

INTISARI

Kegagalan pemasangan implan berbahan titanium sering kali disebabkan oleh adanya infeksi pasca implantasi akibat pembentukan biofilm bakteri. Bakteri utama penyebab infeksi pasca implantasi adalah *Staphylococcus aureus*. Modifikasi permukaan titanium menggunakan metode pelapisan *layer-by-layer* dengan kolagen-kitosan sebagai matriks serta vankomisin sebagai bahan aktif antibiofilm menjadi solusi untuk mengatasi infeksi pasca implantasi. Pelapisan dilakukan dengan metode pencelupan yang mengandalkan interaksi elektrostatis antar lapisan. PEI digunakan sebagai *anchoring layer* untuk menjaga stabilitas lapisan selanjutnya yaitu lapisan matriks dan vankomisin. Sistem pelapis A menggunakan kolagen sebagai matriks, sedangkan sistem pelapis B, matriks berupa campuran kolagen-kitosan dengan rasio 1:1. Karakterisasi pelapisan dilakukan dengan pengukuran sudut kontak, pengamatan dengan SEM dan analisis EDS. Profil pelepasan vankomisin dianalisis hingga jam ke 72 dilanjutkan dengan pemodelan kinetika pelepasan. Efek pelapisan terhadap biofilm *S. aureus* diamati pada inkubasi 24 jam dan 72 jam dengan metode pengukuran massa biofilm (fotometri), analisis dengan CLSM dan pengamatan dengan SEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pelapisan yang dilakukan efektif membentuk lapisan yang mampu melepaskan vankomisin hingga jam ke-72 dengan laju pelepasan yang lebih cepat pada sistem pelapis A dibanding B terutama pada 24 jam pertama. Kepadatan, ketebalan dan volume biofilm mengalami penurunan yang signifikan (*Two Way ANOVA* $p < 0,05$) pada 24 jam dibandingkan dengan kontrol sampel tanpa pelapis. Pada jam ke 72, biofilm meningkat namun masih tetap di bawah kontrol. Perpaduan sistem pelapis A pada lapisan luar untuk memberikan efek pelepasan pada 24 jam pertama lebih tepat untuk terapi antibiotik, dilanjutkan dengan sistem pelapis B pada lapisan lebih dalam untuk pelepasan obat yang lebih stabil dan berkelanjutan, sehingga diharapkan mampu menghambat biofilm *S. aureus* pasca implantasi.

Kata kunci : pelapisan *layer-by-layer*, biofilm *Staphylococcus aureus*, kolagen, kitosan, vankomisin

ABSTRACT

Titanium-based implants frequently fail due to post-implantation infections triggered by bacterial biofilm formation, predominantly caused by *Staphylococcus aureus*. Surface modification of titanium using a layer-by-layer coating approach with collagen–chitosan matrices and vancomycin as an antibiofilm agent offers a promising strategy to mitigate such infections. Coatings were prepared via dip-coating, relying on electrostatic interactions between layers, with polyethyleneimine (PEI) serving as the anchoring layer to stabilize subsequent matrix and drug layers. Two coating systems were developed: System A employed collagen as the matrix, while System B utilized a 1:1 collagen–chitosan blend. Coating characterization was performed through contact angle measurements, scanning electron microscopy (SEM), and energy-dispersive spectroscopy (EDS). Vancomycin release profiles were monitored up to 72 hours and analyzed using kinetic modeling. The antibiofilm efficacy against *S. aureus* was assessed after 24 and 72 hours using biofilm density quantification (photometry), confocal laser scanning microscopy (CLSM), and SEM. Results demonstrated that both systems effectively released vancomycin up to 72 hours, with System A exhibiting faster release within the first 24 hours. Biofilm density, thickness, and biomass volume were significantly reduced (Two-Way ANOVA, $p < 0.05$) at 24 hours compared to uncoated controls. Although biofilm formation increased at 72 hours, levels remained below control samples. A multilayer coating composed of eleven sequential strata was developed in which upper layers utilize coating system A to produce a burst antibiotic release during the first 24 hours, followed by deeper layers containing coating system B to provide a more stable, sustained release. This staged release profile is intended to rapidly reduce bacterial load and maintain antimicrobial exposure, thereby inhibiting *S. aureus* biofilm formation post-implantation.

Keywords : layer-by-layer deposition, *Staphylococcus aureus* biofilm, collagen, chitosan, vancomycin