

FILM AKTIF DAN CERDAS BERBASIS GELATIN DENGAN PENAMBAHAN NANOPARTIKEL ZnO DAN EKSTRAK TANAMAN LOKAL

NINA JUSNITA



PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
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 DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Film Aktif dan Cerdas Berbasis Gelatin dengan Penambahan Nanopartikel ZnO dan Ekstrak Tanaman Lokal” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Juli 2026

Nina Jusnita
F2601211009

- 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.



RINGKASAN

NINA JUSNITA. Film Aktif dan Cerdas Berbasis Gelatin dengan Penambahan Nanopartikel ZnO dan Ekstrak Tanaman Lokal. Dibimbing oleh NUGRAHA EDHI SUYATMA, SUGIYONO, NANCY DEWI YULIANA

Kemasan pangan telah mengalami evolusi yang signifikan seiring dengan meningkatnya tuntutan keamanan dan kualitas produk. Pada awalnya, kemasan hanya berfungsi sebagai pelindung fisik yang bersifat pasif berbasis plastik petrokimia yang sulit terdegradasi dan menimbulkan permasalahan lingkungan serius. Hal ini disebabkan oleh sifatnya yang sulit terdegradasi, sehingga mendorong peralihan menuju kemasan biopolimer yang ramah lingkungan. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, konsep kemasan berkembang menjadi kemasan aktif yang mampu menghambat kerusakan produk secara langsung, hingga kemasan cerdas yang dapat memantau dan mengomunikasikan kondisi mutu produk secara *real-time* kepada konsumen.

Gelatin sebagai biopolimer merupakan matriks yang menjanjikan karena sifatnya yang *biodegradable*, biokompatibel dan mampu membentuk film dengan baik. Inkorporasi ZnO sebagai agen antibakteri yang memberikan sifat aktif dan ekstrak tanaman yang mengandung antosianin sebagai pigmen alami yang sensitif terhadap pH memberikan sifat cerdas, berpotensi menghasilkan sistem kemasan yang bersifat aktif dan cerdas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan film kemasan berbasis gelatin yang diinkorporasi dengan nanopartikel ZnO (NPZnO) dan ekstrak tanaman dari sumber lokal. Film yang dihasilkan diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai kemasan aktif dan cerdas yang berkelanjutan untuk mempertahankan kesegaran filet ikan nila selama penyimpanan pada suhu 4 °C.

Pada tahap pertama, dilakukan eksplorasi dan karakterisasi potensi antosianin dari empat sumber lokal sebagai indikator pH alami terhadap buah buni (*Antidesma bunius* (L.) Spreng), buah juwet (*Syzygium cumini* (L.) Skeels), kelopak kembang sepatu merah (*Hibiscus × archeri* W. Watson) dan bunga honje merah (*Etilingera hemisphaerica* (Blume) R.M.Sm.). Ekstraksi dilakukan dengan metode *ultrasound-assisted extraction* menggunakan pelarut etanol 96%. Kandungan total antosianin berkisar antara 33,06–88,89 mg C3G/g ekstrak, dengan ekstrak kelopak kembang sepatu merah memiliki kandungan tertinggi (88,89 ± 1,40 mg C3G/g) dan aktivitas antioksidan terbesar (25,46 ± 1,62 mg AEAC/g sampel). Korelasi kuat antara kandungan total antosianin dan aktivitas antioksidan ($r = 0,859$; $p < 0,001$) menunjukkan bahwa antosianin berperan penting terhadap kapasitas antioksidan. Ekstrak kelopak kembang sepatu merah juga menunjukkan sensitivitas perubahan warna terhadap pH terbaik yang dapat diamati secara visual. Berdasarkan metode efektivitas De Garmo, ekstrak kelopak kembang sepatu merah memperoleh nilai indeks efektivitas tertinggi (0,78). Ekstrak ini kemudian dipilih sebagai komponen utama dalam pengembangan film.

Pada tahap kedua, pengembangan dan optimasi formula film gelatin yang diinkorporasi dengan NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah (SF Gel-NPZnO-EKS) dilakukan menggunakan metode *simplex lattice design*. Formula optimum diperoleh pada kombinasi 4,27% (0,286 g) NPZnO dan 6,18% (0,414 g) EKS dengan nilai *desirability* 0,969, menghasilkan kekuatan tarik 6,27 MPa, elongasi 262,03%, WVTR 7,30 g/m²/h, dan zona hambat bakteri sebesar 18,24 mm.



