

**APLIKASI *EDIBLE COATING* BERBASIS ALGINAT DENGAN
PENAMBAHAN LILIN LEBAH (*BEESWAX*) PADA BUAH PIR (*Pyrus
bretschneideri* Rehd.) TEROLAH MINIMAL**

(Skripsi)

Oleh

**Maftukh Zaina Luthfiyyah
2114051024**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

APPLICATION OF ALGINATE-BASED EDIBLE COATING WITH BEESWAX ADDITION ON MINIMALLY PROCESSED PEARS (*Pyrus bretschneideri* Rehd.)

By

Maftukh Zaina Luthfiyyah

Pears, especially after being cut, tended to experience a decline in quality and damage such as enzymatic browning, moisture loss, and texture changes. The application of alginate-based edible coating with the addition of beeswax was one of the innovations that could be applied to minimally processed pears to slow down the rate of deterioration. This study aimed to determine the effect of beeswax concentration in alginate-based edible coating solutions on the freshness of minimally processed pears and to identify the optimal beeswax concentration using the star method. The study was designed using a Completely Randomized Design (CRD) in a non-factorial arrangement with the addition of beeswax. The treatments consisted of six levels: BK as the control, B0 (alginate), B2 (alginate + 2% beeswax), B4 (alginate + 4% beeswax), B6 (alginate + 6% beeswax), and B8 (alginate + 8% beeswax), each with four replications. The results showed that the addition of beeswax to the alginate-based edible coating had a significant effect on moisture content, weight loss, firmness, total soluble solids, and color. The best treatment for maintaining pear freshness according to the star method was B4 (4% beeswax), which had a moisture content of 85.66%, weight loss of 1.79%, firmness of 874.63 gf, total soluble solids of 11.28 °Brix, and a lightness (L) value of 68.30 on day 12 of storage.

Keywords: alginate, beeswax, edible coating.

ABSTRAK

APLIKASI *EDIBLE COATING* BERBASIS ALGINAT DENGAN PENAMBAHAN LILIN LEBAH (*BEESWAX*) PADA BUAH PIR (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) TEROLAH MINIMAL

Oleh

Maftukh Zaina Luthfiyyah

Buah pir, terutama setelah melalui proses pemotongan, cenderung mengalami penurunan kualitas serta kerusakan seperti pencoklatan enzimatis, kehilangan kelembaban, dan perubahan tekstur. Penerapan *edible coating* berbasis alginat dengan penambahan lilin lebah menjadi salah satu inovasi yang dapat diaplikasikan pada buah pir potong untuk menghambat laju kerusakan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi lilin lebah dalam larutan *edible coating* berbasis alginat terhadap kesegaran buah pir terolah minimal serta menentukan konsentrasi lilin lebah terbaik yang mampu mempertahankan kesegaran buah pir terolah minimal sesuai metode bintang. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) secara non faktorial yaitu dengan penambahan lilin lebah. Perlakuan pada penelitian ini menggunakan 6 taraf yaitu BK sebagai kontrol, B0 (alginat), B2 (alginat + lilin lebah 2%), B4 (alginat + lilin lebah 4%), B6 (alginat + lilin lebah 6%), dan B8 (alginat + lilin lebah 8%) dalam 4 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lilin lebah dalam larutan *edible coating* berbasis alginat berpengaruh nyata terhadap parameter kadar air, susut bobot, tingkat kekerasan, total padatan terlarut, dan warna. Konsentrasi lilin lebah yang dapat mempertahankan kesegaran buah pir terbaik sesuai metode bintang yaitu pada perlakuan B4 (lilin lebah 4%) dengan deskripsi nilai kadar air 85,66%, susut bobot 1,79%, tingkat kekerasan 874,63 gf, total padatan terlarut 11,28 °brix, dan warna L* 68,30 pada penyimpanan hari ke-12.

Kata kunci : alginat, *edible coating*, lilin lebah.

**APLIKASI *EDIBLE COATING* BERBASIS ALGINAT DENGAN
PENAMBAHAN LILIN LEBAH (*BEESWAX*) PADA BUAH PIR (*Pyrus
bretschneideri* Rehd.) TEROLAH MINIMAL**

Oleh

MAFTUKH ZAINA LUTHFIYYAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **APLIKASI *EDIBLE COATING* BERBASIS ALGINAT DENGAN PENAMBAHAN LILIN LEBAH (*BEE SWAX*) PADA BUAH PIR (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) TEROLAH MINIMAL**

Nama Mahasiswa : **Maftukh Zaina Luthfiyyah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2114051024

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

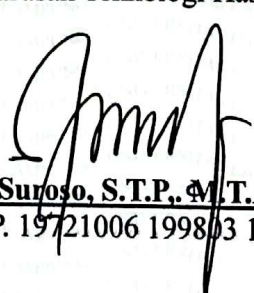
Fakultas : Pertanian




Dr. Novita Herdiana, S.Pi., M.Si.
NIP. 19761118 200112 2 001


Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si.
NIP. 199110129 201903 1 014

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA.
NIP. 19721006 199803 1 005

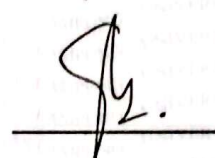
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Novita Herdiana, S.Pi., M.Si.



Sekretaris : Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si.



Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Fibra Nurainy, M.T.A.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 03 Juni 2025

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maftukh Zaina Luthfiyyah

NMP : 2114051024

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 13 Juni 2025

Yang membuat pernyataan



Maftukh Zaina Luthfiyyah
NPM. 2114051024

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Sumberejo Sejahtera, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada 08 September 2003. Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara yang lahir karena buah cinta Bapak Robin Saputra dan Ibu Uswatun Khasanah. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri 4 Sumberejo Sejahtera pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama Negeri 14 Bandar Lampung pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 7 Bandar Lampung pada tahun 2021. Selanjutnya, di tahun yang sama penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri atau dikenal dengan SBMPTN.

Tahun 2024 tepatnya pada bulan Januari-Februari, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Rejo Binangun, Kecamatan Simpang Pematang, Kabupaten Mesuji, Lampung. Selanjutnya, setelah mengikuti program KKN dari universitas, penulis melakukan Praktik Umum yang merupakan mata kuliah wajib pada bulan Juli-Agustus 2025. Pelaksanaan PU ini penulis lakukan di PT. Perkebunan Nusantara I Regional 2 Kebun Malabar, Unit Kertamanah, Kota Bandung dengan judul laporan “Mempelajari Penerapan *Good Manufacturing Practices* (GMP) pada Proses Pengolahan Teh Hitam Ortodoks di PT. Perkebunan Nusantara I Regional 2 Kebun Malabar Unit Kertamanah, Bandung, Jawa Barat”. Semasa menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi mahasiswa islam tingkat fakultas yaitu Fosi FP sebagai bendahara Biro IMPERTI UNILA.

SANWACANA

Alhamdulillah robbil ‘alamin, Segala puji bagi Allah yang telah memberikan kemudahan bagi penulis untuk bisa menyelesaikan skripsi berjudul “**Aplikasi Edible Coating Berbasis Alginat Dengan Penambahan Lilin Lebah (*Beeswax*) Pada Buah Pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) Terolah Minimal**” sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung. Atas selesainya penulisan skripsi ini, penulis ingin berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dan memberikan dukungan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis berterima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA. selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian atas dukungan serta bimbingan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan saran, masukan, dan motivasi kepada penulis.
4. Ibu Dr. Novita Herdiana, S.Pi., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing, memberi arahan, serta dukungan sehingga penulis dapat sampai di titik penyelesaian skripsi.
5. Bapak Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing 2 sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, arahan, serta dukungan tiada henti kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
6. Ibu Ir. Fibra Nurainy, M.T.A. sebagai pembahas skripsi yang senantiasa memberi masukan serta saran dalam perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
8. Kepada kedua orang tua yang sangat penulis cintai serta sayangi yaitu Bapak Robin Saputra dan Ibu Uswatun Khasanah, penulis mengucapkan ribuan terima kasih untuk setiap do'a, dukungan, kasih sayang, nasihat, serta tempat pulang ternyaman untuk penulis dalam kondisi apapun.
9. Kepada kakakku tersayang yaitu Ma'rifah Putri Ramadani, A.Md.T.P., penulis mengucapkan banyak terima kasih untuk setiap saran, motivasi, arahan, kasih sayang, do'a, serta masukan yang terbaik untuk adik perempuan tersayangnya.
10. Kepada sahabat terbaik penulis semasa berkuliah Yulia, Hana, Anisa, Alyaa, dan Letriani penulis mengucapkan banyak terima kasih atas kebersamaan, do'a, dukungan, nasihat, dan teman berkeluh kesah penulis. Semoga persahabatan ini terus terjalin sampai kapanpun meski sudah tidak bersama.
11. Kepada teman seperjuangan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2021 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, semoga urusan kalian dimudahkan sampai selesai.
12. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada satu sosok yang selama ini selalu berjuang tanpa henti, seorang perempuan dengan impian yang besar. Terima kasih kepada penulis skripsi ini, Maftukh Zaina Luthfiyyah, si bungsu yang sedang menuju usia 22 tahun. Terima kasih telah bertahan sejauh ini, telah berani menjadi dirimu sendiri, dan terus berjalan melewati segala tantangan yang semesta hadirkan. Aku bangga atas setiap langkah kecil yang kau ambil, atas semua pencapaian yang mungkin tak selalu dirayakan orang lain. Semoga langkah dari kaki kecilmu selalu diperkuat, dikelilingi orang-orang baik, hingga mimpimu satu persatu menjadi nyata.

Bandar Lampung, 13 Juni 2025

Penulis

Maftukh Zaina Luthfiyyah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	5
1.3. Kerangka Pemikiran.....	5
1.4. Hipotesis.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Pir (<i>Pyrus bretschneideri</i> Rehd.).....	9
2.2. Browning	11
2.3. Edible Coating	12
2.4. Alginat.....	14
2.5. Lilin Lebah (<i>Beeswax</i>)	17
III. METODE PENELITIAN.....	20
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	20
3.3. Metode Penelitian.....	21
3.4. Pelaksanaan Penelitian	21
3.4.1. Pembuatan Larutan <i>Edible Coating</i>	21
3.4.2. Aplikasi <i>Edible Coating</i> pada Pir Potong.....	22
3.5. Pengamatan	24
3.5.1. Kadar Air	25
3.5.2. Susut Bobot.....	25
3.5.3. Tingkat Kekerasan	26

3.5.4. Total Padatan Terlarut	26
3.5.5. Warna.....	26
3.5.6. Kadar Vitamin C.....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Uji Fisik dan Kimia Buah Pir.....	28
4.1.1. Kadar Air	28
4.1.2. Susut Bobot.....	30
4.1.3. Tingkat Kekerasan	33
4.1.4. Total Padatan Terlarut	35
4.1.5. Warna L*, a*, dan b*	37
4.2. Penentuan Perlakuan Terbaik.....	44
4.3. Pengujian Perlakuan Terbaik	46
4.3.1. Kadar Vitamin C.....	46
V. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar mutu natrium alginat	16
2. Perlakuan pada pembuatan <i>edible coating</i>	21
3. Hasil uji DMRT 5% pada parameter kadar air buah pir yang dilapisi <i>edible coating</i> berbasis alginat dan lilin lebah (<i>beeswax</i>)	28
4. Hasil uji DMRT 5% pada parameter susut bobot buah pir yang dilapisi <i>edible coating</i> berbasis alginat dan lilin lebah (<i>beeswax</i>)	31
5. Hasil uji DMRT 5% parameter tingkat kekerasan buah pir yang dilapisi <i>edible coating</i> berbasis alginat dan lilin lebah (<i>beeswax</i>)	33
6. Hasil uji DMRT 5% pada parameter TPT buah pir yang dilapisi <i>edible coating</i> berbasis alginat dan lilin lebah	36
7. Hasil uji DMRT 5% parameter warna buah pir yang dilapisi <i>edible coating</i> berbasis alginat dan lilin lebah pada hari ke-0	38
8. Hasil uji DMRT 5% parameter warna buah pir yang dilapisi <i>edible coating</i> berbasis alginat dan lilin lebah pada hari ke-6	39
9. Hasil uji DMRT 5% parameter warna buah pir yang dilapisi <i>edible coating</i> berbasis alginat dan lilin lebah pada hari ke-12	40
10. Rekapitulasi penentuan perlakuan terbaik	45
11. Nilai kadar vitamin C buah pir potong dengan <i>edible coating</i> penyimpanan hari ke-12	46
12. Tata letak percobaan	59
13. Nilai rata-rata pengujian parameter susut bobot hari ke-6 buah pir terolah minimal	59
14. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter susut bobot hari ke-6 buah pir terolah minimal	59
15. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter susut bobot hari ke-6 buah pir terolah minimal	60
16. Analisis ragam parameter susut bobot hari ke-6 buah pir terolah minimal	60

