



Utilization of Kepok Banana Peel Pectin (*Musa paradisiaca* L.) as an Edible Coating to Extend the Shelf Life of Red Grapes

Listy Indriasari* dan Samuel Budi Wardhana Kusuma

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima : 09-07-2024

Disetujui : 24-09-2024

Dipublikasikan : 25-11-2024

Keywords:

pengawetan

edible coating

pektin

waktu pencelupan

suhu penyimpanan

Abstrak

Buah anggur merah merupakan buah yang mudah mengalami pembusukan pasca panen. Berbagai metode telah dikembangkan untuk memperpanjang umur simpan buah anggur pasca panen, seperti pendinginan dan pengasapan dengan sulfur dioksida. Namun, metode pengawetan tersebut dinilai kurang efisien. Oleh karena itu diperlukan metode pengawetan yang lebih baik seperti pemberian *edible coating*. *Edible coating* dapat dibuat dari senyawa pektin yang diekstraksi dari kulit pisang kepok. Pisang kepok merupakan salah satu jenis pisang yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Pada penelitian ini pektin kulit pisang kepok diekstraksi dengan metode UAE. Pelapisan buah anggur merah dilakukan dengan metode pencelupan, dengan variasi waktu 5, 10, dan 20 menit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pektin kulit pisang kepok, pengaruh waktu pencelupan, dan suhu penyimpanan pada karakteristik buah anggur merah. Hasil pektin yang diekstraksi dari kulit pisang kepok pada penelitian ini termasuk pektin bermetoksi rendah dengan rendemen sebesar 2,11%. Perlakuan waktu pencelupan dan suhu penyimpanan yang berbeda menunjukkan pengaruh terhadap karakteristik buah anggur merah. Susut bobot terkecil diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit pada suhu lemari pendingin (0,65%). Kadar air terbaik diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit pada suhu ruang (86,81%). Kadar vitamin C dapat dipertahankan oleh perlakuan waktu pencelupan 20 menit pada suhu lemari pendingin (2,96%). Perbedaan warna terkecil diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 10 menit pada suhu lemari pendingin (6,69%).

Abstract

Red grapes are a fruit that easily rots after harvest. Various methods have been developed to extend the shelf life of grapes post-harvest, such as refrigeration and fumigation with sulfur dioxide. However, this preservation method is considered less efficient. Therefore, better preservation methods are needed, such as providing edible coating. Edible coating can be made from pectin compounds extracted from Kepok banana peels. Kepok bananas are a type of banana that is widely consumed by Indonesian people. In this study, kepok banana peel pectin was extracted using the UAE method. The coating of red grapes is carried out using the dipping method, with varying times of 5, 10, and 20 minutes. The aim of this research was to determine the characteristics of kepok banana peel pectin, the effect of dipping time and storage temperature on the characteristics of red grapes. The results of pectin extracted from Kepok banana peels in this study included low methoxy pectin with a yield of 2.11%. Different immersion times and storage temperatures showed an influence on the characteristics of red grapes. The smallest weight loss was obtained when the immersion time was 5 minutes at refrigerator temperature (0.65%). The best water content was obtained in the immersion treatment time of 5 minutes at room temperature (86.81%). Vitamin C levels can be maintained by immersion treatment for 20 minutes at refrigerator temperature (2.96%). The smallest color difference was obtained when the dyeing time was 10 minutes at refrigerator temperature (6.69%).

Pendahuluan

Anggur adalah salah satu buah yang banyak dikonsumsi dan populer di masyarakat Indonesia. Berdasarkan data BPS (2022), produksi buah anggur di Indonesia mencapai 13.516 ton. Jumlah ini meningkat dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Anggur biasanya dikonsumsi langsung karena rasanya yang manis, sedikit asam, dan banyak mengandung air. Buah anggur mudah mengalami kerusakan pascapanen. Kerusakan anggur dikarenakan kehilangan air, oksidasi, dan infeksi jamur. Hal tersebut akan mempengaruhi rasa dan penampilan buah anggur sehingga tidak layak untuk dipasarkan (Sortino *et al.*, 2017). Berbagai metode telah dikembangkan untuk memperpanjang umur simpan buah anggur pascapanen, seperti pendinginan dan pengasapan. Akan tetapi metode tersebut tidak cukup untuk menjaga kualitas buah dengan optimal selama distribusi dan pemasaran.

Edible coating merupakan salah satu pengembangan teknologi pengemasan baru. *Edible coating* ialah lapisan tipis dari bahan yang dapat dimakan, yang dibentuk sebagai lapisan pelindung pada makanan dan dapat dikonsumsi bersamaan dengan produk tersebut (Galus *et al.*, 2020). *Edible coating* bertindak sebagai lapisan ekstra yang melapisi stomata sehingga akan mengurangi terjadinya transpirasi pada produk yang dilapisi (Vargas *et al.*, 2008). *Edible coating* dapat dibuat dengan melarutkan bahan/senyawa pelapis tertentu dalam pelarut organik maupun anorganik. Pengaplikasian *edible coating* dilakukan dengan beberapa teknik, seperti pencelupan, penyemprotan, dan pengolesan. Pencelupan merupakan teknik yang sering digunakan untuk aplikasi pelapis pada buah dan sayur. Keunggulan dari teknik ini adalah pelapis dapat memberikan lapisan yang menyeluruh dan merata pada permukaan buah (Priya, Thirunavookarasu and Chidanand, 2023). Lamanya waktu pencelupan pada pengaplikasian akan melapisi permukaan buah secara merata, sehingga mempengaruhi efektivitas *edible coating* (Karmida, Hayati and Marliah, 2022).

Polisakarida merupakan komponen utama polimer terbarukan yang paling melimpah kesediaannya di alam. Beberapa *edible coating* berbasis polisakarida, terutama kitosan, telah dilaporkan secara efektif dapat menjaga kualitas buah anggur pascapanen (Castelo Branco Melo *et al.*, 2018; Sabir *et al.*, 2019). Polisakarida pektin masih jarang dieksplorasi sebagai *edible coating* untuk memperpanjang umur simpan buah anggur pascapanen. Pektin ditemukan dari bahan alam, seperti kulit pisang. Salah satu jenis pisang yang banyak ditemui, yaitu pisang kepok. Kulit pisang kepok mengandung pektin 25,59% dengan ekstraksi berbantuan gelombang ultrasonik (Adhiksana, Fitriyana and Irwan, 2017). Metode UAE memanfaatkan gelombang ultrasonik yang berkisar dari 20 – 100 kHz dalam proses ekstraksi (Picot-Allain, Ramasawmy and Emmambux, 2022). Gelombang ultrasonik menghasilkan gelembung kavitas yang menyebabkan gangguan pada dinding sel tanaman sehingga dapat meningkatkan hasil pektin (Phaiphan *et al.*, 2020). Keunggulan dari metode UAE adalah waktu ekstraksi yang lebih singkat, konsumsi energi lebih rendah, pelarut yang lebih sedikit, dan hasil ekstraksi yang lebih baik. Oleh karena itu, metode ini dinilai sebagai metode ekstraksi yang lebih efisien dan ramah lingkungan (Belkheiri *et al.*, 2021; Picot-Allain, Ramasawmy and Emmambux, 2022).

Penelitian mengenai pemanfaatan pektin dari kulit pisang kepok sebagai *edible coating* pada buah telah dilakukan oleh peneliti. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sigiyo *et al.* (2022), melakukan ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok menggunakan metode konvensional dengan variasi suhu ekstraksi dan aplikasinya sebagai *edible coating* pada buah tomat. Pada penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan pektin kulit pisang kepok dengan metode UAE sebagai *edible coating* untuk memperpanjang umur simpan buah anggur merah pascapanen. Variabel bebas dalam penelitian adalah waktu pencelupan anggur merah dalam *edible coating* (5, 10, dan 20 menit) dan suhu penyimpanan (9°C dan 27°C) untuk mengetahui perlakuan yang dapat menjaga kualitas buah anggur merah selama umur simpan.

