

INTISARI

Kegagalan implan masih dapat terjadi akibat distribusi tegangan yang tidak optimal serta karakteristik permukaan yang kurang mendukung proses osseointegrasi. Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan desain implan maupun modifikasi permukaan titanium, kajian mengenai pengembangan desain implan berbasis data morfometri pasien Indonesia serta optimasi perlakuan permukaan *commercially pure titanium* (CP-Ti) untuk aplikasi implan gigi masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan desain implan berbasis data morfometri tulang rahang pasien Indonesia dan mengevaluasi pengaruh perlakuan *sandblasting*, *anodizing*, serta kombinasi keduanya terhadap karakteristik permukaan, respon biologis, dan potensi osseointegrasi.

Metode penelitian meliputi empat tahapan utama, yaitu desain dan simulasi implan berbasis data *CT-scan* tulang rahang pasien Indonesia dari RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta menggunakan analisis numerik, perlakuan permukaan dengan *sandblasting*, perlakuan *anodizing*, serta kombinasi *sandblasting–anodizing* untuk menghasilkan efek sinergis. Pada tahap desain, dilakukan variasi pada parameter *cuff* dan jenis ulir. Proses *sandblasting* dilakukan dengan memvariasikan media *blasting* dan waktu, sedangkan proses *anodizing* dilakukan dengan memvariasikan tegangan dan waktu yang dioptimasi menggunakan metode *response surface methodology* (RSM). Proses kombinasi *sandblasting–anodizing* menggunakan parameter optimum yang diperoleh dari masing-masing perlakuan sebelumnya. Evaluasi dilakukan secara komprehensif melalui pengujian kekasaran permukaan, kekerasan mikro, *wettability*, ketahanan korosi, uji sitotoksitas menggunakan metode *MTT assay*, serta karakterisasi menggunakan SEM-EDX dan XRD.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi desain menghasilkan diameter *cuff* optimum sebesar 7 mm dan desain ulir bergelombang (*wave thread*, Model B) sebagai konfigurasi terbaik, dengan tegangan maksimum sebesar 7,792 MPa pada tulang kortikal dan 0,671 MPa pada tulang kancellus. Perlakuan *sandblasting* meningkatkan kekasaran permukaan hingga sekitar 2 μm dan meningkatkan kekerasan mikro sebesar $\pm 30\text{--}300\%$ dibandingkan material tanpa perlakuan. *Anodizing* menghasilkan lapisan oksida TiO_2 dengan fasa anatase dan rutile serta menurunkan laju korosi dari $27,1 \times 10^{-4}$ menjadi $1,48 \times 10^{-4}$ mmpy. Kombinasi *sandblasting–anodizing* memberikan performa permukaan terbaik dengan kekasaran terkontrol sekitar 2 μm , kekerasan mencapai 501 HV, dan sudut kontak terendah sebesar $49,72^\circ$. Hasil *MTT assay* menunjukkan bahwa seluruh sampel tidak bersifat sitotoksik (viabilitas sel $>90\%$), dengan nilai tertinggi mencapai 148,01% pada perlakuan kombinasi. Dengan demikian, penelitian ini menghasilkan desain implan berbasis data morfometri pasien Indonesia serta optimasi perlakuan permukaan CP-Ti yang mampu meningkatkan sifat fisik, mekanik, elektrokimia, dan biologis untuk mendukung osseointegrasi dan pengembangan implan gigi dalam negeri.

Kata kunci: *anodizing*, CP-Ti, desain, implan gigi, *MTT assay*, osseointegrasi, *sandblasting*.

ABSTRACT

Implant failure may still occur due to suboptimal stress distribution and surface characteristics that are not conducive to osseointegration. Although numerous studies have focused on implant design development and titanium surface modification, research on implant design based on morphometric data of Indonesian patients and the optimization of commercially pure titanium (CP-Ti) surface treatments for dental implant applications remains limited. This study aimed to develop a novel implant design based on the jawbone morphometric data of Indonesian patients and to evaluate the effects of sandblasting, anodizing, and their combination on surface characteristics, biological response, and osseointegration potential.

The research methodology consists of four main stages: implant design and simulation based on CT-scan data of Indonesian patients' jawbones obtained from Dr. Sardjito General Hospital, Yogyakarta, using numerical analysis; surface treatment by sandblasting; anodizing; and a combined sandblasting–anodizing treatment to achieve synergistic effects. In the design stage, variations in cuff diameter and thread geometry were investigated. The sandblasting process involved variations in blasting media and treatment duration, while anodizing parameters, including voltage and treatment time, were optimized using the Response Surface Methodology (RSM). The combined treatment was performed using the optimum parameters obtained from the individual sandblasting and anodizing processes. Comprehensive evaluations included surface roughness, microhardness, wettability, electrochemical corrosion resistance, MTT-based cytotoxicity, SEM-EDX, and XRD analyses.

The results demonstrated that the optimized implant design consisted of a 7 mm cuff diameter and a wave-thread configuration (Model B), which provided the best performance with maximum stresses of 7.792 MPa in cortical bone and 0.671 MPa in cancellous bone. Sandblasting increased the surface roughness to approximately 2 μm and improved microhardness by approximately 30–300% compared with the untreated material. Anodizing produced a TiO_2 oxide layer containing anatase and rutile phases and reduced the corrosion rate from 27.1×10^{-4} to 1.48×10^{-4} mmpy. The combined sandblasting–anodizing treatment exhibited the best surface performance, characterized by a controlled surface roughness of approximately 2 μm , a microhardness of up to 501 HV, and the lowest contact angle of 49.72°. MTT assay results indicated that all samples were non-cytotoxic, with cell viability exceeding 90%, and the highest viability reaching 148.01% for the combined treatment. Therefore, this study successfully developed a dental implant design based on the morphometric data of Indonesian patients and optimized CP-Ti surface treatments capable of enhancing the physical, mechanical, electrochemical, and biological properties of the material, thereby supporting osseointegration and contributing to the development of domestic dental implants.

Keywords: *anodizing, CP-Ti, dental implant, design, MTT assay, osseointegration, sandblasting.*