

**Pembuatan Paduan Zr-Nb-Cr Untuk Aplikasi Biomaterial
*Screw Dental Implant***

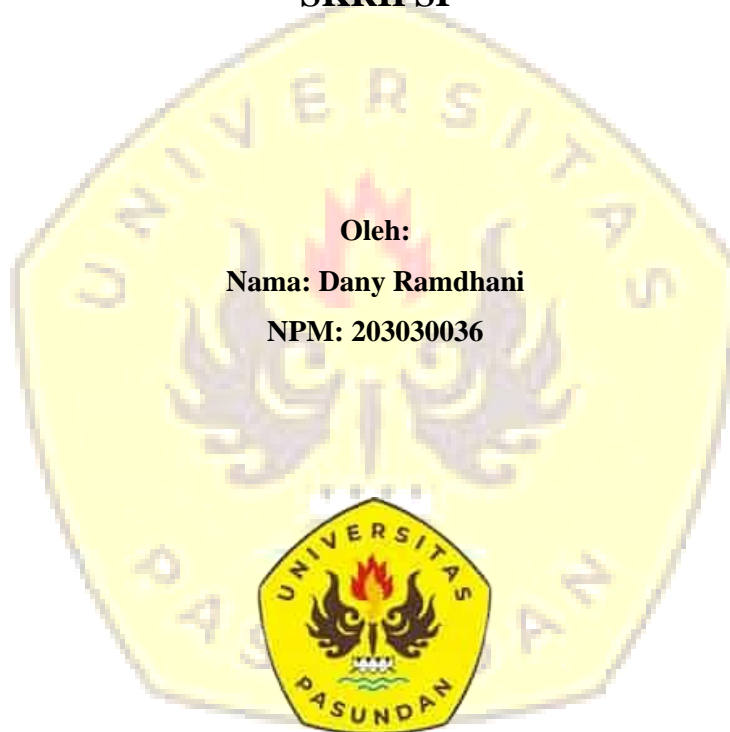
***Zr-Nb-Cr Alloy Fabrication For Biomaterial Screw Dental
Implant Application***

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Dany Ramdhani

NPM: 203030036



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Pembuatan Paduan Zr-Nb-Cr Untuk Aplikasi Biomaterial *Screw Dental Implant*



Dany Ramdhani

203030036

Dosen Pembimbing Utama

Dr. Ir. Muki Satya Permana, M.T.

Dosen Pembimbing Pendamping

Ir. Farid Rizayana, M.T.

ABSTRAK

Material implant merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kerusakan pada gigi atau menggantikan fungsi dari organ tubuh manusia. Salah satu kriteria material yang dibutuhkan untuk implan gigi ialah memiliki kekerasan dan biokompabilitas yang baik sehingga dapat mencegah terjadinya patahan implan pada saat gigi digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat paduan material Zirkonium, Niobium, dan Chromium untuk bahan implant gigi dan membandingkan hasil paduan yang sedang diciptakan dengan hasil paduan yang sudah ada. Material yang digunakan Zr-Nb-Cr dengan komposisi Cr yang berbeda disintesis dengan proses peleburan menggunakan *Electric Arc Furnace*. Hasil dari proses peleburan dikarakterisasi menggunakan mikroskop optic dan uji kekerasan dengan metode *Vickers*. Dari hasil karakterisasi dengan mikroskop optic dan SEM-EDS menunjukkan fasa α -Zr sebagai matrik dan senyawa intermetalik Zr-Nb, ZrCr₂, dan Cr₂Nb. Pada pengujian SEM-EDS komposisi pada setiap spesimen memiliki nilai yang tidak begitu tepat dengan penimbangan awal komposisi spesimen, tetapi nilai yang dihasilkan dari hasil pengujian tidak berbeda terlalu signifikan dengan komposisi spesimen berat awal. Hasil pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* menunjukkan nilai tertinggi didapat oleh paduan material Zr 19,2-Nb 0,4-Cr 0,4 dengan kekerasan 211 VHN.