Metode

Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksperimen di laboratorium. Rancangan desain penelitian berupa perbandingan karakterisasi pektin ekstraksi dan standar mutu IPPA, serta perbandingan karakterisasi dari buah anggur kontrol dan variasi waktu pencelupan (5, 10, dan 20 menit) dan suhu penyimpanan (9 dan 27°C).

Alat

Seperangkat alat gelas, oven, furnace, statif dan klem, termometer ruangan, ultrasonic cleaner, hot plate, neraca analitik, ayakan, blender, *centrifuge*, lemari asam, *magnetic stirrer bar*, mortar dan alu, kertas saring, kertas pH universal, spatula, pisau, loyang, lemari pendingin, spektrofotometer FT-IR (*PerkinElmer Spectrum IR 10.6.1*), SEM-EDX (*Phenom Pro-X*), spektrofotometer UV-Vis (*Fluostar Omega BMG LabTech*), *Microplate* kuarsa 96-well (*BMG Labtech 96*), kamera ponsel, dan aplikasi *Color Grab*.

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah buah anggur merah, kulit dari pisang kepok matang dan berwarna kuning, asam klorida, aquades, etanol 96% (teknis), gliserol, natrium bikarbonat, kalsium klorida, indikator fenolftalein, larutan NaOH, asam askorbat.

Prosedur

1. Preparasi Sampel Kulit Pisang Kepok

Kulit pisang kepok dicuci bersih dengan air dan dipotong kecil-kecil. Kemudian dikeringkan dengan cahaya matahari dan oven suhu 60°C hingga kering (Pagarra *et al.*, 2019; Mada, Duraisamy and Guesh, 2022). Selanjutnya kulit pisang kepok dihaluskan menggunakan grinder dan diayak dengan ukuran 100 mesh (Megawati and Machsunah, 2016).

2. Analisis FTIR Serbuk Kulit Pisang Kepok

Serbuk kulit pisang kepok dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung di dalamnya. Pembacaan spektrum FTIR dilakukan pada bilangan gelombang 4000 – 400 cm⁻¹ (Sondari & Iltizam, 2018). Hasil spektrum nantinya akan dibandingkan dengan spektrum FTIR dari pektin ekstraksi.

3. Ekstraksi Pektin dari Kulit Pisang Kepok

Ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok mengikuti metode Adhiksana *et al.* (2017) dengan sedikit modifikasi. Serbuk kulit pisang kepok ditimbang sebanyak 10 gram kemudian ditambahkan dengan 200 mL asam klorida 0,05 N. campuran tersebut diekstraksi dalam *ultrasonic cleaner* pada suhu 60°C selama 60 menit. Kemudian disaring dengan kain saring untuk memperoleh filtrat. Filtrat didinginkan pada suhu ruang. Lalu ditambah etanol 96% dengan perbandingan 1:1 (v/v). Kemudian didiamkan selama 24 jam (Adhiksana *et al.*, 2017; Febriyanti *et al.*, 2018). Kemudian disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 15 menit untuk memisahkan endapan (Zeng *et al.*, 2023). Endapan pektin yang diperoleh dicuci dengan etanol hingga netral. Kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 3 jam (Phaiphan *et al.*, 2020).

4. Karakterisasi Pektin Hasil Ekstraksi

Kadar Air

Serbuk pektin sebanyak 0,3 gram dimasukkan dalam cawan porselen yang sudah ditimbang sebelumnya. Kemudian di oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kemudian diocen kembali selama 30 menit hingga berat konstan (Febriyanti, Razak and Sumarni, 2018).

Kadar Abu

Cawan krus di oven pada suhu 120°C untuk menghilangkan kandungan air. Kemudian dimasukkan dalam desikator untuk kemudian ditimbang. Serbuk pektin sebanyak 0,5 gram dimasukkan dalam cawan krus yang telah ditimbang terlebih dahulu. Kemudian diabukan dalam *furnace* bersuhu 650°C selama 4 jam. Lalu didinginkan dalam desikator untuk selanjutnya ditimbang (Pardede, Ratnawati and HP, 2013; Febriyanti, Razak and Sumarni, 2018).

Berat Ekuivalen

Berat ekuivalen ditentukan dengan menimbang 0,1 gram pektin dalam labu erlenmeyer 100 mL dan dibasahi dengan 1 mL etanol 96%. Kemudian ditambahkan dengan 20 mL aquades dan diaduk selama 1 jam pada suhu 40°C. Campuran tersebut kemudian ditambahkan 0,2 gram NaCl dan 3 tetes indikator fenolftalein. Campuran tersebut kemudian diaduk dengan cepat untuk memastikan seluruh zat pektin telah larut dan tidak ada gumpalan yang menempel pada sisi labu erlenmeyer. Titrasi dilakukan secara perlahan dengan larutan NaOH 0,1 N hingga warna campuran berubah menjadi merah muda dan bertahan selama 30 detik. Pengujian dilakukan secara duplo agar data yang dihasilkan lebih akurat (Elsyana & Alvita, 2021).

Kadar Metoksil

Penentuan kadar metoksil dilakukan dengan menambahkan 10 mL NaOH 0,25 N ke dalam larutan dari penentuan berat ekuivalen. Campuran dikocok dengan baik dan didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar dalam labu erlenmeyer tertutup. Ditambahkan 10 mL HCl 0,25 N dan 3 tetes indikator fenolftalein ke dalam campuran lalu dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N hingga larutan berubah warna menjadi merah muda. Pengujian dilakukan secara duplo agar data yang dihasilkan lebih akurat (Elsyana & Alvita, 2021).

Kadar Asam Galakturonat

Kadar asam galakturonat diperoleh dari volume NaOH yang digunakan pada penentuan berat ekuivalen dan kadar metoksil. Perhitungan kadar asam galakturonat dapat menggunakan rumus berikut (Wathoni *et al.*, 2019; Elsyana and Alvita, 2021):

$$\text{Kadar asam galakturonat (\%)} = \frac{(\text{mEq NaOH dari BE} + \text{mEq NaOH dari kadar metoksil}) \times 176 \times 100}{\text{berat sampel awal (mg)}}$$

Analisis FTIR

Serbuk pektin kulit pisang kepok dianalisis menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 4000 – 400 cm^{-1} (Mada *et al.*, 2022).

Analisis SEM-EDX

Serbuk pektin kulit pisang kepok dianalisis menggunakan instrumen SEM-EDX untuk mengetahui morfologi dan komposisi bahan kimia dalam pektin yang diekstraksi. Pektin diletakkan pada potongan aluminium dan dilapisi dengan emas-paladium selama 10 detik, dan dianalisis dengan SEM (Wathoni *et al.*, 2019).

5. Pembuatan *Edible Coating*

Timbang 3 gram serbuk pektin kemudian larutkan dalam 100 mL aquades, ditambahkan gliserol 3% (v/v) sebagai *plasticizer* (Mulyadi, 2018). Larutan dipanaskan pada suhu 40°C dan diaduk hingga larut sempurna. Didinginkan pada suhu ruang untuk selanjutnya ditambahkan larutan NaHCO_3 0,5% (b/v) dan CaCl_2 0,5% (b/v) (Sigiro *et al.*, 2022). *Edible coating* siap untuk diaplikasikan pada buah anggur dengan variasi waktu pencelupan.

6. Aplikasi *Edible Coating*

Buah anggur yang telah didapatkan dicuci dengan air hingga bersih. Kemudian dicelupkan ke dalam larutan *edible coating* selama 5, 10, dan 20 menit lalu masing-masing dilakukan penirisan. Kemudian dilakukan pengeringan dengan cara dianginkan.

7. Penyimpanan Buah Anggur Merah

Buah anggur yang tidak dilapisi (kontrol) dan telah dilapisi *edible coating* disimpan pada variasi suhu yaitu suhu lemari pendingin (9°C) dan suhu ruang (27°C) selama 12 hari. Setiap 6 hari sekali dilakukan pengamatan parameter mutu buah anggur yang meliputi susut bobot, kadar air, kadar vitamin C, dan perubahan warna.

