

ANALISIS STRUKTUR DAN FASE PADUAN SENG MAMPU TERSERAP TUBUH UNTUK APLIKASI IMPLAN BIOMEDIS

Rheda Pratama¹, Nizwardi Jalinus², Nurfitri Rahmi Sari³, Andril Arafat⁴

¹Universitas Negeri Padang, Indonesia

²Universitas Negeri Padang, Indonesia

³Universitas Negeri Padang, Indonesia

⁴Universitas Negeri Padang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima: 22 Juli 2019
Direvisi: 23 Juli 2019
Diterbitkan: 1 Agustus 2019

KATA KUNCI

Biomaterial, Zinc (Zn), Sifat Mekanik, XRD, Biodegradable Implant

KORESPONDEN

No. Telepon:
+62 822 5451 2574

E-mail:
rhedapratama@gmail.com,
nizwardijalinus@gmail.com,
nurfitirahmi@gmail.com,
arafat@ft.unp.ac.id

A B S T R A K

Perkembangan biomaterial sebagai implan biomedis mengalami kemajuan yang signifikan. Dalam biomaterial, teknik mesin memainkan peranan penting dalam dunia medis, salah satunya dalam pembuatan implan dan peralatan medis. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Prof. Hendra Hermawan, Ph.D. yang telah meneliti karakterisasi paduan as-cast. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi dengan menjadikan paduan as-rolled dan bertujuan untuk menganalisa mechanical properties paduan as-cast dan as-rolled serta analisa struktur dan fase paduan as-rolled. Metode penelitian yang digunakan merupakan jenis kuantitatif dengan melakukan eksperimen. Penelitian ini menggunakan variasi komposisi paduan Zn-1Mg dan paduan Zn-0.5Al. Adapun metode yang digunakan untuk mengetahui sifat mekanik paduan Zn as-cast dan paduan Zn as-rolled adalah dengan uji kekerasan Vickers. Sementara itu, untuk menganalisa struktur, fase dan material yang terbentuk pada paduan Zn dilakukan pengujian XRD (X-Ray Diffraction). Berdasarkan hasil uji kekerasan didapatkan hasil bahwa paduan Zn-1Mg memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan Zn-0.5Al. Sedangkan analisis data dari hasil uji XRD menunjukkan terbentuk struktur Hexagonal Closest Packed (HCP) serta fase sesuai paduan yang diuji.

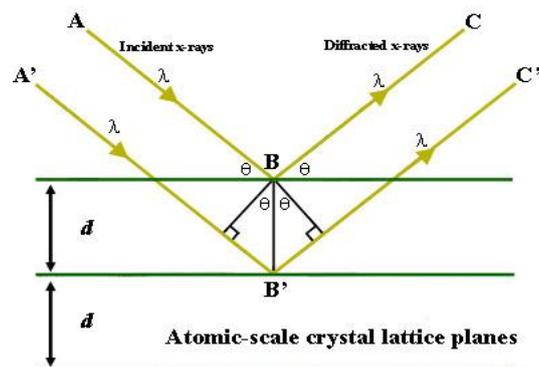
PENDAHULUAN

Biomaterial terus mengalami perkembangan yang signifikan. Dalam beberapa tahun terakhir, inovasi dalam biomaterial dan teknologi medis telah menarik perhatian yang luar biasa sebagai potensi untuk meningkatkan kehidupan manusia. Dalam biomaterial, teknik mesin memainkan peranan penting dalam dunia medis, salah satunya dalam pembuatan implan dan peralatan medis. Indonesia adalah pasar alat kesehatan (alkes) yang tumbuh pesat dengan laju pertumbuhan tahunan sebesar 12,7% sampai tahun 2019 (BMI Research, 2015). Namun, menurut survei Kemenkes, hanya 6% dari alkes yang beredar adalah produk lokal. Angka yang rendah dibanding dengan Malaysia (10%), Vietnam (13%) dan Thailand (33%), sekaligus menunjukkan kecenderungan Indonesia terhadap impor yang masih tinggi (Hariyanti, 2015).

