

REKAYASA PERMUKAAN DENGAN DEFORMASI DINGIN, SANDBLASTING DAN ELECTROPOLISHING PADA IMPLAN ORTOPEDI DYNAMICS COMPRESSION PLATE (DCP)

Suyitno*, Puntodewo, U. A. Salim*, A. Hutama***

Center for Innovation of Medical Equipments and Devices (CIMEDs)

** Department of Mechanical and Industrial Engineering,
Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia*

*** Department of Orthopaedics and Traumatology Sardjito Hospital
Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia*

Abstrak

Upaya peningkatan sifat mekanis dan kualitas permukaan DCP terus dilakukan, dalam rangka menuju produk yang unggul. Penelitian yang diusulkan bertujuan untuk mempelajari pengaruh perlakuan deformasi dingin, sandblasting dan electropolishing terhadap kekuatan tekuk, kekerasan, kekasaran permukaan dan struktur mikro DCP berbasis baja tahan karat AISI 316L.

Spesimen penelitian berupa DCP hasil permesinan. Spesimen dibentuk melalui deformasi dingin (suhu ruang). Besarnya deformasi hingga 5% dari tebal. Spesimen hasil deformasi di-sandblasting menggunakan SiO₂ dengan ukuran butir pasir 500 -700 μ , tekanan 6 kg/cm² selama 1 sampai 10 menit. Proses electropolishing dilakukan setelah proses deformasi dingin dan sandblasting. Parameter waktu dan arus electropolishing diteliti. Setiap proses perlakuan dipantau melalui pengujian kekasaran, kekerasan dan pengamatan struktur mikro.

Proses deformasi dingin, sandblasting dan electropolishing terhadap DCP berbahan baja AISI 316 L dapat mengubah struktur mikro pada permukaan. Deformasi dingin dan sandblasting menyebabkan pengecilan ukuran butir-butir penyusun material baja AISI 316 L. Butir-butir yang telah mengecil akibat pengaruh deformasi dingin dan sandblasting menghilang setelah diperlakukan proses electropolishing. Pengaruh proses deformasi dingin terhadap peningkatan kekerasan baja AISI 316 L terjadi sampai pada kedalaman 1,4 mm. Pengaruh proses sand-blasting yang dikombinasikan dengan electropolishing terhadap kekasaran pada baja tahan karat AISI 316 L adalah hilangnya kekasaran yang cukup tinggi akibat proses sand- blasting setelah dikombinasikan dengan proses electropolishing yang menghasilkan nilai kekasaran yang jauh lebih rendah.

Kata kunci: deformasi dingin, sandblasting, electropolishing, DCP

Pendahuluan

Baja tahan karat AISI 316L merupakan material yang mempunyai sifat tidak dapat diberi perlakuan panas (nonheat treatable). Peningkatan sifat mekanis dapat dilakukan dengan perlakuan mekanik (mechanical treatment) (Dieter, 1988). Perlakuan mekanik dapat dibedakan menjadi dua yaitu perlakuan total dan perlakuan permukaan. Perlakuan mekanik total antara lain: equal channel angular pressing (ECAP), cyclic extrusion-compression (CEC), akumulatif roll-bonding (ARB), repetitive corrugation and straightening (RCS), dan deformasi dingin (cold deformation) diantaranya: cold forging, cold rolling, cold drawing. Perlakuan mekanik pada permukaan antara lain: shot peening, ball mill, sliding wear, dan high pressure torsion, dan sandblasting.

Perlakuan mekanik total yang dinilai efisien guna peningkatan sifat mekanis baja tahan karat AISI 316L sebagai plat penyambung tulang adalah proses deformasi dingin. Hal ini dikarenakan sampel berbentuk plat dan prosesnya sederhana, selain itu proses deformasi dingin dapat dilakukan bersamaan

dengan proses pembentukan. Deformasi dingin selain dapat meningkatkan sifat mekanis dimungkinkan juga dapat meningkatkan ketahanan korosi baja tahan karat austenitik (Langevoort, dkk, 2003).