8. Karakterisasi Buah Anggur Merah

Susut Bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan pada sampel buah anggur merah secara gravimetri, yaitu membandingkan selisih bobot sebelum penyimpanan dan setelah penyimpanan. Buah anggur kontrol dan buah anggur yang telah dilapisi EC ditimbang beratnya setiap 6 hari sekali (Mulyadi, 2018).

Kadar Air

Kadar air dilakukan dengan metode oven. Prinsip metode ini adalah penguapan komponen lain dengan pemanasan yang stabil. Langkah awalnya yaitu memanaskan cawan porselen dengan oven, kemudian dimasukkan ke dalam desikator. Timbang buah anggur sebanyak 8 gram dan masukkan ke dalam cawan yang telah ditimbang sebelumnya, sampel yang telah diletakkan pada cawan dipanaskan dengan oven dengan suhu 105°C selama 5 jam, lalu didinginkan kembali dalam desikator. Kemudian ditimbang. Dipanaskan lagi selama 30 menit, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh berat konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,2 mg). Catat berat konstan untuk selanjutnya dilakukan perhitungan (Ananda *et al.*, 2022).

Kadar Vitamin C

Kadar vitamin C pada sampel buah anggur merah diukur dengan bantuan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran kadar vitamin C pada sampel dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu, tahap pembuatan larutan induk vitamin C 100 ppm, tahap pembuatan larutan standar, dan tahap preparasi sampel.

Larutan induk 100 ppm dibuat dengan melarutkan 5 mg asam askorban dalam 50 mL aquades. Sebanyak 1 mg asam askorbat ditimbang kemudian dilarutkan dengan sedikit aquades di dalam gelas kimia. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, untuk selanjutnya ditambah aquades hingga tanda batas. Kocok larutan hingga homogen.

Larutan standar dibuat dengan mengencerkan larutan induk 100 ppm menjadi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, dan 90 ppm. Untuk membuat larutan standar berbagai konsentrasi, pipet

masing-masing 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 mL dari larutan induk 100 ppm ke dalam labu ukur 10 mL. Kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen.

Preparasi sampel dilakukan dengan menghaluskan sampel buah anggur menggunakan mortal dan alu. Selanjutnya diperas dengan bantuan kain untuk memperoleh larutan dari masing-masing sampel. Sebanyak 1 mL larutan sampel diambil dan diencerkan dengan aquades dalam 10 mL labu ukur. Masing-masing sampel dikocok hingga homogen. Kemudian dipindahkan dalam vial dan diberi label.

Pengukuran kadar vitamin C dengan spektrofotometer UV-Vis diawali dengan pembacaan *microplate* tanpa sampel pada panjang gelombang 266 nm. Sebanyak 100 mikroliter larutan standar dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 ppm serta larutan blanko dan sampel ditambahkan dalam *hole* yang memiliki absorbansi sama atau selisihnya tidak berbeda jauh. *Microplate* yang telah diisi larutan standar dan sampel dimasukkan ke dalam spektrofotometer UV-Vis untuk kemudian dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 266 nm (Sulistiyani *et al.*, 2023).

Perhitungan kadar vitamin C menggunakan persamaan linier yang diperoleh berdasarkan kurva kalibrasi larutan standar asam askorbat. Persamaan linier sebagai berikut (Fadel *et al.*, 2021)

$$y = bx + a$$

keterangan:

y = absorbansi

x = konsentrasi

b = koefisien regresi

a = ketetapan regresi

Perbedaan Warna

Setiap sampel buah anggur diambil gambarnya menggunakan kamera telepon genggam pada kondisi pencahayaan stabil (Romadhan & Pujilestari, 2019). Kemudian gambar dianalisis menggunakan aplikasi berbasis android *Color Grab*, menghasilkan nilai L^* , a^* , dan b^* yang kemudian dikonversi dalam nilai ΔE (Rasinta Putri & Eva Tavita, 2016). Sampel anggur dengan variasi perlakuan pada hari ke-0 dijadikan kontrol untuk menghitung perbedaan warna yang terjadi pada sampel hari ke 6 dan 12.

Perubahan warna dapat dihitung berdasarkan rumus berikut (Rasinta Putri & Eva Tavita, 2016)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Keterangan:

ΔE = perbedaan warna

ΔL^* = perbedaan kecerahan = $L^*_{\text{sampel uji}} - L^*_{\text{kontrol}}$

Δa^* = perbedaan merah-hijau = $a^*_{\text{sampel uji}} - a^*_{\text{kontrol}}$

Δb^* = perbedaan kuning-hijau = $b^*_{\text{sampel uji}} - b^*_{\text{kontrol}}$

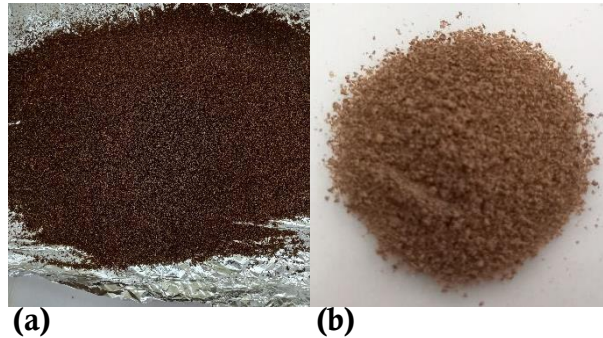
Hasil dan Pembahasan

1. Preparasi Sampel dan Ekstraksi Gelombang Ultrasonik

Kulit pisang kepok berasal dari Purwokerto yang diperoleh dari penjual gorengan di Sekaran, Kota Semarang. Sampel kering dari kulit pisang kepok yang digunakan memiliki kadar air sebesar 1,47%. Berdasarkan penelitian Bee Lin and Yek Cze (2018), pengeringan sampel dilakukan pada suhu kurang dari 100°C, dikarenakan suhu tinggi akan menyebabkan bagian luar kulit buah kering dan keras terlebih dahulu tetapi bagian dalam masih lembab. Sehingga kelembaban di dalam kulit buah tidak dapat dikeluarkan dan menyebabkan aktivitas mikrobiologis yang akan mempengaruhi hasil ekstraksi pektin. Menurut Megawati *et al.* (2015), metode pengeringan pada preparasi awal sampel kulit buah menghasilkan rendemen pektin yang lebih tinggi dibandingkan dengan kulit buah segar. Hasil dari preparasi kulit pisang kepok dapat dilihat pada Gambar 1 (a).

Ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok dilakukan dengan metode ekstraksi berbantuan gelombang ultrasonik atau *Ultrasound-assisted Extraction* (UAE). Pelarut yang digunakan adalah asam klorida. Dalam penelitian ini, asam klorida (HCl) dipilih sebagai pelarut dikarenakan daya ekstraksi yang tinggi dan tingkat keasamannya tidak terlalu tinggi. Pada proses ekstraksi pektin, tingkat keasaman yang terlalu tinggi cenderung menyebabkan degradasi pektin menjadi asam pektat sehingga kadar pektin yang diperoleh semakin sedikit (Tuhuloula, Budiarti and Fitriana, 2013; Damanik and Pandia, 2019). Nilai rendemen pektin kering adalah 2,11% dengan warna coklat terang (Gambar 1 (b)). Penelitian yang dilakukan oleh Adhiksana *et al.* (2017) melaporkan rendemen ekstrak pektin dari kulit pisang kepok dengan metode UAE sebesar 25,59%. Sedangkan pada penelitian

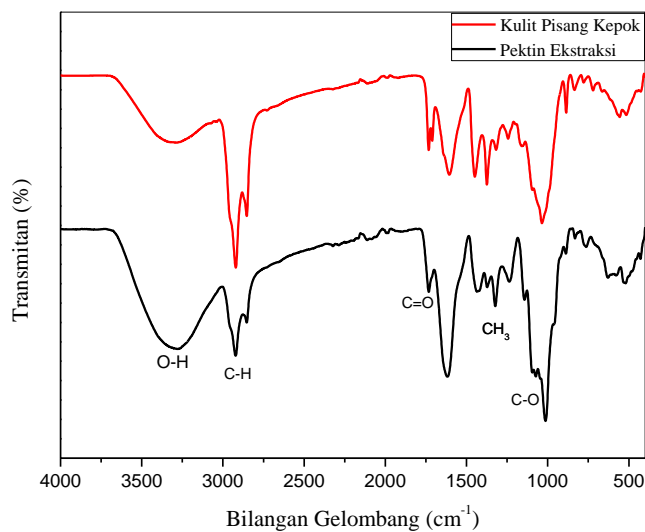
Phaiphan *et al.* (2020) dilaporkan ekstrak pektin yang dihasilkan sebesar 2,32%. Perbedaan lokasi budidaya dan tingkat kematangan sampel tanaman pisang dapat berpengaruh terhadap pektin hasil ekstraksi (Jayasundara and Arampath, 2021; Lara-Espinoza *et al.*, 2021). Warna coklat pada pektin menurut Desmawarni & Hamzah (2017) diakibatkan karena sampel kulit pisang mengalami reaksi *browning* saat pengeringan.