Kata kunci: Bahan implant, Zr-Nb-cr, Struktur Mikro, Kekerasan

ABSTRACT

Implant material is one of the solutions to overcome damage to teeth or replace the function of human body organs. One of the material criteria needed for dental implants is to have good hardness and biocompatibility so that they can prevent implant fractures when the teeth are used. This study aims to make an alloy of Zirconium, Niobium, and Chromium materials for dental implant materials and compare the results of the alloy being created with the results of existing alloys. The material used Zr-Nb-Cr with different Cr composition was synthesized by the smelting process using Electric Arc Furnace. The results of the melting process were characterized using an optical microscope and hardness test by the Vickers method. The results of characterization with optical microscopy and SEM-EDS show the α -Zr phase as the matrix and intermetallic compounds Zr-Nb, ZrCr₂, and Cr₂Nb. In the SEM-EDS test, the composition of each specimen has a value that is not very accurate with the initial weighing of the specimen composition, but the value produced from the test results is not too significantly different from the initial weight specimen composition. The results of the hardness test using the Vickers method showed that the highest value was obtained by the material alloy Zr 19.2-Nb 0.4-Cr 0.4 with a hardness of 211 VHN.

Keywords: Implant material, Zr-Nb-Cr, Microstructure, Hardness

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
DAFTAR GAMBAR	x
Daftar Tabel	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	2
3. Tujuan	2
4. Batasan Masalah	2
5. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	4
1. Biomaterial	4
2. <i>Screw Dental Implant</i>	5
3. Paduan Ti-6Al-4V Untuk Implan Gigi	7
4. Paduan Zr-Nb-Cr	9
5. Paduan Zr-Nb	12
6. Paduan Zr-Cr	12
7. Paduan Cr-Nb	13
BAB III metodologi PENELITIAN	15
1. Tahapan Penelitian	15
2. Tabel Komposisi Material	17
3. Proses Peleburan	17
4. Tahapan Proses Pengujian	18
5. Tempat Penelitian	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
1. Data Hasil Metalografi	21
2. Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	24
3. Data Hasil Pengujian SEM-EDS	25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
1. Kesimpulan	31
2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	36



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Berdasarkan informasi dari Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, masalah kesehatan gigi dan mulut khususnya karies gigi merupakan penyakit yang dialami hampir setengah populasi penduduk dunia[1]. Karies dapat menyebabkan kehilangan gigi. Kehilangan gigi idealnya harus segera direstorasi agar mencapai kondisi normal yang baik, sehingga dapat memperbaiki kontur yang normal, kenyamanan, estetika, fungsi bicara, dan mencegah terjadinya karies. Salah satu solusi untuk mengatasi kasus kehilangan gigi adalah dengan menggunakan implan gigi[2].

Lebih dari 30 tahun, implan gigi sudah banyak digunakan tidak hanya untuk kebutuhan penggantian gigi yang hilang, akan tetapi juga banyak digunakan untuk mendukung rekonstruksi kraniofasial dan untuk kebutuhan perawatan ortodonsi[3]. Secara khusus, sampai saat ini implan gigi masih mengandalkan bahan titanium, baik titanium murni maupun paduannya dengan logam lain sebagai bahan utamanya. Ketahanannya terhadap korosi serta kekuatannya masih menjadi alasan mengapa titanium ini masih digunakan sebagai bahan utama implan[4].

Salah satu jenis implan gigi adalah material *screw dental* yang berfungsi untuk menyangga gigi tiruan[5]. Implan gigi akan berkontak langsung dengan jaringan tubuh, dimana jaringan dapat memberikan reaksi penolakan terhadap benda asing[3]. Untuk itu material implan gigi idealnya harus memiliki sifat biokompatibel, kuat menahan beban kunyah, tahan korosi, dan tahan terhadap fraktur[6]. Material implan gigi yang banyak digunakan adalah Ti-6Al-4V karena memiliki biokompabilitas yang sangat baik, tidak rentan alergi dan memiliki ketahanan korosi yang baik[3], [6], [7], [8], [9]. Namun demikian, Ti-6Al-4V memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, sebagai alternatif perlu dilakukan penelitian material implan gigi yang nilai ekonomisnya lebih rendah, namun memiliki karakteristik yang sama bahkan lebih baik dari pada material implan gigi Ti-6Al-4V. Salah satu material implan gigi yang diharapkan dapat memenuhi persyaratan tersebut adalah material implan gigi berbasis *Zirconium*.

