

**KARAKTERISASI MEKANIK PRODUK BIOMATERIAL
KOMPOSIT BERBASIS HIDROKSIAPATIT LIMBAH
TULANG SAPI HASIL PROSES *SELF-PROPAGATING
INTERMEDIATE TEMPERATURE SYNTHESIS (SIS)***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

**DZIKRI HAIKAL
3334170089**

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON BANTEN
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**KARAKTERISASI MEKANIK PRODUK BIOMATERIAL
KOMPOSIT BERBASIS HIDROKSIAPATIT LIMBAH
TULANG SAPI HASIL PROSES *SELF-PROPAGATING
INTERMEDIATE TEMPERATURE SYNTHESIS* (SIS)**

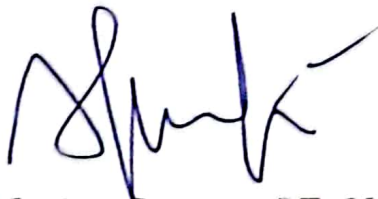
SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197608182008011012



Dr. Deni Shidqi Khaerudini, S.Si, M.Eng.

NIP. 198006142005021002

LEMBAR PERSETUJUAN

**KARAKTERISASI MEKANIK PRODUK BIOMATERIAL
KOMPOSIT BERBASIS HIDROKSIAPATIT LIMBAH
TULANG SAPI HASIL PROSES *SELF-PROPAGATING
INTERMEDIATE TEMPERATURE SYNTHESIS (SIS)*
SKRIPSI**

Disusun dan diajukan oleh:

DZIKRI HAIKAL

3334170089

Telah disidangkan didepan dewan penguji pada tanggal

5 Juli 2023

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

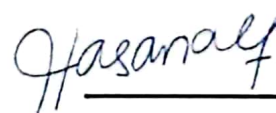
Penguji I : **Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D.**
(Ketua Sidang)



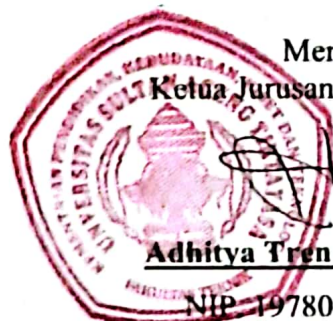
Penguji II : **Dr. Deni Shidqi Khaerudini, S.Si, M.Eng.**



Penguji III : **Indah Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.**



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Metalurgi

Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.

NIP. 197804102003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Karakterisasi Mekanik Produk Biomaterial Berbasis Komposit Limbah Tulang Sapi Hasil Proses *Self-Propagating Intermediate Temperature Synthesis (SIS)*
Nama Mahasiswa : Dzikri Haikal
NIM : 3334170089
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi di atas adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar pernyataan ini.

Cilegon, 5 Juli 2023



DZIKRI HAIKAL

NIM. 3334170089

ABSTRAK

Berdasarkan data pada Badan Pusat Statistik pada tahun 2022 menyatakan bahwa produksi daging sapi mencapai 436,7 ton di Indonesia. Berdasarkan hal ini menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan dari produksi daging sapi ini cukup banyak, limbah hasil sisa pemrosesan sapi terdapat limbah tulang yang mengandung hidroksiapatit (HAp). HAp sendiri berpotensi menjadi sumber hidroksiapatit yang berguna untuk aplikasi biomedik. Hidroksiapatit memiliki biokompatibilitas yang cukup baik. Limbah aluminium juga sering kita temui, yaitu pada limbah minuman kaleng. Kandungan aluminium pada kaleng minuman cukup tinggi yaitu di atas 90% namun masih memiliki pengotor (*impurities*), maka harus dihilangkan pengotornya terlebih dahulu yaitu dengan cara melakukan *fluxing* menggunakan senyawa KCl dan NaCl. Hidroksiapatit yang diperoleh dari limbah tulang sapi dihaluskan hingga berukuran 200 mesh, begitu pula dengan aluminium limbah kaleng dihaluskan hingga 200 mesh. Dengan penambahan serbuk magnesium berukuran 200 mesh serta serbuk titanium berukuran 200 mesh, setelah itu sampel dicampur dan dikompaksi dengan tekanan 171 MPa. Setelah sampel menjadi padat, metode SIS kemudian dilakukan pada temperatur 850°C selama 2 jam dengan menggunakan cetakan khusus yaitu cetakan ST 41. Berdasarkan hasil analisa data sifat mekanik komposit berbasis hidroksiapatit tulang sapi, dengan logam aluminium kaleng, magnesium dan titanium didapat nilai kekerasan Vickers dan nilai kuat tekan tertinggi yaitu pada komposisi titanium 20 wt.% sebesar 48,8 HV dan 33,58 MPa.

