

SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT BERBASIS HIDROKSIAPATIT, *CARBON QUANTUM DOTS*, DAN KITOSAN UNTUK APLIKASI REGENERASI TULANG

THALA FAIRUZA



DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit Berbasis Hidroksiapatit, *Carbon Quantum Dots*, dan Kitosan untuk Aplikasi Regenerasi Tulang” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun 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 di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Thala Fairuza
G7401221027



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

THALA FAIRUUZA. Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit Berbasis Hidroksiapatit, *Carbon Quantum Dots*, dan Kitosan untuk Aplikasi Regenerasi Tulang. Dibimbing oleh YESSIE WIDYA SARI dan YULIATI HERBANI.

Kerusakan jaringan tulang memerlukan biomaterial multifungsi yang mampu mendukung regenerasi sekaligus memantau proses terapi. Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik fisikokimia nanokomposit hidroksiapatit (HAp), *carbon quantum dots* (CQDs), dan kitosan sebagai kandidat material teranostik. HAp disintesis dari cangkang telur ayam dengan metode presipitasi basah berbantuan *microwave*, sedangkan CQDs dari ampas kopi arabika disintesis menggunakan metode *microwave* dan hidrotermal, kemudian dikompositkan dengan kitosan. Karakterisasi menggunakan XRD, FTIR, UV-Vis, fotoluminesens, SEM, dan *zeta potential* menunjukkan bahwa fase kristal HAp tetap dipertahankan setelah pembentukan komposit. CQDs hidrotermal menghasilkan intensitas fotoluminesens lebih tinggi pada panjang gelombang emisi 500–520 nm. Penambahan CQDs meningkatkan keteraturan kristal, sedangkan sampel HC2K menunjukkan sifat fluoresensi terbaik. Nilai *zeta potential* sebesar +17 hingga +20 mV mengindikasikan stabilitas dispersi sedang. Nanokomposit HAp–CQDs–Ki berpotensi sebagai material teranostik untuk regenerasi tulang.

Kata kunci: *carbon quantum dots*, hidroksiapatit, kitosan, nanokomposit, regenerasi tulang

ABSTRACT

THALA FAIRUUZA. Synthesis and Characterization of Nanocomposites Based on Hydroxyapatite, Carbon Quantum Dots, and Chitosan for Bone Regeneration Applications. Supervised by YESSIE WIDYA SARI and YULIATI HERBANI.

Bone tissue damage requires multifunctional biomaterials capable of supporting regeneration while enabling therapeutic monitoring. This study investigated the physicochemical characteristics of hydroxyapatite (HAp), carbon quantum dots (CQDs), and chitosan nanocomposites as candidate theranostic materials. HAp was synthesized from chicken eggshells by microwave-assisted wet precipitation, while CQDs were prepared from arabica coffee grounds using microwave and hydrothermal methods before composite formation with chitosan. Characterization by XRD, FTIR, UV-Vis, photoluminescence, SEM, and zeta potential confirmed that the HAp crystal phase was retained after composite formation. Hydrothermal CQDs exhibited higher photoluminescence intensity with emission at 500–520 nm. CQDs improved crystal ordering, and HC2K showed the strongest fluorescence. Zeta potential values of +17 to +20 mV indicated moderate colloidal stability. These findings demonstrate the potential of HAp–CQDs–Ki nanocomposites as theranostic materials for bone regeneration.

Keywords: bone regeneration, carbon quantum dots, chitosan, hydroxyapatite, nanocomposite



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT BERBASIS
HIDROKSIAPATIT, *CARBON QUANTUM DOTS*, DAN KITOSAN
UNTUK APLIKASI REGENERASI TULANG**

THALA FAIRUZA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Erus Rustami, S.Si , M.Si.
- 2 Abd. Djamil Husin, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit Berbasis Hidroksiapatit, *Carbon Quantum Dots*, dan Kitosan untuk Aplikasi Regenerasi Tulang

Nama : Thala Fairuza
NIM : G7401221027

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Yuliati Herbani, M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 1968091619940301001



Tanggal Ujian: 24 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian dilaksanakan sejak bulan September 2025 sampai bulan Mei 2026 dengan judul "Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit Berbasis Hidroksiapatit, *Carbon Quantum Dots*, dan Kitosan untuk Aplikasi Regenerasi Tulang".

