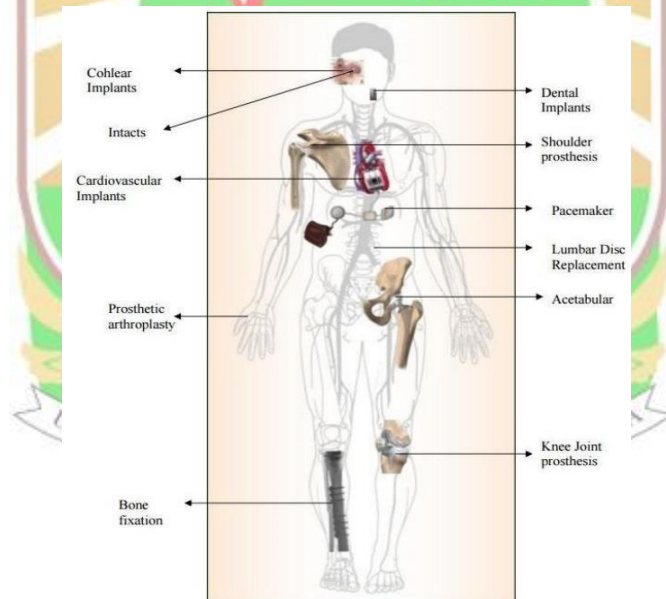


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Biomaterial merupakan material yang dapat diproduksi dengan menggunakan bahan dasar logam, keramik, polimer, komposit maupun karbon. Saat ini biomaterial logam diterapkan di berbagai bagian tubuh manusia. Salah satu contoh dalam penggunaan biomaterial adalah implan yang diaplikasikan untuk menggantikan bahu, lutut, pinggul dan siku, serta dalam struktur orodental. [1]. Di antara berbagai jenis biomaterial, logam merupakan material paling sering digunakan sebagai implan tulang dikarenakan memiliki kekuatan tinggi, kepadatan rendah, ketahanan korosi yang sangat baik, biokompatibilitas tinggi, dan kemampuan osseointegrasi yang baik [2][3]. Ilustrasi beberapa aplikasi biomaterial logam dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Penerapan biomaterial logam sebagai implan di berbagai area tubuh manusia [4].

Pada proses pengembangan implan, ada berbagai parameter yang harus diperhatikan, salah satunya pengaruh ketidakcocokan material yang digunakan untuk membuat implan dengan tubuh pasien. Beberapa kandidat material logam yang dapat digunakan untuk membuat implan ortopedi seperti *stainless steel*, paduan kobalt-kromium, titanium murni, dan paduan titanium. Bahan logam dipilih karena memiliki sifat mekanik yang baik seperti kekuatan dan elastisitas

yang tinggi serta ketahanan korosi dan biokompatibilitas yang baik [5]. Namun, bahan logam seperti paduan kobalt-kromium belum sepenuhnya dikembangkan sebagai solusi penanganan patah tulang. Salah satu faktor penghambat pengembangan paduan tersebut yaitu adanya kasus kegagalan implan akibat terjadinya *stress shielding*. Penyebab terjadinya *stress shielding* pada kobalt-kromium adalah akibat tingkat elastisitasnya yang sangat berbeda dengan tulang. Sementara itu, untuk paduan implan lainnya seperti logam Mg sangat sulit dijadikan sebagai implan tulang karena sifat logam tersebut yang mudah yang larut didalam tubuh [6].

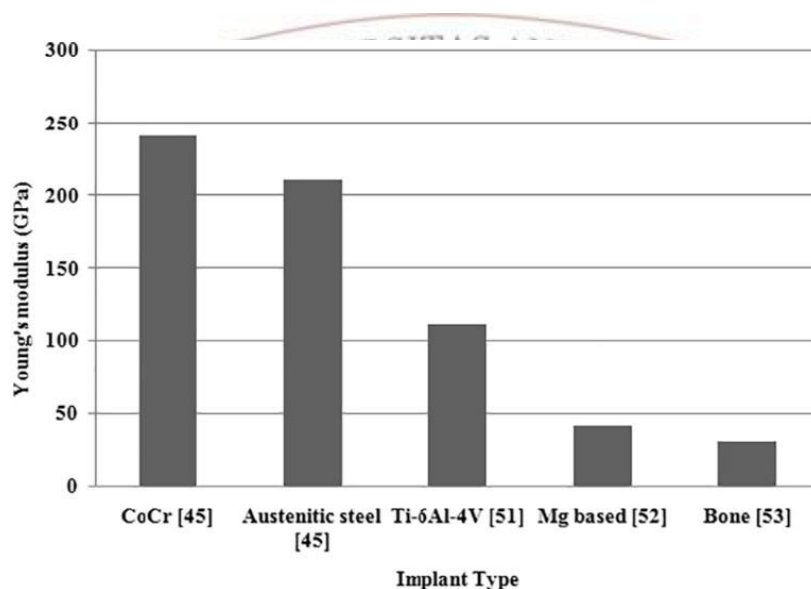
Tabel 1.1. Properti logam sebagai kandidat material implan [7].