Paduan zirkonium memiliki kekuatan yang tinggi, perlawanan korosi yang luar biasa, serta biokompatibilitas baik dapat diterima dalam implan gigi[10]. Beberapa paduan Zirkonium biomedis baru telah dikembangkan dengan memilih elemen biokompatibel

seperti Niobium [11]. Paduan Zr-Nb juga menunjukkan unsur yang tidak beracun dan elastisitas modulus elastisitas yang relatif rendah dibandingkan dengan modulus elastisitas paduan Ti [12].

2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana membuat paduan *Screw Dental Implant* dengan menggunakan material Zirkonium, Niobium, dan Chromium yang memenuhi karakteristik implant gigi sebagai alternatif material Ti-6Al-4V.

3. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk:

- a. Menghasilkan paduan dengan material Zirkonium, Niobium, dan Chromium.
- b. Melakukan karakterisasi hasil paduan material Zirkonium, Niobium, dan Chromium.
- c. Menjadikan perbandingan hasil paduan Zr-Nb-Cr dengan Ti-6Al-4V.

4. Batasan Masalah

Penelitian hanya sebatas membuat paduan dengan material Zirkonium, Niobium, dan Kromium dengan pengujian metalografi, SEM-EDS, dan pengujian kekerasan.

5. Sistematika Penulisan

Penyusunan penulisan laporan usulan penelitian ini, diuraikan dengan berdasarkan beberapa bab dan disajikan dalam bentuk susunan yang beserta:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian, lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini menjelaskan mengenai beberapa teori sebagai landasan permasalahan untuk dikaji menjadi referensi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai metode-metode yang akan dilakukan untuk menyelesaikan studi penelitian.

BAB IV RENCANA KEGIATAN DAN ANGGARAN BIAYA

Bab ini berisikan mengenai rencana kegiatan dari mulai identifikasi masalah sampai pada panggaran biaya yang digunakan dalam penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang menganalisis, membandingkan, membahas kesimpulan yang didapatkan pada data hasil penelitian dan saran yang dapat dilakukan untuk penelitian yang serupa dimasa depan yang akan datang.

DAFTAR PUSATAKA

Daftar pustaka berisikan tentang referensi, artikel, buku, dan lain-lain mengenai penelitian yang ditulis oleh Peneliti.

