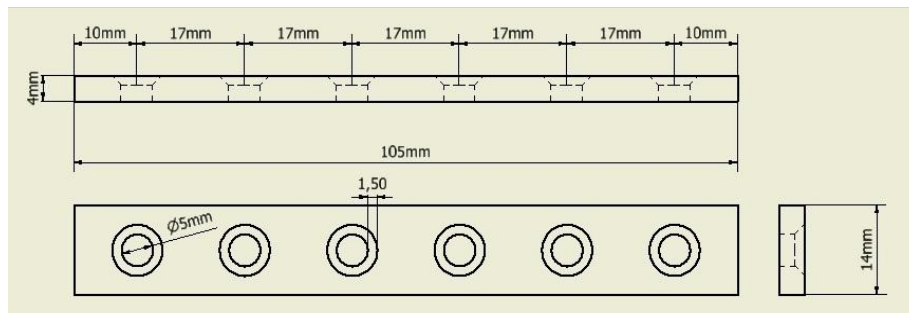
Meskipun dari segi harga SS-316L lebih murah tetapi SS-316L ini memiliki ketahanan korosi yang baik, sifat mekanik, sifat fisik dan permukaannya mudah dibersihkan (Sutowo dkk, 2014). Tetapi SS-316L mempunyai kelemahan yaitu masih terdapat unsur kimia yang dapat menyebabkan reaksi merugikan jika dijadikan implan pada tubuh dan sifat tribologinya rendah (keausan). Pada umumnya material yang sering digunakan untuk implan adalah titanium dan kobalt. Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya perlakuan permukaan untuk memperbaiki sifat mekanis pada material *Stainless steel* 316L menggunakan metode perlakuan dingin (*cold working*).

Shot peening merupakan salah satu metode perlakuan dingin (*cold working*). *Shot peening* adalah metode perlakuan yang dapat meningkatkan kualitas dan sifat mekanik pada material. Prinsip kerja dari *shot peening* adalah penembakan bola baja (*steel ball*) dalam kecepatan tinggi ke permukaan logam (Ilmal dkk, 2017). Plat penyambung tulang yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis DCP (*Dynamic Compression Plate*) yang digunakan untuk tulang lengan atas dan bawah. Pembuatan DCP ini berdasarkan dari sifat material yang dibutuhkan dan geometri tulang pada orang Indonesia.

Berdasarkan peneliti-peneliti sebelumnya bahwa pengaruh perlakuan *shot peening* menunjukkan adanya peningkatan kekerasan mikro (*microhardness*), kekasaran permukaan (*surface roughness*), pengurangan ukuran/dimensi spesimen, dan adanya pengecilan struktur mikro pada butiran permukaan. Perlakuan *shot peening* terhadap DCP SS-316L ini bertujuan dapat menjadi alternatif dalam mendapatkan plat penyambung tulang yang lebih murah, namun dengan kualitas.

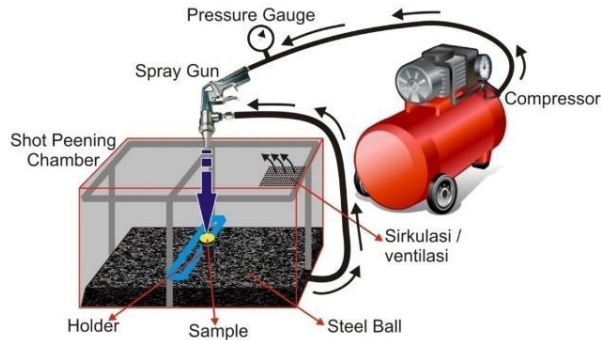
2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah material plat *stainless steel* 316L yang biasa digunakan dalam pembuatan alat medis seperti alata-alat operasi dan pembuatan implan. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut, plat SS-316L dipotong dan dibentuk persegi panjang, berdimensi 105 mm x 14 mm tebal 4mm. Kemudian salah satu permukaan digosok dengan amplas mesh 600, 800, dan 1000, setelah diampelas spesimen tidak diberi autosol untuk memastikan bahwa spesimen memiliki kondisi awal kemudian dilakukan proses penekukan (*bending*) plat dengan radius lengkungan menyesuaikan geometri tulang manusia.



Gambar 1. Desain plat DCP

Proses *shot peening* dilakukan di PRM Vulkanisir Ban di Jl. Ring Road Timur, Ngipik, Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta. Perlakuan dilakukan dengan menggunakan variasi waktu 8 menit; 10 menit; 12 menit. Diameter *steel ball* dengan ukuran 0,6 mm. Tekanan yang digunakan sebesar 6 bar dan jarak spesimen dengan ujung nozzle sejauh 100mm. Spesimen yang dibuat sebanyak 10 buah pada setiap variasi perlakuan. Dari 10 spesimen yang dibuat, hanya 9 buah yang diberi perlakuan *shot peening*. Sisanya dibiarkan sebagai kondisi awal.