17. Uji lanjut DMRT 5% parameter susut bobot hari ke-6 buah pir terolah minimal	61
18. Nilai rata-rata pengujian parameter susut bobot hari ke-12 buah pir terolah minimal	61
19. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter susut bobot hari ke-12 buah pir terolah minimal.....	62
20. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter susut bobot hari ke-12 buah pir terolah minimal.....	63
21. Analisis ragam parameter susut bobot hari ke-12 buah pir	63
22. Uji lanjut DMRT 5% parameter susut bobot hari ke-12 buah pir terolah minimal	64
23. Nilai rata-rata pengujian parameter kadar air hari ke-6 buah pir terolah minimal	64
24. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter kadar air hari ke-6 buah pir terolah minimal.....	64
25. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter kadar air hari ke-6 buah pir terolah minimal.....	65
26. Analisis ragam parameter kadar air hari ke-6 buah pir	65
27. Uji lanjut DMRT 5% parameter kadar air hari ke-6 buah pir terolah minimal	66
28. Nilai rata-rata pengujian parameter kadar air hari ke-12 buah pir terolah minimal	66
29. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter kadar air hari ke-12 buah pir terolah minimal.....	67
30. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter kadar air hari ke-12 buah pir terolah minimal	68
31. Analisis ragam parameter kadar air hari ke-12 buah pir	68
32. Uji lanjut DMRT 5% parameter kadar air hari ke-12 buah pir	69
33. Nilai rata-rata pengujian parameter tingkat kekerasan hari ke-6 buah pir terolah minimal	69
34. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter tingkat kekerasan hari ke-6 buah pir terolah minimal.....	70
35. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter tingkat kekerasan hari ke-6 buah pir terolah minimal.....	71
36. Analisis ragam parameter tingkat kekerasan hari ke-6 buah pir terolah minimal	71
37. Uji lanjut DMRT 5% parameter tingkat kekerasan hari ke-6 buah pir terolah minimal	72

38. Nilai rata-rata pengujian parameter tingkat kekerasan hari ke-12 buah pir terolah minimal	72
39. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter tingkat kekerasan hari ke-12 buah pir terolah minimal.....	73
40. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter tingkat kekerasan hari ke-12 buah pir terolah minimal.....	74
41. Analisis ragam parameter tingkat kekerasan hari ke-12 buah pir terolah minimal	74
42. Uji lanjut DMRT 5% parameter tingkat kekerasan hari ke-12 buah pir terolah minimal.....	75
43. Nilai rata-rata pengujian parameter total padatan terlarut hari ke-6 buah pir terolah minimal	75
44. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter total padatan terlarut hari ke-6 buah pir terolah minimal	75
45. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter total padatan terlarut hari ke-6 buah pir terolah minimal.....	76
46. Analisis ragam parameter total padatan terlarut hari ke-6 buah pir terolah minimal	76
47. Uji lanjut DMRT 5% parameter total padatan terlarut hari ke-6 buah pir terolah minimal	77
48. Nilai rata-rata pengujian parameter total padatan terlarut hari ke-12 buah pir terolah minimal	77
49. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter total padatan terlarut hari ke-12 buah pir terolah minimal	78
50. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter total padatan terlarut hari ke-12 buah pir terolah minimal	79
51. Analisis ragam parameter total padatan terlarut hari ke-12 buah pir terolah minimal	79
52. Uji lanjut DMRT 5% total padatan terlarut hari ke-12 buah pir terolah minimal	80
53. Nilai rata-rata pengujian parameter warna *L hari ke-6 buah pir terolah minimal	80
54. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter warna *L hari ke-6 buah pir terolah minimal	80
55. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter warna *L hari ke-6 buah pir terolah minimal	81
56. Analisis ragam parameter warna *L hari ke-6 buah pir	81
57. Uji lanjut DMRT 5% parameter warna *L hari ke-6 buah pir	82

58. Nilai rata-rata pengujian parameter warna *L hari ke-12 buah pir terolah minimal	82
59. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter warna *L hari ke-12 buah pir terolah minimal	83
60. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter warna *L hari ke-12 buah pir terolah minimal	84
61. Analisis ragam parameter warna *L hari ke-12 buah pir	84
62. Uji lanjut DMRT 5% parameter warna *L hari ke-12 buah pir	85
63. Nilai rata-rata pengujian parameter warna *a hari ke-6 buah pir terolah minimal	85
64. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter warna *a hari ke-6 buah pir terolah minimal	85
65. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter warna *a hari ke-6 buah pir terolah minimal	86
66. Analisis ragam parameter warna *a hari ke-6 buah pir	86
67. Uji lanjut DMRT 5% parameter warna *a hari ke-6 buah pir terolah minimal	87
68. Nilai rata-rata pengujian parameter warna *a hari ke-12 buah pir terolah minimal	87
69. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter warna *a hari ke-12 buah pir terolah minimal	88
70. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter warna *a hari ke-12 buah pir terolah minimal	89
71. Analisis ragam parameter warna *a hari ke-12 buah pir terolah minimal	89
72. Uji lanjut DMRT 5% parameter warna *a hari ke-12 buah pir terolah minimal	90
73. Nilai rata-rata pengujian parameter warna *b hari ke-6 buah pir terolah minimal	90
74. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter warna *b hari ke-6 buah pir terolah minimal	90
75. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter warna *b hari ke-6 buah pir terolah minimal	91
76. Analisis ragam parameter warna *b hari ke-6 buah pir	91
77. Uji lanjut DMRT 5% parameter warna *b hari ke-6 buah pir terolah minimal	92
78. Nilai rata-rata pengujian parameter warna *b hari ke-12 buah pir terolah minimal	92

79. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter warna *b hari ke-12 buah pir terolah minimal	93
80. Uji kenambahan data (<i>Tuckey Test</i>) parameter warna *b hari ke-12 buah pir terolah minimal	94
81. Analisis ragam parameter warna *b hari ke-12 buah pir.....	94
82. Uji lanjut DMRT 5% parameter warna *b hari ke-12 buah pir terolah minimal	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Buah pir.....	9
2. Struktur Alginat.....	16
3. Struktur beeswax.....	17
4. Diagram alir pembuatan larutan <i>edible coating</i>	22
5. Bentuk dan ukuran potongan sampel pir.....	23
6. Diagram alir aplikasi <i>edible coating</i> pada buah pir	24
7. Warna buah pir potong hari penyimpanan ke-6 semua perlakuan	39
8. Warna buah pir potong hari penyimpanan ke-12 semua perlakuan	40
9. Pembuatan larutan <i>edible coating</i>	96
10. Proses perendaman buah dalam larutan klorin.....	96
11. Proses penirisan buah	96
12. Perbandingan larutan antar perlakuan	96
13. Proses pencelupan buah	96
14. Proses pengeringan buah setelah dilapisi	96
15. Proses pengujian susut bobot	97
16. Proses pengujian kadar air	97
17. Sampel hasil kadar air	97
18. Proses pengujian tingkat kekerasan	97
19. Proses pengujian TPT	97
20. Proses pengujian warna.....	97
21. Kenampakan buah pir pada hari ke-6.....	98
22. Kenampakan buah pir pada hari ke-12.....	98
23. Pengujian kadar vitamin C	98
24. Penampakan perlakuan terbaik hari ke-12	98

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Produk hortikultura memiliki tantangan utama berupa masa simpan yang cukup pendek dan sifatnya yang mudah rusak (*perishable*). Secara alami, pengaruh kimiawi, mikrobiologi, fisiologis, atau parasitik dapat mengubah komposisi/kandungan dari produk hortikultura. Jika hal itu tidak dikelola dengan benar, maka akan menyebabkan kerusakan atau pembusukan yang berujung pada penurunan kualitas, bahkan kuantitas produk (Rahayu, 2021). Salah satu produk hortikultura yang rentan mengalami kerusakan adalah buah pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.). Hal ini disebabkan karena tingginya kandungan air pada buah matangnya, yakni sekitar 84% sehingga rentan terhadap kerusakan (Widyaka *et al.*, 2019).

Buah pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) merupakan bagian dari famili *Rosaceae*, dikenal luas di seluruh dunia karena rasa khasnya yang renyah dan lezat. Selain itu, buah ini kaya akan zat gizi dengan 110 kalori, dan 134 mg kalium, serta vitamin (A, B1, B2, C, E, K, folacin, asam pantotenat, dan niasin) (Widyaka *et al.*, 2019). Menurut Öztürk *et al.* (2014), kadar vitamin C dalam buah pir cukup tinggi yakni berkisar antara 9,1 mg hingga 29,7 mg per 100 g daging buah pir. Banyaknya nutrisi yang terkandung dalam buah pir tersebut menjadikannya sebagai buah yang disenangi oleh masyarakat di berbagai lapisan dunia. Menurut USDA (United States Department of Agriculture) (2023), produksi pir global pada tahun 2023 diproyeksikan mencapai 25,2 juta ton, meningkat 300.000 ton dari tahun sebelumnya. Tingkat konsumsi masyarakat Indonesia terhadap buah pir sendiri cukup tinggi yang dibuktikan dengan adanya impor pada tahun 2018 menempati urutan pertama yakni mencapai 186.000 ton. Angka tersebut bahkan

meningkat secara signifikan menjadi 238.160 ton pada tahun 2020, dan menjadikan buah pir sebagai salah satu buah impor terbesar, selain apel dan jeruk (Badan Ketahanan Pangan, 2020).

Buah pir mudah mengalami kerusakan yang ditandai dengan pengerutan, pelunakan, dan pembusukan. Perubahan fisiologis pascapanen yang cepat pada buah pir mengakibatkan periode pematangan yang singkat, sehingga masa simpannya menjadi pendek dan menimbulkan tantangan dalam pemasarannya. Selain itu, masalah ini juga menyulitkan penanganan dan transportasi secara efisien (Hasan dan Nicolai, 2014). Ketika rusak, seperti tergores, terluka, atau terpotong, buah pir dapat mengalami *browning*. *Browning* adalah proses perubahan warna menjadi cokelat pada permukaan buah akibat reaksi enzimatis yang melibatkan *enzim polifenol oksidase (PPO)*. *Browning* dapat menurunkan kualitas produk segar dan mengurangi nilai ekonominya, terutama karena perubahan rasa pada buah (Blackwell, 2012).

Tren pasar seperti buah dan sayur potong segar (*fresh-cut fruit*) telah mengalami perkembangan pesat belakangan ini, dikarenakan kemudahan dalam penanganan, konsumsi, dan tampilan yang segar. Produsen seperti pedagang buah, hingga minimarket telah mulai menyediakan produk dengan olahan minimal, salah satunya adalah buah pir potong (Hibatul, 2018). Olahan penyajian buah potong tersebut memiliki masa simpan terbatas karena kerentanannya terhadap kerusakan, sehingga penurunan kualitas akan terjadi. Kerusakan pada buah sering kali disebabkan oleh proses respirasi, transpirasi, mikroorganisme, dan serangan (Raghav *et al.*, 2016). Mengingat sifatnya yang mudah rusak dan masa simpannya yang hanya sekitar 3-5 hari, diperlukan inovasi dalam pengawetan buah pir potong. Salah satu teknik dalam memperpanjang masa simpan buah pir potong tersebut adalah dengan melapisi permukaan buah menggunakan *edible coating*/pelapis yang dapat dimakan.

Edible coating telah berkembang lebih jauh dalam beberapa tahun terakhir. Teknologi canggih yang dikenal sebagai *edible coating* ini berbentuk lapisan tipis

dan berfungsi memperpanjang masa simpan produk pertanian maupun makanan segar (Pardede, 2023). *Edible coating* dapat diformulasikan untuk meningkatkan sifat mekanis, aktivitas antibakteri, serta kemampuan sebagai penghalang uap air dan gas. Hal ini berpotensi memperpanjang masa simpan sayur dan buah yang diberi lapisan *edible coating* tersebut (Galus & Kadzińska, 2015). Teknologi ini menguntungkan bagi manusia dan lingkungan dikarenakan terbuat dari bahan alami, seperti protein, lipid, dan polisakarida. Menurut Setiawan (2019), bahan yang digunakan untuk membuat *edible coating* harus memiliki permeabilitas yang rendah terhadap oksigen dan uap air, tidak berasa, tidak berwarna, serta tidak mengubah karakteristik makanan. Jenis, sifat, dan potensi pelapis menentukan kinerja dan fungsinya dalam mengontrol perpindahan gas, serta mengurangi kehilangan kelembaban (Hamsiohan, 2019).

