

SKRIPSI

**PENGARUH CAMPURAN MATERIAL KOMPOSIT
PCL-MG-HA TERHADAP KEKUATAN CANGKOK
TULANG BUATAN YANG MUDAH TERURAI**



AKHMAD YUSUF

03051382025102

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

SKRIPSI

**PENGARUH CAMPURAN MATERIAL KOMPOSIT
PCL-MG-HA TERHADAP KEKUATAN CANGKOK
TULANG BUATAN YANG MUDAH TERURAI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH
AKHMAD YUSUF
03051382025102**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH CAMPURAN MATERIAL KOMPOSIT PCL-
MG-HA TERHADAP KEKUATAN CANGKOK TULANG
BUATAN YANG MUDAH TERURAI**

SKRIPSI


Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar sarjana Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:
AKHMAD YUSUF
03051382025102



Irsyadi Yani S.T.,M.Eng.,Ph.D.,IPM
NIP. 197112251997021001

**Diperiksa dan Disetujui Oleh
Pembimbing**



Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri
NIP. 195802011984031002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.

: 015/TM/AK/12024

Diterima Tanggal

: 2 Juni 2024

Paraf

: 

SKRIPSI

NAMA : AKHMAD YUSUF
NIM : 03051382025102
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : PENGARUH CAMPURAN MATERIAL
KOMPOSIT PCL-MG-HA TERHADAP
KEKUATAN CANGKOK TULANG
BUATAN YANG MUDAH TERURAI
DIBUAT TANGGAL : 12 MEI 2023
SELESAI TANGGAL : 26 JUNI 2024



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM
NIP. 197112251997021001

Palembang, 27 Juni 2024

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi


Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri
NIP. 195802011984031002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Pengaruh Campuran Material Komposit PCL-Mg-HA Terhadap Kekuatan Cangkak Tulang Buatan Yang Mudah Terurai” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji karya tulis ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Mei 2024.


Palembang, 22 Mei 2024

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi:

1. Ketua Penguji :

Prof. Dr.Ir. Irwin Bizzy, M.T.


NIP. 196005281989031002


(.....)

2. Sekretaris :

Dr. Astuti, S.T.,M.T.


NIP. 197210081998022001

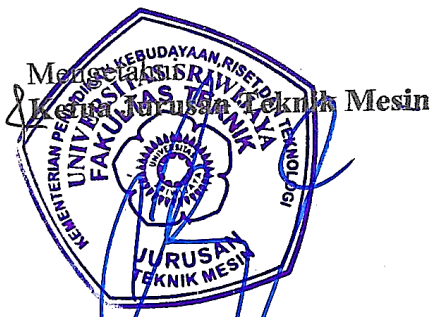

(.....)

3. Penguji :

Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.,Ph.D.


NIP. 195606041986021001


(.....)



Irsyadi Yani, S.T.,M.Eng.,Ph.D.,IPM
NIP. 197112251997021001

Dosen Pembimbing


Prof. Dr. Ir. H/Hasan Basri
NIP. 195802011984031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Sidang Sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Pengaruh Campuran Material Komposit PCL-MG-HA Terhadap Cangkok Tulang Buatan Yang Mudah Terurai”.

Dalam penyusunan tulisan penelitian ini, penulis ingin mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini. Terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Nurhasim, Alm.Ibu Rusnaini dan Suadari Ratna Sulistiya Ningsih selaku keluarga penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya .
4. Bapak Gunawan S.T,.M.T. selaku Dosen pembina Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasan Basri selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan arahan serta saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Kaprawi Sahim, DEA selaku Dosen Pembimbing Akademik peneliti di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Prof. Dr. Ardiansyah Syahrom yang telah membantu memberikan masukan pada saat proses penulisan skripsi ini.
8. Saudari Sumita Thiyagarajan selaku senior yang membantu penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