Biomaterial yang dapat terdegradasi membawa kemungkinan untuk membuat implan medis yang berfungsi untuk periode yang ditentukan terkait dengan kejadian klinis seperti

penyembuhan. Biomaterial dapat dibuat atas dasar polimer, keramik dan logam. Logam-logam ini, yang diperkirakan akan mengalami korosi secara bertahap dengan respons inang (bagian tubuh yang diimplan) yang sesuai dan kemudian larut sepenuhnya setelah memenuhi misi untuk membantu penyembuhan jaringan, dikenal sebagai logam yang dapat terdegradasi. Logam ini merupakan kelas biomaterial bioaktif baru yang mendukung proses penyembuhan masalah klinis sementara. Tiga kelas logam telah dieksplorasi: paduan berbasis magnesium, seng dan besi (Nasution, 2016). Menurut Fikri (2017), penggunaan magnesium dan besi sebagai implan tulang *biodegradable* telah jamak dilakukan. Pada penelitian ini, digunakan logam paduan berbasis seng sebagai *biodegradable implant*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Yin, 2008) menunjukkan bahwa unsur Zn dapat secara signifikan memperbaiki ukuran butir dan meningkatkan sifat mekanik.

Prinsip XRD yaitu didasarkan pada difraksi sinar-X, hamburan cahaya dengan panjang gelombang λ saat melewati kisi kristal dengan sudut datang θ dan jarak antar bidang kristal sebesar d .



Sumber: https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/BraggsLaw.html

Gambar 1. Bragg's law reflection

XRD dapat menghasilkan data secara umum baik secara kualitatif maupun kuantitatif mengenai komposisi fase-fase dalam kristal. Ada tiga informasi yang perlu diperhatikan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi fase-fase dalam suatu bahan yakni posisi sudut difraksi maksimum, intensitas puncak dan distribusi intensitas sebagai fungsi dari sudut difraksi. Setiap bahan (komposisi) memiliki pola difraksi yang khas layaknya sidik jari pada manusia (Alfarisa, 2018).

Puncak-puncak pola difraksi sinar-X berhubungan dengan jarak antar bidang. Syarat terjadinya difraksi harus memenuhi hukum Bragg.

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (1)$$

Jika atom-atom tersusun periodik dalam kristal, gelombang terdifraksi akan terdiri dari interferensi maksimum tajam (*peak*). Parameter kisi telah diketahui memiliki sistem kristal heksagonal, yakni dengan menggunakan persamaan.

$$D_{hkl} = \frac{1}{\sqrt{\frac{4}{3}\left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2}\right) + \left(\frac{l}{c}\right)^2}} \quad (2)$$

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik serta struktur dan fase paduan Zn-1Mg dan juga paduan seng Zn-0.5Al.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan berupa analisa kuantitatif dengan melakukan eksperimen terhadap paduan seng dengan komposisi berikut (Champagne, 2019).

Tabel 1. Komposisi paduan seng

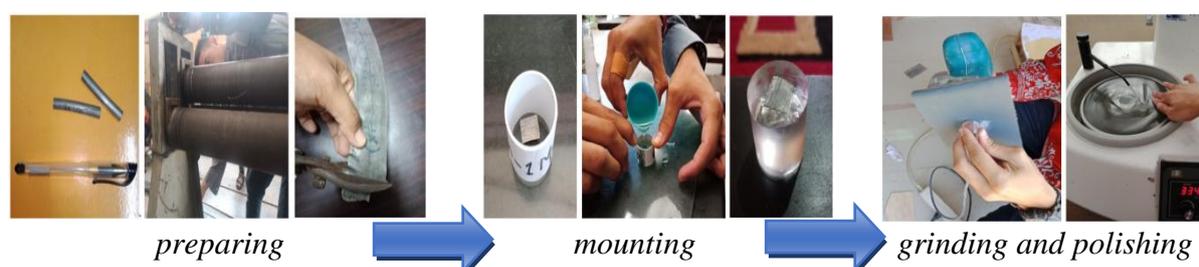
Elemen	Zn-1Mg	Zn-0.5Al
	Komposisi (wt%)	
C	22.3	9.2
O	14.2	6.7
Mg	-	-
P	5.6	4.0
Ca	-	-
Zn	57.9	65.5
Al	-	14.6

Objek yang akan diteliti merupakan paduan Zn-1Mg dan Zn-0.5Al berupa *as-cast* dan *as-rolled* dengan mengidentifikasi dan menganalisa nilai kekerasan serta struktur dan fase.

