

Pengaruh *heat treatment* pada paduan terner Fe-Cr-Ag untuk biomaterial dental implan

Effect of heat treatment on Fe-C-Ag ternery alloy for dental implant

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Faradina Putri Kusumawardani

NPM: 193030038



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Faradina Putri Kusumawardani

Nomor Pokok Mahasiswa : 193030038

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi.
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi.
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil *plagiarism*.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 21 April 2025

Penulis,



Faradina Putri Kusumawardani

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Faradina Putri Kusumawardani

NPM : 193030038

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS Jenis

Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Pengaruh *heat treatment* pada paduan terner Fe-Cr-Ag untuk biomaterial dental mplan”

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 21 April 2025

Yang menyatakan,



Faradina Putri Kusumawardani

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Pengaruh *heat treatment* pada paduan terner Fe-Cr-Ag untuk biomaterial dental implan



Nama : Faradina Putri Kusumawardani
NPM :193030038

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Sugiharto, MT.

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Djoko H Prajitno, MSME.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Pengaruh *heat treatment* pada paduan terner Fe-Cr-Ag untuk biomaterial dental implan



Nama : Faradina Putri Kusumawardani
NPM : 193030038

Tanggal sidang skripsi: 27 September 2024

Ketua : Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

Sekretaris : Dr. Ir. Djoko H Prajitno, MSME.

Anggota : Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

Anggota : Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan pada yang Maha Kuasa, Allah SWT, sebagai pencipta atas segala kehidupan yang senantiasa memberikan rahmat pada hamba-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Pengaruh *heat treatment* pada paduan terner Fe-Cr-Ag untuk biomaterial dental implan” yang mana laporan skripsi ini dijadikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana.

Laporan ini dapat terselesaikan berkat dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang mendalam kepada:

1. Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya laporan skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Segenap keluarga yang mendukung penuh penulis dalam pembuatan laporan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi waktu, bimbingan, serta ilmu yang berlimpah hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Djoko H Prajitno, MS.ME. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktu serta ilmu yang sangat membantu penulis dalam pembuatan laporan skripsi.
5. Seluruh teman penulis yang memberikan dukungan tiada akhir.

Bandung, 21 April 2026

Penulis,



Faradina Putri Kusumawardani

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	I
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	III
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	IV
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI.....	VI
DAFTAR GAMBAR.....	IX
DAFTAR TABEL.....	X
ABSTRAK	XI
ABSTRACT	XII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar belakang.....	1
2. Rumusan masalah	1
3. Tujuan.....	2
4. Manfaat.....	2
5. Lingkup masalah.....	2
6. Sistematika penulisan.....	2
BAB II STUDI LITERATUR.....	4
1. Biomaterial	4
2. Dental Implan.....	10
3. Besi (Fe)	12
4. Kromium (Cr).....	12
5. Perak (Ag).....	12

6. <i>Heat Treatment</i>	12
BAB III METODE PENELITIAN	17
1. Tahapan Penelitian	17
2. Tempat Penelitian.....	29
3. Alat ukur dan bahan yang digunakan	21
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	24
1. Hasil pengamatan visual setelah <i>heat treatment</i>	24
2. Hasil pengamatan Metalografi.....	25
3. Hasil uji <i>Vickers</i>	26
4. Hasil uji SEM/EDS.....	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
1. Kesimpulan	32
2. Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Implan Gigi	11
Gambar 2. Diagram fasa Fe ₃ C	14
Gambar 3. Diagram alir.....	17
Gambar 4. Lokasi FT Universitas Pasundan.....	19
Gambar 5. Politeknik Manufaktur Bandung.....	19
Gambar 6. Lokasi PSTNT Batan.....	19
Gambar 7. lokasi FTM Unjani Bandung	20
Gambar 8. Tungku <i>ceramic engineering furnace manufactures</i>	22
Gambar 9. Mikroskop optik Olympus BX60M	22
Gambar 10. Alat Uji <i>Vickers</i>	23
Gambar 11. Alat Uji SEM/EDS	23
Gambar 12. Visualisasi material Fe Cr Ag	24
Gambar 13. Hasil pengamplasan 200-1500 mesh	25
Gambar 14. Hasil pengamatan metalografi spesimen Fe-Cr-1%Ag	25
Gambar 15. Hasil pengamatan metalografi spesimen Fe-Cr-5%Ag	26
Gambar 16. <i>Report Title HD Vickers</i> Fe-Cr-1%Ag	26
Gambar 17. Hasil pengujian <i>Vickers</i> Fe-Cr-1%Ag	27
Gambar 18. <i>Report Title HD Vickers</i> Fe-Cr-5%Ag	27
Gambar 19. Hasil pengujian <i>Vickers</i> Fe-Cr-5%Ag	27
Gambar 20. Grafik data hasil pengujian <i>Vickers</i>	28
Gambar 21. Hasil pengujian SEM Fe Cr1% Ag x2000.....	29
Gambar 22. Area pengujian EDS Fe-Cr-1%Ag	29
Gambar 23. Grafik uji EDS Fe-Cr-1%Ag.....	29
Gambar 24. Hasil pengujian SEM Fe-Cr-5%Ag x2000	30
Gambar 25. Area pengujian EDS Fe-Cr-5%Ag	30
Gambar 26. Grafik uji EDS Fe-Cr-5%Ag.....	30