9. Saudara Achmad Haqi Harmawan, Muhmmad Renaldy Irfani, Oemar Mahafatar Assidiq, Revata Jaya Putra, Muhammad Daffa Marbun selaku rekan-rekan satu bimbingan yang selalu mendukung peneliti.
10. Saudara Herlan Rusmansyahri, Bunga Selvia Maharani, Gabriella Monica Lestari dan Aisyah Aurina selaku teman peneliti yang mendukung penulisan skripsi ini.
11. Saudari Azizi Sahfaa Asadel, Angelina Christy dan Fiony Alveria Tantri yang telah memberikan semangat dalam proses pengerjaan skripsi ini.
12. Terakhir, terimakasih yang sebesar besarnya kepada diri sendiri, karena telah mampu menyelesaikan skripsi ini tepat waktu dengan hasil yang sangat memuaskan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini kedepannya akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi di dalam dunia pendidikan dan industri serta bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Palembang, 22 Mei 2024



Akhmad Yusuf
NIM 03051382025102

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Akhmad Yusuf

NIM : 03051382025102

Judul :PENGARUH CAMPURAN MATERIAL KOMPOSIT PCL-MG-HA
TERHADAP KEKUATAN CANGKOK TULANG BUATAN
YANG MUDAH TERURAI

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 27 Juni 2024



Akhmad Yusuf
NIM 03051382025102

HALAM PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Akhmad Yusuf

NIM : 03051382025102

Judul : Pengaruh Campuran Material Komposit PCL-MG-HA Terhadap Kekuatan Cangkok Tulang Buatan Yang Mudah Terurai

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, 27 Juni 2024



Akhmad Yusuf
NIM 03051382025102

RINGKASAN

PENGARUH CAMPURAN MATERIAL KOMPOSIT PCL-MG-HA TERHADAP KEKUTAN CANGKOK TULANG YANG MUDAH TERUAI

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 27 Juni 2024

Akhmad Yusuf, dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Hasan Basri.

xxviii + 79 halaman, 13 tabel, 60 gambar 8 lampiran

RINGKASAN

Penelitian ini mengkaji efektivitas material komposit dari Polycaprolactone (PCL), Magnesium (Mg), dan Hydroxyapatite (HA) untuk meningkatkan kekuatan dan kecepatan degradasi cangkok tulang sintetis. Eksperimen dilakukan dengan berbagai komposisi PCL (90%, 70%, dan 50%), menggunakan kloroform sebagai pelarut, untuk menciptakan cangkok yang meniru sifat tulang alami dan memiliki kecepatan degradasi yang lebih cepat.

Dalam evaluasi kekuatan tekan, yang merupakan bagian kritis dari studi, diuji kemampuan material komposit untuk menahan beban mekanis seperti tulang alami. Hasil awal menunjukkan peningkatan kekuatan material seiring dengan peningkatan proporsi PCL, yang menunjukkan potensinya untuk aplikasi cangkok tulang. Fokus penelitian juga pada waktu degradasi komposit PCL-MG-HA, yang menjanjikan degradasi lebih cepat dibanding material tradisional, penting untuk mengurangi durasi dan kompleksitas perawatan pasca operasi.

Namun, studi ini menemukan tantangan dalam homogenitas campuran, dimana distribusi material yang tidak merata bisa mempengaruhi konsistensi hasil pengujian dan kinerja produk. Ini menekankan perlunya peningkatan teknologi pencampuran untuk distribusi yang lebih seragam.

Penelitian merekomendasikan eksplorasi lebih lanjut terhadap variasi komposisi material dan peningkatan teknik pencampuran untuk meningkatkan homogenitas dan sifat mekanis material komposit. Penemuan ini membuka

potensi luas dalam pengembangan cangkok tulang sintetis, menawarkan solusi yang lebih efisien dan aman dalam praktik medis.

Mengatasi tantangan yang diidentifikasi dan mengimplementasikan perbaikan akan memajukan teknologi biomaterial, dengan implikasi signifikan untuk kualitas hidup individu dengan penyakit tulang. Studi ini juga menyoroti pentingnya kolaborasi interdisipliner dalam ilmu material dan penelitian medis, serta pentingnya keberlanjutan lingkungan dalam pengembangan cangkok tulang. Ini memberikan model bagi peneliti lain untuk mengeksplorasi material komposit lain dan menetapkan standar baru dalam inovasi cangkok tulang sintetis.

