

**LEACHING ION PADA ALLOY Zn-1Mg DALAM  
SIMULATED BODY FLUIDS (SBF)**



**SUCI PUSPITA ANGGRAINI  
NIM. 18036149/2018**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022**

**LEACHING ION PADA ALLOY Zn-1Mg DALAM  
SIMULATED BODY FLUIDS (SBF)**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains*



Oleh :

SUCI PUSPITA ANGGRAINI

NIM. 18036149/2018

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2022**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### LEACHING ION PADA ALLOY Zn-1Mg DALAM SIMULATED BODY FLUIDS (SBF)

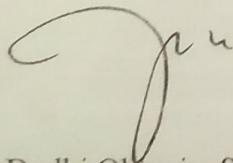
Nama : Suci Puspita Anggraini  
NIM : 18036149  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 15 Agustus 2022

Mengetahui :



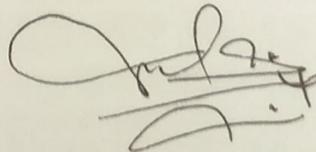
Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si, M. Si, Ph.D  
NIP. 19721024199803 1 001

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing



Miftahul Khair, S.Si, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19770912 200312 1 004

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

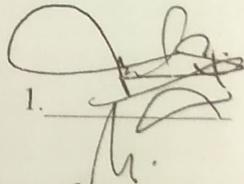
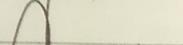
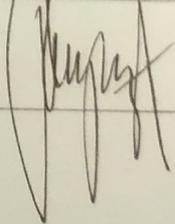
Nama : Suci Puspita Anggraini  
NIM : 18036149  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### LEACHING ION PADA ALLOY Zn-1Mg DALAM SIMULATED BODY FLUIDS (SBF)

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 15 Agustus 2022

Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Miftahul Khair, S.Si., M.Sc., Ph.D	1. 
2	Anggota	Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si	2. 
3	Anggota	Prof. Dr. Rahadian Z, S.Pd., M.Si	3. 

## SURAT PERNYATAAN

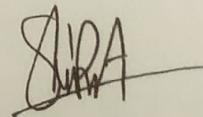
Nama : Suci Puspita Anggraini  
NIM : 18036149  
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/ 7 Juni 2000  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : Leaching Ion pada Alloy Logam Zn-1Mg dalam Simulated Body Fluids (SBF)

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 15 Agustus 2022  
Yang Menyatakan



**Suci Puspita Anggraini**  
**NIM : 18036149**

# Leaching Ion pada Alloy Zn-1Mg dalam Simulated Body Fluids (SBF)

Suci Puspita Anggraini

## ABSTRAK

Biomaterial adalah bahan alami atau sintesis yang berinteraksi langsung dengan jaringan dan cairan sistem biologis organisme. Logam digunakan sebagai biomaterial karena sifat mekaniknya yang sangat baik. Perkembangan biomaterial saat ini telah melahirkan generasi baru biomaterial, yang memanfaatkan sifat korosi logam sebagai keunggulannya. Salah satu biomaterial tersebut adalah paduan Zn-1 Mg yang berpotensi *biodegradable*. Penelitian ini mengkaji *leaching* ion pada paduan logam Zn-1Mg sebagai bahan yang berpotensi menjadi *bahan biodegradable metals* dengan variasi spesimen yaitu *as-rolled* dan *as-extruded*.

Alloy Zn-1Mg yang dibuat dengan merujuk kepada metode Mostaed dengan memvariasikan bentuk paduan menjadi *as-rolled* (8x6x1 mm) dan *as-extruded* (panjang 20mm, diameter 2,5 mm), dengan karakteristik komposisi, dimensi, dan luas permukaan sesuai dengan ASTM F3268. Larutan SBF 1000 ml yang telah disiapkan dengan prosedur dari Kokubo. Untuk mengkonfirmasi keberadaan ion *leaching* dari paduan Zn-1Mg dilakukan uji perendaman menggunakan cairan tubuh simulasi Kokubo sesuai dengan dengan prosedur ASTM G32-72 dengan variasi waktu perendaman 3, 7, 14, dan 21 hari dalam 45 mL larutan SBF pada suhu ruangan yaitu  $\pm 28 - 30^{\circ}\text{C}$ .

Paduan Logam Zn-1Mg baik variasi *as-extruded* maupun *as-rolled* segera mengalami *leaching* ion Zn yang signifikan setelah perendaman dalam SBF dan persentase ion *terleaching* dari kedua spesimen tidak jauh berbeda. Paduan Zn-1Mg dapat dijadikan bahan *biodegradable* dalam tulang karena dapat terjadinya interaksi kimia antara larutan SBF dengan paduan yang menyebabkan adanya ion *terleaching* selama perendaman.

Keywords: Paduan Zn-1Mg, *leaching ion*, *simulated body fluids*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis limpahkan kehadiran Allah SWT, berkat limpahan rahmat dan pertolongan Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Leaching Ion pada Alloy Zn-1Mg dalam Simulated Body Fluids (SBF)”** dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan dibuat dan disusun merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu serta memotivasi penulis dalam menyelesaikan Skripsi baik secara langsung maupun secara tidak langsung, karena penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan arahan dari berbagai pihak terkhusus kepada :

1. Bapak Miftahul Khair, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing.
2. Ibu Fitri Amelia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Budhi Oktavia, M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
4. Ibu Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Andril Arafat, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Eksternal.
6. Bapak Prof. Dr. Rahadian Z, S.Pd., M.Si dan Ibu Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si selaku Dosen Pembahas.

