

Penyediaan Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak (*Artocarpus champaden L.*) Terisi *Carboxymethyl Cellulose* dengan Variasi Konsentrasi Gliserol Untuk Menurunkan Susut Bobot Buah Mangga

Preparation of Pectin-Based Biofilm of Cempedak Fruit Peel (Artocarpus champaden L.) Filled with Carboxymethyl Cellulose with Variation of Glycerol Concentration to Reduce Weight Loss of Mango Fruit

Fachreza Amri Batu Bara, Muhammad A. Pratama, Muhammad Hendra S. Ginting*, Hamidah Harahap, Nisaul Fadilah Dalimunthe, Muhammad Thoriq Al Fath

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Medan Selayang, 20155, Indonesia

*Email: hendra.ginting@usu.ac.id

Article history:

Diterima : 29 Oktober 2024
Direvisi : 18 Desember 2024
Disetujui : 13 Februari 2025
Mulai online : 27 Maret 2025

E-ISSN: 2337-4888

How to cite:

Fachreza Amri Batu Bara, Muhammad A. Pratama, Muhammad Hendra S. Ginting, Hamidah Harahap, Nisaul Fadilah Dalimunthe, Muhammad Thoriq Al Fath. (2025). Penyediaan Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak (*Artocarpus champaden L.*) Terisi CMC dengan Variasi Konsentrasi Gliserol Untuk Menurunkan Susut Bobot Buah Mangga. Jurnal Teknik Kimia USU, 14(1), 69-78.

ABSTRAK

Kulit cempedak mengandung senyawa pektin sebesar 38,85% dan berpotensi menjadi bahan baku pembuatan biofilm. Karakteristik biofilm berbasis pektin dapat ditingkatkan dengan penambahan pemlastis gliserol. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi konsentrasi gliserol (0%; 3%; 5%; 7% dan 9%) terhadap karakteristik biofilm dan aplikasi biofilm terhadap umur simpan buah mangga. Pektin diekstraksi menggunakan asam sitrat 5% pada suhu 85°C selama 90 menit. Biofilm diaplikasikan pada buah mangga selama 8 hari. Analisis senyawa pektin menunjukkan *yield* 22,09%; kadar abu 7,40%; berat ekuivalen 588,235 mg; kadar metoksil 6,20%; kadar asam galakturonat 36,12%. Analisis sifat fisik dan aplikasi biofilm pada buah mangga menunjukkan nilai densitas 2,833 g/mL; kelarutan air 79,41%; susut bobot mangga 33,47%; dan penurunan vitamin C 5%. Analisis SEM-EDX menunjukkan partikel pektin berbentuk butiran halus homogen dan didominasi unsur oksigen (O) 88,84%. Analisis FTIR pektin kulit buah cempedak dan biofilm menunjukkan gugus fungsi O-H; C-H (metil); C=O; C-O; C-C.

Kata kunci: cempedak, pektin, biofilm, gliserol, mangga

ABSTRACT

Cempedak peel contains 38.85% pectin compounds and has the potential to become biofilm raw material. The characteristics of pectin-based biofilm can be improved by the addition of a glycerol plasticizer. This study aims to determine the effect of variations in glycerol concentration (0%; 3%; 5%; 7% and 9%) on biofilm characteristics and biofilm application on the shelf life of mango fruit. Pectin was extracted using 5% citric acid at 85°C or 90 minutes. Biofilms were applied on mango fruit for 8 days. Analysis of pectin compounds showed a yield 22.09%; ash content 7.40%; equivalent weight 588.235 mg; methoxyl content 6.20%; galacturonic acid content 36.12%. Analysis of physical properties and biofilm application on mango fruit showed a density value of 2.833 g/mL; water solubility 79.41%; mango weight loss of 33.47%; and a decrease in vitamin C of 5%. SEM-EDX analysis showed the pectin particles were homogeneous fine grains and dominated by the element of oxygen (O) 88.84%. FTIR analysis of cempedak fruit peel pectin and biofilm showed functional groups of O-H; C-H (methyl); C=O; C-O; C-C.

Keyword: cempedak, pectin, biofilm, glycerol, mango



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v14i1.18721>

1. Pendahuluan

Buah cempedak (*Artocarpus champaden L.*) adalah buah tropis bernilai ekonomi tinggi dan sangat populer di Asia Tenggara. Buah ini sangat diminati di Indonesia sebagai buah konsumsi karena bentuk, rasa, aroma, dan tinggi serat. Selain itu, cempedak kaya akan nutrisi seperti lemak, karbohidrat, protein, fosfor, zat besi, kalsium, energi, vitamin A dan C serta antioksidan [1]. Secara umum buah cempedak yang dikonsumsi hanya daging buah, sedangkan bagian kulit dibuang sehingga menjadi limbah yang tidak dimanfaatkan [2].