LAMPIRAN

Lampiran berisikan mengenai foto struktur mikro dan hasil pengujian kekerasan.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- a. Berdasarkan hasil dari pemeriksaan metalografi dapat diketahui bahwa struktur mikro yang dihasilkan pada gambar 16 dan gambar 17 menunjukkan bentuk mikrostruktur *parallel plate* dan pada gambar 18 menunjukkan bentuk mikrostruktur *Islands* dan terdiri dari fasa α -Zr sebagai matrix dan senyawa intermetalik Zr-Nb, ZrCr₂, dan Cr₂Nb
- b. Penambahan unsur Cr meningkatkan nilai kekerasan pada setiap spesimen. Hal ini dikarenakan material Cr berperan sebagai partikel endapan yang bertindak sebagai hambatan untuk gerak dislokasi yang menyebabkan peningkatan nilai kekerasan.
- c. Berdasarkan hasil dari pengujian SEM-EDS, komposisi pada setiap spesimen memiliki nilai yang tidak begitu tepat dengan penimbangan awal komposisi paduan spesimen, tetapi nilai yang dihasilkan dari pengujian SEM-EDS tidak berbeda terlalu signifikan dengan komposisi spesimen berat awal.
- d. Berdasarkan hasil pemeriksaan pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* yang ditunjukkan pada tabel 6 nilai kekerasan yang paling tinggi diperoleh oleh spesimen dengan komposisi Zr 19,2-Nb 0,4-Cr 0,4 yang memiliki nilai kekerasan 211,095 HVN dan nilai kekerasan yang paling rendah diperoleh oleh spesimen dengan komposisi Zr 19,6-Nb 0,4-Cr 0 yang memiliki nilai kekerasan 206,516 HVN. Hal ini dapat diasumsikan bahwa penambahan *Chromium* (Cr) dapat mempengaruhi nilai kekerasan.
- e. Pada paduan Ti-6Al-4V nilai kekerasan yang didapat 764 HVN sedangkan pada paduan Zr-2Ag-5Co nilai kekerasan yang didapat 473 HVN dan Zr 19,2-Nb 0,4-Cr 0,4 nilai kekerasannya 211 HVN.
- f. Berdasarkan nilai paduan Zr 19,2-Nb 0,4-Cr 0,4 nilai kekerasannya 211,095 VHN tidak dapat menjadi alternatif pengganti Ti-6Al-4V dan Zr-2Ag-5Co karena nilai kekerasannya terlalu rendah.

2. Saran

1. Agar dilakukan proses *Heat Treatment* agar mendapatkan nilai kekerasan yang lebih tinggi.
2. Agar dilakukan pengujian korosi untuk mengetahui Tingkat laju korosi agar tidak melebihi batas yang diijinkan untuk pembuatan impalan gigi.
3. Agar dilakukan pengujian antibakteri berbahaya yang ada didalam rongga mulut dan lingkungan sebenarnya.
4. Agar dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan proses manufaktur pembuatan *screw dental impant* dengan material Zr-Nb-Cr.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Kementerian Kesehatan RI Pusat Data dan Informasi Jl. HR Rasuna Said Blok X5 Kav. 4-9 Jakarta Selatan.” 2019.
- [2] C. Y. dan W. A. Fitriani, “Biokompatibilitas Material Titanium Implan Gigi,” *Universitas Indonesia, Jakarta*, 2019.
- [3] T. Hanawa, “Transition of surface modification of titanium for medical and dental use,” *In Titanium in Medical and Dental Applications*, pp. 95–113, 2018.
- [4] T. Hanawa, “Titanium-tissue interface reaction and its control with surface treatment,” *Front. Bioeng. Biotechnol*, pp. 7–170, 2019.
- [5] T. R. Dinanthi, “Ketahanan Korosi Paduan Terner Zr-Ti-Cu untuk Aplikasi Biomaterial Dental Implant dalam Larutan Ringer Laktat.,” *Universitas Jenderal Achmad Yani, Bandung*, 2020.
- [6] M. S. dan P. H. Dewi, “The Effect of Zirconia Material for Dental Implant to Osseointegrated Process,” *Mahasaraswati University Denpasar, Denpasar.*, 2020.
- [7] X. S. K. D. S. P. L. dan L. P. E. C. Chen, “Elucidating the corrosion-related degradation mechanisms of a Ti-6Al-4V dental implant,” *University of California, Los Angeles.*, 2020.
- [8] I. P. M. V. R. F. A. M. C. A. P. O. O. L. dan M. O. Gnilitzkyi, “Cell and tissue response to nanotextured Ti6Al4V and Zr implants using high-speed femtosecond laser-induced periodic surface structures,” *University of Modena and Reggio Emilia, Reggio Emilia.*, 2019.
- [9] L. Semestse, “Bio-tribocorrosion Behaviour of Spark Plasma Sintered Titanium Composites in Simulated Body Fluid,” *University of Johannesburg, Johannesburg.*, 2017.
- [10] S. A. G. C. S. Farina Silvia B, “Procedia Materials Science,” vol. 8, pp. 1166–1173.
- [11] S. G. Sukaryo *et al.*, “Synthesis and Ti-N Sputtering of Zr-Nb Alloys for Dental Implant Material,” *J Phys Conf Ser*, vol. 2556, no. 1, p. 012024, Aug. 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2556/1/012024.
- [12] O. O. K. O. dan P. M. Mishchenko O, “Bahan,” vol. 13, p. 1306, 2020.

