

# SINTESIS Fe-Ti YANG DIDOPING Al UNTUK

## BIO MATERIAL IMPLANT BONE PLATE

(*Synthesis Of Al-Doped Fe-Ti For Bio Material Implant Bone Plate*)

Asep Asikin, ST, MM<sup>1</sup>

Dr. Ir Muki Satya Permana, MT<sup>2</sup>

Dr.Ir Djoko Hadi Peryitno, MSME<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung

<sup>2</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bandung

---

### ABSTRAK

Penelitian ini untuk mempelajari pengaruh doping unsur Ti terhadap paduan bioinert Fe-30Al dengan metode pengujian *Simulated Body Fluid* terhadap laju korosi pada logam paduan Fe-Al-Ti, pengujian metalografi, pengujian kekerasan mikro, pengujian X-Ray *Diffraction* (XRD), Pengamatan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) sebagai bahan biomaterial implant pada pelat tulang. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisa pembuatan material paduan Fe-Al-Ti dengan matriks *based material* Fe, penambahan unsur *Titanium* terhadap nilai kekerasan logam paduan Fe-Al-Ti, penambahan unsur Titanium terhadap struktur mikro pada logam paduan Fe-Al-Ti, pengaruh larutan *Simulated Body Fluid* (SBF) *Ringer Laktat* terhadap laju korosi pada logam paduan Fe-Al-Ti. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa senyawa yang terbentuk pada paduan Fe-30-xTi (x= 0, 1, 3 dan 5 % wt) adalah senyawa intermetalik yang terdiri dari  $\alpha$ Fe, FeAl dan Fe<sub>2</sub>Ti. Matriks sebaran Ti pada butir dan batas butir stabil pada penambahan Ti 1% dan Ti 3% sedangkan pada penambahan Ti 5% sebaran Ti terjadi pada batas butir. Hasil data peleburan menggunakan *Single Arc Melting Furnace*, paduan Fe-30Al memiliki nilai kekerasan rata-rata 490 HV. Paduan Fe-30Al-1Ti memiliki nilai kekerasan rata-rata 577 HV, paduan Fe-30Al-3Ti memiliki nilai kekerasan rata-rata 600 HV dan Paduan Fe-30Al-5Ti memiliki kekerasan rata-rata 610 HV. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa paduan Fe-30Al-xTi (x= 0, 1, 3 dan 5 % wt) akan meningkat biokompatibelnya dengan meningkatnya ketahanan korosi dalam media *ringer laktat* bila paduan Aluminium Iron yang di doping dengan Ti dengan jumlah yang lebih besar. Hal tersebut terjadi dikarenakan penambahan Ti pada paduan titanium Fe-30Al dapat meningkatkan ketahanan korosi yang disebabkan terjadinya pelapisan permukaan (*film*) TiO<sub>2</sub>.

#### Kata Kunci:

*Biomaterial, Fe-Al-Ti, Polarisation, Biomaterial, Implan pelat tulang*

#### Abstract

*This research is to observe the effect of Ti element doping on Fe-30Al bioinert alloy by testing method Simulated Body Fluid on the corrosion rate of the Fe-Al-Ti guide metal, metallographic testing, microhardness testing, X-Ray testing Diffraction (XRD), SEM Observations (Scanning Electron Microscope) and EDX (Energy Dispersive X-Ray) as an implant biomaterial in bone plates. The aim of this research is to analyze the manufacture of Fe-Al-Ti alloy materials with a matrix based material Fe, element addition Titanium on the hardness value of the alloy metal Fe-Al-Ti, the addition of the element Titanium to the microstructure of the alloy metal Fe-Al-Ti, the effect of the solution simulated Body Fluid (SBF) Ringer Lactate on the corrosion rate of alloys Fe-Al-Ti. The results of microstructural observations showed that the compounds formed in the Fe-30-xTi alloy (x= 0, 1, 3 and 5 %wt) is an intermetallic compound consisting of  $\alpha$ Fe, FeAl and Fe<sub>2</sub>Ti. The distribution matrix of Ti in grains and grain boundaries was stable when Ti 1% and Ti 3% were added, while when Ti was added 5%, Ti distribution occurred at grain boundaries. The results of smelting data using Single Arc Melting Furnace, Fe-30Al alloy has an average hardness value of 490 HV. Fe-30Al-1Ti alloy has an average hardness value of 577 HV, Fe-30Al-3Ti alloy has an average hardness value of 600 HV and Fe-30Al-5Ti alloy has an average hardness of 610 HV. From the results of the research that has been done, it shows that the Fe-30Al-xTi alloy (x= 0, 1, 3 and 5% wt) will increase its biocompatible with increasing corrosion resistance in the media. calls lactate when the Aluminum Iron alloy is doped with Ti in a larger amount. This happens because the addition of Ti to the Fe-30Al titanium alloy can increase corrosion resistance caused by surface coating (film) TiO<sub>2</sub>.*

