

**Pengaruh Penambahan Unsur Cu Pada Paduan Zr-Ti Terhadap
Struktur Mikro dan Kekerasan**

*Effect of Adding Cu Elements to Zr-Ti Alloys on Microstructure
and Hardness*

SKRIPSI



Oleh:
Nama: **Ridwan Nugraha**
NPM: **193030068**

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

LEMBAR PENGESAHAN

Pengaruh Penambahan Unsur Cu Pada Paduan Zr-Ti Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan

Nama: **Ridwan Nugraha**
NPM: **193030068**



Pembimbing Utama

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

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Djoko Hadi Prajitno, MSME.

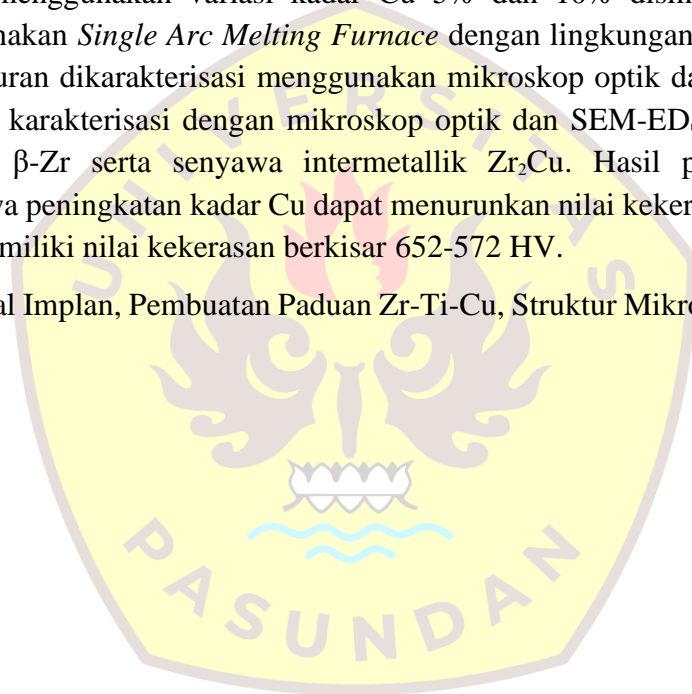
DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar.....	vii
Daftar Tabel	ix
ABSTRAK.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	1
C. Tujuan	1
D. Batasan Masalah	1
E. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR.....	3
1. Biomaterial.....	3
2. Klasifikasi Biomaterial	3
3. Paduan Zirkonium.....	4
4. Paduan Titanium	6
5. Paduan Tembaga.....	7
6. Diagram Ternern Zr-Ti-Cu	10
7. Proses Solidifikasi.....	11
8. Tungku Busur Listrik (<i>Electric Arc Furnace</i>)	11
9. Uji Metalografi.....	12
10. Uji <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersion Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	14
11. Uji Keras Vickers.....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
1. Tahapan Penelitian	16
2. Tempat Penelitian	17
3. <i>Material Balance</i>	18
4. <i>Set up</i> Pengujian.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
1. Hasil Pengujian	25
2. Pembahasan.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
1. Kesimpulan	43
2. Saran	43

ABSTRAK

Paduan Zirkonium dan Titanium untuk saat ini sudah banyak digunakan untuk aplikasi medis karena memiliki biokompatibilitas yang cukup tinggi, ketahanan terhadap korosi yang baik, dan sifat mekanik yang baik. Maka dari itu, paduan Zirkonium dan Titanium sering diperiotaskan sebagai bahan favorit untuk membuat sambungan implan buatan. Akan tetapi, ada juga risiko lainnya implan titanium rentan terhadap invasi bakteri walaupun sudah diberikan antibiotik dan teknik aseptik yang ketat, karena implan tersebut bersifat *bio-inert* dan tidak tahan terhadap adhesi bakteri. Dengan adanya penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi Cu pada paduan Zr-Ti-Cu sebagai aplikasi biomaterial. Material implan Zr-Ti-Cu menggunakan variasi kadar Cu 5% dan 10% disintesis dengan proses peleburan menggunakan *Single Arc Melting Furnace* dengan lingkungan atmosfer gas argon. Hasil proses peleburan dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik dan alat uji kekerasan *Vickers*. Dari hasil karakterisasi dengan mikroskop optik dan SEM-EDS menunjukkan fasa seperti α -Zr, dan β -Zr serta senyawa intermetalik Zr_2Cu . Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa peningkatan kadar Cu dapat menurunkan nilai kekerasan dari paduan Zr-Ti-Cu sehingga memiliki nilai kekerasan berkisar 652-572 HV.

