



# KARAKTERISTIK KIMIA, TERMAL, DAN REOLOGI BUAH AREN (*Arenga pinnata*) UNTUK BAHAN *EDIBLE FILM* DAN *COATING* BAKSO

YERMIA



PROGRAM STUDI ILMU PANGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
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.



## PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Karakteristik kimia, termal, dan reologi buah aren (*Arenga pinnata*) untuk bahan *edible film dan coating* bakso” 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 2025

Yermia  
F261190071

## RINGKASAN

**YERMIA. Karakterisasi Kimia, Termal, dan Reologi Buah Aren (*Arenga pinnata*) untuk Bahan *Edible Film* dan *Coating* Bakso.** Dibimbing oleh EKO HARI PURNOMO, WINIATI P. RAHAYU, NUGRAHA EDHI SUYATMA dan TJAHA MUHANDRI.

Pemenuhan kebutuhan mendesak akan alternatif kemasan berkelanjutan dalam industri pangan memerlukan eksplorasi bahan alami yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi *edible film* dan *coating*. Kekhawatiran terhadap dampak lingkungan dari kemasan sintesis mendorong penelitian menuju pengembangan opsi kemasan yang dapat terurai secara alami dan ramah lingkungan, menjadikan *edible film* dan *coating* sebagai solusi yang menjanjikan. Bahan inovatif ini, yang berasal dari sumber terbarukan, tidak hanya bertujuan mengurangi limbah plastik tetapi juga membantu memperpanjang umur simpan pangan, mencegah pembusukan, dan menjaga kualitasnya tanpa menggunakan bahan kimia pengawet yang berbahaya. Inovasi ini sangat relevan dalam konteks keamanan pangan dan keberlanjutan. Fokus pada *edible film* dan *coating* mencerminkan pergeseran paradigma menuju keberlanjutan sekaligus memenuhi permintaan konsumen akan kemasan yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini mengeksplorasi potensi buah aren (*Arenga pinnata*) sebagai bahan baru dalam pembuatan *edible film*, yang sekaligus menjadi solusi untuk kebutuhan kemasan berkelanjutan.

*Edible coating* pada produk pangan berfungsi melindungi produk dari pengaruh lingkungan eksternal, menjaga kualitas, serta memperpanjang masa simpan. Lapisan ini berperan sebagai penghalang terhadap kelembapan, oksigen, dan kontaminasi mikroba penyebab pembusukan, sambil mempertahankan karakteristik sensori dan keamanan pangan. Pengembangan *edible coating* biopolimer yang dapat terurai secara alami memungkinkan konsumen mengonsumsi kemasan bersama produknya, sehingga mengurangi limbah.

Buah aren (*Arenga pinnata*) merupakan komoditas lokal yang belum dimanfaatkan secara optimal, terutama buah tua yang sering terbuang sebagai limbah. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan pemanfaatan buah aren melalui analisis karakteristik kimia, termal, dan reologi untuk pengembangan *edible film*, serta menguji aplikasinya sebagai *edible coating* pada bakso sapi. Metode yang digunakan meliputi analisis proksimat, analisis termal menggunakan *differential scanning calorimetry* (DSC), analisis reologi dan derajat kristalin menggunakan *x-ray diffraction* (XRD) untuk karakterisasi bahan, serta formulasi *edible film* dengan variasi konsentrasi gliserol dan *carboxymethyl cellulose* (CMC). *Edible coating* diaplikasikan pada bakso sapi dengan metode pencelupan, lalu disimpan selama 12 jam pada suhu ruang ( $\pm 28^{\circ}\text{C}$ ).

Hasil penelitian mengungkapkan karakteristik komprehensif buah aren muda dan tua serta aplikasinya untuk *edible film* dan *coating*. Analisis komposisi kimia menunjukkan buah muda mengandung kadar air 88,17%, lemak 1,08%, karbohidrat yang lebih rendah, dan serat kasar yang lebih sedikit dibanding buah tua dengan kadar air 44,43%, lemak 0,44%, karbohidrat 53,07%, dan serat kasar 12,30%. Analisis termal menggunakan DSC mengidentifikasi suhu leleh  $171,81^{\circ}\text{C}$  dan suhu



transisi glass 137,85°C pada buah muda, sementara buah tua menunjukkan nilai lebih tinggi yaitu suhu leleh 189,41°C dan suhu transisi glass 148,13°C.