NPZnO berperan sebagai penguat fisik matriks gelatin melalui mekanisme ikatan silang fisik (*physical crosslinking*), sementara antosianin yang terkandung pada ekstrak kelopak kembang sepatu merah juga berperan sebagai *plasticizer* yang meningkatkan fleksibilitas film. Film menunjukkan sifat hidrofobik yang baik (sudut kontak 106°) dan sensitivitas pH sangat baik dengan perubahan warna dari merah (pH asam) hingga kuning (pH basa) yang dapat diamati secara visual. Analisis FTIR menunjukkan adanya interaksi antarkomponen tanpa bukti pembentukan ikatan kovalen baru yang terdeteksi melalui FTIR. Film juga menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *Listeria monocytogenes* (18,96 mm), *Salmonella Typhimurium* (18,97 mm), dan *Aeromonas hydrophila* (18,24 mm).

Pada tahap ketiga, formula optimum film gelatin yang diinkorporasi dengan NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah diaplikasikan pada filet ikan nila dan dievaluasi selama 12 hari penyimpanan pada suhu 4 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa film secara konsisten mampu memperlambat kenaikan pH, penumpukan senyawa basa volatil (TVB-N), dan pertumbuhan total bakteri (TPC) dibandingkan dengan kontrol tanpa kemasan. Sampel kontrol telah melampaui batas kelayakan konsumsi berdasarkan nilai TVB-N (>30 mg N/100 g) dan TPC sejak hari ke-6, sedangkan sampel yang dikemas dengan film masih menunjukkan mutu yang dapat diterima hingga hari ke-10 dengan nilai pH 6,83, TVB-N 20 mg N/100 g, dan TPC 4,92 log CFU/g. Analisis senyawa volatil menggunakan HS-SPME-GC-MS mengidentifikasi 47 senyawa pada kontrol dan hanya 10 senyawa pada sampel yang dikemas. Sampel kontrol menunjukkan akumulasi senyawa amina, sulfur, alkohol, dan keton sejak hari ke-6, yang dapat dikaitkan dengan proses pembusukan lanjut. Film gelatin yang diinkorporasikan dengan NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah berpotensi memperpanjang umur simpan filet ikan nila hingga 10 hari, dibandingkan dengan kontrol hanya 4 hari, melalui kombinasi mekanisme yang saling melengkapi, yaitu fungsi penghalang fisik matriks gelatin, aktivitas antibakteri NPZnO, dan kapasitas antioksidan dari ekstrak kelopak kembang sepatu merah.

Kata Kunci: *Hibiscus × archeri* W. Watson, ikan nila, masa simpan, *simplex lattice design*



SUMMARY

NINA JUSNITA. Gelatin-Based Active and Intelligent Film Incorporated with ZnO Nanoparticles and Local Plant Extract. Supervised by NUGRAHA EDHI SUYATMA, SUGIYONO, NANCY DEWI YULIANA

Food packaging has undergone significant evolution in line with growing demands for product safety and quality. Initially, packaging served only as a passive physical protector, made from petrochemical-based plastics that are difficult to degrade and cause serious environmental problems. This has driven a shift toward environmentally friendly biopolymer packaging. As science and technology advanced, the concept of packaging evolved into active packaging that is capable of directly inhibiting product deterioration, followed by intelligent packaging that can monitor and communicate product quality conditions to consumers in real-time.

Gelatin, as a biopolymer, is a promising matrix due to its biodegradability, biocompatibility, and ability to form strong films. ZnO nanoparticles (ZnO-NPs) are incorporated as antibacterial agents that impart active properties, along with plant extracts from local sources as natural pH indicators. This research aimed to develop gelatin-based films incorporated with ZnO nanoparticles and local plant extracts as natural pH indicators for use as a sustainable, active, and intelligent packaging system to maintain the freshness of tilapia fillets during storage at 4 °C.