Tabel 2. Rancangan penelitian

Pengujian	<i>as-cast</i>	<i>as-rolled</i>
Uji Kekerasan	√	√
Uji XRD	—	√

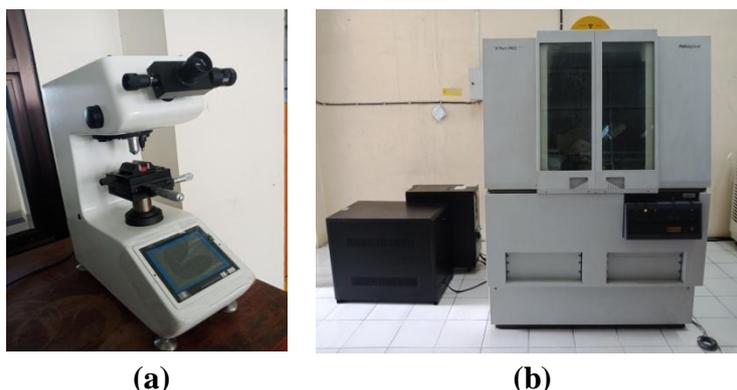
Sebelum melakukan pengujian, perlu dilakukan preparasi sampel (Metal Handbook, 1973:141-142) yang terdapat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema preparasi sampel paduan seng

Dengan variasi komposisi paduan Zn-1Mg dan paduan Zn-0.5Al yang telah melalui proses preparasi sampel, dilakukan uji kekerasan dan pengujian XRD. Eksperimen ini dilakukan dengan uji kekerasan Vickers untuk mengetahui sifat mekanik paduan seng hasil *as cast* dan membandingkannya dengan kekerasan paduan seng *as-rolled*, dan pengujian XRD untuk mengetahui struktur kristal dan fase yang terbentuk pada paduan seng. Pengujian kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik dan Metrologi FT UNP dengan menggunakan *mini vickers hardness tester* dengan *load* 500 gf untuk uji kekerasan paduan seng hasil *as cast* sementara penggunaan *load* 100 gf untuk uji kekerasan paduan seng hasil *rolling*. Setiap spesimen uji kekerasan diuji pada tiga titik. Selanjutnya pengujian XRD dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material FMIPA UNP dengan menggunakan mesin XRD

PANalytical X'PERT PRO dengan kondisi operasi pada saat pengujian menggunakan arus 30 mA dan tegangan 40 kV menggunakan sumber radiasi sinar-X dari $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0,15406$ nm).



Gambar 3. (a) Mini vickers hardness tester, (b) mesin XRD

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kekerasan

Pengujian dilakukan sesuai ISO standard 6507-1 tentang *vickers hardness test*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kekerasan dari setiap titik uji kekerasan yang dianalisis dan dimasukkan ke dalam tabulasi data pengujian. Berikut merupakan tabel hasil analisis data pengujian kekerasan metode vickers paduan seng.

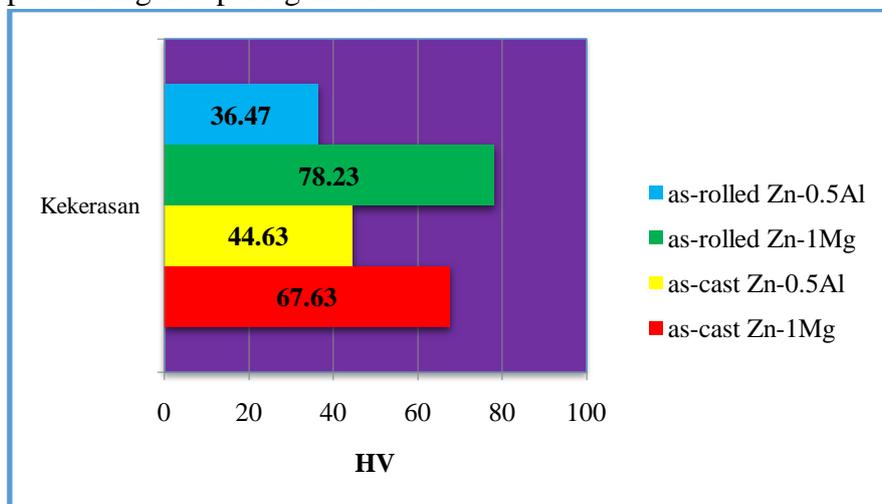
Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan paduan seng