Produksi buah cempedak tahun 2021- 2022 di Sumatera Utara meningkat dari 15.907 ton menjadi 16.178 ton (16,15%) [3]. Hal ini berdampak pada peningkatan jumlah kulit cempedak yang belum dimanfaatkan dengan baik. Kulit cempedak memiliki kandungan senyawa pektin mencapai 38,85% [2]. Beberapa penelitian ekstraksi pektin telah dilakukan, Maran dan Priya (2014) melaporkan ekstraksi pektin dari tanaman sisal dengan metode ultrasonikasi dengan *yield* terbaik 30,56% [4]. Arimpi dan Pandia (2019) melaporkan ekstraksi pektin kulit jeruk dengan *yield* terbaik 22,44% [5]. Pektin merupakan jenis polisakarida yang memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan biofilm [6]. Penggunaan biofilm berbasis pektin telah dilakukan Ngo (2021) dan Poosarla (2024) untuk melapisi buah mangga gajah dan tomat merah [7][8]. Pektin dipilih karena lebih mudah membentuk gel disebabkan sifatnya yang mudah larut dalam air. Hal ini menjadikan biofilm berbasis pektin menghasilkan film yang lebih elastis dibandingkan selulosa [9].

Pektin diperoleh melalui proses ekstraksi kulit buah cempedak memakai pelarut asam organik maupun anorganik [2]. Metode ekstraksi pektin secara umum digunakan adalah ultrasonikasi karena prosesnya lebih cepat (efisien) dan hemat pelarut. Ekstraksi ultrasonikasi menyebabkan efek kavitasi pada pelarut sehingga menghasilkan pergerakan partikel yang lebih cepat dan difusi pelarut yang lebih tinggi pada partikel [10]. Kavitasi meningkatkan difusi pelarut dengan memecah dinding sel dan meningkatkan ekstraksi pektin [4].

Biofilm adalah lapisan tipis yang dapat dimakan, untuk melapisi bahan pangan, bertujuan menghambat perubahan aroma, mencegah kontaminasi bakteri dan perpindahan massa seperti kelembaban, difusi gas, dan zat terlarut [11]. Biofilm juga digunakan untuk menghambat pematangan dan perubahan wana, serta memperpanjang masa simpan buah [12]. Gliserol ditambahkan pada larutan pembentuk biofilm untuk mengatasi kerapuhan dan memperhalus permukaan biofilm yang dihasilkan [13][14]. Biofilm berperan sebagai penghalang perpindahan gas dan kelembaban di sekitar bahan pangan serta pelindung dari kerusakan mekanik yang dapat memperpanjang masa simpan produk yang bersifat sangat mudah rusak [15].

Biofilm diaplikasikan pada buah sangat yang mudah rusak seperti buah mangga yang merupakan buah yang rentan terhadap suhu rendah dan kerusakan fisik, serta mencapai kematangan dalam 3-9 hari [12], sehingga diperlukan peningkatan masa simpan dengan meninjau susut bobotnya. Pengaplikasian biofilm pada buah mangga dilakukan dengan metode celup, metode paling umum dan efektif karena dapat melapisi seluruh permukaan buah secara merata baik buah potong maupun buah utuh [11]. Pada penelitian ini digunakan pengisi *carboxymethyl cellulose* (CMC) karena lebih mudah larut dalam air dan menghasilkan film yang lebih halus dibandingkan pengisi seperti *microcrystalline cellulose* (MCC) [16]. Selain itu, CMC berfungsi sebagai penstabil yang mengikat air pada saat gel terbentuk dan meningkatkan fleksibilitas biofilm yang dihasilkan [17]. Penambahan pengisi CMC dan variasi pemlastis gliserol pada biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak diharapkan dapat menghasilkan lapisan biofilm yang baik untuk mengurangi susut bobot buah mangga.

2. Metode

Bahan dan Peralatan

Bahan baku pada penelitian ini meliputi kulit buah cempedak diperoleh dari pedagang buah di Lubuk Pakam, buah mangga diperoleh dari pedagang buah di Kota Medan, asam sitrat, etanol 96%, *aquadest*, NaCl, NaOH, HCl, asam stearat, CMC dan gliserol diperoleh dari Laboratorium Identifikasi dan Isolasi Bahan Hayati Teknik Kimia USU.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi *ball mill*, *ultrasonic waterbath* Elmasonic S300H 37.000 kHz; 85°C; 28 L, *magnetic stirrer* SH-2 Digital Lab Thermostatic 2.000 mL; 100-2.000 rpm, *furnace* Thermo Scientific F6010 Thermolyne A1 14L; 100-1.200°C, labu leher satu, buret, alu dan mortar berasal dari Laboratorium Identifikasi dan Isolasi Bahan Hayati Teknik Kimia USU.

Prosedur Kerja

Ekstraksi dan Analisis Pektin Kulit Cempedak

Kulit cempedak dibuang bagian luarnya dan dicuci bersih lalu dijemur selama 7 hari hingga kering. Dihaluskan menggunakan *ball mill* dan diayak hingga ukuran 60 mesh, lalu ditimbang sebanyak 40 g dan dimasukkan ke *beaker glass*. Ditambahkan pelarut asam sitrat 5% (b/v) 2000 mL dan campuran dipanaskan di

dalam *ultrasonic waterbath* pada suhu 85°C selama 90 menit untuk selanjutnya disaring menggunakan kertas saring untuk mendapatkan filtrat dan dinginkan [2]. Filtrat dituang ke *beaker glass* dan ditambahkan etanol 96% dengan rasio (v/v) 1:1. Endapan yang terbentuk didiamkan selama 12 jam dan disaring untuk dipisahkan dari pelarut dan cuci endapan hingga bebas asam dengan etanol 96%. Endapan dikeringkan di dalam oven selama 8 jam pada suhu 40°C. Endapan yang telah kering dihaluskan dengan mortar hingga 60 mesh [18].