**Key Words :** *Fe-Al-Ti, polarization, Biomaterial, Bone plate Implant*

---

### PENDAHULUAN

Biomaterial berbasis logam seperti baja tahan karat,

material *Ferrous* dengan *Titanium* dan *Aluminium*. Karakteristik biomaterial implan *Ferrum* memiliki sifat mekanis yang baik tetapi memiliki sifat mampu luruh yang

lama *Titanium* dipilih karena berdasarkan penelitian, paduan *Titanium* dikenal dengan ketahanan korosi dan ausnya yang luar biasa, sehingga banyak dipakai untuk *nondegradable bio material implant* dan sendi buatan sedangkan *Alumunium* digunakan karena memiliki sifat anti bakteri yang baik serta paduannya menunjukkan biokompatibilitas yang baik. Sterilisasi berulang dari paduan titanium dan sifat fleksibilitasnya juga merupakan pertimbangan pemilihan yang penting Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa paduan titanium bekerja lebih baik sebagai bahan implan daripada titanium murni, yang dikaitkan dengan pembentukan larutan padat logam paduan. Oleh karena itu, paduan titanium digunakan sebagai bahan penelitian untuk biomaterial. *Non Degradable Bio Material Implant Bone plate* adalah salah satu komponen implant yang dibuat untuk menggantikan struktur dan fungsi suatu bagian biologis yang berfungsi sebagai perangkat yang di tempatkan sebagai pengganti tulang untuk menyangga fraktur dalam tubuh memberikan fungsi sebagai alat untuk menyanggah tulang yang patah pada tubuh. Dalam konteks ini, implan dapat ditempatkan di dalam tubuh (internal) ataupun di luar tubuh (eksternal)

Titanium akan membentuk lapisan titanium oksida ( $TiO_2$ ) yang pasif dan stabil terhadap pengaruh kondisi sekitarnya sehingga mempunyai resistensi yang baik terhadap korosi serta biokompatibilitas baik pada suhu ruang, suhu oral dan suhu tubuh. Sistem paduan (Ti-Al) ini adalah paduan yang mencakup tiga senyawa kimia sesuai dengan formula stoikiometri  $TiAl_3$  (fase  $\alpha$ ),  $TiAl$  (fase  $\beta$ ) dan  $TiAl_3$ . Paduan Titanium berbasis aluminida secara signifikan melebihi paduan titanium oleh beberapa sifat dan sebanding dengan paduan nikel. ini mengacu pada modulus elastisitas dan suhu operasional, yang 100- 200 °C lebih tinggi daripada paduan titanium komersial.

Titanium (Ti6Al4V) tersusun oleh 90% atom titanium, 6% atom aluminium, dan 4% atom vanadium dan termasuk dalam klasifikasi paduan titanium yang mempunyai fasa alpha-beta. Paduan ini dapat ditingkatkan kekuatannya dengan cara solution heat treatment dan penuaan. Ti-6Al-4V (sebutan UNS R56400), disebut TC4, Ti64, atau ASTM Grade 5, adalah paduan titanium alfa-beta dengan kekuatan spesifik yang tinggi dan ketahanan korosi yang sangat baik. Ini adalah salah satu paduan titanium yang paling umum digunakan dan diterapkan dalam berbagai aplikasi di mana kepadatan rendah dan ketahanan

korosi yang sangat baik diperlukan seperti misalnya aplikasi biomekanik (implan dan prostesis). Peningkatan

Proses pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi penambahan unsur Ti pada

