

**PENGARUH VARIASI TEKANAN KOMPAKSI TERHADAP KUAT TEKAN DAN  
STRUKTUR MIKRO MATERIAL *BIODEGRADABLE* MAGNESIUM *POROUS*  
MENGUNAKAN METODE METALURGI SERBUK APLIKASI *SCAFFOLD*  
TULANG**

**SKRIPSI**



**OLEH  
ARDIAN PRAYOGA  
NPM. 18520003**

**PRODI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO**

**2023**



**PENGARUH VARIASI TEKANAN KOMPAKSI TERHADAP KUAT TEKAN DAN  
STRUKTUR MIKRO MATERIAL *BIODEGRADABLE* MAGNESIUM *POROUS*  
MENGUNAKAN METODE METALURGI SERBUK APLIKASI *SCAFFOLD*  
TULANG**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Dalam Menyelesaikan Program Sarjana S1**

**ARDIAN PRAYOGA  
NPM. 18520003**

**PRODI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO**

**2023**

## ABSTRAK

Pada era saat ini material logam non-biodegradable masih menjadi bahan utama untuk pembuatan implan tulang seperti titanium alloy dan stainless steel. Pengaplikasian bahan-bahan tersebut berpotensi toksisitas di dalam tubuh. Hal ini tentu menyakitkan bagi pasien patah tulang. Logam berpori sangat cocok digunakan sebagai bahan implan maupun scaffold struktur tulang cancellous, pori yang terbentuk pada material akan membantu merangsang pertumbuhan tulang. Magnesium sangat bermanfaat untuk tubuh manusia, dimana ion  $Mg^{2+}$  adalah elemen yang dibutuhkan dalam jumlah yang besar untuk digunakan sebagai reaksi metabolisme dan mekanisme biologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi tekanan kompaksi terhadap nilai kekuatan tekan dan struktur mikro pada variasi kompaksi 187,4 Mpa (6 Ton), 250 Mpa (8 Ton) dan 312,4 Mpa (10 Ton). Magnesium (Mg) yang kemudian di cetak menggunakan alat Metalurgi serbuk penahanan (holding time) 30 menit temperatur  $450^{\circ}C$  dengan variasi tekanan sebesar 187,4 Mpa, 250 Mpa dan 312,4 Mpa. Pada pengujian tekan tiap variasi didapatkan hasil 48,2 Mpa, 64,5 Mpa dan 80,26 Mpa. Pada pengujian struktur mikro pada tekanan kompaksi 187,4 Mpa pori yang terbentuk adalah 25,85%, 28,75% dan 26,75%, pada tekanan kompaksi 249,9 Mpa pori yang terbentuk adalah 23,72%, 20,72%, 19,28%, kemudian pada tekanan kompaksi 312,4 Mpa pori yang terbentuk adalah 13,41%, 15,14% dan 16,89%. Diketahui dengan meningkatnya tekanan kompaksi maka semakin kecil persentase pori-porinya.

**Kata kunci:** Biomaterial, Magnesium, tekanan kompaksi, Struktur Mikro, Pengujian Tekan.

## ABSTRACT

In fact, non-biodegradable metal materials are still the main material for making bone implants such as titanium alloy and stainless steel. The use of these materials potentially poison the human body. It is of course painful for fracture patients. The porous metal is very suitable applied as an implant or scaffold material for cancellous bone structures. The pores in the metal material can stimulate bone growth. Magnesium is very beneficial for the human body. In large quantities,  $Mg^{2+}$  ion is needed element to trigger metabolic reactions and biological mechanisms in the human body. The purpose of this study was to determine the variation of compaction pressure on the value of compressive strength and microstructure in compaction variations of 187,4 Mpa (6 Ton), 250 Mpa (8 Ton) in 312.4 Mpa (10 Ton). Magnesium (Mg) is then printed using a powder metallurgy tool in a holding time of 30 minutes at a temperature of  $450^{\circ}C$  with a pressure variation of 187,4 Mpa, 250 Mpa and 312,4 Mpa. In the compression test, each variation obtained 48.2 MPa, 64.5 MPa and 80.26 MPa. While on the microstructure testing with a compacting pressure of 187,4 MPa gained 25.85%, 28.75% and 26.75% of pores. Meanwhile, compacting pressure of 249.9 Mpa resulted 23.72%, 20.72%, 19.28% of pores. Furthermore, at the compaction pressure of 312.4 MPa, it produces 13.41%, 15.14% and 16.89% of pores. It means that if the compaction pressure is increased, the percentage of pores produced will decrease.