Gambar 1. (a) sampel awal, (b) pektin kulit pisang kepek

2. Analisis FT-IR

Sampel serbuk kulit pisang kepek dan pektin hasil ekstraksi dianalisis dengan spektrofotometer FT-IR. Analisis dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada di dalamnya. Sampel diuji pada rentang bilangan gelombang 400 – 4000 cm^{-1} . Data hasil analisis spektrum FT-IR kedua sampel disajikan pada Gambar 2 dan perbedaannya disajikan pada tabel 1. Pada serbuk kulit pisang kepek terdapat serapan khas pektin pada panjang gelombang 1732 cm^{-1} dan 1711 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus karbonil (C=O). Pada pektin ekstraksi, gugus C=O ditunjukkan pada bilangan gelombang 1732 cm^{-1} . Keberadaan gugus hidroksil (O-H) ditunjukkan pada bilangan gelombang 3285 cm^{-1} untuk serbuk kulit pisang kepek dan 3278 cm^{-1} untuk pektin ekstraksi. Serapan pada bilangan gelombang 2853 dan 2921 cm^{-1} pada pektin menunjukkan vibrasi ulur C-H dari $-\text{CH}_3$ pada cabang metoksil (Febriyanti, Razak and Sumarni, 2018; Putri, Lukis and Mawarni, 2020). Serapan gugus penting pektin lainnya seperti vibrasi ulur dan tekuk C-H ditunjukkan pada 1372, 1322, dan 1435 cm^{-1} ; gugus C-O pada 1236 dan 1142 cm^{-1} (Pagarra *et al.*, 2020; Putri, Lukis and Mawarni, 2020).



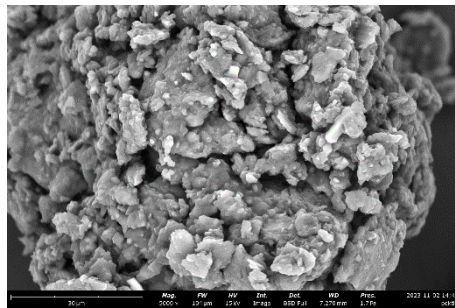
Gambar 2. Spektrum FT-IR dari kulit pisang kepek dan pektin ekstraksi

Tabel 1. Penetapan Gugus Fungsi Hasil Ekstraksi Pektin

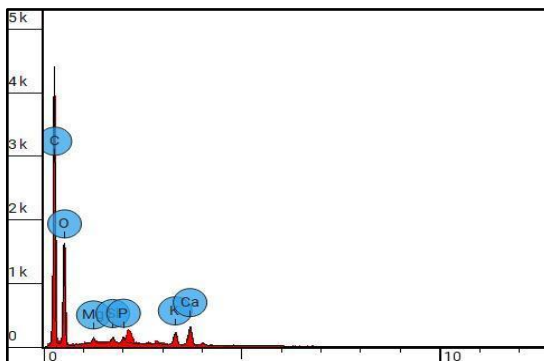
Gugus Fungsi	Kulit Pisang Kepok (cm ⁻¹)	Pektin Ekstraksi (cm ⁻¹)
O-H	3285	3278
C-H	2920	2921
C-H	2853	2853
C=C	2108	-
C=O	1732	1732
C=O	1711	-
C-H	1448	1435
C-H	1374	1372
C-H	1318	1322
C-O	1243	1236
C-O	1158	1142

3. Analisis SEM-EDX

Analisis SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan dan sifat fisik dasar dari pektin kulit pisang kepok, sedangkan karakterisasi EDX digunakan untuk mengetahui unsur-unsur dan konsentrasinya dalam pektin. Morfologi permukaan pektin kulit pisang kepok ditunjukkan pada Gambar 3 dengan perbesaran 5000×. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pektin kulit pisang kepok yang diekstraksi memiliki permukaan berbatu kasar dan tidak beraturan. Gambaran serupa diperoleh oleh Wathoni *et al.* (2019) yang mengekstraksi pektin dari kulit buah manggis dan Kumar *et al.* (2020) yang mengekstraksi pektin dari buah murbei.

**Gambar 3.** Morfologi Pektin Kulit Pisang Perbesaran 5000×

Hasil analisis EDX pektin kulit pisang kepok disajikan pada Gambar 4 dan Tabel 2. Pada senyawa pektin puncak dari unsur lainnya seperti kalsium, kalium, fosfor, silikon, dan magnesium masih dapat teramati. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan kurangnya proses pemurnian ekstraksi pektin. Sehingga unsur-unsur yang berasal dari kulit pisang kepok dapat lolos dalam pektin (Rangkuti, 2021; Huamani-Palomino *et al.*, 2023).

**Gambar 4.** Spektrum EDX Pektin**Tabel 2.** EDX Pektin Ekstraksi

Unsur	Konsentrasi (%b)
C	50.8
O	37.7
Mg	0.5
Si	0.5
P	0.8
K	4.1
Ca	5.6
Total	100

4. Karakterisasi Pektin

Hasil karakterisasi pektin yang diekstrak dari kulit pisang kepek (*Musa paradisiaca* L.) berdasarkan standar mutu *International Pectin Producers association* (IPPA) ditunjukkan pada tabel 3.

Kadar air mempengaruhi umur simpan pektin. Semakin tinggi air yang terkandung dalam pektin maka semakin singkat umur simpannya. Hal tersebut karena kadar air yang tinggi menyebabkan kerentanan terhadap aktivitas mikroorganisme dan menurunkan kualitas pektin. Kadar air pektin yang diamati dari ekstrak kulit pisang kepek yaitu 7,76%. Sehingga pektin dari kulit pisang kepek ini memenuhi standar yang ditetapkan oleh IPPA.

Kadar abu pada pektin dipengaruhi oleh residu bahan anorganik yang terdapat pada sampel kulit pisang kepek, cara ekstraksi, dan isolasi pektin (Sarah *et al.*, 2018). Semakin kecil nilai kadar abu maka semakin baik kemurnian pektin. Kadar abu yang diamati adalah 6,65% dan sudah memenuhi standar mutu IPPA.

Berat ekuivalen menunjukkan kandungan gugus asam galakturonat bebas (tidak teresterifikasi) yang terdapat dalam rantai pektin. Berat ekuivalen yang diamati yaitu 1.118,89 mg dan di atas standar mutu IPPA. Berdasarkan Azad (2014), berat ekuivalen dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah. Buah yang terlalu matang (*over ripen*) memiliki berat ekuivalen yang lebih rendah dibandingkan dengan buah yang matang (*ripen*). Oleh karena itu, pektin kulit pisang kepek dalam penelitian ini memiliki berat ekuivalen yang tinggi.

Kadar metoksil memiliki faktor yang penting dalam pembentukan gel. Berdasarkan kadar metoksilnya, pektin terbagi menjadi dua kategori, yaitu kadar metoksil tinggi (HM) dan kadar metoksil rendah. Nilai kadar metoksil dari pektin kulit pisang kepek adalah 2,62% yang termasuk kategori rendah (LM). Pektin dengan metoksil rendah akan mampu membentuk gel dengan adanya kation polivalen seperti kalsium (Elsyana and Alvita, 2021).

