

## ABSTRAK

Nafisa Hafazhati Akbar

NIM: 211720017

Pengaruh Besar Reduksi dan Temperatur *Hot Rolling* (Canai Panas) terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Mg-8CAp sebagai Alternatif Material Implan *Biodegradable*.

Magnesium memiliki potensi besar sebagai kandidat implan *biodegradable* karena sifatnya yang ringan, biokompatibel, serta mampu terurai secara alami di dalam tubuh. Namun, kekuatan mekanik yang relatif rendah menjadi kelemahan utama sehingga perlu ditingkatkan melalui penambahan partikel penguat kalsium fosfat (CAp) dan perlakuan deformasi plastis melalui proses *hot rolling*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi reduksi dan temperatur *hot rolling* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro komposit Mg-8CAp. Komposit dibuat dengan metode *powder metallurgy* dan diberi perlakuan *hot rolling* pada temperatur 350 °C, 400 °C, dan 450 °C dengan variasi reduksi berbeda. Pengujian meliputi uji tarik untuk menentukan *Ultimate Tensile Strength* (UTS), *Yield Strength* (YS), *elongation*, dan modulus elastisitas, serta uji kekerasan Vickers dan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi reduksi dan temperatur berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 53,9 HV diperoleh pada temperatur 350°C, sedangkan nilai UTS maksimum 163,39 MPa dicapai pada reduksi menengah ( $\pm 30$  %) pada 400 °C. Nilai *elongation* tertinggi mencapai 8,85 % dan modulus elastisitas tertinggi 4,96 GPa. Struktur mikro menunjukkan perhalusan butir serta distribusi partikel yang merata, sementara reduksi tinggi pada suhu tinggi memicu rekristalisasi dinamis. Kondisi optimum dicapai pada reduksi menengah ( $\pm 30$  %) pada 350–400 °C yang menghasilkan kombinasi terbaik antara kekuatan, keuletan, dan struktur mikro yang halus. Sedangkan pada 450°C kondisi optimum dicapai pada reduksi rendah ( $\pm 16$  %). Hal ini menegaskan bahwa pemilihan temperatur dan besar reduksi berperan penting dalam mengoptimalkan sifat mekanik komposit Mg-8CAp.

**Kata kunci:** Magnesium, CAp, *Hot rolling*, Sifat mekanik, Struktur mikro.

## ABSTRACT

Nafisa Hafazhati Akbar

NIM: 211720017

### *The Effect of Reduction and Hot Rolling Temperature on the Mechanical Properties and Microstructure of Mg-8CAp as an Alternative Biodegradable Implant Material.*

*Magnesium has great potential as biodegradable implant candidates due to their lightweight, biocompatible, and biodegradable properties. However, their relatively low mechanical strength is a major weakness, requiring improvement through the addition of calcium phosphate (CAp) reinforcement particles and plastic deformation treatment through a hot rolling process. This study aims to determine the effect of variations in reduction and hot rolling temperature on the mechanical properties and microstructure of Mg-8CAp composites. The composites were made using a powder metallurgy method and subjected to hot rolling treatment at temperatures of 350 °C, 400 °C, and 450 °C with different reduction variations. Testing included tensile tests to determine Ultimate Tensile Strength (UTS), Yield Strength (YS), elongation, and modulus of elasticity, as well as Vickers hardness tests and microstructure observations using an optical microscope. The results showed that variations in reduction and temperature significantly affected the mechanical properties and microstructure. The highest hardness value of 53.9 HV was obtained at a temperature of 350°C, while the maximum UTS value of 163.39 MPa was achieved at medium reduction ( $\pm 30\%$ ) at 400°C. The highest elongation value reached 8.85% and the highest elastic modulus was 4.96 GPa. The microstructure showed grain refinement and even particle distribution, while high reduction at high temperature triggered dynamic recrystallization. The optimum condition was achieved at medium reduction ( $\pm 30\%$ ) at 350–400°C which produced the best combination of strength, ductility, and fine microstructure. Meanwhile, at 450°C the optimum condition was achieved at low reduction ( $\pm 16\%$ ). This confirms that the selection of temperature and reduction magnitude plays an important role in optimizing the mechanical properties of Mg-8CAp composites.*

**Keywords:** *Magnesium, CAp, Hot rolling, Mechanical properties, Microstructure*

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Bersama dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dan diajukan pada Program Studi Fisika Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten ini sepenuhnya asli merupakan karya tulis ilmiah saya pribadi.