Kata Kunci: Tulang Sapi, Kaleng Aluminium, *Fluxing*, SIS, sifat mekanik

KATA PENGANTAR

Puji syukur diucapkan kepada Allah SWT atas Rahmat-Nya yang melimpah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan skripsi ini. Penyusunan laporan skripsi ini dibuat untuk salah satu syarat kelulusan sebagai Sarjana Teknik Metalurgi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari memerlukan arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi.
2. Bapak Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I saya yang telah memberikan bimbingan dalam menyusun laporan skripsi ini dan Bapak Dr. Deni Shidqi Khaerudini, S.Si, M.Eng. selaku Pembimbing II pada penelitian ini.
3. Kedua orang tua serta kedua kakak penulis yang tidak hentinya memberikan motivasi, dukungan serta doa.
4. Teman-teman Kontrakan Pelangi.
5. Partner penelitian penulis yaitu Imron Yusfi atas dukungan dan bantuannya selama penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat berguna sebagai acuan penelitian bagi penulis, bagi rekan-rekan mahasiswa mapun pihak lainnya.

Cilegon, 5 Juli 2023

Dzikri Haikal
3334170089

DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	i
Daftar Tabel	ii
Daftar Gambar.....	iii
Bab I Pendahuluan	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penulisan	6
Bab II Tinjauan Pustaka	
2.1 Biomaterial	7
2.2 Komposit Material.....	10
2.3 Komposit Biomaterial	12
2.4 Tulang Sapi.....	15
2.5 Hidroksiapatit	17
2.6 <i>Self Propagating Intermediate Temperature Synthesis</i>	20
2.7 Limbah Kaleng Aluminium.....	22
2.8 <i>Fluxing</i>	23
2.9 Aluminium.....	27

2.10	Aluminium dan Paduan	31
2.11	Magnesium	33
2.12	Titanium	34
 Bab III Metode Penelitian		
3.1	Diagram Alir.....	36
3.2	Alat dan Bahan	39
	3.2.1 Alat	39
	3.2.2 Bahan.....	40
3.3	Prosedur Penelitian.....	41
	3.3.1 Preparasi dan Kalsinasi Limbah Tulang Sapi	41
	3.3.2 Preparasi dan <i>Fluxing</i> Limbah Kaleng Aluminium	42
	3.3.3 Pembuatan Sampel SIS	44
	3.3.4 Prosedur Pengujian Sampel.....	46
 Bab IV Hasil dan Pembahasan		
4.1	Preparasi dan Karakterisasi Limbah Tulang Sapi dan Kaleng Aluminium	53
4.2	Hasil Penelitian.....	57
4.3	Pengaruh Komposisi dan Jenis Aluminium Terhadap Nilai Kekerasan	59
4.4	Pengaruh Komposisi dan Jenis Aluminium Terhadap Nilai Kuat Tekan	61
4.5	Hasil Analisa Mikroskop Optik.....	63
4.6	Optimasi Penelitian Menggunakan Simulasi <i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	66
4.7	Struktur Mikro Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i>	69