7. Bapak dan ibu staf pengajar serta seluruh staf akademik dan non akademik Jurusan Kimia FMIPA UNP.
8. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi.
9. Semua pihak terkait yang telah ikut berkontribusi dalam penyelesaian Skripsi ini.

Padang, 7 Agustus 2022

Suci Puspita Anggraini

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah .....	3
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Biomaterials.....	5
B. Jenis Biomaterials .....	5
1. Polimer.....	5
2. Komposit.....	6
3. Keramik .....	6
4. Logam.....	7
C. Jenis Logam Biodegradable .....	8
1. Besi (Fe).....	9
2. Magnesium (Mg).....	9
3. Seng (Zn) .....	10
D. Paduan Logam Zn-1Mg .....	11
1. Paduan Logam Zn-Mg.....	11
2. Degradasi paduan Seng (Zn) Terserap Tubuh .....	13
3. Korosi dari Ionisasi Pada Zn dan Mg .....	14
4. Proses Pembuatan Paduan Logam Zn .....	15
E. Simulated Body Fluids (SBF) .....	17
F. Instrument.....	19

1. SSA (Spektroskopi Serapan Atom).....	19
2. XRF (X-Ray Fluorescence).....	19
3. XRD (X-ray diffraction).....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
B. Objek Penelitian.....	22
C. Variabel Penelitian.....	22
D. Alat dan Bahan.....	23
1. Alat.....	23
2. Bahan.....	23
E. Prosedur Kerja.....	23
1. Proses Pembuatan Paduan logam dengan metode As-cast.....	23
2. Karakterisasi paduan Zn-1Mg dengan XRD.....	23
3. Proses Pembuatan Larutan Simulated Body Fluids (SBF).....	24
4. Immersion Test.....	25
5. Analisa Ion dengan AAS dan XRF.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
A. HASIL PENELITIAN.....	27
1. Hasil Pengujian AAS Larutan SBF.....	29
2. Hasil Pengujian XRF Paduan Zn-1Mg.....	31
3. Hasil Pengujian XRD Paduan Zn-1Mg.....	32
B. PEMBAHASAN.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
A. Kesimpulan.....	38
B. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	44

## DAFTAR TABEL

Table 1. Biomaterials Polimer dan Aplikasinya.....	6
Table 2. Biomaterials Komposit dan Aplikasinya.....	6
Table 3. Biomaterials Keramik dan Aplikasinya .....	7
Table 4. Biomaterials Logam dan Aplikasinya .....	8
Table 5. Konsentrasi Ion Sbf dengan Plasma Darah .....	17
Table 6. Formula Bahan Pembuatan Larutan SBF.....	18
Table 7. Hasil AAS dari Larutan SBF .....	30
Table 8. Hasil XRF dari As-rolled .....	31
Table 9. Hasil XRF dari As-Extruded .....	31

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Fase Zn-Mg .....	11
Gambar 2. Diagram Pourbaix Zn .....	13
Gambar 3. Alat XRD .....	20
Gambar 4. Zn-1Mg as-cast .....	27
Gambar 5. Proses rolling .....	27
Gambar 6. as-rolled .....	27
Gambar 7. as-extruded.....	27
Gambar 8. Larutan SBF.....	28
Gambar 9. As-extrude dalam SBF .....	28
Gambar 10. As-rolled dalam SBF .....	28
Gambar 11. Immersion test.....	29
Gambar 12. Paduan logam yang telah direndam SBF.....	29
Gambar 13. Larutan SBF yang telah mengalami perendaman .....	30
Gambar 14. Grafik konsentrasi ion paduan Zn-1Mg.....	30
Gambar 15. Zn-1Mg as-extrude sebelum perendaman .....	32
Gambar 16. Zn-1Mg as-extrude setelah perendaman.....	33
Gambar 17. Zn-1Mg as-rolled sebelum perendaman .....	33
Gambar 18. Zn-1Mg as-rolled setelah perendaman .....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel kegiatan .....	44
Lampiran 2. Skema Penelitian .....	45
Lampiran 3. Dokumentasi.....	48

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Biomaterial merupakan bahan alami atau sintesis, dan biasanya terbuat dari banyak komponen yang berinteraksi secara langsung dengan jaringan dan cairan sistem biologis makhluk hidup. Biomaterial sering digunakan dalam aplikasi medis untuk menambah atau menggantikan fungsi alami. Di Indonesia ada beberapa bahan Biomaterial yang digunakan yaitu polimer, komposit, keramik dan logam. Pada saat ini, biomaterial logam yang banyak diteliti dan dikembangkan adalah biomaterial logam mampu luruh atau yang disebut *biodegradable metals*. *Biodegradable metals* merupakan paduan logam yang ditanamkan ke dalam jaringan tubuh yang diharapkan mampu terdegradasi secara alami karena keberadaannya tidak diperlukan secara permanen dalam tubuh atau logam yang dapat terurai secara bertahap dengan melepaskan produk korosi setelah terpapar ke lingkungan fisiologis dalam tubuh. Dalam beberapa tahun terakhir, tiga kelas *biodegradable metals* telah diselidiki secara *ekstensif*, termasuk *biodegradable metals* berbasis magnesium (Mg), berbasis besi (Fe), dan seng (Zn).

