

INTISARI

Beban dinamis berupa aktivitas hidup sehari-hari dan serangan korosi menyebabkan kerusakan pada implan medis karena interaksi logam implan dengan cairan tubuh. SS 316L sebagai material implan masih memiliki kelemahan dalam hal ketahanan fatik korosi, sehingga perlu ditingkatkan melalui rekayasa permukaan dengan perlakuan *shot peening*, *sputtering* Ti dan implantasi ion N. Kombinasi dari ketiga perlakuan permukaan ini dapat semakin meningkatkan ketahanan fatik korosi implan medis dalam tubuh manusia yang bersifat korosif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan *shot peening*, *sputtering* Ti, implantasi ion N, dan gabungan dari 3 perlakuan tersebut pada baja SS 316L yang digunakan sebagai material *orthopedic implant* terhadap struktur mikro, kekasaran permukaan, kekerasan permukaan, laju korosi, dan fatik korosi dalam *Simulated Body Fluid* (SBF).

Penelitian ini menggunakan material SS 316L dengan komposisi: 0,03% C; 0,969% Si; 0,037% P; 1,079% Mn; 10,866% Ni; 16,782% Cr; 1,894% Mo; dan 67,78% Fe. Media korosi menggunakan larutan *Simulated Body Fluid* (SBF) dengan komposisi kimia: 8,035 g NaCl; 0,355 g NaHCO₃; 0,225 g KCl; 0,231 g K₂HPO₄ 3H₂O; 0,311 g MgCl₂ 6H₂O; 39 ml HCl; 0,292 g CaCl₂; 0,072 g Na₂SO₄; dan 6.118 g (HOCH₂)₃CNH₂. *Shot peening* dilakukan dengan menembakkan bola baja berdiameter 0,6 mm pada tekanan 7 kg/cm² selama 20 menit. Jarak tembak divariasikan pada jarak 6, 8, 10, 12 cm, dan sudut tembak 30, 60, 90°. *Sputtering* Ti dilakukan pada arus 10 mA, energi 5 keV, dan tekanan vakum 2,5 x 10⁻² Torr selama 60, 90, dan 120 menit. Implantasi ion N dilakukan pada arus 50 µA dan tekanan vakum 10⁻⁶ Torr selama 90 menit. Energi implantasi yang digunakan adalah 20, 40, 60 keV. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekasaran, kekerasan, korosi, dan fatik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *shot peening* dapat meningkatkan kekasaran (126%), meningkatkan kekerasan (115%), menurunkan laju korosi (87%), meningkatkan jumlah siklus fatik (81%) dan menurunkan laju perambatan retak fatik (21%). *Sputtering* Ti dapat menurunkan kekasaran (91%), meningkatkan kekerasan (144%), menurunkan laju korosi (73%), meningkatkan jumlah siklus fatik (169%) dan menurunkan laju perambatan retak fatik (30%). Implantasi ion N dapat menurunkan kekasaran (91%), meningkatkan kekerasan (115%), menurunkan laju korosi (77%), meningkatkan jumlah siklus fatik (184%) dan menurunkan laju perambatan retak fatik (34 %). Gabungan *shot peening*, *sputtering* Ti dan implantasi ion N dapat meningkatkan kekasaran permukaan (102%), meningkatkan kekerasan permukaan (169%), menurunkan laju korosi (83%), meningkatkan jumlah siklus fatik (197%) dan menurunkan laju perambatan retak fatik (46%). Parameter terbaik untuk proses *shot peening* adalah pada jarak tembak 6 cm dan sudut tembak 90°, *sputtering* Titanium pada waktu *sputtering* 60 menit, dan implantasi ion Nitrogen pada energi implantasi 20 keV. Perlakuan *shot peening* memiliki ketahanan korosi terbaik dan implantasi ion N memiliki ketahanan fatik korosi terbaik. Gabungan dari ketiga perlakuan tersebut memberikan hasil terbaik untuk ketahanan korosi dan fatik korosi.

Kata kunci: SS 316L, *shot peening*, *sputtering* Ti, implantasi ion N, fatik korosi.

ABSTRACT

Dynamic load in the form of daily activities and corrosion attacks cause failure of medical implants due to the interaction of metal implants with body fluid. Biomaterial of SS 316L as an implant material has a disadvantage in terms of corrosion fatigue resistance, so it needs to be improved through surface engineering with surface treatments such as shot peening, Ti sputtering and N ion implantation. The combination of these surface treatments can further increase the fatigue resistance of medical implant corrosion in the human body which is corrosive. This study aims to determine the effect of shot peening treatment, sputtering Ti, N ion implantation, and the combination of these 3 treatments on 316L SS steel used as orthopedic implant material on microstructure, surface roughness, surface hardness, corrosion rate, and corrosion fatigue in Simulated Body Fluid (SBF).

This study uses SS 316L material with the compositions: 0.03% C; 0.969% Si; 0.037% P; 1.079% Mn; 10.866% Ni; 16.782% Cr; 1.894% Mo; and 67.78% Fe. Corrosion media using Simulated Body Fluid (SBF) solution with the chemical compositions: 8.035 g NaCl; 0.355 g NaHCO₃; 0.225 g KCl; 0.231 g K₂HPO₄ 3H₂O; 0.311 g MgCl₂ 6H₂O; 39 ml HCl; 0.292 g CaCl₂; 0.072 g Na₂SO₄; and 6,118 g (HOCH₂)₃CNH₂. Shot peening was applied on surface of SS 316L using the ball of 0.6 mm diameter at pressure of 7 kg / cm² for 20 minutes. Shot distances was modified at 6, 8, 10, 12 cm, and shot angles at 30, 60, 90°. Sputtering Ti was applied at current of 10 mA, energy of 5 keV, vacuum pressure of 2.5 x 10⁻² Torr, and sputtering time of 60, 90, 120 minutes. N ion implantation was applied at a current of 50 µA and vacuum pressure of 10⁻⁶ Torr for 90 minutes. Implantation energies was modified at 20, 40, 60 keV. These parameters was used to test the surface roughness, surface hardness, corrosion, and corrosion fatigue.

The results show that shot peening can increase surface roughness (126%), increase surface hardness (115%), reduce corrosion rate (87%), increase the number of fatigue cycles (81%) and reduce the rate of fatigue crack propagation (21%). Sputtering Ti can reduce surface roughness (91%), increase surface hardness (144%), reduce corrosion rate (73%), increase the number of fatigue cycles (169%) and reduce the rate of fatigue crack propagation (30%). N ion implantation can reduce surface roughness (91%), increase surface hardness (115%), reduce corrosion rate (77%), increase the number of fatigue cycles (184%) and reduce the rate of fatigue crack propagation (34%). The combination of shot peening, Ti sputtering and N ion implantation can increase surface roughness (102%), increase surface hardness (169%), reduce corrosion rate (83%), increase the number of fatigue cycles (197%) and reduce the rate of fatigue crack propagation (46%). The best parameters for the shot peening process are shot distance of 6 cm and shot angle of 90°, sputtering at duration of 60 minutes, and ion implantation at energy of 20 keV. Shot peening treatment has the best corrosion resistance and N ion implantation has the best corrosion fatigue resistance. The combination of three treatments gives the best results of corrosion and corrosion fatigue resistance.

Keywords: SS 316L, shot peening, Ti sputtering, N ion implantation, corrosion fatigue.