**Keywords :** Biomaterial, Magnesium, compaction pressure, Microstructure, Compression Testing.

## RINGKASAN

Ardian Prayoga, 2023, *Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Kuat Tekan dan Struktur Mikro Material Biodegradable Magnesium Porous Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Aplikasi Scaffold Tulang*. Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro. Pembimbing (I) Sulis Dri Handono, S.T., M.T. Pembimbing (II) Eko Nugroho, S.T., M.Eng.

**Kata kunci:** Magnesium, Metalurgi Serbuk, Tekanan Kompaksi, Struktur Mikro, Pengujian Tekan.

metalurgi serbuk adalah suatu proses manufaktur barang komersil dari bahan logam dengan bahan awal berbentuk serbuk. Prinsip dari proses ini ialah dengan memadatkan bahan yang telah terbentuk serbuk dengan cara menekan (*compaction*) kemudian dipanaskan dibawah titik lelehnya yang disebut proses *sintering*. Pembuatan produk dengan menggunakan serbuk merupakan suatu langkah yang tepat untuk menghasilkan produk dengan bentuk yang kompleks, memiliki kualitas atau tingkat ketelitian yang bagus dan lebih ekonomis. Adapun proses metalurgi serbuk terdapat beberapa tahapan seperti, *mixing*, kompaksi dan *sintering*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui nilai kekuatan tekan yang baik pada material Magnesium dengan proses metalurgi serbuk dan juga mengetahui hasil struktur mikro yang baik pada material.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu ekperimental dengan merancang dan membuat sampel uji pembuatan spesimen dengan alat metalurgi serbuk skala laboratorium. Pengujian dilakukan dengan alat uji tekan dan uji struktur mikro dari sampel yang dibuat. Pengujian dilakukan dengan variasi kompaksi 184,7 Mpa (6 Ton), 250 Mpa (8 Ton) dan 312,4 Mpa (10 Ton).

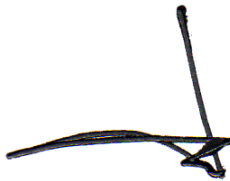
Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tertinggi ditunjukkan pada spesimen pengujian tekan tiap variasi didapatkan hasil 48,2 Mpa, 64,5 Mpa dan 80,26 Mpa. Pada pengujian struktur mikro pada tekanan kompaksi 184,7 Mpa (6 ton) pori yang terbentuk adalah 25,85%, 28,75% dan 26,75%, pada tekanan kompaksi 249,9 (8 ton) pori yang terbentuk adalah 23,72%, 20,72%, 19,28%, kemudian pada tekanan kompaksi 312,4 (10 ton) pori yang terbentuk adalah 13,41%, 15,14% dan 16,89%. Diketahui dengan meningkatnya tekanan kompaksi maka semakin kecil persentase pori-porinya.

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi oleh **ARDIAN PRAYOGA** ini,  
Telah diperbaiki dan disetujui untuk diuji

Metro, 25 Januari 2023

Pembimbing I



**Sulis Dri Handono, S.T., M.Eng.**

**NIDN. 0216068102**

Pembimbing II



**Eko Nugroho, S.T., M.Eng.**

**NIDN. 0016067801**

Ketua Program Studi



**Asroni, S.T., M.T.**

**NIDN. 0212128703**


## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi oleh **ARDIAN PRAYOGA** ini,

Telah di pertahankan di depan tim penguji

Metro, 22 Februari 2023

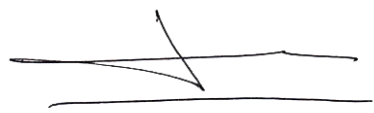
Tim Penguji

  
Sulis Dri Handong, S.T., M.Eng.  
NIDN. 0216068102

Penguji I

Eko Nugroho, S.T., M.Eng  
NIDN. 0016067801


Penguji II

  
Asroni, S.T., M.T.  
NIDN. 0212128703

Penguji Utama

Mengetahui Fakultas Teknik  
Dekan,



  
Dr. Dadang Iskandar, S.T., M.T.  
NIDN. 0207027201

## MOTTO

Libatkanlah Allah SWT Dalam Setiap Urusanmu.

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri." (Q.S Ar-Ra'd: 11)

"Kegagalan adalah batu bata yang membangun kuil kesuksesan."

Hal terbaik untuk memulai sesuatu adalah berhenti berbicara dan segera memulainya.