*Biodegradable metals* berbasis Zn sekarang dianggap sebagai kelas baru *biodegradable metals* karena tingkat *degradasi* menengahnya, yang berada di antara *biodegradable metals* berbasis Mg dan *biodegradable metals* berbasis Fe, sehingga memerlukan penelitian *ekstensif* untuk memvalidasi kesesuaiannya untuk aplikasi biomedis. Menurut (Champagne et al., 2019) paduan seng (Zn) adalah salah satu potensi *biodegradable* yang telah dikembangkan dengan menambahkan unsur magnesium yang digunakan sebagai matriks paduan yang dibuat menjadi paduan Zn-Mg. Untuk perbandingan komposisi dalam paduan alloy seng dengan magnesium merujuk pada penelitian (Pratama et al., 2019) bahwa penambahan 1% magnesium kedalam paduan seng menghasilkan penambahan nilai kekerasan paduan serta meningkatnya ukuran dan jumlah butir yang menjadikan paduan Zn-1Mg lebih keras. Oleh sebab itu, penulis tertarik untuk mengkaji *leaching* ion pada paduan logam Zn-1Mg sebagai bahan yang berpotensi menjadi bahan *biodegradable metals* dengan variasi spesimen yaitu *as-rolled* dan *as-extruded*. Penelitian ini bertujuan untuk kontribusi dalam Kajian *leaching* serta memvalidasi kesesuaiannya untuk *biodegradable metals* dengan fokus paduan Zn-1Mg *as-rolled* dan *as-extruded*. Jenis metode yang digunakan pada penelitian adalah jenis kuantitatif dilakukan dengan eksperimen. Untuk mengetahui *leaching* ion Zn dan Mg dari paduan Zn-1Mg *as-rolled* dengan *as-extruded* maka perlu melakukan *immersion test* terlebih dahulu menggunakan larutan *simulated body fluids* sebagai media pengganti larutan tubuh. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan penggunaan paduan Zn-1Mg sebagai salah satu bahan *biodegradable metals*.

## B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa ion yang terlepas selama proses perendaman berlangsung pada paduan Zn variasi spesimen *as-rolled* dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dan XRF ?.
2. Berapa ion yang terlepas selama proses perendaman berlangsung pada paduan Zn spesimen *as-extruded* dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dan XRF?.
3. Bagaimana perbandingan *leaching* ion dari ion Zn dan Mg pada spesimen *as-rolled* dan *as-extruded*?

## C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Unsur yang diamati pada penelitian ini yaitu Mg dan Zn.
2. Leaching ion pada penelitian ini menggunakan instrument AAS dan XRF.
3. Larutan yang digunakan *Simulated body Fluids* (SBF).
4. Spesimen paduan yang digunakan adalah *as-rolled* dan *as-extruded*.

#### **D. Tujuan Penelitian**

1. Menentukan ion yang lepas pada paduan logam *as-rolled* menggunakan instrument AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dan XRF.
2. Menentukan ion yang terlepas pada paduan logam *as-extruded* dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dan XRF.
3. Menentukan perbandingan *leaching* ion Zn dan Mg dari spesimen *as-rolled* dan *as-extruded*.

#### **E. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi mengenai perbandingan jumlah ion yang terlepas selama proses perendaman pada spesimen *as-rolled* dengan *as-extruded* menggunakan instrument AAS dan XRF.
2. Memberikan informasi mengenai *leaching* ion Zn dan Mg pada paduan Zn-1Mg.
3. Data yang diperoleh dapat menjadi validasi terhadap paduan Zn-1Mg sebagai salah satu bahan *biodegradable metals*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Biomaterials**

*Biomaterials* merupakan bahan alami atau sintetis yang dapat berinteraksi dengan sistem biologis sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan atau mengganti fungsi alami tubuh (Heath, 2019). Bidang *biomaterials* saat ini menggabungkan kedokteran, genetika, fisika, kimia serta rekayasa jaringan yang lebih terkini serta perkembangan ilmu material. Logam, keramik, polimer, gelas, sel dan jaringan hidup semuanya dapat digunakan untuk membuat *biomaterials*.

#### **B. Jenis Biomaterials**

##### 1. Polimer

Polimer merupakan salah satu bahan *biomaterials* yang cocok untuk aplikasi biomedis serta digunakan sebagai perangkat kardiovaskular untuk penggantian dan perbaikan berbagai jaringan lunak (Isa & Hobkirk., 2000). Kelebihan yang diperoleh dari bahan polimer dari bahan lainnya adalah kemudahan pembuatan, kemudahan proses sekunder, ketersediaan dengan sifat mekanik dan fisik yang diinginkan, dan biaya yang wajar. Berikut beberapa *Biomaterials* Polimer dan aplikasinya pada tabel 1.

Table 1. Biomaterials Polimer dan Aplikasinya

Material	Keunggulan	Kelemahan	Aplikasi
Nilon, polilaktid, polietilen, polyester, dsb	Bioaktif, elastis	Kurang kuat	Grafit pembuluh darah, benang jahit, soket sendi buatan

## 2. Komposit

Bahan komposit didesain untuk meningkatkan mechanical properties atau menciptakan bahan dengan fungsi dan struktur properties pada waktu yang sama. Berikut beberapa *biomaterials* komposit dan aplikasinya pada tabel 2.

Table 2. Biomaterials Komposit dan Aplikasinya

Material	Keunggulan	Kelemahan	Aplikasi
Amalgam, semen tulang diperkuat fiber, dsb.	Dibuat khusus	Relatif sukar dibuat	Semen tulang, resin gigi, dsb.

## 3. Keramik

Keramik adalah kelas bahan lain yang digunakan untuk merancang *biomaterials*. Keramik digunakan untuk memperbaiki dan mengganti kerusakan pada gigi dan tulang. Berikut beberapa biomaterials keramik dan aplikasinya pada tabel 3.

