



FABRIKASI NANOPARTIKEL *ZINC OXIDE* METODE *TOP-DOWN* DAN APLIKASINYA PADA FILM ANTIMIKROBA BIONANOKOMPOSIT BERBASIS GELATIN

ABDURROHMAN ZUHDI



**PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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 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 “Fabrikasi Nanopartikel *Zinc Oxide* Metode *Top-Down* dan Aplikasinya pada Film Antimikroba Bionanokomposit berbasis Gelatin” 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, Juli 2025



Abdurrohman Zuhdi
NIM F2501231018

- 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.



RINGKASAN

ABDURROHMAN ZUHDI. Fabrikasi Nanopartikel *Zinc Oxide* Metode *Top-Down* dan Aplikasinya pada Film Antimikroba Bionanokomposit berbasis Gelatin. Dibimbing oleh NUGRAHA EDHI SUYATMA, EKO HARI PURNOMO, dan VALLERINA ARMETHA.

Gelatin merupakan biopolimer termoplastik dengan sifat pembentuk film yang sangat baik, sehingga cocok untuk aplikasi pengemasan makanan. Akan tetapi, film gelatin masih memiliki keterbatasan karena laju transmisi uap airnya yang tinggi dan fleksibilitasnya yang terbatas. Penambahan nanopartikel ZnO (NP-ZnO) ke dalam film gelatin diharapkan dapat meningkatkan penghalang uap air dan meningkatkan fleksibilitas tanpa mengubah sifat reologi larutan komposit secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dampak penambahan NP-ZnO terhadap sifat reologi larutan nanokomposit dan sifat mekanis film gelatin yang dihasilkan. Larutan komposit berbasis gelatin yang mengandung NP-ZnO pada konsentrasi 0; 1,25; dan 2,5% b/b disiapkan dan dicetak menjadi film. Analisis reologi menunjukkan perilaku dilatan (pengentalan geser), dan penambahan NP-ZnO tidak memiliki efek signifikan pada parameter reologi, yang menunjukkan bahwa penambahan NP-ZnO pada konsentrasi hingga 2,5% b/b tidak mengubah sifat aliran larutan komposit. Film berbasis gelatin yang dihasilkan memiliki karakteristik kaku dan sedikit berwarna kuning. Penambahan NP-ZnO ke dalam film mengurangi nilai kekuatan tarik dan modulus Young, sementara elongasi saat putus mencapai puncaknya pada 1,25% b/b. Penambahan gliserol meningkatkan elongasi saat putus dan menurunkan nilai modulus Young, sehingga film terlihat lebih fleksibel. Penurunan laju transmisi uap air pada penambahan NP-ZnO saja diamati pada film yang dihasilkan. Hal ini menguntungkan karena meningkatkan sifat penghalang uap air dari bioplastik.

Kata Kunci: Film, Gelatin, Komposit, Nanopartikel ZnO, Sifat Reologi, Sifat Mekanik



SUMMARY

ABDURROHMAN ZUHDI. Fabrication of Zinc Oxide Nanoparticles Using Top-Down Method and Its Application on Gelatin-based Bionanocomposite Antimicrobial Film. Supervised by NUGRAHA EDHI SUYATMA, EKO HARI PURNOMO, and VALLERINA ARMETHA.

Gelatin is a thermoplastic biopolymer with excellent film-forming properties, making it suitable for food-packaging applications. However, gelatin films still have limitations due to their high water vapor transmission rate and limited flexibility. Incorporating ZnO nanoparticles (ZnO-NPs) into gelatin films is expected to improve the water vapor barrier and enhance flexibility without significantly changing the rheological properties of the composite solution. This study aimed to determine the impact of adding ZnO-NPs on the rheological properties of the nanocomposite solution and the mechanical properties of the resulting gelatin film. Gelatin-based composite solutions containing ZnO-NPs at concentrations of 0; 1.25; and 2.5% w/w were prepared and cast into films. Rheological analysis showed dilatant (shear-thickening) behavior, and the addition of ZnO-NPs had no significant effects on the rheological parameters, indicating that the addition of ZnO-NPs at concentrations up to 2.5% w/w did not alter the flow properties of the composite solutions. The gelatin films were rigid and had a slight yellow tint. Increasing ZnO-NPs reduced tensile strength and Young's modulus, while elongation at break peaked at 1.25% w/w. The addition of glycerol increased the elongation at break and decreased the Young's modulus value, making the film appear more flexible. A decrease in the water vapor transmission rate upon the addition of ZnO-NPs alone was observed in the resulting film. This is beneficial because it increases the water vapor barrier properties of the bioplastic.

Keywords: Composite, Film, Gelatin, Mechanical Properties, Rheological properties, ZnO Nanoparticle



@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.