Kata kunci : Material komposit, PCL, Magnesium, Hidroksiapatit, Cangkok tulang buatan.

Kepustakaan : 21

SUMMARY

EFFECT OF PCL-MG-HA COMPOSITE MATERIAL MIXTURE ON THE STRENGTH OF EASILY DEGRADABLE BONE GRAFTS

Scholarship Writing in the Form of a Dissertation, 27 June 2024

Akhmad Yusuf, supervised by Prof. Dr. Ir. Hasan Basri

xxviii + 79 pages, 13 tables, 60 figures, 8 attachments

SUMMARY

This study investigates the effectiveness of composite materials made from Polycaprolactone (PCL), Magnesium (Mg), and Hydroxyapatite (HA) in enhancing the strength and degradation rate of synthetic bone grafts. Experiments were conducted with various PCL compositions (90%, 70%, and 50%), using chloroform as a solvent, to create grafts that mimic the properties of natural bone and degrade more quickly.

In the evaluation of compressive strength, which is a critical part of the study, the ability of the composite material to withstand mechanical loads similar to natural bone was tested. Initial results showed an increase in material strength with higher proportions of PCL, indicating its potential for bone graft applications. The study also focused on the degradation time of the PCL-MG-HA composite, which promises faster degradation compared to traditional materials, crucial for reducing the duration and complexity of postoperative care.

However, the study identified challenges in the homogeneity of the mixture, where uneven material distribution could affect the consistency of test results and the performance of the final product. This underscores the need for improved mixing technology for more uniform distribution.

The research recommends further exploration of material composition variations and improvements in mixing techniques to enhance the homogeneity and mechanical properties of the composite material. These findings open up

broad potential in the development of synthetic bone grafts, offering more efficient and safer solutions in medical practice.

Addressing the identified challenges and implementing suggested improvements will advance biomaterial technology, with significant implications for the quality of life of individuals with bone-related diseases. The study also highlights the importance of interdisciplinary collaboration in materials science and medical research, as well as the significance of environmental sustainability in the development of bone grafts. It provides a model for other researchers to explore other composite materials and set new standards in the innovation of synthetic bone grafts.

Keyword : Composite materials, PCL, Magnesium, Hydroxyapatite, Bone graft

Literatures : 21

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Penelitian Cangkok Tulang Material PCL/HA	5
2.1.2 Penelitian Cangkok Tulang Yang Memakai Bioceramic... 7	7
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Cangkok Tulang.....	9
A. Definisi.....	9
2.2.2 PCL	11
2.2.3 HA (Hidroksiapatit)	12
2.2.4 Magnesium.....	13
2.2.5 Porositas	14
2.2.6 Pengujian Mekanik (Mechanical Testing)	14
2.2.6.1 Definisi	14
2.2.6.2 Pengujian Kekuatan Tekan.....	15
2.2.7 Material Komposit	20
2.2.7.1 Definisi	20

