

**PENGARUH *HONEYCOMB* (HCB) TERHADAP STRUKTUR *SCAFFOLD*
HIDROKSIAPATIT DARI TULANG KERBAU
(*Bubalus Bubalis*)**



**EBI BINTI YOHANES
H021201027**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PENGARUH *HONEYCOMB* (HCB) TERHADAP STRUKTUR SCAFFOLD
HIDROKSIAPATIT DARI TULANG KERBAU
(*Bubalus Bubalis*)**

EBI BINTI YOHANES

H021 20 1027



**PROGRAM STUDI FISIKA
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PENGARUH *HONEYCOMB* (HCB) TERHADAP STRUKTUR *SCAFFOLD*
HIDROKSIAPATIT DARI TULANG KERBAU
(*Bubalus Bubalis*)**

EBI BINTI YOHANES
H021 20 1027

Skripsi,

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi S1 Fisika

pada



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**DEPARTEMEN FISIKA
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

PENGARUH *HONEYCOMB* (HCB) TERHADAP STUKTUR *SCAFFOLD*
HIDROKSIAPATIT DARI TULANG KERBAU
(*Bubalus Bubalis*)

yang disusun dan diajukan oleh

EBI BINTI YOHANES
H021201027

Skripsi

telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Sarjana Program Studi Fisika pada 25
September 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pada

Program Studi Fisika
Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,

Mengetahui:
Ketua Program Studi,




Prof. Dr. Arifin, M.Sc
198601 2 001


Prof. Dr. Arifin, M.T
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "**Pengaruh *Honeycomb* (HCB) Terhadap Stuktur *Scaffold* Hidroksiapatit dari Tulang Kerbau (*Bubalus Bubalis*)**" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 25 September 2024



Ebi Binti Yohanes
H021201027



Optimized using
trial version
www.balesio.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan penyertaan-Nya selama proses penulisan skripsi ini. Tanpa kasih dan pertolongan-Nya, penulisan skripsi ini tidak akan pernah terlaksana. Dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan penghargaan dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis yang terkasih, Bapak **Yohanis** dan Ibu **Serli** yang selalu memberikan kasih sayang serta dukungan, baik secara moral maupun materi. Terima kasih atas didikan serta motivasi yang selalu diberikan untuk menyemangati penulis dalam menjalani masa kuliah.
2. Saudara tercinta **Boy** dan **Perlo**, kak ipar **Ella** serta keponakan **Odi**, terima kasih banyak sudah memberikan motivasi, perhatian, kasih sayang, do'a, selama perkuliahan hingga skripsi ini terselesaikan.
3. **Prof. Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.**, selaku pembimbing utama, yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis. Terima kasih telah meluangkan pikiran, tenaga, dan waktunya untuk penulis serta memberikan nasehat-nasehat dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.** dan **Prof. Dr. Syamsir Dewang MS. F.Med.**, selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan saran dan masukan yang membangun untuk menjadikan skripsi ini lebih baik.
5. **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si** selaku Kepala Laboratorium Material dan Energi yang telah memberikan nasehat, arahan dan bimbingan selama proses penelitian.
6. Seluruh Bapak/Ibu **Dosen** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan terkhusus kepada seluruh **Dosen Departemen Fisika** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat dan menjadi bekal bagi penulis untuk terus berproses.
7. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terkhusus kepada **Pegawai dan Staf Departemen Fisika (Kak Rana, Ibu Evi, Pak Syukur, dan Pak Ahmad)** yang telah membantu penulis dalam mengurus administrasi perkuliahan.
8. **Jenella, Indri, Fatma, dan Anika** yang selalu sabar dalam membantu penulis dan terima kasih selalu mau direpotkan dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. **Novra, Jenella, dan Putri**, terima kasih telah memberikan bantuan dan meluangkan waktunya untuk menemani penulis.



Indri, Novra, Putri, Ainun, Asti, Epy, Novia, Anika, dan terima kasih atas cerita, suka-dukanya, kebersamaannya, momen-momen untuk semua kenangan yang pernah kita ukir bersama. **Indani, dan Uwais** selaku teman seperjuangan penelitian selalu mau di repotkan, saling menguatkan satu sama lain dan bantuannya selama penelitian.