Analisis yang dilakukan terhadap pektin kulit cempedak merujuk pada penelitian Nurhaeni (2018) meliputi analisis kadar abu dengan pembakaran pada *furnace*. Analisis berat ekivalen, kadar metoksil dan kadar asam galakturonat melalui proses titrasi menggunakan larutan iodin [2].

Pembuatan Biofilm Berbasis Pektin Kulit Cempedak Terisi CMC

Dipanaskan 500 mL akuades hingga 70°C lalu larutkan 2 g CMC. Diaduk selama 3 menit. Kemudian ditambahkan 20 g pektin dan diaduk selama 3 menit. Ditambahkan pemlastis gliserol dengan variasi konsentrasi 0%; 3%; 5%; 7%; 9%. Lalu ditambahkan asam stearat 2,5 g dan diaduk selama 6 menit pada suhu 70°C dan larutan biofilm diaplikasikan pada buah mangga [19].

Pengaplikasian Biofilm Berbasis Pektin Kulit Cempedak Terisi CMC pada Buah Mangga

Buah mangga yang telah dipotong dengan massa yang sama seberat 30 g dicelupkan ke dalam larutan biofilm selama 1 menit kemudian dilakukan penirisan dan dikeringkan untuk selanjutnya disimpan selama masa penyimpanan (0, 2, 4, 6, 8 hari) [19].

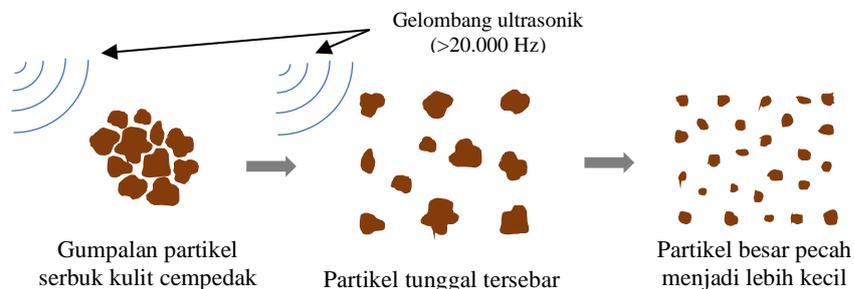
3. Hasil

Hasil Analisis Ekstraksi Pektin

Hasil analisis ekstraksi pektin kulit cempedak dengan pelarut asam sitrat ditampilkan pada Tabel 1. Ekstraksi pektin kulit cempedak dengan metode ultrasonikasi menghasilkan *yield* rata-rata sebesar 22,09% (8,84 g). Metode ultrasonikasi memanfaatkan fenomena kavitasi oleh radiasi gelombang ultrasonik (>20.000 Hz) pada cairan yang mengakibatkan tekanan di dalam cairan meningkat dan membentuk gelembung-gelembung kecil yang tidak stabil. Tekanan tersebut mengakibatkan gelembung semakin membesar hingga pecah dan melepaskan energi yang menyebabkan partikel besar di sekitar gelembung ikut terpecah menjadi partikel yang lebih halus. Mekanisme pemecahan partikel berukuran besar menjadi partikel yang lebih halus diilustrasikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Hasil ekstraksi pektin kulit cempedak dengan pelarut asam sitrat

Percobaan	Konsentrasi Pelarut (%)	Massa Sampel (g)	Pektin (g)	Yield (%)
1			8,98	22,45
2	5	40	8,70	21,75
3			8,83	22,08
Rata-Rata			8,84	22,09



Gambar 1. Mekanisme pemecahan partikel dengan gelombang ultrasonik

Ledakan gelembung (rongga kavitasi) melalui gaya yang relatif besar dapat mengganggu struktur material selama ekstraksi. Hal ini meningkatkan kelarutan pektin dalam pelarut dan meningkatkan hasil ekstraksi [4]. Kavitasasi memecah dinding sel dan membebaskan kandungan ekstrak di dalam partikel. Pemanasan pada pelarut juga meningkatkan difusi ekstrak karena konsentrasi zat ekstrak pada partikel lebih tinggi dibanding pelarut sehingga zat ekstrak dapat terlepas ke pelarut [20].

Adhiksana (2017) melaporkan perbandingan *yield* ekstraksi pektin antara metode ultrasonikasi dengan metode konvensional pada sampel kulit buah pisang menggunakan pelarut HCl dengan *yield* 17,4% untuk

metode konvensional dan 25,59% untuk metode ultrasonikasi [20]. Hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan *yield* pada penelitian ini sebesar 22,09%.