DAFTAR TABEL

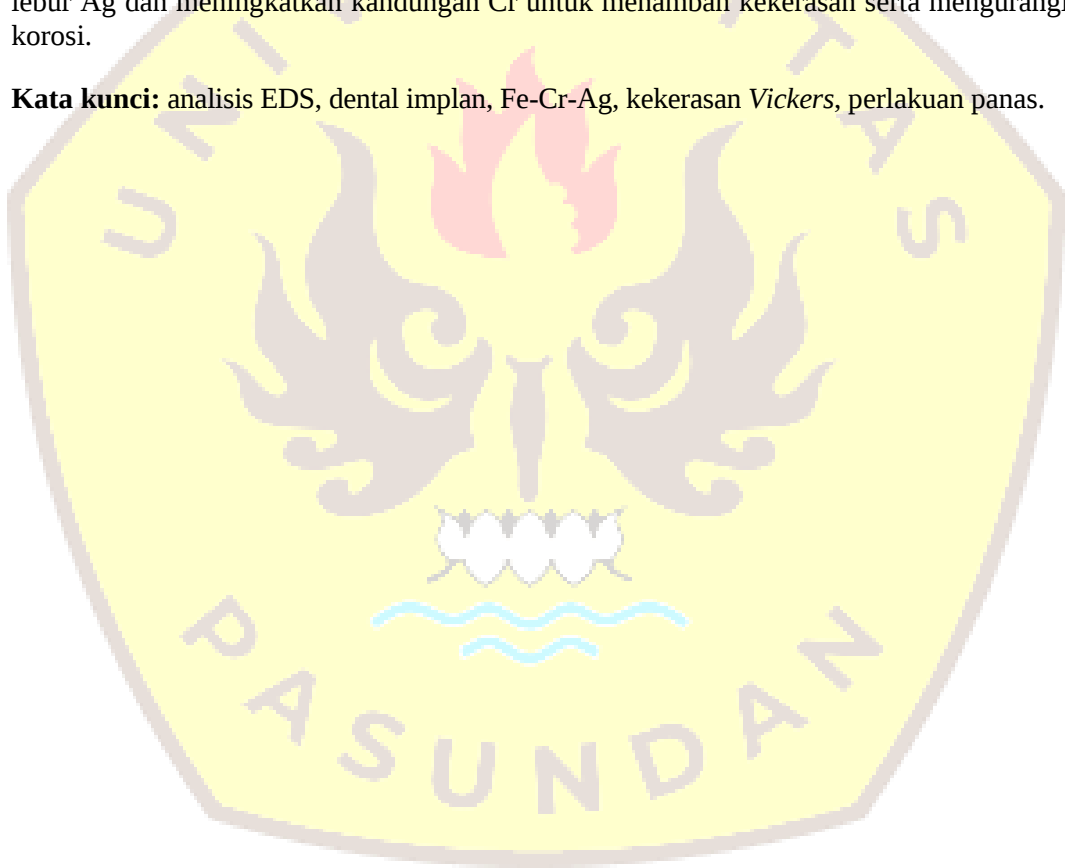
Tabel 1. Presentase spesimen.....	20
Tabel 2. Alat dan bahan.....	21
Tabel 3. Hasil uji EDS Fe-Cr-1%Ag.....	29
Tabel 4. Hasil uji EDS Fe-Cr-5%Ag.....	30