Adapun tulisan maupun pendapat orang lain yang terdapat dalam skripsi ini telah saya sebutkan kutipannya secara jelas dengan etika keilmuan yang berlaku di bidang penulisan karya ilmiah.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau seluruh isi skripsi ini merupakan hasil perbuatan plagiarisme atau mencontek karya orang lain, saya bersedia untuk menerima sanksi berupa pencabutan gelar kesarjanaaan yang saya terima ataupun sanksi akademik lain sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Serang, 14 Oktober 2025



Nafisa Hafazhati Akbar

211720017

Nomor : -  
Lampiran : Satu (1) eks  
Perihal : Pengajuan Munaqasyah  
a.n Nafisa Hafazhati Akbar  
NIM. 211720017

Kepada Yth.  
Dekan Fakultas Sains  
UIN SMH Banten  
di-  
Serang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dipermaklumkan dengan hormat, bahwa setelah membaca dan menganalisa serta mengadakan koreksi seperlunya, kami berpendapat bahwa skripsi saudara Nafisa Hafazhati Akbar dengan NIM: 211720017 yang berjudul "**Pengaruh Besar Reduksi dan Temperatur *Hot Rolling* (Canai Panas) terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Mg-8CAp Sebagai Alternatif Material Implan *Biodegradable***", telah dapat diajukan sebagai salah satu syarat untuk melengkapi ujian munaqasah pada Fakultas Sains Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Demikian atas segala perhatian Bapak kami ucapkan terima kasih.  
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Serang, 14 Oktober 2025

Pembimbing I,

Fina Fitratun Amalivah, S.Si., M.Sc.

NIP. 199002102025052002

Pembimbing II,



Dr. Ir. Suryadi, M.T.

NIP. 196904021995031004

**PENGARUH BESAR REDUKSI DAN TEMPERATUR *HOT ROLLING*  
(CANAI PANAS) TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR  
MIKRO Mg-8CaP SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL IMPLAN  
*BIODEGRADABLE***

Oleh:

Nafisa Hafazhati Akbar

211720017

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Fina Fitratun Amaliyah, S.Si., M.Sc.

NIP. 199002102025052002



Dr. Ir. Suryadi, M.T.

NIP. 196904021995031004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Hidayatullah, M. Pd.  
NIP. 197409182000031008



Elsi Ariani, M.Si.

NIP. 198901232018012001


## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi a.n. Nafisa Hafazhati Akbar, NIM: 211720017 yang berjudul “Pengaruh Besar Reduksi dan Temperatur *Hot Rolling* (Canai Panas) terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Mg-8CAp sebagai Alternatif Material Implan *Biodegradable*.” telah diujikan dalam Ujian Tugas Akhir Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten pada tanggal 4 Oktober 2025.


Skripsi tersebut telah disahkan dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Serang, 4 Oktober 2025

Pembimbing I,

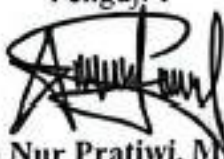
  
Fina Fitriana Amaliyah, S.Si., M.Sc.  
NIP. 199002102025052002

Pembimbing II,


  
Dr. Ir. Survadi, M.T.  
NIP. 196904021995031004

Mengetahui,

Penguji I

  
Beta Nur Pratiwi, M.Si.  
NIP. 199301022023212036

Penguji II

  
Dony Hutabarat, M.Eng.  
NIP. 197703032009011009

Ketua Penguji

  
Dr. Asep Saefurrohman, M.Si.  
NIP. 197808272003121003

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Tangerang pada tanggal 02 Mei 2003 dari pasangan Bapak Agung Nugraha dan Ibu Sri Asmiyati, yang kemudian memberikan nama penulis “Nafisa Hafazhati Akbar”.

Pendidikan formal yang ditempuh penulis dimulai dari Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Sukamulya dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Balaraja dan lulus pada tahun 2018. Pendidikan menengah atas ditempuh di MAN 2 Tangerang jurusan Matematika dan Ilmu Alam (MIA) dan diselesaikan pada tahun 2021. Setelah itu, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Fisika dengan peminatan Fisika Material di Fakultas Sains, Universitas Islam Negeri (UIN) Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis aktif dalam organisasi kampus, khususnya di Dewan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Sains UIN SMH Banten, dan pernah menjabat sebagai anggota Pemberdayaan Perempuan pada tahun 2023. Selain itu, pada tahun 2024 penulis mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) selama enam bulan di Pusat Riset Sistem Material Maju, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Serpong, khususnya pada kelompok riset Teknologi Permukaan dan Pelapisan.

