

SKRIPSI

**Pengaruh Variasi Zinc (Zn) Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat
Mekanik Paduan Mg-Al-Zn Sebagai Material Implan**



Intelligentia - Dignitas

Disusun oleh:

Vannez Adi Negoro

1520621023

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Variasi Zinc (Zn) Terhadap Struktur Mikro
dan Sifat Mekanik Paduan Mg-Al-Zn Sebagai
Material Implan

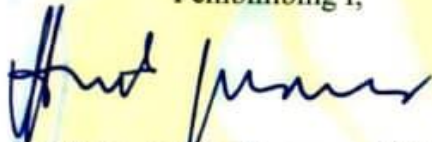
Penyusun : Vannez Adi Negoro

NIM : 1520621023

Tanggal Ujian : 21 Januari 2026

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Dr. Eng. Agung Premono, ST., M.T.

NIP. 197705012001121002

Pembimbing II,

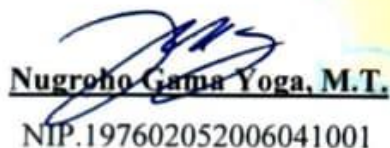


Dr. Imam Basori, M.T.

NIP. 197906072008121003

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,



Nugroho Gama Yoga, M.T.
NIP. 197602052006041001

Sekretaris Penguji,



Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM
NIP. 197911022012121001

Penguji Ahli,



Bagus Anggraini, S.Pd., M.T.
NIP. 199611092025061004

Mengetahui,

Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin



Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM
NIP. 197911022012121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2026

Yang membuat pernyataan



Vannez Adi Negoro

NIM. 1520621023



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Vannez Adi Negoro
NIM : 1520621023
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Alamat email : vannezadi59@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Pengaruh Variasi Zinc (Zn) Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Paduan Mg-Al-Zn Sebagai Material Implan

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 22 Januari 2026
Penulis


Vannez Adi Negoro

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji serta syukur atas kehadiran Allah Yang Maha Esa, yang telah memherikan rahmat, nikmat, dan karunia-nya kepada kita semua. Juga tidak lupa shalawat beriring salam kita haturkan kepada baginda kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Pengaruh Variasi Zinc (Zn) Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Paduan Mg-Al-Zn Sebagai Material Implan".

Dengan maksud penyelesaian skripsi ini yaitu sebagai salah satu persyaratan yang diperlukan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Dimana skripsi ini akan menjadi pertanggung jawaban terhadap masa perkuliahan yang telah dilewati. Selain itu, skripsi ini bertujuan untuk memberikan informasi dan data perihal objek yang akan diteliti serta sarana untuk menambah pengalaman dan wawasan dalam perancangan alat Kesehatan berupa implan. Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bimbingan dan dorongan dari semua pihak, maka penulisan ini tidak dapat berjalan secara lancar. Oleh karena-nya pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Agung Premono, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat baik, dan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Imam Basori, M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat baik, dan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

5. Kedua Orangtua dan kerabat yang selalu mendukung penulis melalui doa yang tidak pernah henti diucapkan untuk penulis melalui doa yang tidak pernah henti diucapkan untuk penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan perkuliahan di Universitas Negeri Jakarta.

6. Sdr. Faishal dan Nafis selaku rekan bimbingan yang selalu saling memberikan

5. Kedua Orangtua dan kerabat yang selalu mendukung penulis melalui doa yang tidak pernah henti diucapkan untuk penulis melalui doa yang tidak pernah henti diucapkan untuk penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan perkuliahan di Universitas Negeri Jakarta.
6. Sdr. Faishal dan Nafis selaku rekan bimbingan yang selalu saling memberikan bantuan, motivasi, serta *support* satu sama lain dalam mengerjakan skripsi pengembangan implan hingga dapat lulus kuliah bersama-sama.
7. Rekan mahasiswa S1 Teknik Mesin 2021 serta seluruh keluarga besar S1 Teknik Mesin juga seluruh rekan Universitas Negeri Jakarta yang telah turut serta membantu penulis dalam segala hal baik motivasi, serta dukungan terhadap penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh pihak yang Namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu yang turut memberikan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian perkuliahan

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan yang mungkin tidak disadari dan dengan keterbatasan yang penulis miliki penulis memohon maaf atas terjadinya kesalahan baik dari segi isi maupun penulisan.

Harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat, khususnya bagi pembaca untuk menambah wawasan baru atau pengetahuan tentang berbagai hal yang dibahas dalam skripsi ini khususnya yaitu mengenai implan.