Bab V Kesimpulan dan Saran

5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran.....	76
	Daftar Pustaka	77
	Lampiran A. Perhitungan	83
	Lampiran B. Data Hasil Penelitian.....	88
	Lampiran C. Gambar Alat dan Bahan.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Mekanik Biomaterial <i>Artificial Hip Joints</i>	10
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Tulang Sapi	17
Tabel 2.3 Karakterisasi Material <i>Flux</i>	24
Tabel 2.4 Sifat Fisik Aluminium	30
Tabel 2.5 Komposisi Paduan Aluminium Kaleng Minuman	33
Tabel 4.1 Hasil XRF Limbah Kaleng Aluminium dan Aluminium Hasil <i>Fluxing</i>	56
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sampel	58
Tabel 4.3 Nilai Kekerasan Vickers pada Penambahan Komposisi Titanium dan Jenis Aluminium	66
Tabel 4.4 Estimasi Koefisien Kuadrat pada Penambahan Komposisi Titanium dan Jenis Aluminium.....	67
Tabel 4.5 Model Linier Kekerasan Vickers	67
Tabel 4.6 Hasil <i>Sum Spectrum</i> Sampel A.....	73
Tabel 4.7 Hasil <i>Sum Spectrum</i> Sampel B	73
Tabel 4.8 Hasil <i>Sum Spectrum</i> Sampel C.....	74
Tabel 4.9 Hasil <i>Sum Spectrum</i> Sampel D.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Biomaterial	9
Gambar 2.2 Aplikasi Produk Biomaterial	10
Gambar 2.3 Komponen Penyusun Komposit	12
Gambar 2.4 Respon Sel Tubuh Terhadap Implan	14
Gambar 2.5 Pemanfaatan Tulang Sapi	16
Gambar 2.6 Struktur Kristal Hidroksiapatit	20
Gambar 2.7 Skematik <i>Self Propagating Intermediate Temperature Synthesis</i>	20
Gambar 2.8 Skematik Proses SHS	22
Gambar 2.9 Skematik Difusi Partikel Flux dalam Mengikat Logam Pengotor....	26
Gambar 2.10 Energi Bebas Gibbs Standar Pembentukan Beberapa Sulfida, Oksida, Klorida, dan Fluorida	26
Gambar 2.11 Slag Aluminium.....	31
Gambar 2.12 Paduan Aluminium	32
Gambar 2.13 Seri Penyusun Aluminium Bagian Komponen Kaleng	32
Gambar 2.14 Serbuk Magnesium	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 3.2 Diagram Alir Subproses Preparasi dan Kalsinasi Tulang Sapi	37
Gambar 3.3 Diagram Alir Subproses Preparasi dan <i>Fluxing</i> Limbah Kaleng Aluminium	38
Gambar 3.4 Diagram Alir RSM	38
Gambar 3.5 Skematik Kalsinasi Limbah Tulang Sapi	41

Gambar 3.6 Skematik <i>Fluxing</i> Limbah Kaleng Aluminium	43
Gambar 3.7 Pembuatan Sampel Komposit.....	45
Gambar 3.8 <i>X-Ray Diffraction</i> Rigaku	47
Gambar 3.9 <i>X-Ray Fluorescence</i> Rigaku	48
Gambar 3.10 Alat Uji <i>Micro Hardness Vickers</i>	48
Gambar 3.11 Skematik Uji Kekerasan HV ASTM E92.....	47
Gambar 3.12 Uji Tekan dengan <i>Universal Testing Machine</i>	50
Gambar 3.13 Mikroskop Nikon Eclipse LV-150	51
Gambar 3.14 Hitachi SU3500	52
Gambar 4.1 Tulang Sapi Sebelum Dikalsinasi dan Setelah Dikalsinasi	54
Gambar 4.2 Hasil XRD Kalsinasi Tulang Sapi	54
Gambar 4.3 Pengaruh Jenis Aluminium dan Variasi Ti Terhadap Nilai Kekerasan.....	60
Gambar 4.4 Pengaruh Jenis Aluminium dan Variasi Ti Terhadap Nilai Kuat Tekan.....	62
Gambar 4.5 Hasil Analisa Mikroskop Optik Pada Permukaan Seluruh Sampel..	64
Gambar 4.6 <i>Response Surface</i> dan <i>Contour Plot</i> Pengaruh Aluminium.....	68
Gambar 4.7 Hasil <i>Scanning Electron Microscope</i> Sampel A dan B	69
Gambar 4.8 Hasil <i>Scanning Electron Microscope</i> Sampel C dan D	71
Gambar B.1 Hasil Uji Kekerasan Sampel A	89
Gambar B.2 Hasil Uji Kekerasan Sampel B.....	89
Gambar B.3 Hasil Uji Kekerasan Sampel C.....	89
Gambar B.4 Hasil Uji Kekerasan Sampel D	90
Gambar B.5 Hasil XRD Kalsinasi Tulang Sapi 750°C 6 Jam	90

