

POTENSI HIDROKSIAPATIT/KITOSAN DALAM APLIKASI BALUTAN LUKA (*WOUND DRESSING*)

DANIA KHOIRUN NISA



**PROGRAM STUDI BIOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Potensi Hidroksiapatit/Kitosan dalam Aplikasi Balutan Luka (*Wound Dressing*)” 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 tesis ini.

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

Bogor, Mei 2025

Dania Khoirun Nisa
G7501241009



RINGKASAN

DANIA KHOIRUN NISA. Potensi Hidroksiapatit/Kitosan dalam Aplikasi Balutan Luka (*Wound Dressing*). Dibimbing oleh YESSIE WIDYA SARI, ARIADNE LAKSHMIDEVI dan ISMAIL BUDIMAN

Biokomposit polivinil alkohol-hidroksiapatit-kitosan (PVA-HA-CH) merupakan material potensial untuk aplikasi medis. PVA bersifat biokompatibel dan biodegradabel. PVA dikombinasikan dengan sifat mekanik HA yang baik, serta CH yang memiliki sifat antimikroba menyediakan material sesuai untuk aplikasi balutan luka. Penelitian ini bertujuan menentukan komposisi biokomposit terbaik pada aplikasi balutan luka. Biokomposit PVA-HA-CH difabrikasi dengan teknik elektrospinning untuk menghasilkan *nanofiber*. Pada penelitian ini, enam larutan PVA-HA-CH disiapkan dengan konsentrasi HA dan CH yang berbeda. Karakteristik struktural, fisik, dan biomedis dari komposit *nanofiber* yang dihasilkan dilakukan pengujian menggunakan *Optical Microscope* (OM), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-Ray Fluorescence* (XRF), uji kuat tarik, dan uji sudut kontak. Berdasarkan analisis SEM dan hasil uji tarik, PVA-HA-CH dengan konsentrasi HA (2% w/v) dan CH (2% w/v) dipilih untuk studi *in-vitro*. Bioaktivitas PVA dan komposit dievaluasi melalui perendaman dalam larutan *simulated body fluid* (SBF) dan uji viabilitas sel. Hasil penelitian menunjukkan, penambahan HA dan CH meningkatkan sifat mekanis dan aktivitas biologis PVA. Evaluasi biokompatibilitas, tidak terjadi sitotoksitas signifikan dari komposit *nanofiber* PVA-HA(2%)-CH2%). Komposit *nanofiber* PVA-HA(2%)-CH2%) berpotensi dikembangkan sebagai balutan luka potensial yang mendukung proses penyembuhan luka.

Kata kunci: Balutan luka, elektrospinning, hidroksiapatit, kitosan, *nanofibers*

SUMMARY

DANIA KHOIRUN NISA. Potential of Hydroxyapatite/Chitosan for Wound Dressing Applications. Supervised by YESSIE WIDYA SARI, ARIADNE LAKSHMIDEVI and ISMAIL BUDIMAN

Polyvinyl alcohol-hydroxyapatite-chitosan (PVA-HA-CH) bio-composite is a potential material for medical application. The biocompatible and biodegradable PVA that is combined with good mechanical properties of HA and antimicrobial of CH provides a suitable material for wound dressing application. The objective of this study was to determine the best bio-composite composition for wound dressing application. The PVA-HA-CH bio-composites were fabricated by electrospinning technique to produce nanofiber. In this study, six PVA-HA-CH solutions were prepared with different concentrations of HA and CH. The structural, physical, and biomedical characteristics of the prepared nanofibrous dressing material were investigated by Optical Microscope (OM), Scanning Electron Microscope (SEM), X-Ray Fluorescence (XRF), tensile test, and contact angle test. Based on SEM analysis and tensile test results, PVA-HA-CH in concentration HA(2%w/v) and CH(2%w/v) was chosen for In-vitro studies. The bioactivity of the PVA and the composites were evaluated by simulated body fluid and viability test. The results showed that the addition of HA and CH increases the mechanical properties and biological activity of PVA. Biocompatibility evaluation showed no significant cytotoxicity of PVA-HA(2%)-CH2%) composite. Composite nanofiber PVA-HA(2%)-CH2%) may have potential applications in trauma healing and wound dressing.

Keywords: Chitosan, electrospinning, hydroxyapatite, nanofibers, wound dressing



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 2025
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.