Bekasi, 21 Januari 2026

Penulis,

Intelligentia - Dignitas

Vannez Adi Negoro

ABSTRAK

Paduan magnesium (Mg) berbasis Mg–Al–Zn memiliki potensi sebagai material implan tulang biodegradable karena bersifat biokompatibel dan memiliki modulus elastisitas yang mendekati tulang manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kandungan zinc (Zn) terhadap sifat mekanik dan struktur mikro paduan Mg–0,7Al–xZn dengan variasi Zn sebesar 3%, 4%, dan 5%. Paduan dibuat melalui metode pengecoran dan dilanjutkan dengan proses homogenisasi pada temperatur 400 °C selama 4 jam. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik, uji kekerasan Vickers, serta pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa paduan Mg0,7Al3Zn memiliki sifat mekanik tertinggi dengan nilai tensile strength sebesar 213,39 MPa, yield strength sebesar 211,03 MPa, dan elongasi sebesar 13,59%. Peningkatan kandungan Zn menjadi 4% menyebabkan penurunan tensile strength sebesar 5,2%, yield strength sebesar 5,1%, dan elongasi sebesar 10,4%. Penurunan sifat mekanik paling signifikan terjadi pada paduan Mg0,7Al5Zn, dengan tensile strength menurun sebesar 52,6%, yield strength menurun sebesar 52,9%, dan elongasi menurun sebesar 26,4% dibandingkan paduan Mg0,7Al3Zn. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan adanya porositas yang relatif tinggi pada paduan dengan kandungan Zn tertinggi, yang diindikasikan berasal dari cacat pengecoran selama proses fabrikasi, bukan akibat langsung dari penambahan Zn. Keberadaan porositas tersebut berperan sebagai konsentrator tegangan yang menurunkan sifat tarik material. Sementara itu, hasil uji kekerasan menunjukkan peningkatan nilai kekerasan seiring bertambahnya kandungan Zn, dari 47,9 HV pada paduan Mg0,7Al3Zn menjadi 52,42 HV pada paduan Mg0,7Al4Zn (meningkat 9,4%) dan 55,36 HV pada paduan Mg0,7Al5Zn (meningkat 15,6%). Berdasarkan hasil penelitian ini, paduan Mg0,7Al3Zn menunjukkan kombinasi sifat mekanik yang paling optimal sebagai kandidat material implan tulang biodegradable.

Kata kunci: paduan magnesium, zinc (Zn), sifat mekanik, implan tulang biodegradable.

ABSTRACT

Magnesium-based Mg–Al–Zn alloys have potential as biodegradable bone implant materials due to their good biocompatibility and elastic modulus close to that of human bone. This study aims to analyze the effect of zinc (Zn) content variation on the mechanical properties and microstructure of Mg–0.7Al–xZn alloys with Zn contents of 3%, 4%, and 5%. The alloys were fabricated using a casting method followed by homogenization at 400 °C for 4 hours. Mechanical characterization included tensile testing, Vickers hardness testing, and microstructural observation using optical microscopy. The results indicate that the Mg0.7Al3Zn alloy exhibits the highest mechanical properties, with a tensile strength of 213.39 MPa, yield strength of 211.03 MPa, and elongation of 13.59%. Increasing the Zn content to 4% resulted in a reduction in tensile strength by 5.2%, yield strength by 5.1%, and elongation by 10.4%. The most significant degradation in mechanical properties occurred in the Mg0.7Al5Zn alloy, where tensile strength, yield strength, and elongation decreased by 52.6%, 52.9%, and 26.4%, respectively, compared to the Mg0.7Al3Zn alloy. Microstructural observations reveal a relatively high level of porosity in the alloy with the highest Zn content, which is attributed to casting defects during the fabrication process rather than the direct effect of Zn addition. This porosity acts as a stress concentrator, leading to a significant reduction in tensile properties. Meanwhile, hardness testing shows an increasing trend with higher Zn content, from 47.9 HV for Mg0.7Al3Zn to 52.42 HV for Mg0.7Al4Zn (an increase of 9.4%) and 55.36 HV for Mg0.7Al5Zn (an increase of 15.6%). Based on these findings, the Mg0.7Al3Zn alloy exhibits the most optimal mechanical performance as a candidate material for biodegradable bone implant applications.

Keywords: magnesium alloy, zinc (Zn), mechanical properties, biodegradable bone implant.

