

TEKNIK PENGAWETAN IKAN PATIN ASAP (*Pangasianodon hypophthalmus*) BERBASIS *EDIBLE COATING* KITOSAN DAN EKSTRAK BOTANI

EDO SAPUTRA



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KETEKNIKAN PERTANIAN
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 “Teknik Pengawetan Ikan Patin Asap (*Pangasianodon hypophthalmus*) Berbasis *Edible Coating* Kitosan dan Ekstrak Botani” 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

Edo Saputra
F1603221009



@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

RINGKASAN

EDO SAPUTRA. Teknik Pengawetan Ikan Patin Asap (*Pangasianodon hypophthalmus*) Berbasis *Edible Coating* Kitosan dan Ekstrak Botani. Dibimbing oleh ROKHANI HASBULLAH, EMMY DARMAWATI, dan MALA NURILMALA.

Ikan patin asap merupakan produk perikanan hasil pengolahan yang memiliki nilai tambah dan cukup prospektif. Teknik pengawetan melalui proses pengasapan mampu mengubah karakteristik fisik produk, meliputi kekerasan, aroma, dan warna khas, sehingga meningkatkan daya tarik konsumen. Namun demikian, produk ikan patin asap rentan mengalami penurunan mutu selama distribusi dan penyimpanan, dengan umur simpan yang pendek sekitar 14 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji teknik pengawetan ikan patin asap berbasis *edible coating* dari kitosan yang diperkaya ekstrak botani, dikombinasikan dengan metode aplikasi dan sistem pengemasan, serta dianalisis menggunakan pendekatan pemodelan matematis untuk memprediksi perubahan mutu dan umur simpan secara komprehensif. Penelitian dilakukan dalam empat tahapan proses eksperimen, yaitu formulasi ekstrak botani, *edible coating* dan *edible film* berbasis kitosan dan ekstrak botani, penyimpanan ikan patin asap, dan pendugaan umur simpan ikan patin asap. Bahan yang digunakan adalah ikan patin segar berukuran seragam dengan berat ± 145 g yang diperoleh dari UMKM Putra Niaga, Desa Koto Masjid, Kecamatan XIII Koto Kampar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Ikan patin segar diolah menjadi ikan patin asap melalui sortasi, penyiangan, pencucian, penirisan, dan pengasapan selama delapan jam menggunakan kayu ubau dan rambutan. Pengasapan mengikuti praktik baku yang diterapkan oleh UMKM untuk merepresentasikan kondisi pengolahan nyata di lapangan, menghasilkan ikan patin asap dengan berat akhir ± 46 g.

Hasil penelitian menunjukkan formulasi ekstrak botani terbaik terdiri atas 25% bawang putih, 50% jahe merah, 25% lengkuas merah dengan nilai pH 5,88. Formulasi tersebut mampu mempertahankan mutu fisik dan mikrobiologis ikan patin asap setelah lima hari penyimpanan, ditandai dengan tampilan fisik berwarna coklat kekuningan, tidak terdeteksinya *E. coli* dan *Salmonella*, serta jumlah *S. aureus* sebesar $6,0 \times 10^4$ CFU/g. Penilaian sensori hedonik menunjukkan tingkat penerimaan yang baik terhadap atribut warna (agak suka), aroma (suka), kekerasan (agak suka), dan penilaian keseluruhan (agak suka).

Formulasi *edible coating* dan *edible film* terbaik pada konsentrasi kitosan 1,33% (w/v) dan ekstrak botani 33,3% (v/v). Kombinasi ini terbukti memberikan kestabilan dan efektivitas fungsional secara sinergis, dengan nilai pH 4,31, aktivitas antioksidan 4,43 ppm, serta aktivitas antimikroba terhadap *E. coli* 2,32 mm, *S. aureus* 4,70 mm, *Salmonella* 5,32 mm. Model RSM yang diperoleh untuk masing-masing respons tersebut secara berturut-turut adalah linear, linear, quadratic, 2FI, dan quadratic. Analisis FTIR menunjukkan adanya interaksi molekuler antara kitosan dan senyawa bioaktif, yang ditandai oleh pergeseran pita -OH dan -NH pada kisaran $3327,82\text{--}3350,46\text{ cm}^{-1}$, yang mengindikasikan penguatan ikatan hidrogen dalam matriks pelapis. *Edible film* yang dihasilkan memiliki ketebalan 0,18 mm, kuat tarik 5,01 MPa, elongasi 6,00%, dan laju transmisi uap air (WVTR) sebesar

252,74 $\text{ghari}^{-1}\text{m}^{-2}$, dengan model RSM untuk seluruh parameter *edible film* mengikuti pola 2FI.