Table 3. Biomaterials Keramik dan Aplikasinya

Material	Keunggulan	Kelemahan	Aplikasi
Zirconia, alumina, bioglass, hidroksiapatit, dsb.	Bioaktif, inert	Getas	Implan ortopedik dan gigi

#### 4. Logam

Biomaterials logam telah mendapatkan kepentingan klinis yang sangat besar di bidang medis untuk waktu yang lama. Banyak logam dan paduan logam yang digunakan untuk kebutuhan medis termasuk baja tahan karat (316L), titanium dan paduannya (Cp-Ti, Ti6Al4V), paduan kobalt kromium (Co Cr), paduan aluminium, zirkonium niobium, dan paduan berat tungsten (Raghavendra, 2015). Logam banyak dimanfaatkan di dalam tubuh guna untuk ortopedik contohnya pada batang pinggul dan bola, lutut, dan lainnya dimana sulit jaringan atau struktur tulang harus diperbaiki ataupun diganti (Davis, 1998). Logam dimanfaatkan sebagai biomaterial karena sifat mekaniknya yang sangat baik. Berikut beberapa biomaterials logam dan aplikasinya pada tabel 4.

Table 4. Biomaterials Logam dan Aplikasinya

Material	Keunggulan	Kelemahan	Aplikasi
Stainless steel, paduan titanium, paduan kobalt-khrom, dsb.	Kuat, tangguh, ulet	Non bioaktif	Implan ortopedik, implan gigi, sendi buatan, ring jantung (stent), dsb.

Perkembangan *biomaterials* dimasa sekarang melahirkan *biomaterials* generasi baru, yang memanfaatkan sifat korosi dari logam sebagai keunggulan. Mengacu kepada ASTM F160 dan (Hermawan, 2018) kelas material ini disebut dengan *biodegradable metals*. Material *biodegradable* merupakan material yang mampu secara bertahap terdegradasi dalam tubuh manusia guna menghasilkan zat yang tidak mengandung sifat sebagai racun dan dapat dieksresikan di dalam tubuh.

Dilihat pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, paduan logam yang pernah digunakan menjadi bahan implan *biodegradable* yaitu paduan logam Mg-Ca (Lestaria et al., 2015), Fe-Mn-Ca (Hakim, 2012), Mg-Mn (Yang et al., 2016), Fe-Mg, Fe-CNT (Orinakova et al., 2013), Zn-Mg-Mn (Liu et al., 2016), Zn-Mg (Champagne et al., 2019), dll.

### C. Jenis Logam Biodegradable

Pada penelitian masa kini terdapat terdapat 3 jenis logam dasar *biodegradable* yang direkomendasikan (Katarivas, 2017) :

## 1. Besi (Fe)

Logam dasar pertama yaitu besi, memiliki sifat mekanik yang menarik mendekati sifat baja tahan karat 316L yang dianggap sebagai patokan untuk biomaterials logam. Memang, besi murni memiliki sifat mekanik yang unggul dibandingkan dengan magnesium dan seng murni, menjadikannya kandidat yang cocok untuk implan yang membutuhkan kekuatan struktural tinggi (Lin et al., 2017). Fe yang juga merupakan elemen penting dalam tubuh manusia, dengan asupan harian yang direkomendasikan (Recommended Daily Intakes) 8-18mg, untuk orang dewasa dengan jenis kelamin dan usia tertentu (Trumbo et al., 2002).

Fe adalah *biodegradable*, tidak beracun, dan menonjol dalam sintesis DNA, serta dalam produksi molekul pengikat oksigen seperti hemoglobin dan mioglobin (Francis, 2015). Dibandingkan dengan paduan Mg, paduan Fe menunjukkan secara signifikan lebih besar YS, UTS dan  $\epsilon F$ . Namun, mereka dicirikan oleh laju korosi yang lebih lambat, yang tidak perlu memperpanjang waktu pemaparan organisme ke implan setelah masa penyembuhan dan pemulihannya (Peuster et al., 2006).

## 2. Magnesium (Mg)

Logam dasar kedua yaitu magnesium, merupakan logam ringan dengan massa jenis 1,74 g/cm<sup>3</sup>, dan memiliki modulus elastisitas rendah 40-45 Gpa yang dekat dengan tulang (Wang et al., 2016). Mg yang juga merupakan elemen penting dalam tubuh manusia, dengan asupan harian yang direkomendasikan (*Recommended Daily Intakes*) masing-masing 240-420mg, untuk orang dewasa dengan jenis kelamin dan usia tertentu (Trumbo et al., 2002). Mg merupakan material yang memiliki biokompatibilitas yang sangat baik dengan berbagai macam keunggulan seperti

trombogenesis yang rendah dan metabolisme energi yang baik (Saris, 2000). Namun, korosi cepat yang melekat pada Mg di lingkungan fisiologis menjadi perhatian utama, karena menciptakan kantong gas hidrogen di dekat implan yang mengorbankan integritas strukturalnya selama periode penyembuhan (Gu, 2009).