<u>Properti</u>	<u>Magnesium</u>	<u>Ti alloy</u>	<u>Co-Cr alloy</u>	<u>Stainless Steel</u>	<u>Tulang</u>
<u>Densitas (g/cm³)</u>	1,74-2,0	4,4-4,5	8,3-9,2	7,9-8,1	0,8-1,21
<u>Modulus Elastisitas (Gpa)</u>	41-45	110-117	230	189-205	18-82
<u>Kekuatan Luluh Tekan (Mpa)</u>	65-100	758-1117	450-1000	170-310	2-384
<u>Ketangguhan Fraktur (MPam^{1/2})</u>	15-40	55-115	N/A	50-200	2-12

Beberapa kandidat material implan berbasis logam ditunjukkan pada

Tabel 1.1. Dari perbandingan properti logam tersebut dapat diketahui bahwa titanium menjadi pilihan logam yang berpotensi dalam aplikasi implan tulang. Hal ini disebabkan oleh *elastic modulus* titanium yang lebih rendah dari krom, dan *stainless steel* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2. Ketahanan korosi titanium juga lebih baik dibandingkan magnesium sehingga pemanfaatan implan dapat digunakan untuk periode yang lebih lama [8]. Paduan Ti telah digunakan untuk aplikasi implan selama bertahun-tahun dengan tingkat klinis yang tinggi [9][10] dan masa pakai yang lebih lama dibandingkan material logam lainnya. Meskipun titanium bersifat non bioaktif [5], namun biokompatibilitas dapat ditingkatkan melalui pembentukan lapisan oksida pelindung (TiO₂) secara spontan dengan ketebalan 2-5 nm saat titanium terpapar oksigen. Permasalahan lain dari penggunaan titanium adalah kasus alergi terhadap logam yang diduga terjadi karena inisiasi ion logam Ti yang terlepas dari lapisan oksida TiO₂ ke dalam jaringan tubuh saat berinteraksi dengan cairan tubuh [11].

Dari berbagai paduan implan berbasis titanium, paduan titanium-aluminium-vanadium (Ti6Al4V) grade 5 menjadi salah satu material yang banyak digunakan karena sifat biokompatibilitas yang sangat baik, ketahanan korosi yang tinggi, kepadatan rendah dan modulus elastisitas yang relatif rendah [12]. Adapun nilai kekasaran pada permukaan Ti6Al4V $0.65 \pm 0.04 \mu\text{m}$, nilai sudut kontak $66^\circ \pm 3$ serta kekuatan gesekan $6,8 \pm 0,3 \text{ MPa}$ [13]. Namun, Ti6Al4V memiliki sifat ketahanan geser serta ketahanan aus yang rendah akibat lapisan oksida permukaan sehingga aplikasinya cukup terbatas dan penggunaannya tidak disarankan pada bagian tulang yang mengalami gesekan [14].



Gambar 1.2. Perbandingan *elastic modulus* dari berbagai implan [15].

Celik, et.al. 2020 telah melakukan *B-doped TiO₂* pada material Ti6Al4V dengan metode *sol-gel* yang bertujuan untuk meningkatkan sifat tribologis dan elektrokimia material tersebut [11]. Hasil perlakuan pada permukaan tersebut menunjukkan adanya peningkatan ketahanan korosi material dan secara signifikan semakin meningkat saat rasio molar dari boron semakin tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Veronika, et. al 2019 [12] juga difokuskan pada peningkatan kualitas material Ti6Al4V hasil dari pengaruh *treatment* permukaan serta parameter yang digunakan pada proses *anodic* oksidasi. Proses anodisasi dilakukan pada kondisi tegangan 30 V selama 1 jam dan dilanjutkan proses pemanasan selama 2 jam pada suhu 500 °C. Hasil korosi yang didapatkan

mencapai 0,0043 – 0,0998 mm per-tahun.

Korosi merupakan salah satu aspek penting yang bisa mempengaruhi kemampuan sesuatu implan yang digunakan dalam menopang, mereposisi, ataupun menolong perkembangan jaringan tulang baru. Sifat korosi yang tinggi dapat menimbulkan penurunan fungsi mekanis seperti kekuatan dan kekerasan dari material tersebut sehingga mampu menimbulkan kegagalan implantasi [14]. Spesies alergenik, toksik/sitotoksik atau karsinogenik (misalnya, Ni, Co, Cr, V, Al) dapat dilepaskan ke tubuh selama proses korosi. Selain itu, proses korosi dapat menyebabkan implan kehilangan massanya dan menyebabkan kegagalan dalam menjalankan fungsinya [4], [16].