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan panas (*heat treatment*) pada paduan terner Fe-Cr-Ag untuk aplikasi biomaterial dental implan. Paduan Fe-Cr-Ag dipilih karena memiliki sifat mekanik dan ketahanan korosi yang baik, yang sangat penting untuk aplikasi implan gigi. Metode penelitian meliputi pembuatan spesimen paduan Fe-Cr-Ag dengan variasi komposisi Ag sebanyak 1% dan 5%, yang kemudian dilakukan perlakuan panas pada suhu sekitar 1000°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan panas mempengaruhi semua karakterisasi yang dilakukan pada spesimen, terutama pada uji kekerasan *Vickers*. Spesimen dengan 1% Ag memiliki kekerasan rata-rata sebesar 26898 HV. Sedangkan spesimen dengan 5% Ag memiliki kekerasan rata-rata sebesar 19949 HV. Analisis EDS menunjukkan bahwa terdapat perbedaan komposisi elemen pada kedua spesimen, namun perbedaan ini tidak signifikan. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa peningkatan kandungan Ag menurunkan kekerasan spesimen, dan perlakuan panas menyebabkan oksidasi pada Ag yang berkontribusi pada error komposisi. Saran dari penelitian ini adalah melakukan perlakuan panas pada suhu yang lebih rendah dari titik lebur Ag dan meningkatkan kandungan Cr untuk menambah kekerasan serta mengurangi korosi.

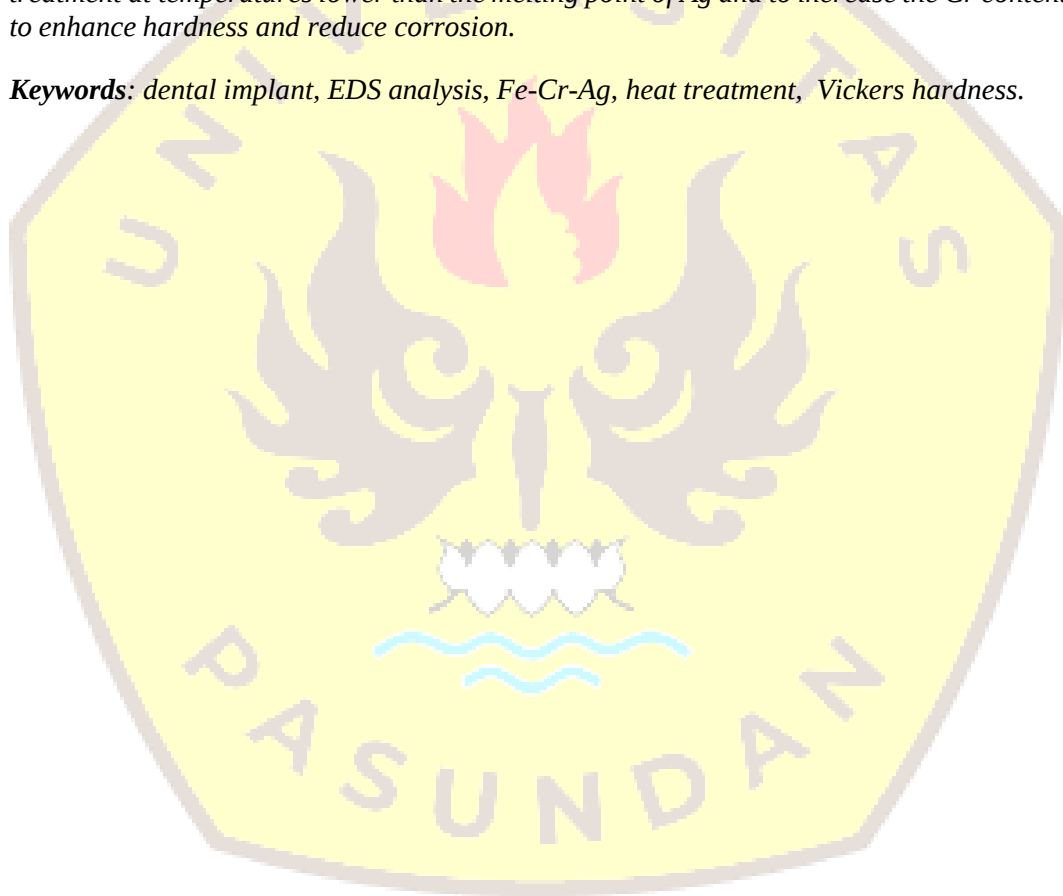
Kata kunci: analisis EDS, dental implan, Fe-Cr-Ag, kekerasan *Vickers*, perlakuan panas.



ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of heat treatment on the ternary alloy Fe-Cr-Ag for dental implant biomaterial applications. The Fe-Cr-Ag alloy was chosen due to its good mechanical properties and corrosion resistance, which are crucial for dental implant applications. The research method includes the preparation of Fe-Cr-Ag alloy specimens with Ag composition variations of 1% and 5%, followed by heat treatment at approximately 1000°C. The results show that heat treatment affects all characterizations performed on the specimens, especially in the Vickers hardness test. The specimen with 1% Ag has an average hardness of 26898 HV, while the specimen with 5% Ag has an average hardness of 19949 HV. EDS analysis shows differences in the elemental composition of the two specimens, but these differences are not significant. This study concludes that increasing the Ag content reduces the hardness of the specimens, and heat treatment causes oxidation of Ag, contributing to composition errors. The suggestion from this study is to perform heat treatment at temperatures lower than the melting point of Ag and to increase the Cr content to enhance hardness and reduce corrosion.

Keywords: dental implant, EDS analysis, Fe-Cr-Ag, heat treatment, Vickers hardness.



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Biomaterial di kalangan industri kesehatan merupakan sebuah komponen penting yang keberadaannya sangat diperlukan. Seperti yang telah diketahui, biomaterial pada dasarnya berasal dari bahan biologis setiap zat (bukan obat) kombinasi zat, sintetis atau alami, yang dapat digunakan untuk jangka waktu tertentu, sebagai bagian atau keseluruhan, dari sistem terapeutik, regeneratif atau menggantikan jaringan, organ, atau fungsi tubuh.

Logam memiliki sifat biomekanik yang membuatnya cocok sebagai bahan implan. Selain sifat-sifat ini, logam ini mudah dikerjakan dan memiliki hasil akhir yang bagus. Implan logam dapat disterilkan dengan prosedur sterilisasi umum sehingga mudah digunakan. Namun karena kemajuan zaman dan rendahnya tingkat keberhasilan logam (emas, baja tahan karat, kobalt-kromium), bahan-bahan tersebut kini sudah usang dan digantikan dengan yang baru. Titanium (Ti) dan paduannya (terutama Ti-6Al-4V) telah menjadi logam pilihan untuk implan gigi. Namun, prostetik pada implan selalu terbuat dari paduan emas, baja tahan karat, dan paduan kobalt-kromium dan nikel-kromium [1].

Kerap kali ada permasalahan yang timbul diakibatkan paduan material yang kurang baik, seperti tingginya laju korosi dan keausan yang mengakibatkan peradangan, maka timbullah inisiasi untuk memproduksi bahan paduan dengan kemampuan ketangguhan, anti korosi, dan anti bakteri yang diharapkan dapat membantu manusia dalam menangani masalah implan gigi ini. Oleh karena itu logam paduan Fe, Cr, dan Ag diharapkan dapat digunakan sebagai biomaterial implan gigi alternatif di masa depan.

2. Rumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimanakah proses *heat treatment* pada paduan ternary Fe-Cr-Ag dan apakah berpengaruh pada karakterisasinya.

3. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini ialah:

- a) Melakukan proses *heat treatment* pada paduan ternary Fe-Cr-Ag.
- b) Karakterisasi paduan ternary Fe-Cr-Ag yang telah mengalami proses *heat treatment* menggunakan metode pengujian metalografi, uji kekerasan *Vickers*, dan uji SEM/EDS.

4. Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini yakni pengetahuan mengenai karakterisasi paduan terner Fe-Cr-Ag yang telah melalui proses *heat treatment*.

5. Lingkup masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang dipaparkan diatas, maka batasan lingkup masalah dengan memfokuskan karakterisasi paduan terner Fe-Cr-Ag yang telah melalui proses *heat treatment*. Dalam proposal tugas akhir ini, diharapkan penyelesaian masalah dapat tertuju sehingga dapat dibuat batasan masalah:

- a) Penambahan proses *heat treatment* pada paduan terner Fe-Cr-Ag di angka 600 menit dan di suhu 1000 °C.
- b) Material yang digunakan adalah paduan terner Fe-Cr-1%Ag dan Fe-Cr-5%Ag.
- c) Karakterisasi dengan metode pengujian metalografi, uji kekerasan *Vickers*, dan uji SEM/EDS.
- d) Batasan penelitian tak berupa produk implan yang siap digunakan.