Aplikasi *coating* setelah pengasapan yang dikombinasikan dengan kemasan PP dan aluminium foil mampu mempertahankan perubahan mutu ikan patin asap selama penyimpanan. Penggunaan kemasan aluminium foil memberikan perlindungan lebih baik dibandingkan kemasan PP dalam mempertahankan mutu ikan patin asap, terutama terhadap proses oksidasi lipid. Perlakuan tersebut mampu mengendalikan perubahan kadar air, kadar lemak, TBA, TVBN, pH, dan warna selama 35 hari penyimpanan, serta mempertahankan penerimaan sensori hedonik yang baik terhadap atribut warna, aroma, kekerasan, dan penilaian keseluruhan dengan kriteria “suka” sepanjang periode penyimpanan tersebut. Analisis SEM mengonfirmasi bahwa perlakuan ini menghasilkan permukaan produk yang lebih padat dan seragam, yang mengindikasikan perlindungan struktural yang lebih baik terhadap degradasi mutu. Pemodelan perubahan mutu menggunakan RSM menunjukkan bahwa sebagian besar parameter mutu selama penyimpanan mengikuti model reduced quadratic, yaitu kadar air, kadar lemak, TBA, TVBN, pH, C^* , sedangkan parameter ΔE^* mengikuti model 2FI. Seluruh model yang dihasilkan menunjukkan tingkat kesesuaian yang baik dengan nilai R^2 berkisar antara 0,81–0,97. Meskipun parameter pH dan ΔE^* menunjukkan nilai R^2 yang lebih tinggi, parameter TBA digunakan sebagai indikator utama penurunan mutu ikan patin asap karena berkaitan langsung dengan peningkatan oksidasi lipid selama penyimpanan. Pemodelan kinetika dikembangkan menggunakan lima model empiris, yaitu Peleg, Azuara, Weibull, Ordo 0, dan Ordo 1. Hasil evaluasi berdasarkan nilai R^2 , RSS, RMSE, dan AICc menunjukkan bahwa model kinetika yang sesuai berbeda antarparameter mutu. Perubahan nilai pH mengikuti model Ordo 0, sedangkan perubahan nilai TBA mengikuti model Peleg dengan nilai R^2 0,99, RSS 0,00, RMSE 0,02, dan AICc -37,74 yang menunjukkan kemampuan prediksi yang sangat baik terhadap laju degradasi mutu produk selama penyimpanan.

Pendugaan umur simpan pada suhu penyimpanan 27 °C menunjukkan bahwa ikan patin asap yang dilapisi *edible coating* memiliki umur simpan 57 hari (PP) dan 69 hari (aluminium foil) berdasarkan parameter nilai TBA. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa batas penerimaan sensori tercapai lebih awal dibandingkan batas oksidasi lipid yang ditentukan berdasarkan nilai TBA. Secara keseluruhan, aplikasi *edible coating* setelah pengasapan efektif mempertahankan mutu ikan patin asap pada kedua jenis kemasan, sedangkan penggunaan kemasan aluminium foil memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap oksidasi lipid. Penelitian ini membuktikan bahwa *edible coating* berbasis kitosan 1,33% (w/v) yang diperkaya ekstrak botani 33,3% (25% bawang putih, 50% jahe merah, dan 25% lengkuas merah) merupakan formulasi yang menghasilkan sistem pelapis aktif dengan karakteristik fisik, kimia, dan fungsional yang mendukung penghambatan penurunan mutu ikan patin asap. Penerapan kombinasi aplikasi *edible coating* dengan formulasi tersebut dan kemasan aluminium foil berpotensi diterapkan sebagai teknologi pengawetan untuk memperpanjang umur simpan serta mempertahankan mutu ikan patin asap selama penyimpanan.

Kata kunci: *edible coating*, ekstrak botani, ikan patin asap, mutu, umur simpan.

SUMMARY

EDO SAPUTRA. Preservation Technique of Smoked Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) Using Chitosan-Based Edible Coating and Botanical Extracts. Supervised by ROKHANI HASBULLAH, EMMY DARMAWATI, and MALA NURILMALA.

Smoked catfish is a processed fishery product with added value and considerable market potential. The preservation technique of smoking alters the product's physical characteristics-including texture, aroma, and distinctive color-thereby enhancing its appeal to consumers. However, smoked catfish is prone to quality deterioration during distribution and storage, with a short shelf life of approximately 14 days. This study aims to evaluate a preservation technique for smoked catfish using an edible coating made from chitosan enriched with botanical extracts, combined with specific application methods and packaging systems, and analyzed using a mathematical modeling approach to comprehensively predict changes in quality and shelf life. The study was conducted in four experimental stages: formulation of botanical extracts, chitosan-based edible coatings and films enriched with botanical extracts, storage of smoked catfish, and estimation of the smoked catfish's shelf life. The material used was fresh catfish of uniform size weighing ± 145 g, obtained from the UMKM Putra Niaga in Koto Mesjid Village, XIII Koto Kampar Subdistrict, Kampar Regency, Riau Province. The fresh catfish was processed into smoked catfish through sorting, trimming, washing, draining, and smoking for eight hours using ubau and rambutan wood. The smoking process followed standard practices implemented by the SME to represent actual processing conditions in the field, resulting in smoked catfish with a final weight of ± 46 g.