Kadar asam galakturonat pada pektin kulit pisang kepek adalah 122,34%. Hasil tersebut memenuhi standar yang ditetapkan IPPA. Kadar asam galakturonat yang melebihi 100% disebabkan masih adanya gula yang lolos selama ekstraksi pektin dan mempengaruhi hasil akhir titrasi untuk penentuan kadar (Humairah and Tahir, 2021; Devianti, 2022).

Derajat esterifikasi didefinisikan sebagai presentase gugus karboksil yang teresterifikasi. Berdasarkan derajat esterifikasi pektin terbagi menjadi dua kategori, yaitu pektin ester tinggi (DE > 50%) dan pektin ester rendah (DE < 50%). Pektin yang diekstraksi dari kulit pisang kepek memiliki derajat esterifikasi 12,14%. Sehingga pektin ini termasuk pektin ester rendah.

Tabel 3. Karakteristik Pektin Kulit Pisang Kepok Berdasarkan IPPA (IPPA, 2002)

Karakterisasi	Pektin Kulit Pisang Kepok	Standar Mutu IPPA
Kadar Air	7,76%	< 12%
Kadar Abu	6,65%	< 10%
Berat Ekuivalen	1.118,89 mg	600 – 800 mg
Kadar Metoksil	2,62%	<ul style="list-style-type: none"> • Tinggi : > 7,12% • Rendah: 2,5 – 7,12%
Kadar Asam Galakturonat	122,34%	> 35%
Derajat Esterifikasi	12,14%	Tinggi: > 50% Rendah: < 50%

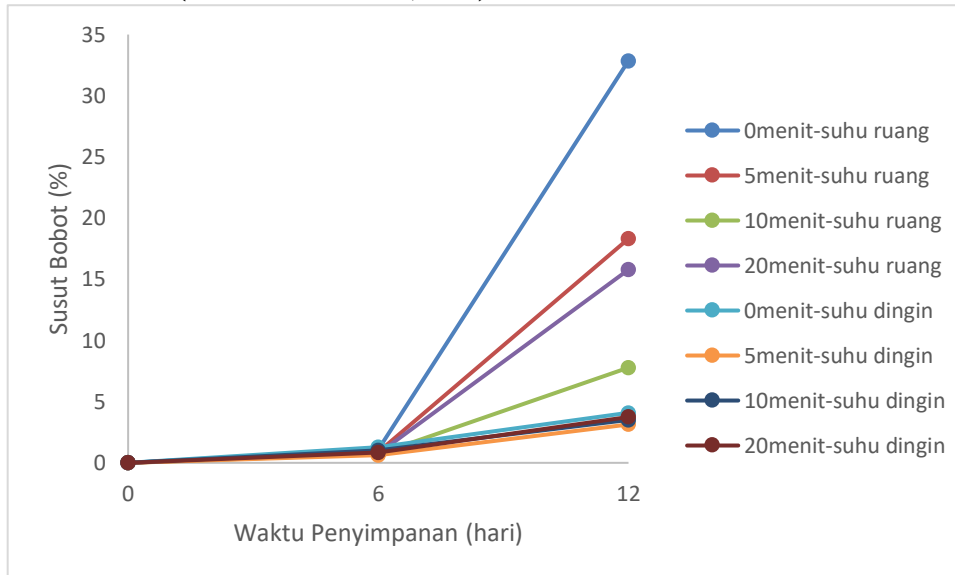
5. Pembuatan dan Aplikasi *Edible Coating* Pektin

Pada pembuatan *edible coating* penambahan sodium bikarbonat digunakan sebagai pengawet dan membatasi reaksi degradasi pektin (Kastner *et al.*, 2020). Salah satu sifat penting pektin adalah pembentukan gel. Penambahan garam seperti kalsium klorida akan meningkatkan kekuatan gel. Ion kalsium (Ca^{2+}) dari garam tersebut akan terjadi pengikatan silang (*cross-linking*) dengan gugus karboksil bebas (tidak termetilasi) pada pektin melalui ikatan hidrogen. Semakin rendah derajat esterifikasi pektin, maka akan semakin banyak gugus karboksilat yang berikatan dengan ion kalsium. Pektin akan membentuk struktur *egg box* dengan adanya ion kalsium (Annisa *et al.*, 2021).

Aplikasi *coating* kemudian dilakukan dengan cara mencelupkan buah anggur merah pada larutan *edible coating* dengan variasi waktu pencelupan yaitu 5, 10, dan 20 menit. Kemudian dianginkan hingga lapisan mengering. Setelah kering anggur masing-masing disimpan pada suhu ruang dan dingin untuk selanjutnya diamati.

6. Karakterisasi Anggur Susut Bobot

Susut bobot dengan masing-masing perlakuan pada waktu simpan buah anggur merah ditunjukkan oleh Gambar 5. Susut bobot buah anggur merah pada setiap perlakuan waktu pencelupan dan perbedaan suhu penyimpanan memiliki presentase yang berbeda. Pada masing-masing perbedaan suhu penyimpanan, buah anggur merah kontrol (tanpa *edible coating*) memiliki susut bobot tertinggi dibandingkan dengan buah yang diberi *edible coating*. Seiring dengan lamanya masa penyimpanan maka bobot dari buah anggur merah akan mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan adanya transpirasi, oksidasi, dan respirasi pada buah selama masa penyimpanan. Adanya *coating* pada lapisan luar buah menghalangi terjadinya hal-hal tersebut sehingga mengurangi penurunan bobot (Treviño-Garza *et al.*, 2015).



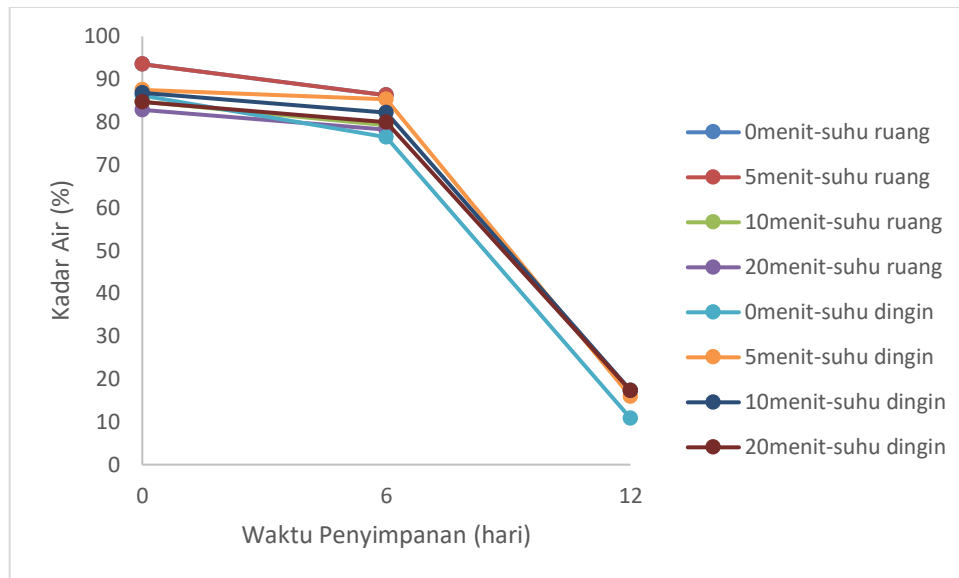
Gambar 5. Susut Bobot Buah Anggur Merah

Pada pengamatan hari ke-6 susut bobot tertinggi diperoleh pada perlakuan kontrol pada suhu penyimpanan 9°C. Susut bobot terendah diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit pada suhu penyimpanan 9°C. Pada pengamatan hari ke-12 susut bobot tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol pada suhu penyimpanan 27°C. Susut bobot terendah diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit pada suhu 9°C. Lamanya pencelupan dan suhu penyimpanan Pada pengamatan hari ke-6 susut bobot tertinggi diperoleh pada perlakuan kontrol pada suhu penyimpanan 9°C. Susut bobot terendah diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit pada suhu penyimpanan 9°C. Pada pengamatan hari ke-12 susut bobot tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol pada suhu penyimpanan 27°C. Susut bobot terendah diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit pada suhu 9°C. Lamanya pencelupan dan suhu penyimpanan mempengaruhi naik turunnya susut bobot dari buah anggur merah pada penelitian ini. Suhu yang tinggi menyebabkan susut bobot meningkat. Pada suhu tinggi, kehilangan air pada buah karena penguapan yang terus terjadi pada buah anggur sehingga susut bobot meningkat (Wijaya, 2016).