Peningkatan sifat mekanis pada baja tahan karat AISI 316L juga dapat dilakukan melalui perlakuan permukaan. Perlakuan permukaan pada baja tahan karat AISI 316L yang pernah dilaporkan yaitu shot peening (Mahagaonkar, dkk, 2007) dan SMAT (Arifvianto, dkk, 2009 ; Liu, 2005). Shot peening dan SMAT mempunyai beberapa kelemahan. Shot peening mempunyai kelemahan yaitu tidak dapat digunakan pada spesimen yang mempunyai daerah yang tidak dapat dijangkau oleh bola shot peening (shot peening ball) seperti celah atau cekungan kecil pada permukaan spesimen, terbentuk cekungan yang tidak homogen pada permukaan spesimen, dan menghasilkan retak mikro jika diaplikasikan pada material lunak. Kelemahan SMAT yaitu tidak bisa menjangkau daerah yang mempunyai kontur rumit seperti celah dan lubang kecil.

Peningkatan sifat mekanis pada material

implan juga dapat dilakukan dengan sandblasting. Material yang pernah dilaporkan yaitu baja tahan karat AISI 316 LVM, titanium murni, dan paduan titanium (Multigner, dkk, 2009). Sandblasting adalah salah satu bentuk perlakuan mekanik dengan menggunakan prinsip severe plastic deformation (SPD). Sandblasting dapat digunakan sebagai metode penghalusan butir (grain refiner) dan peningkatan kekerasan (Schulze, 2006). Sandblasting dapat menghasilkan butir hingga orde nano pada permukaannya (Multigner, dkk, 2009). Sandblasting dapat digunakan pada material tipis, kecil, mempunyai bentuk permukaan rumit seperti cekungan dan celah kecil. Perlakuan sandblasting pada baja tahan karat AISI 316L belum pernah ditemukan pada literatur yang ada.

Implan ortopedi yang sesuai dengan dimensi orang Indonesia telah diteliti, dibuat dan diuji-cobakan pada pasien. Penelitian untuk meningkatkan sifat mekanik pada bahan baku telah dilakukan melalui perlakuan deformasi dingin dan sandblasting, namun penerapan pada DCP belum dilakukan karena beberapa kendala. Selain itu, kombinasi kedua perlakuan dengan electropolishing (penghalusan permukaan sistem elektrik) juga masih belum diketahui.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh gabungan deformasi dingin, sandblasting dan electropolishing terhadap kekuatan tarik, kekerasan, ketahanan korosi, kekasaran dan penghalusan butir implan ortopedi dengan bahan baja tahan karat AISI 316L.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pembebanan deformasi dingin, sandblasting dan electropolishing terhadap perubahan struktur mikro DCP. Selain itu penelitian ini juga ditujukan untuk mengetahui pengaruh deformasi dingin, sandblasting dan electropolishing terhadap kekerasan pada DCP.

Eksperimen

Proses deformasi dingin menggunakan dua belas sampel. Sampel dimasukkan ke dalam tanggem cetak lengkung. Kemudian tanggem beserta sampel diletakkan pada penyangga tanggem yang terdapat pada mesin hidrolis. Semua sampel ini ditekan hingga terjadi deformasi sebesar 5% dengan beban sebesar 500kN. Proses deformasi dingin ini dilakukan pada suhu kamar.

Proses sandblasting menggunakan enam dari dua belas sampel yang sudah diperlakukan deformasi dingin. Pada proses ini kompresor diisi hingga tekanannya mencapai 7 Bar. Sampel diletakkan tegak lurus dengan gun blaster yang berfungsi sebagai nozzle dengan jarak 10 cm. Proses sandblasting dilakukan dengan pasir silica berdiameter 500 – 800 μm . Kemudian sampel diberi perlakuan sandblasting dengan durasi 16 menit. Saat proses sandblasting

tekanan udara kompresor dipertahankan pada 5 – 7 Bar. Pada saat proses sandblasting, katup nozzle dibuka maksimal.

Sampel yang diambil untuk proses electropolishing adalah tiga dari enam sampel yang telah diberi perlakuan deformasi dingin dan sandblasting. Langkah awal dari proses ini adalah menuangkan larutan campuran H_2SO_4 dan H_3PO_4 ke dalam gelas ukur sebanyak satu liter dengan perbandingan 1:1. Kemudian campuran larutan dipanaskan menggunakan kompor listrik sampai pada temperatur 900C. Sampel (benda kerja) yang berlaku sebagai anoda, dihubungkan dengan kutub positif pada power supply menggunakan kabel. Sedangkan pelat baja AISI 316L yang berlaku sebagai katoda dihubungkan dengan kutub negatif pada power supply. Katoda dan anoda kemudian dicelupkan ke dalam campuran larutan. Perbandingan luas yang tercelup antara katoda dengan anoda adalah 1:4. Tegangan pada power supply diatur pada angka 12 volt. Proses electropolishing menggunakan durasi waktu 20 menit.

