

PENGARUH VARIASI DIAMETER *STEEL BALL* PADA PERLAKUAN *SHOT PEENING* SEBELUM *DRILLING* TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKASARAN PERMUKAAN, *WETTABILITY*, KEKERASAN, DAN KETEBALAN PADA *DYNAMIC COMPRESSION PLATE STAINLESS STEEL 316L*

Aris Widyo Nugroho^{1,a}, Sunardi^{1,b}, Virgilia Ningtias^{1,c}

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, Yogyakarta 55183, Indonesia

Virgilia26@gmail.com

INTISARI

Dynamic Compression Plate (DCP) merupakan salah satu alat implantasi yang digunakan untuk menyambung patah tulang. Penggunaan *stainless steel 316L* (SS-316L) telah banyak digunakan sebagai bahan alat implantasi. Kelebihan dari SS-316L adalah lebih mudah dalam fabrikasi, mudah didapat dipasaran, murah, dan memiliki ketahanan korosi yang baik. Namun, diperlukan perbaikan sifat mekanik pada SS-316L seperti meningkatkan kekerasannya sebelum digunakan sebagai alat implantasi. *Shot peening* adalah salah satu metode permukaan yang dapat meningkatkan sifat mekanik SS-316L. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi diameter *steel ball* perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap struktur mikro permukaan, kekasaran permukaan, *wettability*, kekerasan mikro, dan ketebalan dari DCP SS-316L.

Dynamic compression plate sebagai alat implantasi tulang patah didesain untuk penyambung tulang kering atau *tibia*, dengan ukuran 105 mm x 12 mm x 4 mm. Perlakuan *shot peening* dilakukan selama 10 menit dan tekanan 6 bar menggunakan variabel diameter *steel ball* 0,4 mm, 0,6 mm, dan 0,7 mm dan jarak *nozzle* terhadap spesimen yaitu 100 mm.. Selanjutnya, dilakukan proses *drilling* dengan membuat 6 lubang berbentuk lingkaran yang berdiameter 5 mm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *shot peening* mampu meningkatkan sifat mekanik material implantasi DCP SS-316L. Struktur mikro menjadi lebih padat dan butirannya menjadi lebih halus. Kekasaran permukaan mengalami peningkatan dari 0,83 µm hingga 2,19 µm. Hasil pengujian kekerasan mikro tertinggi terjadi pada diameter 0,7 mm dengan nilai kekerasan rata-rata mencapai 358,68 HVN dari material dasarnya 274,3 HVN. Pengujian *wettability* mengalami penurunan dari 84,33° hingga 76,35°. Ketebalan plat mengalami pengurangan dari 3,81 mm menjadi 3,64 mm. Geometri lubang akibat proses *drilling* setelah *shot peening* tidak terlalu terpengaruh

Kata kunci: *Shot peening, Stainless Steel 316L, Drilling, Variasi Steel ball, DCP*

ABSTRACT

Dynamic Compression Plate (DCP) is one of a biomaterials plate, which is used for joining fractured/broken bones. *Stainless steel 316L* (SS 316L) is widely used in medical applications. Due to SS 316L easy fabrication, available in the market, cheap, and good corrosion resistance. However, SS 316L should be upgraded its surface mechanical properties for implantable materials. *Shot peening* is one of the methods to increase mechanical properties of SS 316L. This research aims to investigate the effect of shot peening steel ball variation before drilling machining on microstructure, surface roughness, wettability, microhardness, and thickness of stainless steel 316L.

In this research, DCP is designed for joining shin bone (*tibia*) in dimension 105 mm x 12 mm x 4 mm. *Shot peening* process was conducted in 10 minutes at the pressure of 6 bar with steel ball of 0,4 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, and 100 mm nozzle-to-plate distance. After was the plate got drilling machining is done by making 6 holes, 5 mm diameter each, with holes aligned to the plate.

The result shows that the shot peening treatment before drilling machining of SS 316L DCP was able to increase the mechanical properties. Microstructure of plate has change on the surface and sub-surface. Surface roughness increased from 0,83 µm to 2,19 µm. Micro hardness increased 274,3 HVN to 358,68 HVN. Wettability is reduced from 84,33° to 76,35°. Thickness is reduced from 3,81 mm to 3,64 mm. The hole geometry due to drilling process after shot peening treatment is not too affected.

Key word: *Shot peening, stainless steel 316L, Diameter variation, Dynamic compression plate, Drilling*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kasus patah tulang di Indonesia menyebabkan tingginya permintaan alat implantasi untuk penyambung tulang yang patah/rusak (*Dynamic*

Compression Plate). Alat penyambung tulang yang beredar dipasaran masih dikuasi oleh produk impor dengan harga yang lebih mahal.

Dynamic Compression Plate (DCP) sebagai alat implan yang dipasang didalam tubuh manusia harus memiliki beberapa persyaratan yaitu *biocompatible*, kuat, mempunyai ketahanan korosi yang baik, dan memiliki ketahanan aus yang baik (Wibowo dan Setianingrum, 2015). Material *Stainless Steel* 316L (SS-316L) merupakan salah satu material yang sering digunakan dalam pembuatan alat penyambung tulang. Hal tersebut karena SS-316L memiliki beberapa kelebihan antara lain *low cost maintenance*, *corrosion resistance*, *biocompability*, dan mudah didapat dipasaran serta lebih murah daripada *titanium alloy*. Namun, sebelum digunakan sebagai alat implantasi SS-316L diperlukan perlakuan permukaan yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekaniknya.