- [13] ETS WORLDS, "Biomaterial: Pengertian, Jenis dan Contoh Aplikasi Penggunaan," ETS WORLDS. Accessed: Feb. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.etsworlds.id/2022/03/biomaterial-pengertian-jenis-dan.html#:~:text=Karakteristik%20dan%20Sifat%20yang%20Harus%20Dimiliki%20Biomaterial%201>
- [14] "Pembuatan Paduan Zr-2Ag Yang Didoping Dengan Unsur Co Untuk Aplikasi Biomaterial Screw Dental Implant."
- [15] A. Pratiwi, "Material Implan dan Maksilofasa," *Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.*, 2014.
- [16] T. R. Dinanthi, "Ketahanan Korosi Paduan Terner Zr-Ti-Cu untuk Aplikasi Biomaterial Dental Implant dalam Larutan Ringer Laktat," University Denpasar, Denpasar, 2020.
- [17] J. M. , R. A. , & C. D. T. Anderson, "Foreign body reaction to biomaterials," *Semin Immunol*, pp. 86–100, 2008.
- [18] H. , T. Y. , I. H. , K. T. , & Y. T. Koizumi, "Application of titanium and titanium alloys to fixed dental prostheses.," *J Prosthodont Res.*, pp. 266–270, 2019.
- [19] A. P. O. O. O. L. dan M. O. Carapeto, "Cell and tissue response to nanotextured Ti6Al4V and Zr implants using high-speed femtosecond laser-induced periodic surface structures," University of California, Los Angeles, 2019.
- [20] C. FIZZOTI, "Principle of Nuclear Fuel Production," *Fuel Cycle Departement ENEA*, pp. 2–20, 1984.
- [21] Mas CNC-RECYCLING, "Material Zirconium." Accessed: Jul. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.mas-recycling.de/en-gb/zirkonium>
- [22] Djoko Hadi Prajitno Dan Putu Sukmabuana, "Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Kekerasan Paduan Zr-Sn-Fe-Nb," *Indonesian Journal Of Nuclear Science And Tecology*, vol. 11, No, 2, pp. 1411–3481, 2001.
- [23] Wikipeda, "Niobium." Accessed: Feb. 22, 2024. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Niobium>
- [24] Stanford Advanced Materials, "VD0566 Niobium Evaporation Materials, Nb," Chemical Elements. Accessed: Jul. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.sputtertargets.net/niobium-evaporation-materials.html>

- [25] Anton Sryantoro, "Universitas Indonesia Analisis Pengaruh Presentase Berat (wt %) Terhadap Konduktifitas Dan Kuat Tarik Paduan Tembaga-Niobium(Cu-Nb)," 2010.
- [26] N. N.; E. A. Greenwood, "Material Chromium," Wikipedia. Accessed: Jul. 26, 2024. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Chromium>
- [27] Andi Fharadyba Haris, "Unsur Transisi Pertama Kromium," Universitas Hasanudin, Makasar, 2015.
- [28] Kazi Foyez Ahmmed, "Microstructural Evaluation and Thermal Creep Behavior of Zr-Nb," University Kingston, Canada , 2015.
- [29] H. Okamoto, *J. Phase Equilib*, vol. 14. 1993.
- [30] K. K. L. C. L. E. Takasugi T, "Microstructure and mechanical properties of two-phase Cr-Cr₂Nb, Cr-Cr₂Zr and Cr-Cr₂(Nb, Zr) alloys," *Refractory Metals and Hard Materials*, vol. 42, pp. 78–2869, 1994.
- [31] Wikipedia, "Tanur Busur Listrik." Accessed: Feb. 23, 2024. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Tanur_busur_listrik