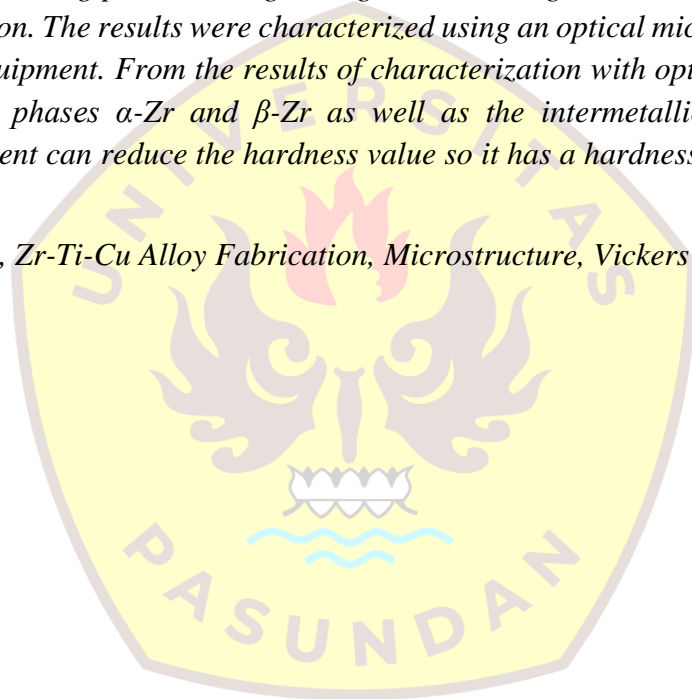
Kata kunci: Material Implan, Pembuatan Paduan Zr-Ti-Cu, Struktur Mikro, Kekerasan *Vickers*



ABSTRACT

Currently, Zirconium and Titanium alloys are widely used for medical applications because they have quite high biocompatibility, good corrosion resistance and good mechanical properties. Therefore, Zirconium and Titanium alloys are often considered as favorite materials for making artificial implant connections. However, there is also another risk that titanium implants are susceptible to bacterial invasion despite antibiotics and strict aseptic techniques, because these implants are bio-inert and not resistant to bacterial adhesion. This research aims to determine the effect of Cu variations on the Zr-Ti-Cu alloy as a biomaterial application. The Zr-Ti-Cu implant material uses a variation of 5% and 10% Cu content synthesized by the melting process using a Single Arc Melting Furnace with an atmospheric environment of argon. The results were characterized using an optical microscope and Vickers intelligence test equipment. From the results of characterization with optical microscopy and SEM-EDS showed phases α -Zr and β -Zr as well as the intermetallic compound Zr_2Cu . Increasing Cu content can reduce the hardness value so it has a hardness value between 652-572 HV.

Keywords: Implant, Zr-Ti-Cu Alloy Fabrication, Microstructure, Vickers Hardness



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Paduan zirkonium dan titanium untuk saat ini sudah banyak dipergunakan untuk aplikasi medis karena memiliki biokompatibilitas yang cukup tinggi, tahan terhadap korosi, dan sifat mekanik baik. Maka dari itu, Paduan Zr dan Ti sering diperiotaskan sebagai bahan favorit untuk membuat sambungan implan buatan. Akan tetapi, ada juga risiko lainnya implan Zirkonium dan implan Titanium rentan terhadap invasi bakteri walaupun sudah diberikan antibiotik dan teknik aseptik yang ketat, karena implan tersebut bersifat *bio-inert* dan tidak tahan terhadap adhesi bakteri [1]. Dengan adanya penelitian unsur paduan Zr-10Ti-Sn yang memiliki sifat tahan korosi dan sifat mekanik, akan tetapi ada yang menyatakan masih ada kekurangannya dalam hal untuk menanggulangi kejadian terkena infeksi bakteri pada implan.

Sehubungan dengan permasalahan yang terdapat pada paduan Zr-10Ti-Sn yaitu kurangnya sifat anti bakteri yang dikemukakan di atas maka melalui penelitian ini akan dilakukan upaya untuk meningkatkan sifat anti bakteri. Beberapa literatur menyatakan bahwa peningkatan sifat anti bakteri bisa diupayakan bisa ditanggulangi beberapa cara. Pada penelitian ini upaya yang dilakukan dengan menambahkan unsur Cu yang akan menjadi sifat anti bakteri. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bagaimana pengaruh unsur Cu yang akan menjadi paduan Zr-20Ti-5Cu dan Zr-20Ti-10Cu.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana membuat paduan Zr-Ti ditambahkan unsur Cu sehingga diperoleh struktur mikro dan nilai kekerasan untuk dibandingkan dengan paduan Zr-10Ti-Sn.