Shot Peening merupakan salah satu metode perlakuan permukaan untuk meningkatkan sifat mekanik suatu material. Prinsip kerja *shot peening* adalah dengan penembakan *steel ball* dengan tekanan dan kecepatan yang tinggi dengan bantuan kompresor secara merata dan berulang pada permukaan material. Tumbukan *steel ball* dengan permukaan akan menyebabkan deformasi plastis yang akan membuat permukaan material lebih kasar dan kekerasan meningkat. Permukaan material yang kasar dan bersifat *hydrophilic* akan menjadi keuntungan untuk penyerapan protein dalam pembentukan sel-sel tulang yang menempel pada plat implan. (Wilson dkk, 2005).

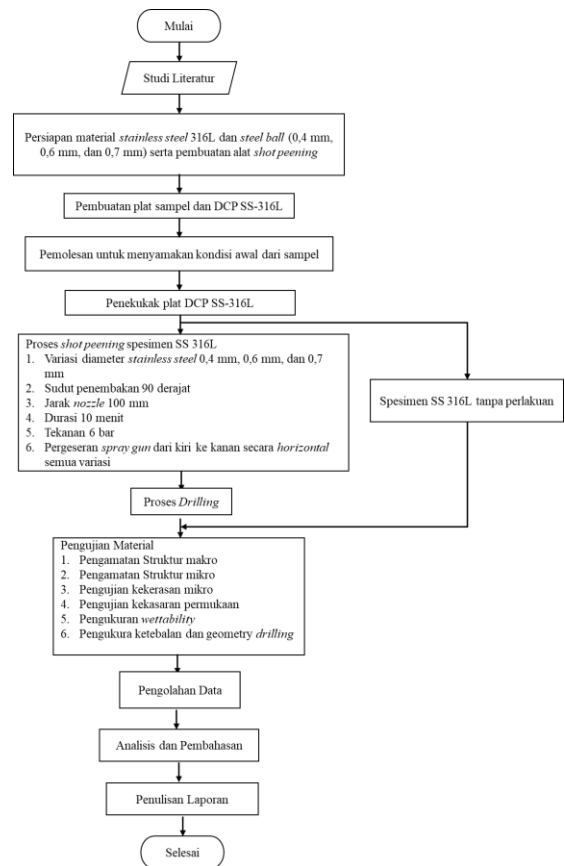
Penelitian yang dilakukan oleh Sukrano (2017) tentang pengaruh variasi *steel ball* perlakuan *shot peening* pada plat datar SS 316L menunjukkan adanya pematatan butiran pada permukaan hingga ke sub-permukaan plat. Kekerasan meningkat seiring bertambahnya ukuran *steel ball* karena energi kinetik yang diterima oleh permukaan mampu meningkatkan nilai distribusi kekerasan. Sedangkan pada penelitian Saputra dkk (2015) perlakuan ini dapat merubah butiran struktur mikro menjadi lebih pipih, kekerasan mikro, dan kekasaran meningkat.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya tentang perlakuan *shot peening* hanya dilakukan pada plat datar dan titik tertentu (tidak merata). Masih jarang peneliti yang melakuakn penelitian *shot peening* pada plat yang sudah mengalami proses pembentukan sebagai plat implantasi.

Penelitian ini akan berfokus pada pengaruh variasi diameter *steel ball* perlakuan *shot peening* sebelum proses *drilling* terhadap struktur mikro, kekasaran permukaan, *wettability*, distribusi kekerasan mikro dan ketebalan *dynamic compression plate stainless steel 316L*.

2. METODE PENELITIAN

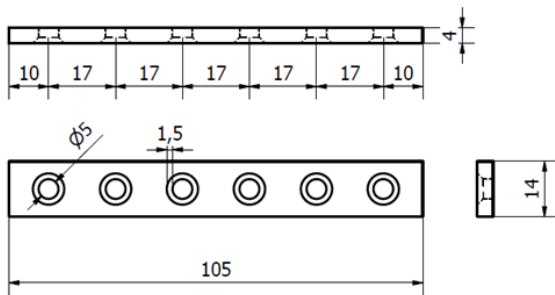
Tahapan proses penelitian ini berdasarkan diagram alir penelitian yang terdapat didalam Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

DCP SS-316L didesain untuk tulang kering (*tibia*) selanjutnya plat dipotong dengan dimensi 105 mm x 14 mm x 4 mm. Plat dipotong dengan menggunakan gergaji besi dan gerinda potong. Selanjutnya salah satu permukaan plat di amplas menggunakan *mesh* 200, 320, 400, 600, 800, 1000 dan 1200 dan dipoles dengan autosol agar plat memiliki kondisi permukaan yang sama. Plat yang dibuat sebanyak 10 buah, dimana 3 spesimen diberi perlakuan *shot peening* dan *drilling* dengan diameter *steel ball* 0,4 mm, 3 spesimen untuk variasi diameter 0,6 mm, 3 spesimen untuk variasi diameter 0,7 mm, dan 1 spesimen tidak diberi perlakuan *shot peening* dan *drilling* sebagai *raw material*. Setelah diamplas dan dipoles dilakukan penekukan plat menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Tujuan penekukan adalah untuk memumudahkan ketika plat dipasang untuk menyambungkan tulang yang rusak/patah.