Hasil Analisis Kandungan Senyawa Kimia Pektin

Hasil analisis kandungan senyawa kimia pektin kulit buah cempedak dan standar mutu berdasarkan *International Pectin Producers Association* (IPPA) pektin ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis senyawa kimia pektin

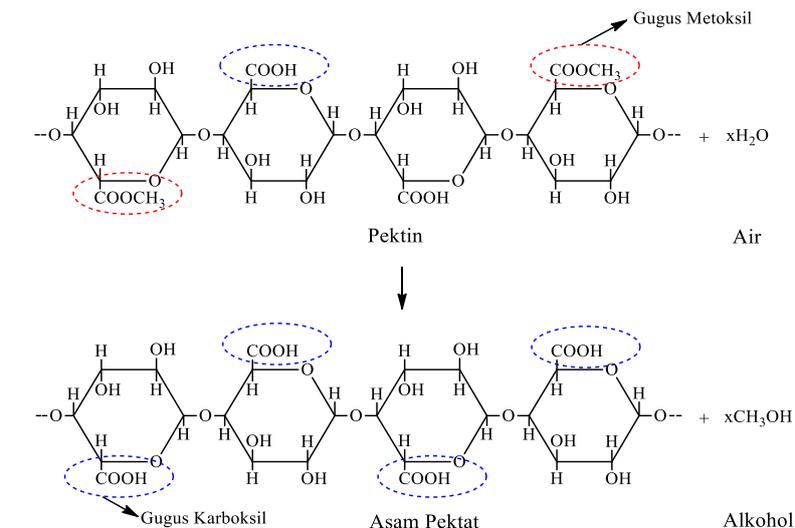
Senyawa Kimia	Hasil	Standar IPPA
Kadar abu	7,40%	maks. 10%
Berat ekuivalen	588,235 mg	600-800 mg
Kadar metoksil	6,20%	tinggi : >7,12% rendah : 2,5-7,12%
Kadar asam galakturonat	36,12%	min. 35%

a. Kadar Abu Pektin Kulit Buah Cempedak

Analisis kadar abu dilakukan dengan pembakaran di dalam tanur pada suhu 600°C selama 3 jam menyebabkan senyawa organik akan terdegradasi dan menguap, sehingga menyisakan unsur mineral dan anorganik. Hasil analisis kadar abu sebesar 7,4% dan sudah memenuhi standar IPPA. Pelarut asam yang digunakan pada proses ekstraksi diduga mampu melarutkan mineral alami dari bahan yang diekstrak. Kadar abu pektin dipengaruhi oleh mineral yang terkandung pada kulit cempedak yang ikut terlarut oleh asam, sehingga mineral tersebut akan ikut mengendap dan bercampur dengan endapan pektin [5].

b. Berat Ekuivalen Pektin Kulit Buah Cempedak

Analisis berat ekuivalen bertujuan untuk mengetahui jumlah gugus asam galakturonat yang tak teresterifikasi pada rantai pektin. Hasil analisis berat ekuivalen sebesar 588,235 mg dan belum memenuhi standar IPPA dikarenakan waktu ekstraksi yang terlalu lama, sehingga pektin akan terhidrolisis lebih lanjut menjadi asam pektat. Asam pektat merupakan polimer, yang tersusun dari monomer asam galakturonat yang terbebas dari gugus metoksil (hanya memiliki gugus karboksil) [21]. Waktu ekstraksi yang semakin lama menyebabkan hilangnya gugus metil pada rantai molekul pektin akibat proses hidrolisis lebih lanjut (proses deesterifikasi) sehingga menurunkan berat ekuivalen pektin. Usulan interaksi hidrolisis pektin menjadi asam pektat diilustrasikan pada Gambar 2.

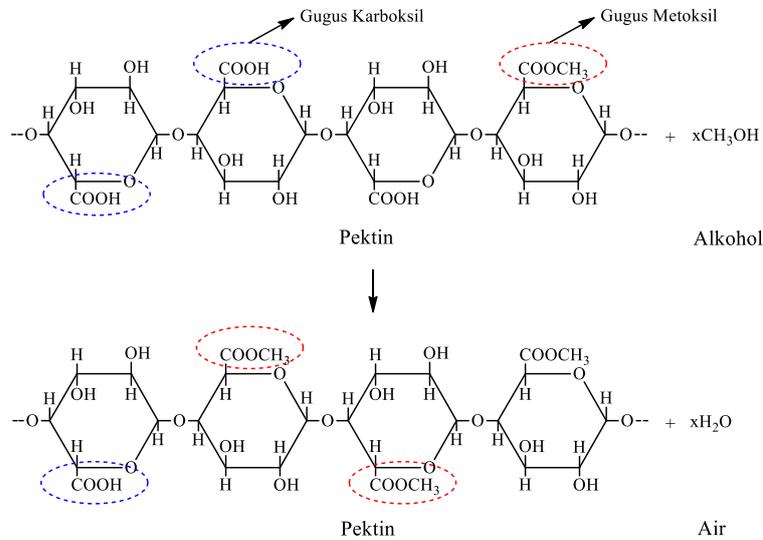


Gambar 2. Usulan interaksi hidrolisis pektin menjadi asam pektat

Tuhuloula (2013) melaporkan pektin dari ekstraksi kulit pisang menggunakan pelarut HCl 0,05 N selama 60 dan 90 menit menghasilkan berat ekuivalen sebesar 793,65 dan 765,50 mg. Hasil tersebut menunjukkan semakin lama waktu ekstraksi menyebabkan terjadinya proses deesterifikasi yang meningkatkan jumlah asam pektat sehingga berat ekuivalen pektin akan menurun [22].