Gambar 2. Skema pengujian proses *shot peening* (Julianto, 2017)

Pengujian kekasaran, *wettability*, pengukuran geometri/dimensi, dan pengamatan foto struktur makro, dilakukan di Laboratorium Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengujian kekasaran menggunakan alat uji kekasaran TR200. Pengujian kekerasan permukaan dan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada dengan metode *mikro vickers hardness* dengan indentasi kerucut. Pengujian ini dilakukan dengan beban indentasi 25gf, durasi penekanan indenter selama 5 detik.

Kemudian data yang didapat dicari nilai rata-rata pada setiap titik indentasinya. Terdapat 5 titik bekas injakan pada masing-masing spesimen *shot peening*. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai kekerasan *micro Vickers* terdapat pada persamaan (1):

standar ASTM E384-84 (Brandes dan Brook 1992):

$$VHN = \frac{(1854,4)P}{d^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

VHN = Nilai Kekerasan (kg/mm²)

P = Beban yang digunakan (kg)

D = diagonal rata-rata bekas injakan (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Proses *Shot peening*

Pengaruh perlakuan *shot peening* pada plat *stainless steel 316L* terlihat jelas jika dilihat secara visual seperti gambar 3.1. Pada penelitian ini, variasi waktu yang digunakan yaitu ukuran 8menit; 10 menit; dan 12 menit. Pada gambar 3 terlihat perbedaan dari masing-masing spesimen sebelum dan sesudah diberi perlakuan *shot peening*. Kondisi permukaan spesimen sebelum diberi perlakuan terlihat lebih halus dan mengkilap. Sedangkan spesimen yang telah diberi perlakuan *shot peening* terlihat adanya cekungan-cekungan halus bekas tumbukan dari bola baja terhadap spesimen. Permukaan spesimen terlihat lebih kasar seiring dengan lamanya durasi penembakan *steel ball*.

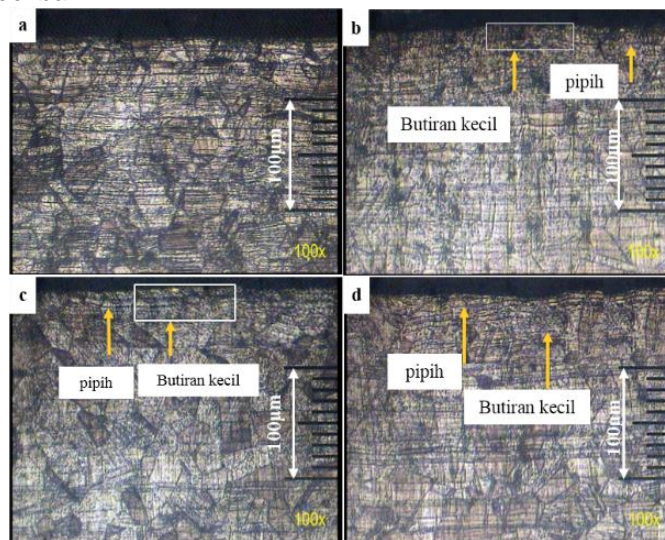


Gambar 3. Spesimen *shot peening* variasi waktu (a) spesimen *raw material* , (b) 8 menit, (c) 10 menit, (d) 12 menit.

3.2 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro spesimen diamati dengan mikroskop optik dengan perbesaran 100x pada skala bar 100 μ m. Sebelum dilakukan pengamatan spesimen dibersihkan dengan tujuan untuk menghilangkan goresan pada permukaan spesimen sehingga butiran struktur mikro terlihat lebih jelas. Adapun cairan etsa yang digunakan yaitu HCl + HNO₃ dengan kadar 1:3. Pengamatan dilakukan dengan penampang melintang spesimen *shot peening* dengan variasi waktu perlakuan 8 menit, 10 menit, dan 12 menit. Gambar 4 pada spesimen *raw material* menunjukkan tidak ada perbedaan yang terlalu menonjol dari foto tersebut. Akan tetapi pada masing-masing spesimen *shot peening* dengan variasi waktu terlihat pematatan

pada butiran di subpermukaan dan slip slip yang terjadi pada butiran spesimen. Perubahan mulai terlihat dibagian tepi permukaan seiring dengan lamanya durasi waktu penembakan *steel ball*.

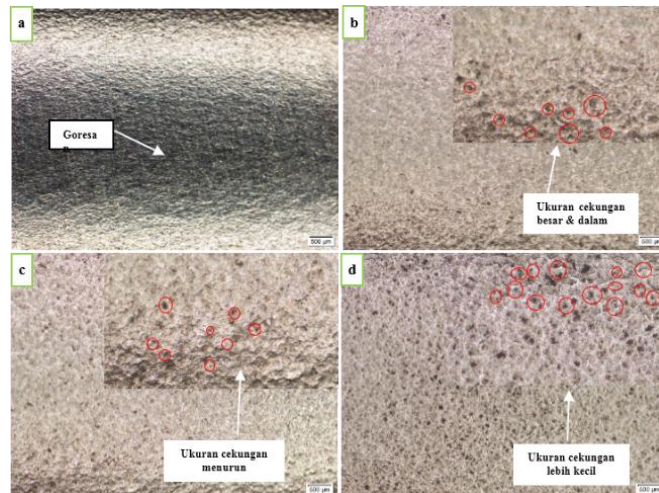


Gambar 4. Foto struktur mikro permukaan penampang melintang (a) spesimen *raw material* dan spesimen *shot peening* variasi waktu, (b) 8 menit, (c) 10 menit, (d) 12 menit.