Material yang umum dipakai dalam pembuatan lapisan *edible coating* pada buah pir adalah pati tapioka dan kitosan. Namun, keduanya memiliki sejumlah kekurangan. Pati dapat berperan sebagai nutrisi bagi pertumbuhan mikroba, sehingga lebih mudah terkontaminasi (Putra *et al.*, 2017), bersifat rapuh, dan kurang fleksibel (Yanti *et al.*, 2021). Kitosan juga memiliki kelemahan, yaitu lebih sensitif terhadap cahaya dan pH, mudah hilang, serta dapat kehilangan kekuatannya jika digunakan secara berlebihan. Oleh karena itu, diperlukan bahan lain yang lebih efektif dalam mencegah kerusakan buah pir terolah minimal seperti alginat.

Alginat dipilih sebagai bahan dasar *edible coating* karena mampu membentuk *film* yang kuat, fleksibel, dan stabil, terutama melalui reaksi ionik dengan kalsium. Struktur koloidnya yang unik juga mendukung fungsinya sebagai agen pengental, pensuspensi, pengikat, dan pengemulsi (Herbowo dkk., 2016). Berbeda dengan agar-agar dan karagenan yang sama-sama berasal dari rumput laut, alginat memiliki keunggulan dalam hal kemampuan membentuk lapisan penghalang yang lebih efektif terhadap gas dan uap air. Agar-agar cenderung membentuk gel yang kaku dan mudah retak, serta kurang fleksibel sebagai bahan pelapis. Sementara itu, *film* yang dibentuk dari karagenan umumnya rapuh, kurang elastis, dan lebih

sensitif terhadap ion tertentu, sehingga memerlukan bahan tambahan untuk meningkatkan kestabilannya (Sulistyo *et al.*, 2018). Oleh karena itu, alginat lebih unggul secara fungsional dan aplikatif dalam formulasi *edible coating*. Namun, kelemahan *edible coating* berbasis alginat adalah sifat mekanisnya yang buruk dan kurang mampu menahan uap air (hidrofilik). Metode yang dapat digunakan untuk mengurangi sifat hidrofilik tersebut salah satunya adalah dengan menambahkan lipid atau biopolimer hidrofobik lainnya ke dalam *edible coating* tersebut.

Penelitian oleh Utomo dan Salahudin (2015), mengenai pembuatan *edible film* pati jagung dengan penambahan lipid, agar *edible film* yang dihasilkan mempunyai daya tahan tinggi terhadap air dan permeabilitas uap air yang minimal. Penambahan lipid pada *edible coating* diharapkan dapat memberikan perlindungan terbaik terhadap kelembapan (García *et al.*, 2016). Satu diantara komponen lipid tersebut adalah lilin lebah (*beeswax*). Lilin lebah (*beeswax*) sering digunakan sebagai *coating*, terutama untuk produk pangan yang memerlukan perlindungan lebih saat penyimpanan atau pengangkutan melintasi jarak yang jauh dan memerlukan waktu, seperti buah-buahan segar (apel, pir, jeruk), keju, coklat, serta produk olahan kering lainnya. Lilin lebah (*beeswax*) merupakan penghambat oksigen dan karbon dioksida yang optimal, karena mempunyai struktur yang padat dan hidrofobik. Ini penting dalam memperlambat proses oksidasi dan pencoklatan, serta memperlambat respirasi pada buah dan sayuran (Baldwin *et al.*, 2011).

Penelitian ini menggunakan alginat dan lilin lebah (*beeswax*) sebagai bahan pembuatan *edible coating*. Tujuan dari mengombinasikan alginat dan lilin lebah (*beeswax*) dalam lapisan *film* adalah untuk mengurangi laju transpirasi, sehingga meminimalkan kehilangan air akibat penguapan berlebih (Oko dkk., 2023). Penambahan bahan lain seperti gliserol sebagai *plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas lapisan dan *tween 80* sebagai *emulsifier* untuk membantu mencampurkan lilin lebah dengan alginat karena memiliki sifat bipolar (amfifilik), yaitu mengandung bagian hidrofilik (suka air) dan lipofilik (suka

minyak). Sifat ini memungkinkan *tween* 80 menurunkan tegangan antarmuka antara fase air dan minyak, sehingga membentuk emulsi yang stabil antara lilin lebah dan alginat. Hingga saat ini, kombinasi antara alginat dan lilin lebah sebagai *edible coating* pada buah pir terolah minimal masih belum diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian *edible coating* berbasis alginat dengan lilin lebah (*beeswax*) terhadap kesegaran buah pir terolah minimal.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi lilin lebah (*Beeswax*) dalam larutan *edible coating* berbasis alginat terhadap kesegaran buah pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) terolah minimal.
2. Menentukan konsentrasi lilin lebah (*Beeswax*) terbaik yang mampu mempertahankan kesegaran buah pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) terolah minimal.

1.3. Kerangka Pemikiran

Salah satu metode penyajian buah pir adalah dengan mengupas dan memotongnya, namun proses ini dapat memicu reaksi pencoklatan enzimatis pada bagian jaringan buah. Pencoklatan ini terjadi akibat reaksi oksidasi enzimatis senyawa fenolik yang menghasilkan polimer coklat sepanjang penyimpanan. Selain itu, ketidakseimbangan antara mekanisme oksidatif dan reduktif dalam metabolisme buah juga dapat mengakibatkan peristiwa pencoklatan karena menghasilkan oksigen reaktif yang merusak tekstur dan rasa dari buah. Buah pir juga sangat rentan terhadap kerusakan selama penyimpanan jangka panjang dan ketika mengalami cedera/luka (Wulandari, 2016). Pir dapat terkontaminasi oleh sejumlah bakteri, seperti *Staphylococcus aureus*, *Eschericia coli* O157:H7, dan *Listeria monocytogenes* (Duvenage, 2016). Maka dari itu, berbagai langkah perlu

diambil untuk memperpanjang masa simpan pir potong agar kualitasnya tetap terjaga, salah satunya adalah dengan melapisi *edible coating* di permukaan buah.

Edible coating ialah salah satu jenis *biodegradable* sebagai metode revolusioner dalam pengolahan makanan, yang berfungsi untuk memperpanjang umur simpan (Pardede, 2023). Pelapis tersebut efektif mencegah kerusakan pada produk-produk hortikultura seperti buah dan sayur dengan menghambat laju respirasi, menjaga tekstur dan aroma, mengurangi dehidrasi, serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Hasan & Nicolai, 2014). Terdapat tiga komponen utama pembentuk *edible coating*, yakni hidrokoloid (polisakarida dan protein), lipid/minyak, dan komposit (kombinasi). Salah satu polisakarida alami yang biasa dipakai dalam pembuatan *edible coating* ialah alginat, yang ditemukan pada dinding sel alga coklat (*Phaeophyceae*). Tiga karakteristik utama alginat adalah kemampuannya untuk larut dalam air, membentuk lapisan tipis, dan menambah viskositas/kekentalan larutan. Penelitian oleh Chiabrando & Giovanna (2016), mengungkapkan bahwa penggunaan *edible coating* berbahan alginat mampu menjaga kualitas buah nektarin potong dengan menurunkan laju respirasi, menjaga kandungan asam dan total padatan terlarut, mencegah pelunakan jaringan, serta lebih unggul dibandingkan kitosan dalam hal mengatur aktivitas pencoklatan yang berhubungan dengan enzim (Chiabrando & Giovanna, 2016).

Penelitian terdahulu mengenai buah pir yang dilapisi *edible coating* berasal dari berbagai bahan, seperti pati tapioka dengan penambahan ekstrak asam kandis (Widyaka, 2018), kitosan dengan *beeswax* (Sultan *et al.*, 2021), serta kitosan yang dicampur dengan minyak biji teh pada buah pir Jepang (Tran *et al.*, 2021). Namun, pati dan kitosan memiliki sejumlah kekurangan, seperti sensitif terhadap cahaya dan pH, mudah hilang, dan dapat kehilangan kekuatannya jika digunakan secara berlebihan (Matloob *et al.*, 2023). Berdasarkan penelitian oleh Tran *et al.* (2021), buah pir yang hanya dilapisi kitosan 1% memiliki penurunan persentase bobot yang cukup signifikan dibanding dengan kitosan yang dicampur dengan minyak biji teh (*tea seed oil*) (Tran *et al.*, 2021). Hal tersebut dikarenakan kitosan memiliki viskositas yang lebih rendah dibanding dengan bahan lain seperti alginat

pada konsentrasi yang sama. Viskositas yang tinggi pada alginat cenderung membentuk lapisan yang lebih kuat, sehingga mengurangi interaksi langsung antara oksigen dan permukaan buah yang dapat menyebabkan pencoklatan. Penelitian oleh Ani dkk. (2024), mengenai alginat yang dijadikan pelapis, menghasilkan optimasi *edible coating* terbaik pada konsentrasi alginat 1,5% yang mampu menjaga kualitas dan memperpanjang umur penyimpanan buah tomat (Ani dkk., 2024).

Alginat memiliki sifat hidrofilik yang membuatnya kurang efektif dalam menghambat perpindahan uap air antara produk dan lingkungannya, sehingga permeabilitasnya terhadap uap air cukup tinggi. Terdapat beberapa upaya dalam mengatasi kelemahan alginat sebagai bahan dasar *edible coating*, seperti dengan menambahkan *plasticizer*, mengombinasikan dengan polimer lain, serta menambahkan minyak esensial atau lilin yang bersifat hidrofobik (Vijayan *et al.*, 2023). Pelapis berbasis emulsi dengan perpaduan lipid dan hidrokoloid juga mampu menurunkan permeabilitas terhadap uap air (Raghav *et al.*, 2016). Penelitian oleh Purnamasari (2024), menunjukkan bahwa penerapan *edible coating* berbahan alginat dan minyak esensial kulit lemon 1,5% pada buah jambu kristal mampu mengurangi susut bobot, menekan penurunan kekerasan, mencegah perubahan warna, menjaga kandungan vitamin C dan aktivitas antioksidan, mengurangi laju respirasi, serta meminimalkan presentase terjadinya *decay incidence* selama 13 hari penyimpanan di suhu ruang (Purnamasari, 2024).

Cara ideal untuk menggunakan bahan lipid/lilin adalah menggabungkannya dengan lapisan hidrofilik karena lipid memiliki sifat hidrofobik yang cenderung menghasilkan lapisan tebal, mudah rapuh, dan sulit untuk melekat saat diaplikasikan pada buah (Baldwin *et al.*, 2011). Lapisan lilin lebah (*beeswax*) yang terlalu tebal juga dapat mengurangi pasokan oksigen ke jaringan buah, sehingga memicu proses fermentasi yang dapat melunakkan jaringan kulit buah. Lebih lanjut, ketebalan lapisan *beeswax*/lilin yang berlebih dapat menghalangi penguapan, sehingga membuat permukaan buah menjadi lembab dan rentan terhadap serangan patogen. Menurut Fratini *et al.* (2016), dan Szulc *et al.* (2020),

lilin lebah telah terbukti dalam banyak penelitian memiliki efek antimikroba seperti pada bakteri *Staphylococcus* dan *Escherichia*. Penelitian oleh Susanto dkk. (2018), mengenai *edible coating* yang diaplikasikan pada jambu biji kristal, dengan menghasilkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 2% dan 4% dapat memperpanjang masa simpan buah jambu biji kristal dengan mengurangi laju transpirasi dan respirasi tanpa menimbulkan pembusukan. Maka perlu dilakukan penelitian terkait pengaplikasian *edible coating* berbasis alginat menggunakan penambahan *beeswax* dengan konsentrasi sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8 %.

1.4. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Terdapat pengaruh konsentrasi lilin lebah (*Beeswax*) dalam larutan *edible coating* berbasis alginat terhadap kesegaran buah pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) terolah minimal.
2. Terdapat konsentrasi lilin lebah (*Beeswax*) terbaik yang mampu mempertahankan kesegaran buah pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) terolah minimal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.)

Buah pir tergolong ke dalam Genus *pyrus*, yang mencakup tanaman yang tumbuh subur di wilayah pesisir hingga wilayah bersuhu sedang. Terdapat sekitar 30 spesies utama tanaman pir yang berasal dari Afrika Utara, Eropa Barat, serta Asia, dan beberapa diantaranya adalah *Phyrus nivalis*, *Pyrus salicifolia*, dan *Pyrus communis*. Pir dapat bertahan di suhu dingin yang berkisar antara -25°C hingga -40°C. Setelah dipanen, buah pir dapat bertahan selama 3-6 bulan pada penyimpanan bersuhu 0°C. Namun, jika sudah dipotong umur simpan buah pir hanya kurang dari 5 hari pada suhu 0-2°C (Widyaka, 2018). Buah pir merupakan buah klimakterik yang menghasilkan etilen dalam jumlah tinggi, sehingga rentan terhadap kerusakan mekanis, fisiologis, dan dehidrasi. Sifat-sifat ini membatasi transportasi dan distribusi buah dari kebun ke pasar yang berlokasi jauh (Nandane *et al.*, 2017). Gambar buah pir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Buah pir
Sumber: Dokumentasi pribadi (2024)

Berikut merupakan klasifikasi menurut Adiyanto (2009).