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR ISI

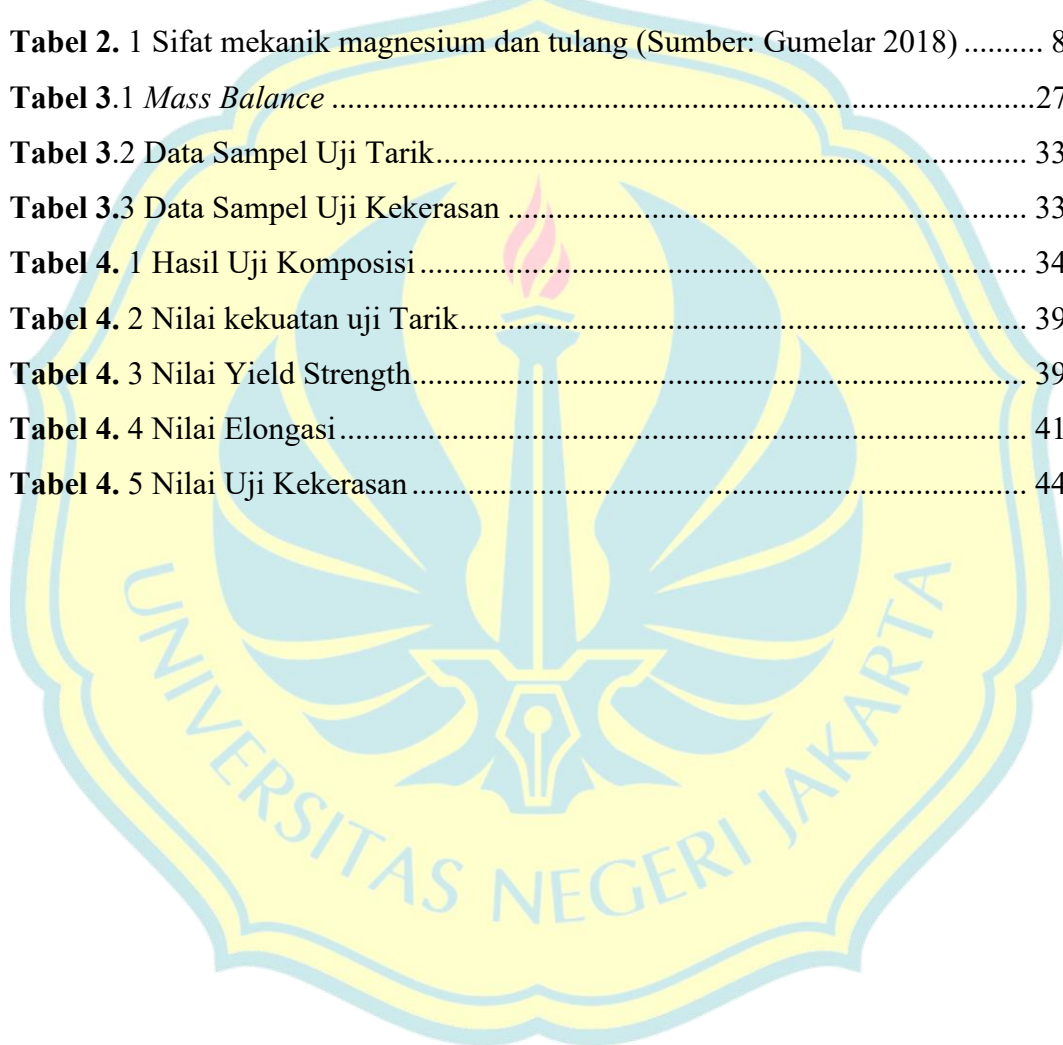
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.6.1 Manfaat Teoritis	5
1.6.2 Manfaat Praktis	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Implan Tulang dan Biokompabilitas Material.....	6
2.2 Magnesium (<i>Mg</i>)	7
2.3 Zinc.....	8
2.4 Aluminium (<i>Al</i>)	9
2.5 Paduan Magnesium	10
2.5.1 Pengaruh Penambahan Unsur Al Pada Magnesium.....	11
2.5.2 Pengaruh Penambahan Unsur Zn Pada Magnesium	11
2.6 Struktur Mikro.....	12
2.7 Pengujian Mekanik.....	13
2.7.1 Uji Tarik (Tensile Test).....	13
2.7.2 Uji Kekerasan (Hardness Test)	15
2.8 Penelitian Relevan.....	18