Selanjutnya diberi perlakuan *shot peening* dengan variasi diameter *steel ball* 0,4 mm; 0,6 mm, dan 0,7 mm selama 10 menit setiap variasi, tekanan 6 bar, dengan jarak *nozzle* ke plat 100 mm. Plat diletakkan tegak lurus dengan *nozzle*.



Gambar 2 Dimensi DCP *Stainless Steel* 316L yang digunakan pada pengujian (Modifikasi dari Saputra, 2015)

Tabel 1 Spesifikasi *Steel Ball*

	C	Mg	Si	S	P	Kekerasan
%	0,10	1,15	0,15	0,015	0,015	40 - 46 HRC

Tabel 2 Spesifikasi *Stainless Steel* AISI 316L

%	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Mo
Min	-	-	-	-	-	16,00	10,00	-	2,00
Max	0,03	0,75	2,00	0,045	0,03	18,00	14,00	0,01	3,00

Setelah proses perlakuan *shot peening* selesai, plat diberi perlakuan *drilling* dengan membuat 6 lubang sejajar, diameter 5 mm setiap lubang. Proses *drilling* dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA) BATAN Yogyakarta.

Selanjutnya dilakukan pengujian struktur mikro untuk mengetahui perubahan butiran menggunakan *microscopic* dengan pembesaran 100x. Bagian yang diuji adalah bagian melintang dari plat. Kekerasan mikro diuji dengan menggunakan metode *Vickers* dengan beban 25gf dan *load time* 5 detik. Pengujian dilakukan pada 5 titik dengan jarak 25µm hingga 200µm. Pengujian struktur mikro dan kekerasan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai kekerasan *micro Vickers* terdapat pada persamaan (1) (Dieter, 1988):

$$VHN = \frac{1,854P}{D^2} 1000 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- VHN = Nilai Kekerasan (kgf)
- P = Beban yang Digunakan (gf)
- D = Nilai rata-rata diagonal indentor (µm)

Pengujian kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness testing*. Di uji pada tiga titik di permukaan plat pada bagian ujung kiri, tengah, dan ujung tangan pada setiap plat. Nilai kekasaran diambil dengan parameter R_a dalam satuan µm. Pengujian *wettability* dilakukan dengan meneteskan air di atas permukaan plat

sebanyak 3 kali pada 3 titik yang berbeda. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui nilai sudut kontak pada plat. Jika sudut kontak $\theta < 90^\circ$ maka plat bersifat *hydrophilic* (suka air), sedangkan jika sudut kontak $\theta > 90^\circ$ bersifat *hydrophobic* (tidak suka air).

Pengujian ketebalan dan ukuran geometri lubang dilakukan menggunakan *vernier caliper* dengan tingkat ketelitian 0,1 mm. Pengukuran ketebalan dilakukan sebanyak 3 kali pada 3 titik yang berbeda. Sedangkan, pengukuran lubang dilakukan pada lubang dalam, lubang luar bagian horizontal dan bagian vertikal.

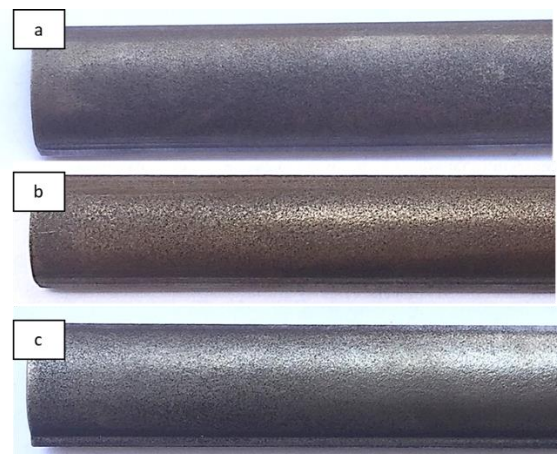
Pengujian kekasaran permukaan, *wettability*, ketebalan dan ukuran geometri lubang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UMY.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Proses *Shot Peening*



Gambar 3 Raw material, (a) sebelum *bending* dan (b) sesudah *bending*



Gambar 4 Material DCP *shot peening* variasi diameter *steel ball*, (a) 0,4 mm, (b) 0,6 mm, dan (c) 0,7 mm

Hasil perlakuan *shot peening* dapat dilihat pada gambar 4. Perlakuan ini dapat merubah kontur permukaan. Terlihat perbedaan pada gambar 3, plat tanpa perlakuan terlihat permukaan yang lebih bening dan bergaris akibat dari pengamplasan. Sedangkan, pada gambar 4 terlihat permukaan plat lebih gelap dan lebih berkontur. Adanya cekungan-cekungan akibat penembakan *steel ball* yang mengakibatkan permukaan lebih kasar dan terdeformasi plastis. Gambar 3 adalah raw material tanpa perlakuan

bending, terlihat permukaan yang rata. Sedangkan, gambar 4 adalah raw material setelah di bending, memperlihatkan permukaan yang lebih kasar dari pada sebelum di bending. Hal tersebut dikarenakan terjadi tarikan pada sisi luar dan tekanan pada sisi dalam saat proses bending, sehingga plat mengalami deformasi plastis.

Pada gambar 4 (a) terlihat bekas tembakan steel ball dengan diameter 0,4 mm, permukaan lebih halus dibandingkan gambar 4 (b) dan (c). Berdasarkan hasil tersebut membuktikan bahwa semakin besar ukuran diameter steel ball yang digunakan dapat menghasilkan deformasi plastis yang lebih besar pula.