Kingdom : Plantae
 Divisio : Magnoliophyta
 Kelas : Dicotyledonae
 Sub kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Rosales
 Familia : Rosaceae
 Genus : *Pyrus*
 Species : *Pyrus bretschneideri* Rehd.
 Varietas : Yali

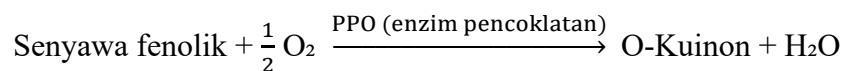
Morfologi tanaman pir meliputi daun yang tersusun berselang-seling, bisa berbentuk panjang dan ramping (*lanceolate*) atau lebar dan lonjong dengan panjang berkisar 2 hingga 12 cm. Sebagian spesies memiliki daun berwarna hijau cerah dengan sedikit bulu berwarna keperakan. Kebanyakan pohon pir bersifat *deciduous*, yang berarti mereka menggugurkan daunnya di musim dingin, sebagai pengecualian untuk dua spesies pir yang berada di Asia Tenggara yang bertahun-tahun daunnya selalu berwarna hijau. Struktur bunga pir yang terdiri dari daun mahkota berjumlah 5, berdiameter 2 hingga 4 cm, berwarna putih dengan aksen kuning atau merah muda biasanya mekar di bulan April. Buah pir biasanya memiliki bobot sebesar 160 g, dengan lebar 8 cm dan panjang sekitar 18 cm. Bentuk buahnya bervariasi, seperti pada bagian bawah lebih besar, dan pada bagian pangkal buah lebih ramping, sedangkan yang lain berbentuk bulat saja. Biji pir terhubung ke tembuni melalui struktur yang disebut *funiculus*, yang sering dikenal sebagai tali pusar biji. Daging buah pir memiliki ciri khas berupa adanya “sel batu” yaitu sel-sel sclerenchyma yang berbeda dari serat karena bentuknya yang begitu panjang (Wulandari, 2016).

Kulit buah pir yang matang memiliki bintik-bintik cokelat halus dan berwarna kuning. Buah ini disukai oleh berbagai kalangan karena mempunyai tekstur yang renyah, dan rasa manisnya. Selain itu, buah pir sendiri bila dikonsumsi akan sangat menyegarkan karena kadar air yang terkandung dalam buah tersebut relatif

tinggi sekitar 85%. Selain itu, terdapat beberapa zat gizi dalam buah pir yang bermanfaat bagi tubuh, diantaranya yaitu vitamin E, serat pangan (*dietary fiber*), provitamin A/karotenoid, vitamin C (3 mg/100g), niasin, tembaga, katekin, fosfor, kalsium, dan hidrogen peroksida yang baik untuk gigi. Senyawa katekin yang terdapat dalam buah pir memiliki kemampuan untuk mengubah sifat protein pada sel bakteri *Streptococcus mutans* dan mencegahnya menempel pada permukaan gigi (Widyaka, 2018).

2.2. *Browning*

Istilah “*browning*” atau pencoklatan mengacu pada perubahan warna bahan makanan yang semula berwarna cerah menjadi gelap (coklat), terutama pada buah-buahan (salak, pisang, apel, dll) dan pada bahan yang dipanaskan (gula). Terdapat dua jenis pencoklatan (*browning*) pada bahan pangan, yaitu *browning* non-enzimatik dan *browning* enzimatik. *Browning* non-enzimatik terjadi tanpa keterlibatan enzim dan biasanya disebabkan oleh reaksi kimia seperti reaksi *Maillard* antara asam amino dan gula pereduksi, atau karamelisasi gula pada suhu tinggi. *Browning* enzimatik terjadi akibat adanya aktivitas enzim, khususnya enzim fenol oksidase, yang memerlukan oksigen (O₂) untuk bereaksi dengan substrat fenolik. Enzim-enzim seperti fenol oksidase, polifenol oksidase (PPO), fenolase, atau polifenolase berperan dalam mengkatalisis oksidasi senyawa fenolik menjadi o-kuinon, yang kemudian membentuk pigmen berwarna coklat. Setiap enzim bersifat spesifik terhadap substrat tertentu. Proses ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti ketersediaan oksigen, pH, suhu, serta konsentrasi enzim PPO dan senyawa fenolik dalam buah dan sayuran (Singh *et al.*, 2018). Berikut merupakan reaksi mekanisme *browning* enzimatik.



Browning juga dialami oleh buah dengan substrat fenolik yang banyak dikandungnya, seperti katekin dan turunannya, termasuk asam klorogenat,

tirosin, asam kafeat, serta leukoantosianin, yang berfungsi sebagai substrat dalam proses pencoklatan. Substrat yang ideal untuk reaksi pencoklatan yakni ketika senyawa fenolik dengan struktur trihidroksi atau ortodihidroksi berdekatan (Arsa, 2016). Integritas sel tanaman dapat dirusak oleh proses ini, yang terjadi ketika jaringan tanaman diiris, dikupas, atau terluka secara mekanis. Akibatnya, enzim dapat berinteraksi dengan substrat seperti senyawa fenolik dan asam amino tirosin, termasuk asam klorogenat, katekin, dan asam kafeat, yang kemudian mengubah substrat fenolik menjadi 3,4-dihidroksifenilalanin (dopa) dan mengoksidasinya menjadi kuinon dengan bantuan enzim fenolase (Blackwell, 2012).

Browning yang disebabkan oleh enzim dapat memiliki efek menguntungkan dan juga merugikan. Reaksi ini memengaruhi rasa dan warna yang dihasilkan. Dampak yang menguntungkan, misalnya enzim polifenoloksidase berperan dalam menciptakan warna karamel pada buah kering, seperti buah ara, kismis, dan buah prem. Namun, kerugiannya adalah penurunan mutu pangan segar, yang pada akhirnya menurunkan nilai jualnya. Misalnya, saat memotong apel atau pisang, bagian yang terkena udara pada akhirnya akan berubah menjadi cokelat. Selain mengubah penampilan, peristiwa ini juga dapat mengakibatkan hilangnya nutrisi dan perubahan rasa. Laju proses *browning* pada pangan dapat diperlambat menggunakan berbagai metode, seperti penggunaan agen pengkelat, penghambatan reaksi antara substrat dan enzim, inaktivasi enzim, oksidator maupun inhibitor enzimatik. Metode konvensional yang sering digunakan yakni dengan merendam bahan pangan dalam air, dalam larutan sulfit, serta merendamnya dalam larutan asam sitrat (Blackwell, 2012).

2.3. *Edible Coating*

Coating diartikan sebagai bahan yang berbentuk lapisan tipis dan biasa digunakan pada produk pangan. Lapisan tipis yang disebut *edible coating* ini dirancang untuk melapisi makanan, dan aman jika dikonsumsi bersama makanan tanpa menimbulkan efek yang membahayakan. *Edible coating* berfungsi sebagai

penghalang untuk mencegah perpindahan kelembaban, lipid, O₂, zat terlarut, dan cahaya, sehingga dapat memperlambat proses pematangan dan pencoklatan buah (Widyaka, 2018). Selain itu, *edible coating* juga mempunyai sifat permeabel terhadap gas-gas tertentu serta dapat mengendalikan perpindahan zat larut air yang berpotensi memengaruhi struktur zat gizi dari pangan tersebut. *Edible coating* merupakan bahan kemasan tidak beracun yang dapat mengendalikan proses metabolisme, menunda kerusakan, mengurangi dehidrasi, memperpanjang masa simpan, mempertahankan senyawa aroma yang mudah menguap, dan menekan pertumbuhan mikroba, serta menjamin kualitas produk dengan meningkatkan tampilannya selama penyimpanan sebagai daya tarik bagi pelanggan (Sultan *et al.*, 2021).

Tujuan *edible coating* untuk menjaga integritas struktural dan menghentikan kehilangan sejumlah senyawa volatil yang memberikan aroma khas pada beberapa produk (Sitorus dkk., 2014). *Edible coating* yang biasanya berbahan dasar polisakarida, sering diaplikasikan pada produk hortikultura karena dapat berfungsi sebagai membran yang bersifat selektif permeabel untuk pertukaran O₂ dan CO₂ (Gozali dkk., 2020). Kemampuan ini dapat meningkatkan masa simpan produk akibat penurunan laju respirasi pada buah dan sayuran. Pengaplikasian *edible coating* di permukaan buah/sayuran juga dapat meningkatkan kualitas komoditas tersebut dengan mengurangi kehilangan air, memperbaiki tampilan kulit, dan menurunkan kerentanan kulit. Sejumlah peneliti telah menemukan pengaruh *coating* pada perpanjangan masa simpan buah, termasuk pada apel, mangga, kiwi (Hasan *et al.*, 2013). Menurut Putra (2019), penerapan *edible coating* memberikan empat manfaat, yaitu (1) dapat diterapkan secara tepat pada produk pangan; (2) menurunkan tingkat kerusakan alam; (3) memberikan pengaruh signifikan terhadap rasa; dan (4) meningkatkan nilai gizi.

Komponen utama dalam pembuatan *edible coating* terbagi dalam tiga jenis, yaitu lipid/minyak, hidrokoloid, dan komposit (kombinasi). Hidrokoloid yang digunakan dapat berupa protein (protein jagung, kasein, gelatin, gluten gandum, dan protein kedelai) dan polisakarida (alginat, pati, gum arab, pektin, dan

modifikasi karbohidrat lainnya). Adapun minyak yang sering dipakai dalam *edible coating* meliputi *beeswax*, lilin, asam lemak, dan gliserol. Selain itu, bahan tambahan seperti *plasticizer*, *flavor*, pewarna, antimikroba, dan antioksidan juga bisa digunakan dalam pembuatan *edible coating*. *Edible coating* berbasis hidrokoloid memiliki sejumlah keunggulan, diantaranya meningkatkan integritas struktural produk, memberikan sifat mekanis yang baik, serta secara efektif melindungi produk dari karbondioksida, oksigen, dan lipid. Akan tetapi, *coating* dari polisakarida kurang efektif dalam mengendalikan migrasi uap air. Kelebihan *edible coating* berbasis lipid, antara lain efektif sebagai pelapis untuk produk konfeksionari dan sebagai pelindung terhadap penguapan air. Fakta bahwa pelapis dari lipid ini memiliki banyak kekurangan dalam hal daya tahan dan integritasnya, membatasi penggunaannya sebagai pelapis dalam bentuk murni (Gozali dkk., 2020).

Terdapat beberapa metode dalam pengaplikasian *edible coating* pada produk, diantaranya adalah (1) pencelupan (*dipping*), biasa dilakukan pada produk yang mempunyai permukaan tidak halus, dan diterapkan pada produk hewani dan nabati; (2) penyemprotan (*spraying*), menciptakan lapisan yang lebih konsisten dan tipis daripada metode pencelupan dan biasanya diterapkan pada produk dengan permukaan dua sisi; (3) penuangan (*casting*), dimana larutan pelapis dituangkan dan diratakan pada permukaan datar, kemudian dibiarkan mengering hingga membentuk lapisan tipis; dan (4) pembusaan (*foaming*), melibatkan proses menghasilkan busa dari larutan pelapis sebelum diaplikasikan ke permukaan produk. Metode pencelupan (*Dipping*) adalah salah satu metode yang sering dipakai pada produk pangan diantara sejumlah metode lainnya yang melibatkan perendaman bahan makanan dalam larutan *coating* (Amalia dkk., 2020).

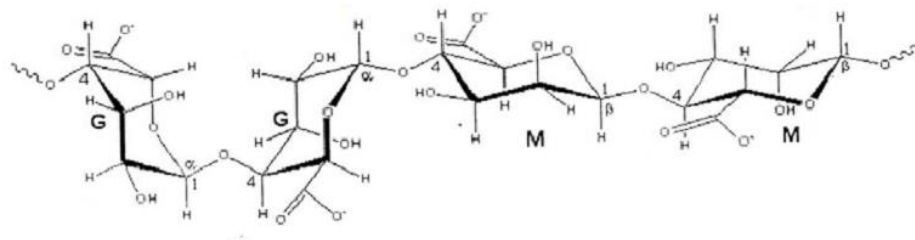
2.4. Alginat

Alginat termasuk jenis polisakarida yang diproduksi di dinding sel alga cokelat (*phaeophyceae*), dengan jumlah mencapai 40% dari berat kering total. Alginat

sangat penting dalam menjaga integritas struktural jaringan. Meskipun hampir semua jenis alga cokelat mengandung alginat, hanya sebagian kecil saja yang dapat diolah di Indonesia, seperti *Sargassum* sp, *Hormophysa* sp, *Turbinaria* sp, dan *Padina* sp. Seorang ahli kimia dari Inggris, Stanford mengekstrak alginat untuk pertama kalinya pada tahun 1880, dengan menggunakan alga *Laminaria stenophylla*. Awalnya alginat dianggap sebagai asam polimannuronat, namun sejak tahun 1964 diketahui bahwa asam alginat merupakan kopolimer dari asam L-guluronat dan asam D-mannuronat. Alginat tersusun dari 3 jenis struktur yang berbeda, yaitu homopolisakarida α -1,4-L-guluronat, β -1,4-D-mannuronat, dan heteropolisakarida yang merupakan bentuk kombinasi dari asam α -1,4-L-guluronat dan asam β -1,4-D-mannuronat (Dela, 2016). Menurut FDA (*Food and Drug Administration*), alginat termasuk dalam bahan GRAS (*Generally Recognized As Safe*) yang artinya bahan ini telah memenuhi standar keamanan dan dapat digunakan sebagai lapisan atau *film* yang dapat dimakan. Sifat alginat yang tidak beracun, mudah terurai secara hayati, mudah dikulturkan, dan terjangkau membuatnya menjadi zat pembentuk *film* yang menarik (Siburian *et al.*, 2021). Menurut Khalid (2021), kandungan serat dalam alginat terbukti memiliki manfaat sebagai anti hipertensi, menurunkan kadar kolesterol, melindungi lambung dan membran usus, serta memiliki efek antioksidan (Khalid, 2021).

