



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

"Alam Takambang Jadi Guru"

TUGAS AKHIR - MSNI.62.8004

**EFEK ANNEALING PADUAN Mg-2Zn-1Mn UNTUK APLIKASI
IMPLAN TERSERAP TUBUH**

ALDI FIRMANTO

19338005/2019

Dosen Pembimbing

Andril Arafat, S.T., M.Eng., Ph.D.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN (NK)

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Padang

2023

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Efek *Annealing* Paduan Mg-2Zn-1Mn untuk Aplikasi
Implan Terserap Tubuh

Nama : Aldi Firmanto

NIM : 19338005

Tahun Masuk : 2019

Program Studi : S1 Teknik Mesin (NK)

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, November 2023

Disetujui Oleh,

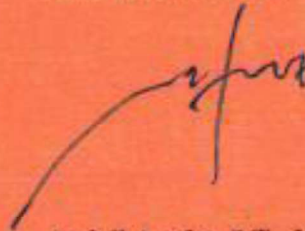
Koordinator Program Studi

S1 Teknik Mesin (NK)



Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197607062003121001

Dosen Pembimbing



Andril Arafat, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIDN. 0004087708

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

*Dinyatakan lulus setelah mempertahankan Tugas Akhir di depan tim penguji
Program Studi S1 Teknik Mesin (NK), Departemen Teknik Mesin, Fakultas
Teknik, Universitas Negeri Padang*

Judul : Efek *Annealing* Paduan Mg-2Zn-1Mn untuk Aplikasi
Implan Terserap Tubuh

Nama : Aldi Firmanto

NIM : 19338005

Tahun Masuk : 2019

Program Studi : S1 Teknik Mesin (NK)

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, November 2023

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Andril Arafat, S.T., M.Eng., Ph.D.

2. Anggota : Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd.

3. Anggota : Budi Syahri, S.Pd., M.Pd.T.

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, Tugas Akhir dengan Judul “Efek *Annealing* Paduan Mg-2Zn-In untuk Aplikasi Implan Terserap Tubuh” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Negeri Padang, maupun di Perguruan Tinggi lainnya,
2. Karya tulis ini murni gagasan, penelitian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing dan penguji,
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat orang lain, kecuali dikutip secara terlulis dengan jelas dan tercantum pada daftar rujukan,
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila ada kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, November 2023

Saya yang menyatakan,



Aldi Firmanto

NIM. 19338005

ABSTRAK

Aldi Firmanto, 2023 : Efek *Annealing* Paduan Mg-2Zn-1Mn untuk Aplikasi Implan Terserap Tubuh

Kasus patah tulang sering terjadi, baik itu karena kecelakaan kerja, kecelakaan pengendara, terjatuh atau penyakit. Maraknya kejadian patah tulang ini memicu pentingnya sebuah implan tulang yang lebih baik untuk perawatan. Sebagian besar patah tulang ini terlalu rumit untuk diatasi dengan perawatan medis *eksternal*, oleh karena itu patah tulang tersebut harus diperbaiki melalui pembedahan dengan implan yaitu implan terserap tubuh, salah satu bahan implan terserap tubuh yang direkomendasikan adalah magnesium. Maka dari itu karena magnesium murni tidak memiliki kekuatan mekanis yang baik, Sehingga magnesium dipadukan dengan seng dan mangan dengan persentase yang sesuai mempunyai kelebihan dalam sifat-sifat mekanis maupun biologis untuk menutupi kekurangan tersebut. Penelitian ini adalah penelitian lanjutan, dimana peneliti sebelumnya telah membuat paduan Mg-2Zn-1Mn dengan proses pengecoran logam (*metal casting*). Sampel berupa *as-cast* ini perlu dilakukan proses perlakuan panas lanjutan yaitu proses anil (*annealing*) untuk menghilangkan tegangan sisa dan memperbaiki struktur partikelnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur proses *annealing* terhadap karakteristik paduan khususnya pada mikrostruktur dan nilai kekerasannya. Proses *annealing* dilakukan pada $T=320^{\circ}$, dan 340°C selama 120 menit dan dilakukan pendinginan dalam tungku. Hasil *annealing* dilakukan dengan melihat mikrostruktur dan kekerasan, dari hasil mikrostruktur terlihat bahwa ukuran butir terkecil rata-rata sebesar $1.081\mu\text{m}$, kekerasan tertinggi rata-rata sebesar 50,2 HV pada temperatur *annealing* 340°C , dan laju korosi (*corrosion rate*) tertinggi pada *annealing* 320°C dengan laju korosi 0,69282 mm/tahun.