Iqbal dkk (2011) menjelaskan bahwa perlakuan *sand blasting* dapat menghasilkan perubahan signifikan terhadap struktur mikro. Pengecilan butiran diakibatkan terjadi *several plastic deformation* (SPD), sehingga daerah permukaan mengalami pengecilan atau penghalusan butiran permukaan akibat *sand blasting* dan kekerasan material akan menurun menjauh dari permukaan

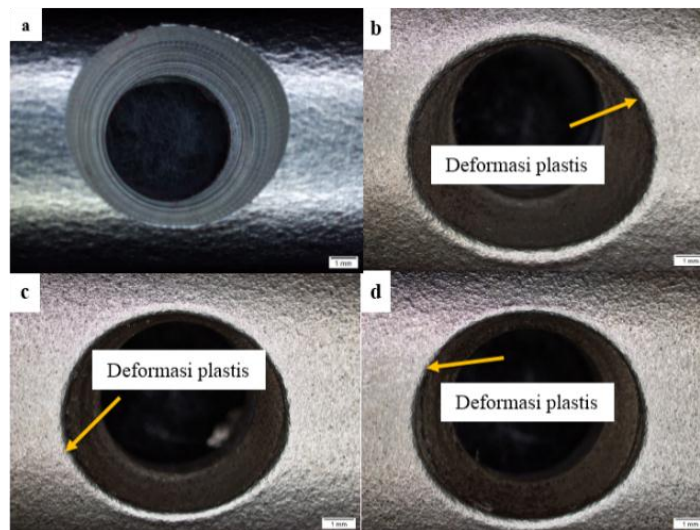
3.3 Hasil Pengamatan Struktur Makro

Pada pengamatan struktur makro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik, untuk permukaan spesimen perbesaran 20x pada skala bar 500 μ m, perbesaran 12x pada skala bar 1 mm untuk lubang spesimen, perbesaran 15x pada skala bar 1 mm untuk penampang melintang dan perbesaran 25x pada skala bar 500 μ m untuk penampang memanjang. Pada gambar 5.a menunjukkan spesimen sebelum di *shot peening* yang memperlihatkan kondisi asli permukaan spesimen. Pada gambar 5.b-5.d menunjukkan kondisi spesimen setelah diberi perlakuan *shot peening* dengan variasi waktu penembakan 8 menit, 10 e=menit, dan 12 menit terlihat batas butir yang lebih kecil. Permukaan tampak lebih kasar bila dibandingkan dengan permukaan plat sebelum di *shot peening*, seperti timbul cekungan-cekungan. Hal tersebut merupakan efek dari tumbukan bola-bola baja dengan kecepatan tinggi pada permukaan dan menyebabkan permukaan mengalami deformasi plastis sehingga menimbulkan cekungan-cekungan pada permukaan.

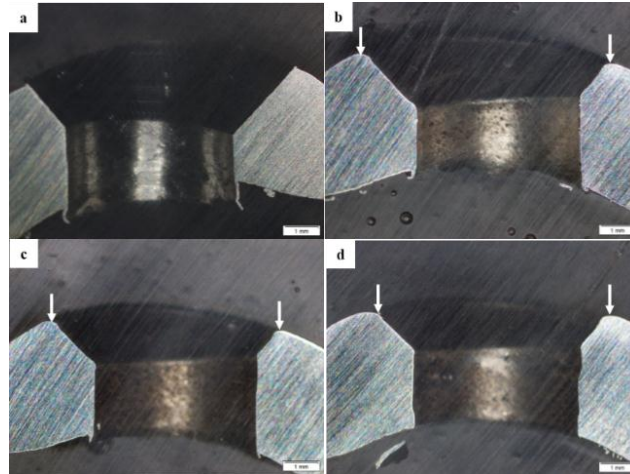


Gambar 5. Hasil pengamatan foto struktur makro dari permukaan spesimen DCP. (a) spesimen *raw material* dan spesimen *shot peening* variasi waktu, (b) 8 menit, (c) 10 menit, (d) 12 menit

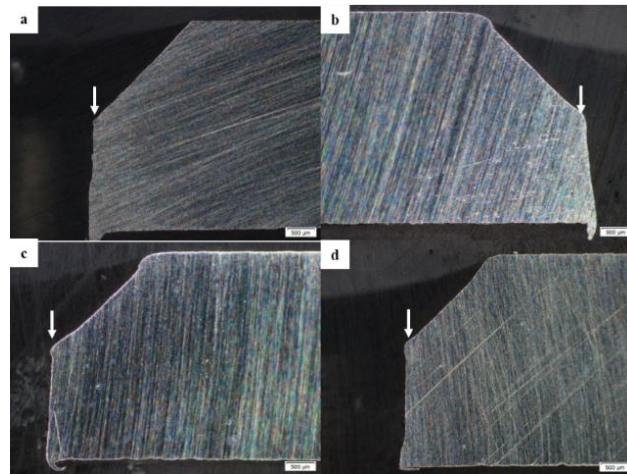
Gambar 5 terlihat terdapat perbedaan hasil struktur makro lubang spesimen sebelum dan setelah diberi perlakuan *shot peening* dengan variasi diameter *steel ball*. Terdapat cekungan pada lubang dan ujung lubang menjadi tumpul yang diakibatkan oleh tumbukan bola baja selama perlakuan *shot peening*. Butiran kecil menjadi semakin banyak dan merata, sehingga permukaan lubang lebih kasar.