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillahirabbil'alamin. Akhirnya penulis sampai juga pada titik ini. Semua keberhasilan yang dicapai adalah anugerah terbesar dari Allah SWT. Sekali lagi, aku mengucapkan syukur kepada-Mu, dan shalawat serta salamku kepada baginda Rosulullah SAW. Semoga karya ini menjadi kebanggan untuk keluargaku tercinta. Karya ini aku persembahkan kepada:

### **Abi Agung Nugraha dan Umi Sri Asmiyati**

Terima kasih atas do'a, dukungan, nasihat serta kasih sayang yang selama ini telah diberikan kepadaku tanpa kenal lelah. Semoga setiap peluh dan tetes keringet yang sudah Abi dan Umi keluarkan untuk memperjuangkan studiku senantiasa dibalas oleh Allah SWT dan kelak diganjar dengan surga-Nya. Semoga karya kecil ini menjadi bagian awalku dalam meraih kesuksesan untuk dapat membahagiakan Abi dan Umi.

### **Shohifa Aulia Akbar, Hilmi Fadhilla Akbar, Muhammad Syarif dan Dinda Nur Afifah**

Terima kasih atas do'a, kasih sayang, kebersamaan, dan dukungan yang diberikan.

### **Shanum Aisha Almahira, Aufa Syahki Arsyandera, Harsya Zaidan Elvansyah, dan Hannan Tsaqif Athallah**

Untuk kalian, ponakan-ponakan kecilku, si kecil yang hobi ngerecokin tapi juga paling jago balikin mood-ku dengan celoteh leluconnya. Terimakasih sudah jadi obat stress alami, walau kadang jadi sumber stress juga (tapi gemesin ya). Di tengah skripsi yang bikin kepala panas, kamu datang dengan wajah polos dan tingkah absurdumu yang membuat aku lupa kalau lagi menjejarkan skripsi. Skripsi ini mungkin tak kamu pahami, tapi sebagian semangat dalam tulisan ini datang dari suara cemprengmu yang tiap hari teriak "picaaaaa". Terima kasih ya, moodbooster kecilku.

**221010100098**

Untuk manusia paling sabar sekaligus pendukung emosional terbaik dalam perjalanan panjang ini. Terima kasih telah memerankan begitu banyak peran sebagai teman, sahabat, dan pendengar setia atas segala keluh kesahku setiap malam.

**Ibu Fina Fitraturun Amaliyah, S.Si., M.Sc.**

Terima kasih atas bimbingan, ilmu, serta arahan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini, sehingga saya memperoleh banyak pengetahuan dan dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

**Bapak Dr. Ir. Suryadi, M.T**

Terima kasih atas bimbingan, ilmu, kesabaran serta motivasi yang diberikan selama pelaksanaan riset di BRIN, sehingga saya memperoleh pengalaman dan wawasan di bidang riset serta dapat menyelesaikan penelitian ini.

**Almamaterku UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten**

Tempat dimana aku menimba ilmu dan mendapat banyak sekali pengalaman.

**Diriku Sendiri**

Terima kasih kepada diriku sendiri, yang telah memilih untuk terus melangkah meski lelah, yang mau bangkit di saat terjatuh, dan bersedia melawan rasa malas, ragu, serta ego dalam diri ini. Terima kasih karena telah bertahan, tidak menyerah ketika segalanya terasa berat, dan karena telah menyelesaikan skripsi ini.

## **MOTTO**

Memulai dengan penuh keyakinan  
Menjalankan dengan penuh keikhlasan  
Menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan

(Anis Setiyani)

“Allah Tidak Membebani Seseorang Melainkan Sesuai dengan Kesanggupannya”

(QS. AL BAQARAH : 286)

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim

Segala puji hanya bagi Allah SWT., yang telah memberikan taufik, hidayah, serta inayah-Nya, sehingga TA ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Shalawat beserta salam semoga tetap tercurah kepada Rasulullah SWT., keluarga, para sahabat serta para pengikutnya yang setia hingga akhir zaman.

TA yang berjudul “**Pengaruh Besar Reduksi dan Temperatur Hot Rolling (Canai Panas) terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Mg-8CAp sebagai Alternatif Material Implan Biodegradable.**” merupakan tugas akhir yang diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Program Studi Fisika Fakultas Sains UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten. Dalam menyelesaikan TA ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Muhammad Ishome, M.A., Rektor UIN SMH Banten yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk bergabung dan belajar di lingkungan UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten.
2. Bapak Prof. Dr. Hidayatullah, M. Pd. selaku Dekan Fakultas Sains yang telah mendorong penyelesaian studi dan skripsi penulis.
3. Ibu Elsi Ariani, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains UIN SMH Banten yang telah memberikan motivasi.
4. Ibu Fina Fitratun Amaliyah, M.Sc. dan Dr. Ir. Suryadi, M.T. selaku pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan semangat kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen di lingkungan Fakultas Sains UIN SMH Banten yang telah mengajar dan mendidik penulis selama menempuh Pendidikan.
6. Keluarga, sahabat, dan rekan-rekan yang telah memberikan motivasi selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan guna perbaikan selanjutnya.