C. Tujuan

Adapun beberapa tujuannya yaitu:

- Merancang dan membuat paduan Zr-Ti-Cu.
- Mengidentifikasi fasa fasa melalui pengujian struktur mikro dan sifat mekanik.
- Membandingkan dari penelitian terdahulu dengan paduan Zr-10Ti-Sn.

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah tersebut antara lain:

- Material yang dibuat yaitu paduan Zr-Ti yang ditambahkan unsur Cu.
- Alat peleburan yang digunakan adalah *Single Arc Melting Furnance*.
- Pengujian spesimen yang dilakukan adalah pengujian metalografi, uji mikro *Vickers*, dan pengujian SEM-EDS.

E. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisi tentang terdapat teori dasar yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian, tempat penelitian, peralatan dan material yang digunakan, set up pengujian, dan material *balance*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

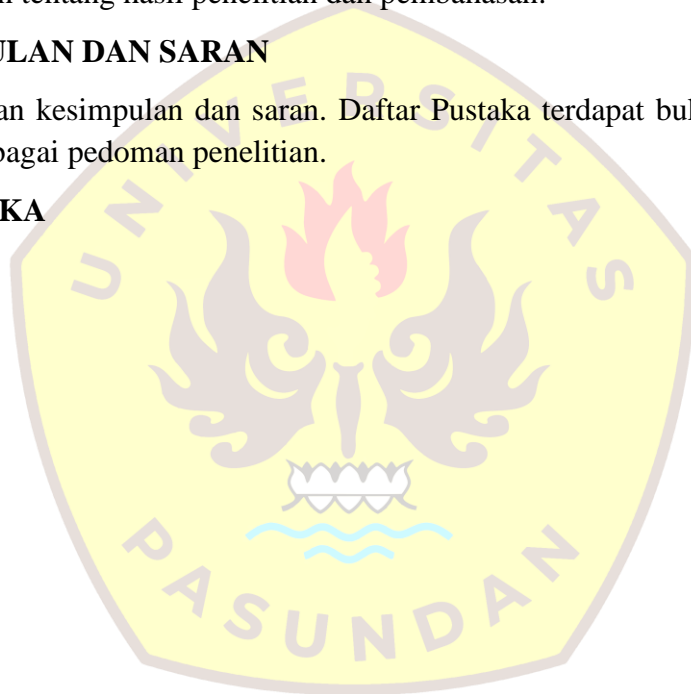
Bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian dan pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memaparkan kesimpulan dan saran. Daftar Pustaka terdapat buku acuan atau jurnal yang digunakan sebagai pedoman penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- Dari hasil pemeriksaan metalografi fasa yang dimiliki oleh paduan Zr-20Ti ialah α -Zr dan β -Zr. Penambahan unsur tembaga (Cu) memunculkan senyawa intermetallik berupa Zr_2Cu serta memunculkan fasa β -Zr pada paduan Zr-20Ti-5Cu.
- Dari hasil pengujian SEM-EDS, komposisi paduan Zr-20Ti-10Cu sedikit tidak sesuai dengan apa yang telah direncanakan, begitupun dengan logam Zr dan logam Ti tidak begitu sesuai dikarenakan adanya faktor *error* dalam pengujian EDS, Zr memiliki nilai *Error* 3,3% sedangkan Ti memiliki nilai *Error* 6,27% dan Cu memiliki nilai *Error* kisaran 7%. Jika dibulatkan nilainya, hasil uji EDS dari area kesatu memiliki komposisi Zr, Ti, dan Cu secara berurutan ialah 64%, 26%, dan 10%.
- Penambahan unsur tembaga (Cu) dapat menurunkan nilai kekerasan paduan Zr-20Ti dari 652,608 HV menjadi 608,008 HV pada paduan Zr-20Ti-5Cu dan 572,626 HV pada paduan Zr-20Ti-10Cu. Maka dari itu, faktor penurunan nilai kekerasan ini dikarenakan meningkatnya besar butir pada hasil struktur mikro paduan kedua dan paduan ketiga yang ditambahkan unsur Tembaga (Cu).