Gambar 6. Foto struktur makro dari lubang spesimen *shot peening*. (a) spesimen *raw material* dan spesimen *shot peening* variasi waktu (b) 8 menit, (c) 10 menit, (d) 12 menit



Gambar 7. Hasil foto struktur makro dari penampang melintang (a) spesimen *raw material* dan spesimen *shot peening* variasi waktu (b) 8 menit, (c) 10 menit, (d) 12 menit

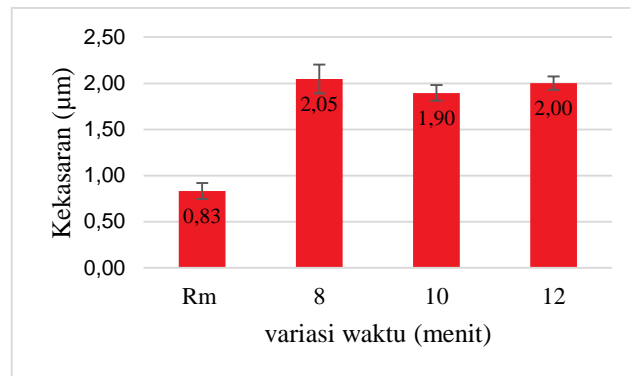


Gambar 8. Hasil foto struktur makro dari penampang memanjang. (a) specimen *raw material* dan spesimen *shot peening* variasi waktu (b) 8 menit, (c) 10 menit, (d) 12 menit

Pada gambar 7 dan 8 menunjukkan hasil foto struktur makro dari penampang melintang dan penampang memanjang spesimen. Gambar 7 dan 8 terlihat perubahan bentuk di ujung diameter luar *elips* dan diameter lubang yang diakibatkan oleh tumbukan bola baja dengan lubang selama perlakuan *shot peening* berlangsung. Arah penembakan bola baja ditunjukkan pada arah panah. Pada spesimen yang telah diberi perlakuan *shot peening* gambar 7.b-7.d dan 8.b-8.d terlihat sisi pada ujung lubang lebih tumpul daripada spesimen yang belum diberi perlakuan. Hal ini disebabkan semakin lama durasi waktu penembakan *steel ball* yang digunakan mengakibatkan deformasi plastis yang dihasilkan juga semakin besar yang dapat mengubah stuktur permukaan lubang spesimen.

3.4 Hasil Pengujian Kekasaran

Pengaruh perlakuan *shot peening* yang diberikan kepada spesimen SS 316L memiliki hasil kekasaran permukaan yang berbeda sesuai dengan variasi waktu yang digunakan:



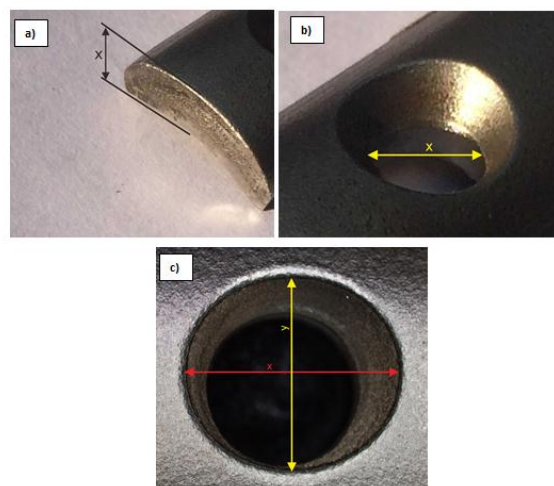
Gambar 9. Grafik nilai kekasaran rata-rata (Ra) permukaan spesimen *shot peening*

Pada Gambar 9 terlihat terjadi peningkatan nilai kekasaran permukaan yang sangat signifikan apabila dibandingkan antara nilai kekasaran pada permukaan spesimen sebelum perlakuan *shot peening* (*raw material*) sebesar $0,83 \mu\text{m}$ dengan nilai kekasaran permukaan spesimen setelah perlakuan *shot peening* variasi waktu 8 menit meningkat menjadi $2,05 \mu\text{m}$. Pada waktu 10 menit dan 12 menit penembakan terlihat nilai kekasaran permukaan yang fluktuatif yaitu dimana pada waktu penembakan 10 menit nilai kekasaran menurun menjadi $1,90 \mu\text{m}$ dan nilai kekasaran meningkat lagi waktu 12 menit menjadi $2,00 \mu\text{m}$.