"Terlalu banyak berfikir akan membuatmu semakin ragu, jalani saja dulu sesuai kemampuanmu"

(Ardian prayoga)



## **PERSEMBAHAN**

Dengan memohon rahmat dan rasa syukur kepada Allah SWT, penulis mempersembahkan skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Mahmudi dan Ibu Sudaryati, serta Adikku Mifta Aulia yang telah memberikan cinta dan kasih sayang dengan ikhlas dan sabar, serta tak henti-hentinya selalu Berdo'a memberikan semangat, bimbingan moril maupun spiritual untuk keberhasilanku.
2. Kepada Bapak Sulis Dri Handono, M.T. dan Bapak Eko Nugroho, M.Eng yang telah membantu membimbing dan memberi dukungan hingga skripsi ini selesai penulisan skripsi ini.
3. Kepada teman seperjuangan satu tim Arif Ardiansyah, Ilyas shodiqin, Khafid Al Asngary, dan Rendi Saputra yang telah membantu dan memberikan semangat perjuangan.
4. Keluarga Besar Mahasiwa Fakultas Teknik ( KBMFT ) yang telah memberikan dukungan dan bantuannya terutama angkatan 2018.
5. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya.

## PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardian Prayoga

NPM : 18520003

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Metro

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul "*Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Kuat Tekan dan Struktur Mikro Material Biodegradable Magnesium Porous Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Aplikasi Scaffold Tulang*" adalah benar karya saya dan bukan hasil plagiat. Apabila dikemudian hari terdapat unsur plagiat dalam skripsi tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik sarjana dan akan mempertanggungjawabkan secara hukum.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya.

Metro, 20 Februari 2023

Yang membuat pernyataan



Ardian Prayoga

NPM. 18520003



UNIT PUBLIKASI ILMIAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
METRO

## SURAT KETERANGAN UJI KESAMAAN (*SIMILARITY CHECK*)

Nomor: 3385/II.3.AU/F/UPI-UK/2023

Unit Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Metro dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : **ARDIAN PRAYOGA**  
NPM : **18520003**  
Jenis Dokumen : **SKRIPSI**

Judul:

**PENGARUH VARIASI TEKANAN KOMPAKSI TERHADAP KUAT TEKAN DAN STRUKTUR MIKRO MATERIAL BIODEGRADABLE MAGNESIUM POROUS MENGGUNAKAN METODE METALURGI SERBUK UNTUK APLIKASI SCAFFOLD TULANG**

Telah dilakukan validasi berupa Uji Kesamaan (*Similarity Check*) dengan menggunakan aplikasi *Turnitin*. Dokumen telah diperiksa dan dinyatakan telah memenuhi syarat bebas uji kesamaan (*similarity check*) dengan persentase  $\leq 20\%$ . Hasil pemeriksaan uji kesamaan terlampir.

Demikian kami sampaikan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Metro, 20 Februari 2023

Kepala Unit,

**Dr. Arif Rahman Aththibby, M.Pd.Si.**  
NIDN. 0203128801

Alamat:

Jl. Ki Hajar Dewantara No.116  
Iringmulyo, Kec. Metro Timur Kota Metro,  
Lampung, Indonesia

Website: [www.upi.ummetro.ac.id](http://www.upi.ummetro.ac.id)

E-mail: [upi@ummetro.ac.id](mailto:upi@ummetro.ac.id)

## KATA PENGANTAR



Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “*Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Kuat Tekan dan Struktur Mikro Material Biodegradable Magnesium Porous Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Aplikasi Scaffold tulang*”. Shalawat serta Salam disampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, semoga mendapatkan syafa’at-Nya di hari akhir nanti.

Penyelesaian Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan kerja sama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. H. Jazim Ahmad, M.Pd. Rektor Universitas Muhammadiyah Metro.
2. Bapak Dr. Dadang Iskandar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.
3. Bapak Asroni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.
4. Bapak Sulis Dri Handono, S.T., M.Eng. selaku pembimbing utama.
5. Bapak Eko Nugroho, S.T, M.Eng. selaku pembimbing 2.
6. Bapak dan Ibu dosen Prodi Teknik Mesin, yang telah memberikan bimbingan dan ilmu kepada penulis menempuh pendidikan.
7. Seluruh rekan-rekan Prodi Teknik Mesin yang telah berjuang bersama selama kuliah.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis hanya dapat memohon dan berdoa atas segala bantuan, bimbingan, dukungan, semangat, masukan, dan do’a yang telah diberikan menjadi pintu datangnya Ridho dan Kasih Sayang Allah SWT di dunia dan akhirat. *Aamiin ya Rabbal alamiin*.