Karakter reologi menunjukkan buah aren muda memiliki perilaku aliran pseudoplastik ( $n < 1$ ) dengan indeks konsistensi ( $K$ ) yang meningkat seiring konsentrasi, sedangkan buah aren tua menunjukkan perilaku aliran Newtonian ( $n = 1$ ). Pengukuran reologi dinamis mengungkapkan modulus elastis ( $G'$ ) yang lebih rendah pada buah muda dibandingkan dengan buah aren tua, dengan *loss factor*  $< 1$  yang artinya bahwa baik buah aren muda maupun buah aren tua memiliki dominasi sifat elastis. Hasil analisis XRD diperoleh hasil struktur semi-kristalin buah muda dan struktur kristalin buah tua.

Formulasi *edible film* menggunakan desain faktorial  $2 \times 3 \times 3$  memvariasikan jenis buah (muda dan tua), gliserol (1, 2 dan 3%), dan CMC (0, 0,25 dan 0.5%). Hasilnya menunjukkan penambahan gliserol dan CMC meningkatkan ketebalan dan elongasi *edible film*, namun menurunkan kelarutan, transparansi, dan kuat tarik. *Edible film* dari buah muda dengan 2% gliserol dan 0.25% CMC menunjukkan performa optimal dengan sifat hidrofilik (*contact angle* 72,57°), berbeda dengan *edible film* buah tua yang hidrofobik (*contact angle* 109,34°).

Aplikasi *edible coating* pada bakso sapi menggunakan formula optimal dari pembuatan *edible film* menunjukkan hasil yang lebih baik secara signifikan. Setelah 12 jam penyimpanan, bakso yang diberi *edible coating* mempertahankan parameter tekstur (*resilience* 58,60, *gumminess* 32,80 (N), *chewiness* 15,48 (mJ)) dan aktivitas air (0,92) lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Uji mikrobiologi menunjukkan terdapat mikroba sebanyak 2,52 log CFU/g pada bakso yang diberi *edible coating*, sedangkan pada kontrol sebanyak 5,07 log CFU/g. Bakso yang diberi *edible coating* dapat memenuhi semua parameter SNI 013818-1995. Temuan ini mengonfirmasi potensi buah aren muda dan tua sebagai bahan baku *edible film/coating* yang efektif dan berkelanjutan. Implikasi penelitian ini menawarkan solusi berkelanjutan bagi industri pangan melalui pemanfaatan bahan alami lokal. Teknologi *edible coating* berbasis buah aren tua dapat mengurangi ketergantungan pada pengawet sintetis sekaligus meningkatkan nilai ekonomi buah aren tua. Penelitian ini membuka peluang pengembangan kemasan ramah lingkungan dan metode pengawetan alami untuk berbagai produk pangan lainnya.

Kata kunci: Aren (*Arenga pinnata*), bakso sapi, *edible coating*, *edible film*, pengawetan alami

## SUMMARY

YERMIA. Characterization of Chemical, Thermal, and Rheological Properties of Sugar Palm Fruit (*Arenga pinnata*) for Edible Film/Coating Development. Supervised by EKO HARI PURNOMO, WINIATI P. RAHAYU, NUGRAHA EDHI SUYATMA, and TJAHJA MUHANDRI.

The urgent need for sustainable packaging alternatives in the food industry requires the exploration of natural materials with the potential to be developed into edible films and coatings. Concerns about the environmental impact of synthetic packaging have driven research towards developing packaging options that can naturally degrade and are environmentally friendly, making edible films and coatings a promising solution. This innovative material, derived from renewable sources, not only aims to reduce plastic waste but also helps extend the shelf life of food, prevent spoilage, and maintain its quality without the use of harmful chemical preservatives. This innovation is highly relevant in the context of food safety and sustainability. The focus on edible films and coatings reflects a paradigm shift towards sustainability while meeting consumer demand for more environmentally friendly packaging. This research explores the potential of *Arenga pinnata* fruit as a new material in the production of edible films, which also serves as a solution for waste utilization and the need for sustainable packaging.