In the first stage, the potential of anthocyanins from four local sources as natural pH indicators was explored and characterized: buni fruit (*Antidesma bunius* (L.) Spreng), java plum fruit (*Syzygium cumini* (L.) Skeels), red hibiscus petals (*Hibiscus × archeri* W. Watson), and red torch ginger flowers (*Etlingera hemisphaerica* (Blume) R.M.Sm.). Extraction was carried out using ultrasound-assisted extraction with 96% ethanol as the solvent. Total anthocyanin content ranged from 33.06–88.89 mg C3G/g extract, with red hibiscus petals extract having the highest content (88.89 ± 1.40 mg C3G/g) and the greatest antioxidant activity (25.46 ± 1.62 mg AEAC/g sample). A strong correlation between anthocyanin content and antioxidant activity ($r = 0.859$; $p < 0.001$) indicates that anthocyanins are the primary contributor to the antioxidant capacity of the fruit extracts. *Hibiscus × archeri* W. Watson extract also demonstrated the greatest visual sensitivity to pH-induced color change. Selection of the best extract using the De Garmo effectiveness method identified *Hibiscus × archeri* W. Watson extract as the top candidate with the highest effectivity index value (0.78), and was therefore chosen as the main component for film development.

In the second stage, a gelatin-based film formula incorporated with ZnO nanoparticles (ZnO-NPs) and *Hibiscus × archeri* W. Watson extract (HAE) was developed and optimized using the simplex lattice design method. The optimum formula was obtained at a combination of 4.27% (0.286 g) ZnO-NPs and 6.18% (0.414 g) HAE with a desirability value of 0.969, yielding a tensile strength of 6.27 MPa, elongation of 262.03%, WVTR of 7.30 g/m²/h, and antibacterial activity of 18.24 mm. ZnO-NPs act as a physical reinforcer of the gelatin matrix through a physical crosslinking mechanism, while anthocyanins contained in red hibiscus petals act as a plasticizer that improves film flexibility. The film exhibited good hydrophobic properties (contact angle of 106°) and excellent pH sensitivity with a visually observable color change from red (acidic pH) to yellow (alkaline pH).

@Hak Cipta: NINA JUSNITA

IPB University

FTIR analysis indicated intermolecular interactions among the film components, with no evidence of new covalent bond formation detectable by FTIR. The film also demonstrated strong antibacterial activity against *Listeria monocytogenes* (18.96 mm), *Salmonella Typhimurium* (18.97 mm), and *Aeromonas hydrophila* (18.24 mm).

In the third stage, the optimum formula G/ZnO-NPs/HAE film was applied to tilapia fillets and evaluated over 12 days of storage at 4 °C. The results showed that the film consistently slowed the increase in pH, accumulation of volatile basic compounds (TVB-N), and total plate count (TPC) compared to unpackaged controls. Control samples had exceeded the consumption acceptability limits based on TVB-N values (>30 mg N/100 g) and TPC from day 6 onward, whereas samples packaged with the film showed acceptable quality up to day 10, with a pH of 6.83, TVB-N of 20.00 mg N/100 g, and TPC of 4.92 log CFU/g. Volatile compound analysis using HS-SPME-GC-MS identified 47 compounds in the control and only 10 in the packaged samples. Control samples showed accumulation of amine, sulfur, alcohol, and ketone compounds from day 6 onward as indicators of advanced spoilage. The G/ZnO-NPs/HAE film successfully extended the shelf life of tilapia fillets to 10 days, compared only 4 days for the unpackaged control. The extended shelf life was associated with the physical barrier function of the gelatin matrix, the antibacterial activity of ZnO-NPs, and the antioxidant capacity of the *Hibiscus × archeri* W. Watson extract.

Keywords: *Hibiscus × archeri* W. Watson, shelf life, simplex lattice design, tilapia fillet



- 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 2026
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.



@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.



FILM AKTIF DAN CERDAS BERBASIS GELATIN DENGAN PENAMBAHAN NANOPARTIKEL ZnO DAN EKSTRAK TANAMAN LOKAL

NINA JUSNITA

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Pangan

**PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. apt. Sylvia Rizky Prima, M. Farm
- 2 Dr. Diah Chandra Aryani, S.TP., M.Sc

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. apt. Sylvia Rizky Prima, M. Farm
- 2 Dr. Diah Chandra Aryani, S.TP., M.Sc



Judul Disertasi : Film Aktif dan Cerdas Berbasis Gelatin dengan Penambahan Nanopartikel ZnO dan Ekstrak Tanaman Lokal

Nama : Nina Jusnita
NIM : F2601211009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, STP., DEA

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Sugiyono, M. AppSc.