© 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.



FABRIKASI NANOPARTIKEL *ZINC OXIDE* METODE *TOP-DOWN* DAN APLIKASINYA PADA FILM ANTIMIKROBA BIONANOKOMPOSIT BERBASIS GELATIN

ABDURROHMAN ZUHDI

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

**PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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 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 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 Penelitian : Fabrikasi Nanopartikel *Zinc Oxide* Metode *Top-Down* dan Aplikasinya pada Film Antimikroba Bionanokomposit berbasis Gelatin
Nama : Abdurrohman Zuhdi
NIM : F2501231018

Disetujui oleh

Ketua Pembimbing:
Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, S.T.P., DEA
NIP 197012201995121000.00



Anggota Pembimbing 1:
Prof. Dr. Eko Hari Purnomo, S.T.P., M. Sc.
NIP 197604121999031000.00



Anggota Pembimbing 2:
Dr. Vallerina Armetha, S.T. P., M. Si
NIP 197012201995121000.00



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Harsi Dewantari Kusumaningrum
NIP 196405021993032004



Dekan Akademik dan Kemahasiswaan:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr
NIP 196105021986031002



Tanggal Ujian: 28 Juli 2025

Tanggal Lulus:



@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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang berjudul "Fabrikasi Nanopartikel *Zinc Oxide* Metode *Top-Down* dan Aplikasinya pada Film Antimikroba Bionanokomposit berbasis Gelatin" ini dilaksanakan dari Juli 2024 hingga Maret 2025. Hasil penelitian telah dipresentasikan dalam seminar hasil pada Senin, 02 Juni 2025 dan diujikan dalam sidang tesis pada Senin, 28 Juli 2025. Sebagian temuan penelitian juga telah dipublikasikan dalam jurnal *Food Bioengineering, Wiley and sons USA*. Selawat dan salam semoga tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Penulisan karya ilmiah ini tidak terlepas dari do'a dan bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Penulis menyampaikan penghargaan yang tulus kepada para pembimbing, Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, S.TP, DEA; Prof. Dr. Eko Hari Purnomo, S.T.P., M. Sc.; dan Dr. Vallerina Armetha, S.T. P., M. Si., atas bimbingan, masukan, dan motivasi yang sangat berharga selama penyusunan tesis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Diah Chandra Aryani S.TP., M.Sc. selaku penguji luar, atas saran-saran perbaikan yang konstruktif. Tak lupa, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan staf akademik Program Studi Ilmu Pangan Pascasarjana IPB atas dukungannya.

Penghargaan khusus juga disampaikan kepada rekan-rekan di Laboratorium Biokimia PAU, Laboratorium Teknologi Pangan Lanjut, Laboratorium Mikrobiologi Pangan Lanjut, dan Laboratorium Instrumen IPB University atas bantuan teknis selama penelitian berlangsung. Rasa terima kasih yang mendalam penulis sampaikan kepada keluarga tercinta atas doa, kasih sayang, dan dukungan tanpa henti yang menjadi kekuatan dalam menyelesaikan studi ini.

Kepada teman-teman IPN 2024, terima kasih atas kebersamaan, semangat, dan berbagi pengalaman selama menempuh pendidikan magister di IPB. Akhir kata, penulis berterima kasih kepada IPB University atas pemberian pendanaan penelitian, sehingga penulis dapat mewujudkan impian meraih gelar Magister Sains di Program Studi Ilmu Pangan IPB. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak dan turut berkontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025



Abdurrohman Zuhdi



@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.



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	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Nanopartikel Seng Oksida	4
2.2 Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Seng Oksida	5
2.3 Fabrikasi Nanopartikel Seng Oksida	6
2.4 Bionanokomposit dari Gelatin	8
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Tahapan Penelitian	9
3.4 Penentuan Kombinasi Variabel Proses	9
3.5 Pembuatan Film Bionanokomposit	12
3.6 Analisis data	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Rendemen Nanopartikel Seng Oksida	17
4.2 Karakteristik Ukuran Nanopartikel Seng Oksida	17
4.3 Stabilitas Dispersi Perlakuan Terbaik	19
4.4 Karakteristik Morfologi Nanopartikel Seng Oksida	20
4.5 Hasil Uji Antimikroba Nanopartikel (<i>Well Diffusion Agar</i>)	21
4.6 Hasil Uji Antimikroba Nanopartikel (<i>Plate Count with Shaker Incubation</i>)	22
4.7 Karakteristik Reologi Larutan Bionanokomposit Gelatin	23
4.8 Hasil Uji Antimikroba Larutan Nanokomposit (<i>Well Diffusion Agar</i>)	26
4.9 Penampilan dan Analisis Warna Film Gelatin	27
4.10 Karakteristik Fisik dan Mekanik Film Gelatin	29
4.11 Analisis Termal	34
4.12 Analisis Spektra FTIR	35
V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	48
RIWAYAT HIDUP	67