Proses pembuatan alginat dengan metode pertukaran ion dalam kondisi alkalin, dimulai dengan mengubah kalsium dan magnesium alginat yang tidak larut dalam air menjadi natrium alginat yang larut dalam air. Jumlah ion karboksilat, berat molekul, dan pH, semuanya memengaruhi seberapa larut dan seberapa kuat alginat tersebut dalam mengikat air. Jika ada lebih banyak ion karboksilat dan residu kalsium alginat kurang dari 500, alginat akan lebih mampu mengikat air. Namun, ketika $\text{pH} < 3$ presipitasi akan terjadi (Dela, 2016). Sekitar 700–1000 residu asam β -D-manuronat (M) dan α -L-guluronat (G) membentuk molekul asam alginat, yang merupakan polimer linier tak bercabang. Asam guluronat memiliki ikatan diaksial 1C4, sedangkan asam D-manuronat memiliki ikatan diekuatorial 4C1 sedangkan asam guluronat memiliki ikatan diaksial 1C4

(Wandrey, 2005). Rantai yang terdiri atas 3 segmen polimer yang berbeda terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Alginat
Sumber: Wandrey (2005)

Terdapat beberapa karakteristik utama dari alginat, yaitu: (1) kemampuan untuk larut dalam air dan membuat larutan lebih kental; (2) alginat dapat membentuk gel; (3) alginat dapat membentuk serat (kalsium alginat) dan *film* (natrium). Suhu, konsentrasi, dan ukuran polimer merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik utama alginat tersebut. Selain itu, kation polivalen, *sequestran* (pengikat logam), dan garam monovalen merupakan faktor-faktor kimia yang juga dapat memengaruhi sifat alginat (Wandrey, 2005). Berdasarkan *Food Chemical Codex* (2004), standar mutu natrium alginat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Mutu Natrium Alginat

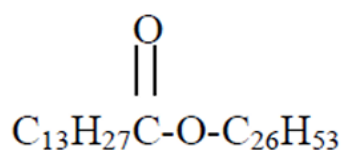
No.	Karakteristik	Keterangan
1.	Kemurnian (%)	90,8 - 106
2.	Kadar air (%)	<15
3.	Kadar abu (%)	18 - 27
4.	Warna bubuk	Gading
5.	Kadar Pb (ppm)	<10
6.	Logam berat (%)	<0,004
8.	Susut kering (%)	<15
9.	Rendemen (%)	>18

Sumber : Food Chemical Codex (2004).

2.5. Lilin Lebah (*Beeswax*)

Beeswax terkadang disebut sebagai “*white wax*” adalah cairan yang diproduksi oleh lebah madu, dan digunakan untuk membuat sarangnya. Lilin lebah (*beeswax*) ialah campuran kompleks yang terdiri dari berbagai penyusun, termasuk monoester linier, asam lemak bebas, hidrokarbon jenuh dan tak jenuh, alkohol lemak bebas, serta beberapa senyawa minor lainnya yang dibuat oleh lebah pekerja (Fathi *et al.*, 2013). *Beeswax* merupakan lilin alami yang dihasilkan oleh lebah *Apis Mellifera*. Lilin ini memiliki komposisi yang kompleks terdiri dari 35% monoester, 14% hidrokarbon, 14% diester, 8% hidroksi poliester, 3% triester, 4% hidroksi monoester, 1% alkohol bebas, 1% asam ester, 2% asam poliester, dan 6% komponen lainnya yang belum teridentifikasi (Saranggi dan Herawati, 2018).

Telah diketahui bahwa terdapat 300 lebih elemen individu yang terkandung dalam *beeswax* dari beragam spesies lebah madu. Monoesters lilin dalam lilin lebah sulit diurai melalui proses hidrolisis di usus manusia dan usus mamalia, sehingga tidak memiliki kadar gizi yang berarti. Unsur utama lilin lebah yaitu palmitoleat, ester oleat, palmitat, dan hidroksi palmitat dengan rantai panjang (C_{30} - C_{32}) dari alkohol aliphatic. Perbandingan antara triacontanil palmitat ($CH_3(CH_2)_{29}O-CO(CH_2)_{14}CH_3$) dengan asam serotik ($CH_3(CH_2)_{24}COOH$), yaitu 6:1 (Hamsiohan, 2019). Struktur *beeswax* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur beeswax
Sumber: Hamsiohan (2019)

Beeswax dicirikan sebagai ester yang terbentuk dari asam lemak dengan alkohol monohidrat yang mempunyai berat molekul tinggi. Berbeda dengan lemak, yang memiliki berat molekul rendah dan termasuk ester asam lemak yang mengandung alkohol trihidrat. Lilin lebah memiliki bentuk diester dan triester. *Beeswax* merupakan zat kimia triester yang merupakan ester dari asam lemak rantai panjang dengan asam hidroksilat dan alkohol rantai panjang (*sterol/fatty alcohol*),

dalam bentuk senyawa diester dari asam hidroksilat atau alkanadiol. Titik leleh dari *beeswax* relatif rendah, berkisar antara 62°C - 65°C, dengan indeks refraksi sebesar 1,44, tahanan dielektrisnya adalah 2,9 dan pada suhu 20°C berat jenisnya mencapai 0,96, lebih ringan dibandingkan air. Lilin ini hanya larut sebagian dalam alkohol dingin dan tidak dapat larut dalam air. Saat dipanaskan hingga di atas 85°C, lilin lebah akan mengalami perubahan warna yakni menjadi nyala kuning bersih dan mengeluarkan aroma yang khas. Seluruh lilin dilarutkan oleh eter, karbon disulfida, benzoena kloroform, dan beberapa minyak atsiri lainnya (Hamsiohan, 2019).

Lilin lebah, lilin carnauba, lilin candelilia, dan parafin termasuk diantara berbagai jenis lilin yang dapat diaplikasikan ke pangan. *Beeswax* di Uni Eropa diakui sebagai zat aditif makanan resmi, dan digunakan untuk bahan pelapis pada permen (tidak termasuk coklat), produk roti kecil berlapis coklat, makanan ringan, biji kopi, dan kacang-kacangan, serta diaplikasikan pada permukaan buah, seperti buah jeruk segar, apel, melon, persik, pir, dan nanas). Selain itu, lilin lebah juga dapat digunakan sebagai pewarna dan suplemen makanan. Lilin lebah bisa dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk *edible film/coating* khususnya pada berbagai produk hortikultura dalam meningkatkan masa simpan dan mutunya, berkat keunggulannya yang mudah didapat, harga yang terjangkau, dan *food grade* (Setiahadi, 2018). Menurut Herawan (2015), komposit whey-porang yang ditambahkan lipid pada pembuatan *edible film* dapat meningkatkan sifat penghalang kelembapan karena sifat hidrofobiknya (Herawan, 2015).

Proses pembuatan lilin lebah melibatkan perebusan sarang lebah dengan suhu 65°C, yang menyebabkan lilin mengapung. Kemudian, lilin lebah ditempatkan ke tempat perebusan yang berbeda, dipanaskan kembali dengan suhu 90°C, kemudian didinginkan untuk menghasilkan lilin yang lebih murni dan bersih/bebas dari kotoran. Lilin dari sarang lebah ini mengandung sekitar 50% resin (seperti asam fenolat dan flavonoid), 30% lilin lebah, 10% minyak aromatik, 5% senyawa aromatik, dan 5% polen. Komponen bioaktif berupa flavonoid dalam lilin lebah memberikan sifat antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan

mikroba. Keunggulan tersebut menjadikan lilin lebah sebagai satu diantara material yang dimanfaatkan untuk membuat *edible coating* atau *edible film* (Hamsiohan, 2019).

Lilin lebah kerap dipakai sebagai bahan pembuatan *edible coating* yang mampu membentuk lapisan pelindung pada kulit buah dengan tujuan mencegah kehilangan air melalui penguapan. Penggunaan lilin lebah memiliki manfaat sebagai zat yang aman untuk makanan (*food grade*), mudah didapatkan, dan harga yang ekonomis. Selain dapat dipakai sebagai *coating*, lilin lebah juga sering digunakan sebagai material pembuat *edible film*. Lilin lebah dapat memberikan dampak pada sifat-sifat *edible film*, termasuk ketebalan *film* tersebut.

Semakin tinggi konsentrasi lilin lebah, semakin tebal pula *edible film* yang terbentuk. Hal tersebut dikarenakan oleh pembentukan jaringan kristal lilin lebah dalam matriks lapisan, yang berkontribusi pada peningkatan ketebalan lapisan. Seiring dengan meningkatnya sifat hidrofobik, laju transmisi uap air akan menurun. Selain itu, lilin lebah membantu menjaga tekstur buah, mencegah kelayuan, memberikan kilau pada kulit buah, dan melindunginya dari benturan (Zhang *et al.*, 2014). Pelapisan dengan lilin ini juga dapat mencegah penurunan kadar vitamin C hingga batas tertentu. Lilin lebah biasanya diaplikasikan dalam bentuk emulsi, yang umumnya dibuat dari campuran lilin lebah, triethanolamine, asam oleat, dan air (*aquades*) (Setiahadi, 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, serta Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Januari sampai dengan Maret 2025.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah pir (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) jenis pir Asia (*Asian Pear*) dalam kondisi segar dan tidak memiliki luka besar atau cacat, yang diperoleh dari Pasar Tani, Bandar Lampung dengan bobot per-buah sekitar 300 g. Bahan-bahan lain yang digunakan memiliki kualitas *food grade*, meliputi lilin lebah organik yang diperoleh dari petani lokal di Kabupaten Tangerang, alginat (Algin), gliserol (WILFARIN), *tween* 80 (POEM Tween 80), dan CaCl_2 (TETRA) dan dibeli dari CV. SUBUR KIMIA JAYA. Larutan amilum 1% (*soluble strach*), 0,01 N standard yodium, dan aquades yang didapat dari Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian.