POTENSI HIDROKSIAPATIT/KITOSAN DALAM APLIKASI BALUTAN LUKA (*WOUND DRESSING*)

DANIA KHOIRUN NISA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Biofisika

**PROGRAM STUDI BIOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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.

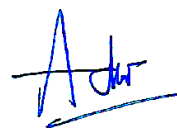
Judul Tesis : Potensi Hidroksiapatit/Kitosan dalam Aplikasi
Balutan Luka (*Wound Dressing*)
Nama : Dania Khoirun Nisa
NIM : G7501241009

Disetujui Oleh

Pembimbing 1
Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si.
NIP 198004142012122004



Pembimbing 2
Prof. Dra. Ariadne Lakshmidewi, M.Eng., Ph.D
NIP 196302051989032001



Pembimbing 3
Dr. Ismail Budiman, S.Hut, M.Si.
NIP 197505032005021002



Diketahui Oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si.
NIP 196811171998022001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:

Dr. Berry Juliandi, S.Si, M.Si.
NIP 197807232007011001



Tanggal Ujian: 29 Juli 2025

Tanggal Lulus:



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 Oktober 2024 hingga April 2025 dengan judul “Potensi Hidroksiapatit/Kitosan dalam Aplikasi Balutan Luka (*Wound Dressing*)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Yessie Widya Sari, S.Si, M.Si, Prof. Dra. Ariadne Lakshmidevi, M.Eng., Ph.D dan Dr. Ismail Budiman, S.Hut, M.Si selaku anggota komisi pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Faozan, S.Si, M.Si selaku penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Prof. Dalton Tay Chor Yong dari Material Science and Engineering, Nanyang Technological University (NTU) yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua orang tua, Bapak Nur Rusidi, S.Pt. dan Ibu Ninik Nihrirotul Hana, adik Radiva Rahadatul Aisy, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada kakak dan rekan laboratorium, kak Rahman, kak Angga, kak Rohul, kak Mia, kak Lulu serta seluruh rekan dan sahabat penulis yang telah memberikan dukungannya.

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

Bogor, Juni 2025

Dania Khoirun Nisa



- 

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Polivinil Alkohol (PVA)	3
2.2 Hidroksiapatit (HA) dari Cangkang Telur	3
2.3 Kitosan (CH)	6
2.4 <i>Scaffold</i> dalam Aplikasi <i>Wound Dressing</i>	7
2.5 <i>Electrospinning</i> pada <i>Scaffold</i> Komposit	8
2.6 Viskositas Larutan <i>Electrospinning</i>	9
2.7 Struktur <i>Nanofiber Electrospun</i>	9
2.8 <i>In Vitro Simulated Body Fluid</i> (SBF)	10
2.9 Uji Sitoksisitas Viabilitas sel	11
III METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat Penelitian	12
3.3 Bahan Penelitian	12
3.4 Prosedur Kerja	12
3.5 Karakterisasi Fisis <i>Scaffold</i> Komposit	15
3.6 Pengujian Sifat Mekanik	16
3.7 Pengujian Bioaktivitas	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Pengukuran Viskositas	18
4.2 Hasil Fabrikasi <i>Scaffold</i> Komposit <i>Nanofiber</i>	19
4.3 Analisis Morfologi Permukaan dengan <i>Optical Microscopy</i> (OM)	20
4.4 Analisis Struktur <i>Nanofiber</i> dengan SEM	20
4.5 Analisis Unsur dengan <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	23
4.6 Hasil Uji Tarik	23
4.7 Hasil Pengujian <i>Simulated Body Fluid</i> (SBF)	26
4.8 Hasil Pengujian <i>In Vitro</i> Viabilitas Sel	27
4.9 Hasil Uji Sudut Kontak	28

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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.

V SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
RIWAYAT HIDUP	35

DAFTAR TABEL

1	Komposisi <i>scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i>	15
2	Nilai viskositas dan morfologi komposit <i>nanofiber</i>	18
3	Analisis unsur <i>scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i>	23

DAFTAR GAMBAR

1	Representatif (a) Struktur monomerik PVA/PVA terhidrolisis sempurna, (b) Struktur vinil-alkohol, dan (c) Struktur PVA	3
2	Struktur kristal hidroksiapatit	4
3	Profil XRD <i>hydroxyapatite</i> (HA) dan <i>carbonated hydroxyapatite</i> (CHA)	4
4	Viabilitas sel (%) elektrospun <i>nanofiber</i> yang diuji dari komposit (PVA/HA), (PVA/HA/CH), (PVA/HA/HAp) dan (PVA/HA/CH/HAp) (a) setelah satu hari inkubasi, dan (b) setelah lima hari inkubasi	5
5	Unit struktural kitin dan kitosan. (a) <i>glucosamine</i> unit; (b) <i>N-acetylglucosamine</i> unit. Pada kitosan (a) > (b), kitin (b) > (a)	6
6	Kurva <i>stress-strain</i> komposit PVA-CH-CuO	6
7	Bagian mikroskopis yang diwarnai hematoksilin-eosin (pewarnaan H&E) pada sayatan yang disembuhkan pada tikus pada hari ke-14. Kontrol negatif (luka diberi kasa steril) dan CA/Gel+25 mg nHA (penggunaan <i>scaffold</i> komposit)	7
8	Proses fabrikasi dengan metode <i>electrospinning</i>	8
9	(a dan b) membran PDMS/PMMA dihasilkan dengan <i>electrospinning</i> ; (c dan d) membran PDMS dihasilkan dengan metode inversi fasa	8
10	SEM <i>scaffolds nanofiber</i> of (PVA/HA), (PVA/HA/CH), (PVA/HA/HAP), dan (PVA/HA/CH/HAP) (perbesaran 30,000x)	9
11	<i>Surface wettability</i> PVA, PVA-HA, dan PVA-CoHA	10
12	Morfologi permukaan pada (A,D) PVA, (B,E) PVA-HA nanokomposit, dan (C,F) PVA-CoHA nanokomposit sebelum dan setelah perendaman dalam SBF selama 7 hari	10
13	Uji MTT <i>indirect</i> terhadap viabilitas sel dari perancah PVA, PVA/CS dan PVA/CS/TCH selama (a) 24 jam; (b) 48 jam; (c) 72 jam	11
14	Diagram alir tahapan penelitian	13

15	<i>Scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i> (A)PVA, (B)PVA-HA, (C)PVA-HA(3.5%)-CH(0.5%), (D)PVA-HA(3%)-CH(1%), (E)PVA-HA(2.5%)-CH(1.5%), (F)PVA-HA(2%)-CH(2%), (G)PVA-HA(1.5%)-CH(2.5%), (H)PVA-HA(1%)-CH(3%)	19
16	Morfologi permukaan <i>Scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i> (A)PVA, (B)PVA-HA, (C)PVA-HA(3.5%)-CH(0.5%), (D)PVA-HA(3%)-CH(1%), (E)PVA-HA(2.5%)-CH(1.5%), (F)PVA-HA(2%)-CH(2%), (G)PVA-HA(1.5%)-CH(2.5%), (H)PVA-HA(1%)-CH(3%) menggunakan perbesaran mikroskop optik 1000x	20
	Citra SEM <i>Scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i> (A)PVA, (B)PVA-HA, (C)PVA-HA(3.5%)-CH(0.5%), (D)PVA-HA(3%)-CH(1%), (E)PVA-HA(2.5%)-CH(1.5%), (F)PVA-HA(2%)-CH(2%), (G)PVA-HA(1.5%)-CH(2.5%), (H)PVA-HA(1%)-CH(3%)	21
18	Kurva <i>stress-strain scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i>	24
19	(a) Nilai kuat tarik <i>scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i> , (b) Nilai <i>modulus elastic (stress 0-1 MPa) scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i>	24
20	Nilai <i>modulus of resillience scaffold</i> komposit <i>nanofiber</i>	25
21	Morfologi permukaan komposit <i>nanofiber</i> setelah SBF menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 1000x (a) PVA; (b) PVA-HA; (c) PVA-HA(2%)-CH(2%)	26
22	Citra SEM setelah perendaman larutan SBF (a) PVA; (b) PVA-HA; (c) PVA-HA(2%)-CH(2%)	26
23	Uji viabilitas sel perlakuan kontrol dan komposit <i>nanofiber</i> PVA-HA(2%)-CH(2%)	27
24	Uji sudut kontak komposit <i>nanofiber</i> (a) PVA, (b) PVA-HA, (c) PVA-HA2%-CH2%	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Perhitungan uji <i>in vitro</i> viabilitas sel	35
2	Dokumentasi selama proses penelitian	36