12. Seorang pria inisial "**N.P.**" yang selalu ada dalam suka-duka penulis, yang sering direpotkan dan selalu sabar menghadapi mood penulis yang sering berubah-ubah, terimakasih sudah mau bertahan sejauh ini.
13. Boyband korea **BTS** terkhusus **Kim Namjoon**, terimakasih telah menjadi motivator yang terbaik dalam menguatkan mental dan terimakasih telah memberikan banyak motivasi untuk mencintai diri sendiri. Salah satu kutipan motivasinya "*Tidak peduli siapa kamu, dari mana kamu berasal, warna kulitmu, identitas gender, bicaralah untuk dirimu sendiri*".
14. Teman-teman **Himafi 2020** terima kasih untuk semua cerita dan suka duka yang telah dilalui bersama.
15. Teman-teman **Laboratorium Material dan Energi Angkatan 2020** yang telah banyak membantu dan selalu menghibur.
16. **Semua Pihak** yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan semangat, dukungan serta doa kepada penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga Tuhan selalu menyertai seluruh rencana dan masa depan semua pihak yang terkait dan kiranya hasil pada penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Penulis,

Ebi Binti Yohanes



ABSTRAK

EBI BINTI YOHANES. **Pengaruh *Honeycomb* (HCB) Terhadap Struktur *Scaffold* Hidroksiapatit dari Tulang Kerbau (*Bubalus Bubalis*)** (dibimbing oleh Nurlaela Rauf)

Pada penelitian ini, hidroksiapatit (HA) telah berhasil disintesis dari tulang kerbau (*Bubalus Bubalis*) menggunakan metode presipitasi dengan penambahan diamonium hidrogen fosfat sebagai sumber fosfat. *Scaffold* berbasis HA dibuat menggunakan *Honeycomb* (HCB) sebagai porogen. Konsentrasi HCB yang digunakan bervariasi diantaranya 20%, 40%, dan 60%. Analisis *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) menunjukkan adanya gugus fungsi OH^- , CO_3^{2-} , dan PO_4^{3-} , yang termasuk karakteristik dari Hidroksiapatit. Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), menunjukkan bahwa pada setiap penambahan HCB mempengaruhi ukuran kristal *scaffold* HAp dan memperbesar ukuran pori, sehingga sel lebih mudah berkembang biak. Untuk melihat kekuatan tekan *scaffold* HAp yang dihasilkan, dilakukan uji kuat tekan pada variasi HCB sebanyak 40%, dimana nilai yang diperoleh sebesar 2,55 MPa. Berdasarkan nilai tersebut, HCB sebanyak 40% dapat digunakan untuk pengaplikasian pada jaringan tulang manusia.

Kata Kunci : biomaterial, tulang kerbau, hidroksiapatit, metode presipitasi, *scaffold*.



ABSTRACT

EBI BINTI YOHANES. **The Effect of Honeycomb (HCB) on Hydroxyapatite Scaffold Structure from Buffalo Bone (Bubalus Bubalis)** (supervised by Nurlaela Rauf)

In this study, hydroxyapatite (HA) has been successfully synthesized from buffalo bones (*Bubalus Bubalis*) using the precipitation method with the addition of diammonium hydrogen phosphate as a phosphate source. HA-based scaffolds were made using Honeycomb (HCB) as a porogen. The concentration of HCB used varied between 20%, 40%, and 60%. Fourier Transform Infra-Red (FTIR) analysis showed the presence of OH^- , CO_3^{2-} , and PO_4^{3-} functional groups, which are characteristics of Hydroxyapatite. X-Ray Diffraction (XRD) analysis showed that each addition of HCB affected the crystal size of the HAp scaffold and enlarged the pore size, so that cells could grow more easily. To see the compressive strength of the resulting HAp scaffold, a compressive strength test was carried out on a variation of HCB of 40%, where the value obtained was 2.55 MPa. Based on these values, 40% HCB can be used for application to human bone tissue.

Keywords : biomaterial, buffalo bone, hydroxyapatite, precipitation method, scaffold.