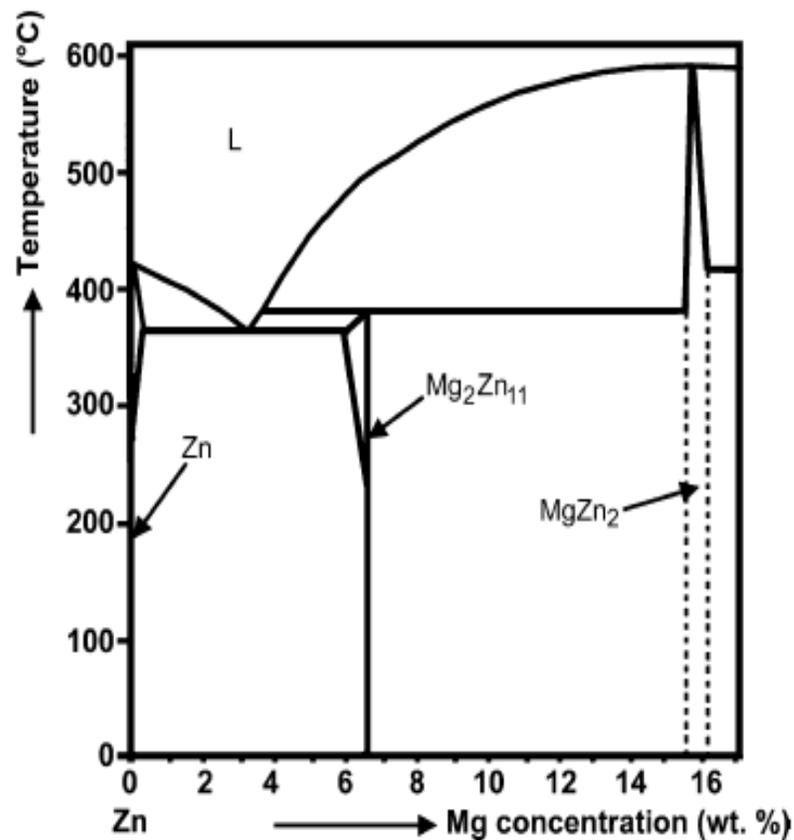
### 3. Seng (Zn)

Logam dasar ketiga yaitu seng, akhir-akhir ini ditambahkan sebagai keluarga baru logam yang dapat diserap (Wang et al., 2016). Pada tahun 2013, Zn diperkenalkan sebagai alternatif untuk Mg dan Fe, terutama karena laju korosinya yang lambat dalam cairan tubuh yang disimulasikan (Vojtěch, 2011). Potensial elektroda standar Zn adalah  $-0.76V$ . Banyak temuan menarik menunjukkan bahwa paduan Zn mungkin memiliki potensi untuk mengatasi tantangan paduan Fe dan Mg untuk aplikasi implan sementara. Kemajuan Zn dan paduan Zn yang dapat diserap tubuh selama beberapa tahun terakhir telah diringkas melalui serangkaian tinjauan literatur (Dambatta, 2015) yang merupakan perantara antara Mg ( $-2.37V$ ) dan Fe ( $-0.44V$ ).

## D. Paduan Logam Zn-1Mg

### 1. Paduan Logam Zn-Mg

Pada gambar diagram fase (Champagne et al., 2019) memperlihatkan kelarutan padat dalam seng yang rendah. Seng sendiri memiliki titik leleh sebesar 419,5 °C, dan menunjukkan keadaan oksidasi tunggal (+2). Kemudian, terlihat pada titik  $Mg_2Zn_{11}$  didalam strukturnya terdapat fase intermetalik dikarenakan mengendap pada struktur mikro paduan yang merupakan fase kedua.



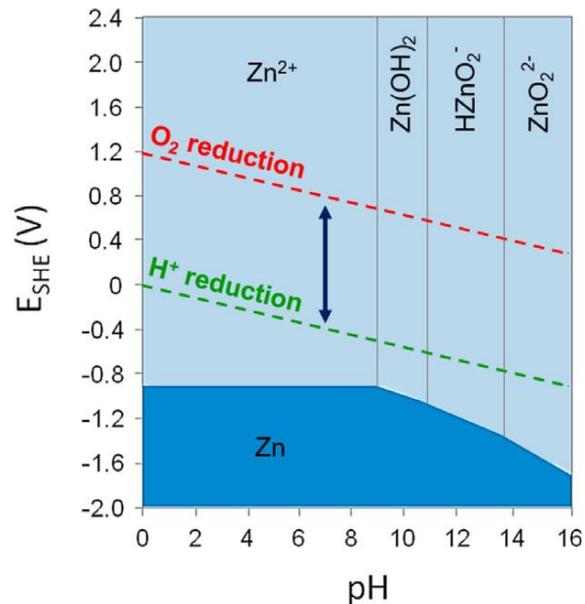
Gambar 1. Diagram Fase Zn-Mg

Paduan dengan konsentrasi magnesium yang lebih tinggi akan terjadi kerapuhan karena membentuk fase intermetalik primer. Sehingga penggunaan konsentrasi magnesium yang disarankan mulai dari 1 hingga 3% berat dalam paduan Zn-Mg.

Pada penelitian (Li et al., 2015) penggunaan pin Zn-1X (wt%) (X=Mg, Ca, Sr) yang ditanamkan dalam femora tikus hingga 2 bulan menginduksi osteogenesis (yaitu pembentukan tulang baru dan remodeling). Dalam Van Nostrand's, 2005, integritas pin Zn-1X dipertahankan selama penelitian dan tidak ada peradangan yang diamati di sekitar lokasi bedah. Setelah pemeriksaan perilaku degradasi pin tulang Zn yang ditanamkan dalam kondilus femur tikus selama 1 bulan, metalurgi paduan berbasis Seng (Zn) terserap di dalam tubuh (Somberg, 2006).

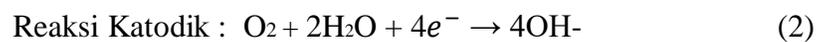
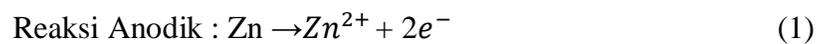
Menurut (Champagne et al., 2019) menambahkan unsur magnesium yang digunakan sebagai matriks paduan yang dibuat menjadi paduan Zn-Mg merupakan kandidat bahan material *biodegradable*. Hal ini diperkuat dengan hasil uji dan analisa struktur mikro serta uji kekerasan dalam penelitian sebelumnya yakni penelitian yang dilakukan (Pratama et al., 2019), penyisipan 1% Mg terhadap paduan Zn menciptakan penambahan nilai kekerasan paduan serta meningkatkan ukuran dan jumlah butir yang membuat paduan alloynya lebih keras sehingga pada penelitian ini menggunakan paduan alloy Zn dan Mg dengan Komposisi logam Zn-Mg terdiri dari komponen utama Zn (99%), Mg (1%).