2.2.7.2 Klasifikasi Komposit dan Pengaplikasinya	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Metode Penelitian	25
3.2 Diagram Tahapan Penelitian	25
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.4 Pengumpulan Data.....	27
3.5 Peralataan dan Bahan.....	27
3.6 Prosedur Percobaan.....	30
3.6.1 Persiapan Bahan-Bahan Material	30
3.6.2 Pencampuran Bahan Dan Pembuatan Sampel	30
3.6.3 Prosedur Pengujian Tekan.....	33
3.7 Hasil Yang Diharapkan.....	33
3.8 Waktu Penelitian.....	33
BAB 4 HASIL DAN DISKUSI	35
4.1 Karakteristik Bahan Baku	35
4.1.1 PCL (Polycaprolactone).....	35
4.1.2 Magnesium Bubuk	35
4.1.3 Hidroksiapatit (HA)	36
4.2 Proses Perhitungan Komposisi Material.....	37
4.3 Hasil Pengujian Tekan.....	38
4.4 Hasil Pengujian SEM.....	56
4.5 Diskusi	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema dari DO dan RD	6
Gambar 2.1 Contoh Cangkok Tulang	9
Gambar 2.2 Contoh Cangkok Tulang	11
Gambar 2.3 Struktur Kimia PCL	12
Gambar 2.4 Struktur Kimia HA.....	13
Gambar 2.5 Grafik Tegangan dan Regangan Alumunium	17
Gambar 2.6 Digaram Tegangan dan Regangan Baja Karbon.....	17
Gambar 2.7 Contoh Titik Proposional	18
Gambar 2.8 Batas Elastis	18
Gambar 2.9 Titik Luluh	19
Gambar 2.10 Contoh Material Komposit	20
Gambar 2.11 Contoh MMC	21
Gambar 2.12 Contoh CMC	22
Gambar 2.13 Contoh PMC	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Diagram Tahapan Penelitian.....	26
Gambar 3.3 Contoh Magnesium Bubuk	27
Gambar 3.4 Contoh PCL Sumber	27
Gambar 3.5 Contoh Hidroksiapatit.....	28
Gambar 3.6 Contoh Kloroform.....	28
Gambar 3.7 Contoh Pengaduk Magnetik.....	28
Gambar 3.8 Contoh Gelas Kimia.....	29
Gambar 3.9 Contoh Furnace	29
Gambar 3.10 Contoh Timbangan Elektronik.....	29
Gambar 3.11 Instron 8874	30
Gambar 4.1 Instron 8874	39
Gambar 4.2 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 90% percobaan I.....	39
Gambar 4.3 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 90% percobaan I.....	40
Gambar 4.4 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 90% percobaan III	40
Gambar 4.5 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 70% percobaan I.....	41
Gambar 4.6 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 70% percobaan II.....	41
Gambar 4.7 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 70% percobaan III ...	42

Gambar 4.8 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 50% percobaan I.....	42
Gambar 4.9 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 50% percobaan II.....	43
Gambar 4.10 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 50% percobaan III .	43
Gambar 4.11 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 90% percobaan I...	44
Gambar 4.12 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 90% percobaan II....	44
Gambar 4.13 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 90% percobaan III .	45
Gambar 4.14 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 70% percobaan I....	45
Gambar 4.15 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 70% percobaan II....	46
Gambar 4.16 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 70% percobaan III .	46
Gambar 4.17 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 50% percobaan I.....	47
Gambar 4.18 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 50% percobaan II....	47
Gambar 4.19 Grafik gaya dan perpanjangan sampel 50% percobaan III .	48
Gambar 4.20 Grafik tegangan dan regangan sampel 90	50
Gambar 4.21 Grafik tegangan dan regangan sampel 70%	53
Gambar 4.22 Grafik tegangan dan regangan sampel 50%	54
Gambar 4.24 Uji SEM perbesaran 500	56
Gambar 4.25 Uji SEM perbesaran 1000	56
Gambar 4.26 Uji SEM perbesaran 1000	56
Gambar 4.27 Uji SEM perbesaran 2000	57
Gambar 4.28 Uji SEM perbesaran 2000	57
Gambar 4.29 Uji SEM perbesaran 2000	57
Gambar 4.30 Grafik tegangan regangan sampel 90%.....	58
Gambar 4.31 Grafik tegangan regangan sampel 70%	58
Gambar 4.32 Grafik tegangan reagangan sampel 50%	59
Gambar 4.33 Hasil uji SEM perbesaran 500.....	61
Gambar 4.34 Hasil pengujian SEM perbesaran 1000	61
Gambar 4.35 Hasil pengujian SEM perbesaran 2000	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Cangkok Tulang.....	10
Tabel 2.2 Sifat Mekanik PCL	12
Tabel 2.3 Sifat Mekanik HA.....	13
Tabel 3.1 Waktu Penelitian.....	34
Tabel 4.1 Perhitungan tegangan dan regangan sampel 90% percobaan I..	48
Tabel 4.2 Perhitungan tegangan dan regangan sampel 90% percobaan II	49
Tabel 4.3 Perhitungan tegangan dan regangan sampel 90% percobaan III	49
Tabel 4.4 Perhitungam tegangan regangan sampel 70% percobaan I	51
Tabel 4.5 Perhitungam tegangan regangan sampel 70% percobaan II	52
Tabel 4.6 Perhitungam tegangan regangan sampel 70% percobaan III.....	52
Tabel 4.7 Perhitungan tegangan dan regangan sampel 50% percobaan I.	52
Tabel 4.8 Perhitungan tegangan dan regangan sampel 50% percobaan II	54
Tabel 4.9 Perhitungan tegangan dan regangan sampel 50% percobaan III	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian	67
Lampiran 2 Tabel Perhitungan	68
Lampiran 3 Dikumentasi Penelitian	71
Lampiran 4 Formulir Konsultasi Tugas Akhir	73
Lampiran 5 Form Pengecekan Format Tugas Akhir	74
Lampiran 6 Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme	75
Lampiran 7 Surat Keterangan Pengecekan Similaritas.....	76
Lampiran 8 Hasil Akhir Similaritas	77