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN PENGAJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
BAB II METODE PENELITIAN	3
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	3
2.2 Alat dan Bahan Penelitian	3
2.2.1 Alat penelitian	3
2.2.2 Bahan penelitian	3
2.3 Posedur Penelitian	3
2.3.1 Preparasi Sampel	3
2.3.2 Sintesis Hidroksiapatit (HAp)	4
2.3.3 Pembuatan <i>Scaffold</i>	5
2.3.4 Karakterisasi Sampel	5
2.4 Bagan Alir Penelitian	6
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	7
3.1 Sintesis Tulang Kerbau yang Terkalsinasi	7
3.2 Analisis <i>Scaffold</i> HAp dengan variasi HCB Menggunakan FTIR	7
3.3 Analisis <i>Scaffold</i> HAp dengan Variasi HCB Menggunakan XRD	9
3.4 Uji Kuat Tekan	10
BAB IV KESIMPULAN	12
4.1 Kesimpulan	12
4.2 Kesimpulan	12
4.3 Kesimpulan	13
4.4 Kesimpulan	16



DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Tabel 1. Data hasil XRF Tulang Kerbau yang Terkalsinasi	7
2. Tabel 2. Gugus Fungsi <i>Scaffold</i> HAp dari variasi HCB.....	9
3. Tabel 3. Data Pengaruh Konsentrasi HCB terhadap ukuran kristal <i>Scaffold</i> HAp	10
4. Tabel 4. Data Uji Kuat Tekan <i>Scaffold</i> HAp dengan konsentrasi HCB 40%.....	11



DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Gambar 1. Proses sintesis Kalsium Oksida.....	4
2. Gambar 2. Proses sintesis Hidroksiapatit.....	4
3. Gambar 3. Proses pembuatan <i>Scaffold</i>	5
4. Gambar 4. Spektrum FTIR <i>Scaffold</i> HAp tanpa HCB dan variasi HCB 20%, 40%, dan 60%	8
5. Gambar 5. Kurva XRD <i>Scaffold</i> HAp tanpa HCB dan variasi HCB 20%, 40%, dan 60%	9



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tulang adalah jaringan utama yang menyusun tubuh manusia dan memiliki kemampuan regenerasi alami. Di antara organ-organ tubuh manusia, tulang memiliki potensi regenerasi yang lebih tinggi. Jaringan tulang yang dinamis memiliki kapasitas unik untuk menyembuhkan dan merombak diri tanpa meninggalkan bekas luka. Tulang memberikan stabilitas mekanis pada kerangka, yang diperlukan untuk menahan beban, menggerakkan tubuh, dan melindungi organ-organ dalam. Jaringan tulang terdiri dari sel-sel yang berada dalam matriks ekstraseluler yang terstruktur secara organik dan anorganik (Cerqueni et al., 2021; Y. Li et al., 2021; Pourmollaabbassi et al., 2016).

Jaringan tulang secara terus-menerus mengalami perubahan fisiologis untuk menyesuaikan strukturnya sebagai respons terhadap kebutuhan mekanis dan membantu perbaikan kerusakan mikro. Kerusakan atau cacat pada tulang bisa disebabkan oleh kekurangan jaringan tulang di bagian tubuh tertentu, yang dapat timbul akibat cedera, infeksi, peradangan, trauma, atau faktor lainnya (Ou et al., 2020; Sari et al., 2021b; Wong et al., 2021).

Osteoporosis adalah salah satu penyakit tulang global yang ditandai dengan pengeroposan tulang, sehingga meningkatkan kerapuhan tulang yang cenderung berkembang seiring bertambahnya usia. Menurut statistik terbaru dari *International Osteoporosis Foundation*, di seluruh dunia, 1 dari 3 wanita di atas usia 50 tahun dan 1 dari 5 pria akan mengalami patah tulang akibat osteoporosis seumur hidup mereka. Perawatan klinis saat ini untuk patah tulang osteoporosis terbatas pada kombinasi bedah agresif, perangkat implan, dan obat-obatan jangka panjang. Pada tahun 2050, diperkirakan kejadian patah tulang pinggul akibat osteoporosis akan meningkat sebesar 310% pada pria dan 240% pada wanita (J. Li et al., 2021; Sahana et al., 2013; Zhao et al., 2022).