Buah anggur merah dengan perlakuan waktu pencelupan 5 menit menunjukkan hasil susut bobot yang lebih rendah. Semakin lama waktu pencelupan diharapkan pelapisan *edible coating* pada buah anggur merata dan menyeluruh. Namun, hasil yang diperoleh pada penelitian ini berbanding terbalik. Menurut Karmida *et al.* (2022) pelapisan larutan *edible coating* yang terlalu tebal menyebabkan buah menjadi lembab. Sehingga aktivitas respirasi anaerob akan terjadi. Respirasi tersebut memicu sel di dalam buah anggur merah melakukan perombakan yang menyebabkan pembusukan lebih cepat.

Kadar Air

Kadar air buah anggur merah dengan masing-masing perlakuan waktu pencelupan dan suhu penyimpanan pada waktu pengamatan 0, 6, dan 12 hari ditunjukkan pada Gambar 6.



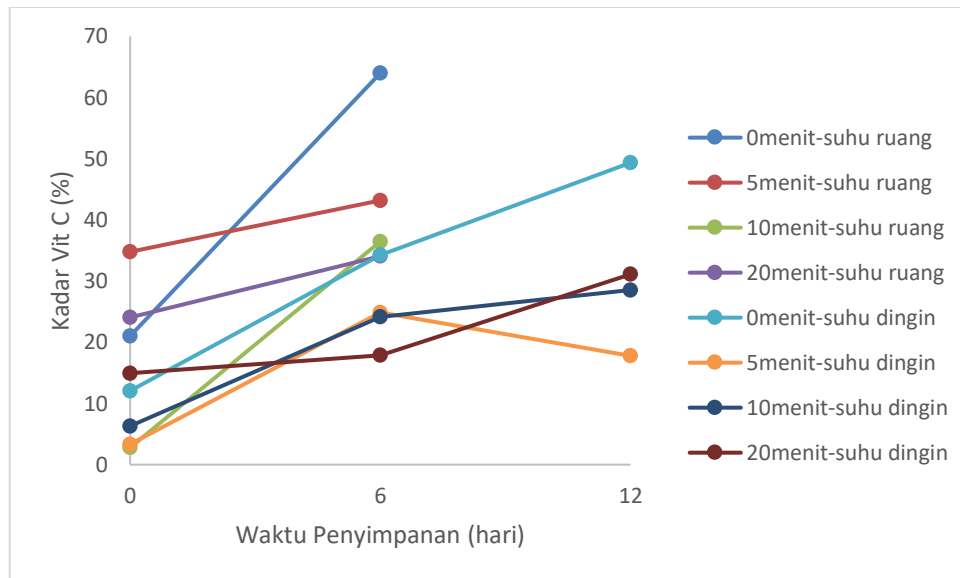
Gambar 6. Kadar Air Buah Anggur Merah

Kadar air pada buah anggur merah pada masing-masing perlakuan mengalami penurunan seiring dengan waktu penyimpanan. Terjadinya penurunan kadar air pada buah anggur merah selama penyimpanan disebabkan proses absorpsi dan penguapan air yang dipengaruhi oleh lingkungan. Buah anggur merah pada hari ke 12 dengan suhu penyimpanan 27°C mengalami pembusukan dan ditumbuhi oleh jamur. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh kurangnya sanitasi saat preparasi buah anggur merah dan tingkat kelembaban yang tinggi pada ruang penyimpanan. Berdasarkan laporan (Breceda-Hernandez *et al.*, 2020) pada permukaan buah anggur terdapat mikroorganisme terutama jamur dan kapang. Selain itu, jamur juga dapat tumbuh di bagian kutikula buah anggur. Sehingga selama pencucian buah anggur masih terdapat jamur yang tertinggal. Kelembaban yang tinggi saat penyimpanan juga mengakibatkan pertumbuhan jamur (Armghan Khalid *et al.*, 2022).

Pada pengamatan hari ke-6 kadar air tertinggi diperoleh dari perlakuan diberi *edible coating* dengan waktu pencelupan 5 menit di suhu penyimpanan 27°C . Sedangkan kadar air terkecil diperoleh dari perlakuan diberi *edible coating* dengan waktu pencelupan 20 menit di suhu penyimpanan 27°C . Hal tersebut menunjukkan bahwa pencelupan buah anggur merah dalam *edible coating* selama 5 menit lebih baik daripada 20 menit. Dengan lama pencelupan 5 menit, *edible coating* mampu memberikan lapisan yang baik untuk mencegah terjadinya penguapan air pada buah anggur merah. Menurut Karmida *et al.* (2022) kadar air yang tinggi menunjukkan bahwa buah anggur merah masih mempertahankan kesegarannya.

Kadar Vitamin C

Kadar vitamin C buah anggur merah dengan masing-masing perlakuan waktu pencelupan dan suhu penyimpanan pada waktu pengamatan 0, 6, dan 12 hari ditunjukkan pada Gambar 7. Dikarenakan buah anggur merah pada hari ke 12 dengan suhu penyimpanan 27°C mengalami pembusukan dan ditumbuhi oleh jamur, maka tidak dapat dilakukan pengamatan kadar vitamin C.



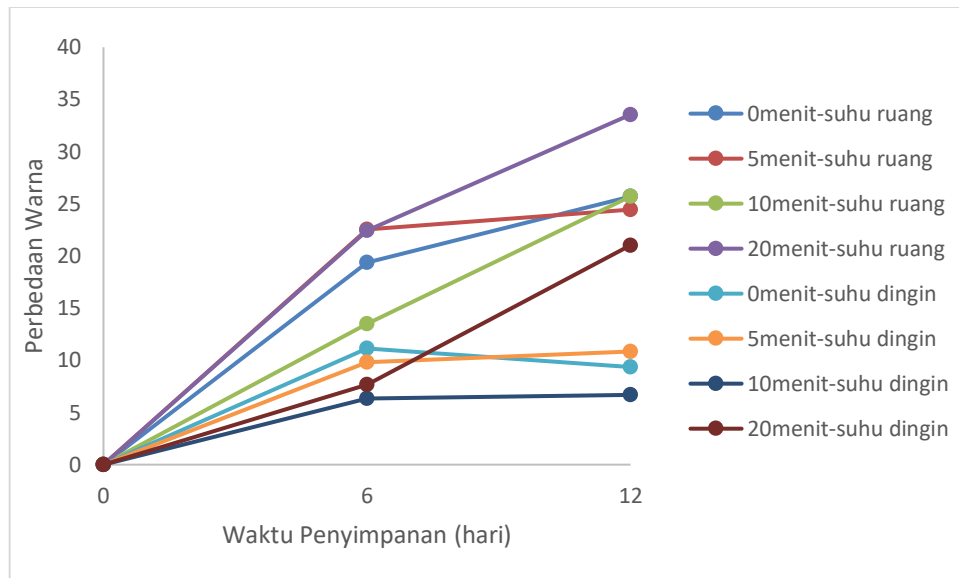
Gambar 7. Kadar Vitamin C Buah Anggur Merah

Kadar vitamin C pada buah anggur merah pada masing-masing perlakuan memiliki persentase yang berbeda. Dari data gambar 7, buah anggur merah dengan masing-masing perlakuan menunjukkan kenaikan kadar vitamin C. Kenaikan kadar vitamin C tertinggi diperoleh dari perlakuan kontrol yaitu sebesar 42,96% (b/v). Sedangkan kenaikan kadar vitamin C terkecil diperoleh dari perlakuan waktu pencelupan 5 menit yaitu sebesar 8,4%. Pada suhu penyimpanan 9°C, pada pengamatan hari ke 6 dan 12 hampir semua perlakuan mengalami kenaikan kadar vitamin C kecuali perlakuan waktu pencelupan 5 menit yang mengalami penurunan. Pengamatan hari ke-6 kadar vitamin C perlakuan kontrol mengalami kenaikan tertinggi sebesar 22,16%. Sedangkan kenaikan kadar vitamin C perlakuan waktu pencelupan 20 menit mengalami kenaikan terkecil sebesar 2,96%. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan *edible coating* waktu pencelupan pada suhu dingin dapat mempertahankan kandungan vitamin C.