The results of the study showed that the optimal botanical extract formulation consisted of 25% garlic, 50% red ginger, and 25% red galangal, with a pH of 5.88. This formulation was able to maintain the physical and microbiological quality of smoked catfish after five days of storage, as indicated by a yellowish-brown physical appearance, the absence of *E. coli* and *Salmonella*, and *S. aureus* count of 6.0×10^4 CFU/g. Hedonic sensory evaluation indicated a good level of acceptance for the attributes of color (somewhat like), aroma (like), firmness (somewhat like), and overall rating (somewhat like).

The optimal formulations for edible coatings and edible films were achieved at a chitosan concentration of 1.33% (w/v) and a botanical extract concentration of 33.3% (v/v). This combination was shown to provide synergistic stability and functional effectiveness, with a pH of 4.31, antioxidant activity of 4.43 ppm, and antimicrobial activity against *E. coli* of 2.32 mm, *S. aureus* of 4.70 mm, and *Salmonella* of 5.32 mm. The RSM models obtained for each of these responses were, respectively, linear, linear, quadratic, 2FI, and quadratic. FTIR analysis revealed molecular interactions between chitosan and bioactive compounds, as indicated by shifts in the -OH and -NH bands in the range of 3327.82–3350.46 cm^{-1} , suggesting strengthened hydrogen bonding within the coating matrix. The resulting edible film had a thickness of 0.18 mm, a tensile strength of 5.01 MPa, an elongation of 6.00%, and a water vapor transmission rate (WVTR) of 252.74 $\text{gday}^{-1}\text{m}^{-2}$, with the RSM model for all edible film parameters following a 2FI pattern.



Applying a coating after smoking, combined with PP and aluminum foil packaging, helps maintain the quality of smoked catfish during storage. The use of aluminum foil packaging provides better protection than PP packaging in maintaining the quality of smoked catfish, particularly against lipid oxidation. This treatment effectively controlled changes in moisture content, fat content, TBA, TVBN, pH, and color over a 35-day storage period, while maintaining good hedonic sensory acceptance of color, aroma, firmness, and overall evaluation based on “like” criteria throughout the storage period. SEM analysis confirmed that this treatment resulted in a denser and more uniform product surface, indicating better structural protection against quality degradation. Modeling of quality changes using RSM showed that most quality parameters during storage followed the reduced quadratic model-namely, moisture content, fat content, TBA, TVBN, pH, and C^* -while the ΔE^* parameter followed the 2FI model. All the resulting models showed a good level of fit, with R^2 values ranging from 0.81 to 0.97. Although the pH and ΔE^* parameters showed higher R^2 values, the TBA parameter was used as the primary indicator of quality deterioration in smoked catfish because it is directly related to increased lipid oxidation during storage. Kinetic modeling was developed using five empirical models: Peleg, Azuara, Weibull, Ordor 0, and Ordor 1. Evaluation results based on R^2 , RSS, RMSE, and AICc values indicate that the appropriate kinetic model varies among quality parameters. Changes in pH values followed the Zero-Order model, while changes in TBA values followed the Peleg model with an R^2 of 0.99, RSS of 0.00, RMSE of 0.02, and AICc of -37.74, indicating excellent predictive ability regarding the rate of product quality degradation during storage.

Estimates of shelf life at a storage temperature of 27 °C indicate that smoked catfish coated with an edible coating has a shelf life of 57 days (PP) and 69 days (aluminum foil) based on TBA values. These differences indicate that the sensory acceptance limit was reached earlier than the lipid oxidation limit determined based on TBA values. Overall, the application of an edible coating after smoking effectively preserved the quality of smoked catfish in both types of packaging, while the use of aluminum foil packaging provided better protection against lipid oxidation. This study demonstrates that a 1.33% (w/v) chitosan-based edible coating enriched with 33.3% botanical extracts (25% garlic, 50% red ginger, and 25% red galangal) is a formulation that produces an active coating system with physical, chemical, and functional characteristics that help inhibit the deterioration of smoked catfish. The combined application of this edible coating formulation and aluminum foil packaging has the potential to be used as a preservation technology to extend the shelf life and maintain the quality of smoked catfish during storage.