Akhirnya, hanya kepada Allah penulis berharap, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Serang, 14 Oktober 2025

Nafisa Hafazhati Akbar

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
1. Manfaat Teoritis.....	4
2. Manfaat Praktis.....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
A. Kajian Teori.....	6
1. Magnesium .....	6
2. Implan <i>Biodegradable</i> .....	7
3. <i>Hot Rolling</i> .....	8
4. Sifat-Sifat Material .....	14
5. Struktur Mikro .....	17
B. Hasil Penelitian yang Relevan .....	18
C. Kerangka Berpikir.....	19
D. Hipotesis.....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	22

B.	Bahan dan Alat Penelitian .....	22
C.	Prosedur Kerja Penelitian.....	23
D.	Jenis Metode Penelitian.....	26
E.	Teknik Pengumpulan Data .....	27
F.	Teknik Analisis Data .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>29</b>
A.	Pengaruh Variasi Besar Reduksi dan Temperatur <i>Hot Rolling</i> terhadap Sifat Mekanik Mg-8Cap.....	29
1.	Hasil <i>Hot Rolling</i> .....	29
2.	Analisis Hasil Pengujian Tarik .....	30
a.	Hasil Pengujian Tarik Tanpa <i>Hot Rolling</i> .....	30
b.	Hasil Pengujian Tarik Setelah <i>Hot Rolling</i> .....	32
3.	Analisis Hasil Pengujian Kekerasan.....	41
B.	Pengaruh Variasi Besar Reduksi dan Temperatur <i>Hot Rolling</i> terhadap Struktur Mikro Mg-8Cap.....	44
1.	Hasil Struktur Mikro Tanpa <i>Hot Rolling</i> .....	44
2.	Hasil Struktur Mikro Setelah <i>Hot Rolling</i> .....	45
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>57</b>
A.	Kesimpulan .....	57
B.	Saran.....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>59</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>63</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data rasio reduksi pengerolan per jumlah penggulangan. ....	12
Tabel 3.1 Alat penelitian .....	22
Tabel 3.2 Bahan penelitian	23
Tabel 4.1 Data perubahan dimensi dan besar reduksi sampel Mg-8CAp hasil hot rolling pada suhu 350°C, 400°C, dan 450°C.....	30
Tabel 4.2 Data pengujian tarik sampel Mg-8CAp hasil hot rolling pada temperatur 350 °C, 400 °C, dan 450°C dengan variasi reduksi. ....	36
Tabel 4.3 Data hasil uji kekerasan (HV) komposit Mg-8CAp pada penampang melintang dan memanjang setelah proses hot rolling.....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat penggulungan hot rolling.....	8
Gambar 2.2 Alat karakterisasi Struktur Mikro.....	18
Gambar 2.3 Kerangka berpikir.....	20
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	27
Gambar 4.1 Grafik uji tarik tanpa hot rolling.....	31
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan hasil uji tarik sampel Mg-8CAp hasil hot rolling pada temperatur 350°C, 400°C, dan 450°C dengan variasi besar reduksi.....	32
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara tegangan, UTS & YS.....	36
Gambar 4.4 Grafik elongation, perpanjangan (%).....	38
Gambar 4.5 Grafik Modulus elastisitas (E).....	40
Gambar 4.6 Grafik nilai kekerasan (HV) komposit Mg-8CAp pada penampang melintang dan memanjang hasil hot rolling.....	42
Gambar 4.7 Struktur mikro sampel 01 tanpa hot rolling pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang.....	44
Gambar 4.8 Struktur mikro sampel 25 hasil hot rolling pada temperatur 350°C dengan reduksi 19,3% pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang.....	46
Gambar 4.9 Struktur mikro sampel 27 hasil hot rolling pada temperatur 350°C dengan reduksi 26,7% pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang.....	47
Gambar 4.10 Struktur mikro sampel 26 hasil hot rolling pada temperatur 350°C dengan reduksi 32,3% pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang.....	48
Gambar 4.11 Struktur mikro sampel 38 hasil hot rolling pada temperatur 400°C dengan reduksi 19,5% pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang.....	50

Gambar 4.12 Struktur mikro sampel 37 hasil hot rolling pada temperatur 400°C dengan reduksi 32,4% pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang .....	50
Gambar 4.13 Struktur mikro sampel 35 hasil hot rolling pada temperatur 400°C dengan reduksi 50,3% pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang .....	51
Gambar 4.14 Struktur mikro sampel 42 hasil hot rolling pada temperatur 450°C dengan reduksi 16,0% pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang .....	54
Gambar 4.15 Struktur mikro sampel 41 hasil hot rolling pada temperatur 450°C dengan reduksi 40,2% pada pembesaran 100×: (a) penampang melintang, (b) penampang memanjang .....	55