Nilai kekasaran meningkat sangat signifikan pada awal penembakan karena belum merata penumbukkan pada permukaan material. Tetapi, seiring lamanya waktu proses *shot peening* atau *sandblasting* terjadi penurunan kembali nilai kekasarannya setelah mengalami nilai puncak (*peak point*) kekasaran. Kenaikan nilai kekasaran seiring dengan durasi penembakan yang kemudian mengalami penurunan kembali ini disebabkan tumbukan setelahnya meratakan bukit-bukit permukaan sampel.

3.5 Hasil Pengujian Geometri/Dimensi

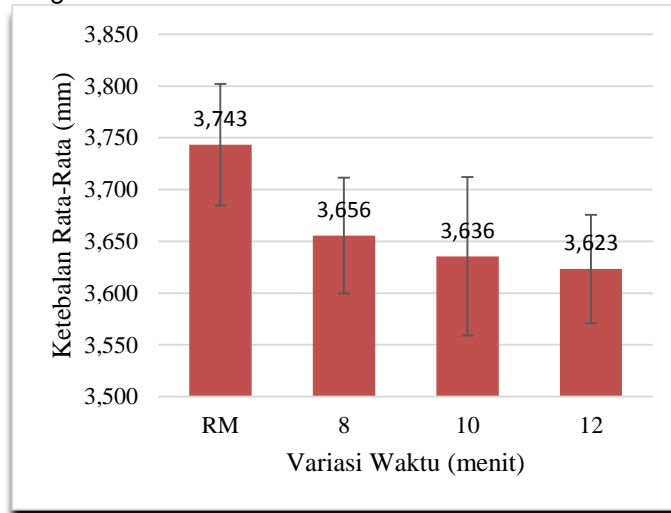
Pengaruh perlakuan *shot peening* yang terjadi karena deformasi yang diakibatkan tumbukan bola baja dengan spesimen. Salah satu jenis deformasi yang terjadi yaitu berkurangnya ketebalan spesimen dan lubang spesimen. Pengukuran geometri pada tiap spesimen menggunakan jangka sorong digital. Pada gambar 10 menunjukkan cara mengukur geometri meliputi ketebalan spesimen, diameter lubang spesimen dan diameter sumbu panjang dan pendek *elips*.



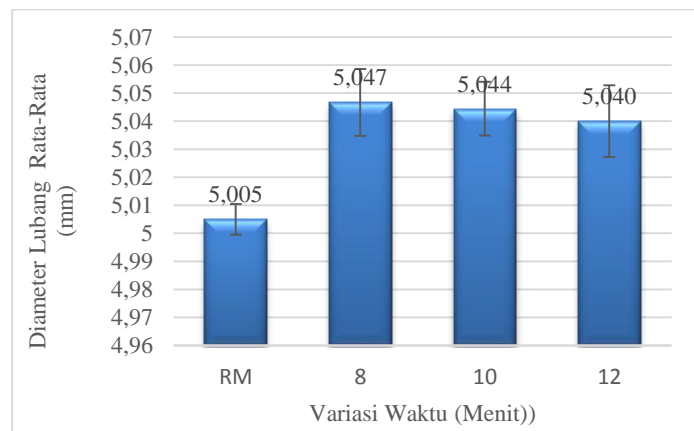
Gambar 10. Cara mengukur geometri/dimensi spesimen (a) ketebalan spesimen (b) diameter lubang spesimen, (c) diameter sumbu panjang dan pendek elips.

Pada gambar 11, terlihat pengurangan ketebalan spesimen dari sebelum *shot peening* dan setelah *shot peening* pada DCP SS-316L, terjadi hampir semua mengalami

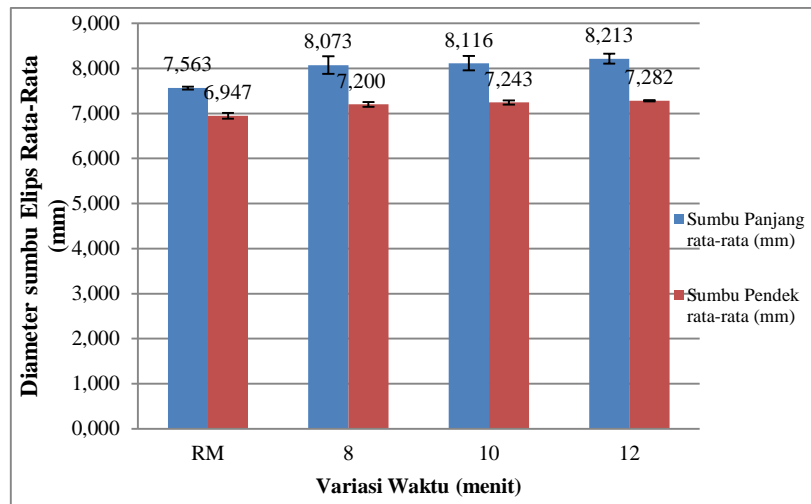
pengurangan ketebalan di setiap perlakuan variasi waktu penembakan. Hasil pengukuran ketebalan menurun dari 3,743 mm menjadi 3,623 mm. Sedangkan pada gambar 12, terlihat penambahan diameter lubang dari spesimen *raw material* terhadap spesimen dengan perlakuan variasi waktu 8 menit. Untuk spesimen dengan perlakuan variasi waktu 10 menit dan 12 menit mengalami pengurangan nilai diameter dibandingkan dengan spesimen dengan perlakuan variasi waktu 8 menit. Ini disebabkan pengurangan ketebalan dan penambahan nilai diameter lubang spesimen terjadi karena permukaan mengalami deformasi plastis akibat penumbukan frontal dari partikel *steel ball* selama proses perlakuan *shot peening*.