c. Kadar Metoksil Pektin Kulit Buah Cempedak

Analisis kadar metoksil pektin dilakukan untuk mengetahui jumlah mol alkohol yang teresterifikasi pada tiap 100 mol asam galakturonat. Hasil analisis kadar metoksil sebesar 6,20%. Berdasarkan standar IPPA, pektin yang dihasilkan merupakan pektin metoksil rendah (terlihat pada Tabel 2). Pektin juga tersusun atas komponen minor, yaitu unit asam galakturonat yang tidak memiliki gugus metoksil (hanya memiliki gugus karboksil) yang menyebabkan kandungan metoksilnya beragam sehingga pektin digolongkan menjadi pektin metoksil rendah atau tinggi [23]. Rendahnya kadar metoksil diduga akibat waktu pengendapan yang tidak cukup lama, karena pada saat proses pengendapan, proses esterifikasi pektin akan berlangsung. Usulan interaksi esterifikasi gugus karboksil pada pektin diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Usulan interaksi esterifikasi gugus karboksil pada pektin

Arimpi dan Pandia (2019) melaporkan bahwa pektin dari kulit jeruk dengan pelarut H_2SO_4 diendapkan selama 18 dan 20 jam menghasilkan kadar metoksil sebesar 10,1% dan 11%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa saat proses esterifikasi berlangsung gugus karboksil akan tersubstitusi oleh gugus metil pada alkohol menghasilkan gugus metoksil. Dengan demikian, semakin lama waktu pengendapan semakin banyak gugus karboksil yang teresterifikasi sehingga jumlah gugus metoksil akan semakin meningkat seiring bertambahnya waktu pengendapan [5].

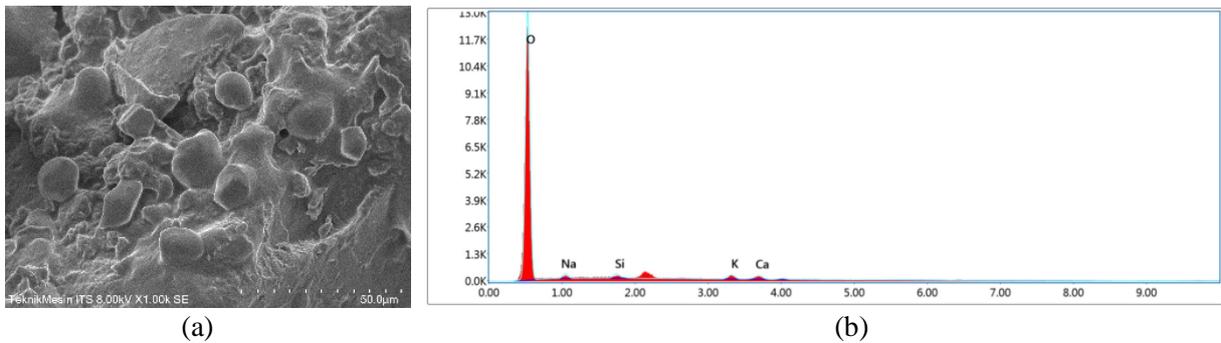
d. Kadar Asam Galakturonat Pektin Kulit Buah Cempedak

Analisis kadar asam galakturonat bertujuan menentukan tingkat kemurnian pektin, semakin tinggi kadar asam galakturonat semakin baik mutu pektin. Kadar asam galakturonat adalah jumlah total berat ekuivalen dan gugus metoksil pada tiap 100 mg sampel pektin yang digunakan. Hasil analisis asam galakturonat pektin sebesar 36,12% dan telah memenuhi standar IPPA. Rendahnya kadar asam galakturonat menunjukkan kemurnian pektin yang rendah. Hasil tersebut diduga disebabkan oleh waktu hidrolisis yang terlalu lama. Waktu hidrolisis yang terlalu lama akan mengakibatkan terbentuknya asam pektat sehingga asam galakturonat akan semakin menurun (Gambar 2).

Roikah (2016) melaporkan bahwa pektin dari belimbing wuluh dengan pelarut HCl 1 N dengan waktu ekstraksi 30 menit dan 90 menit pada suhu $60^\circ C$ menghasilkan kadar asam galakturonat sebesar 50% dan 42%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi akan menurunkan kadar asam galakturonat [18].

Hasil Analisis SEM-EDX Pektin Kulit Buah Cempedak

Hasil analisis SEM-EDX pektin kulit buah cempedak ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4a hasil analisis SEM pektin kulit buah cempedak memiliki morfologi partikel berbentuk butiran bertekstur halus dengan bentuk yang homogen. Gambar 4b hasil analisis EDX menunjukkan spektrum dengan puncak intensitas yang paling kuat pada unsur oksigen, mengindikasikan bahwa pektin didominasi oleh unsur oksigen (O) sebesar 88,84% dan diikuti natrium (Na) 3,48%; kalsium (Ca) 3,15%; kalium (K) 2,98% dan silikon (Si) 1,54%. Hasil tersebut konsisten dengan karakteristik kimia pektin yang merupakan golongan polisakarida dan kaya akan gugus metoksil dan sebagian kecil gugus karboksil (Gambar 3).