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Osteoporosis atau pengapuran sendi tulang adalah salah satu penyakit yang memiliki pengidap terbanyak di dunia. Pada tahun 2022 menurut Perhimpunan Osteoporosis Indonesia (PEROSI) jumlah pengidap penyakit ini sebesar 19,7% dari populasi penduduk Indonesia sedangkan Kemenkes mencatat ada 10,3% penduduk Indonesia mengidap osteoporosis, artinya dua dari lima penduduk Indonesia mengidap penyakit osteoporosis (Mohammad Dian Purnama, 2022).

Osteoporosis tidak dapat disembuhkan total namun dapat dikurangi dengan tindakan medis seperti cangkok tulang. Namun pada kenyataannya tidak semua penderita osteoporosis dapat melakukan cangkok tulang, itu semua tergantung kondisi fisik penderita. Pada kenyataannya sudah ada cangkok tulang sintetis yang telah diciptakan dan digunakan pada manusia namun belum bisa mengatasi masalah waktu luruh cangkok tulang yang cepat karena material yang digunakan pada cangkok tulang sintetis masih menggunakan material yang memiliki waktu luruh atau waktu yang dibutuhkan material untuk dipecah menjadi senyawa sederhana agar tidak membahayakan bagi tubuh yang relatif lama akan tetapi memiliki nilai modulus young yang cukup tinggi, dengan waktu luruh bisa mencapai lebih dari 24 bulan dan nilai modulus young di kisaran 0,4 GPa sampai dengan 0,6 GPa, seperti pada cangkok tulang sintetis yang menggunakan material polimer berjenis PCL sebagai bahan dasar pembentuk cangkok tulang (Tan dkk., 2013). Waktu luruh yang panjang ini membuat perawatan pasca-operasi menjadi lebih sulit dan lama. Hal ini dikarenakan pasien harus menjaga cangkok tulang agar tidak bergeser dari posisinya selama waktu luruh.

Selain osteoporosis masalah pada tulang yang dapat diatasi dengan metode cangkok tulang adalah kerusakan yang diakibatkan patah, kanker

tulang serta osteotritis. Ada dua jenis cangkok tulang yaitu secara tradisional dan secara sintetis. Cangkok tulang secara tradisional dilakukan oleh dokter ahli beda dengan mengambil beberapa bagian dari tulang lain baik dari penderita ataupun donor lalu ditransplantasikan ke tulang yang mengalami masalah. Sedangkan cangkok tulang secara sintetis adalah cangkok tulang yang seluruh materialnya adalah buatan atau komposit bisa berupa campuran polimer logam dan keramik yang dapat dipakai untuk tindakan medis dan tidak membahayakan bagi kesehatan manusia (Ihda Fadila, 2021).

Salah satu perusahaan yang menyediakan pembuatan cangkok tulang adalah Medtronic. Perusahaan ini berasal dari Amerika Serikat, cangkok tulang yang disediakan perusahaan ini berupa tulang untuk rahang dan mengandung material rhBMP-2 atau yang biasa dikenal *bone morphogenic protein-2* (Medtronic, 2023).