DAFTAR TABEL

1	Metode sintesis NP-ZnO dan ukuran rata-rata partikel	7
2	Rancangan acak lengkap faktorial	9
3	Hasil kalkulasi jumlah percobaan pada <i>software Design Expert 13</i>	12
4	Hasil perhitungan rendemen NP-ZnO setiap perlakuan	17
5	Ukuran partikel NP-ZnO adri berbagai perlakuan	17
6	Hasil perhitungan koloni bakteri	23
7	Hasil analisis reologi larutan nanokomposit	26
8	Hasil analisis warna film gelatin	28
9	Ketebalan dan sifat mekanik film gelatin	30
10	Hasil uji ANOVA dan statistik kesesuaian model	30

DAFTAR GAMBAR

1	Salah satu mekanisme antibakteri NP-ZnO, ilustrasi ini dibuat dengan GIMP (<i>GNU Image Manipulation Program</i>) dari Linux	5
2	Struktur gelatin (Ramos <i>et al.</i> 2016)	8
3	Diagram alir fabrikasi NP-ZnO	10
4	Diagram alir pembuatan larutan nanokomposit dan film	13
5	Kurva distribusi ukuran: a vs b dibandingkan dengan dan tanpa gelatin dan c vs d membandingkan perlakuan suhu.	18
6	Hasil uji stabilitas dispersi NP-ZnO pada perlakuan A1B2 (perlakuan panas 100 °C dan penambahan 0,1% b/b <i>capping agent</i> gelatin)	19
7	Hasil SEM NP-ZnO6 dengan pembesaran 50.000×, x menunjukkan agregasi partikel, y menunjukkan partikel individu yang terpisah	20
8	Hasil pengujian metode sumur pada mikroba yang berbeda	21
9	Kurva aliran nanokomposit dengan model power law dengan τ_1 - τ_s menunjukkan perbedaan komposisi	24
10	Kurva viskositas terukur vs. laju geser	25
11	Penampilan visual (a) film gelatin saja dan (b) film gelatin + 2,50% b/b NP-ZnO (c) film gelatin + 20% b/b Gliserol (d) film gelatin + 2,50% b/b NP-ZnO + 20% b/b Gliserol	27
12	Efek interaksi NP-ZnO dan gliserol: (A) kuat tarik; (B) Elongasi saat putus; (C) modulus Young; (D) WVTR.	31
13	Grafik WVTR film gelatin dengan penambahan NP-ZnO (Z) dan gliserol (G) dalam %b/b.	33
14	Termogram DSC film nanokomposit gelatin	34
15	Spektra FTIR film gelatin yang digabungkan dengan NP-ZnO	35

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 LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Dokumentasi Hasil Fabrikasi Nanopartikel Zink Oksida	49
2	Lampiran 2 Hasil Perhitungan ANOVA dan Uji Lanjut Tukey (BNJ)	51
3	Lampiran 3 Dokumentasi Proses Pembuatan Larutan Bionanokomposit dan Film	52
4	Lampiran 4 Hasil Uji Antibakteri Metode <i>Well Diffusion Agar</i>	53
5	Lampiran 5 Hasil Uji Antibakteri NP-ZnO Metode PCA with <i>Incubation Shaker</i>	54
6	Lampiran 6 Hasil Uji ANOVA Parameter Indeks Perilaku Aliran (n)	56
7	Lampiran 7 Hasil Uji ANOVA Parameter Konsistensi (K)	57
8	Lampiran 8 Hasil Uji ANOVA Parameter Viskositas Terukur di γ 500 s ⁻¹ (n500)	58
9	Lampiran 9 Hasil Uji ANOVA Parameter Lightness (L*)	59
10	Lampiran 10 Hasil Uji ANOVA Parameter Indeks Merah Biru (a*)	60
11	Lampiran 11 Hasil Uji ANOVA Parameter Indeks Biru Kuning (b*)	61
12	Lampiran 12 Hasil Uji ANOVA Parameter Perbedaan Warna (ΔE^*)	62
13	Lampiran 13 Hasil Uji ANOVA Parameter Kuat Tarik	63
14	Lampiran 14 Hasil Uji ANOVA Parameter Elongasi Saat Putus	64
15	Lampiran 15 Hasil Uji ANOVA Parameter Modulus Young	65
16	Lampiran 16 Hasil Uji ANOVA Parameter Laju Transmisi Uap Air (WVTR)	66

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.