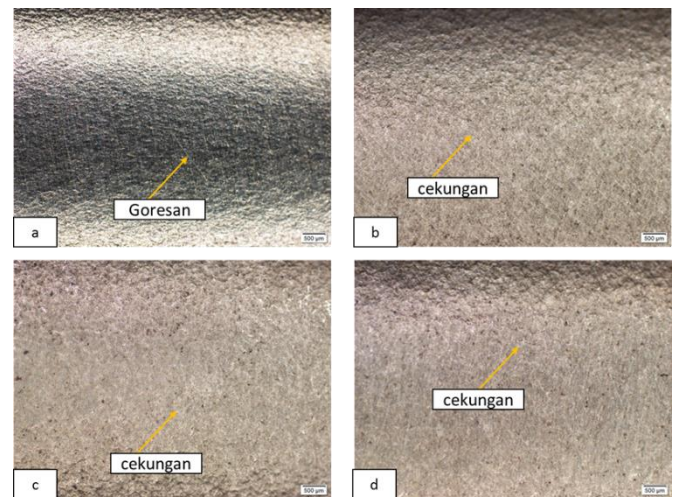
Gambar 5 menunjukkan hasil perlakuan shot peening dan drilling. Terlihat ukuran lubang yang tidak terlalu terpengaruh oleh perlakuan shot peening. Pinggiran lubang terlihat tajam dan tegas. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan shot peening yang dilakukan pada plat sebelum drilling tidak mempengaruhi geometri dari lubang tersebut.



Gambar 5 DCP shot peening dan drilling variasi steel ball, (a) 0,4 mm, (b) 0,6 mm, dan (c) 0,7 mm

Hasil Pengamatan Struktur Makro

Hasil pengamatan makro terlihat raw material memiliki permukaan yang lebih gelap dan terdapat banyak goresan akibat dari pengamplasan. Selanjutnya, plat mendapat perlakuan shot peening terlihat permukaan yang lebih berkontur dan terdapat banyak cekungan akibat tumbukkan steel ball dengan permukaan. Plat yang mendapat perlakuan shot peening dengan variasi diameter steel ball terlihat adanya perbedaan. Hal tersebut dikarenakan ukuran diameter steel ball yang berbeda-beda. Dimana pada variasi diameter 0,4 mm permukaan tidak terlalu terlihat cekungan-cekungannya dibandingkan dengan variasi diameter 0,6 mm dan 0,7 mm. Pada diameter 0,7 mm cekungan semakin terlihat jelas dan besar.



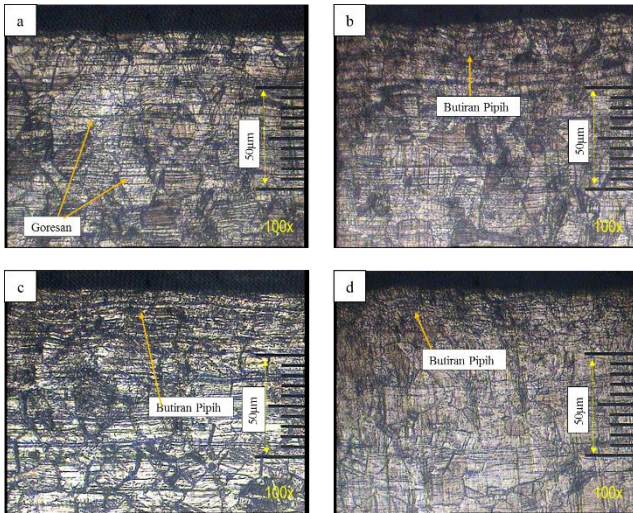
Gambar 6 Hasil pengamatan struktur (a) raw material, variasi diameter steel ball (b) 0,4mm, (c) 0,6mm, dan (d) 0,7mm

Dalam penelitian yang dilakukan Ahmed dkk (2015) dan Arifvianto (2013) menjelaskan bahwa perlakuan shot peening dengan menggunakan material abrasif dapat mempengaruhi kontur permukaan menjadi berkawah. Dari penjelasan diatas, membuktikan bahwa penggunaan variasi diameter steel ball dalam perlakuan shot peening dapat mempengaruhi kontur dari permukaan plat DCP SS-316L.

Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi karena perlakuan shot peening. Sebelum dilakukan pengamatan mikro, bagian yang akan diamati di etsa dengan campuran HCl + HNO₃ kadar 3:1. Pengamatan dilakukan pada penampang melintang spesimen raw material dan variasi perlakuan diameter steel ball 0,4mm; 0,6mm dan 0,7mm.

Gambar 7 (a) memperlihatkan struktur makro raw material yang memiliki butiran yang merata dan lebih besar. Setelah mendapat perlakuan shot peening butiran menjadi lebih pipih dan kecil pada permukaan hingga ke sub permukaan. Butiran menjadi pipih disebabkan karena tumbukkan steel ball dengan kecepatan tinggi pada permukaan plat. Butiran-butiran yang mengecil inilah yang dapat menyebabkan kekerasan meningkat (Sunardi dkk, 2016). Kedalaman struktur mikro dipengaruhi oleh tekanan yang dihasilkan pada saat steel ball bertumbukan dengan permukaan. Hal ini akan mempengaruhi nilai kekerasannya. Gaya tekanan yang semakin besar akan mengakibatkan butiran semakin padat dan rapat sehingga mampu menjadikan kekerasan meningkat.