Gambar B.6 RSM Vickers.....	91
Gambar C.1 Ayakan 200 mesh.....	93
Gambar C.2 Cetakan Kompaksi.....	93
Gambar C.3 <i>Disc Mill</i>	93
Gambar C.4 Krusibel Alumina.....	93
Gambar C.5 <i>Molding Sintering</i>	93
Gambar C.6 <i>Muffle Furnace</i>	93
Gambar C.7 Neraca Digital.....	94
Gambar C.8 <i>Jar Rotary</i> dan Bola Zirkon.....	94
Gambar C.9 Mesin <i>Press Carver</i>	94
Gambar C.10 Mesin Bubut.....	94
Gambar C.11 Alu dan Mortar	94
Gambar C.12 Alat Uji XRD.....	94
Gambar C.13 Alat Uji XRF.....	95
Gambar C.14 Alat Penjepit	95
Gambar C.15 Alat Uji Tekan	95
Gambar C.16 Alat Uji Kekerasan.....	95
Gambar C.17 Bata Alumina	95
Gambar C.18 Mikroskop Optik.....	95
Gambar C.19 Tungku Pengecoran	96
Gambar C.20 Amplas	96
Gambar C.21 Serbuk Magnesium	96
Gambar C.22 Serbuk Titanium	96

Gambar C.23 Serbuk NaCl.....	96
Gambar C.24 Serbuk KCl	97
Gambar C.25 Kaleng Aluminium	97
Gambar C.26 Serbuk Kaleng Aluminium	97
Gambar C.27 Serbuk Aluminium <i>Fluxing</i>	97
Gambar C.28 Serbuk Hidroksiapatit	97
Gambar C.29 Tulang Sapi.....	97
Gambar C.30 Tisu	98
Gambar C.31 Oli	98

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik pada tahun 2022 menyatakan bahwa produksi daging sapi mencapai 436.700 ton di Indonesia (BPS, 2022). Berdasarkan hal ini menunjukkan limbah yang dihasilkan dari produksi daging sapi cukup banyak, hasil sisa pemrosesan limbah sapi berupa tulang yang mengandung senyawa hidroksiapatit (HAp). Hidroksiapatit berpotensi menjadi bahan yang berguna untuk aplikasi biomedik (Barakat *et al*, 2008). Hidroksiapatit memiliki biokompatibilitas yang cukup baik, tetapi struktur mikro yang dihasilkan oleh hidroksiapatit bersifat getas dan menggumpal. Oleh karena itu, perlu dilakukannya pemaduan dengan alumunium yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan serta untuk memperbaiki struktur mikro yang menggumpal. Perlu penambahan *wetting agent* berupa magnesium sebagai pengikat kedua material hidroksiapatit dan alumunium, serta berfungsi juga untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan (Pramono, 2018).

Logam aluminium digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik kekerasan & kekuatan, namun aluminium tidak memiliki toksisitas jika berikatan dengan oksida. Perlu kita ketahui limbah logam alumunium sering sekali kita temui pada kehidupan sehari-hari, contohnya limbah kaleng minuman. Menurut data Dinas Kebersihan Kota di Indonesia, limbah logam pada tahun 2022 yang dihasilkan sebesar 365.139 ton (BPS, 2022). Limbah kaleng aluminium dapat didaur ulang

dengan melakukan proses peleburan ulang (*remelt*) dengan penambahan *flux*. *Flux* adalah senyawa yang ditambahkan ke dalam leburan aluminium untuk mengikat pengotor yang berasal dari limbah aluminium menjadi *dross*. Flux yang digunakan adalah garam NaCl dan KCl. Kandungan aluminium pada kaleng minuman cukup tinggi yaitu di atas 90% namun masih memiliki pengotor, maka harus dihilangkan pengotornya terlebih dahulu yaitu dengan cara melakukan pemurnian menggunakan metode *fluxing*, selain dengan mendaur ulangnya dapat pula menjaga lingkungan (Prihadi dan Juniarsih, 2015). Proses daur ulang dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan timbunan sampah di TPA dan menambah nilai ekonomis dari limbah kaleng (Manurung, 2010). Oleh karena itu, supaya tidak terbuang percuma perlu dilakukannya pengolahan kembali limbah kaleng minuman tersebut, untuk dimanfaatkan menjadi suatu aplikasi yang dapat bermanfaat. Pengaplikasian limbah tulang sapi dan limbah aluminium kaleng minuman dalam bentuk komposit dapat menghasilkan biomaterial yang sangat berguna pada bidang kesehatan (Pramono, 2021).