## 2. Degradasi paduan Seng (Zn) Terserap Tubuh



Gambar 2. Diagram Pourbaix Zn

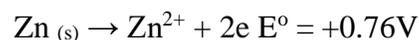
Pada diagram menurut (Champagne et al., 2019) rentang standar biologis dapat dilihat dari panah biru yang menunjukkan potensial di pH 7.4. Kemudian, dapat dilihat juga produk korosi yang larut pada kelarutan elektrolit didalam diagram tersebut yaitu  $Zn(OH)_2$  dan  $ZnO$ . Selain itu juga terdapat ion karbonat dan pospat sebagai produk korosi di Zn dan paduan Zn. Berikut proses degradasi dengan memanfaatkan reaksi oksidasi yang terjadi pada Zn berdasarkan diagram *pourbaix*.



Pada persamaan (1) menjelaskan reaksi oksidasi yang terjadi dari Zn dalam *simulated body fluids*. Persamaan (2) merupakan reaksi katoda dalam *simulated body fluids*. Persamaan (3) dan (4) merupakan pembentukan produk korosi  $\text{Zn(OH)}_2$  dan  $\text{ZnO}$  yang dapat dilihat pada gambar diagram diatas.

### 3. Korosi dari Ionisasi Pada Zn dan Mg

Korosi merupakan proses degradasi suatu material atau yang membuat terjadinya penurunan kualitas terhadap suatu material akibat adanya proses reaksi logam dengan lingkungannya yang disebut reaksi elektrokimia. Mekanisme terjadinya korosi yaitu ketika logam tersebut berada di dalam larutan yang secara umum berawal dari logam mengalami oksidasi membentuk ion logam yang bermuatan positif dengan cara melepaskan elektron dan menjadikan larutan tersebut sebagai katoda. Salah satu cara untuk dapat mengetahui kemungkinan terjadinya korosi yaitu dengan melihat potensial reduksi standar suatu zat. Jika suatu zat memiliki  $E^{\circ}_{\text{reduksi}}$  besar maka zat tersebut akan mudah mengalami reduksi dan sukar mengalami oksidasi begitupun sebaliknya apabila suatu zat mempunyai  $E^{\circ}_{\text{reduksi}}$  kecil maka ia sulit mengalami reduksi dan akan mudah mengalami oksidasi (Nasution, 2019). Pada penelitian ini, akan diharapkan terjadinya korosi dari paduan Zn-1Mg, maka apabila dilihat dari data potensial reduksi standar pada Zn,



Harga  $E^{\circ} = -0.76\text{V}$  menunjukkan kecenderungan Zn untuk mengalami korosi

Untuk logam Mg, merupakan logam dengan potensial reduksi standar yang sangat negatif dalam deret reaktivitas elektrokimia. Oleh karena itu, magnesium banyak digunakan sebagai anoda korban dalam perlindungan korosi baja. Dilihat dari data potensial reduksi standar pada Mg,



Dengan kedua alasan diatas, menunjukkan adanya potensi untuk terjadinya korosi dari kedua logam kedalam bentuk ion-ionnya. Sehingga diperlukan kajian *leaching* dalam penelitian ini pada paduan logam Zn-1Mg.

#### 4. Proses Pembuatan Paduan Logam Zn

ISO dan ASTM telah berkolaborasi untuk mengembangkan pedoman standar dalam menilai perilaku dan faktor korosi Metalurgi dan biokompatibilitas logam *Biodegradable*. ASTM baru-baru ini mengumumkan dua standar baru untuk logam penyerap yaitu F3160 dan F3268. Berikut prinsipnya terlebih dahulu mendemonstrasikan dan mengevaluasi dengan benar sifat fisik, kimia, mekanik dan mikrostruktur dari logam *Biodegradable* termasuk instruksi pengujian untuk pengecoran dan penempaan logam.

##### 4.1 Pengecoran

Pengecoran terdiri dari peleburan komponen logam di dalam tungku resistansi atau induksi (vakum) dan kemudian menuangkan cairan logam ke dalam cetakan (grafit) yang diinginkan merupakan bentuk untuk memungkinkan pepadatan (Mostaed, 2016).

Penggunaan atmosfer terkontrol selama pengecoran sangat penting tidak hanya untuk mencegah reaksi yang tidak diinginkan seperti oksidasi, tetapi juga untuk

mengendalikan pelarutan gas untuk menghindari porositas. Pengecoran dapat dibagi menjadi *die casting* dan *gravity casting*. *Die casting* ditandai dengan memaksa logam yang telah dicairkan untuk dimasukkan ke dalam wadah cetakan di bawah tekanan tinggi, dan itu merupakan metode pemrosesan yang dominan untuk memproduksi paduan Zn, sedangkan dalam pengecoran gravitasi, lelehan dituangkan langsung dari wadah ke dalam cetakan.

Logam as-cast berfungsi sebagai bahan baku untuk pekerjaan mekanis lebih lanjut yang diperlukan untuk membentuk paduan Zn menjadi perangkat medis tertentu. Misalnya, sekrup dan pelat fiksasi tulang masing-masing membutuhkan batang silinder padat dan pelat datar.