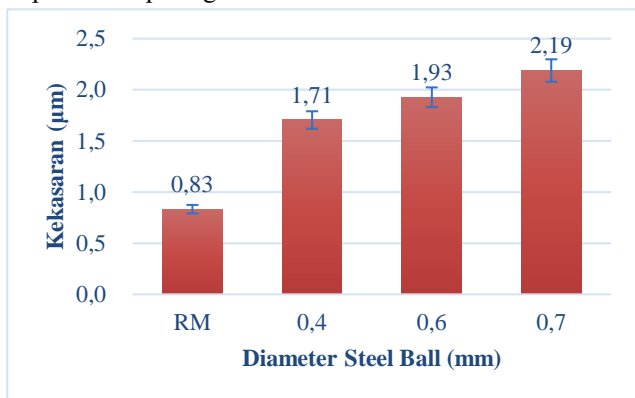


Gambar 7 Hasil foto struktur mikro dari penampang potongan DCP shot peening variasi steel ball. a) Raw Material; b) 0,4 mm; c) 0,6 mm dan d) 0,7 mm.

Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro tersebut dapat dikatakan bahwa butiran pipih disebabkan karena deformasi plastis dari tumbukkan steel ball dan permukaan.

Hasil Pengujian Kekasaran

Perlakuan shot peening yang diberikan pada permukaan DCP SS 316L memberikan pengaruh yang signifikan. Pengaruh yang dimaksud adalah permukaan plat menjadi lebih kasar dan menghasilkan nilai kekasaran meningkat dari raw material. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Nilai kekasaran rata-rata (R_a) permukaan DCP SS-316L shot peening.

Kekasaran yang meningkat disebabkan efek dari tumbukkan steel ball dengan permukaan. Tumbukkan steel ball mengakibatkan cekungan-cekungan terbentuk pada permukaan plat sehingga kekasaran plat meningkat. Penggunaan variasi steel ball mempengaruhi nilai kekasaran. Dimana semakin besar ukuran steel ball, kekasaran yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini

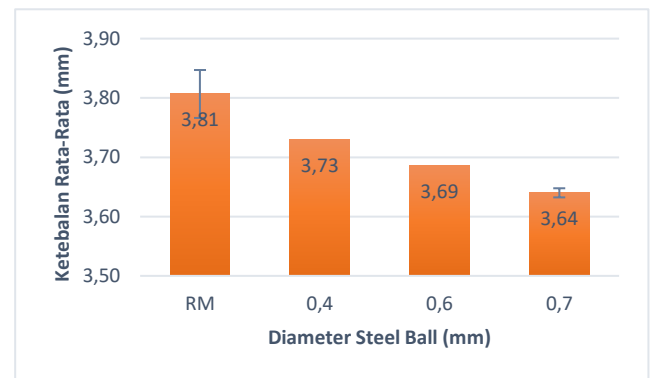
dibuktikan pada gambar 3.6 dimana kekasaran raw material 0,83 µm lalu meningkat mencapai 1,71 µm pada variasi diameter 0,4 mm dan semakin meningkat hingga 2,19 µm pada variasi 0,7 mm yang merupakan diameter steel ball terbesar.

Ukuran steel ball yang semakin besar menyebabkan cekungan yang terbentuk semakin besar pula. Hal ini menjadikan kekasaran juga meningkat. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran material abrasif yang digunakan dalam perlakuan shot peening berbanding lurus dengan nilai kekasaran yang dihasilkan.

Hasil Pengujian Ketebalan

Perlakuan shot peening pada suatu material dapat mengurangi ketebalan material tersebut. Hal tersebut disebabkan oleh tekanan kompresi yang dihasilkan saat proses penelitan berlangsung.

Pada gambar 9 memperlihatkan pengurangan ketebalan DCP SS-316L akibat perlakuan shot peening. Ketebalan plat semakin berkurang seiring bertambahnya ukuran diameter steel ball. Pada plat tanpa perlakuan memiliki ketebalan 3,81 mm dan terus menurun hingga 3,64 mm pada variasi diameter 0,7 mm.



Gambar 9 Grafik Ketebalan Permukaan Spesimen

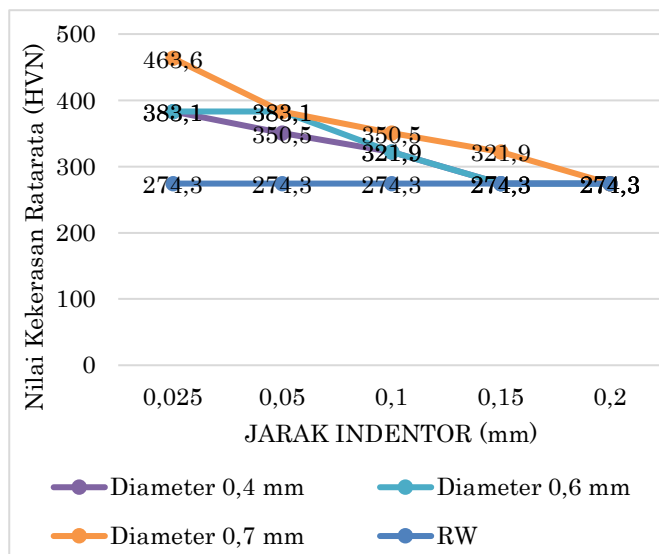
Pengurangan ketebalan plat disebabkan karena permukaan plat yang mendapat perlakuan shot peening dapat menjadikan deformasi platis karena tumbukkan dari material abrasif secara frontal (Saputra, 2015). Nilai ketebalan yang semakin berkurang memiliki keterkaitan dengan nilai kekasaran, dimana semakin besar nilai kekasaran yang dihasilkan, nilai ketebalan plat semakin berkurang (Sukarno, 2017).