***Keywords:* Mg-2Zn-1Mn, Annealing, Bioabsorbable Implant, Microstructure, Corrosion Rate, Hardness**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyusun Tugas Akhir dengan judul “**Efek Annealing Paduan Mg-2Zn-1Mn untuk Aplikasi Implan Terserap Tubuh**”.

Penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan penulis pada program studi S1 Teknik Mesin (NK) Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Penyusunan Tugas Akhir ini berkat adanya dorongan dari dalam diri penulis serta pihak yang memberikan semangat, motivasi dan arahnya, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Dafriman dan Ibu Fitriwati, beserta adik kandung Aldo Nofri Saputra dan Adzwa Try Rahmadhany yang selalu memberikan kasih sayang, do'a nasehat motivasi serta kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah penulis, yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup penulis
2. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, sekaligus dosen peninjau I yang telah banyak memberikan motivasi dan supportnya dalam penyelesaian Tugas Akhir penulis ini
3. Bapak Hendri Nurdin, M.T. selaku Penasehat Akademik penulis, yang memberikan nasehat, arahan dan dukungan kepada penulis
4. Bapak Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D. selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin (NK) yang memberikan arahan dan dukungan kepada penulis.
5. Bapak Andril Arafat, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah banyak menyediakan waktu, tenaga, pemikiran dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
6. Bapak Budi Syahri, S.Pd., M.Pd.T. selaku dosen peninjau II yang telah banyak memberikan motivasi dan supportnya dalam penyelesaian Tugas Akhir penulis ini

7. Bapak Dr. Ahmad Kafrawi Nasution, M.T. selaku dosen peninjau III dari Universitas Muhammadiyah Riau yang telah banyak memberikan motivasi dan supportnya dalam penyelesaian Tugas Akhir penulis ini
8. Bapak dan Ibu dosen beserta staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
9. Untuk teman-teman seperjuangan, rekan-rekan mahasiswa/i angkatan 2019 Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, selama 4 tahun yang telah kita lewati Bersama, merupakan kenangan yang tak terlupakan.
10. Rekan-rekan yang memberikan saran dan motivasi kepada penulis.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu memberikan dorongan, motivasi, arahan dan do'a kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan sepenuh hati penulis sangat menghargai kritik dan saran yang dapat membangun. Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak memerlukannya.

Padang, November 2023

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Biomaterial.....	8
B. Jenis Biomaterial	9
C. Komposisi Tulang Manusia.....	14
D. Jenis Logam <i>Bioabsorbable</i>	15
E. Heat Treatment	17
F. <i>Annealing</i>	18

G. Karakterisasi.....	20
I. Kerangka Konseptual.....	35
BAB III METODE PENELITIAN	38
A. Diagram Alir Penelitian	38
B. Metode Penelitian.....	39
C. Objek Penelitian	39
D. Waktu dan Tempat Penelitian	39
E. Prosedur Pengujian	40
F. Instrumen Pengumpulan Data.....	50
G. Analisis Data	50
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	49
A. Hasil Penelitian	49
B. Hasil Pengujian Mikrostruktur dengan Mikroskop Optik.....	49
C. Hasil Pengujian Korosi Metode Polarisasi Tafel.....	52
D. Pengujian Kekerasan	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
A. Kesimpulan.....	62
B. Saran.....	62
DAFTAR RUJUKAN.....	62
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema Proses Annealing.....	19
Gambar 2. Prinsip Dasar Korosi	22
Gambar 3. Korosi Seragam	23
Gambar 4. Korosi Galvanik	23
Gambar 5. Korosi Celah.....	24
Gambar 6. Korosi Sumuran.....	24
Gambar 7. Korosi Erosi.....	25
Gambar 8. Korosi Tegangan	25
Gambar 9. Korosi Selektif.....	26
Gambar 10. Korosi Batas Butir.....	26
Gambar 11. Bentuk Indentasi dari Uji Microvickers.....	31
Gambar 12. Kurva Polarisasi pada Korosi.....	31
Gambar 13. Kurva Polarisasi pada Digram Tafel	32
Gambar 14. Diagram Alir	38
Gambar 15. Lanjutan Diagram Alir	39
Gambar 16. Spesimen <i>as-cast</i> Paduan Mg-2Zn-1Mn.....	41
Gambar 17. Hofman Furnance.....	42
Gambar 18. Mikroskop Optik Carl Zeiss (Promotech D/A pol).....	42
Gambar 19. Microvickers (Future tech FM 800)	43
Gambar 20. Mesin Grinding Dan Polishing (FTP-2M)	43
Gambar 21. Alat Metrohm I stat 8.400	44
Gambar 22. Metrohm I stat 8.400 (alat uji potensio stat portable)	47
Gambar 23. Jejak Tekan Microvickers	49
Gambar 24. (a) Paduan Mg-2Zn-1Mn As-Cast, (b) Paduan Mg-2Zn-1Mn Annealing 320°C (c) Paduan Mg-2Zn-1Mn Annealing 340°C.....	50
Gambar 25. Analisa Ukuran Butir Paduan Mg-2Zn-1Mn Menggunakan Software Image-J: (a) As-Cast, (b) Annealing 320°C, (c) Annealing 340 °C. .	50
Gambar 26. Kurva Tafel Polarisasi Potensiodinamik.....	53