Naik turunnya kadar vitamin C dapat terjadi disebabkan perbedaan sampel yang digunakan selama pengamatan. Semakin matang buah anggur merah maka kadar vitamin C akan meningkat. Menurut Fadel *et al.* (2021) kandungan vitamin C akan meningkat hingga puncak kematangan kemudian menurun secara cepat setelah melewati puncak tersebut. Hal tersebut yang menyebabkan pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit suhu penyimpanan 9°C, kadar vitamin C meningkat di hari ke-6 dan menurun pada hari ke-12. Selain itu, menurut (Karmida, Hayati and Marliah, 2022) suhu penyimpanan berpengaruh terhadap kandungan vitamin C pada buah.

Perbedaan Warna

Hasil analisis perbedaan warna buah anggur merah dengan masing-masing perlakuan waktu pencelupan dan suhu penyimpanan pada waktu pengamatan 0, 6, dan 12 hari ditunjukkan oleh Gambar 8. Analisis perbedaan warna pada buah anggur merah dilakukan berdasarkan sistem CIELab pada aplikasi *color grab*. Dari pengukuran menggunakan aplikasi *color grab* diperoleh nilai L* yang menunjukkan kecerahan, a* menunjukkan kecenderungan warna merah, dan b* menunjukkan kecenderungan warna kuning. Nilai L*a*b* yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi nilai perbedaan warna (ΔE).



Gambar 8. Perbedaan Warna Buah Anggur Merah

Pada pengamatan diperoleh perbedaan warna pada buah anggur merah berkisar dari 6,3506 – 33,5442. Dari nilai perbedaan warna tersebut dapat diketahui bahwa masing-masing perlakuan waktu pencelupan dan suhu penyimpanan berpengaruh besar terhadap warna buah anggur merah. Pada pengamatan hari ke-6 dan 12 perbedaan warna terkecil teramati pada perlakuan waktu pencelupan 10 menit pada suhu penyimpanan 9°C. Perubahan warna pada permukaan buah anggur merah terjadi seiring dengan pematangan buah selama penyimpanan. Pelapisan *edible coating* menyebabkan permukaan anggur mengkilap sehingga berpengaruh terhadap nilai perbedaan warna. Menurut Rangkuti (2021), semakin merata pelapisan pada permukaan buah maka warna dapat dipertahankan atau perbedaan warna kecil. Pada suhu rendah proses pematangan buah menjadi terhambat sehingga perubahan warna pada kulit buah pun terhambat (Ananda *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian Breceda-Hernandez *et al.* (2020) perubahan warna pada buah anggur merah dapat disebabkan oleh pematangan selama penyimpanan dan penyebaran zat warna antosianin yang tidak merata pada kulit buah anggur. Hal tersebut terkait dengan kandungan antosianin yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Pada buah yang terpapar cahaya matahari, kandungan antosianin pada kulit buah akan tinggi. Selain itu pengaplikasian *edible coating* pektin pada kulit anggur juga berdampak pada warna anggur. Adanya warna coklat muda pada larutan *edible coating* mempengaruhi perbedaan warna pada buah anggur merah.

Simpulan

Berdasarkan penelitian diperoleh hasil bahwa pektin kulit pisang kepok dengan metode UAE memiliki rendemen 2,11%. Pektin ekstraksi memiliki kadar air 7,76%; kadar abu 6,65%; berat ekuivalen 1.118,89 mg; kadar metoksil 2,62%; kadar asam galakturonat 122,34%; dan derajat esterifikasi 12,14%. Pektin kulit pisang kepok yang diekstraksi dengan metode UAE dalam penelitian ini memenuhi standar mutu yang ditetapkan oleh IPPA dan termasuk pektin bermetoksi rendah. Perbedaan perlakuan waktu pencelupan dan suhu penyimpanan berpengaruh terhadap karakteristik buah anggur merah. Pada suhu ruang (27°C) buah anggur merah hanya bertahan selama 6 hari sedangkan pada suhu lemari pendingin (9°C) buah anggur bertahan sampai 12 hari. Susut bobot terkecil diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit pada suhu lemari pendingin (9°C). Kadar air terbaik diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 5 menit pada suhu ruang (27°C). Kadar vitamin C dapat dipertahankan oleh perlakuan waktu pencelupan 20 menit pada suhu lemari pendingin (9°C). Perbedaan warna terkecil diperoleh pada perlakuan waktu pencelupan 10 menit pada suhu lemari pendingin (9°C).

Daftar Referensi

- Adhiksana, A., Fitriyana and Irwan, M. (2017) 'Pemanfaatan Ultrasonik dalam Proses Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang dengan Pelarut Asam Klorida', *SNITT - Politeknik Negeri Balikpapan*, pp. 169–173.
- Ananda, R. D. *et al.* (2022) 'Pectin from Cocoa Husk as Edible Coating and Cryogenis Freezing to Maintain Crystallization on Fruit Platter', *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 15(1), pp. 1–19. doi: 10.20961/jthp.v15i1.54792.
- Annisa, V. *et al.* (2021) 'Review Sinergisitas Kombinasi Polimer Alami Serta Pemanfaatan dalam Formulasi Obat', *Majalah Farmasetika*, 6(5), p. 436. doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i5.35935.
- Armghan Khalid, M. *et al.* (2022) 'Edible Coatings for Enhancing Safety and Quality Attributes of Fresh Produce: A Comprehensive Review', *International Journal of Food Properties*, 25(1), pp. 1817–1847. doi: 10.1080/10942912.2022.2107005.
- Azad, A. K. M. (2014) 'Isolation and Characterization of Pectin Extracted from Lemon Pomace During Ripening', *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(2), p. 30. doi: 10.11648/j.jfns.20140202.12.
- Bee Lin, C. and Yek Cze, C. (2018) 'Drying Kinetics and Optimisation of Pectin Extraction from Banana Peels via Response Surface Methodology', *MATEC Web of Conferences*, 152. doi: 10.1051/mateconf/201815201002.
- Belkheiri, A. *et al.* (2021) 'Extraction, Characterization, And Applications of Pectins from Plant by-Products', *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(14). doi: 10.3390/app11146596.
- BPS (2022) *Produksi Tanaman Buah-Buahan, 2021-2022*. Available at: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>.
- Breceda-Hernandez, T. G. *et al.* (2020) 'Effect of a Pectin Edible Coating Obtained from Orange Peels with Lemon Essential Oil on the Shelf Life of Table Grapes (*Vitis vinifera* L. var. Red Globe)', *International Food Research Journal*, 27(3), pp. 585–596.
- Castelo Branco Melo, N. F. *et al.* (2018) 'Effects of Fungal Chitosan Nanoparticles as Eco-Friendly Edible Coatings on The Quality of Postharvest Table Grapes', *Postharvest Biology and Technology*, 139(January), pp. 56–66. doi: 10.1016/j.postharvbio.2018.01.014.
- Damanik, D. A. and Pandia, S. (2019) 'Ekstraksi Pektin dari Limbah Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*) dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik Menggunakan Pelarut Asam Klorida (HCl)', *Jurnal Teknik Kimia USU*, 08(2), pp. 85–89. Available at: <https://talenta.usu.ac.id/jtk>.
- Desmawarni, D. and Hamzah, F. H. (2017) 'Variasi Suhu dan waktu Ekstraksi Terhadap Kualitas Pektin dari Kulit Pisang Tanduk', *JOM Faperta UR*, 4(1), pp. 1–15.
- Devianti, V. A. (2022) 'Penentuan Mutu Pektin dari Limbah Kulit Pisang dengan Variasi Volume Pelarut Asam Sitrat', *Jurnal Kimia*, 14(2).
- Elsyana, V. and Alvita, L. R. (2021) 'Characterization of Pectin from Cincau (*Premna Oblongifolia* Merr.) Leaves', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1012(1). doi: 10.1088/1755-1315/1012/1/012050.
- Febriyanti, Y., Razak, A. R. and Sumarni, N. K. (2018) 'Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Buah Kluwih (*Artocarpus Camansi Blanco*)', *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 4(1), pp. 60–73. doi: 10.22487/kovalen.2018.v4.i1.10185.
- Galus, S. *et al.* (2020) 'Novel Materials in the Preparation of Edible Films and Coatings-A review', *Coatings*, 10(7), pp. 1–14. doi: 10.3390/coatings10070674.
- Huamani-Palomino, R. G. *et al.* (2023) 'Structural Elucidation of Pectin Extracted from Cocoa Pod Husk (*Theobroma cacao* L.): Evaluation of the Degree of Esterification Using FT-IR and 1H NMR', *Biomass Conversion and Biorefinery*. doi: 10.1007/s13399-023-04082-3.
- Humairah, H. and Tahir, M. M. (2021) 'Aplikasi Pektin Kulit Jeruk Pomelo pada Jem Berbahan Dasar Daging Buah Pomelo (*Citrus maxima* L.)', *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 3(2), pp. 35–44.
- IPPA (2002) *What is Pectin*. Available at: <https://pectinproducers.com/what-is-pectin/>.
- Jayasundara, N. D. B. and Arampath, P. (2021) 'Effect of Variety, Location & Maturity Stage at Harvesting, on Essential Oil Chemical Composition, and Weight Yield of Zingiber Officinale Roscoe Grown in