Keywords: botanical extract, edible coating, quality, shelf life, smoked catfish.



@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.



@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.

TEKNIK PENGAWETAN IKAN PATIN ASAP (*Pangasianodon hypophthalmus*) BERBASIS *EDIBLE COATING* KITOSAN DAN EKSTRAK BOTANI

EDO SAPUTRA

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

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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr.
- 2 Bakti Berlyanto Sedayu, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr.
- 2 Bakti Berlyanto Sedayu, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

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

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



Judul Disertasi : Teknik Pengawetan Ikan Patin Asap (*Pangasianodon hypophthalmus*) Berbasis *Edible Coating* Kitosan dan Ekstrak Botani

Nama : Edo Saputra
NIM : F1603221009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Emmy Darmawati, M.Si.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Mala Nurilmala, S.Pi., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian:
Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr.
NIP 196110191986011002

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP 196105021986031002

Tanggal Ujian Tertutup: 22 Juni 2026
Tanggal Ujian Terbuka: 21 Juli 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai Agustus 2025 ini ialah teknik pengawetan ikan asap, dengan judul “Teknik Pengawetan Ikan Patin Asap (*Pangasianodon hypophthalmus*) Berbasis *Edible Coating* Kitosan dan Ekstrak Botani”.

Penulisan disertasi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si., Dr. Ir. Emmy Darmawati, M.Si., dan Prof. Dr. Mala Nurilmala, S.Pi., M.Si., selaku komisi pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan, dan masukan yang berharga sejak penyusunan proposal penelitian, penulisan artikel ilmiah dan disertasi, hingga penyelesaian studi doktoral ini. Penulis juga menghargai waktu dan perhatian yang diberikan dalam setiap diskusi, baik secara perorangan maupun melalui sidang komisi, yang telah memperkaya wawasan dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan disertasi ini.
2. Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr. dan Bakti Berlyanto Sedayu, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku penguji luar komisi pembimbing pada ujian tertutup atas bimbingan, saran, dan masukan yang konstruktif dalam penyempurnaan disertasi ini.
3. Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr. selaku ketua program studi Ilmu Keteknikan Pertanian dan Dr. Liyantonno, S.TP., M.Agr. selaku sekretaris program studi Ilmu Keteknikan Pertanian, serta seluruh dosen dan tenaga kependidikan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem atas bantuan, arahan, dan dukungan selama penulis menempuh studi.
4. Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian Fakultas Teknik dan Teknologi, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, serta Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) dan Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) atas dukungan dan bantuan pendanaan melalui program beasiswa tugas belajar Kemdikbudristek 2022 selama pelaksanaan studi doktoral ini.
5. Prof. Dr. Ir. Aras Mulyadi, M.Sc. (2018-2022) dan Prof. Dr. Hj. Sri Indarti, S.E., M.Si. (2022-2026) selaku Rektor beserta Wakil Rektor Universitas Riau, serta Dr. Agus Sutikno, S.P., M.Si. (Alm) (2022-2023), Dr. Besri Nasrul (2023-2025), dan Dr. Ahmad Rifai, S.P., M.P. (2025-2029) selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Riau yang telah memberikan izin, kesempatan, dan dukungan kepada penulis selama melaksanakan tugas belajar.
6. Prof. Dr. Dewi Fortuna Ayu, S.TP., M.Si. (2020-2024) dan Dr. Vonny Setiaries Johan, S.TP., M.T. (2024-2028) selaku Ketua Jurusan Teknologi Pertanian, Koorprodi, Dosen, dan Tenaga Kependidikan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian dan Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Riau atas motivasi dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama melaksanakan tugas belajar. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Laboratorium dan Laboran Laboratorium Analisis Hasil Pertanian dan Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian Fakultas



Pertanian Universitas Riau, serta mahasiswa yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.

7. Kedua orang tua, Bapak Syaiful dan Ibu Yulianti, serta adik-adik tercinta, Randi Fernandos, Tri Windy Mawaddah Sari, S.Pd., Finda Fauziah Putri, Nabila Anugrah Sari, Aqisha Dwi Fadiyah, dan Suci Ramadhani, yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat penuh tanpa batas selama penulis menempuh studi doktoral ini. Terima kasih kepada keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan pascasarjana doktoral ini.
8. Istri tercinta Widya Astuti, S.H., M.H., anak tersayang Muhammad Akio Wistara Edwi, serta mertua dan keluarga besar atas segala doa, kasih sayang, pengertian, dan dukungan yang senantiasa diberikan, sehingga menjadi sumber semangat dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan disertasi ini.
9. Teman-teman Program Doktor Ilmu Keteknikan Pertanian Angkatan 2022, Pak Harianto, Pak Syafriandi, Bu Anna, Pak Husen, Pak Heri, Pak Sudirman, Kak Uci, Bu Rani, dan Bintang, terima kasih atas kebersamaan dan diskusi selama menempuh studi doktoral.
10. Teman-teman di Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian Angkatan 2021 (Pak Dodik, Mbak Widya), 2023 (Bu Nunik, Bu Ayung), 2024 (Bu Irriwad, Bu Dhani), dan 2025 serta teman-teman dari Program Studi lain di Institut Pertanian Bogor, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan, diskusi, dan semangat saling menguatkan.
11. Seluruh pihak yang berkontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penelitian dan penulisan disertasi, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang keteknikan pertanian.