Paduan Seng	Sampel	Titik Uji Ke-	Diagonal indentasi (μm)		Diagonal Indentasi Rata-rata (μm)	Nilai Kekerasan (HV)	Nilai Kekerasan Rata-rata (HV)
			d_1	d_2			
<i>as-cast</i>	Zn-1Mg	1	119.05	118.17	118.61	65.9	67.63
		2	115.03	115.01	115.02	70.1	
		3	117.25	118.13	117.69	66.9	
	Zn-0.5Al	1	143.26	143.26	143.26	44.3	44.63
		2	144.2	145.8	145	44.1	
		3	134.37	151.12	142.745	44.5	
<i>as-rolled</i>	Zn-1Mg	1	45.28	47.56	46.42	86.1	78.23
		2	48.08	52.42	50.25	73.4	
		3	47.22	52.1	49.66	75.2	
	Zn-0.5Al	1	73.69	71.9	72.795	35	36.47
		2	73.41	68.85	71.13	36.7	
		3	74.53	65.69	70.11	37.7	

Kekerasan rata-rata paduan Zn-1Mg dan Zn-0.5Al *as-cast* masing-masing 67.63 HV dan 44.63 HV. Apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya nilai kekerasan Zn-1Mg sebesar 65 HV (Kubasek, 2012) dan 59 HV untuk nilai kekerasan Zn-0.5Al (Mostaed, 2016). Sementara kekerasan paduan Zn-1Mg dan Zn-0.5Al *as-rolled* masing-masing 78.23 HV dan 36.47 HV.

Berdasarkan analisis data hasil penelitian terhadap nilai kekerasan, didapatkan bahwa uji kekerasan dilakukan untuk mengevaluasi sifat mekanik. Seperti yang diketahui bahwa kekerasan Zn murni tergolong rendah, yaitu 38.24 ± 1.06 HV (Li, 2015). Hasil kekerasan Zn-1Mg dan Zn-0.5Al menunjukkan peningkatan nilai kekerasan yang berbanding

lurus dengan *mechanical properties*. Peningkatan kekerasan paduan Zn-1Mg diakibatkan proses *rolling* dan dikaitkan dengan fase Zn pada pengujian XRD. Sifat mekanik paduan Zn-0.5Al dalam kondisi *as cast* menunjukkan anomali, dimana terdapat penurunan nilai kekerasan setelah melalui proses *rolling*, yang mana hal ini dipengaruhi oleh fase Zn pada Zn-0.5Al yang lebih kecil dibandingkan fasa Zn pada Zn-1Mg. Hasil tersebut membuktikan nilai kekerasan bertambah besar seiring dengan bertambahnya intensitas fase Zn (Kafri, 2018). Apabila nilai kekerasan di analisis dan digambarkan dalam bentuk grafik, maka akan membentuk perbandingan seperti gambar 4.

