

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Biomaterial adalah material sintetis yang digunakan untuk mengembalikan atau mengambil alih fungsi jaringan tubuh dan secara kontinu atau sesekali kontak dengan cairan tubuh (ASM Handbook, 2003). Biomaterial digunakan untuk mengembalikan fungsi jaringan ikat yang mengalami trauma atau degenerasi sehingga meningkatkan kualitas hidup pasien (Bronzino *et al.*, 2002). Biomaterial yang ideal memiliki sifat biokompatibilitas yang tinggi, tidak ada respon jaringan yang merugikan bagi tubuh, memiliki ketahanan terhadap korosi, memiliki kekuatan fatik dan ketangguhan yang baik (Sutowo *et al.*, 2014). Salah satu aplikasi biomaterial adalah untuk perangkat implan *orthopedic*. Material logam (*metal*) biomaterial sintetis yang umum digunakan untuk implan adalah *titanium alloys*, *cobalt-base alloys* dan *stainless steel*.

Stainless steel AISI 316L (*vacuum-melted low-carbon*) merupakan salah satu biomaterial yang umum digunakan untuk memproduksi implan ortopedi (Azar *et al.*, 2010). Standar ISO 5832-1 dan 5832-9 dalam (Newson, 2002) dan ASTM F139-86 (1992) dalam Bronzino *et al* (2002) menentukan baja tahan karat austenitik (terutama *medical grade SS AISI 316L*) digunakan untuk implan bedah (*surgical implants*). Material SS AISI 316L sering digunakan untuk implan fiksasi internal, seperti *dynamic compression plate* (DCP) karena memiliki ketahanan korosi yang baik (Arifvianto *et al.*, 2011), biokompatibilitas (Azar *et al.*, 2010). Selain itu, material SS AISI 316L dipilih karena kombinasi yang menguntungkan dari sifat mekanisnya yang dapat dikontrol untuk kekuatan dan keuletan yang optimal, biaya bahan dan fabrikasi dalam membuat pelat DCP dari material SS AISI 316L lebih rendah dibandingkan material implan logam lainnya (ASM Handbook, 2003). Namun, Material SS AISI 316L sebagai material DCP memiliki kekurangan yaitu memiliki ketahanan yang rendah terhadap kelelahan dan keausan (Azar *et al.*, 2010).

Beberapa kasus implan DCP SS AISI 316L menunjukkan sebagian besar kegagalan disebabkan oleh kelelahan (*fatigue*) (ASM Handbook, 2003). Implan DCP SS AISI 316L mengalami kerusakan setelah menerima pembebanan di bawah *unilateral bending* dan beban siklik atau pembebanan berulang (beban dinamik). Dengan demikian terjadi tegangan tarik dan geser di permukaan pelat yang menyebabkan ketahanan kelelahan menurun sehingga inisiasi retak bisa terjadi, terutama pada bagian lubang yang memiliki luas penampang kecil. Tingkat propagasi tergantung pada kondisi pemuatan (tegangan) namun umumnya meningkat seiring waktu. Kecepatan perambatan retak bisa sangat tinggi dan menyebabkan patahnya implan DCP dalam beberapa hari atau beberapa jam (tergantung pada frekuensi beban dan siklus) (ASM Handbook, 2003). Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan kelelahan adalah konsentrasi tegangan yang disebabkan oleh geometri, struktur mikro (ukuran butiran), tegangan sisa dan cacat permukaan yang memulai retakan (Dewo *et al.*, 2012). Selain itu, kekuatan luluh (*yield strength*) dari DCP adalah sifat yang penting, karena DCP juga harus mampu menahan pembebanan (Dewo *et al.*, 2012).

Kegagalan komponen dalam kasus (ASM Handbook, 2003) diatas pada dasarnya berawal dari retak pada permukaan komponen akibat kelelahan dan keausan material. Sifat-sifat kelelahan material sangat sensitif terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh tegangan sisa, kekasaran dan perubahan sifat-sifat permukaan (Dewo *et al.*, 2012). Dengan demikian, ketahanan kelelahan material bergantung dari pemberian perlakuan permukaan yang dapat merubah karakteristik material dan tegangan sisa permukaan.

Berdasarkan kekurangan dan fenomena pada kasus diatas, kondisi permukaan material implan DCP SS AISI 316L memiliki pengaruh besar untuk merubah sifat mekanis material. Salah satu upaya untuk mengatasi kekurangan material tersebut adalah dilakukan rekayasa permukaan pada material SS AISI 316L untuk memperbaiki sifat mekanis material menjadi lebih baik tanpa menghilangkan sifat menguntungkan dari material SS AISI 316L. Perlakuan permukaan yang menghasilkan tegangan sisa tekan dapat meningkatkan sifat mekanik material (Bagherifard *et al.*, 2016).

Material implan DCP SS AISI 316L termasuk baja austenitik yang berarti tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas karena memiliki kekuatan luluh yang relatif rendah (*yield strength (0.2% offset),min* : SS AISI 316L 172 MPa, *cobalt-chromium alloys* 450 MPa, dan Ti6Al4V 795 MPa) (Bronzino *et al.*, 2002) sehingga cara meningkatkan sifat mekanisnya dengan perlakuan permukaan pengerjaan dingin (*cold working*) (Sunardi *et al.*, 2013). Menurut Fard and Guagliano (2010) metode *shot peening* merupakan perlakuan permukaan yang optimal dalam meningkatkan sifat mekanis material dan elemen struktural terutama untuk menghasilkan *work hardening* dan mempertahankan tegangan sisa untuk meningkatkan *fatigue strength* dan *contact fatigue strength*.