Regenerasi atau perbaikan tulang merupakan tantangan besar dalam dunia medis. Banyak teknologi medis melibatkan penggunaan bahan sintetik di berbagai bidang, mulai dari bahan yang digunakan dalam prosedur bedah hingga perancah untuk rekayasa jaringan tulang. Rekayasa jaringan mencakup pembuatan, perbaikan, atau penggantian jaringan dan organ menggunakan biomaterial. Biomaterial yang ideal untuk aplikasi perbaikan tulang harus memiliki sifat biologis, komposisi, atau mekanik yang mirip dengan tulang inang (Alsharif et al., 2023; Mocanu et al., 2010; Zhi et al., 2022).



calcium fosfat (Ca/P) memiliki komposisi kimia yang mirip anorganik tulang dan dianggap sebagai salah satu bahan yang paling menjanjikan. Ini karena biokeramik Ca/P memiliki biokonduksi, dan osteoinduksi yang baik. Menurut W. Zhia dkk. Ca/P dengan komposisi fase khusus dan struktur berpori berinteraksi dengan molekul sinyal dan matriks ekstraseluler

dalam sistem inang, menciptakan lingkungan lokal yang kondusif untuk pembentukan tulang baru (Hajar Saharudin et al., 2019; Zhang et al., 2021; Zhi et al., 2022).

Hidroksiapatit (HAp) adalah salah satu biomaterial keramik berbasis kalsium fosfat yang paling menjanjikan, dengan bioaktivitas dan biokompatibilitas yang sangat baik. Hidroksiapatit merupakan salah satu bentuk Ca/P yang paling banyak digunakan sebagai bahan pengganti cangkang tulang dalam aplikasi medis. Hal ini disebabkan oleh stabilitas hidroksiapatit sebagai komponen stoikiometri dalam cairan tubuh, dengan rasio molar Ca/P sebesar 1,67. Hidroksiapatit dapat diperoleh dari bahan alami seperti cangkang telur, tulang sapi, tulang kerbau, tulang ikan, cangkang kerang, sisik ikan, cangkang sotong, dan cangkang kepiting. Metode untuk mengekstrak hidroksiapatit dari bahan biomaterial meliputi kalsinasi, presipitasi, hidrotermal, dan sol-gel (Firdaus Hussin et al., 2022; Hossain et al., 2022; Manoj et al., 2015; Wu et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Mona Sari dkk. (2021) menjelaskan bahwa dalam sintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang abalon, digunakan diamonium hidrogen fosfat $(\text{NH}_4)_2(\text{HPO}_4)$ sebagai sumber fosfat dan *Honeycomb* (HCB) sebagai media rekayasa struktur pori. Hasil yang diperoleh menunjukkan rasio Ca/P sebesar 1,73, yang mendekati standar rasio molar Ca/P sebesar 1,67. Rekayasa struktur pori menggunakan HCB pada konsentrasi 10%, 20%, 30%, dan 40% berhasil dilakukan. Analisis pori menunjukkan bahwa penambahan HCB sebesar 40% memberikan potensi yang baik sebagai perancah untuk pertumbuhan tulang dan sebagai media untuk penempatan sel (Sari et al., 2021).

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh *honeycomb* (HCB) terhadap struktur *scaffold* hidroksiapatit, serta kekuatan tekan *scaffold* hidroksiapatit dengan variasi HCB sebesar 40%, menggunakan tulang kerbau (*Bubalus bubalis*) sebagai bahan penghasil hidroksiapatit (HA).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi *Honeycomb* (HCB) terhadap struktur kristal *Scaffold* Hidroksiapatit berdasarkan FTIR.
2. Menganalisis pengaruh variasi *Honeycomb* (HCB) terhadap gugus fungsi *Scaffold* Hidroksiapatit berdasarkan XRD.
3. Mengukur kuat tekan dari *Scaffold* Hidroksiapatit dengan variasi HCB sebesar 40%.



an

nelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang lroksiapatit dari bahan alam seperti tulang kerbau (*Bubalus* an metode presipitasi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tulang yang sederhana, murah, dan mudah didapat.