- Sri Lanka', *Heliyon*, 7(3), p. e06560. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06560.
- Karmida, Hayati, R. and Marliah, A. (2022) 'Pengaruh Lama Pencelupan Dengan Edible Coating Gel Lidah Buaya (Aloe vera) dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Cabai Rawit (Capsicum frutescens L.)', *Jurnal Floratek*, 17(2), pp. 80–97.
- Kastner, H. *et al.* (2020) 'Impact of Sodium Ions on Material Properties, Gelation and Storage Stability of Citrus Pectin', *Food Hydrocolloids*, 104(September 2019), p. 105750. doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.105750.
- Kumar, R. V. *et al.* (2020) 'Characterization, Biological Evaluation and Molecular Docking of Mulberry Fruit Pectin', *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1–16. doi: 10.1038/s41598-020-78086-8.
- Lara-Espinoza, C. *et al.* (2021) 'Composition, Physicochemical Features, and Covalent Gelling Properties of Ferulated Pectin Extracted from Three Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Cultivars Grown under Desertic Conditions', *Agronomy*, 11(1). doi: 10.3390/agronomy11010040.
- Mada, T., Duraisamy, R. and Guesh, F. (2022) 'Optimization and Characterization of Pectin Extracted From Banana and Papaya Mixed Peels Using Response Surface Methodology', *Food Science and Nutrition*, 10(4), pp. 1222–1238. doi: 10.1002/fsn3.2754.
- Megawati, Adientya, D. and Ulinuha, Y. (2015) 'Ekstraksi Pektin Kulit Buah Naga (Dragon Fruit) dan Aplikasinya Sebagai Edible Film', *Jbat*, 4(1), pp. 16–23. doi: 10.15294/jbat.v3i1.3097.
- Megawati, M. and Machsunah, E. L. (2016) 'Ekstraksi Pektin dari Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*) Menggunakan Pelarut HCl sebagai Edible Film', *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 5(1), pp. 14–21. doi: 10.15294/jbat.v5i1.4177.
- Pagarra, H. *et al.* (2019) 'Optimization of Pectin Extraction from Kepok Banana Peels (*musa paradisiaca*) Using Surface Response Methodology', *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1). doi: 10.1088/1742-6596/1317/1/012100.
- Pagarra, H. *et al.* (2020) 'Characterization and Qualitative Analysis of Pectin from Kepok Banana Peels', *AIP Conference Proceedings*, 2291(November). doi: 10.1063/5.0023107.
- Pardede, A., Ratnawati, D. and HP, A. M. (2013) 'Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Kemiri (*Alleurites mollucana* Willd)', *Kopertis Wilayah XI Kalimantan*, 5(1), pp. 1–6.
- Phaiphan, A. *et al.* (2020) 'Effects of Microwave and Ultrasound on The Extraction of Pectin and Its Chemical Characterisation of Banana (*Musa Sapientum* L.) Peels', *Food Research*, 4(6), pp. 2030–2036. doi: 10.26656/fr.2017.4(6).248.
- Picot-Allain, M. C. N., Ramasawmy, B. and Emmambux, M. N. (2022) 'Extraction, Characterisation, and Application of Pectin from Tropical and Sub-Tropical Fruits: A Review', *Food Reviews International*, 38(3), pp. 282–312. doi: 10.1080/87559129.2020.1733008.
- Priya, K., Thirunavookarasu, N. and Chidanand, D. V. (2023) 'Recent Advances in Edible Coating of Food Products and its Legislations: A review', *Journal of Agriculture and Food Research*, 12(December 2022), p. 100623. doi: 10.1016/j.jafr.2023.100623.
- Putri, M. P., Lukis, P. A. and Mawarni, L. P. (2020) 'Isolation and Characterization of Pectin from Waste of "Raja Nangka" Banana Peels (*Musa acuminata* (AAA cv))', *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 5(1), p. 60. doi: 10.30870/educhemia.v5i1.6737.
- Rangkuti, M. F. (2021) *Aplikasi Pektin Kulit Pisang Kepok (Musa paradisiaca L.) dan Ekstrak Daun Sirih Merah (Piper ornatum) sebagai Edible Coating Buah Belimbing Manis.*
- Sabir, F. K. *et al.* (2019) 'Postharvest Quality Extension of Minimally Processed Table Grapes by Chitosan Coating', *International Journal of Fruit Science*, 19(4), pp. 347–358. doi: 10.1080/15538362.2018.1506961.
- Sortino, G. *et al.* (2017) 'Postharvest application of sulphur dioxide fumigation to improve quality and storage ability of "red globe" grape cultivar during long cold storage', *Chemical Engineering Transactions*, 58, pp. 403–408. doi: 10.3303/CET1758068.
- Sulistiyani, M. *et al.* (2023) 'Calibration of Microplate Uv-Vis Spectrophotometer for Quality Assurance Testing of Vitamin C using Calibration Curve Method', *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(2).
- Treviño-Garza, M. Z. *et al.* (2015) 'Edible Active Coatings Based on Pectin, Pullulan, and Chitosan Increase

Quality and Shelf Life of Strawberries (*Fragaria ananassa*)', *Journal of Food Science*, 80(8), pp. M1823–M1830. doi: 10.1111/1750-3841.12938.

Tuhuloula, A., Budiarti, L. and Fitriana, E. N. (2013) 'Karakterisasi Pektin dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi', *Konversi*, 2(1), pp. 21–27. doi: 10.20527/k.v2i1.123.

Vargas, M. *et al.* (2008) 'Recent Advances In Edible Coatings for Fresh And Minimally Processed Fruits', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(6), pp. 496–511. doi: 10.1080/10408390701537344.

Wathoni, N. *et al.* (2019) 'Characterization and Antioxidant Activity of Pectin from Indonesian Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) Rind', *Helicon*, 5(8), p. e02299. doi: 10.1016/j.helicon.2019.e02299.

Wijaya, D. S. (2016) *Pengaruh Pemberian Bahan Penunda Kematangan dengan Perbedaan Suhu Penyimpanan terhadap Umur Simpan Wortel.*