Salah satu pengolahan yang tepat untuk permasalahan di atas yaitu melalui Metalurgi Serbuk atau *Powder Metallurgy*, yang merupakan teknik pengolahan suatu logam dengan menggunakan serbuk logam melalui metode penekanan dan pemanasan (*sinter*). *Self Propagating High temperature Synthesis* (SHS) merupakan bentuk sintesis pembakaran terkontrol yang sudah digunakan oleh banyak peneliti untuk bahan logam bertemperatur tinggi, SHS memanfaatkan reaksi *solid* pembakaran antara komponen dalam suatu bentuk yaitu serbuk untuk dapat menghasilkan sebuah material khusus dengan pembakaran suhu tinggi yang

menyebabkan pembakaran terkontrol pada sampel yang berada di dalam sebuah cetakan khusus (X Galina dan V George, 2000). Metode pengolahannya dapat dikembangkan melalui metode baru yaitu *Self Propagating Intermediate temperature Synthesis* (SIS), sehingga tidak hanya melalui penekanan dan pemanasan (*sinter*) saja. Metode ini memanfaatkan sebuah cetakan yang khusus, menggunakan variasi penekanan kompaksi yang dapat menciptakan material komposit yang sangat bermanfaat (Pramono, 2016).

Pengaruh jenis aluminium (kaleng dan *fluxing*) dan penambahan komposisi titanium pada penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan nilai kekerasan yang sesuai aplikasi implan untuk tulang kortikal pada manusia sebesar 40,4 HV dan tulang kancellus 35,2 HV (Pramanik *et al.*, 2005). Sedangkan rentang nilai kuat tekan untuk tulang kortikal 30-160 MPa dan tulang kancellus 2-12 MPa (Indriani *et al.*, 2011). Berdasarkan fenomena tersebut, penelitian ini dilakukan terkait karakterisasi komposit hidroksiapatit tulang sapi dan berfokus pada perlakuan aluminium dan penambahan titanium terhadap sifat mekanik serta struktur mikro komposit dengan metode *Self-propagating Intermediate Temperature Synthesis* (SIS) pada aplikasi biomaterial implan tulang kaki.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijelaskan bahwa pengaruh aluminium dan titanium dapat meningkatkan sifat mekanik, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pemanfaatan limbah tulang sapi sebagai *base material* dan limbah kaleng minuman alumunium dengan variasi komposisi titanium menggunakan metode *Self-Propagating Intermediate temperature Synthesis* (SIS).
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi titanium terhadap karakterisasi komposit limbah tulang sapi dan limbah kaleng minuman alumunium berdasarkan nilai kekerasan dan kuat tekan serta struktur mikro yang dihasilkan.
3. Bagaimana pengaruh pemurnian *fluxing* pada limbah kaleng aluminium terhadap sifat mekanik dan struktur mikro.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fraksi komposisi campuran yang tepat dan efektivitas pemurnian limbah alumunium kaleng minuman menggunakan metode *fluxing*. Adapun tujuan khusus pada penelitian ini yaitu:

1. Terbentuknya komposit keramik hidroksiapatit dari limbah tulang sapi berpenguat alumunium limbah kaleng minuman serta titanium.
2. Mengetahui pengaruh variasi komposisi titanium yang ditambahkan terhadap nilai kekerasan dan kuat tekan pada komposit hidroksiapatit berpenguat aluminium limbah kaleng dan titanium.

3. Mengetahui pengaruh pemurnian limbah kaleng alumunium menggunakan metode *fluxing* terhadap karakteristik kekerasan dan kuat tekan serta mikro struktur.