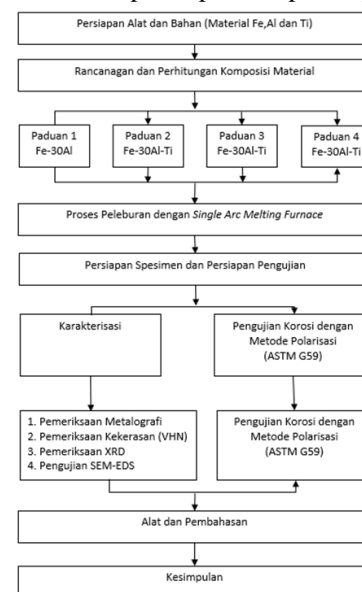
penggunaan paduan titanium sebagai biomaterial terjadi karena modulusnya yang lebih rendah, biokompatibilitas yang unggul dan ketahanan korosi yang ditingkatkan bila dibandingkan dengan baja tahan karat yang lebih konvensional dan paduan berbasis kobalt.

Dalam beberapa tahun terakhir, paduan Fe-Al dengan kadar antara 16 hingga 50 persen umumnya dinamakan *iron aluminides*. Paduan intermetalik ini terdiri dari  $Fe_3Al$  atau  $FeAl$  dan memiliki sifat mekanik tergantung dari kadar aluminium dalam paduan. Paduan intermetalik ini sering digunakan pada struktur yang mengalami temperatur tinggi, kemampuan sulfidasi serta ketahanan oksidasi yang tinggi, ketahanan aus dan kekuatan yang tinggi berbanding dengan rasio beratnya titanium Ti-6Al-4V dalam minuman berkarbonasi yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi spesimen untuk penggunaan biomedis telah banyak dilakukan sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengujian *Simulated Body Fluid* terhadap laju korosi pada logam paduan Fe-AL-Ti dengan metode elektrokimia polarisasi dalam biomaterial implan *bone plate* untuk meningkatkan ketahanan korosi spesimen.

## METODE PENELITIAN

Paduan titanium Ti-6Al-4V memiliki titik lebur yang tinggi, pengerjaan peleburan dilakukan variasi penambahan unsur Ti (X = 0%, 1%, 3%, 5%) pada paduan Biner Fe Al. Prinsip dasar merupakan proses pembuatan paduan terner untuk aplikasi biomaterial implant melalui proses peleburan menggunakan *Single Arc Melting Furnace*.

Data awal penelitian; komposisi paduan, proses peleburan

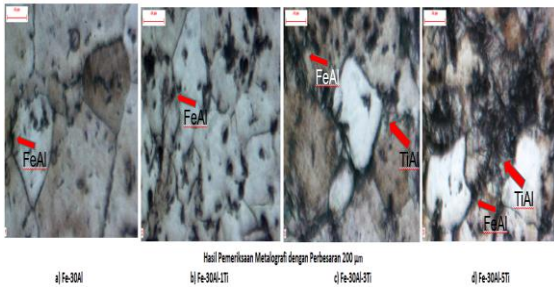


## HASIL DAN PEMBAHASAN

paduan Fe-Al, yaitu:

(1) Pemeriksaan Metalografi merupakan proses

peleburan paduan Fe-Al-Ti dilakukan dengan metode peleburan di dalam *Arc Melting Furnace* yang dilengkapi dengan perangkat gas argon injektor dan resistor serta catu daya DC untuk mengalirkan arus dengan variasi tertentu yang akan menghasilkan daya dan suhu yang tinggi. Analisis mikrostruktur dilakukan dengan pengujian Metalografi, XRD dan SeM. Larutan etsa yang digunakan pada pengujian metalografi merupakan aqua regia dengan komposisi HNO<sub>3</sub>, HF, HCL dan Aquadest dengan perbandingan 5:3:2:90. Struktur material dapat terlihat pada gambar dibawah ini yang menunjukkan adanya sebaran senyawa Fe-Al yang berada pada batas butir. Sedangkan pada gambar dibawah ini juga terlihat sebaran unsur Ti yang berada di butir matriks *based Fe* yang membentuk senyawa Fe<sub>2</sub>Ti. Sebaran unsur Al yang tersebar pada batas butir mengikat atom Fe sehingga membentuk senyawa FeAl dan terbentuk menyeluruh tersebar pada batas butir;