#### 4.2 Proses Tempa

Pengerjaan mekanis digunakan untuk membentuk bagian-bagian yang dicor untuk mendapatkan geometri yang diinginkan dari produk akhir. Teknik pemrosesan tempa bergantung pada penerapan kekuatan eksternal untuk mengubah bentuk logam secara plastis dan menciptakan bentuk produk yang diinginkan. Teknik pemrosesan tempa konvensional termasuk ekstrusi, menggambar, menekan, menggulung dan menempa. Metode ini memecah mikrostruktur *as-cast* dan meningkatkan sifat mekanik (Champagne, 2019).

#### 4.3 Teknik Pemrosesan Lanjutan

Kombinasi pengecoran dan pemrosesan tempa, tidak selalu menghasilkan set properti yang diinginkan untuk produk akhir. Dengan demikian, teknik pemrosesan tambahan telah diselidiki selama bertahun-tahun dengan motivasi untuk membuat

paduan berbasis Zn yang dapat diimplementasikan dalam berbagai implan medis yang dapat diserap. Beberapa teknik pemrosesan lanjutan yang dilakukan diantaranya adalah: Metalurgi serbuk, Deformasi Plastis, Manufaktur Adiktif, Elektro Forming (Champagne, 2019).

#### **E. Simulated Body Fluids (SBF)**

SBF merupakan model larutan yang digemari sebagai simulasi elemen inorganik dari plasma darah. Plasma darah merupakan larutan yang di dalamnya termuat variasi asam amino, gula, garam, serta mineral lain sepanjang sel darah. Elemen inorganik plasma darah memiliki konsentrasi ion berbeda yakni sodium, kalsium, magnesium, dan ion klorin sebagaimana yang dikemukakan oleh (Purnama et al., 2006).

SBF (*Simulated Body Fluids*) merupakan sebuah larutan dengan konsentrasi ion yang konfigurasi hampir sama dengan plasma darah manusia. *Simulated Body Fluids* yang sering disebut juga sebagai *Synthetic Body Fluids* adalah zat larutan yang diciptakan menyerupai keadaan nyata pada tubuh (darah) manusia dengan cara mengontrol konsentrasi ion-ion seperti yang terdapat dalam tubuh manusia sehingga pH-nya (Derajat Keasaman) mirip dengan kondisi tubuh manusia (Kokubo & Takadama, 2006).

Table 5. Konsentrasi Ion Sbf dengan Plasma Darah

Ion	Konsentrasi Ion (mmol)	
	SBF	Plasma darah
Na+	142.0	142.0
K+	5.0	5.0
Mg <sup>2+</sup>	1.5	1.5
Ca <sup>2+</sup>	2.5	2.5
Cl-	147.8	103.0

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.2	27.0
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.0	1.0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.5	0.5
pH	7.2 – 7.4	7.40

Penelitian ini menggunakan larutan *Simulated Body Fluids* sebagai media perendaman. Terdapat beberapa standard yang lazim digunakan untuk mengatur konsentrasi ion – ion tersebut agar menyerupai kondisi tubuh manusia. Beberapa standar yang sering digunakan adalah blood plasma, HBSS, ringer's solution dan kokubo. *Simulated Body Fluids* (SBF) memuat beberapa komposisi seperti Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Table 6. Formula Bahan Pembuatan Larutan SBF (Kokubo & Takadama, 2006).

NO	Name	Formula	Amount
1	Natrium klorida	(NaCl)	8.035 gr
2	Natrium bikarbonat	(NaHCO <sub>3</sub> )	0.355 gr
3	Kalium klorida	(KCl)	0.225 gr
4	Kalium Hidrogen Pospat	(K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .3H <sub>2</sub> O)	0.231 gr
5	Magnesium Chloride Hexahydrate	(MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O)	0.311 gr
6	1M (mol/l) Asam klorida	1.0M-HCl	39 ml
7	Kalsium klorida	(CaCl <sub>2</sub> )	0.292 gr
8	Natrium sulfat	(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0.072 gr
9	Tris-hydroxymethyl	((HOCH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CNH <sub>2</sub> )	0.6118 gr

	aminomethane (Tris)		
10	1M (mol/l) Asam klorida	1.0M-HCl	0-5 ml

## F. Instrument

### 1. SSA (Spektroskopi Serapan Atom)

Larutan dijadikan atom bebas dengan bantuan panas dan atomizer. Atom bebas tersebut akan memberikan serapan atas spektrum garis yang dihasilkan sumber cahaya, yakni *Hollow Cathode Lamp* (HCL) pada panjang gelombang tertentu. Adapun reaksinya adalah larutan dijadikan aerosol dengan bantuan panas menjadi padatan kemudian gas molekul lalu atom bebas. *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) adalah teknik atau metode yang dipakai dalam menetapkan kadar logam pada suatu sampel. Kelebihan dari metode AAS terletak pada pengerjaannya yang dapat dilakukan dengan cepat, serta alat yang sensitif dan sangat spesifik terhadap unsur yang dianalisis. Metode *Atomic Absorption Spectroscopy* mampu menentukan kadar logam dalam konsentrasi terkecil, yakni hingga *part permillion* (ppm) (Haris & Gunawan, 1992).