6. Sistematika penulisan

Laporan penelitian ini terdiri dari 5 (lima) bab serta daftar pustaka, yakni:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini diisi dengan teori dasar yang digunakan dalam lingkup biomaterial, dental implan, besi (Fe), kromium (Cr), perak (Ag), *heat treatment*, dan korosi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini mendeskripsikan tentang tahapan penelitian, tempat penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan, metode pengujian, dan metode pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi data yang diperoleh dari penambahan proses *heat treatment* pada paduan terner Fe-Cr-Ag, serta hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran keseluruhan penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisikan buku dan jurnal yang digunakan sebagai acuan pembuatan laporan

LAMPIRAN

Berisikan hasil dan dokumentasi penelitian



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. *Heat treatment* mempengaruhi semua nilai karakterisasi yang dilakukan pada kedua spesimen, khususnya dalam pengujian kekerasan *Vickers* pada spesimen Fe-Cr-5%Ag lebih terlihat pengaruhnya.
- b. Berdasarkan hasil pengujian *Vickers*, variasi komposisi Ag dapat mempengaruhi tingkat kekerasan pada spesimen, hal tersebut terbukti bahwa spesimen Fe-Cr-1%Ag memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 268,98 HV sedangkan pada spesimen Fe-Cr-5%Ag memiliki tingkat kekerasan rata-rata sebesar 199,49 HV.
- c. Berdasarkan hasil pengujian EDS, paduan Fe-Cr-1%Ag dan Fe-Cr-5%Ag tidak jauh berbeda namun memiliki tingkat *error* yang cukup tinggi pada komposisi Ag di kedua spesimen tersebut, hal yang menyebabkan dapat terjadinya *error* tersebut adalah oksidasi pada Ag karena pada saat proses peleburan.

2. Saran

Berdasarkan laporan yang telah dibuat, adanya saran sebagaimana berikut ini:

- a. Membuat material dengan meningkatkan unsur Cr untuk menambah nilai kekerasan juga mengurangi korosi, dan mengurangi unsur Ag supaya laju korosi tidak meningkat.
- b. Melakukan pengujian sifat lainnya untuk mendapatkan informasi yang maksimal contohnya kekasaran permukaan, mampu bentuk yield strength dan lainnya.
- c. Melakukan pengujian antibakteri seperti yang terdapat di dalam mulut untuk melihat fungsi atau tujuan material Ag.
- d. Membuat dental implan berupa produk material Fe-Cr-Ag yang siap digunakan.
- e. Membuat variasi untuk waktu pemanasan/*heat treatment*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. K. Saini M, Singh Y, Arora P, dan Arora V, "Implant biomaterials: A comprehensive review" *World J Clin Cases*, pp. 52–7, 2015.
- [2] P. Parida, A. Behera, S. C. Mishra, dan A. Info, "Behera 2012 Clasificare Biomateriale" vol. 1, no. 3, pp. 31–35, 2012.
- [3] G. Qizhi Chen, "Metallic implant biomaterials," *Mater. Sci. Eng. R Reports*, vol. 87, pp. 1–57, 2015.
- [4] G. Gretchen, Allison E. Fetz, dan Marko Z. Radic, "An overview of the role of neutrophils in innate immunity, inflammation and host-biomaterial integration," *Regen. Biomater.*, vol. 4, no. 1, pp. 55–68, 2017.
- [5] H. Gilson Khang, S. J. Lee, dan M. K. Kim, "Biomaterials: Tissue Engineering and Scaffolds," 2006.
- [6] A. Cigada, R. Chiesa, M. R. Pinasco, dan K. Hisatsune, "Metallic Materials," *International Biomater Sci*, pp. 255–296, 2005.
- [7] Roderic S. Lakes, "Composite Biomaterials" in *Biomaterials*, 2007 *Metals (Basel)*, vol. 11, no. 2, pp. 1–20, 2021.
- [8] H. V. Cruz, J. C. M. Souza, M. Henriques, dan L. A. Rocha, *Tribocorrosion and Bio Tribocorrosion in the Oral Environment: The Case of Dental Implants*, no. 14, 2011.
- [9] N. Ananda, L. Dwi Sulistyani, dan E. Winiati Bachtiar, "Pertimbangan Penggunaan Implan Gigi pada Lansia Consideration for Treatment Planning of Dental Implant in Elderly," *Insisiva Dent. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [10] A. W. Cut Yulian Fitriani, "Biokompatibilitas Material Titanium Implan Gigi," vol. 8, no. 11, pp. 53–58, 2019.
- [11] S. Kristianto, S. Wilujeng, dan D. Wahyudiarto, "Analisis Logam Berat Kromium (Cr) pada kali Pelayaran sebagai bentuk upaya penanggulangan pencemaran lingkungan di wilayah Sidoarjo," *Biota*, vol. 3, no. 2, p. 66, 2017.