1.4 Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Cilegon.
2. Penelitian dilakukan di Pusat Riset Material Maju – BRIN, KST BJ Habibie Serpong, Kota Tangerang Selatan.
3. Membuat komposit *hybrid* menggunakan metode *Self Propagating Intermediate temperature Synthesis*.
4. Melakukan pengujian XRD pada Hidroksiapatit (HAp) dan XRF pada alumunium.
5. Melakukan pengujian kekerasan dan kuat tekan serta mikroskop optik terhadap komposit *hybrid* hidroksiapatit.
6. Parameter pada penelitian ini yaitu variabel bebas, variabel tetap dan terikat.

Variabel bebas yang digunakan:

- 1). Penambahan Komposisi Titanium yaitu 5 wt.% Titanium, 10 wt.% Titanium dan 20 wt.% Titanium
- 2). Perlakuan dan tanpa perlakuan *fluxing* pada kaleng aluminium

Variabel tetap yang digunakan:

- 1). Tekanan pemadatan sampel 171 MPa
- 2). Waktu pemadatan sampel 5 menit
- 3). Temperatur *sintering* 850°C
- 4). Waktu *sintering* 2 jam

Variabel terikat yang digunakan:

- 1). Nilai Kekerasan Vickers
- 2). Nilai Kuat Tekan
- 3). Hasil *X-Ray Diffraction* (XRD)
- 4). Hasil *X-Ray Fluorescence* (XRF)
- 5). Hasil Mikroskop Optik
- 6). Hasil Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal penelitian ini terdiri dari lima bab, dengan penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan, Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesa penelitian dan sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Pustaka, Bab ini berisikan dasar teori yang dapat mendukung penelitian serta sebagai acuan dalam analisis pembahasan. Bab III Metodologi Penelitian, Bab ini menjelaskan diagram alir pada penelitian, alat dan bahan yang akan digunakan, metode serta Langkah dalam penelitian. Mulai dari tahap persiapan bahan, preparasi alat dan sampel hingga proses pengujian. Bab IV Hasil dan Pembahasan, Pada bab ini menjelaskan Hasil dari penelitian yang telah

dilakukan serta pembahasan dari hasil yang telah didapatkan selama penelitian. Bab V Kesimpulan dan Saran, Bab ini berisikan kesimpulan dari penelitian ini serta saran yang diberikan dari penulis untuk penelitian selanjutnya

DAFTAR PUSTAKA

- Alsaffar, K., Bdeir, L. 2008. *Recycling of Aluminum Beverage Cans*, Journal of Engineering and Development, Vol. 12: 157 - 163.
- Arianti, N. N., Yuliarti, E. And Marlin. 2015. *The Application of 5R (Reduce, Reuse, Recycle, Replant and Replace) Principles to Handle The Household Waste*. Dharma Raflesia Unib Tahun XIII, No.1
- ASM International. Handbook Committee. 2000. ASM Handbook: Mechanical testing and evaluation (Vol. 8). ASM International.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Peternakan Dalam Angka 2022*. Direktorat Statistik Peternakan, Perikanan, dan Kehutanan.
- Balbinotti, P., Gemelli, E., Buerger, G., Lima, S. A., Jesus, J., Camargo, N. H. A., Henriques, V. A. R. And Soares, Gloria, D. 2011. *Microstructure development on sintered Ti/HA biocomposites produced by powder metallurgy*. Materials Research, 14(3), pp. 384–393. doi: 10.1590/S1516-14392011005000044
- Barakat, N. A. M., Khalil, K.A., Sheikh, F. A., Omran, A. M., And Gaihre, B. 2008. *Physiochemical characterizations of hydroxyapatite extracted from bovine bones by three different methods: Extraction of biologically desirable HAp*, Materials Science and Engineering C 28: 1381 – 1387.
- Bidhendi, H. R. A. and M, Pournvari. 2011. *Corrosion Study of Metallic Biomaterials in Simulated Body Fluid*.
- Buddy, D. R. *Annual Review of Biomedical Engineering*. 2019. 21, 171-191