Pembimbing 3:

Prof. Dr. Nancy Dewi Yuliana, STP., M.Sc

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Nur Wulandari, S.T.P, M.Si.
19741003 200003 2 001

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:

Prof.Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr
NIP 196105021986031002

Tanggal Ujian:

Ujian Tertutup : 12 Mei 2026

Ujian Terbuka : 20 Juli 2026

Tanggal Pengesahan: 7 Agustus 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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul “Film Aktif dan Cerdas Berbasis Gelatin dengan Penambahan Nanopartikel ZnO dan Ekstrak Tanaman Lokal”. Disertasi ini dibuat guna memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar doktor pada Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan disertasi ini, antara lain kepada:

1. Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, STP., DEA, Prof. Dr. Ir. Sugiyono, M.AppSc dan Prof. Dr. Nancy Dewi Yuliana, STP., M.Sc selaku komisi pembimbing yang senantiasa bersedia memberikan saran, arahan, motivasi, koreksi dan juga solusi kepada penulis.
2. Dr. apt. Sylvia Rizky Prima, M. Farm dan Dr. Diah Chandra Aryani, S.TP., M.Sc selaku penguji luar komisi atas masukan dan arahan yang telah diberikan kepada penulis.
3. Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr dan Ketua Program Studi Ilmu Pangan Dr. Nur Wulandari, S.T.P, M.Si, seluruh dosen dan teknisi laboratorium untuk seluruh dukungan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis.
4. Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) x Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) sebagai pemberi dana dengan nomor BPI ID: 202101122127, atas dukungan pendanaan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi doktoral ini dengan baik.
5. Keluarga tercinta, khususnya kedua orang tua, Bapak alm. Nasrul dan Ibu Sumiarni, kakak, adik atas doa dan dukungan penuh selama kuliah dan menyelesaikan disertasi ini.
6. Keluarga besar nenek Maylina atas doa dan dukungan selama penulis menyelesaikan studi.
7. Teman-teman IPN, khususnya angkatan 2021 atas dukungan dan kebersamaannya.
8. Teman-teman di laboratorium IPB dan SEAFast atas kebersamaan dan bantuannya selama menyelesaikan penelitian ini.
9. Teknisi laboratorium IPB dan SEAFast atas bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan penelitian dan disertasi ini.
10. Seluruh sivitas Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, khususnya Fakultas Farmasi atas dukungannya selama penulis menempuh studi doktoral.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan disertasi ini. Semoga tulisan ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Nina Jusnita



@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	iii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN	v
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	5
1.7 Hipotesis	6
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kemasan Aktif dan Cerdas	7
2.2 Gelatin dan Sifatnya	7
2.3 Nanopartikel ZnO dan Pemanfaatannya	9
2.4 Antosianin dan Penggunaannya dalam Kemasan	9
2.5 Kerusakan pada Ikan	14
III EKSPLORASI PERUBAHAN WARNA RESPONSIF EKSTRAK DARI EMPAT TANAMAN TERHADAP pH SEBAGAI INDIKATOR ALAMI KERUSAKAN PANGAN	17
3.1 Abstrak	17
3.2 Pendahuluan	17
3.3 Metode	21
3.4 Hasil dan Pembahasan	25
3.5 Kesimpulan	36
IV KARAKTERISTIK FILM AKTIF DAN CERDAS BERBASIS GELATIN YANG DIINKORPORASI NANOPARTIKEL ZnO DAN EKSTRAK <i>Hibiscus × archeri</i> W. Watson	38
4.1 Abstrak	38
4.2 Pendahuluan	38
4.3 Metode	40
4.4 Hasil dan Pembahasan	46
4.5 Kesimpulan	64
V PEMANFAATAN FILM BERBASIS GELATIN TERINKORPORASI DENGAN NANOPARTIKEL ZnO DAN EKSTRAK <i>Hibiscus × archeri</i> W. Watson SEBAGAI INDIKATOR KESEGERAN DAN PERPANJANGAN MASA SIMPAN IKAN	65
5.1 Abstrak	65
5.2 Pendahuluan	65
5.3 Metode	67
5.4 Hasil dan Pembahasan	69
5.5 Kesimpulan	84

VI PEMBAHASAN UMUM	86
VII KESIMPULAN DAN SARAN	89
7.1 Kesimpulan	89
7.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	112
RIWAYAT HIDUP	121