Edible coatings serve to protect food products from external environmental factors, maintain quality, and extend shelf life. These coatings act as barriers against moisture, oxygen, and microbial contamination that cause spoilage, while preserving the food's original characteristics. The development of biodegradable biopolymer-based edible coatings allows consumers to consume the packaging along with the product, thereby reducing waste generation.

Sugar palm fruit (*Arenga pinnata*) represents an underutilized local commodity, particularly mature fruits that are often discarded as waste. This study aims to optimize the utilization of sugar palm fruit through chemical, thermal, and rheological characterization for edible film development, and to test its application as an edible coating for beef meatballs. Research methods included proximate analysis, differential scanning calorimetry (DSC), rheological testing, and X-ray diffraction (XRD) for material characterization, followed by edible film formulation using varying concentrations of glycerol and carboxymethyl cellulose (CMC). The edible coating was applied to meatballs using a dipping method, followed by 12-hour storage at room temperature.

The research results comprehensively characterize both young and mature sugar palm fruits and their applications in edible films and coatings. Compositional analysis revealed that young fruits contain 88.17% moisture, 1.08% fat, with lower carbohydrate and crude fiber content compared to mature fruits showing 44.43% moisture, 0.44% fat, 53.07% carbohydrates, and 12.30% crude fiber. Thermal analysis using DSC identified a melting point of 171.81°C and glass transition temperature of 137.85°C in young fruits, while mature fruits demonstrated higher values of 189.41°C and 148.13°C respectively.

Rheological characterization revealed pseudoplastic flow behavior ( $n < 1$ ) in young fruits with increasing consistency index (K) at higher concentrations,

whereas mature fruits exhibited Newtonian flow behavior ( $n=1$ ). Dynamic rheological measurements showed higher storage modulus ( $G'$ ) in mature fruits with loss factor  $<1$ , indicating dominant elastic properties in both fruit types. XRD analysis distinguished the semi-crystalline structure of young fruits from the crystalline structure of mature fruits.

Edible film formulation employed a  $2 \times 3 \times 3$  factorial design varying fruit type (young/mature), glycerol concentration (1-3%), and CMC concentration (0-0.5%). Results demonstrated that glycerol and CMC addition increased film thickness and elongation while decreasing solubility, transparency, and tensile strength. The optimal performance was achieved with mature fruit films containing 2% glycerol and 0.25% CMC, showing hydrophilic properties (contact angle  $72,57^\circ$ ), contrasting with the hydrophobic nature (contact angle  $109,34^\circ$ ) of young fruit films.

The application of the optimal edible coating formulation to beef meatballs demonstrated significant effectiveness. After 12 hours of storage, coated meatballs maintained better texture parameters (resilience 58.60, gumminess 32.80 (N), chewiness 15.48 (mJ)) and water activity (0.92) compared to controls. Microbiological testing showed  $2.52 \log \text{CFU/g}$  in coated samples versus  $5.07 \log \text{CFU/g}$  in controls, with all parameters meeting Indonesian National Standard (SNI) 013818-1995 requirements. These findings confirm the potential of both young and mature sugar palm fruits as effective and sustainable raw materials for edible film/coating production.

The research implications offer sustainable solutions for the food industry through utilization of local natural resources. The mature sugar palm fruit-based edible coating technology can reduce dependence on synthetic preservatives while increasing the economic value of agricultural waste. This study opens opportunities for developing environmentally friendly packaging and natural preservation methods for various food products.

**Keywords:** Edible coating, edible film, meatball, natural preservation, sugar palm fruit (*Arenga pinnata*)

**KARAKTERISTIK KIMIA, TERMAL, DAN REOLOGI BUAH AREN  
(*Arenga pinnata*) UNTUK BAHAN *EDIBLE FILM* DAN *COATING BAKSO***

**YERMIA**

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

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PANGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
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, 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.