Alat-alat yang digunakan meliputi pisau, blender, talenan, gelas beaker 250 mL, gelas ukur, timbangan digital ketelitian $\pm 0,01$ g, timbangan analitik dengan ketelitian $\pm 0,0001$ g, termometer, *magnetic hot plate stirrer* (SH 3), pipet tetes, oven, desikator, cawan porselen, buret, statif, kolorimeter (AMT 507), *texture analyzer* (brookfield CT3), labu Erlenmeyer, refrigerator dan labu ukur 100 mL.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini disusun secara non-faktorial dalam metode Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 6 taraf yang dilakukan sebanyak 4 pengulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu kontrol (BK), alginat (B0), alginat + *beeswax* 2 % (B2), alginat + *beeswax* 4 % (B4), alginat + *beeswax* 6 % (B6), dan alginat + *beeswax* 8 % (B8). Persentase *beeswax* berdasarkan 100 mL aquades. Data yang didapat dari pengamatan hari ke-6 dan ke-12 akan dianalisis kesamaan ragam menggunakan uji Bartlett dan uji kemenambahan menggunakan uji Tukey. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) untuk memperoleh penduga ragam galat dan mengevaluasi ada atau tidaknya pengaruh antar perlakuan. Setelah itu, uji DMRT dilakukan pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan. Perlakuan terbaik dipilih menggunakan metode bintang berdasarkan hasil pengamatan kadar air, susut bobot, tingkat kekerasan, total padatan terlarut, dan warna dari hasil pengamatan hari ke-12 yang kemudian dilanjutkan dengan pengujian kadar vitamin C. Perlakuan pada pembuatan *edible coating* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perlakuan pada pembuatan *edible coating*

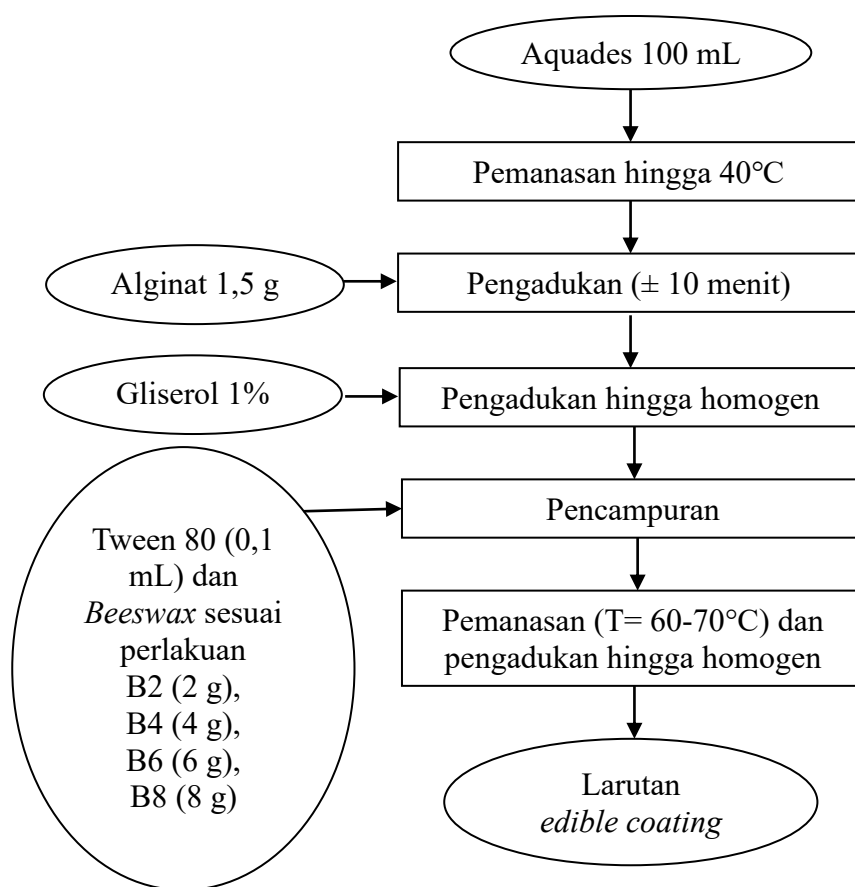
Perlakuan	Aquades (mL)	Alginat (g)	Gliserol (mL)	<i>Beeswax</i> (g)	<i>Tween</i> 80 (mL)
BK (kontrol)	-	-	-	-	-
B0	100	1,5	1	-	-
B2	100	1,5	1	2	0,1
B4	100	1,5	1	4	0,1
B6	100	1,5	1	6	0,1
B8	100	1,5	1	8	0,1

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan Larutan *Edible Coating*

Aquades sebanyak 100 mL dipanaskan hingga suhu 40°C, lalu 1,5 g alginat ditambahkan dan diaduk selama $\pm$ 10 menit. Selanjutnya, gliserol sebanyak 1% (1 mL) ditambahkan sebagai *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitas lapisan

alginat. Kemudian, lilin lebah (*beeswax*) dan *tween* 80 sebanyak 0,1 mL sebagai *emulsifier* ditambahkan untuk membantu menggabungkan bahan-bahan yang biasanya tidak larut, seperti minyak dan air. Persentase penambahan lilin lebah (*beeswax*) dan aquades yaitu 2 g/ 100 mL, 4 g/ 100 mL, 6 g/ 100 mL, dan 8 g/ 100 mL. Selanjutnya, campuran tersebut dipanaskan pada suhu sekitar 60-70°C sambil diaduk hingga homogen. Diagram alir proses pembuatan larutan *edible coating* berbasis alginat dengan penambahan lilin lebah disajikan pada Gambar 4.

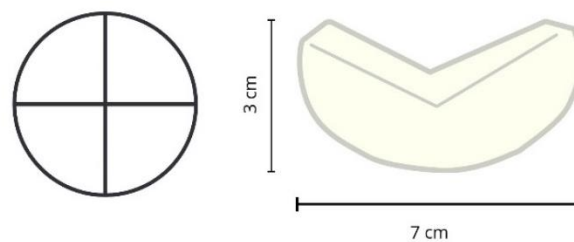


Gambar 4. Daigram alir pembuatan larutan *edible coating*
 Sumber: Qotimah dkk. (2022), yang dimodifikasi

3.4.2. Aplikasi *Edible Coating* pada Pir Potong

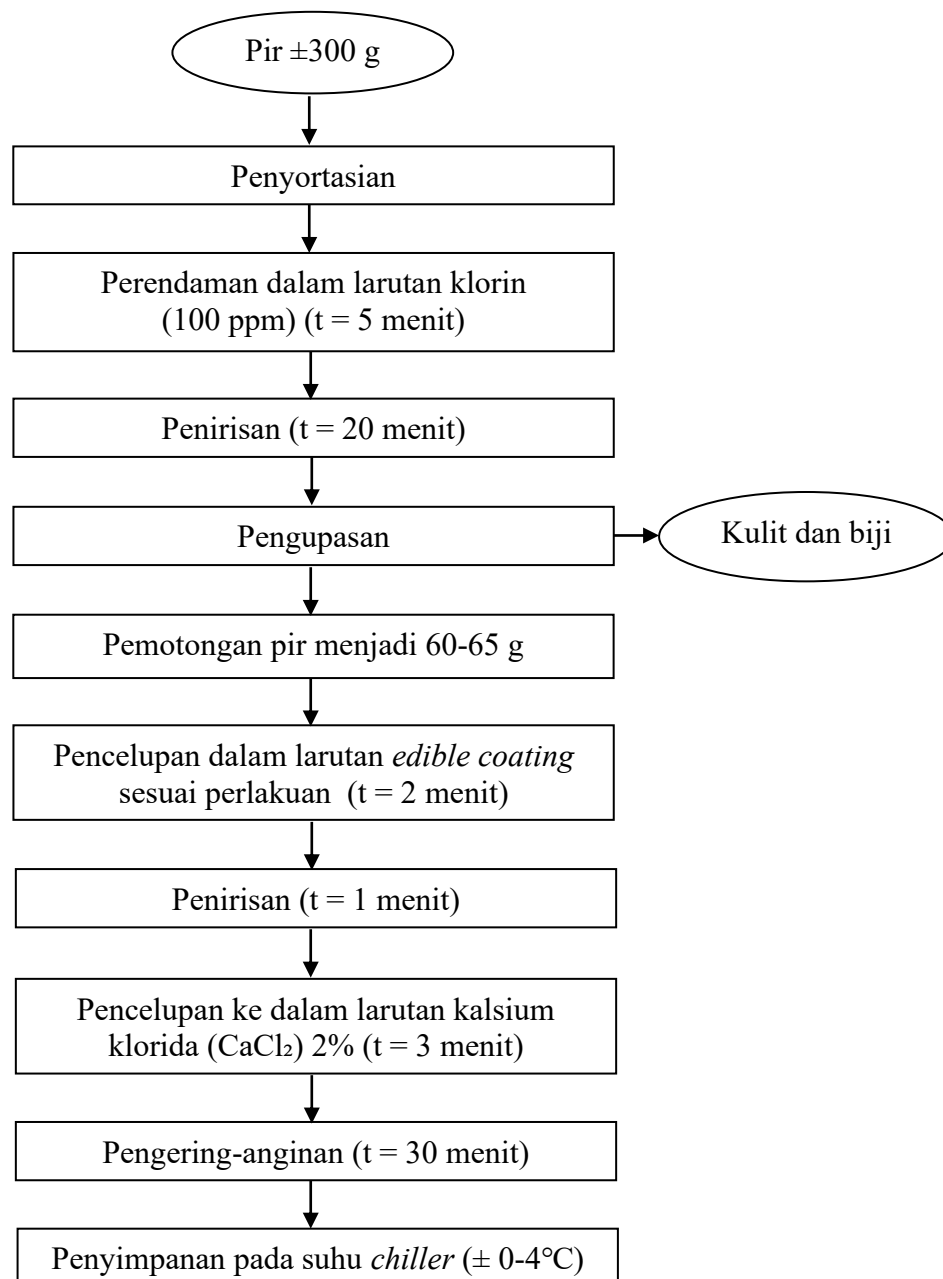
Pengaplikasian *edible coating* pada buah pir menggunakan dasar penelitian sebelumnya oleh Chiabrando & Giovanna (2016), yang dimodifikasi. Pir dengan taraf kematangan 80% dipilih dan dikelompokkan berdasarkan warna, ukuran,

serta tidak terjangkau hama. Pir kemudian dicuci menggunakan air bersih dan direndam dalam larutan klorin (100 ppm) selama 5 menit dan ditiriskan selama 20 menit. Senyawa klorin dapat menghambat aktivitas enzim pencoklatan yang menyebabkan perubahan warna buah menjadi coklat (Passafiume *et al.*, 2021). Kemudian, pir dipotong-potong menjadi potongan berukuran 3 cm dan 7 cm (berbentuk bulan sabit) menggunakan pisau dengan berat berkisar 60 - 65 g. Bentuk potongan dan ukuran hasil pemotongan pir dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk dan ukuran potongan sampel pir
Sumber: Hibatul (2018)

Langkah selanjutnya adalah sampel perlakuan dilapisi *edible coating* dengan cara dicelupkan seluruh bagian buahnya ke dalam larutan *edible coating* selama 2 menit, lalu tiriskan selama 1 menit. Kemudian, pir dicelupkan ke dalam 100 mL larutan kalsium klorida (CaCl_2) 2% selama 3 menit untuk membentuk ikatan silang (*cross-link*) pada alginat, sehingga lapisan menjadi lebih kuat dan stabil. Setelah itu, sampel dikeringanginkan pada suhu ruang selama 30 menit, lalu disimpan pada suhu *chiller* ($0-4^\circ\text{C}$) (Chiabrando & Giovanna, 2016). Pengamatan yang dilakukan meliputi kadar air, susut bobot, tingkat kekerasan, total padatan terlarut, dan warna, serta kadar vitamin C untuk sampel perlakuan terbaik. Sampel akan dilakukan pengamatan secara berkala yakni pada hari ke-0, 6, dan 12. Diagram alir proses pengaplikasian larutan *edible coating* pada buah pir disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir aplikasi *edible coating* pada buah pir
Sumber: Chiabrando & Giovanna (2016), yang dimodifikasi

3.5. Pengamatan

Pengambilan data dilakukan pada hari ke 0, 6, dan 12. Pengamatan yang dilakukan pada buah pir terolah minimal yang dilapisi *edible coating* berbasis alginat dengan penambahan lilin lebah berupa kadar air, susut bobot, tingkat kekerasan, total padatan terlarut, warna, dan kadar vitamin C.

3.5.1. Kadar Air

Kadar air dilakukan pada pengamatan hari ke-0, 6, dan 12. Pengukuran kadar air mengacu pada AOAC (Association of Official Analytical Collaboration) (2019), diawali dengan menimbang cawan porselen kosong yang kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C selama 1 jam. Cawan tersebut lalu didinginkan setengah jam atau 30 menit dalam desikator. Cawan ini digunakan untuk mengukur bobot sampel yang kemudian ditimbang dengan neraca analitik dan bobot nilainya dicatat. Sebanyak 2 g sampel ditimbang ke dalam cawan yang bobotnya telah diketahui. Kemudian, sampel beserta cawan dikeringkan selama 3 jam dalam oven bersuhu 105°C. Cawan kemudian didinginkan selama 30 menit dalam desikator dan ditimbang kembali. Pengeringan dan penimbangan dilakukan setiap 1 jam sampai mencapai bobot yang konstan. Perlakuan tersebut diulang hingga bobot yang konstan tercapai (dengan selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,0005 g). Analisis kadar air sampel didasarkan pada berat basah (bb) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\% bb)} = \frac{(B-C)}{(B-A)} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat cawan kosong (g)

B : berat cawan dan sampel awal (g)

C : berat cawan dan sampel kering (g)

3.5.2. Susut Bobot

Susut bobot dilakukan dengan menimbang pir setiap pengamatan hari ke-0, 6, dan 12. Bobot awal (W0) ditetapkan sebelum perlakuan, sedangkan bobot akhir (W1) ditetapkan setelah perlakuan. Dengan demikian, susut bobot dihitung sebagai selisih antara bobot sebelum dan setelah perlakuan (Megasari dan Mutia, 2019). Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung susut bobot:

$$\% \text{ Susut bobot} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

W0 : bobot awal (g)

W1 : bobot akhir (g)

3.5.3. Tingkat Kekerasan

Pengujian tingkat kekerasan buah pir dinyatakan dalam satuan gram-force (gf) atau Newton (N), menggunakan alat *texture analyzer* brookfield CT3. Alat ini bekerja berdasarkan prinsip ketahanan produk terhadap tekanan alat atau kemampuan bahan pangan untuk kembali ke keadaan awal setelah tekanan dilepaskan (Estiningtyas dan Rustanti, 2014). Buah pir ditekan pada 3 titik bagian buah pir (ujung kanan, ujung kiri, dan tengah), dengan probe berdiameter 6 mm sebanyak dua kali. Kecepatan probe diatur pada 5 mm/s dan sampel ditekan hingga mencapai 30 % dari tinggi awal. Parameter kekerasan diukur pada pengamatan hari ke-0, 6, dan 12.