Selain Ti6Al4V, jenis paduan titanium lainnya yang sangat potensial digunakan sebagai implan adalah TNTZ (Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr). TNTZ salah satu paduan Ti yang memiliki biokompatibilitas dan resistensi pada korosi yang tinggi. Modulus Young-nya hampir mendekati tulang kortikal manusia [10][17][18]. TNTZ juga memiliki sifat bioresorbable, tidak beracun, tidak magnetis, dan tidak menyebabkan alergi pada tubuh sehingga tidak menimbulkan efek samping bagi tubuh karena tidak memiliki unsur Vanadium dan Aluminium. Tidak hanya itu, TNTZ memiliki densitas yang cukup rendah sehingga bahannya cukup ringan untuk dimodifikasi sebagai pengganti tulang. Namun, TNTZ tidak memiliki sifat bioaktivitas sehingga perlu dilakukan modifikasi permukaan untuk meningkatkan bioaktivitasnya selama proses penyembuhan tulang pada masa implantasi [19]. Setelah itu, kemampuan adhesif dari paduan ini ke jaringan tulang tidak begitu baik dan dapat mengakibatkan keausan yang berpotensi memicu terjadinya reaksi inflamasi [20].

Sunpreet Singh, et. al. [21] telah melakukan analisis pengaruh penguatan TiO₂ (15 dan 30% berat) dan HA pada pelapisan material implan TNTZ. Hasil morfologi menunjukkan bahwa lapisan TiO₂ dan HA memperbaiki struktur mikro, mencegah terbentuknya retakan mikro, dan membentuk struktur yang rapat pada lapisan implan. Morfologi penampang menunjukkan bahwa lapisan HA-15%TiO₂ (HA-Tx) dan HA- 30%TiO₂ (HA-Ty) (ketebalan 185–200 m) terikat secara mekanis dengan substrat yang membantu dalam meningkatkan stabilitas implan.

Dari studi literatur yang dilakukan menunjukkan bahwa proses pelapisan

single layer ataupun *double layers* pada titanium menghasilkan sifat yang kontradiksi antara sifat mekanik dengan sifat fisis serta *bioactivity material* implan tersebut. Material implan yang terbuat dari paduan titanium khususnya Ti6Al4V dan TNTZ memiliki permasalahan yang sama yaitu rendahnya kemampuan pertumbuhan jaringan tulang dan ketahanan aus yang buruk pada permukaan implan. Sementara itu, pada material yang memiliki ketahanan aus yang rendah akan memiliki ketahanan korosi yang rendah pula.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses *treatment* permukaan *bilayer* dengan menggunakan 2 metode yang berbeda ditiap tahapannya. Pada Tahap 1, akan dilakukan proses anodisasi untuk membentuk lapisan *nanotubes* TiO₂ sebagai lapisan pertama. Pada tahap 2, dilakukan pelapisan *graphene* dengan tujuan membentuk lapisan mesolayer menggunakan metode *Electroporetic Deposition Process* (EDP). Dengan membandingkan hasil pelapisan dari 3 material yaitu Ti6Al4V (Grade 5), Ti6Al4V-ELI (Grade 23) dan TNTZ, diharapkan mampu menghasilkan material yang tidak hanya baik dari sifat tribology-nya tetapi juga memiliki biokompatibilitas yang tinggi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka permasalahan yang ada pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kondisi optimal dalam pembuatan pelapisan *bilayer* dengan substrat Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ?
2. Bagaimana stabilitas sifat fisis dan korosi lapisan *bilayer* pada Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ terhadap proses korosi?
3. Bagaimana *bioactivity* terhadap lapisan *bilayer* pada Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Umum :

Memodifikasi permukaan implan tulang paduan Titanium berbasis Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ dengan variasi metode *bilayer coating* menggunakan *nanotube* TiO₂ dan *Graphene oxide*.

Tujuan Khusus Penelitian :

1. Menentukan kondisi operasi optimal pada tiap tahapan proses *coating* dalam memodifikasi permukaan implan Titanium berbasis Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ menggunakan *nanotube* TiO₂ dan *Graphene oxide*.
2. Menentukan stabilitas sifat fisis dan korosi setiap permukaan *coating* pada implan Titanium berbasis Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ menggunakan *nanotube* TiO₂ dan *Graphene oxide*.
3. Menentukan *bioactivity* pada permukaan implan Titanium berbasis Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ menggunakan *nanotube* TiO₂ dan *Graphene oxide*.

1.4 Hipotesis

Dari proses modifikasi permukaan implan dengan metode *bilayer coating* menggunakan *nanotube* TiO₂ dan *graphene oxide* akan mampu meningkatkan sifat mekanik, fisis, serta *bioactivity* bahan implan berbasis titanium (Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dibidang pelapisan implan tulang khususnya pada implan berbasis material titanium (Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ).
2. Memberikan tambahan data-data, khususnya sifat fisik dan mekanik dari hasil pelapisan implan Ti6Al4V Grade 5/ ELI dan TNTZ menggunakan *nanotube* TiO₂ dan *graphene oxide*.
3. Metode yang dikembangkan pada penelitian ini juga berpotensi untuk diaplikasikan pada material implan dengan target meningkatkan kelemahan dari implan titanium yaitu ketahanan korosi serta bioaktif implan tersebut.