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. Puspo Edi Giriwono, S.T.P., M.Agr
- 2 Dr. Dias Indrasti S.T.P., M.Sc

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Rahmawati, ST., M.Si
- 2 Dr. Puspo Edi Giriwono, S.T.P., M.Agr



@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 : Karakterisasi Kimia, Termal, dan Reologi Buah Aren (*Arenga pinnata*) untuk Bahan *Edible Film* dan *Coating* Bakso

Nama : Yermia  
NIM : F261190071

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Prof. Dr. Eko Hari Purnomo, S.TP., M. Sc



Pembimbing 2:  
Prof. Dr. Winiati P. Rahayu



Pembimbing 3:  
Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, STP. DEA



Pembimbing 4:  
Dr. Tjahja Muhandri, S.TP., MT



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Prof.Dr.Ir.Harsi Dewantari Kusumaningrum  
NIP 19640502.199303.2.004



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:  
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M. Agr.  
NIP 19610502.198603.1.002



Tanggal Ujian: 30 Juli 2025

Tanggal Pengesahan: 14 Agustus 2025



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2023 sampai bulan Maret 2025 ini ialah memanfaatkan buah aren muda dan tua sebagai bahan baku pembuatan *edible film* dan *coating* untuk diaplikasikan pada bakso dengan judul “Karakterisasi Kimia, Termal, dan Reologi Buah Aren (*Arenga pinnata*) untuk Pengembangan *Edible Film/Coating* Bakso”. Penelitian S3 ini dibiayai oleh Kementerian Keuangan Republik Indonesia melalui beasiswa LPDP dengan skema BUDI (Beasiswa Unggulan Dosen Dalam Negeri) Tahun 2019.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Eko Hari Purnomo, S.TP., M. Sc, Prof. Dr. Winiati P. Rahayu, Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, STP. DEA dan Dr. Tjahja Muhandri, S.TP., MT yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M. Agr. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan Fateta IPB, Laboratorium Seafast Center dan Technopark IPB yang telah memberi fasilitas untuk penelitian ini, beserta staf Laboratorium yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah Rahman Bu’ku, ibu Sita Tangkelangi, serta kedua mertua Pither Sumule Panggau, S.H., MH. (Alm) dan ibu Esther, suami tercinta Petrus Lembang Panggau, S.T dan anak kesayangan Iskay Arturia Panggau serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya untuk penyelesaian studi S3 ini.

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

Bogor, Juli 2025

Yermia

## DAFTAR ISI

|                                                                                                                                                    |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>RINGKASAN</b>                                                                                                                                   | <b>i</b>    |
| <b>SUMMARY</b>                                                                                                                                     | <b>iii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                                                                                                                                | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                                                                                                                               | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b>                                                                                                                             | <b>xiii</b> |
| <b>I PENDAHULUAN</b>                                                                                                                               | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang                                                                                                                                 | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah                                                                                                                                | 3           |
| 1.3 Tujuan                                                                                                                                         | 3           |
| 1.4 Manfaat                                                                                                                                        | 4           |
| 1.5 Ruang Lingkup                                                                                                                                  | 4           |
| 1.6 Hipotesis                                                                                                                                      | 5           |
| 1.7 Kebaruan ( <i>novelty</i> )                                                                                                                    | 5           |
| <b>II KARAKTERISTIK KIMIA DAN TERMAL BUAH AREN (<i>Arenga pinnata</i>) MUDA DAN TUA</b>                                                            | <b>6</b>    |
| 2.1 Pendahuluan                                                                                                                                    | 6           |
| 2.2 Bahan dan Metode                                                                                                                               | 7           |
| 2.3 Hasil dan Pembahasan                                                                                                                           | 7           |
| 2.4 Suhu Leleh                                                                                                                                     | 10          |
| 2.5 Suhu Tg                                                                                                                                        | 11          |
| 2.6 Kesimpulan                                                                                                                                     | 11          |
| <b>III KARAKTERISTIK REOLOGI BUAH AREN (<i>Arenga pinnata</i>) MUDA DAN TUA</b>                                                                    | <b>12</b>   |
| 3.1 Pendahuluan                                                                                                                                    | 12          |
| 3.2 Bahan dan Metode                                                                                                                               | 13          |
| 3.3 Hasil dan Pembahasan                                                                                                                           | 14          |
| 3.4 Kesimpulan                                                                                                                                     | 25          |
| <b>IV FORMULA <i>EDIBLE FILM</i> DARI BUAH AREN (<i>Arenga pinnata</i>) MUDA DAN TUA DENGAN CMC DAN GLISEROL</b>                                   | <b>27</b>   |
| 4.1 Pendahuluan                                                                                                                                    | 27          |
| 4.2 Bahan dan Metode                                                                                                                               | 28          |
| 4.3 Hasil dan Pembahasan                                                                                                                           | 31          |
| 4.4 Kesimpulan                                                                                                                                     | 49          |
| <b>V <i>EDIBLE COATING</i> BERBASIS BUAH AREN (<i>Arenga pinnata</i>) UNTUK BAKSO: SEBUAH INOVASI DALAM PENGAWETAN YANG AMAN DAN BERKELANJUTAN</b> | <b>50</b>   |
| 5.1 Bahan dan Metode                                                                                                                               | 52          |
| 5.2 Hasil dan Pembahasan                                                                                                                           | 55          |
| 5.3 Kesimpulan                                                                                                                                     | 60          |
| <b>VI PEMBAHASAN UMUM</b>                                                                                                                          | <b>62</b>   |
| 6.1 Ulasan dan Temuan Penting pada Buah Aren Muda dan Tua                                                                                          | 62          |