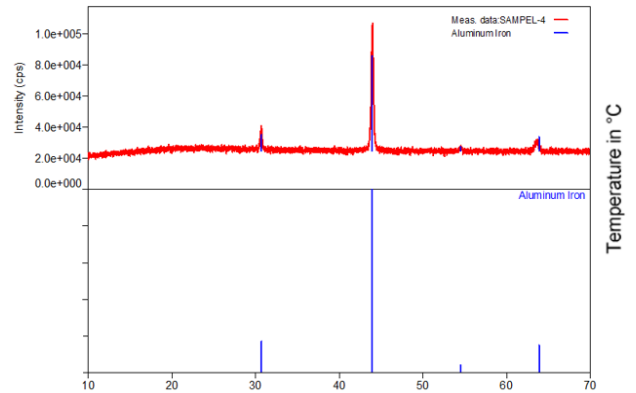
- (2) Pengujian *Mikro Vickers* merupakan pengujian kekerasan mikro dilakukan dengan metode *Vickers* dengan beban sebesar 1 kgf. Pengujian ini dilakukan pada 4 sampel yaitu Fe30Al, Fe30Al1Ti, Fe30Al3Ti dan Fe30Al5Ti, dengan masing-masing sampel dilakukan 5 kali pengujian pada titik yang berbeda dan dengan jarak identasi yang berbeda-beda.;

UJI KEKERASAN MIKRO VICKERS					
Foto Benda Uji :	Hasil Pengujian				
	No.	d1	d2	d Avg	HV
	1	63,7	63,6	63,7	458
	2	59,3	59,3	59,3	527
	3	61,3	59,8	60,6	506
	4	62,6	59,8	61,2	495
	5	63,5	62,7	63,1	466
	Avg HV				490

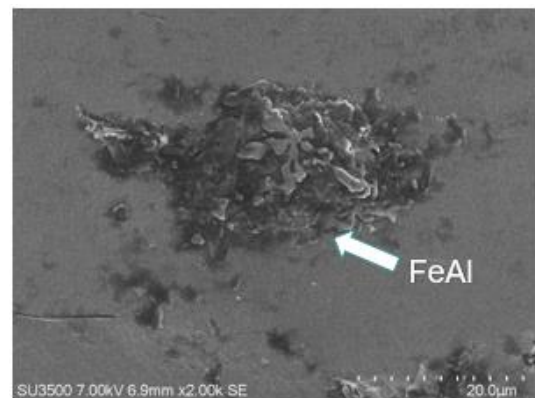
Pengujian Kekerasan (Hardness Vickers) merupakan Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan sampel Fe70Al30 memiliki nilai kekerasan rata-rata 490 HV. Sampel yang kedua Fe69Al301Ti memiliki

nilai kekerasan rata-rata 577 HV, sampel ketiga Fe67Al30Ti3 memiliki nilai kekerasan rata-rata 600 HV dan sampel yang keempat memiliki nilai kekerasan rata-rata 610 HV;

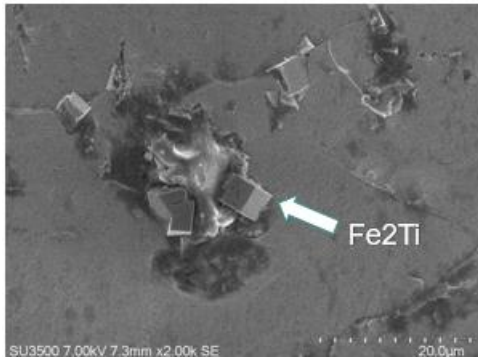
- (3) Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan pengujian XRD (X-Ray Diffraction) dilakukan untuk dapat mendeteksi struktur kristal, parameter kisi dan posisi atom dari unsur penyusunnya. Hasil pengujian sampel Fe30Al5Ti terdeteksi senyawa FeAl dan Fe<sub>2</sub>Ti. Senyawa ini sebenarnya sudah dapat diprediksi sebelumnya dari hasil EDX yang memperlihatkan bahwa prosentase unsur yang paling dominan adalah Fe dan diikuti Al;



- (4) Pengamatan SEM (Scanning Electron Microscope) dan EDX (Energy Dispersive X-Ray). Hasil dari pengujian SEM akan diperoleh gambar dengan warna hitam putih atau gelap terang yang dipengaruhi oleh unsur penyusunnya. Unsur penyusun dengan nomor atom yang lebih besar akan menghasilkan warna yang lebih terang dari unsur dengan nomor atom yang lebih kecil. Seperti pada gambar dibawah ini terlihat unsur Fe dengan nomor Atom 26 akan menghasilkan warna yang lebih terang daripada unsur Al yang memiliki nomor atom 13. Hasil pengamatan SEM terlihat gambar dibawah ini senyawa FeAl yang tersebar pada butir.