Bogor, Juli 2026

Edo Saputra

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	6
1.5 Ruang Lingkup	6
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	7
II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Ikan Patin Asap	8
2.2 <i>Edible Coating</i> dan <i>Edible Film</i>	9
2.3 Kitosan	9
2.4 Ekstrak Botani	10
2.5 Kemasan	11
2.6 Pemodelan Kinetika Matematika	13
2.7 <i>Response Surface Methodology</i> (RSM)	14
2.8 Pendugaan Umur Simpan	15
2.9 Studi Terdahulu terkait <i>Edible Coating</i> berbasis Kitosan dengan Ekstrak Botani pada Produk Ikan Asap	15
III METODE	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Prosedur Kerja	18
3.3.1 Karakteristik Bahan Baku	19
3.3.2 Prosedur Pembuatan Formulasi Ekstrak Botani	19
3.3.3 Prosedur Aplikasi Formulasi Ekstrak Botani pada Ikan Patin Asap	20
3.3.4 Prosedur Pembuatan <i>Edible Coating</i> dan <i>Edible Film</i>	20
3.3.5 Prosedur Aplikasi <i>Coating</i> dan Pengemasan Ikan Patin Asap	21
3.3.6 Prosedur Pendugaan Umur Simpan	21
3.4 Prosedur Analisis	21
3.4.1 pH Formulasi Ekstrak Botani dan <i>Edible Coating</i>	21
3.4.2 Aktivitas Antioksidan <i>Edible Coating</i>	22
3.4.3 Antimikroba <i>Edible Coating</i>	22
3.4.4 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	22
3.4.5 Ketebalan <i>Edible Film</i>	22
3.4.6 Kuat tarik dan Elongasi	23
3.4.7 Permeabilitas Uap Air (WVTR)	23
3.4.8 Cemar Mikroba Ikan Patin Asap	23
3.4.9 Kadar Air	24
3.4.10 Kadar Lemak	24
3.4.11 <i>Thiobarbituric Acid</i> (TBA)	24

3.4.12	<i>Total Volatile Base Nitrogen (TVBN)</i>	24
3.4.13	pH	25
3.4.14	Warna	25
3.4.15	Sensori Hedonik	26
3.4.16	Sensori Ketengikan	26
3.4.17	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	26
3.5	Analisis data	26
3.5.1	Rancangan Percobaan	26
3.5.2	Analisis Data	27
3.5.3	<i>Analisis Response Surface Methodology (RSM)</i>	27
3.5.4	Pemodelan Matematika Kinetika Mutu Ikan Patin Asap	28
3.5.5	Kinetika masa simpan	30
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1	Formulasi Ekstrak Botani untuk Pengawetan Ikan Patin Asap	32
4.1.1	Karakteristik pH Formulasi Ekstrak Botani	32
4.1.2	Karakteristik Warna Ikan Patin Asap	33
4.1.3	Karakteristik Mikrobiologis Ikan Patin Asap	37
4.1.4	Karakteristik Sensori Hedonik Ikan Patin Asap	39
4.1.5	Hubungan dan Pemodelan Parameter Mutu Ikan Patin Asap	41
4.2	Karakteristik <i>Edible Coating</i> dan <i>Edible Film</i> Berbasis Kitosan dan Ekstrak Botani	44
4.2.1	pH	45
4.2.2	Aktivitas Antioksidan	46
4.2.3	Uji Antimikroba	47
4.2.4	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	52
4.2.5	Ketebalan	55
4.2.6	Kuat Tarik dan Elongasi	57
4.2.7	<i>Water Vapor Transmission Rate (WVTR)</i>	59
4.3	Pengaruh <i>Edible Coating</i> dan Kemasan terhadap Mutu Ikan Patin Asap	60
4.3.1	Kadar Air	61
4.3.2	Kadar Lemak	63
4.3.3	Nilai Thiobarbituric Acid (TBA)	65
4.3.4	<i>Total Volatile Base Nitrogen (TVBN)</i>	66
4.3.5	pH	67
4.3.6	Perubahan Warna (L^* , a^* , b^*)	68
4.3.7	<i>Chroma (C*)</i>	72
4.3.8	Total Perbedaan Warna (ΔE^*)	74
4.3.9	Sensori Hedonik	75
4.3.10	Morfologi Permukaan dengan <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	77
4.4	Model Matematika Kinetika Perubahan Mutu Ikan Patin Asap	82
4.4.1	Kadar Air	82
4.4.2	Kadar Lemak	85
4.4.3	Nilai Thiobarbituric Acid (TBA)	88
4.4.4	<i>Total Volatile Base Nitrogen (TVBN)</i>	91
4.4.5	pH	94
4.4.6	<i>Chroma (C*)</i>	97
4.4.7	Total Perbedaan Warna (ΔE^*)	99