Metode *shot peening* merupakan proses penembakan material *abrasive (steel ball)* pada permukaan material dengan kecepatan tinggi menggunakan tekanan udara dari kompresor secara merata pada permukaan material yang menyebabkan permukaan logam menjadi lebih kasar, rata dan padat. Perlakuan *shot peening* menghasilkan deformasi plastis, pengerasan regangan, menutup porositas, serta tegangan sisa tekan pada permukaan material yang dapat merapatkan batas butir dan merapikan dislokasi pada batas butirnya sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik (Benedetti *et al.*, 2015).

Beberapa peneliti sebelumnya yang sudah melakukan penelitian tentang perlakuan permukaan, seperti penelitian dari Azar *et al* (2010) tentang pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* terhadap ketahanan lelah dan korosi *pitting stainless steel* AISI 316L pada larutan *ringer* (simulasi cairan tubuh manusia). Sunardi *et al* (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* untuk mengetahui tingkat kekerasan dan kekasaran permukaan SS AISI 304. Penelitian yang dilakukan oleh Bagherifard *et al* (2016) menunjukkan peningkatan intensitas perlakuan *shot peening* mampu memperbaiki butir, transformasi fasa martensitik dan tegangan sisa tekan pada lapisan permukaan SS AISI 316L dan meningkatkan sifat mekanis dalam hal kekerasan dan *work hardening*.

Beberapa peneliti sebelumnya diatas hanya menggunakan jenis spesimen uji dengan dimensi yang kecil serta belum banyak peneliti yang menggunakan

spesimen uji berbentuk DCP dan hanya Saputra (2016). Saputra (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi tekanan penembakan *shot peening* pada material DCP SS AISI 316L tetapi proses *shot peening* dan pengujian (pengambilan data) dilakukan pada pelat sampel dengan dimensi 20 mm × 12 mm × 4 mm. Parameter dengan hasil pengujian terbaik diterapkan pada spesimen DCP SS AISI 316L dan belum dilakukan pengujian lanjut guna mengetahui pengaruh perlakuan *shot peening* terhadap sifat fisis dan mekanis pada spesimen DCP. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap kekerasan, struktur mikro, kekasaran, geometri dan *wettability* pada material DCP SS AISI 316L.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap struktur makro spesimen DCP SS AISI 316L?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu *shot peening* sebelum *drilling* terhadap kekasaran permukaan dan *wettability* spesimen DCP SS AISI 316L?
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap struktur mikro dan kekerasan mikro spesimen DCP SS AISI 316L?
4. Bagaimana pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap geometri (ketebalan, diameter lubang sekrup dan lubang *versing*) spesimen DCP SS AISI 316L?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

1. Material DCP yang digunakan adalah SS AISI 316L dengan tebal 4 mm.
2. DCP didesain untuk penyambung tulang tangan pada bagian lengan atas (*humerus*) dan lengan bawah (*radius* dan *ulna*).
3. Penelitian dibatasi pada pengujian kekerasan, kekasaran, struktur mikro/makro, geometri dan *wettability* pada permukaan DCP SS AISI 316L.

4. Metode proses *shot peening* menggunakan parameter :
 - a) Variasi waktu perlakuan *shot peening* yang digunakan 8 menit, 10 menit, 12 menit.
 - b) Diameter *steel ball* yang digunakan adalah 0,6 mm.
 - c) *Steel ball* SAE S-230 dengan kekerasan 440-480 HVN.
 - d) Tekanan udara dari kompresor pada proses *shot peening* dipertahankan atau dianggap konstan 6 kg/cm^2 .
 - e) Jarak *nozzle* dengan permukaan spesimen 100 mm.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap struktur makro spesimen DCP SS AISI 316L.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap kekasaran permukaan dan *wettability* spesimen DCP SS AISI 316L.
3. Mengetahui pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap struktur mikro dan kekerasan mikro spesimen DCP SS AISI 316L.
4. Mengetahui pengaruh variasi waktu perlakuan *shot peening* sebelum *drilling* terhadap geometri (ketebalan, diameter lubang sekrup dan lubang *versing*) spesimen DCP SS AISI 316L.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, di antaranya sebagai berikut :

1. Diharapkan hasil penelitian memberikan informasi dan dapat menjadi referensi dalam pengembangan material DCP SS AISI 316L sebagai material implan dengan harga lebih murah dan terjangkau serta kualitas yang tidak kalah dengan material lain seperti *titanium*.

2. Diharapkan sebagai dasar penelitian lebih lanjut pada optimalisasi parameter perlakuan *shot peening* secara spesifik terkait dengan pengembangan teknik pelat DCP.
3. Sebagai pembandingan dengan penelitian sejenis terkait optimalisasi parameter perlakuan *shot peening* pada pelat DCP SS AISI 316L.
4. Memberikan informasi kepada pelaku medis terkait peningkatan sifat fisik dan sifat mekanik dari pelat DCP SS AISI 316L dengan perlakuan *dishot peening*.