Hasil Pengujian Distribusi Kekerasan Mikro

Pada gambar 10 menunjukkan adanya pengaruh perlakuan shot peening pada DCP SS-316L. Pengaruh yang

dimaksud adalah terjadi peningkatan nilai kekerasan pada plat yang diberi perlakuan tersebut. Kekerasan yang meningkat pada sutau material menyebabkan ketangguhan material tersebut juga meningkat.

Gambar 10 memperlihatkan hasil distribusi penembakan indenter hingga kedalaman 0,2 mm. Raw material memiliki nilai kekerasan 274,3 HVN pada semua titik kedalaman. Selanjutnya, setelah mendapat perlakuan shot peening dengan diameter steel ball 0,4 mm nilai kekerasan meningkat hingga 383,1 HVN pada daerah dekat permukaan dan kembali menurun pada titik selanjutnya hingga memiliki nilai kekerasan yang sama dengan raw material. Hal tersebut juga terjadi pada variasi diameter 0,6 mm dengan nilai kekerasan yang sama yaitu 383,1 HVN dan pada titik berikutnya menurun. Nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh variasi diameter 0,7 mm yaitu mencapai 463,6 HVN pada daerah dekat permukaan. Penurunan nilai kekerasan pada beberapa titik disebabkan oleh wilayah pepadatan butiran struktur mikro.



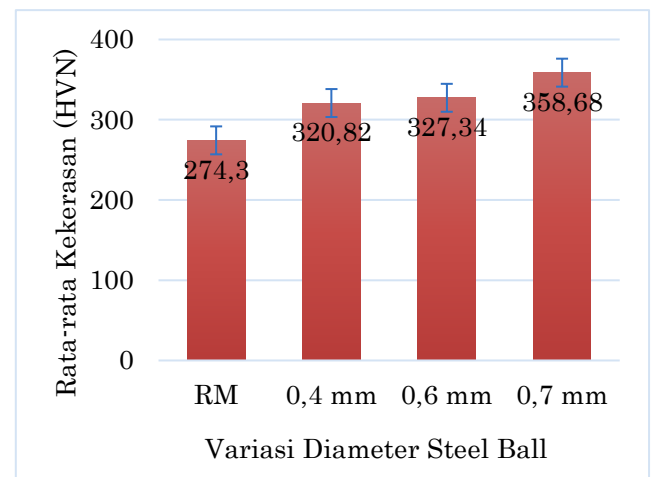
Gambar 10 Grafik Distribusi Kekerasan DCP SS AISI 316L.

Peningkatan nilai kekerasan pada titik kedalam 0,025 mm dikarenakan titik yang paling dekat dengan permukaan yang mendapat tumbukkan steel ball. Tumbukkan yang terjadi mengakibatkan plastis deformation dan mendorong partikel permukaan ke bagian yang semakin dalam. Hal ini menjadikan nilai kekerasan meningkat karena partikel-partikel menjadi lebih rapat dan padat.

Hasil nilai kekerasan rata-rata pada gambar 11 yang didapat memiliki kesamaan dengan hasil kekerasan dari peneliti-peneliti sebelumnya. Dimana penelitian yang

dilakukan Zamhari (2017) dan Sukarno (2017) tentang pengaruh variasi diameter steel ball terhadap kekerasan material stainless steel memperlihatkan nilai kekerasan yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran diameter steel ball.

Ukuran diameter steel ball juga dapat dikatakan menjadi salah satu penyebab nilai kekerasan meningkat. Tumbukan yang dihasilkan oleh steel ball berukuran besar juga menjadikan gaya yang ditimbulkan besar, sehingga mengakibatkan kekerasan meningkat. Dalam penelitiannya, Sukarno (2017) menjelaskan bahwa ukuran steel ball dapat mempengaruhi nilai kekerasan suatu material karena semakin besar energi kinetik yang diterima oleh permukaan material akan menjadikan peningkatan nilai distribusi kekerasan material itu sendiri.

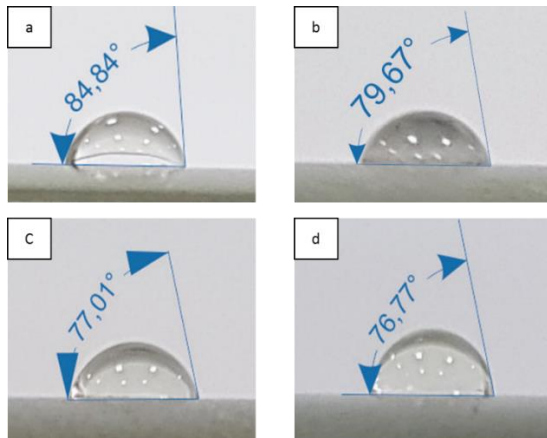


Gambar 11 Grafik Nilai Rata-Rata Kekerasan DCP SS 316L.