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.



4.5	Pendugaan Umur Simpan Ikan Patin Asap	102
4.5.1	Kadar Lemak	107
4.5.2	Nilai <i>Thiobarbituric Acid</i> (TBA)	109
4.5.3	pH	112
4.5.4	Sensori Hedonik	114
4.6	Teknologi Proses Pengolahan Ikan Patin Asap	115
V	SIMPULAN DAN SARAN	118
5.1	Simpulan	118
5.2	Saran	118
	DAFTAR PUSTAKA	120
	LAMPIRAN	142
	RIWAYAT HIDUP	156



DAFTAR TABEL

1	Jenis bakteri pada ikan asap	8
2	Kitosan sebagai penghambat pertumbuhan bakteri pada ikan asap	10
3	Jenis ekstrak botani dan aktivitas penghambatan terhadap bakteri	12
4	Studi terdahulu terkait <i>edible coating</i> berbasis kitosan dengan ekstrak botani pada produk ikan asap	16
5	Formulasi ekstrak botani	19
6	Formulasi <i>coating</i> berbasis kitosan dengan ekstrak botani	20
7	Nilai pH formulasi ekstrak botani	32
8	Nilai warna ikan patin asap setelah lima hari penyimpanan	33
9	Cemaran mikroba ikan patin asap setelah lima hari penyimpanan	38
10	Sensori hedonik ikan patin asap setelah lima hari penyimpanan	39
11	Korelasi Pearson antarparameter mutu ikan patin asap	41
12	Parameter model regresi kuadratik untuk hubungan pH ekstrak, penilaian sensoris, dan warna ikan patin asap	43
13	Karakteristik pH, aktivitas antioksidan, aktivitas antimikroba (<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Salmonella</i>) <i>edible coating</i> berbasis kitosan dan ekstrak botani	45
14	Hasil ANOVA dan regresi model RSM untuk prediksi pH, IC ₅₀ , antimikroba <i>edible coating</i>	45
15	Ketebalan, kuat tarik, elongasi, dan WVTR <i>edible film</i>	54
16	Hasil ANOVA dan regresi model RSM untuk prediksi ketebalan, kuat tarik, elongasi, dan WVTR dari <i>edible film</i>	58
17	Pengaruh aplikasi <i>coating</i> dan jenis kemasan terhadap perubahan mutu ikan patin asap pada hari ke-0	61
18	Pengaruh aplikasi <i>coating</i> dan jenis kemasan terhadap perubahan mutu ikan patin asap pada hari ke-35	61
19	Pengaruh aplikasi <i>coating</i> dan jenis kemasan terhadap warna ikan patin asap pada hari ke-0	69
20	Pengaruh aplikasi <i>coating</i> dan jenis kemasan terhadap warna ikan patin asap pada hari ke-35	69
21	Pengaruh aplikasi <i>coating</i> dan jenis kemasan terhadap perubahan sensoris hedonik ikan patin asap pada hari ke-0	75
22	Pengaruh aplikasi <i>coating</i> dan jenis kemasan terhadap perubahan sensoris hedonik ikan patin asap pada hari ke-35	75
23	Hasil ANOVA dan regresi model RSM untuk prediksi kadar air, kadar lemak, TBA, TVBN, pH, C*, dan ΔE* ikan patin asap	79
24	Parameter model perubahan kadar air ikan patin asap	83
25	Ekspresi matematis model perubahan kadar air ikan patin asap	83
26	Evaluasi model matematika kinetika (Peleg, Azuara, dan Weibull) terhadap perubahan kadar air ikan patin asap	85
27	Evaluasi model matematika kinetika (Ordo 0 dan 1) terhadap perubahan kadar air ikan patin asap	85
28	Parameter model perubahan kadar lemak ikan patin asap	87
29	Ekspresi matematis model perubahan kadar lemak ikan patin asap	87
30	Evaluasi model matematika kinetika (Peleg, Azuara, dan Weibull) terhadap perubahan kadar lemak ikan patin asap	88