- Clavel, B. 2010. Household wastes and bone craft activity in Strasbourg (France) in the XVth century.
- Dewi, S. U. 2009. *Pembuatan Komposit Kalsium Fosfat-Kitosan Dengan Metode Sonikasi*, Institut Pertanian Bogor.
- Diana, D. R. And Pratapa, S. 2015. *Analisis Kristalinitas Serbuk Magnesium Oksida Hasil Sintesis Metode Logam-Terlarut Asam*. Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol.4, No.1.
- Eka, A. H. 2017. *Kajian Sifat Mekanik Aluminium 7075 dengan Perlakuan Termal*. Inovasi Fisika Indonesia
- Gilstad, G. 2013. *Life Cycle Assessment of Secondary Aluminium Refining*. Norwegian University of Science and Technology.
- Hlosta, J. And Necas, J. 2016. '*Effect of Particle Shape and Size On The Compressibility and Bulk Properties Of Powders In Powder Metallurgy*'.
- Indriani, A., Fisika, D., & Airlangga, U. 2011. *Upaya Meningkatkan Kuat Tekan Komposit Ha-kitosan Sebagai Kandidat Aplikasi Implan Tulang Kortikal*.
- Jamir, M. R. M., Majid, M. S. A., & Khasri, A. 2018. *Natural lightweight hybrid composites for aircraft structural applications. In Sustainable Composites for Aerospace Applications*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102131-6.00008-6>
- Jones, R. M. 1999. *Mechanics of Composite Materials Second Edition*. USA : Taylor & Francis, Inc.

- Khoo W., Nor F. M., Ardhyanta, H., dan Kurniawan, D. 2015. *Preparation of Natural Hydroxyapatite from Bovine Femur Bones Using Calcination at Various Temperatures*. International Materials Industrial and Manufacturing Engineering Conference, Vol. 2: 196 – 201.
- Kim, H. S. 2000. *On The Rule Of Mixtures For The Hardness Of Particle Reinforced Composites*. Materials Science and Engineering, pp. 30–33.
- Manalu, J. L., Soegijono, B., dan Indrani, D. J. 2015. *Characterization of Hydroxyapatite Derived from Bovine Bone*. Asian Journal of Applied Sciences, Vol. 3: 758 - 765.
- Manurung, M. And Ayuningtyas, I. F. 2010. *Kandungan Aluminium dalam Kaleng Bekas dan Pemanfaatannya dalam Pembuatan Tawas*. Universitas Udayana : Jurusan Kimia FMIPA.
- Merzhanov, A. G. 1997. *Worldwide Evolution and Present Status of SHS as a Branch of Modern R&D., Int.*
- Muddugangadhar, B. C., Amarnath, G. S., Tripathi, S., Dikshit, S., M. S, Divya. 2011. *Biomaterials for Dental Implants: An Overview*. International Journal of Oral Implantology and Clinical Research. 2(1):13-24
- Oediyani, S., Zain, A. P. and Juniarsih, A. 2017. *Pengaruh Massa Flux dan Waktu Tahan Fluxing Terhadap Pengurangan Mg Pada Recycling Kaleng Minuman Aluminium, Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(1), pp.1. doi: 10.36055/tjst.v13i1.5849
- Oldani, C. and Dominguez, A. 2012. *Titanium as a Biomaterial for Implants*.
- Pacheco, M. M. 2007. *Self-Sustained High-Temperature Reactions:*

Initiation, Propagation and Synthesis. Universitas Carlos III.

Pane, M. S. 2004. *Penggunaan Hidroksiapatit Sebagai Bahan Dental Implan*, Universitas Sumatera Utara.

Peter P, I., Oki, M., And Adekunle, A. A. 2020. *A review of ceramic/bio-based hybrid reinforced aluminium matrix composites*. Cogent Engineering, 7(1).

Petit, R. 1999. *The use of hydroxyapatite in orthopaedic surgery: A ten-year review*, Eur J Orthop Surg Traumatol, Vol. 9: 71 – 74.

Prabowo A, S., Triyono, T., dan Yaningsih, I. 2016. *Analisa Pengaruh Penambahan Mg Pada Kompositmatrik Aluminium Remelting Piston Berpenguat SiO₂ Menggunakan Metode Stir Casting Terhadap Kekerasan Dan Densitas*, Mekanika, Vol. 15: 37 – 43.

Pramanik, S., Agarwal, A. K., & Rai, K. N. 2005. *Development of high strength hydroxyapatite for hard tissue replacement*. Trends in Biomaterials and Artificial Organs, 19(1), 46–51.