Gambar 27. Spektrum EIS paduan Mg-2Zn-1Mn dalam Hank's Solution (a) Plot Nyquist, (b) Plot Bode (c) Rangkaian Fitting Spektrum EIS..... 54

Gambar 28. Nilai Kekerasan Paduan Mg-2Zn-1Mn: (a) As-Cast, (b) Annealing 320°C, (c) Annealing 340 °C 59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Biomaterial Logam Dan Aplikasinya	10
Tabel 2. Biomaterial Polimer Dan Aplikasinya	11
Tabel 3. Biomaterial Komposit Dan Aplikasinya	12
Tabel 4. Biomaterial Keramik Dan Aplikasinya.....	13
Tabel 5. Data Laju Korosi Metoda Potensio Dinamic	47
Tabel 6. Model Microvickers.....	48
Tabel 7. Data Mikro Struktur	51
Tabel 8. Laju Korosi pada Mg-2Zn-1Mn, dalam Larutan Hanks	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Lampiran Surat Izin Penelitian Fakultas	75
Lampiran 2. Lampiran Surat Izin Penelitian Laboratorium	76
Lampiran 3. Pemotongan Spesimen Mg-2Zn-1Mn	77
Lampiran 4. Polishing dan Grinding.....	78
Lampiran 5. Pengujian Annealing.....	78
Lampiran 6. Pengujian Mikrostruktur.....	79
Lampiran 7. Pengujian Korosi	79
Lampiran 8. Pengujian Kekerasan	81
Lampiran 9. Bukti Konsultasi	84

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kasus patah tulang sering terjadi, baik itu karena kecelakaan kerja, kecelakaan pengendara, terjatuh atau penyakit, maraknya kejadian patah tulang ini memicu pentingnya sebuah implan tulang yang lebih baik untuk perawatan. (Kamrani & Fleck, 2019) Pengobatan patah tulang biasanya dilakukan dengan pemasangan penutup patah tulang. Kelemahannya ada pada proses operasi kedua ketika pembukaan penutup patah itu dimana terkadang pasien tersebut dalam kondisi menderita penyakit lain ataupun sudah pada masa lansia yang dapat mengakibatkan timbulnya penyakit baru dan memperlama proses penyembuhan (Han dkk., 2019).

Namun dengan kemajuan keilmuan saat sekarang ini dunia ortopedi telah mengembangkan bahan implan yang dapat luruh dalam tubuh sehingga langsung menyatu dalam tubuh tanpa diperlukan operasi untuk mengangkatnya kembali (Hu dkk., 2022a).

Salah satu biomaterial yang banyak dan sering digunakan dalam bidang kesehatan adalah logam lebih tepatnya logam *biodegradable* atau *bioabsorbable*. Istilah “logam *biodegradable* atau *bioabsorbable*” mengacu pada nanomaterial logam yang dapat terdegradasi dan saat ini sedang dieksplorasi dan dikembangkan secara ekstensif (Chen dkk, 2014).

Jika tubuh kekurangan Mg maka akan memiliki dampak buruk terhadap

tulang. Hal ini didukung oleh (Castiglioni dkk., 2013) dalam penelitiannya yang menyatakan akibat dari kekurangan Mg dalam tulang memberikan dampak buruk terhadap tulang diantaranya mengurangi kekuatan tulang dan dapat meningkatkan kemungkinan terkena *osteoporosis* atau pengeroposan tulang.