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 TABEL

1	Pemanfaatan ekstrak tanaman dalam kemasan aktif dan cerdas	11
2	Persyaratan mutu dan keamanan ikan segar SNI 2729:2021	16
3	Kandungan total antosianin dan rendemen ekstrak buah buni, buah juwet, kelopak kembang sepatu merah dan bunga honje merah	25
4	Korelasi Pearson antara total antosianin dan aktivitas antioksidan	28
5	Profil warna ekstrak buah buni, buah juwet, kelopak kembang sepatu merah dan bunga honje merah dalam larutan pH 3-8	32
6	Hasil uji De Garmo untuk menentukan ekstrak terbaik	34
7	Bobot variabel dan bobot normal ekstrak buah buni, buah juwet, kelopak kembang sepatu merah dan bunga honje merah	35
8	Contoh perhitungan Nilai efektifitas (NE) dan Indeks Efektifitas (NH) ekstrak buah buni	35
9	Variabel dan level pada optimasi film	41
10	Rancangan percobaan model formula film berbasis gelatin	42
11	Rancangan formula dan hasil pengukuran respon film gelatin	46
12	Hasil optimasi untuk respon kekuatan tarik	47
13	Hasil optimasi untuk respon persentase pemanjangan	48
14	Hasil optimasi untuk respon <i>Water Vapor Transmission Rate</i>	50
15	Hasil optimasi untuk zona hambat bakteri	52
16	Kriteria penetapan formula terbaik film	54
17	Solusi formula optimum dari <i>simplex lattice design</i>	54
18	Respon data dari formula terkonfirmasi	55
19	Analisis kolorimetrik film terhadap pH	56
20	Zona hambat sampel film terhadap bakteri <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. Typhimurium</i> dan <i>A. hydrophila</i>	63
21	Profil aroma senyawa volatil ikan kontrol dan ikan yang dikemas dengan sampel film	79

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur dasar antosianin (diadaptasi dari Tan <i>et al.</i> (2022))	10
2	Perubahan struktur antosianin berdasarkan pH (diadaptasi dari Kamiloglu <i>et al.</i> (2015))	11
3	Struktur kimia berbagai jenis antosianidin (disadur dari Zhao <i>et al.</i> (2021); Oladzadabbasabadi <i>et al.</i> (2022))	18
4	Aktivitas <i>scavenging</i> radikal DPPH dari ekstrak buah buni, buah juwet, kelopak kembang sepatu dan bunga honje. AEAC, <i>ascorbic acid equivalent antioxidant capacity</i> . Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan hasil uji berbeda.	27
5	Aktivitas antibakteri ekstrak buah buni, buah juwet, kelopak kembang sepatu dan bunga honje pada konsentrasi 10, 30 dan 50% terhadap bakteri <i>Aeromonas hydrophila</i> (A), <i>Listeria monocytogenes</i> (B) dan <i>Salmonella Typhimurium</i> (C)	29