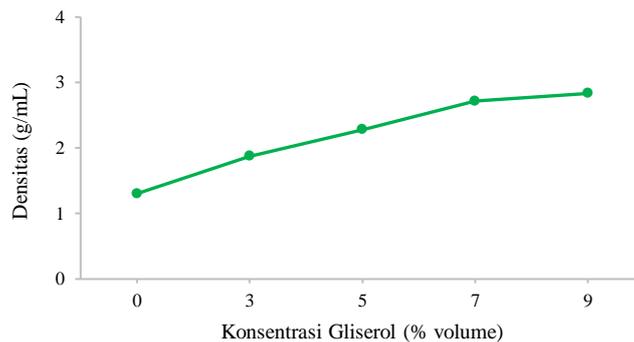


Gambar 4. Hasil analisis pektin kulit buah cempedak (a) SEM dengan perbesaran 500X dan (b) EDX

Hasil Analisis Sifat Fisik Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak Terisi CMC

a. Analisis Densitas Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak Terisi CMC

Hasil analisis densitas biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC ditampilkan pada Gambar 5. Gambar 5 terlihat nilai densitas biofilm meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi pemlastis gliserol pada biofilm. Nilai densitas tertinggi diperoleh pada konsentrasi gliserol 9% yaitu sebesar 2,833 g/mL. Sedangkan nilai densitas terendah diperoleh pada konsentrasi gliserol 0% yaitu sebesar 1,304 g/mL.



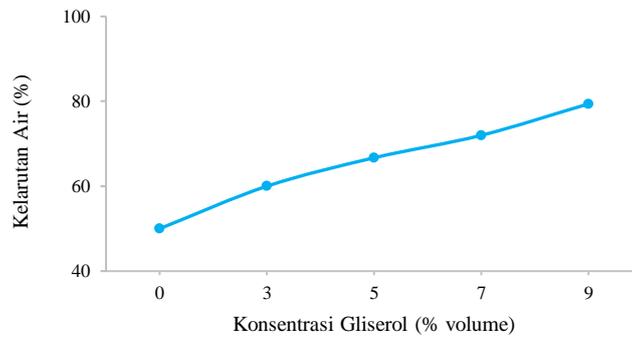
Gambar 5. Pengaruh pemlastis gliserol terhadap densitas biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC

Gliserol memiliki titik didih sebesar 290°C , sehingga pada saat pembuatan biofilm, gliserol tidak teruapkan. Oleh karena itu, meningkatnya pemlastis gliserol akan meningkatkan jumlah molekul pada biofilm, sehingga massa biofilm akan bertambah, sedangkan volume biofilm tidak meningkat secara signifikan (relatif tetap). Massa biofilm bertambah pada volume yang relatif tetap akan meningkatkan densitas biofilm.

Selain itu, peningkatan densitas biofilm disebabkan penambahan pemlastis gliserol yang dapat mengurangi keberadaan ruang kosong pada biofilm, sehingga biofilm akan semakin rapat. Peningkatan densitas juga terjadi karena pemlastis yang ditambahkan dapat meningkatkan massa molekul biofilm. Meningkatnya kandungan gliserol pada film akan meningkatkan massa biofilm sehingga densitas biofilm juga akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi pemlastis [24][6].

b. Analisis Kelarutan Air Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak Terisi CMC

Hasil analisis kelarutan air biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC ditampilkan pada Gambar 6. Gambar 6 terlihat nilai kelarutan air biofilm meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi pemlastis gliserol pada biofilm. Nilai kelarutan air tertinggi diperoleh pada konsentrasi gliserol 9% yaitu sebesar 79,41%. Sedangkan nilai kelarutan air terendah diperoleh pada konsentrasi gliserol 0% yaitu sebesar 50%. Gliserol sebagai pemlastis memiliki gugus O-H sehingga memiliki sifat hidrofilik. Oleh karena itu, konsentrasi pemlastis gliserol yang semakin meningkat akan meningkatkan jumlah komponen yang bersifat hidrofilik.



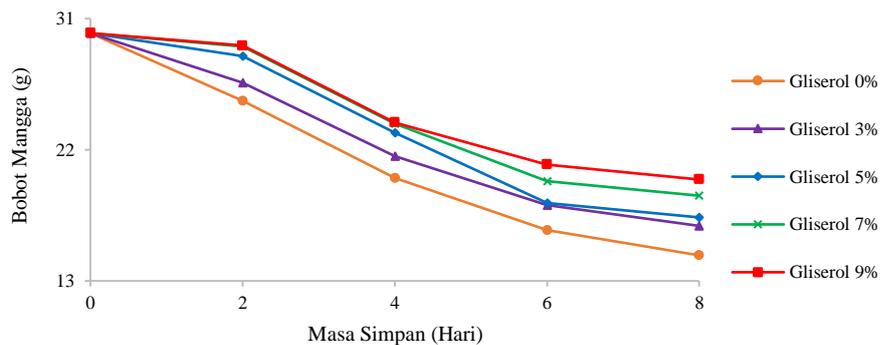
Gambar 6. Pengaruh pemlastis gliserol terhadap kelarutan air biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC

Gugus O-H pada gliserol dengan sifat yang hidrofilik (menyukai air) dapat mengikat air dan larut di dalam air. Gugus O-H (hidroksil) pada pemlastis menjadikan lapisan film dapat menyerap air, sehingga semakin banyak pemlastis semakin banyak air yang akan terserap dan film akan terlarut dalam air [25]. Meningkatnya jumlah gliserol yang bersifat hidrofilik menyebabkan kelarutan biofilm dalam air juga meningkat.