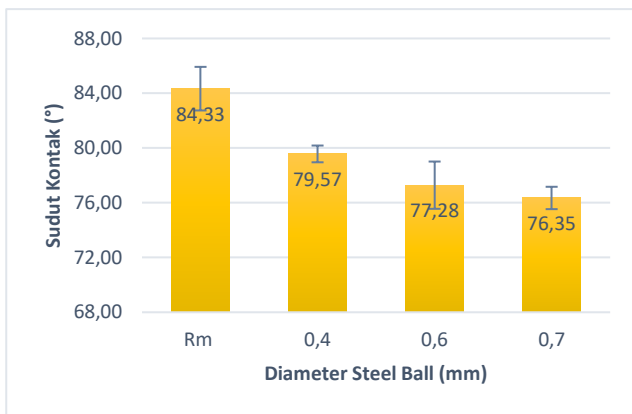
Hasil pengujian wettability

Hasil pengujian wettability dapat dilihat pada gambar 12 dan nilai rata-rata wettability pada gambar 13. Pengujian pada DCP SS 316L yang didapat menunjukkan bahwa plat bersifat hydrophilic (suka air) karena memiliki hasil sudut kontak < 90°. Sudut kontak yang dihasilkan semakin kecil seiring bertambahnya ukuran diameter steel ball.

Nilai wettability juga terpengaruh oleh nilai kekasaran. Nilai kekasaran yang tinggi menyebabkan nilai sudut kontak yang dihasilkan semakin kecil. Sifat fisik dari permukaan juga mempengaruhi dari penyebaran air pada saat melakukan kontak dengan permukaan material (Sukarno, 2017). Material implan yang bersifat hydrophilic menguntungkan dalam penyerapan protein (Wilson dkk 2005 dalam Sunardi dkk 2016).



Gambar 12 Nilai *Wettability* dari a) spesimen RM dan b) – d) variasi perlakuan diameter steel ball 0,4mm; 0,6mm dan 0,7mm.

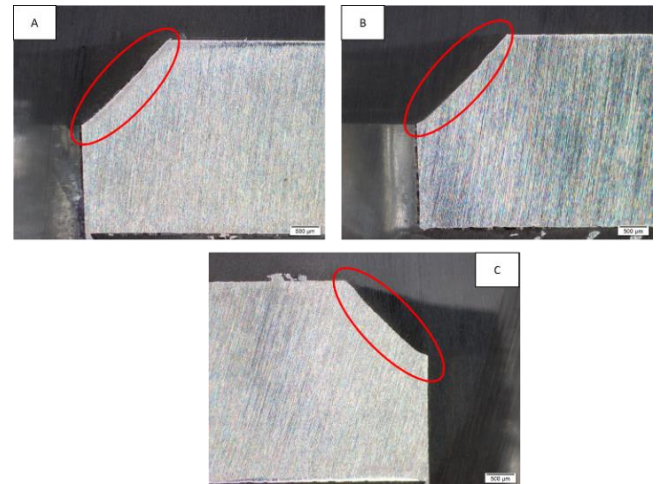


Gambar 13 Grafik Rata-Rata Nilai *Wettability* dari Spesimen *Shot Peening* DCP SS 316L.

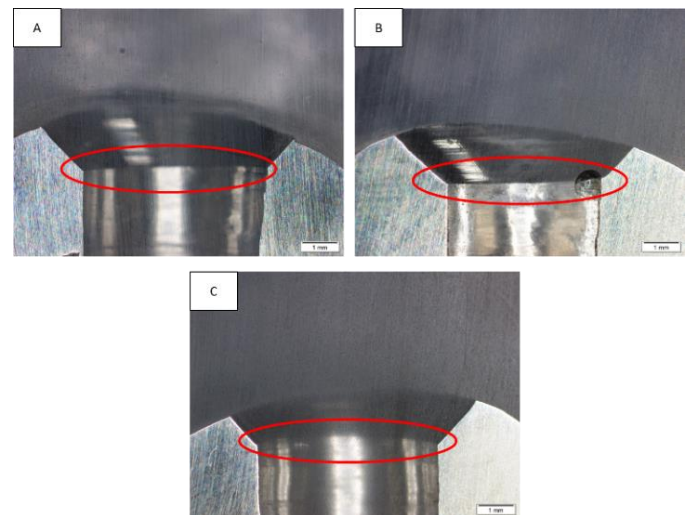
Hasil Uji Makro Pada Lubang

Pada material DCP terdapat 6 lubang sejajar yang dikhususkan untuk memasang sekrup ketika menyambung tulang patah. Sekrup implan memiliki peran yang penting dalam plat penyambung tulang. Sekrup implan bertujuan untuk menahan plat implan pada tulang agar tidak bergeser, sehingga tulang dapat sembuh atau menyatu kembali dengan baik dan dalam jangka waktu yang relatif cepat.

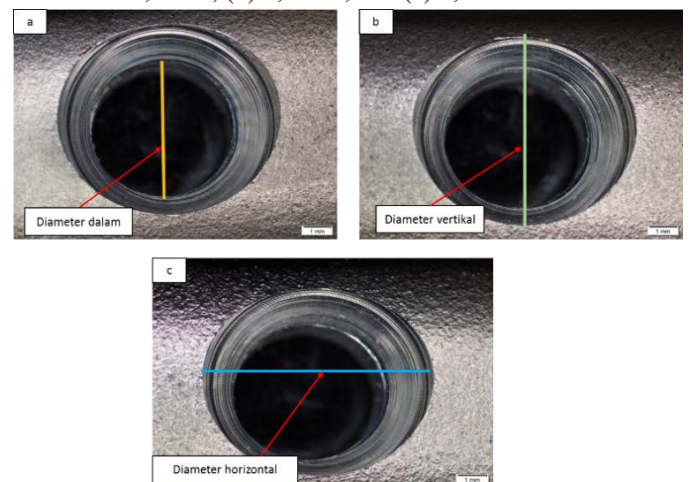
Gambar 14 merupakan hasil foto makro potongan lubang posisi membujur akibat proses *drilling* dan gambar 15 merupakan hasil foto makro potongan melintang lubang *drilling*. Terlihat garis-garis pinggir lubang yang tajam dan tegas. Proses *drilling* dilakukan setelah plat mendapat perlakuan *shot peening*, sehingga lubang tidak terlalu terpengaruh oleh proses *shot peening*. Pada gambar 15-b terlihat ada *bubble* yang disebabkan oleh udara yang terperangkap didalam resin.