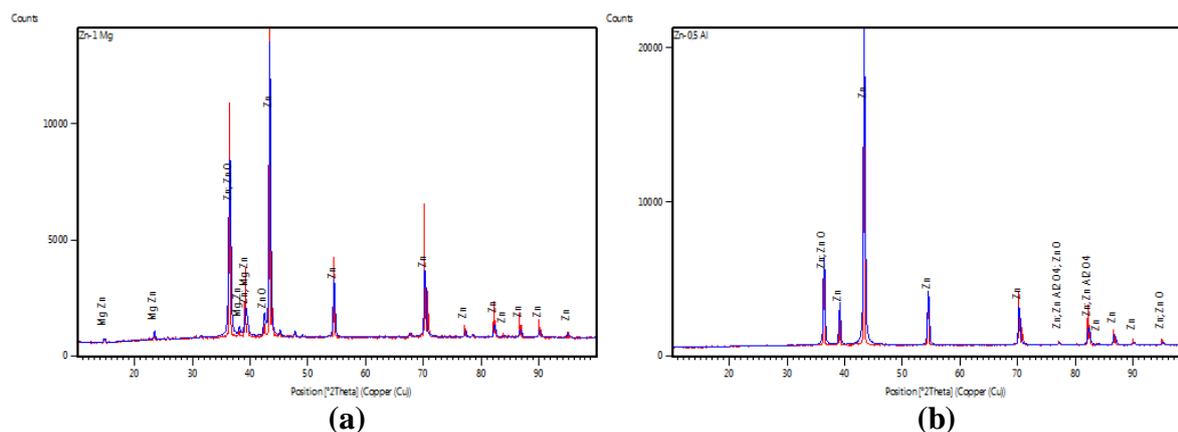


Gambar 4. Grafik Perbandingan Kekerasan

Berdasarkan grafik tersebut, didapatkan hasil bahwa paduan Zn-1Mg memiliki nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan paduan Zn-0.5Al. Namun berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa nilai kekerasan paduan seng yang didapat berada dibawah nilai kekerasan tulang. Disamping itu, nilai kekerasan yang tidak terlalu tinggi ini cocok untuk diaplikasikan *biodegradable orthopedic devices* karena apabila nilai kekerasannya terlalu tinggi justru akan merusak permukaan tulang akibat gesekan keduanya (Fikri, 2017).

Pengujian XRD

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui struktur dan kualitas kristal sampel serta kemurnian Zn-1Mg dan Zn-0.5Al yang dihasilkan. Spektrum XRD sampel Zn-1Mg dan Zn-0.5Al dapat dilihat dalam gambar 5 yang disesuaikan dengan koleksi data ICSD, (a) kode referensi 01-078-7029, (b) kode referensi 01-078-9363. Hasilnya membuktikan bahwa Zn-1Mg yang dihasilkan memiliki struktur kristal heksagonal yang termasuk dalam grup P63/mmc dengan parameter kisi $a = 2,6628 \text{ \AA}$ dan $c = 4,9391 \text{ \AA}$. Sementara Zn-0.5Al memiliki struktur kristal heksagonal yang termasuk dalam grup P63/mmc dengan parameter kisi $a = 2,6636 \text{ \AA}$ and $c = 4,9457 \text{ \AA}$.



Gambar 5. Pola difraksi sinar-x

Secara umum posisi puncak-puncak XRD yang terdeteksi pada sampel Zn-1Mg dengan sampel Zn-0.5Al. Orientasi pertumbuhan yang paling tinggi ditunjukkan pada bidang nonpolar a dengan indeks hkl 101 yang sama-sama memiliki puncak tertinggi (*peak*) dari kedua sampel tersebut terdapat pada sudut difraksi 2θ sekitar 43° . Namun Zn-1Mg memiliki intensitas yang lebih tinggi dibandingkan Zn-0.5Al. Analisis difraksi sinar-x (gambar 5a) mengungkapkan adanya dua fase utama: fase kaya Zn dan MgZn. Fase tambahan dalam paduan Zn-1Mg tampaknya adalah ZnO. Selanjutnya berdasarkan gambar 5b mengindikasikan Zn sebagai fase utama, sementara terdapat fase tambahan, diantaranya: $ZnAl_2O_4$ dan ZnO.

Berikutnya dilakukan analisa terhadap paduan seng yang menghasilkan data pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis XRD variabel komposisi paduan seng

Paduan	Zn-1Mg	Zn-0,5Al
<i>2 Theta</i>	43,3436	43,333
<i>FWHM</i> ($^\circ$)	0,307	0,307
<i>Unit Cell a</i> (Å)	2,6628	2,6636
<i>Unit Cell c</i> (Å)	4,9391	4,9457
<i>Lattice Parameter</i>	1,8548	1,8567

Parameter kisi dihitung untuk setiap fase, dan disajikan pada **Tabel 4** diketahui bahwa *lattice parameter* didapatkan dari rasio c/a (Bowen, 2017). Berdasarkan analisa, didapatkan nilai *lattice parameter* dari Zn-1Mg (1,8548) dan Zn-0.5Al (1,8567) menyimpang secara signifikan dari nilai ideal 1,63345. Hal ini menunjukkan terdapat pengaruh unsur Magnesium dan Aluminium pada paduan berbasis Zinc.