Aplikasi Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak Terisi CMC terhadap Buah Mangga

a. Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak Terisi CMC terhadap Susut Bobot Buah Mangga

Hasil analisis aplikasi biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC terhadap susut bobot buah mangga ditampilkan pada Gambar 7. Gambar 7 terlihat bobot buah mangga yang dilapisi biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Meningkatnya konsentrasi pemlastis gliserol 0%; 3%; 5%; 7%; dan 9% mengakibatkan susut bobot buah mangga semakin kecil, berturut-turut sebesar 50,80%; 44,07%; 42,13%; 37,17%; dan 33,47%. Susut bobot terendah diperoleh pada biofilm dengan konsentrasi gliserol 9% sebesar 10,04 g. Sedangkan susut bobot tertinggi diperoleh pada konsentrasi gliserol 0% sebesar 15,24 g.



Gambar 7. Hasil analisis aplikasi biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC terhadap susut bobot buah mangga

Pengaplikasian biofilm berbasis pektin dapat mengurangi proses penguapan air dan mencegah pelepasan komponen volatil sehingga penyusutan massa bahan pangan dapat dihambat [26]. Berdasarkan hasil analisis densitas, konsentrasi pemlastis gliserol yang meningkat pada biofilm akan meningkatkan densitas lapisan biofilm, menyebabkan permukaan buah akan semakin tertutup. Oleh karena itu, semakin rapat permukaan biofilm maka penguapan air akan semakin menurun yang menyebabkan susut bobot akan semakin kecil. Semakin kecil konsentrasi gliserol yang ditambahkan pada biofilm akan menghasilkan lapisan yang tipis sehingga tidak dapat menghambat proses laju penguapan air ke lingkungan [14].

b. Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak Terisi CMC terhadap Kandungan Vitamin C Buah Mangga

Hasil analisis aplikasi biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC terhadap kandungan vitamin C pada buah mangga ditampilkan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan vitamin C awal buah mangga sebesar 44 mg/g mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Pengaplikasian

biofilm dengan konsentrasi pemlastis gliserol yang semakin meningkat, yaitu 0%; 3%; 5%; 7%; dan 9% menunjukkan penurunan kandungan vitamin C yang semakin kecil, yaitu 35%; 25%; 20%; 10% dan 5%.

Tabel 3. Hasil Analisis Kandungan Vitamin C Buah Mangga

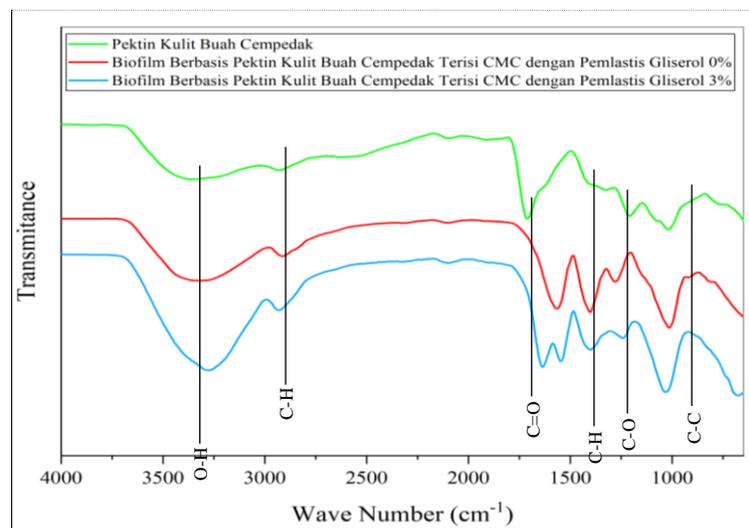
Konsentrasi Gliserol (%)	Kandungan Vitamin C (mg/g)		Penurunan Kandungan Vitamin C (%)
	Hari ke-0	Hari ke-8	
0		28,6	35
3		33	25
5	44	35,2	20
7		39,6	10
9		41,8	5

Pengaplikasian biofilm berbasis pektin pada permukaan buah mangga dapat mencegah penurunan kandungan vitamin C dan reaksi kecoklatan, baik pada buah potong maupun buah segar yang diakibatkan reaksi oksidasi dan metabolisme lain yang terkait sehingga dapat menghambat pematangan dan penuaan pada buah itu sendiri [26]. Selain itu, semakin tinggi konsentrasi pemlastis gliserol yang ditambahkan akan menurunkan permeabilitas oksigen, menyebabkan oksigen akan semakin sulit untuk masuk melewati lapisan film [27].

Didukung hasil analisis densitas, konsentrasi pemlastis gliserol yang meningkat akan meningkatkan kerapatan lapisan biofilm sehingga oksigen akan semakin sulit untuk masuk ke dalam buah. Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi pemlastis gliserol penurunan kandungan vitamin C akan semakin kecil.

Hasil Analisis FTIR Pektin dan Biofilm Berbasis Pektin Kulit Buah Cempedak Terisi CMC

Hasil analisis FTIR pektin dan biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC ditunjukkan pada Gambar 8. Sampel yang digunakan adalah biofilm dengan pemlastis gliserol 0% dan 3% untuk melihat perbedaan antara biofilm yang menggunakan pemlastis dengan yang tidak.