Gambar 11. Grafik Nilai Ketebalan Rata-rata Spesimen *shot peening*.



Gambar 12. Grafik Nilai Diameter Lubang Rata-rata Spesimen *shot peening*.

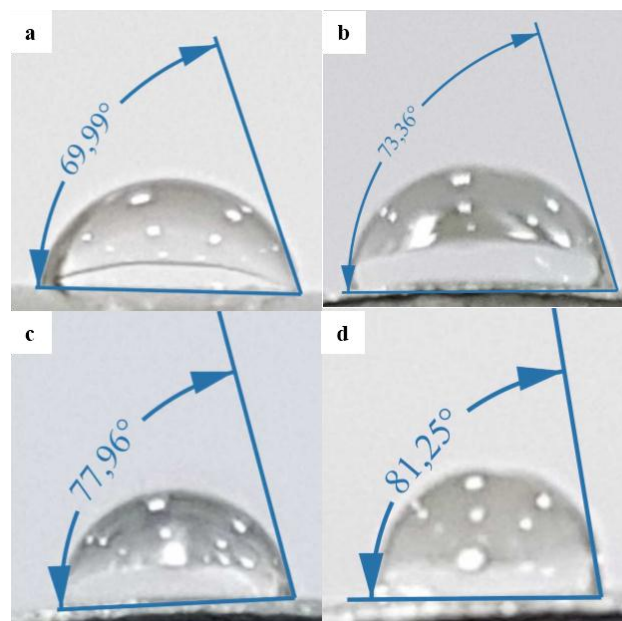


Gambar 13. Grafik Perbandingan Rata-rata Nilai Diameter Sumbu Panjang *Elips* dan Diameter Sumbu Pendek *Elips Shot peening*

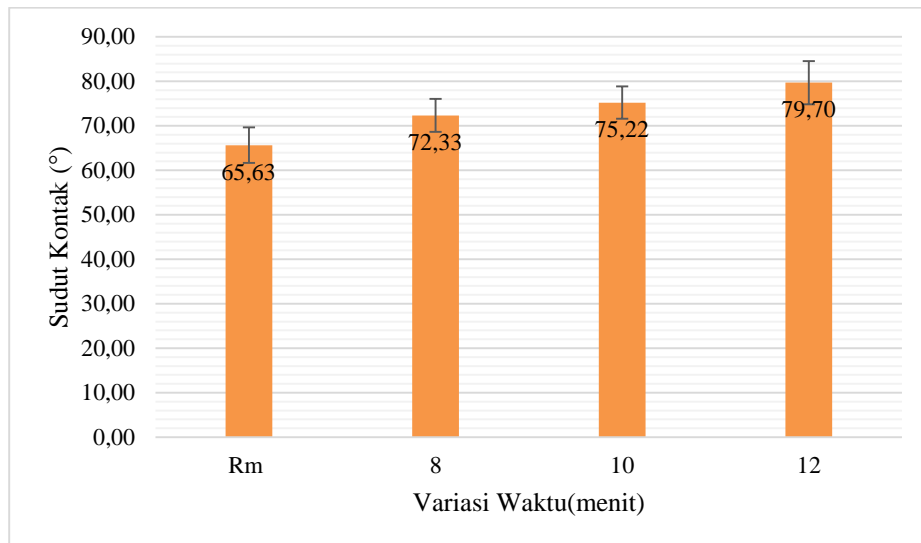
Pada gambar 13 menunjukkan perubahan diameter sumbu panjang dan sumbu pendek *elips* sebelum dan sesudah diberi perlakuan *shot peening*. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa diameter *elips* dari nilai sumbu panjang 7,563 mm naik menjadi 8,073 mm, sedangkan nilai sumbu pendek juga naik dari 6,947 mm menjadi 7,200 mm. Diameter *elips* pada penelitian tersebut mengalami penambahan ukuran seiring dengan bertambahnya waktu penembakan yang digunakan. Permukaan mengalami deformasi plastis karena tumbukan bola baja dengan area lubang permukaan sehingga mengakibatkan pelebaran diameter *elips*.

3.6 Hasil Pengujian *Wettability*

Berdasarkan hasil pengujian *wettability* pada spesimen SS 316L dapat disimpulkan bahwasanya semua spesimen SS 316L sebelum dan setelah perlakuan *shot peening* dengan variasi diameter *steel ball* tersebut memiliki karakter terhadap permukaan yang bersifat *hydrophilic* yang dikarenakan besar sudut kontak tiap spesimen semuanya kurang dari 90° (Gambar 14 dan Gambar 15).



Gambar 14. Nilai *Wettability* dari spesimen *shot peening*. a) spesimen *raw material* dan spesimen *shot peening* variasi waktu (b) 8 menit, (c) 10 menit, (d) 12 menit.