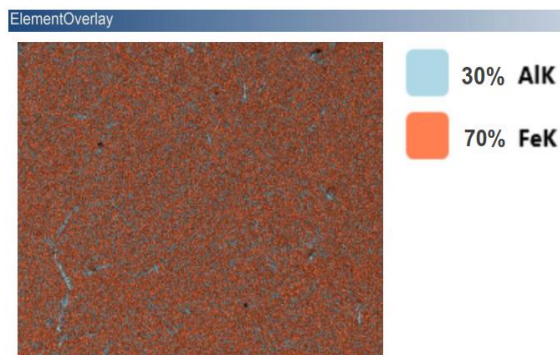


Pada paduan Fe30Al5Ti terlihat unsur Fe yang bersenyawa dengan Ti yang tersebar merata pada butir membentuk senyawa Fe<sub>2</sub>Ti. Senyawa Fe<sub>2</sub>Ti terlihat pada gambar dibawah ini.



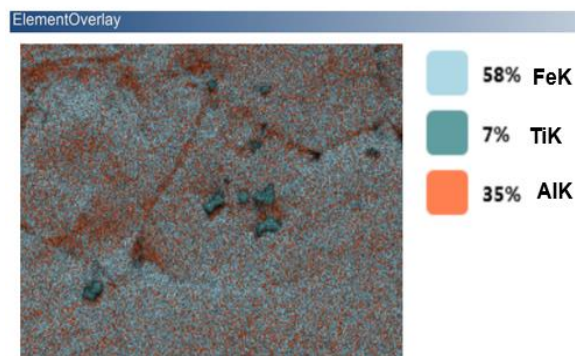
- (5) SEM Mapping merupakan bagian pengujian dari hasil SEM, yang memperlihatkan sebaran unsur/senyawa yang berada pada butir dan batas butir. Pada gambar dibawah ini terlihat sebaran unsur Fe yang berwarna merah dengan komposisi paduan 70% dan unsur Al terlihat dengan warna biru dengan komposisi 30% sesuai dengan komposisi paduan Fe<sub>30</sub>Al.

#### EDAX TEAM



Adapun paduan Fe<sub>30</sub>Al<sub>5</sub>Ti nampak terlihat adanya unsur Ti yang berwarna tosca pada paduan dengan komposisi 5% , Fe 35% yang berwarna biru muda dan Al 58% yang berwarna merah, sebaran unsur Ti terlihat merata pada butir dan sebaran Fe dan Al juga terlihat merata pada butir dan batas butir sebagaimana terlihat pada gambar dibawah ini.