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si. dan Dr. Yuliati Herbani, M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, motivasi, ilmu, serta masukan yang sangat bermanfaat selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, serta dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
2. Angga Saputra, S.Si., M.Si. yang telah memberikan ilmu, arahan, dan pengalaman selama penelitian di laboratorium serta Loe Loe In Il Khamul Ja'Fariyyah, S.Si. yang telah banyak membantu dan mempermudah berbagai pekerjaan selama penelitian berlangsung.
3. Seluruh staf Departemen Fisika FMIPA IPB yang telah memberikan bantuan dalam berbagai urusan administrasi dan pelayanan akademik sehingga proses perkuliahan, penelitian, dan penyelesaian skripsi dapat berjalan dengan lancar.
4. Rekan-rekan di laboratorium dan teman seperjuangan tugas akhir, yaitu Melinda MR, Fuzi NR, Fuji RF, Adhirajasa MS, Joseph BT, Naufal M, Abimanyu PS, Rico AW, Asyifa S, Ajrina A, dan Satia KR, yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian, berbagi ilmu dan pengalaman, memberikan semangat, dukungan, dan kebersamaan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Gumilang Family, yaitu Wahyu Gumilang Syahputra, Avrill Khayyira, Riswan Yanuar G, dan Ikram Maulana yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis sejak awal memasuki perkuliahan, menemani proses adaptasi, serta memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan.
6. Ibu tercinta, Nurlaelah, serta kakak, Sitta Zahra Maulida, S.I.Kom., dan adik, Ayunidya Amaira Nahdah, atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, dukungan, dan perhatian yang tiada henti diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga penyelesaian skripsi ini.
7. Arkan Ramadhan SP. yang telah menjadi partner bertumbuh, senantiasa mendampingi, memberikan dukungan, doa, semangat, dan perhatian selama penyusunan skripsi ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Thala Fairuza



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Hidroksiapatit	4
2.2 <i>Carbon Quantum Dots</i>	5
2.3 Kitosan	6
2.4 Teranostik untuk Regenerasi Tulang	8
METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Penelitian	10
3.4 Karakterisasi	12
HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Karakteristik Hidroksiapatit	13
4.2 Karakteristik <i>Carbon Quantum Dots</i>	14
4.3 Karakteristik Nanokomposit HAp-CQDs-Ki	15
SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	29
RIWAYAT HIDUP	31

DAFTAR TABEL

1	Sampel yang disintesis	11
2	<i>Energy gap</i> CQDs dan komposit menggunakan <i>Tauc Plot</i>	16
3	Gugus fungsi nanokomposit dari spektrum FTIR	19
4	Ukuran kristalit hasil analisis XRD menggunakan persamaan Scherrer	21

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur heksagonal kristal hidroksiapatit (Millazzo <i>et al.</i> 2019)	4
2	Gugus fungsi CQDs (A) fotoluminensi karakteristiknya berdasarkan (B) laju oksidasi permukaan (Shabbir <i>et al.</i> 2023).	5
3	Deasetilasi kitin menjadi kitosan (Mohammed <i>et al.</i> 2017)	7
4	Efek protonasi gugus amino dan hidroksil pada kelarutan kitosan dalam larutan asam (Verma dan Quraishi 2021)	7
5	Pola XRD HAp murni	13
6	Spektra FTIR HAp murni	13
7	Spektrum serapan UV–Vis <i>spectroscopy</i> dan intensitas PL dari (A) CQDs <i>microwave</i> ; (B) CQDs hidrotermal	14
8	Daerah serapan nanokomposit menggunakan UV–Vis	15
9	<i>Energy gap</i> sampel menggunakan metode <i>Tauc plot</i> . (A) <i>Energy gap</i> HKi; (B) <i>energy gap</i> CQDS <i>microwave</i> ; (C) <i>energy gap</i> HC1K; (D) <i>energy gap</i> CQDS hidrotermal; (E) <i>energy gap</i> HC2K	16
10	Daerah pendaran nanokomposit dari PL	17
11	Spektrum FTIR sampel HKi, HC1K, dan HC2K	18
12	Pola XRD perbandingan sampel HAp murni, HC1K, dan HC2K	19
13	Citra SEM (A) sampel HKi; (B) sampel HC2K	21
14	Grafik <i>zeta potential</i> pada ketiga sampel. (A) HKi; (B) HC1K; (C) HC2K	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Foto sampel	29
---	------------------------	----