Gambar 15. Grafik Nilai Rata-rata *Wettability* dari spesimen *shot peening*. a) spesimen *raw material* dan spesimen *shot peening* variasi waktu (b) 8 menit, (c) 10 menit, (d) 12 menit .

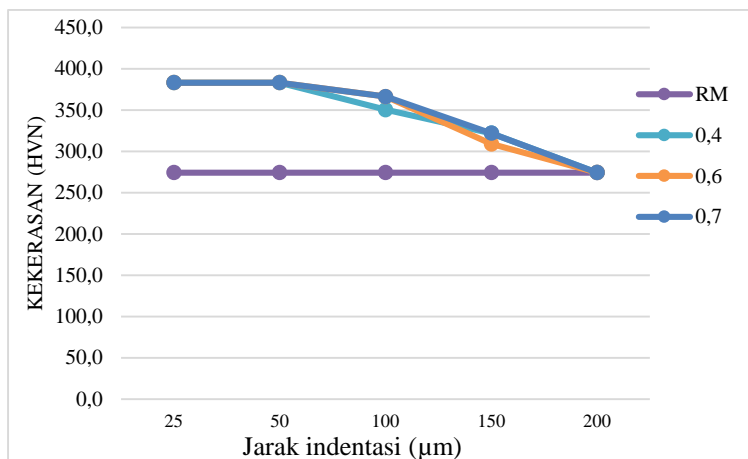
Hasil menunjukkan semakin lama waktu penembakan *steel ball*, maka nilai sudut kontak yang dihasilkan akan semakin besar sehingga tingkat ketahanan korosi pada permukaan spesimen semakin menurun. Menurut Bagherifard dkk (2016) material SS-316L yang bersifat hidrofilik sangat penting untuk aplikasi biomedis karena mereka dapat mengurangi resiko infeksi bakteri, meningkatkan interaksi dengan jaringan disekitarnya dan berpotensi mengurangi laju pelepasan dan migrasi perangkat.

Permukaan kasar dan *wettability* merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk menentukan masa pakai material tersebut. Permukaan yang kasar dan memiliki sifat hidrofilik sangat sesuai untuk adhesi sel tulang dan untuk implan osseointegrasi (Arifvianto dkk, 2011).

3.7 Hasil Pengujian Kekerasan Mikro

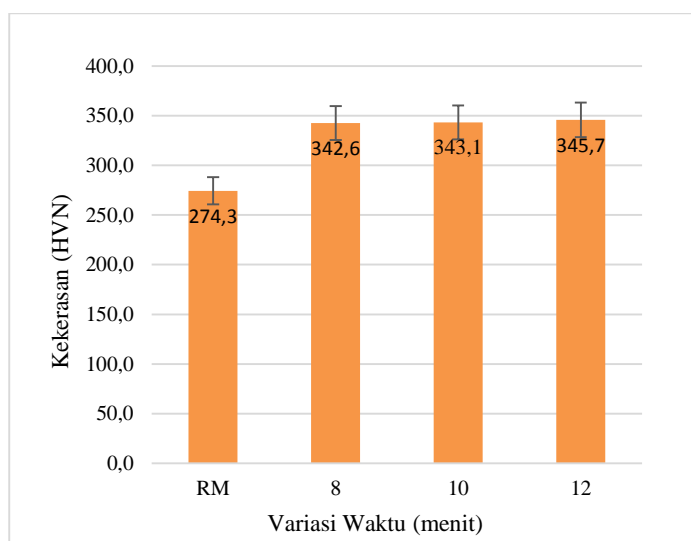
Secara umum proses *shot peening* dapat meningkatkan kekerasan pada suatu material. Nilai kekerasan terbesar terjadi pada permukaan material dan secara bertahap akan menurun menjauhi permukaan. Metode yang digunakan untuk menguji nilai kekerasan pada spesimen plat SS-316L menggunakan metode *micro vicker*. Pengujian kekerasan distribusi menggunakan beban 25gf dengan waktu 5 detik.

Pada gambar 16 terlihat grafik distribusi nilai kekerasan spesimen *shot peening* mengalami penurunan seiring dengan semakin jauhnya jarak indentasi dari permukaan material. Apabila diperhatikan, nilai kekerasan paling tinggi berada di 3 titik awal injakan, sementara pada titik 4 dan 5 nilai kekerasan cenderung menurun dan hampir sampai dengan nilai kekerasan aslinya. Gambar 16 menunjukkan grafik perbandingan antara nilai kekerasan permukaan rata-rata HV (*Hardness of Vickers*) dengan variasi waktu, terlihat perbedaan cukup signifikan antara nilai kekerasan permukaan plat SS-316L sebelum dan setelah diberi perlakuan proses *shot peening*.