#### EDAX TEAM



## KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, paduan Fe-<sub>30</sub>Al-xTi dibuat sebagai alternatif material baru untuk implant pada tulang yang memiliki struktur mikro didominasi senyawa FeAl dan Fe<sub>2</sub>Ti pada matriks base material Fe. Penambahan unsur Ti dapat meningkatkan kekerasan paduan Fe<sub>30</sub>Al dari 490 HV menjadi 577 HV dengan kenaikan 18% , pada paduan Fe<sub>30</sub>Al<sub>3</sub>Ti 600 HV dengan kenaikan 4% dan pada paduan Fe<sub>30</sub>Al<sub>5</sub>Ti 610 HV dengan kenaikan 2%. Kekerasan mikro meningkat ketika kandungan Ti 1%, 3% dan 5%. Kekerasan pada butir dan batas butir stabil pada kandungan 1% dan 3% , namun pada kandungan Ti 5% nilai kekerasan meningkat sekitar 16%. Peningkatan kekerasan ini sesuai dengan mekanisme penguatan *precipitation hardening* dengan sebaran unsur Ti yang tersebar merata pada butir. Adapun senyawa Fe<sub>2</sub>Ti yang ada pada batas butir hanya ditemukan pada paduan Fe<sub>30</sub>Al<sub>5</sub>Ti dikarenakan komposisi Ti yang melebihi batas kelarutannya. Ketahanan korosi akan meningkat dengan kandungan Ti didalamnya. Paduan Fe<sub>30</sub>Al<sub>5</sub>Ti memiliki ketahanan korosi yang paling baik dengan tingkat pelarutan paling rendah terutama disebabkan oleh film TiO<sub>2</sub>. Karena sifat mekanik dan ketahanan korosi yang baik, pelepasan ion yang rendah, dan biokompatibilitas yang baik, material paduan Fe<sub>30</sub>Al<sub>1</sub>Ti dan Fe<sub>30</sub>Al<sub>3</sub>Ti dapat menjadi alternatif kandidat yang baik sebagai bahan biomaterial implant pada tulang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan fasilitas untuk peleburan dan bahan serta pengujian korosi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. A. Hermanto, Y. Burhanudin, Sukmana, Peluang dan Tantangan aplikasi baut tulang mampu terdegradasi berbasis logam magnesium, 2021.
2. Bush, L. M., Perez, M.T. (2014). Shigellosis (Bacillary Dysentery). Diakses 29 Juni 2015, from [http://www.merckmanuals.com/professional/infectious-disease/gramnegative\\_bacilli/shigellosis.html](http://www.merckmanuals.com/professional/infectious-disease/gramnegative_bacilli/shigellosis.html)
3. Bombac, D., B. Miha., Fajfar, P., Kosel, F., dan Turk, R. 2007, "Review of Materials in Medical Applications". RMZ Materials and Geoenvironment., 54, 471- 499
4. Cahya Sutowo, Muhammad Ikhsan, Ika Kartika, "Karakteristik Material Biokompetibel Aplikasi Implan Medis Jenis Bone Plate", 2022.
5. Denkana A., Thorey F., Waizy H., Angrisani N., Lindenberga A. M., 2011, Biocompatible Magnesium Alloys as Degradable Implant Material – Machining Induced Surface and Subsurface Properties and Implant Performance, Special Issue on Magnesium Alloys, 109-128
6. Firmansyah. (2019). Pengaruh Faktor Status Sosial Ekonomi terhadap tertutup Komplit di RSUD Raden Mather Jambi.
7. Jurnal e-Clinic (eCl), Volume 4, Nomor 1, Januari-Juni 2016 Kehilangan sebagian gigi pada rongga mulut Krista V. Siagian Program Studi Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado.
8. Harold W Kroto, Surface Engineered Surgical Tools and Medical device, 2006
9. Hermawan, Hendra, Pengenalannya Pada Biomaterial,