- [12] S. Herbirowo dan B. Adjiantoro, "the Influence of Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Strength of Lateritic Nickel Steel," *Widyariset*, vol. 2, no. 2, p. 153, 2016.
- [13] W. M. Tucho dan V. Hansen, "Studies of post fabrication heat treatment of L PBF inconel 718: Effects of hold time on microstructure, annealing twins, and hardness," *Metals (Basel)*, vol. 11, no. 2, pp. 1–20, 2021.
- [14] R. Rifnaldi dan Mulianti, "Pengaruh Perlakuan Panas Hardening dan Tempering Terhadap Kekerasan (*Hardness*) Baja AISI 1045," *Ranah Res. J. Multidisciplinary Res. Dev.*, vol. 1, no. 4, pp. 950–959, 2019.
- [15] S. Anggoro, "Pengaruh Perlakuan Panas Quenching dan Tempering terhadap Laju Korosi pada Baja AISI 420," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 1, no. 2, p. 19, 2017.
- [16] A. Rudiyanto, "Analisis proses Stress Relieving Annealing terhadap sambungan Las Gas Metal Arc Welding (GMAW) Material Baja SS 400," *Ilmu Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. 22, pp. 84–93, 2022.
- [17] B. Al-mangour, "*Fe-Cr phase diagram*" *Stainless Steel Powder Metallurgy of Stainless*, no.2 January 2015.
- [18] S. Kirono, E. Diniardi, dan I. Prasetyo, "Analisa Perubahan Dimensi Baja AISI 1045 Setelah Proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)," *Sintek Ilmu Teknik Mesin*, no. 1, pp. 1–11, 2018.
- [19] T. A. Prayitno, R. A. M. Sari, dan R. Widyorini, "Sifat Finishing Kayu Jati Setelah Perlakuan Panas," *Peneliti Kayu Indonesia*. XV, p. 182, 2012.
- [20] A. D. Jesus dan G. Soebiyakto, "Analisis Uji Tarik Dan Metalografi Sifat Mekanik Besi Tuang Kelabu (Fc-20) Dengan Proses Heat Treatment," *Proton*, vol. 10, no. 1, pp. 25–29, 2018.
- [21] S. Han, "Earth system science applications of next generation SEM EDS automated mineral mapping," *Front. Earth Sci*, vol. 10, pp. 1–22, 2022.
- [22] A. Emanuela dan M. Marion, "Indentation Image Analysis for Vickers Hardness Testing," in *2018 15th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE)*, 2018.
- [23] W. Raenaldy Tasmaya, "Pembuatan Biomaterial Fe-Cr-Ag Untuk Material Implan,"

Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan, 2022.

- [24] A. Irawan, "Analisa pengujian kekerasan material baja karbonrendah dan besi," vol. 7, no. 2, pp. 57–61, 2019.
- [25] H. Wahyudi, T. Dirgantara, dan R. Suratman, "Pengaruh faktor dan mekanisme pengerasan regangan pada baja Hardfield pengaruh unsur paduan dan twinning, energy stacking fault, kecepatan regangan dan energi," vol. 27, no. 2, pp. 40–54, 2018.
- [26] W. D. Callister dan D. G. Rethwisch, "Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach," Wiley, p. 964, 2015.
- [27] S. Fatimah dan Ariswan, "The effect of variation metal substance characterization using xrf and oes to determine the hardness of a steel," 2018.
- [28] J. Prihartono, I. Nurdiansyah, dan M. Rockwell, "Perancangan alat uji kekerasan metode Brinell dan Rockwell berdasarkan VDI 2221," vol. 24, no. 1, pp. 35–40, 2022.
- [29] D. H. Ubelaker, D. C. Ward, V. S. Braz, dan J. Stewart, "The Use of SEM EDS Analysis to Distinguish Dental and Osseus Tissue from Other Materials," *J. Forensic Sci*, vol. 47, no. 5, 2016.
- [30] D. C. Machinery, "Specifications: Features and Accessories, Terms of Sale, Price, request quotation," pp. 1–3, 2016.