|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.2 Korelasi Karakteristik Muda dan Tua Terhadap Karakteristik <i>Edible Film</i> . | 68 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|

## VII KESIMPULAN DAN SARAN 71

|                |    |
|----------------|----|
| 7.1 Kesimpulan | 71 |
|----------------|----|

|           |    |
|-----------|----|
| 7.2 Saran | 71 |
|-----------|----|

## LAMPIRAN 80

### RIWAYAT HIDUP 85

## DAFTAR TABEL

|    |                                                                                                                                                        |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Tabel 2.1 Komposisi proksimat buah aren muda dan tua                                                                                                   | 8  |
| 2  | Tabel 2. 2 Suhu puncak termogram DSC, perubahan entalpi ( $\Delta H$ ), dan suhu Tg buah aren                                                          | 10 |
| 3  | Tabel 3.1 Nilai indeks perilaku aliran (n) untuk buah aren muda dan tua                                                                                | 17 |
| 4  | Tabel 3.2 Nilai indeks konsistensi (K) untuk buah aren muda dan tua                                                                                    | 18 |
| 5  | Tabel 3.3 <i>Linear viscoelastic region</i> (LVR) buah aren muda dan tua                                                                               | 21 |
| 6  | Tabel 3.4 Nilai yield stress (a) buah aren muda (b) buah aren tua                                                                                      | 22 |
| 7  | Tabel 4.2 Batasan untuk proses optimasi                                                                                                                | 46 |
| 8  | Tabel 4.3 Solusi dari formula teroptimasi yang diberikan oleh DX-13                                                                                    | 47 |
| 9  | Tabel 4.4 Konfirmasi hasil: tua vs. hasil prediksi                                                                                                     | 48 |
| 10 | Tabel 5.1 Jumlah mikroba pada bakso yang diberi <i>edible coating</i> dan tanpa <i>coating</i> yang disimpan pada suhu ruang $28 \pm 20^\circ\text{C}$ | 56 |
| 11 | Tabel 5.2 Sifat-sifat tekstur bakso yang diberi <i>edible coating</i> dan yang kontrol                                                                 | 60 |
| 12 | Tabel 6.1 Karakteristik buah aren muda dan tua                                                                                                         | 64 |
| 13 | Tabel 6.2 Perbandingan <i>edible film</i> berbasis formulasi terbaik                                                                                   | 67 |