Tujuan khusus dari penelitian ini bertujuan untuk membuat campuran material komposit PCL-MG-HA yang memiliki waktu luruh yang lebih singkat dibandingkan dengan cangkok tulang sintetis yang menggunakan PCL sebagai bahan dasar, hal ini karena PCL memiliki peranan sebagai material yang memiliki nilai modulus Young yang tinggi bisa mencapai 0,6 GPa . Pada penelitian ini akan dibuat sampel material dengan komposisi 90%,70%,50% . PCL pada sampel mengambil presentasi paling besar hal ini diambil karena PCL adalah polimer yang memiliki properti material yang baik, PCL akan dicampur dengan Hidroksiapatit dan Magnesium yang memiliki tujuan untuk membuat material cangkok tulang yang kuat dan waktu luruh lebih singkat serta memiliki sifat yang tidak beracun pada tubuh.

Oleh sebab itu berdasarkan uraian diatas peneliti melakukan penelitian mengenai material komposit penyusun cangkok tulang buatan dengan mencampurkan material PCL, Hidroksiapatit dan Magnesium. Ketiga material tersebut akan dicampur menggunakan *chloroform*. Maka dari itu peneliti diusulkan judul penelitian yaitu “Pengaruh Campuran Material

Komposit PCL-MG-HA Terhadap Kekuatan Cangkok Tulang Buatan Yang Mudah Terurai”. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui pengujian mekanik yaitu uji kekuatan tekan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apa saja parameter yang didapat dari pengujian mekanis yang dilakukan pada material komposit ini?
2. Dari parameter yang didapat apakah material ini termasuk material yang kuat atau getas?
3. Setelah mengetahui hasil ketahanan material ini apakah material ini dapat digunakan untuk material *bone graft* (Cangkok Tulang)?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dari rumusan yang telah disebutkan maka disusun suatu ruang lingkup penelitian berupa:

1. Material yang digunakan adalah Mg (Magnesium) , HA (Hidroksiapatit) dan PCL (*Polycarpolactone*)
2. Komposisi material PCL yang digunakan ada tiga jenis yaitu 90%,70%,50%, mengambil referensi dari Jurnal penelitian yang ditulis oleh Shadi Hassanajili & Ali Karami-Pour (2019), *Department of Chemical Engineering, Shiraz University , Iran*, dengan judul : “*Preparation and characterization of PLA/PCL/HA composite scaffolds using indirect 3D printing for bone tissue engineering*”.
3. Kecepatan alat pengujian mekanis 0,001 mm/s.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis campuran PCL-MG-HA sebagai material cangkok tulang buatan.

2. Mengetahui sifat dan karakteristik material cangkok tulang buatan dari campuran material PCL-MG-HA.
3. Menganalisis parameter kekuatan yang diperoleh dari pengujian berupa nilai tegangan, regangan, deformasi, dan modulus elastisitas pada campuran PCL-MG-HA.