2. Saran

- Melakukan pengujian korosi bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Cu pada paduan Zr-Ti dan pengaruh media uji korosi terhadap ketahanan korosi paduan Zr-Ti-Cu untuk diaplikasikan sebagai *screw dental implant*.
- Melakukan pengujian *heat treatment* untuk meningkatkan lagi nilai kekerasannya.
- Melakukan pengujian antibakteri menggunakan bakteri berbahaya yang ada di dalam rongga mulut.
- Melakukan pengujian tidak hanya *in vitro*, tetapi pengujian *in vivo*.
- Membuat paduan Zr-Ti-Cu dalam bentuk simulasi ataupun *prototype* sebuah *screw dental implant*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Mahmoudi, M. R. Akbarpour, H. B. Lakeh, F. Jing, M. R. Hadidi, and B. Akhavan, "Antibacterial Ti–Cu implants: A critical review on mechanisms of action," *Mater. Today Bio*, vol. 17, no. July, p. 100447, 2022, doi: 10.1016/j.mtbio.2022.100447.
- [2] Joon B. Park and Joseph D. Bronzino, [Ref6 cambio 11] *Biomaterials principles and applications*. 2003.
- [3] Hendra Hermawan, "Pengenalan Pada Biomaterial," *Assoc. Profr. Laval Univ. Canada*, pp. 1–8, 2019, doi: 10.31227/osf.io/v3z5t.1/8.
- [4] A. Erryani, Yulianti, Y. N. Thaha, F. P. Lestari, A. N. Syahid, and R. N. Hakim, "Sintesis Material Implan Biokomposit PLA-ABS-Mg: Sifat Mekanik, Mikrostruktur, dan Perilaku Elektrokimia," *Metalurgi*, vol. 3, pp. 89–98, 2020.
- [5] T. Struktur, K. Al, D. A. N. S. Mikro, P. K. Puspipetekserpong, and D. A. N. Struktur, "Pengaruh Penambahan Unsur Zr dan TiB pada Paduan CuZnAl Terhadap Struktur Kristal, Kekerasan, dan Struktur Mikro," pp. 62–66, 2000.
- [6] Dzikry Syamsul Nur Alam, Pradoto Ambardi, and Djoko Hadi Prajitno, "Pengaruh Perlakuan Pelarutan Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Terner Zr-Nb-Mo Untuk Biomaterial," *Maj. Ilm. Pengkaj. Ind.*, vol. 13, no. 1, pp. 15–22, 2023, doi: 10.29122/mipi.v13i1.3089.
- [7] C. Oldani and A. Dominguez, "Titanium as a Biomaterial for Implants," *Recent Adv. Arthroplast.*, no. January, 2012, doi: 10.5772/27413.
- [8] N. U. of E. P. and A. (NUEPA), "Sintesis Fe-Ti yang Didoping Al Untuk Biomaterial *Implant Bone Plate*," *Elem. Educ. India Prog. Towar. UEE, DISE 2010 - 11*, pp. 12–26, 2012,.
- [9] K. D. Secinti, M. Aytan, G. Kahilogullari, G. Kaygusuz, H. C. Ugur, and A. Attar, "Antibacterial effects of electrically activated vertebral implants," *J. Clin. Neurosci.*, vol. 15, no. 4, pp. 434–439, 2008, doi: 10.1016/j.jocn.2007.03.010.
- [10] E. Zhang *et al.*, "A new antibacterial titanium-copper sintered alloy: Preparation and antibacterial property," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 33, no. 7, pp. 4280–4287, 2013, doi: 10.1016/j.msec.2013.06.016.
- [11] O. Takahashi, Masatoshi; Kikuchi, Masafumi; Takada, Yukyo; Okuno, "Mechanical and Properties and Microstructures of Dental Cast and Alloys Masafumi of Dental Received," *Dent. Mater. J.*, vol. 21, no. 3, pp. 270–280, 2002.
- [12] F. F. Cardoso, A. Cremasco, R. J. Contieri, E. S. N. Lopes, C. R. M. Afonso, and R. Caram,