Variasi warna sampel ekstrak buah buni (A), buah juwet (B), kelopak kembang sepatu merah (C), dan bunga honje merah (D) pada larutan pH 2 hingga 12	32
Efek interaksi NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah (EKS) terhadap kuat tarik (A) dan elongasi (B) film gelatin	48
Efek interaksi NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah (EKS) terhadap WVTR	51
Efek interaksi NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah (EKS) terhadap aktivitas antibakteri yang diuji dengan metode difusi cakram	53
Film dengan formula optimum berbasis gelatin diinkorporasi NPZnO dan EKS	54
Spektrum FTIR dari SF Gel (sampel film gelatin), SF Gel-NPZnO (sampel film gelatin yang diinkorporasi dengan NPZnO), SF Gel-EKS (sampel film gelatin yang diinkorporasi dengan antosianin) dan SF Gel-NPZnO-EKS (sampel film yang diinkorporasi dengan NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah) yang menunjukkan karakteristik pita serapan Amida A, B, I, II dan III serta gugus fungsi C-H stretching dan C-O-C stretching	57
Nilai keburaman (opasitas) SF Gel (sampel film gelatin), SF Gel-NPZnO (film gelatin yang diinkorporasi dengan NPZnO), SF Gel-EKS (film gelatin yang diinkorporasi dengan antosianin) dan SF Gel-NPZnO-EKS (film yang diinkorporasi dengan NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah). (rerata $\pm$ SD; huruf superskrip berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik, $p < 0,05$)	59
Termogram DSC Analisis sifat termal film SF Gel (sampel film gelatin), SF Gel-NPZnO (sampel film gelatin yang diinkorporasi dengan NPZnO), SF Gel-EKS (sampel film gelatin yang diinkorporasi dengan antosianin) dan SF Gel-NPZnO-EKS (sampel film yang diinkorporasi dengan NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah)	60
Sudut kontak pada permukaan film: (a) gelatin ($98,14^\circ \pm 1,65^a$) (b) gelatin-EKS ($99,09^\circ \pm 3,21^{ab}$) (c) gelatin-NPZnO ($105,89^\circ \pm 1,21^{bc}$) (d) gelatin-NPZnO-EKS ($106,87^\circ \pm 3,54^c$)	61
Pengaplikasian film gelatin yang diinkorporasi NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah pada filet ikan nila segar	68
Perubahan pH pada filet ikan yang dibungkus dan tanpa dibungkus oleh film gelatin/NPZnO/EKS selama penyimpanan pada suhu 4°C . Nilai mewakili rata-rata $\pm$ SD (n=3)	70
Nilai TVB-N pada filet ikan yang dibungkus dan tanpa dibungkus oleh film gelatin/NPZnO/EKS selama penyimpanan pada suhu 4°C . Nilai mewakili rata-rata $\pm$ SD (n=3)	72
Nilai TPC pada filet ikan yang dibungkus dan tanpa dibungkus oleh film gelatin/NPZnO/EKS selama penyimpanan pada suhu 4°C . Nilai mewakili rata-rata $\pm$ SD (n=3)	73
Perubahan kondisi visual filet ikan nila yang dikemas dengan film Gel-NPZnO-EKS (A) dan kontrol tanpa kemasan (B) selama penyimpanan hari ke-0 hingga hari ke-6 pada suhu 4°C	74

- 20 Perubahan kondisi visual filet ikan nila yang dikemas dengan film Gel-NPZnO-EKS (A) dan kontrol tanpa kemasan (B) selama penyimpanan hari ke-8 hingga hari ke-10 pada suhu 4 °C 74
- 21 Heatmap senyawa volatil yang teridentifikasi pada sampel filet ikan nila kontrol (A) dan yang dikemas dengan film gelatin yang diinkorporasi NPZnO dan ekstrak Hibiscus $\times$ archeri W. Watson (B) menggunakan analisis SPME-GC-MS selama penyimpanan 75
- 22 Keberlimpahan golongan senyawa volatil filet ikan nila kontrol (A) dan yang dikemas dengan film gelatin yang diinkorporasi NPZnO dan ekstrak Hibiscus $\times$ archeri W. Watson (B) selama penyimpanan 76

DAFTAR LAMPIRAN

- 1 Hasil identifikasi buah buni 112
- 2 Hasil identifikasi buah juwet 113
- 3 Hasil identifikasi kelopak kembang sepatu merah 114
- 4 Hasil identifikasi bunga honje merah 115
- 5 Hasil analisis ragam (Anova) respon kekuatan tarik film dengan *Simplex Lattice Design* 116
- 6 Hasil analisis ragam (Anova) respon persentase pemanjangan film dengan *Simplex Lattice Design* 116
- 7 Hasil analisis ragam (Anova) respon WVTR film dengan *Simplex Lattice Design* 116
- 8 Hasil analisis ragam (Anova) aktivitas antibakteri dengan *Simplex Lattice Design* 117
- 9 Kromatogram senyawa volatil hari ke-0 (A), sampel ikan kontrol hari ke-6 (B), sampel ikan yang dikemas dengan film pada hari ke-6 (C), sampel ikan kontrol pada hari ke-12 (D) dan sampel ikan yang dikemas dengan film pada hari ke-12 (E) 118
- 10 Proses *ultrasonic assisted extraction* buah buni, buah juwet, kelopak kembang sepatu merah dan bunga honje merah 119
- 11 Proses pengeringan ekstrak menggunakan *rotary evaporator* 119
- 12 Ikan yang telah disimpan selama 12 hari dan dibungkus dengan sampel film gelatin diinkorporasi NPZnO dan ekstrak kelopak kembang sepatu merah 120



@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.