3.5.4. Total Padatan Terlarut

Pengukuran total padatan terlarut (TPT) dilakukan pada pengamatan hari ke-0, 6, dan 12 dengan menggunakan alat *Hand Refractometer*, yang dirancang khusus untuk mengukur konsentrasi padatan terlarut, seperti gula, protein, garam, serta ideal untuk kontrol kualitas makanan dan cairan. Sari buah pir yang diperoleh dengan memarut seluruh bagian buah pir (1 sampel), diteteskan sebanyak 1-2 tetes ke kaca sensor *refractometer*. Setelah itu, tutup kaca refractometer dan lihat kesejajaran garis biru pada *refractometer* untuk membaca nilai derajat °brix dari sari buah pir. Nilai total padatan terlarut diukur dalam satuan persen (%) dalam rentang 0-32% (Arpani, 2019).

3.5.5. Warna

Parameter warna diukur menggunakan alat kolorimetri merek AMT 507, dengan nilai warna dinyatakan dalam nilai L, a*, dan b*. Nilai L mengindikasikan tingkat kecerahan (*lightness*) dengan rentang nilai 0 (hitam) sampai 100 (putih). Nilai a* (*redness*) menyatakan cahaya pantul yang menunjukkan warna kromatik antara

merah (0-80) dan hijau (0-(-80)). Sementara itu, untuk notasi b^* (*yellowness*) menyatakan warna kromatik antara kuning (0-70) dan biru (0-(-70)) (Sinaga, 2019). Sensor kolorimetri diletakkan di atas permukaan buah pir pada tiga titik, yaitu samping kanan, samping kiri, dan bagian bawah. Lalu, tekan tombol ukur untuk mengambil data warna. Parameter warna diukur pada pengamatan hari ke-0, 6, dan 12.

3.5.6. Kadar Vitamin C

Penentuan kandungan vitamin C mengikuti Jacobs (1958). Sampel yang digunakan adalah sampel dengan perlakuan terbaik dan sampel kontrol. Langkah pertama adalah menghancurkan buah pir dengan cara diparut. Selanjutnya, timbang sebanyak 5-10 g sampel yang telah dihaluskan atau berbentuk cair, kemudian sampel tersebut dituang ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades hingga mencapai tanda batas. Filtrat kemudian diperoleh dengan menyaring campuran tersebut melalui kertas saring atau disentrifugasi. Kemudian, sebanyak 5-25 mL filtrat diambil menggunakan pipet dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Selanjutnya, ditambahkan 2 mL larutan amilum 1% sebagai indikator, dan dititrasi dengan 0,01 N standard yodium hingga terbentuk warna biru muda. Kadar vitamin C dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar vitamin C} = \frac{mL \text{ iod } 0.01N \times 0.88 \times \text{faktor pengencer} \times 100}{\text{volume sampel}}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Penambahan lilin lebah ke dalam *edible coating* berbasis alginat berpengaruh nyata terhadap kadar air, susut bobot, tingkat kekerasan, total padatan terlarut, dan warna buah pir potong.
2. Karakteristik fisik dan kimia terbaik pada penelitian ini dihasilkan pada perlakuan B4 (lilin lebah 4%) yang disimpan pada suhu *chiller* (0-4°C) selama 12 hari, dengan nilai kadar air 85,66%, susut bobot 1,79 %, kekerasan 874,63 gf, Total Padatan Terlarut (TPT) 11,28°brix, dan warna L* 68,30 serta kadar vitamin C sebesar 0,0202 mg/g.

5.2. Saran

Saran yang diberikan pada penelitian ini adalah perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai lama penyimpanan serta pengujian sensori buah pir potong yang dilapisi *edible coating* berbasis alginat dengan penambahan lilin lebah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyanto, I. O. 2009. Pengaruh Lama Perendaman Gigi Dengan Jus Buah (*Pyrus communis*) Terhadap Perubahan Warna Gigi Pada Proses Pemutihan Gigi Secara In Vitro. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro. Semarang. 40 hlm.
- Amalia, U. N., Maharani, S., dan Widiaputri, S. I. 2020. Aplikasi *edible coating* pati umbi porang dengan penambahan ekstrak lengkuas pada buah pisang. *Edufortech (Education for Technology)*. 5(1): 36-43.
- Andriani, E. S., Nurwantoro, dan Hintono, A. 2018. Perubahan fisik tomat selama penyimpanan pada suhu ruang akibat pelapisan dengan agar-agar. *Jurnal Teknologi Pangan*. 2(2): 176-182.
- Ani, A. E. M., Mubarak, A. Z., dan Murtini, E. S. 2024. Aplikasi *edible coating* berbasis tepung biji nangka dan alginat terhadap kualitas buah tomat. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 17(1): 59-69.
- Arpani, N. A. P. 2019. Pengaruh Penstabil Tepung Ubi Jalar Terfermentasi Pada Pembuatan Yoghurt Pisang Ambon. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 61 hlm.
- Association of Analytical Chemists International (AOAC). 2019. *Official Methods of Analysis of AOAC Internasional 21st ed.* Chemist Incorporated. Washington D.C. 1. 3650 hlm.
- Atmaja, B. S. D. 2021. Optimasi Konsentrasi Tapioka, Lilin Lebah Madu, Dan Gliserol Dalam *Edible Coating* Untuk Meminimalkan Susut Bobot Dan Penurunan Karakteristik Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Yang Disimpan Selama 6 Hari Pada Suhu Ruang. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 62 hlm.
- Badan Ketahanan Pangan Kementrian Pertanian. 2020. *Analisis Ketersediaan Pangan Neraca Bahan Makanan Indonesia 2018 – 2020*. Pusat Ketersediaan dan Kerawanan Pangan. Jakarta. 142 hlm.
- Baldwin, E. A., Hagenmaier, R., and Bai, J. 2011. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. CRC Press. Boca Raton. 460 hlm.

- Blackwell, W. 2012. *Food Biochemistry and Food Processing 2nd(ed)*. American Society for Horticultural Science (ASHS). New York. 912 hlm.
- Chiabrando, V., and Giovanna, C. 2016. Effects of edible coatings on quality maintenance of fresh-cut nectarines. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 28(3): 201-207.
- Dela, S. D. I. 2016. Studi Pembuatan Natrium Alginat Dari *Sargassum* sp. Menggunakan Metode Ekstraksi Modifikasi Dengan Penambahan Natrium Karbonat Dan Karakterisasinya. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 93 hlm.
- Demasta, E. K., Al-Baarri, N., dan Legowo, A. M. 2018. Studi perubahan warna pada buah apel (*Malus domestica* B.) dengan perlakuan asam Hipiodous (HIO). *Jurnal Teknologi Pangan*. 4(2): 145-148.
- Dhyan, C. S., Sumarlan, S. H., dan Susilo, B. 2015. Pengaruh pelapisan lilin lebah dan suhu penyimpanan terhadap kualitas buah jambu biji (*Psidium guajava* L.). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 2(1): 79-90.
- Duvenage, F. J. 2016. Surface Microbial Ecology, Food Safety and Horticulture Production Assessment of Pear Fruit (*Pyrus communis*). *Tesis*. Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria. South Africa. 120 hlm.
- Estiningsih, D., dan Rustanti, N. 2014. Kandungan gizi sosis substitusi tepung tempe dengan bahan pengisi tepung ubi jalar kuning (*Ipomoea batatas*) dan bahan penstabil ekstrak rumput laut untuk PMT ibu hamil. *Journal of Nutrition College*. 3(2): 8-15.
- Fathi, M., Varshosaz, J., Mohebbi, M., and Shahidi, F. 2013. Hesperetin-loaded solid lipid nanoparticles and nanostructure lipid carriers for food fortification: Preparation, Characterization, and Modeling. *Food Bioprocess Technology*. 6(1): 1464–1475.
- Food Chemical Codex. 2004. *Food Chemical Codex 5th ed*. National Academic of Science. Washington D.C. 998 hlm.
- Fratini, F., Cilia, G., Turchi, B., and Felicioli, A. 2016. Beeswax: a minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 9(9): 839-843.
- Galus, S., and Kadzińska, J. 2015. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science and Technology*. 45(2): 273-283.

- García, M. P. M., Gómez-Guillén, M. C., López-Caballero, M. E., and Barbosa-Cánovas, G.V. 2016. *Edible Films dan Coatings: Fundamentals Dan Applications*. Chemical Rubber Company Press. Boca Raton. 616 hlm.
- Genevois, C. E., Pla, M. F. E., and Flores, S. K. 2016. Application of *edible coatings* to improve global quality of fortified pumpkin. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 33(1): 506–514.
- Günel-Köroğlu, D., and Capanoglu, E. 2024. The effect of using natural plant-based waxes in coating/film materials on postharvest quality of fruits and vegetables. *Future Postharvest and Food*. 1(1): 166–172.
- Gozali, T., Wijaya, W. P., dan Rengganis, M. I. 2020. Pengaruh konsentrasi cmc dan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *edible packaging* kopi instan dari pati kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*. 7(1): 1-9.
- Hamsiohan, P. 2019. Pengaruh Penambahan Lilin Lebah Dan Aroma Butter Terhadap Sifat Fisik, Mekanik Dan Sensori *Edible Film*. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Makassar. 74 hlm.
- Hasan, S. M. K., and Nicolai, B. 2014. Quality of pears with permeability of bio-fresh edible coating. *African Journal of Food Science*. 8(8): 410-418.
- Hasan, S. M. K., Sarkeer, M. S. H., and Nicolai, B. 2013. The effect of bio-fresh TM edible coatings on shelf life and quality of pears. *International Journal of Agricultural Science Research*. 2(3): 74-82.
- Herawan, C. D. 2015. Sintesis Dan Karakteristik *Edible Film* Dari Pati Kulit Pisang Dengan Penambahan Lilin Lebah (*Beeswax*). *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Semarang. 56 hlm.
- Herbowo, M. S., Riyadi, P. H, dan Romadhon. 2016. Pengaruh *edible coating* natrium alginat dalam menghambat kemunduran mutu daging rajungan (*Portunus pelagicus*) selama penyimpanan suhu rendah. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi*. 5(3): 37-44.
- Hibatul, A. U. N. H. 2018. Perubahan Kualitas Buah Apel Manalagi Potong Dengan Pelapis *Edible* Berbasis CMC Dan Sari Lemon (*Citrus limon*). *Tesis*. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang. 98 hlm.
- Ikhsan, M. K. 2024. Pengaruh Pelapis Sodium Alginat Dan Kalsium Klorida Terhadap Kualitas Apel (*Malus sylvestris* Mill.) Potong Segar. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 146 hlm.