1.5 Manfaat Penelitian

Studi ini bertujuan untuk menambah wawasan mengenai material baru untuk cangkok tulang yang bersifat *bio-degradeble* selain itu juga studi ini dapat menambah wawasan mengenai sifat dari material campuran dengan parameter yang diperoleh berupa tegangan, regangan, modulus Young dan deformasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akao, M., Aoki, H., & Kato, K. (1981). Mechanical properties of sintered hydroxyapatite for prosthetic applications. In *Journal Of Materials Science* (Vol. 16).
- Amrinsyah. (2013). *Mekanika Kekuatan Material*.
- Anderson Periodontal Wallness. (2021). The Difference Between An Autograft Allograft, And Xenograft. <https://www.andersonperiodontal.com/the-difference-between-an-autograft-allograft-and-xenograft/#:~:text=One%20of%20the%20most%20common,these%20types%20of%20tissue%20grafts>.
- Anggry, A. (2021). *Kekuatan Bahan Tegangan Dan Regangan Pada Batang*.
- Ashby, M. F., & Jones, D. R. H. (David R. H. (2012). *Engineering materials 1 : an introduction to properties, applications, and design*. Butterworth-Heinemann.
- Ferreira, M. S. V., & Mousavi, S. H. (2018). Nanofiber technology in the ex vivo expansion of cord blood-derived hematopoietic stem cells. In *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine* (Vol. 14, Issue 5, pp. 1707–1718). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2018.04.017>
- Garimella, A., Bandhu Ghosh, S., & Bandyopadhyay-Ghosh, S. (2023). Composite bone-implant engineered with magnesium and variable degradation for orthopaedics. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.028>
- Gatto, M. L., Furlani, M., Giuliani, A., Bloise, N., Fassina, L., Visai, L., & Mengucci, P. (2021). Biomechanical performances of PCL/HA micro- and macro-porous lattice scaffolds fabricated via laser powder bed fusion for bone tissue engineering. *Materials Science and Engineering C, 128*. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112300>
- Hassanajili, S., Karami-Pour, A., Oryan, A., & Talaei-Khozani, T. (2019). Preparation and characterization of PLA/PCL/HA composite scaffolds using indirect 3D printing for bone tissue engineering. *Materials Science and Engineering C, 104*. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109960>
- Ihda Fadila. (2021). Memahami Kapan Cangkok Tulang Diperlukan dan Prosedur yang Dilakukan. <https://hellosehat.com/kanker/kanker-tulang/cangkok-tulang/>
- Liu, C., Wan, P., Tan, L. L., Wang, K., & Yang, K. (2014). Preclinical investigation of an innovative magnesium-based bone graft substitute for potential orthopaedic applications. *Journal of Orthopaedic Translation, 2*(3), 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2014.06.002>

- Medtronic. (2023). Bone Grafts (Oral Maxillofacial And Dental). Bone Grafts (Oral Maxillofacial And Dental)
- Mohammad Dian Purnama. (2022). Ratusan Juta Orang Berisiko Kena Osteoporosis, Begini Langkah Pencegahannya ala Dosen UNESA. [https://www.unesa.ac.id/ratusan-juta-orang-berisiko-kena-osteoporosis-begini-langkah-pencegahannya-ala-dosen-unesa#:~:text=Angka%20Penderita&text=Perhimpunan%20Osteoporosis%20Indonesia%20\(Perosi\)%20mencatat,5%20penduduk%20Indonesia%20berisiko%20osteoporosis](https://www.unesa.ac.id/ratusan-juta-orang-berisiko-kena-osteoporosis-begini-langkah-pencegahannya-ala-dosen-unesa#:~:text=Angka%20Penderita&text=Perhimpunan%20Osteoporosis%20Indonesia%20(Perosi)%20mencatat,5%20penduduk%20Indonesia%20berisiko%20osteoporosis).
- Oktaviyani, S., & Fitri Afriani, dan. (2020). Perancah Tulang Berbasis Komposit Hidroksiapatit/Silika Melalui Metode 3d-Printing: Sebuah Kajian Naratif. *JoP*, 6(1), 57–66.
- Palmer, T., & Bonner, P. L. (2011). Extraction and Purification of Enzymes. In *Enzymes* (pp. 293–314). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857099921.3.293>
- Tan, L., Yu, X., Wan, P., & Yang, K. (2013). Biodegradable Materials for Bone Repairs: A Review. *Journal of Materials Science and Technology*, 29(6), 503–513. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2013.03.002>
- Tjahjanti, P. H. (2018). Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer.
- Yama, D., & Kumarajati, H. (2018a). Prosiding Seminar Dinamika Informatika.
- Yama, D., & Kumarajati, H. (2018b). Studi Porositas Bone Scaffold Berdasarkan Data X-Ray Microtomography Menggunakan Matlab.
- Yao, Y., Xia, J., Wang, L., Gao, Y., Ding, X., Wang, C., & Fan, Y. (2024). Effect of mechanical stresses on degradation behavior of high-purity magnesium in bone environments. *Journal of Materials Science and Technology*, 171, 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2023.07.043>
- Ylinen, P. (2006). Applications of coralline hydroxyapatite with bioabsorbable. <https://www.researchgate.net/publication/47933950>