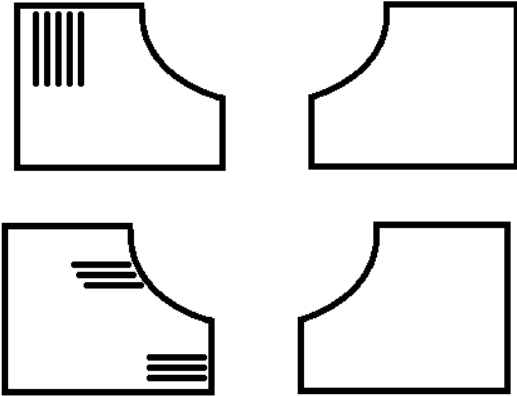
Proses polishing manual menggunakan tiga dari enam sampel yang telah diberi perlakuan deformasi dingin. Langkah awal dari proses ini adalah dengan meletakkan sampel pada cincin penahan. Kemudian letakkan penahan pada pelat berputar yang telah dilapisi polish pad. Selama pelat berputar, polish pad dilumuri oleh bubuk yang bersifat abrasif dan korosif. Selama proses terjadi penahan harus ditahan oleh operator.

Kedua sampel yang telah diperlakukan deformasi dingin; dua sampel yang telah diperlakukan deformasi dingin dan sandblasting; lalu dua sampel yang telah diperlakukan deformasi dingin, sandblasting, dan electropolishing; serta dua sampel yang telah diperlakukan deformasi dingin dan polish manual kemudian diuji tekuk. Sampel diletakkan pada support loading roller. Kemudian sampel ditekan dengan alat uji tekuk. Grafik gaya dan displacement akan tergambar dalam komputer yang sudah terhubung pada alat tersebut.

Sampel dipotong melintang pada bagian lubang baut. Potongan sampel dicetak bersama resin yang telah dicampur katalis. Resin ini berfungsi sebagai dudukan sampel. Sampel diampelas dengan amplas grade 200, 400, 800, 1000 dan 2000 untuk menghaluskan permukaan melintang sampel dan membersihkan sisa-sisa resin pada area objek uji sampel. Sampel kemudian dipoles dengan kain halus dan pasta pemoles logam untuk mengkilapkan permukaan melintang sampel sehingga mudah terlihat di mikroskop. Metode uji kekerasan yang digunakan adalah metode vickers. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah BUEHLER MM0054.

Beban yang digunakan sebesar 300 gf dengan loading time 10 detik. Pengambilan data uji dilakukan pada kedalaman 0,1 mm hingga 1,5 mm dari

permukaan yang mendapat perlakuan deformasi dingin, sandblasting, dan electropolishing. Pada pengambilan data ini diambil tiga pola atau area pengujian. Data dari masing-masing area diambil sebanyak tiga kali atau tiga baris dengan jeda antar barisnya sebesar 100 μm . Data yang diambil adalah d1 (diameter vertikal) dan d2 (diameter horisontal) dalam satuan μm .



Gambar 1. Pola pengambilan data uji kekerasan

Bagian yang diuji adalah penampang melintang pada bagian lubang baut dari sampel. Sampel dicetak bersama resin yang telah dicampur katalis untuk memudahkan dalam memegang sampel. Sampel diampas dengan amplas grade 200, 400, 800, 1000 dan 2000 untuk menghaluskan penampang melintang sampel dan membersihkan dari sisa resin. Sampel dipoles dengan kain halus dan pasta pemoles logam yang bertujuan untuk mengkilapkan penampang melintang sampel sehingga mudah terlihat di mikroskop. Struktur mikro dilihat dari mikroskop dengan perbesaran 50 dan 100 kali. Gambar diambil dengan hardware optilab yang dihubungkan ke komputer.

Spesimen uji sebelum dan setelah diberikan perlakuan permukaan diukur kekasaran permukaannya dengan menggunakan alat SURFCOM 120A (Advanced Metrology System). Alat ukur kekasaran diatur: $\lambda c = 0,25 \times 5 \text{ mm}$; $Vv = 2 \text{ K}$; $Vh = 20$. Data yang diambil adalah Ra, Rz, dan Rmax..