- Jacobs, M. B. 1958. *The Chemistry and Teknologi of Food and Food Product*. Interscience Publisher. New York. 970 hlm.
- Jannah, F. R. 2024. Pengaruh Pelapis Sodium Alginat Dan Kalsium Klorida Dengan Perbedaan Jenis Agen Anti Browning Alami Terhadap Kualitas Apel (*Malus sylvestris* Mill.) Potong. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 172 hlm.
- Jibril, N. M. 2018. Studi aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO) dari buah langsung (*Lansium parasiticum*). *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Makassar. 54 hlm.
- Kanani, N., Ekasari, Wardalia, Subkhan, A., dan Rizky, R. 2018. Pengaruh penambahan gliserol dan lilin lebah pada susut berat buah sawo khas banten. *Jurnal Ilmiah Terbuka Teknik Kimia*. 7(2): 37-44.
- Khalid, I. 2021. Suplementasi Asam Alginat *Padina* sp. Dari Perairan Lampung Untuk Meningkatkan Respon Imun Nonspesifik Udang Vaname *Penaeus vannamei*. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 53 hlm.
- Koirala, B., and Shrestha, A. 2020. Comparative study of bioactive compounds in different varieties of pears in Nepal. *Nepal Journal Biotechnology*. 8(3): 95-101.
- Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R. R., Singh, S., and Varghese, E. 2018. Improving the shelf life of fresh-cut 'Royal Delicious' apple with edible coatings and anti-browning agents. *Journal Food Sciences Technology*. 5(5): 3767-3778.
- Linardi, B. E. 2019. Pengaruh Konsentrasi Minyak Sawit dalam *Edible Coating* dan Lama Penyimpanan Pada Suhu Ruang Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Jambu Biji Kristal. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 63 hlm.
- Mahadin. 2015. Aplikasi *Edible Coating* Berbasis Pati Singkong Untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Naga Terolah Minimal. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 77 hlm.
- Mahfudin, Prabawa, S., dan Sugianti, C. 2016. Kajian ekstrak daun randu (*Ceiba pentandra* L.) sebagai bahan *edible coating* terhadap sifat fisik dan kimia buah tomat selama penyimpanan. *Jurnal Industri Teknologi Pertanian*. 10(1): 16-23.
- Matloob, A., Ayub, H., Mohsin, M., Ambreen, S., Khan, F. A., Oranab, S., Rahim, M. A., Khalid, W., Nayik, G. A., Ramniwas, S., and Ercisli, S. 2023. A Review on edible coatings and films: advances, composition,

- production methods, and safety concerns. *American Chemical Society Omega*. 8(32): 28932–28944.
- Mawardi, R. F., Suhartatik, N., and Karyantina, M. 2023. The effectiveness of edible coating aloe vera (*Aloe vera chinensis* L.) in inhibiting enzymatic browning on sliced apples. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Industri Pangan UNISRI*. 8(2): 203-212.
- Medho, M. C. 2019. Pemberian Lapisan Lilin Lebah Dengan Pelarut Etil Eter terhadap Daya Simpan Dan Kualitas Buah Jambu Biji (*Psidium guajava* L.). *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta. 142 hlm.
- Megasari, R., dan Mutia, A. K. 2019. Pengaruh lapisan *edible coating* kitosan pada cabai keriting (*Capsicum annum* L.) dengan penyimpanan suhu rendah. *Journal of Agritechology Science*. 3(2): 118-127.
- Meindrawan, B., Suyatma, N. E., Muchtadi, T. R., dan Iriani, E. S. 2017. Aplikasi pelapis bionanokomposit berbasis karagenan untuk mempertahankan mutu buah mangga utuh. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 5(1): 89-96.
- Mohamed, A. Y. I., and Shaaban, F. K. M. 2014. Effect of some edible coating on quality of fresh pear slices during cold storage. *Middle East Journal of Applied Sciences*. 4(4): 1161-1170.
- Muryeti, dan Sadida, K. 2025. Pengaruh *edible coating* berbasis kitosan, ekstrak aloe vera dengan penambahan pektin jeruk terhadap masa simpan buah pir potong. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 13(1): 55–67.
- Nandane, A. S., Dave, R. K., and Rao, R. 2017. Optimization of edible coating formulations for improving postharvest quality and shelf life of pear fruit using response surface methodology. *Journal Food Science Technology*. 54(1): 1-8.
- Oko, S., Kurniawan, A., Ramadhan, G., dan Alam, P. 2023. Pengaruh penambahan massa lilin lebah (*beeswax*) sebagai zat anti air pada pembuatan *edible film* dari beras merah (*Oryza nivara*). *Jurnal Teknologi*. 15(1): 65-72.
- Öztürk, A., Demirsoy, L., Demirsoy, H., Asan, A., and Osman, G. 2014. Phenolic compounds and chemical characteristics of pears (*Pyrus Communis* L.). *International Journal of Food Properties*. 18(3): 536-546.
- Pardede, V. O. U. 2023. Pengaruh Penambahan CMC Pada *Edible Coating* Dari Pati Jagung (*Zea mays* L.) Terhadap Daya Simpan Buah Cabai Merah Keriting (*Capsicum annum* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 47 hlm.

- Passafiume, R., Gugliuzza, G., Gaglio, R., Busetta, G., Tinebra, I., Sortino, G., and Farina, V. 2021. Aloe-based edible coating to maintain quality of fresh-cut italian pears (*Pyrus communis* L.) during cold storage. *Horticulturae*. 7(12): 581-594.
- Piluzza, G., Campesi, G., D'hallewin, G., Molinu, M. G., Re, G. A., Sanna, F., and Sulas, L. 2023. Antioxidants in fruit fractions of mediterranean ancient pear cultivars. *Molecules*. 2(8): 3559-3574.
- Plesoianu, A. M., and Nour, V. 2022. Pectin-based edible coating combined with chemical dips containing antimicrobials and antibrowning agents to maintain quality of fresh-cut pears. *Horticulturae*. 8(449): 1-18.
- Purnamasari, E. 2024. Pengaruh *Edible Coating* Gelatin-Sodium Alginat Dengan Penambahan Minyak Esensial Kulit Lemon Terhadap Kualitas Jambu Kristal (*Psidium guajava*) Selama Penyimpanan. *Tesis*. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 129 hlm.
- Purwanto, Y. A., dan Effendi, R. N. 2016. Penggunaan asam askorbat dan lidah buaya untuk menghambat pencoklatan pada buah potong apel malang. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 4(2): 1-8.
- Putra, A. S. P., Ali, A., dan Efendi, R. 2017. Karakteristik *edible film* pati tapioka dengan penambahan minyak atsiri daun jeruk purut sebagai antibakteri. *Agricultural Science and Technology Journal*. 16(1): 13-20.
- Putra, B. D. 2019. Aplikasi *Edible Coating* Berbasis Karagenan Dengan Penambahan Minyak Kelapa Untuk Meminimalisasi Susut Bobot Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Pada Suhu Ruang. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 64 hlm.
- Qotimah, K., Dewi, E. N., dan Suharto, S. 2022. Pengaruh *edible coating* berbasis gelatin-alginat terhadap kemunduran mutu bakso ikan lele (*Clarias* sp.) pada penyimpanan suhu ruang. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 4(2): 93-99.
- Raghav, P. K., Agarwal, N., and Saini, M. 2016. Edible coating of fruits and vegetables: a review. *International Journal of Scientific Research and Modern Education*. 1(1): 188-204.
- Rahayu, S. 2021. Pengaruh Konsentrasi *Edible Coating* Lidah Buaya Untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Anggur Varietas Jupiter Selama Penyimpanan. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 87 hlm.

- Refilda, Ngestu, R. H., Salim, E., dan Yefrida. 2022. Teknik *edible coating* dengan menggunakan campuran gel lidah buaya dan ekstrak daun *psidium guajava* l. untuk mempertahankan sifat fisikokimia buah jambu biji. *Jurnal Riset Kimia*. 13(2): 163-177.
- Risnayanti, Sabang, S. M., dan Ratman. 2015. Analisis perbedaan kadar vitamin c buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dan buah naga putih (*Hylocereus undatus*) yang tumbuh di Desa Kolono kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Akademika Kimia*. 4(2): 91-96.
- Saranggi, F. J., dan Herawati, M. M. 2018. Pengaruh Pelilinan Dengan Lilin Lebah Terhadap Karakteristik Fisiologi Buah Pisang Cavendish Pada Masa Simpan. *Prossiding Konser Karya Ilmiah*. 269-274.
- Setiahadi, D. S. 2018. Aplikasi Lilin Lebah Untuk Pelapisan Buah Pisang Mas Kirana (*Musa Acuminata* L.) Pada Berbagai Suhu Penyimpanan. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Jember. 65 hlm.
- Setiawan, M. A. 2019. Aplikasi Ekstrak Daun Cincau Hijau (*Cyclea barbata* L.M.) Sebagai *Edible Coating* Pada Mentimun (*Cucumis sativus* L.) Selama Masa Penyimpanan. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 41 hlm.
- Siburian, W. P., Falah, M. A. F., and Mangunwikarta, J. 2021. Alginate-based edible coatings enriched with cinnamon essential oil extend storability and maintain the quality of strawberries under tropical control. *Jurnal Agrosains (Journal of Agroindustry Science)*. 9(1): 58-70.
- Sinaga, A. S. 2019. Segmentasi ruang warna L^*a^*b . *Jurnal Mantik Penusa*. 3(1): 43-46.
- Singh, B., Suri, K., Shevkani, K., Kaur, A., Kaur, A., and Singh, N. 2018. *Enzymatic Browning of Fruit and Vegetables: A Review*. In: Kuddus, M. (eds) *Enzymes in Food Technology*. Springer Nature Singapore Private Limited. Singapura. 16 hlm.
- Sirait, V. A. A., Zulkifli, Handayani, T. T., dan Lande, M. L. 2018. Pengaruh penambahan asam sitrat terhadap proses non-enzimatik browning jus buah pir yali (*Pyrus bretschneideri* Rehd.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 18(3): 186-192.
- Sitorus, R. F., Karo-Karo, T., dan Lubis, Z. 2014. Pengaruh konsentrasi kitosan sebagai *edible coating* dan lama penyimpanan terhadap mutu buah jambu biji merah. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 2(1): 37-46.
- Sulistyo, F. T., Utomoa, A. R., dan Setijawatia, E. 2018. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap karakteristik fisikokimia *edible film* berbasis gelatin. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 17(2): 75-80.

- Sultan, M., Hafez, O. M., Saleh, M. A., and Youssef, A. M. 2021. Smart edible coating films based on chitosan and beeswax–pollen grains for the postharvest preservation of Le Conte pear. *Royal Society of Chemistry Advances*. 11(1): 9572–9585.
- Sunarmi, Maajid, L. A., dan Kirwanto, A. 2018. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar vitamin c buah apel (*Malus sylvestris* Mill.). *Jurnal Kebidanan dan Kesehatan Tradisional*. 3(2): 90-94.
- Suriati, L., Utama, I. M. S., Harsojuwono, B. A., and Gunam, I. B. W. 2020. Incorporating additives for stability of Aloe gel potentially as an edible coating. *AIMS Agriculture and Food*. 5(3): 327–336.
- Susanto, S., Inkorisa, D., dan Hermansyah, D. 2018. Pelilinan efektif memperpanjang masa simpan buah jambu biji (*Psidium guajava* L.) ‘kristal’. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 9(1): 19-26.
- Szulc, J., Machnowski, W., Kowalska, S., Jachowicz, A., Ruman, T., Steglinsk, A., and Gutarowska, B. 2020. Beeswax-modified textiles: method of preparation and assessment of antimicrobial properties. *Polymers (Basel)*. 12(2): 344-359.
- Tabassum, N., and Khan, M. A. 2020. Modified atmosphere packaging of fresh cut papaya using alginate based edible coating: Quality evaluation and shelf life study. *Scientia Horticulturae*. 259(1): 1-9.
- Tran, V. T., Kingwascharapong, P., Tanaka, F., and Tanaka, F. 2021. Effect of edible coatings developed from chitosan incorporated with tea seed oil on Japanese pear. *Scientia Horticulturae*. 288(1): 1-10.
- United State Departement of Agriculture (USDA). 2023. *Fresh Apples, Grapes, and Pears: World Markets and Trade*. <https://www.fas.usda.gov/data/fresh-apples-grapes-and-pears-world-markets-and-trade>. Diakses Desember 2024.
- Utomo, P. P., dan Salahudin, F. 2015. Pengaruh inkorporasi lipid dan antioksidan terhadap sifat mekanik dan permeabilitas *edible film* pati jagung. *Biopropal Industri*. 6(1): 37-42.
- Vijayan, S. P., Aparna, S., and Sahoo, S. K. 2023. Effect of beeswax on hydrophobicity, moisture resistance and transparency of UV curable linseed oil-based compostable paper coating for packaging. *Industrial Crops and Products*. 197(5): 116645-116657.
- Wandrey, C. 2005. Polyelectrolytes and Biopolimer. *Materials Science and Engineering*. 30(3): 1-37.

- Wati, G. A. S. W. T., Suriati, L., dan Semariyani, A. A. M. 2023. Karakteristik fisiko kimia *edible film* pulp kopi dengan penambahan kitosan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 21(2): 63-73.
- Widyaka, V. H., Pranata, F. S., and Purwijatiningsih L. E. 2019. Application of starch *edible coating* which added asam kandis extract (*garcinia xanthochymus*) to pear fruit (*pyrus pyrifolia*) minimally process. *Journal Food Life Sciences*. 3(2): 82-91.
- Widyaka, V. H. 2018. Aplikasi *Edible Coating* Pati Tapioka Dengan Penambahan Ekstrak Asam Kandis (*Garcinia xanthochymus*) Pada Buah Pir (*Pyrus pyrifolia*) Terolah Minimal. *Skripsi*. Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta. 83 hlm.
- Wulandari, C. 2016. Pengaruh Asam Sitrat Terhadap Indeks Browning, Kandungan Karbohidrat Terlarut Total, Dan Aktifitas Enzim Dehidrogenase Pada Buah Pir Yali (*Pyrus bretschneideri* Rehd.). *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 42 hlm.
- Yanti, N. A., Ahmad, S. W., Ramadhan, L. O. A. N., and Walhidayah, T. 2021. Mechanical properties of edible film based bacterial cellulose from sago liquid waste using starch as stabilizer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 948(1): 1-7.
- Zhang, W., Xiao, H., and Qian, L. 2014. Enhanced water vapour barrier and grease resistance of paper bilayer coated with chitosan and beeswax. *Carbohydrate Polymers*. 101(1): 401-406.