KESIMPULAN

Untuk mencapai tujuan dari penelitian yaitu menganalisis struktur dan fase paduan seng mampu terserap tubuh untuk aplikasi implan biomedis, dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimen yaitu proses pengujian kekerasan metode Vickers untuk mengetahui sifat mekanik dari paduan seng *as-cast* dan *as-rolled* serta melakukan pengujian XRD untuk menganalisa struktur dan fase paduan seng. Analisa hasil pengujian menunjukkan bawa nilai kekerasan paduan Zn-1Mg lebih besar dibandingkan nilai kekerasan Zn-0.5 Al baik itu paduan *as-cast*, maupun *as-rolled*. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa sifat mekanik

(*mechanical properties*) Zn-1Mg lebih baik daripada Zn-0.5Al. Berdasarkan hasil uji xrd, didapatkan bahwa struktur paduan berbasis Zn adalah *Hexagonal Closest Packed* (HCP) serta memiliki intensitas *peak* tertinggi pada posisi 2θ berada di sekitar 43° . Nilai kekerasan Zn-1Mg mengalami peningkatan setelah proses *rolling*, sementara kekerasan Zn-0.5 Al mengalami sedikit penurunan setelah proses *rolling*. Hal tersebut disesuaikan dengan hasil XRD, dimana komposisi Zn pada Zn-1Mg memiliki intensitas yang lebih tinggi daripada komposisi Zn pada Zn-0.5Al. Berdasarkan hal tersebut, maka paduan Zn-1Mg dan Zn-0.5 Al yang didapat berada dibawah nilai kekerasan tulang. Namun, nilai kekerasan yang tidak terlalu tinggi ini cocok untuk diaplikasikan *biodegradable orthopedic devices* karena apabila nilai kekerasannya terlalu tinggi justru akan merusak permukaan tulang akibat gesekan keduanya.

DAFTAR RUJUKAN

- Alfarisa, Suhufa., Rifai, D.A., Toruan, P.L. 2018. “Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO)”. *Risalah Fisika*. Vol. 2 (2), pp: 53-57.
- BMI Research. 2015. *Indonesia Medical Devices Report Q2 2015*. [Online] Tersedia: <https://www.marketsearch.com/Business-Monitor-International-v304/Indonesia-Medical-Devices-Q2-8821612/>. [6 Februari 2019].
- Bowen, P.K., et al. 2017. “Evaluation of wrought Zn–Al alloys (1, 3, and 5 wt % Al) through mechanical and in vivo testing for stent applications”. *Society for Biomaterials*. DOI: 10.1002/jbm.b.33850.
- Champagne, S., et al. 2019. *In Vitro Degradation of Absorbable Zinc Alloys in Artificial Urine*. *Article of Materials*. DOI:10.3390/ma12020295.
- Fikri Adhi Nugraha. 2017. *Pengaruh Komposisi Zn dan Temperatur Casting Terhadap Morfologi dan Sifat Mekanik Paduan Mg-Zn untuk Aplikasi Biodegradable Orthopedic Devices*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Surabaya: ITS.
- Hariyanti, Dini. 2014. *Ternyata, 94% Alat Kesehatan Masih Diimpor*. [Online] Tersedia: <https://bali.bisnis.com/read/20140911/103/256693/ternyata-94-alat-kesehatan-masih-diimpor>. [6 Februari 2019].
- Kubasek, Jiri., Vojtech, D. 2012. “Zn-Based Alloys as an Alternative Biodegradable Materials”. *Article of Metal*. Brno, Czech Republic.
- Li, H.F., et al. 2015. “Development of biodegradable Zn-1X Binary Alloys with Nutrient Alloying Elements Mg, Ca and Sr”. *Journal of Scientific Reports*. Vol.5:10719.
- Mostaed, E., et al. 2016. “Novel Zn-Based Alloys for Biodegradable Stent Application: Design, Development and in Vitro Degradation”. *Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Vol 60, pp: 581-602.
- Nasution, A.K., Hermawan, Hendra. 2016. “Degradable Biomaterials for Temporary Medical Implants”. *Advanced Structured Materials*. Vol. 58, pp: 127-160.
- Yin, D.S., et al. 2008. “Effect of Zinc on Mechanical Property and Corrosion Property of Extruded Mg–Mn–Zn Alloy”. *Nonferrous Metals Society of China*. Vol. 18(3), pp: 763-768.