Pramono, A., Milandia, A., Khaerudini, D. S. And Sulaiman, F. 2021. *Pengolahan Limbah Tulang Sapi dan Limbah Kaleng Minuman Berbasis Aluminium Menggunakan Metode Self Propagating High Temperature Synthesis (SHS) Sebagai Aplikasi Komposit Material*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa : Fakultas Teknik.

Pramono, A., Timuda, G. E., Rifai, G. P. A., Khaerudini, D. S. 2022. *Synthesis of Spinel-Hydroxyapatite Composite Utilizing Bovine Bone and Beverage Can*. Crystals, 12, 96. <https://doi.org/10.3390/cryst12010096>

- Pramono, A., Kommel, L., Kollo, L., & Veinthal, R. 2016. *The aluminum based composite produced by self propagating high temperature synthesis*. *Medziagotyra*, 22(1), 41–43. <https://doi.org/10.5755/j01.ms.22.1.7500>
- Pramono, A., Sulaiman, F., & Milandia, A. 2020. *Fabrication of metal matrix composites based on hydroxyapatite by self-high propagating temperatures synthesis (SHS)*. August. <https://doi.org/10.20944/preprints202008.0596.v1>
- Pramono, A., Sulaiman, F., Suryana., Milandia, A. 2020. *Effect of pressure distribution on hydroxyapatite (HAp) based hybrid composites made from the milkfish bones*. *Materials Science Forum (MSF)*. Vol. 988, pp 182-191.
- Prihadi, N. D., & Juniarsih, A. 2015. *Penurunan Kadar Pengotor Pada Proses Pemurnian Aluminium Dengan Bahan Baku Limbah Kaleng Minuman*.
- R. Rosmamuhamadani. 2018. ‘*Wear characterization of nano-hydroxyapatite with addition of titanium* *Wear characterization of nano-hydroxyapatite with addition of titanium (HA-Ti)*’. doi: 10.1088/1757-899X/348/1/012001.
- Ross, R. B. 2013. *Metallic materials specification handbook*. Springer Science & Business Media.
- S. Bell. 2003. *Final Report on Refining Technologies of Aluminium*. Government of Canada.
- Sari, N. H. 2018. *Material Teknik*, CV Budi Utama Yogyakarta.
- Smallman, R. E. and R. J. Bishop. 1999. *Biomaterial in Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering (Sixth edition)*. Butterworth-Heinemann: Oxford. p. 436-437.

- Utigard, T. A. 1998. 'The properties and uses of fluxes in molten aluminum processing', *Jom*, 50(11), pp. 38–43. doi: 10.1007/s11837-998-0285-7.
- Vasiliev, V. 2007. *Advanced Mechanics of Composite Materials*. Oxford: Elsevier
- Venkatesan, J. dan Kim, S. K. 2010. *Effect of Temperature on Isolation and Characterization of Hydroxyapatite from Tuna (Thunnus obesus) Bone*. *Materials*, Vol. 3: 4761 - 4772.
- Vieira, E. A. 2012. *Use of Chlorine to Remove Magnesium from Molten Aluminium*. Brazil : Department of Metallurgical and Materials Engineering.
- Waily, M., Nibras A., Aziz A. R., Emad, Q. H. 2020. *Mechanical Behavior Investigation for Hip Joint with Inclination Angle Influence by Manufacturing and Design Simulator Instrument Machine*. *International Journal of Energy and Environment*, vol. 11, no. 1, pp. 47-60
- Widyastuti, Y. 2009. *Kesehatan Reproduksi*. Yogyakarta: Fitramaya.
- X, Galina dan V, George. 2000. *An overview of some environmental applications of self-propagating high-temperature synthesis, Advance in Environmental Researh*, Vol.5: 117 – 128.
- Xanthopoulou, G. 1999. *Oxide catalysts for pyrolysis of diesel fuel made by self-propagating high-temperature synthesis*. Part I: cobalt-modified Mg±Al spinel catalysts, *Applied Catalysis A: General*, pp : 285 -295.
- Zenith Allmart Precisindo. 2021. *SS316L Medical Grade & Titanium*. Vol.37