Mg juga memiliki kekurangan yaitu kecepatan luruhnya yang tinggi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kecepatan luruhnya yaitu dengan cara pemaduan (*Magnesium Alloy*) (Staiger dkk., 2006). Salah satu bentuk pemaduan yang dapat dilakukan adalah dengan penambahan Zn (Zinc). Penambahan Zinc juga dikarenakan kedua unsur tersebut merupakan unsur yang diperlukan oleh tulang, yaitu untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan yang baik serta dapat diserap oleh tubuh, Mn mempunyai kekuatan yang tinggi, keuletan yang tinggi serta penyempurnaan dalam butir.

Untuk mendapatkan paduan yang tepat dan memperbaiki sifat mekanik dari magnesium, maka dipadukan dengan mangan, pengaruh penambahan mangan memiliki kekuatan Tarik yang baik, keuletan yang baik, serta tingkat kehalusan butir yang halus. Namun penambahan unsur mangan yang melebihi ambang batas maka dapat menyebabkan *neurotoxic* dalam konsentrasi yang tinggi (Salvetr dkk., 2016).

Oleh karena itu, penulis berpikir untuk melakukan penelitian yang mengkaji efek temperatur *annealing* paduan Mg-2Zn-1Mn dengan variasi temperatur 320°C dan 340°C. Jadi, berdasarkan uraian diatas, maka penulis mengajukan

judul penelitian tentang “Efek *Annealing* Paduan Mg-2Zn-1Mn untuk Aplikasi Implan Terserap Tubuh”.

B. Identifikasi masalah

Implan terserap tubuh telah mengalami perkembangan yang signifikan, khususnya pada paduan magnesium. Diketahui logam magnesium murni memiliki kecepatan luruhnya yang tinggi sehingga dilakukan penambahan dengan menggunakan seng dan mangan. Namun, penelitian tersebut dilakukan dalam bentuk *casting*, oleh karena itu, diperlukan pengujian lanjutan untuk dilaporkan perubahan yang terjadi setelah dilakukan *annealing* untuk mengetahui perbedaan yang nantinya akan dilakukan dengan dua variasi temperatur yang digunakan supaya mendapatkan perbandingan yang dilakukan dalam waktu 120 menit yang kemudian dianalisa mikrostruktur, laju korosi, dan kekerasannya. Sehingga diketahui sifat-sifat bahan ini sesuai untuk aplikasi implan terserap tubuh atau tidak.

C. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka dalam penelitian ini akan dibatasi beberapa batasan penelitian antara lain sebagai berikut:

1. Spesimen yang di amati berjenis logam Mg-2Zn-1Mn
2. Mikrostruktur dilihat menggunakan mikroskop optik
3. Laju korosi dilakukan dengan metode potensiodinamik
4. Kekerasan dilakukan dengan menggunakan *microvickers*

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah diatas, maka rumusan pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana bentuk mikrostruktur paduan Mg-2Zn-1Mn yang di hasilkan setelah di *annealing*?
2. Berapa kecepatan laju korosi spesimen paduan Mg-2Zn-1Mn sebagai implan tulang?
3. Bagaimana kekerasan yang terdapat pada paduan Mg-2Zn-1Mn *bioabsorbable*?

E. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui bentuk dan ukuran butir pada paduan Mg-2Zn-1Mn
2. Mengetahui laju korosi (*corrosion rate*) spesimen paduan Mg-2Zn-1Mn
3. Mengetahui kekerasan masing-masing spesimen Mg-2Zn-1Mn dengan membandingkan dengan *as-cast*, *annealing* 320 °C dan 340°C.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi Universitas, menambah data hasil penelitian mengenai pengaruh temperatur *annealing* paduan Mg-2Zn-1Mn.
2. Bagi mahasiswa yaitu penelitian ini dapat di manfaatkan sebagai ilmu pengetahuan untuk meningkatkan serta menambahkan wawasan khususnya pengaruh temperatur efek *annealing* paduan Mg-2Zn-1Mn, Selain itu juga

dapat di jadikan topik rujukan untuk pengembangan ke penelitian selanjutnya.

3. Bagi penulis yaitu penelitian ini dapat di manfaatkan sebagai penambahan ilmu di bidang pengaruh temperatur efek *annealing* paduan Mg-2Zn-1Mn, kontribusi ke ilmuan sebagai salah satu alternatif pengembangan material *bioabsorbable implant*.