- “Hexagonal martensite decomposition and phase precipitation in Ti-Cu alloys,” *Mater. Des.*, vol. 32, no. 8–9, pp. 4608–4613, 2011, doi: 10.1016/j.matdes.2011.03.040.
- [13] M. Kikuchi *et al.*, “Mechanical properties and microstructures of cast Ti-Cu alloys,” *Dent. Mater.*, vol. 19, no. 3, pp. 174–181, 2003, doi: 10.1016/S0109-5641(02)00027-1.
- [14] C. Yi, Z. Ke, L. Zhang, J. Tan, Y. Jiang, and Z. He, “Antibacterial Ti-Cu alloy with enhanced mechanical properties as implant applications,” *Mater. Res. Express*, vol. 7, no. 10, 2020, doi: 10.1088/2053-1591/abc371.
- [15] E. Zhang, X. Wang, M. Chen, and B. Hou, “Effect of the existing form of Cu element on the mechanical properties, bio-corrosion and antibacterial properties of Ti-Cu alloys for biomedical application,” *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 69, pp. 1210–1221, 2016, doi: 10.1016/j.msec.2016.08.033.
- [16] A. Sujatno, R. Salam, B. Bandriyana, and A. Dimiyati, “Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi Proses Oxidasi Paduan Zirkonium,” *J. Forum Nukl.*, vol. 9, no. 1, p. 44, 2017, doi: 10.17146/jfn.2015.9.1.3563.
- [17] G. N. Hermana *et al.*, “Phase equilibria of the Cu-Zr-Ti ternary system at 703 °C and the thermodynamic assessment and metallic glass region prediction of the Cu-Zr-Ti ternary system,” *J. Non. Cryst. Solids*, vol. 551, no. July 2020, p. 120387, 2021, doi: 10.1016/j.jnoncrysol.2020.120387.
- [18] I. K. G. Sugita and K. Astawa, “Studi Dendrite Arm Spacing (Das) dan Akustik pada Pengecoran Perunggu 20% Sn Sebagai Bahan Gamelan,” *J. Udaya Mengabdi*, vol. 15, no. 1, pp. 44–49, 2016.
- [19] Y. S. Irawan, “Proses Pembekuan Logam (Solidifikasi Of Metals)”.
- [20] L. N. Anisyah, M. L. Ashari, and D. Dermawan, “Pemanfaatan Limbah Padat Debu EAF Pada Perusahaan Peleburan Baja Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton,” no. 2581, pp. 367–372, 2014.
- [21] L. Wijaya, “Analisis Pengaruh Variasi Arus Electric Arc Furnace pada Proses Peleburan Direct Reduction Iron terhadap Kandungan Fe Total dan Recovery Fe dalam Proses ...,” *Repos. ITS*, 2018, [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/49313/>
- [22] K. El-Akruti, T. Zhang, and R. Dwight, “Developing an optimum maintenance policy by life cycle cost analysis – a case study,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 54, no. 19, pp. 5946–5962, 2016, doi: 10.1080/00207543.2016.1193244.
- [23] Windarta and D. Setiawan, “Optimasi Balancing Putaran pada Mesin Poles Piringan Ganda Untuk Pengujian Metalografi,” *J. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, pp. 1–8, 2018, [Online].

Available: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek

- [24] Y. Tiandho, A. A. Tiandho, F. Afriani, P. Seminar, and N. Penelitian, "Pengolahan Citra Menggunakan Wolfram," *J. Fis.*, p. 1, 2017.
- [25] I. Kurniawan, R. Dewi Anjani, and R. Hanifi, "Analisa Sambungan Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) menggunakan pengujian metalografi di PT. XYZ," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. 22, pp. 99–108, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7322984>
- [26] B. G. Kutchko and A. G. Kim, "Fly ash characterization by SEM-EDS," *Fuel*, vol. 85, no. 17–18, pp. 2537–2544, 2006, doi: 10.1016/j.fuel.2006.05.016.
- [27] F. Georget, W. Wilson, and K. L. Scrivener, "edxia: Microstructure characterisation from quantified SEM-EDS hypermaps," *Cem. Concr. Res.*, vol. 141, no. June 2020, p. 106327, 2021, doi: 10.1016/j.cemconres.2020.106327.
- [28] M. F. Kumayasari and A. I. Sultoni, "Studi Uji Kekerasan Rockwell Superficial VS Micro Vickers Comparison Study Of Hardness Testing By Using Rockwell Superficial VS Microvickers," *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 85–89, 2017.
- [29] A. S. M. International, *Alloy Phase Diagram*, vol. 10, no. 2. 1989. doi: 10.1007/BF02881433.
- [30] U. E. Klotz, C. Liu, P. J. Uggowitzer, and J. F. Löffler, "Experimental investigation of the Cu-Ti-Zr system at 800 °C," *Intermetallics*, vol. 15, no. 12, pp. 1666–1671, 2007, doi: 10.1016/j.intermet.2007.07.004.