Laval University Canada, 2019

10. Hermawan, H., Dadan Ramdan and Joy R. P. Djuansjah, 2011, Metals for Biomedical Application, in R. Fazel (ed.), Biomedical Engineering: from Theory to Applications, ISBN: 979-953-307-854-9, InTech Pub, Croatia, 2011, in pres
11. Ige, O.O., Umoru, L.E., Adeoye, M.O., Adetunji, A.R., Olorunniwo, O.E., dan Akomolafe, I.I. 2009. "Monitoring, Control, and Prevention Practises of Biomaterials Corrosion-An Overview", Trends Biomaterials Artificial Organs., 23, 93-104
12. Kemenkes Ri. (2018). Laporan Nasional Riskesdas 2019. Balitbang Kemenkes RI.
13. K.Kannan MB. Hydroxyapatite (HAp) for Biomedical Applications. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-033-0.00013-4>
14. Kwok. 2009. Characterization and Corrosion Behavior of Hydroxyapatite Coatings on Ti6Al4v Fabricated by Electrophoretic Deposition. Department of Electromechanical Engineering, University of Macau, China.
15. Lerato Semestse, Bio-tribocorrosion Behaviour of Spark Plasma Sintered Titanium Composites in Simulated Body Fluid Faculty of Engineering and the Built Environment at the UNIVERSITY OF JOHANNESBURG.2017
16. Łyszkowski, Radosław., Bystrzycki, Jerzy. Hot deformation and processing maps of a Fe–Al intermetallic alloy. Materials Characterization 96: 196, 2015.
17. Mutiara Santhi, 2020, Gambaran Asuhan Keperawatan Pada Pasien Post Operasi Open Reduction Internal Fixation Fraktur Ekstremitas Bawah Dengan Nyeri Akutdi Ruang Sanda
18. Mihaela Dinu Tom Hauffman Chiara, dkk. Protective performance of Zr and Cr base Silicoxynitrides used for dental applications by means of potentiodynamics polarization and odd random phase multisine electrochemical impedance spectroscopy. 2016.
19. Noseyev ,Valentin N. Noseyev .Titanium Alloys Russian Aircraft and Aerospace Applications, 2006.
20. Palm, M.; Lacaze, J. Assessment of the Al-Fe-Ti system. Intermetallics 2006, 14, 1291–1303.
21. Park JB, Lakes RS. Biomaterials: An Introduction. 3rd ed. Heidelberg: Springer; 2007.
22. Price S.A & Wilson L.M. 2006. Patofisiologi Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit. Jakarta: EGC
23. Purnama , Eko Firman. "Pengaruh suhu reaksi terhadap derajat kristalinitas dan komposisi hidroksiapatit dibuat dengan media air dan cairan tubuh buatan (synthetic body fluid)". 2006, Departemen fisika,fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam Institut Pertanian Bogor
24. Sjamsuhidajat R, De Jong W, Editors. Buku Ajar Ilmu Bedah Sjamsuhidajat-De Jong. Sistem Organ dan Tindak Bedahnya (1). 4th ed. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2017
25. Sojitra, Prakash, C. Engineer, A. Raval, D. Kothwala, A. Rawal, H. Kotadia, G. Mehta, 2009, Electropolishing of 316LVM Stainless Steel Cardiovascular Stents: An Investigation of Material Removal, Surface Roughness and Corrosion Behaviour, Trends Biomater. Artif. Organs, Vol 23(3), pp 115-121, 2010.
26. Stein, F.; Schneider, A.; Frommeyer, G. Flow stress anomaly and order–disorder transitions in
27. Fe3Al-based Fe–Al–Ti–X alloys with X = V, Cr, Nb, or Mo. Intermetallics 2003, 11, 71–82, 2022.
28. Teoh Swee Hin. "Engineering Materials for Biomedical Applications". Singapura: National University of Singapore. World Scientific. Biomaterials Engineering and Processing Series Voi.1, 2022
29. Trina Majumdar, Tiphaine Bazin1,Emily Massahud Carvalho Ribeiro1,Jessica Ellen Frith1,Nick Birbilis, "Understanding the effects of PBF process parameter interplay on Ti-6Al-4V surface properties", 2022.
30. Wang HL, Carroll MJ. Guided bone regeneration using bone grafts and collagen membranes. Quintessence Int ,2001; 32:504–515, 2022.
31. Williams DF. Definitions in biomaterials. Progress in Biomedical Engineering Amsterdam, Elsevier, 1987.
32. Witte F., Hort N., Vogt C., Degradable biomaterials based on magnesium corrosion, Current Opinion in Solid State and Materials Science, 12(5–6), 63–72,2018.
33. Yang, Fuqiang., Song, Renbo., Li, Yaping., Sun, Ting., Wang, Kaikun. Tensile deformation of low density duplex Fe–Mn–Al–C steel. Materials and Design 76: 32–39, 2015.
34. Yulian Fitriani, Awaluddin Wibawa. Biokompatibilitas Material Titanium Implan Gigi. Titanium Biocompatibility on Dental Implant, Cut Departemen Bedah Mulut dan Maksilofasial, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia, Jalan Salemba Raya No.4 Jakarta Pusat, Indonesia.2019...
35. Zhao J.; Zhiyuan Z., Shaoyi W., Xiaojuan S., Xiuli Z., Chen J., Kaplan D., Jiang X., 2009, Apatite-Coated Silk Fibroin Scaffolds to Healing Mandibular Border Defect in Canines, Bone 45, 517-527.
36. Aluminium-4Vanadium Alloy for Surgical Implants Applications (UNS R56400)", ASTM Standards, Philadelphia, PA, USA, 1990