31	Evaluasi model matematika kinetika (Ordo 0 dan 1) terhadap perubahan kadar lemak ikan patin asap	88
32	Parameter model perubahan TBA ikan patin asap	89
33	Ekspresi matematis model perubahan TBA ikan patin asap	89
34	Evaluasi model matematika kinetika (Peleg, Azuara, dan Weibull) terhadap perubahan TBA ikan patin asap	89
35	Evaluasi model matematika kinetika (Ordo 0 dan 1) terhadap perubahan TBA ikan patin asap	91
36	Parameter model perubahan TVBN ikan patin asap	91
37	Ekspresi matematis model perubahan TVBN ikan patin asap	92
38	Evaluasi model matematika kinetika (Peleg, Azuara, dan Weibull) terhadap perubahan TVBN ikan patin asap	92
39	Evaluasi model matematika kinetika (Ordo 0 dan 1) terhadap perubahan TVBN ikan patin asap	92
40	Parameter model perubahan pH ikan patin asap	94
41	Ekspresi matematis model perubahan pH ikan patin asap	96
42	Evaluasi model matematika kinetika (Peleg, Azuara, dan Weibull) terhadap perubahan pH ikan patin asap	96
43	Evaluasi model matematika kinetika (Ordo 0 dan 1) terhadap perubahan pH ikan patin asap	96
44	Parameter model perubahan C^* ikan patin asap	97
45	Ekspresi matematis model perubahan C^* ikan patin asap	98
46	Evaluasi model matematika kinetika (Peleg, Azuara, dan Weibull) terhadap perubahan C^* ikan patin asap	99
47	Evaluasi model matematika kinetika (Ordo 0 dan 1) terhadap perubahan C^* ikan patin asap	99
48	Parameter model perubahan ΔE^* ikan patin asap	100
49	Ekspresi matematis model perubahan ΔE^* ikan patin asap	100
50	Evaluasi model matematika kinetika (Peleg, Azuara, dan Weibull) terhadap perubahan ΔE^* ikan patin asap	100
51	Evaluasi model matematika kinetika (Ordo 0 dan 1) perubahan ΔE^* ikan patin asap	102
52	Parameter kinetik ikan patin asap selama penyimpanan suhu tinggi	103
53	Prediksi umur simpan ikan patin asap berdasarkan indikator kualitas yang berbeda	106
54	Persamaan prediksi perubahan mutu untuk ikan patin asap berdasarkan indikator kualitas yang berbeda	107

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	18
2	Perlakuan kontrol (a), pengawet 25% bawang putih, 25% jahe merah, 50% lengkuas merah (b), pengawet 33,3% bawang putih, 33,3% jahe merah, 33,3% lengkuas merah (c), pengawet 25% bawang putih, 50% jahe merah, 25% lengkuas merah (d), dan pengawet 50% bawang putih, 25% jahe merah, 25% lengkuas merah (e)	34