2.9 Kerangka Berpikir	19
2.10 Hipotesis Penelitian	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.1.1 Waktu Penelitian	21
3.1.2 Tempat Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat Penelitian.....	21
3.2.2 Bahan Penelitian.....	24
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	26
3.4 Teknik dan prosedur pengambilan data.....	27
3.4.1 Studi Literatur	27
3.4.2 Persiapan pembuatan sampel	27
3.4.3 <i>Mass Balance</i>	27
3.5 Alur Proses	28
3.6 Proses Homogenisasi.....	30
3.7 Pengujian Struktur Mikro.....	31
3.8 Pengujian Tarik	31
3.9 Pengujian Kekerasan Vickers (<i>Vickers Hardness Test</i>).....	31
3.10 Teknik Analisis Data.....	32
BAB IV PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil Pengujian Komposisi (X-Ray Fluorescence).....	34
4.2 Pengaruh Variasi Zinc (Zn) terhadap Struktur Mikro Paduan Mg–Al–Zn .	35
4.3 Pengaruh Variasi Zinc (Zn) Terhadap Kekuatan Tarik Paduan Mg–Al–Zn	38
4.4 Pengaruh Variasi Zinc (Zn) Terhadap Kekerasan Paduan Mg–Al–Zn.....	43
4.5 Analisis Potensi Paduan Mg–Al–Zn sebagai Material Implan Tulang Biodegradable Berdasarkan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	56

DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	71
---------------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat mekanik magnesium dan tulang (Sumber: Gumelar 2018)	8
Tabel 3.1 <i>Mass Balance</i>	27
Tabel 3.2 Data Sampel Uji Tarik.....	33
Tabel 3.3 Data Sampel Uji Kekerasan	33
Tabel 4. 1 Hasil Uji Komposisi	34
Tabel 4. 2 Nilai kekuatan uji Tarik.....	39
Tabel 4. 3 Nilai Yield Strength.....	39
Tabel 4. 4 Nilai Elongasi	41
Tabel 4. 5 Nilai Uji Kekerasan	44



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Implan tulang	6
Gambar 2. 2 Magnesium (Mg)	7
Gambar 2. 3 Zinc (Zn)	8
Gambar 2. 4 Aluminium (Al)	10
Gambar 2. 5 Uji Tarik	13
Gambar 2. 6 Alat Uji Kekerasan Brinell	15
Gambar 2. 7 Alat Uji Kekerasan Vickers	16
Gambar 2. 8 Prinsip Pengukuran Kekerasan Vickers	17
Gambar 2. 9 Alat Uji Kekerasan Rockwell	18
Gambar 3. 1 Tungku peleburan	22
Gambar 3. 2 Burner	22
Gambar 3. 3 Cetakan spesimen	22
Gambar 3. 4 Crucible	23
Gambar 3. 5 Ladle	23
Gambar 3. 6 Timbangan	24
Gambar 3. 7 Gas argon	24
Gambar 3. 8 Magnesium (Mg)	24
Gambar 3. 9 Aluminium (Al)	25
Gambar 3. 10 Seng (Zn)	25
Gambar 3. 11 (A) KCl, (B) $MgCl_2$, (C) $BaCl_2$, (D) CaF_2	25
Gambar 3. 12 Diagram alir penelitian	26
Gambar 3. 13 (A) Magnesium, (B) Aluminium, (C) Seng	29
Gambar 3. 14 (A) KCl, (B) $MgCl_2$, (C) $BaCl_2$, (D) CaF_2	29
Gambar 3. 15 Campuran grafit dan thinner	30
Gambar 3. 16 Standar spesimen uji tarik	31
Gambar 3. 17 Parameter Uji Vickers	32
Gambar 4. 1 Struktur Mikro dalam Perbesaran 10x dan 20x Pada Kondisi As-Homogenized	36
Gambar 4. 2 Spesimen Hasil Uji Tarik	38

Gambar 4. 3 Grafik Tensile Strength dan Yield Strength	40
Gambar 4. 4 Grafik Elongasi.....	42
Gambar 4. 5 Grafik Uji Keras	45



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Komposisi Spesimen 1	56
Lampiran 2 Hasil Uji Komposisi Spesimen 2.....	57
Lampiran 3 Hasil Uji Komposisi Spesimen 3.....	58
Lampiran 4 Hasil Uji Tarik Spesimen 1.1	59
Lampiran 5 Hasil Uji Tarik Spesimen 1.2	60
Lampiran 6 Hasil Uji Tarik Spesimen 1.3	61
Lampiran 7 Hasil Uji Tarik Spesimen 2.1	62
Lampiran 8 Hasil Uji Tarik Spesimen 2.2	63
Lampiran 9 Hasil Uji Tarik Spesimen 2.3	64
Lampiran 10 Hasil Uji Tarik Spesimen 3.1	65
Lampiran 11 Hasil Uji Tarik Spesimen 3.2	66
Lampiran 12 Hasil Uji Tarik Spesimen 3.3	67
Lampiran 13 Sertifikat Unsur Magnesium.....	68
Lampiran 14 Sertifikat Unsur Seng.....	69
Lampiran 15 Dokumentasi.....	70

Intelligentia - Dignitas