Gambar 16. Grafik hubungan antara variasi waktu *shot peening* dengan kekerasan pada kedalaman spesimen

Nilai kekerasan permukaan berbanding lurus dengan besarnya ukuran variasi waktu yang digunakan. Artinya, semakin waktu proses *shot peening* maka semakin tinggi pula nilai kekerasan yang dihasilkan. Pada plat SS- 316L sebelum diberi perlakuan *shot peening* (*raw material*) memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 274,3 HVN, setelah diberikan perlakuan *shot peening* dengan variasi waktu 8 menit, 10 menit, dan 12 menit kekerasan pada permukaan spesimen terjadi penambahan kekerasan dengan nilai masing-masing 342,6 HVN, 343,1 HVN, dan 345,7 HVN. Peningkatan kekerasan permukaan spesimen setelah perlakuan *shot peening* disebabkan karena adanya *plastic deformation* akibat tumbukan *steel ball* yang mendorong partikel-partikel permukaan semakin rapat dan padat sehingga bertambahnya nilai kekerasan terhadap spesimen.



Gambar 17. Grafik Rata-Rata Nilai Kekerasan Spesimen *Shot peening*.

4. KESIMPULAN

Perlakuan *shot peening* menggunakan variasi waktu penembakan *steel ball* dapat mengakibatkan perubahan morfologi pada permukaan spesimen dan pada hasil struktur mikro terjadi pepadatan dan pengecilan ukuran butir pada subpermukaan spesimen, meningkatkan kekasaran permukaan spesimen DCP 316L dari semula 0,83 μm menjadi 2,00 μm, perubahan ukuran geometri/dimensi. membuat permukaan spesimen cenderung memiliki sifat *hydraulic*, dan meningkatkan kekerasan secara drastis setelah diberi perlakuan *shot peening* hingga 345,7 HVN dari yang sebelum perlakuan adalah 274,3 HVN.

DAFTAR PUSTAKA

- Annur, H. & Kaelani. Y. 2015. *Pengujian BBending Biomaterial Hidroksiapatit dari Tulang Sapi Sebagai Prosthesis Sendi Rahang (TMJ) Pada Manusia*. Jurnal Teknik. Vol.4 No. 1.
- Arifvianto, B., Suyitno, Mahardika M., Dewo P., Iswanto P.T., Salim U.A., 2011. *Effect of Surface Mechanical Attrition Treatment (SMAT) on Microhardness, Surface Roughness and Wettability of AISI 316L*. *Material Chemistry and Physics*, page 418-426.
- Bagherifard, S., Slawik, S., Fernandez-Pariente, I., Pauly, C., Mukhlich, F., & Guagliano, M. *Nanoscale surface modification of AISI 316L stainless steel by severe shot peening*. *Materials & Design*. 2016; 102; pp. 68-77.
- Dieter, G.E., Bacon, D. *Mechanical Metallurgy: SI Metric Edition*. McGraw Hill. 1988.
- Hafizi, I., W. Widjijono., Marsetyawan H N. E.S. 2016. *Penentuan Konsentrasi Stainless Steel dan Kobalt Kromium Remanium GM-800 pada Uji GPMT*. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*. Vol. 2 No.3.
- Hidayat, Taufiq. 2013. *Pengaruh Perlakuan Shot peening pada Baja AISI 316L Berbentuk Silindris terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, dan Kekasaran Permukaan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Julianto, A. Z. 2016. *Pengaruh Variasi Diameter Steel Ball Terhadap Kekasaran Permukaan, Wettability, dan Laju Korosi pada Stainless Steel AISI 304 dalam Larutan SBF*. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Rudianto, R., Widodo, T.D., Wardhana, B.S., Wahyutama, S. 2015. *Tingkat Kekasaran Permukaan Stainless steel 316L Akibat Tekanan Steelballpeening*. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*.
- Saputra, Y.R. 2016. *Pengaruh Variasi Tekanan Shot peening Terhadap Karakteristik Permukaan Dynamic Compression Plate Berbahan Stainless steel 316L*. Tugas Akhir S1. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sunardi, Iswanto, P.T., Mudjijana. 2013. *Pengaruh Waktu Shot Peening Terhadap Kekerasan Dan Kekasaran Permukaan Stainless Steel AISI 304*. *Seminar Nasional Ke-8 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional*. Yogyakarta.
- Sunardi, Iswanto, P.T., Mudjijana. 2015. *Peningkatan Ketahanan Korosi Pada Material Biomedik Plat Penyambung Tulang SS 304 Dengan Gabungan Metode Shot peening dan Electroplating Ni-Cr*. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, hal. 160-167.
- Sutowo, Cahya. 2014. *Karakteristik Material Biokompetibel Aplikasi Implan Medis Jenis Bone Plate*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta..
- Triono, P, dan Murinto. 2015. *Aplikasi Pengolahan Citra Untuk Mendeteksi Fraktur Tulang dengan Metode Deteksi Canny*. *Jurnal informatika* Vol. 9 No.2
- Yaqin, R. I., Iswanto P.T., Piyambodo B.H, & Kondi E.U. 2017. *Pengaruh Durasi Shot Peening terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Permukaan pada AISI 316L*. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan*. Vol.3; Pp. 16-20.
- Yuliwati, E., Desi, C.K. 2014. *Pengaruh Hidrophilicity Membran Ultrafiltrasi Untuk Pengolahan Limbah Industri Kelapa Sawit*. *Seminar Nasional Teknik Industri BKSTI*, Palembang.