## DAFTAR GAMBAR

|    |                                                                                                                   |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Gambar 3.1 Pola <i>x-ray diffraction</i> (XRD) buah aren muda (a) dan tua (b)                                     | 15 |
| 2. | Gambar 3.2 Kurva viskositas larutan (a) buah aren muda (b) buah aren tua pada berbagai konsentrasi.               | 16 |
| 3. | Gambar 3.3 LVR larutan (a) buah aren muda (b) buah aren tua pada berbagai konsentrasi.                            | 20 |
| 4. | Gambar 3.4 Nilai <i>yield stress</i> larutan (a) buah aren muda (b) buah aren tua pada berbagai konsentrasi       | 22 |
| 5. | Gambar 3.5 Spektrum <i>frequency sweep</i> larutan (a) buah aren muda (b) buah aren tua pada berbagai konsentrasi | 23 |
| 6. | Gambar 3.6 Nilai <i>loss factor</i> larutan (a) buah aren muda (b) buah aren tua pada berbagai konsentrasi        | 25 |

|                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7. Gambar 4.1 Efek interaksi gliserol (1, 2, dan 3% (v/v)) dan CMC (0, 0,25, dan 0,5% (b/v)) terhadap ketebalan <i>edible film</i> yang terbuat dari buah aren muda (a) dan buah aren tua (b).                                              | 36 |
| 8. Gambar 4.2 Efek interaksi gliserol (1, 2, dan 3% (v/v)) dan CMC (0, 0,25, dan 0,5% (b/v)) terhadap kelarutan <i>edible film</i> yang terbuat dari buah aren muda (a) dan buah aren tua (b).                                              | 38 |
| 9. Gambar 4.3 Efek interaksi gliserol (1, 2, dan 3% (v/v)) dan CMC (0, 0,25, dan 0,5% (b/v)) terhadap WVTR <i>edible film</i> yang terbuat dari buah aren muda (a) dan buah aren tua (b).                                                   | 40 |
| 10. Gambar 4.4 Efek interaksi gliserol (1, 2, dan 3% (v/v)) dan CMC (0, 0,25, dan 0,5% (b/v)) terhadap <i>opacity edible film</i> yang terbuat dari buah aren muda (a) dan buah aren tua (b).                                               | 41 |
| 11. Gambar 4.5 Efek interaksi gliserol (1, 2, dan 3% (v/v)) dan CMC (0, 0,25, dan 0,5% (b/v)) terhadap elongasi <i>edible film</i> yang terbuat dari buah aren muda (a) dan buah aren tua (b).                                              | 43 |
| 12. Gambar 4.6 Efek interaksi gliserol (1, 2, dan 3% (v/v)) dan CMC (0, 0,25, dan 0,5% (b/v)) terhadap kuat tarik <i>edible film</i> yang terbuat dari buah aren muda (a) dan buah aren tua (b).                                            | 45 |
| 13. Gambar 5.1 Prediksi pertumbuhan mikroba pada bakso yang diberi <i>edible coating</i>                                                                                                                                                    | 56 |
| 14. Gambar 5.2 Perubahan aktivitas air ( $a_w$ ) bakso tanpa <i>edible coating</i> dan bakso yang diberi <i>edible coating</i> selama penyimpanan. Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik ( $p < 0,05$ ) | 57 |
| 15. Gambar 5.3 Perubahan pH bakso tanpa <i>edible coating</i> dan bakso yang diberi <i>edible coating</i> selama penyimpanan. Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik ( $p < 0,05$ )                      | 58 |
| 16. Gambar 5.4 Perubahan total titrasi asam (TTA) bakso tanpa <i>coating</i> dan bakso yang diberi <i>edible coating</i> selama penyimpanan. Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik ( $p < 0,05$ ).      | 59 |
| 17. Gambar 6.1 Korelasi karakteristik buah aren muda dan tua dengan karakteristik <i>edible film</i>                                                                                                                                        | 68 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |                                                                            |    |
|---|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Lampiran 1 Proses persiapan bahan                                          | 81 |
| 2 | Lampiran 2 Karakterisasi buah aren muda dan tua                            | 82 |
| 3 | Lampiran 3 Formulasi <i>edible film</i> buah aren tua dan muda             | 83 |
| 4 | Lampiran 4 Aplikasi buah aren tua sebagai <i>edible coating</i> pada bakso | 84 |



## @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.