Hasil dan Pembahasan

Struktur mikro dari specimen yang diberikan perlakuan permukaan akan mengalami perubahan. Namun perubahan tersebut tidak terlalu jelas terlihat dengan menggunakan perangkat mikroskop dan optilab. Hasil foto struktur mikro tersebut terlihat pada Gambar 2.

Perlakuan deformasi sebesar 5% yang dialami oleh baja tahan karat AISI 316 L memiliki pengaruh terhadap perubahan ukuran butiran penyusun material. Terlihat bahwa struktur mikro pada material yang telah mengalami deformasi memiliki butiran yang lebih kecil dan tidak seragam bila dibandingkan

dengan struktur mikro pada raw material memiliki ukuran butir yang besar dan masih seragam. Dapat juga dilihat pada hasil foto struktur mikro material setelah dilakukan deformasi terdapat alur efek dari deformasi. Semakin besar deformasi yang dialami material maka ukuran butiran akan semakin mengecil.

	permukaan atas	permukaan lubang
Raw		
Defor masi		
Sandbl asting		
Polish Manua l		
Electro polish		

Gambar 2. Foto struktur mikro permukaan atas

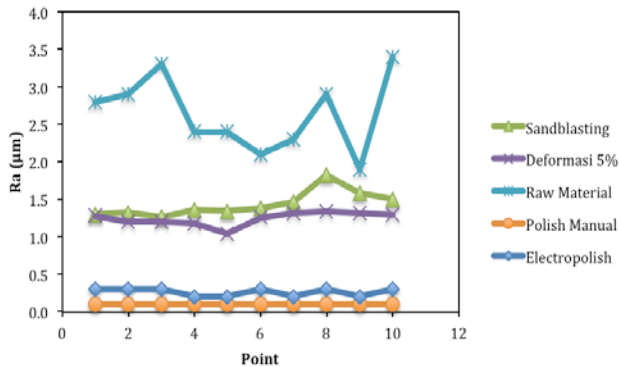
Pada perlakuan sandblasting setelah dilakukan deformasi menyebabkan terbentuknya lapisan nanocrystalline tipis pada permukaan. Terlihat juga pada permukaan yang terkena proses sandblasting terjadi pengecilan ukuran butiran, dan banyak butiran yang pecah pada permukaan setelah dilakukan proses sandblasting dilakukan. Namun semakin jauh dari permukaan, ukuran butir semakin besar dan seragam.

Proses electropolish mengakibatkan penyeragaman ukuran butir pada baja tahan karat AISI 316 L. Selain itu permukaan material yang telah dilakukan sandblasting dan electropolish menjadi semakin halus. Hal itu karena proses electropolish mengakibatkan permukaan material mengalami pengikisan sehingga efek dari sandblasting pun berkurang dan semakin lama akan hilang.

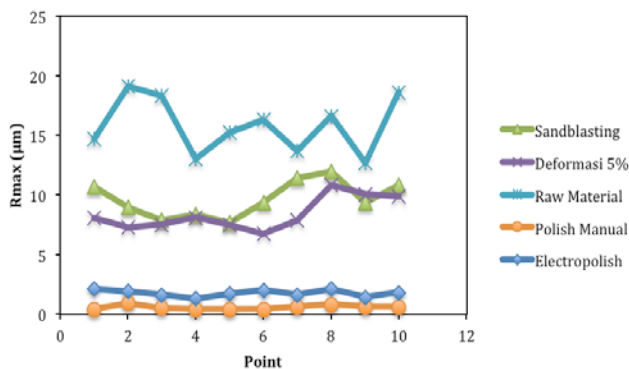
Sedangkan pada proses polish manual yang dilakukan pada material yang telah terdeformasi memiliki struktur mikro yang sama dengan material

yang telah diberi perlakuan electropolish. Pada permukaan material mengalami pengikisan akibat proses polish manual sehingga permukaan material menjadi semakin halus dan juga terlihat alur efek dari perlakuan deformasi.

Hasil pengujian kekasaran permukaan terlihat pada Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar 3. Nilai Ra hasil uji kekasaran setelah kombinasi perlakuan deformasi dingin, sandblasting, electropolish, dan polish manual.