### 2. XRF (X-Ray Fluorescence)

Teknik analisis dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) menggunakan alat spektrometer yang kemudian dipancarkan dari sampel oleh penyinaran sinar-X. Tabung sinar X akan menghasilkan analisa Sinar-X karakteristik dimana sampel yang akan dianalisis berupa sampel padat atau serbuk. Suatu unsur yang memancarkan pencacahan sinar-X terjadi karena pengisian kembali pada orbital

yang mengalami kekosongan elektron yang merupakan dasar analisis alat X-Ray Fluorescence (XRF). Kekosongan elektron ini terjadi karena eksitasi elektron. Pengisian dari elektron pada orbital K menghasilkan spektrum sinar-X yaitu deret K, kemudian pengisian elektron pada orbital selanjutnya akan menghasilkan spektrum sinar-X deret L, berikutnya deret M, deret N dan seterusnya. Penggunaan instrumen XRF bertujuan untuk melihat suatu unsur yang terkandung di dalam sampel (Sumantry, 2002).

### 3. XRD (X-ray diffraction)



Gambar 3. Alat XRD

XRD adalah metode karakterisasi menggunakan sinar-X ditembakkan pada bahan yang menghasilkan spektrum difraksi sinar-X untuk menganalisis struktur kristal, ukuran kristal suatu material dengan cara mengatur parameter kisi. Data tersebut merupakan grafik intensitas puncak, hasil dari Serapan spektrum difraksi sinar-X yang dideteksi oleh detektor akan membentuk pola yang dianalisis dengan menjodohkan Difraksi sinar-X dari sampel yang tidak diketahui dengan sampel

yang diketahui sampai sampel yang tidak diketahui dapat diidentifikasi. Jika sinar-x menyinari sampel atau bahan dengan struktur kristal, bidang kristal akan menjadi pembiasan sinar-x pada panjang gelombang yang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut dan kemudian Sinar-X ditafsirkan dengan membandingkan di atas radiografi standar (Wuryanti, 2012).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Paduan Logam Zn-1Mg baik variasi *as-extruded* maupun *as-rolled* segera mengalami *leaching* ion Zn yang signifikan setelah perendaman dalam SBF dan persentase ion *terleaching* dari kedua spesimen tidak jauh berbeda.
2. Pada uji XRF selain terdapat unsur Mg dan Zn, terbentuk oksidanya dalam senyawa MgO dan ZnO.
3. Pada uji XRD terdapat perbedaan paduan Zn-1Mg sebelum dan setelah perendaman dimana kedua spesimen sebelum perendaman terdapat MgO tetapi setelah perendaman hanya menyisakan Zn
4. Paduan Zn-1Mg dapat dijadikan bahan *biodegradable* karena dapat terjadinya interaksi kimia antara larutan dengan paduan yang menyebabkan adanya ion *terleaching* selama perendaman dilihat dari hasil grafik AAS.

## B. Saran

Dari kajian pembahasan serta kesimpulan yang telah diperoleh, maka penulis merekomendasikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Peneliti selanjutnya diharapkan melakukan penambahan variasi immersion test untuk memperoleh data yang valid sehubungan dengan konsentrasi ion mengalami *leaching* hingga paduan terdegradasi dengan baik.
2. Peneliti selanjutnya diharapkan melakukan pengujian instrument analisa SEM atau EDX untuk melihat lebih lanjut gambaran korosi yang dihasilkan selama perendaman.
3. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat melakukan secara in-vivo untuk memperoleh data yang lebih akurat terhadap paduan Zn-1Mg sebagai bahan *biodegradable*.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2004). Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals. *ASTM G31-72, 03.02*, 8. <https://doi.org/10.1520/G0031-72R04>
- ASTM. (2016). Standard Guide for Metallurgical Characterization of Absorbable Metallic Materials for Medical Implants. *ASTM F3160 – 16, May*, 1–9. <https://doi.org/10.1520/F3160>
- ASTM G31 – 72. (2004). ASTM G31: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals. *ASTM International*, 1–8.
- Champagne, S., Mostaed, E., Safizadeh, F., Ghali, E., Vedani, M., & Hermawan, H. (2019). In vitro degradation of absorbable zinc alloys in artificial urine. *Materials*, *12*(2), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ma12020295>
- Dambatta, M. S., Kurniawan, D., Izman, S., Yahaya, B., & Hermawan, H. (2015). Review on Zn-Based Alloys as Potential Biodegradable Medical Devices Materials. *Applied Mechanics and Materials*, *776*, 277–281. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.776.277>
- Davis, J. R. (1998). Metals Handbook. In *Metals Handbook* (2nd ed). Materials Park, Oh: ASM International.
- Francis, A., Yang, Y., Virtanen, S., & Boccaccini, A. R. (2015). Iron and iron-based alloys for temporary cardiovascular applications. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, *26*(3), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10856-015-5473-8>
- Gu, X., Zheng, Y., Cheng, Y., Zhong, S., & Xi, T. (2009). In vitro corrosion and biocompatibility of binary magnesium alloys. *Biomaterials*, *30*(4), 484–498. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMATERIALS.2008.10.021>
- Hakim, F. (2012). BIOMATERIAL MAMPU LURUH ALAMI Fe-Mn-C DIPRODUKSI MELALUI METALURGI SERBUK FERROMANGAN, BESI, DAN KARBON DENGAN PERLAKUAN CANAI DINGIN DAN RE-SINTER. *Fmipa Ui*, 1–95.
- Haris, A., & Gunawan. (1992). *Prinsip Dasar Spektrofotometri Atom*. Badan Pengelola MIPA- UNDIP.
- Hermawan, H., HeHernández-Escobar, D., Champagne, S., Yilmazer, H., Dikici, B., Boehlert, C. J., (2019). Current status and perspectives of zinc-based absorbable alloys for biomedical applications. *Acta Biomaterialia*, *97*, 1–22. <https://doi.org/10.1016/J., D., Champagne, S., Yilmazer, H., Dikici, B.,>