Gambar 14 Hasil foto makro potongan membujur lubang *drilling* setelah *shot peening* variasi diameter steel ball, (a) 0,4 mm, (b) 0,6 mm, dan (c) 0,7 mm.



Gambar 15 Hasil foto makro potongan melintang lubang *drilling* setelah *shot peening* variasi diameter steel ball, (a) 0,4 mm, (b) 0,6 mm, dan (c) 0,7 mm.



Gambar 16 Hasil pengamatan makro geometri lubang *drilling* DCP SS 316L

Tabel 3 Hasil Pengukuran Lubang *Drilling*

Kode	Diameter		
	Dalam	Horizontal	Vertikal
0,4	4,96	7,73	7,11
0,6	4,95	7,78	7,11
0,7	4,98	7,78	7,11

Secara visual tidak ada perbedaan yang berarti pada perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap lubang. Dimana pada gambar 16 lubang terlihat tajam dan tidak ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan *shot peening*. Hal ini diperkuat oleh hasil pengukuran lubang pada tabel 3.

4. KESIMPULAN

Penelitian tentang pengaruh variasi diameter *steel ball* perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap struktur mikro, kekerasan, kekasaran permukaan, *wettability*, dan ketebalan *dynamic compression plate* SS 316L yang telah dilakukan, menunjukkan adanya perubahan struktur mikro dan makro, mampu meningkatkan kekasaran permukaan, menurunkan nilai ketebalan, menjadikan permukaan bersifat *hydrophilic*, meningkatkan kekerasan pada permukaan hingga kedalaman tertentu, dan tidak mempengaruhi struktur geometri dari lubang *drilling*.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, Aymen A.; Mhaede, Mansour; Basha, M; Wollmann, Manfred; Wagner, Lothar. 2015. *The Effect of Shot Peening Parameters and Hydroxyapatite Coating on Surface Properties and Corrosion Behaviour of Medical Grade AISI 316L Stainless Steel. Surface & Coating Technology*, page 347-358.

Arifvianto, B., Suyitno, Wibisono, K.A., Mahardika, M. 2012. *Effect of Sandblasting and Surface Mechanical Attrition Treatment on Surface Roughness Wettability, and Microhardness Distribution AISI 316L. Engineering Materials. Vol 462-463, pp 738-743.*

Biehler, J.; Hoche, H.; Oechsner, M. 2017. *Corrosion Properties of Polished and Shot-Peened Austenitic Stainless Steel 304L and 316L with and without Plasma Nitriding. Surface and Coatings Technology*, page 40-46.

Bagherifard, S.; Hickey, Daniel J.; de Luca, Alba C.; Malheiro, Vera N.; Markaki, Athina E.; Guagliano, Mario; Webster, Thomas J. 2015. *The Influence of Nanostructured Features on Bacterial Adhesion and*

Bone Cell Functions on Severely Shot Peened 316L Stainless Steel. Biomaterials, page 185-197.

Multigner, M. Frutos, E., Gonzales-Carrasco, J.L., Jimenez, J.A., Marin, P., dan Ibanez, J. 2009. *Influence of the Sandblasting on the Subsurface Microstructure of AISI 316LVM Stainless Steel: Implications on the Magnetic and Mechanical Properties. Materials Science and Engineering. Vol 29, pp 1357-1360.*

Saputra, Y.R., 2015. Pengaruh Variasi Tekanan Perlakuan Shot Peening Terhadap Karakteristik Permukaan Dynamic Compression Plate Berbahan Stainless Steel 316L. Progam Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta

Sukarno, S. 2017. Pengaruh Variasi Diameter Steel Ball Pada Perlakuan *Shot Peening* Terhadap Struktur Mikro/Makro, Kekasaran Permukaan, Ketebalan, *Wettability*, Kekerasan, Dan Laju Korosi Pada Material *Stainless Steel AISI 316l (Doctoral dissertation, FT UMY).*

Wibowo, S. A., & Setianingrum, E. (2015). Pengaruh Perlakuan *Shot Peening* dan *Electroplating* Ni-cr pada Aisi 304 terhadap Laju Korosi dalam Larutan *Synthetic Body Fluid* (SBF). Prosiding Semnastek.

Yaqin, dkk. (2017). Pengaruh Durasi Shot Peening Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Permukaan Pada AISI 316L. Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Kedirgantaraan Vol. III.

Zamhari, dkk. 2017. Pengaruh Diameter *Steel Ball Shot Peening* Terhadap Kekasaran Permukaan, *Wettability* Dan Laju Korosi Pada *Stainless Steel AISI 304*. *Jurnal Material Dan Proses Manufaktur* Vol. 1 No.2 82-86.