Gambar 4. Nilai Rmax hasil uji kekasaran setelah kombinasi perlakuan deformasi dingin, sandblasting, electropolish, dan polish manual

Pada Gambar 3. dan Gambar 4 menunjukkan nilai Ra (arithmetic mean roughness value) dan nilai Rmax pada baja tahan karat AISI 316 L yang telah diberi perlakuan deformasi dingin, sandblasting, electropolish, polish manual, dan raw material. Kedua grafik tersebut menunjukkan penurunan nilai kekasaran permukaan setelah material diberi perlakuan deformasi dingin, sandblasting, electropolish, dan polish manual.

Perlakuan deformasi dingin pada material akan menurunkan nilai kekasaran pada material. Terlihat pada Gambar 3. bahwa nilai Ra pada raw material berkisar antara $2 \mu\text{m} - 3.5 \mu\text{m}$. Sedangkan pada material yg telah dideformasi nilai Ra pada material menurun hingga berkisar antara $1 \mu\text{m} - 1.25 \mu\text{m}$.

Sedangkan perlakuan sandblasting yang dilakukan pada material yang telah dideformasi akan

meningkatkan nilai kekasaran. Terlihat pada Gambar 3. bahwa nilai Ra material yang dideformasi berkisar antara $1 \mu\text{m} - 1.25 \mu\text{m}$ meningkat hingga berkisar antara $1.25 \mu\text{m} - 2 \mu\text{m}$. Durasi proses sandblasting yang berbeda akan menghasilkan nilai kekasaran yang berbeda.

Perlakuan permukaan electropolish juga akan menurunkan nilai kekasaran permukaan material. Pada Gambar 3. terlihat bahwa material sandblasting memiliki nilai kekasaran $1.25 \mu\text{m} - 2 \mu\text{m}$. Setelah proses electropolish dilakukan selama 23 menit didapat nilai Ra menurun hingga nilai $0.2 \mu\text{m} - 0.3 \mu\text{m}$.

Hal serupa juga terjadi pada material yang diberi perlakuan polish manual setelah sebelumnya dideformasi terlebih dahulu. Pada Gambar 4 terlihat material polish manual memiliki nilai Ra sebesar $0.1 \mu\text{m}$.

Kesimpulan

Proses deformasi dingin, sandblasting dan electropolishing terhadap DCP berbahan baja AISI 316 L dapat mengubah struktur mikro pada permukaan. Deformasi dingin dan sandblasting menyebabkan pengecilan ukuran butir-butir penyusun material baja AISI 316 L. Butir-butir yang telah mengecil akibat pengaruh deformasi dingin dan sandblasting menghilang setelah diperlakukan proses electropolishing. Pengaruh proses deformasi dingin terhadap peningkatan kekerasan baja AISI 316 L terjadi sampai pada kedalaman 1,4 mm. Pengaruh proses sand-blasting yang dikombinasikan dengan electropolishing terhadap kekasaran pada baja tahan karat AISI 316 L adalah hilangnya kekasaran yang cukup tinggi akibat proses sand-blasting setelah dikombinasikan dengan proses electropolishing yang menghasilkan nilai kekasaran yang jauh lebih rendah..

References

- [1] Arifvianto, B., Suyitno, dan Paraga, A.W., 2009, "Effect of Surface Mechanical Attrition Treatment on Roughness and Wettability of AISI 316L", Proceeding, International Conference on Materials and Metallurgical Technology (ICOMMET) 2009, Surabaya, pp. 14-17.
- [2] Dieter, G.E., 1988, "Mechanical Metallurgy", McGraw-Hill Book Company, S1 Metric edition, London, United Kingdom.
- [3] Ganesh, V.K., Ramakrisna, K., Ghista, D.N., 2005, "Biomechanics of Bone-Fracture Fixation by Stiffness-Graded Plates in Comparison with Stainless-Steel Plates", Bio Medical Engineering Online, Vol. 4, No. 46, pp. 1 - 15.
- [4] Heras, E.D., Egidi, D.A., Corengia P., González-Santamaría, D., García-Luis, A.,

Brizuela, M., López, G.A., Martinez, M.F., 2008, "Duplex Surface Treatment of an AISI 316L Stainless Steel; Microstructure and Tribological Behaviour", Surface and Coatings Technology, Vol. 202, Issue 13, pp. 2945–2954.

- [5] Langevoort, J. C., Fransen, T., dan Gellings, P. J., 2003, "On The Influence of Cold Work on The Oxidation of Some Stainless Steels", Werkstoffe und Korrosion, Vol. 34, No. 43, pp. 500 - 504.