Penulis berharap semoga skripsi ini akan membawa manfaat yang sebesar-besarnya khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN LOGO .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT .....</b>	<b>x</b>
<b>SURAT KETERANGAN UJI KESAMAAN (SIMILARITY CHECK).....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Kegunaan Penelitian .....	4
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
<b>BAB II KAJIAN LITERATUR.....</b>	<b>6</b>
A. Scaffold Tulang .....	6
B. Penelitian Relevan .....	29
C. Kerangka Pemikiran .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
A. Desain Penelitian .....	33
B. Tahap Penelitian .....	34
C. Definisi Operasional Variabel .....	35
D. Teknik Pengumpulan data.....	36
E. Instrumen Penelitian.....	37
F. Teknis Analisa Data .....	42

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
A. Gambaran Umum .....	44
B. Hasil Pengujian .....	44
C. Analisa Data .....	54
D. Pembahasan .....	55
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>57</b>
A. Kesimpulan .....	57
B. Saran .....	57

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat mekanik tulang manusia .....	9
Tabel 2. Fisik magnesium murni .....	13
Tabel 3. Spesimen silinder pada ASTM E-9.....	27
Tabel 4. Pengujian tekan .....	43
Tabel 5. Hasil persentase pori .....	46
Tabel 6. Hasil uji kekuatan tekan .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Scaffold</i> tulang .....	6
Gambar 2. Struktur Tulang Panjang.....	7
Gambar 3 Gambar penampang microstruktur tulang dengan XRD-EDX.....	10
Gambar 4. Magnesium .....	13
Gambar 5. Alat Proses Pembuatan Metalurgi Serbuk.....	16
Gambar 6. Skema proses kompaksi .....	19
Gambar 7. Pertumbuhan ikatan mikrostruktur proses sintering.....	20
Gambar 8. Tahap pertama proses sinter .....	22
Gambar 9. a) Pertumbuhan leher dan volume penyusutan b) Perpanjangan dari batas butir, c) Pertumbuhan butir berlanjut dan batas butir meluas, volume penyusutan dan pertumbuhan butir .....	22
Gambar 10. a) Pertumbuhan leher dengan discontinues pore-phase, b) Pertumbuhan butir dengan pengurangan porositas c) Pertumbuhan butir .....	23
Gambar 11. Alat uji tekan tekan spesimen.....	26
Gambar 12. Skema Microscop Optic .....	28
Gambar 13. Mikroskop Optik .....	29
Gambar 14. Kerangka Pemikiran.....	32
Gambar 15. Diagram Alir .....	34
Gambar 16. Alat metalurgi serbuk .....	37
Gambar 17 <i>Microscop Optic</i> . .....	38
Gambar 18. Universal testing machine .....	38
Gambar 19. Ayakan.....	39
Gambar 20. Mikro Meter .....	39
Gambar 21. blender.....	40
Gambar 22. Amplas .....	40
Gambar 23. Gerindra.....	40
Gambar 24. <i>Stopwatch</i> .....	41
Gambar 25. Timbangan Digital .....	41
Gambar 26. Furnace.....	42
Gambar 27. Mesin bubut .....	42
Gambar 28. Struktur mikro 184,7 Mpa dengan pembesaran 50x .....	44
Gambar 29. Struktur mikro 249,9 Mpa dengan pembesaran 50x .....	45



Gambar 30. Struktur mikro 312,4 Mpa dengan pembesaran 50x.....	45
Gambar 31. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 184,7 Mpa Spesimen A1.....	48
Gambar 32. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 184,7 Mpa Spesimen A2.....	48
Gambar 33. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 184,7 Mpa Spesimen A3.....	49
Gambar 34. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 249,9 Mpa Spesimen B1.....	49
Gambar 35. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 249,9 Mpa Spesimen B2.....	50
Gambar 36. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 249,9 Mpa Spesimen B3.....	50
Gambar 37. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 312,4 Mpa Spesimen C1. ....	51
Gambar 38. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 312,4 Mpa Spesimen C2 .....	51
Gambar 39. Kurva hasil uji tekanan kompaksi 312,4 Mpa Spesimen C3 .....	52
Gambar 40. Grafik nilai kekuatan tekan pada kompaksi 184,7 Mpa .....	52
Gambar 41. Grafik nilai kekuatan tekan pada kompaksi 249,9 Mpa.....	53
Gambar 42. Grafik nilai kekuatan tekan pada kompaksi 312,4 Mpa.....	53
Gambar 43. Grafik nilai seluruh tekanan kompaksi.....	54