3	Bagan warna CIELab ikan patin asap pada perlakuan yang berbeda	36
4	Model regresi kuadratik untuk hubungan pH ekstrak, penilaian sensori, dan warna ikan patin asap	44
5	Plot permukaan respons pengaruh konsentrasi kitosan dan ekstrak terhadap: (A) pH, (B) aktivitas antioksidan, (C) <i>E. coli</i> , (D) <i>S. aureus</i> , dan (E) <i>Salmonella</i>	48
6	Uji antimikroba <i>edible coating</i> berdasarkan zona hambat terhadap: <i>E. coli</i> (A), <i>S. aureus</i> (B), <i>Salmonella</i> (C), kitosan 2% dengan ekstrak 0% (1), kitosan 1,6% dengan ekstrak 20% (2), kitosan 1,33% dengan ekstrak 33,3% (3), kitosan 4% dengan ekstrak 0% (4), kitosan 3,2% dengan ekstrak 20% (5), dan kitosan 2,67% dengan ekstrak 33,3% (6)	49
7	Spektrum FTIR hasil identifikasi gugus fungsi pada <i>edible coating</i> : kitosan 2% dengan ekstrak 0% (A), kitosan 1,6% dengan ekstrak 20% (B), kitosan 1,33% dengan ekstrak 33,3% (C), kitosan 4% dengan ekstrak 0% (D), kitosan 3,2% dengan ekstrak 20% (E), dan kitosan 2,67% dengan ekstrak 33,3% (F)	53
8	Plot permukaan respons pengaruh konsentrasi kitosan, ekstrak, dan gliserol terhadap: ketebalan (A), kuat tarik (B), Elongasi (C), dan WVTR (D)	55
9	Plot permukaan 3D perubahan mutu ikan patin asap selama penyimpanan: kadar air (A), kadar lemak (B), nilai TBA (C), TVBN (D), pH (E), C^* (F), dan ΔE^* (G)	62
10	Bagan warna CIELab untuk ikan patin asap. KO = kontrol, SB= <i>coating</i> sebelum pengasapan, ST= <i>coating</i> setelah pengasapan, PP = kemasan PP, AL = kemasan aluminium foil, 0 = hari ke-0, 35 = hari ke-35. Nama sampel = koordinat a^* , b^* . KOPP0 = 13,07; 9,05, KOAL0 = 13,07; 9,05, SBPP0 = 13,36; 9,56, SBAL0 = 13,36; 9,56, STPP0 = 13,84; 9,43, STAL0 = 13,84; 9,43, KOPP35 = 20,59; 12,12, KOAL35 = 31,21; 16,36, SBPP35 = 22,31; 13,75, SBAL35 = 31,49; 13,24, STPP35 = 27,21; 17,47, STAL35 = 21,81; 7,55	71
11	Mikrograf SEM permukaan kulit ikan patin asap: kontrol hari ke-0 (A),	77
12	Plot permukaan respons pengaruh aplikasi <i>coating</i> , jenis kemasan, dan waktu penyimpanan terhadap kadar air (A), kadar lemak (B), TBA (C), TVBN (D), pH (E), C^* (F), dan ΔE^* (G)	80
13	Parameter kinetika perubahan kadar air ikan patin asap selama penyimpanan: model Peleg (A), model Azuara (B), model Weibull (C), model Ordo 0 (D), dan model Ordo 1 (E)	84
14	Parameter kinetika perubahan kadar lemak ikan patin asap selama penyimpanan: model Peleg (A), model Azuara (B), model Weibull (C), model Ordo 0 (D), dan model Ordo 1 (E)	86
15	Parameter kinetika perubahan TBA ikan patin asap selama penyimpanan: model Peleg (A), model Azuara (B), model Weibull (C), model Ordo 0 (D), dan model Ordo 1 (E)	90
16	Parameter kinetika perubahan TVBN ikan patin asap selama penyimpanan: model Peleg (A), model Azuara (B), model Weibull (C), model Ordo 0 (D), dan model Ordo 1 (E)	93

17	Parameter kinetika perubahan pH ikan patin asap selama penyimpanan: model Peleg (A), model Azuara (B), model Weibull (C), model Ordo 0 (D), dan model Ordo 1 (E)	95
18	Parameter kinetika perubahan C^* ikan patin asap selama penyimpanan: model Peleg (A), model Azuara (B), model Weibull (C), model Ordo 0 (D), dan model Ordo 1 (E)	98
19	Parameter kinetika perubahan ΔE^* ikan patin asap selama penyimpanan: model Peleg (A), model Azuara (B), model Weibull (C), model Ordo 0 (D), dan model Ordo 1 (E)	101
20	Perubahan kadar lemak ikan patin asap dalam kemasan PP (A) dan aluminium foil (B) pada empat kisaran suhu yang berbeda	108
21	Plot Arrhenius dari perubahan kadar lemak ikan patin asap yang diuji pada empat kisaran suhu yang berbeda	109
22	Perubahan TBA ikan patin asap dalam kemasan PP (A) dan aluminium foil (B) pada empat kisaran suhu yang berbeda	110
23	Plot Arrhenius dari perubahan TBA ikan patin asap yang diuji pada empat kisaran suhu yang berbeda	111
24	Perubahan pH ikan patin asap dalam kemasan PP (A) dan aluminium foil (B) pada empat kisaran suhu yang berbeda	112
25	Plot Arrhenius dari perubahan pH ikan patin asap yang diuji pada empat kisaran suhu yang berbeda	113
26	Perubahan sensori ketengikan ikan patin asap dalam kemasan PP (A) dan aluminium foil (B) pada empat kisaran suhu yang berbeda	114

DAFTAR LAMPIRAN

1	Grafik monitoring suhu penyimpanan ikan patin asap pada pengujian umur simpan dipercepat (ASLT)	143
2	Data uji sensori ketengikan ikan patin asap pada pengujian umur simpan dipercepat (ASLT)	143
3	Perhitungan sifat fisik dan kimia penyimpanan ikan patin asap	146
4	Contoh perhitungan ANOVA menggunakan SPSS	148
5	Contoh perhitungan koefisien model kinetika penyimpanan dan validasinya	149
6	Perhitungan model masa simpan ikan patin asap pada suhu berbeda	150
7	Dokumentasi penelitian	151
8	Halaman pertama artikel yang telah dipublikasikan	155