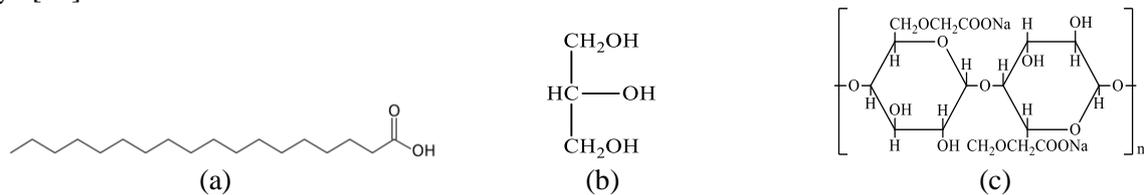
Gambar 8. Hasil analisis FTIR pektin kulit buah cempedak dan biofilm berbasis pektin kulit buah cempedak terisi CMC dengan pemlastis gliserol 0% dan 3%

Pektin dan asam pektat dibedakan berdasarkan gugus metoksil (-COOCH₃) dan karboksil (-COOH). Pektin disusun atas sebagian besar unit asam galakturonat dengan gugus metoksil dan sebagian kecil gugus karboksilat, sedangkan asam pektat seluruhnya tersusun atas unit asam galakturonat dengan gugus karboksilat.

Gambar 8 terlihat spektrum pektin kulit buah cempedak pada bilangan gelombang 3354,6 cm⁻¹ terdapat gugus O-H dan 2937,1 cm⁻¹ terdapat gugus C-H (metil) yang menjadi pembeda antara pektin dengan asam pektat. Pada 1714,6 cm⁻¹ gugus C=O, dan pada 1207,7-1013,8 cm⁻¹ terdapat gugus C-O yang terkandung dalam gugus karboksil dan metoksil pada pektin. Pada 887,6 cm⁻¹ terdapat gugus C-C, diduga berasal dari struktur pektin (Gambar 2) [28][29]. Hasil analisis FTIR pektin kulit buah cempedak didukung analisis EDX yang menunjukkan intensitas unsur terkuat yaitu oksigen (O), mengindikasikan bahwa pektin yang dihasilkan memiliki gugus metoksil dan karboksil. Hasil analisis FTIR juga sesuai dengan hasil analisis kandungan senyawa kimia pektin.

Gambar 8 terlihat spektrum biofilm dengan gliserol 0% pada bilangan gelombang $3332,2\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus O-H, diduga dari gliserol (Gambar 9b) dan $2914,8\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus C-H (metil), diduga berasal dari pektin (Gambar 9c). Gugus O-H pada biofilm menunjukkan gliserol telah bekerja sebagai pemlastis pada biofilm [30]. Pada $1386,6\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus C-H (alkana). Pada $1274,7\text{--}1013,8\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus C-O (ester), diduga dari asam stearat (Gambar 9a) pada biofilm yang berfungsi mengurangi transmisi uap air karena sifatnya yang hidrofobik [17]. Pada $834,9$ terdapat gugus C-C, diduga berasal dari pektin.

Gambar 8 terlihat spektrum biofilm dengan gliserol 3% pada bilangan gelombang $3280,1\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus O-H, juga diduga dari gliserol. Pada $2922,2\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus C-H (metil). Gugus O-H pada biofilm menunjukkan gliserol telah bekerja sebagai pemlastis pada biofilm. Pada $1394,0\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus C-H (alkana). Pada $1028,7\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus C-O, juga berasal dari asam stearat. Terdapat gugus C-C pada $909,5\text{ cm}^{-1}$. Hasil tersebut menunjukkan gugus pada biofilm tersusun atas gugus dari bahan penyusunnya (Gambar 9a-9c). Biofilm bersifat biodegradasi (mudah terurai) yang dibuktikan dengan adanya gugus C-O pada struktur ikatannya [31].



Gambar 9. Struktur kimia (a) asam stearat; (b) gliserol dan (c) CMC

4. Kesimpulan

Pektin kulit buah cempedak yang dihasilkan memiliki kadar abu 7,4%; berat ekuivalen 588,235 mg; kadar metoksil 6,20% dan kadar asam galakturonat 36,12%. Analisis sifat fisik biofilm berbasis pektin kulit cempedak dengan densitas dan kelarutan air tertinggi sebesar 2,833 g/mL dan 79,41% pada konsentrasi pemlastis gliserol 9%. Gugus fungsi yang terkandung pada pektin kulit cempedak serta biofilm berbasis pektin kulit cempedak di antaranya O-H; C-H (Metil); C=O; C-O; dan C-C yang didukung hasil EDX dengan intensitas paling kuat pada unsur oksigen (88,84%). Pemlastis gliserol dengan konsentrasi 9% memberikan pengaruh yang baik pada pengaplikasian buah mangga, dengan susut bobot dan penurunan kandungan vitamin C buah mangga terbaik sebesar 33,47% dan 5%.

5. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] D. N. A. Dahlan, "Perbandingan kandungan serat kasar selai cempedak yang diperam secara tradisional dan menggunakan karbid," *J. Biol. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 63–71, 2020.
- [2] Nurhaeni, N. A. Tjiang, J. Hardi, Diharnaini, and Khairunnisa, "Ekstraksi dan karakterisasi pektin dari kulit dan dami buah cempedak (*Artocarpus chempeden*)," *KOVALEN*, vol. 4, no. 3, pp. 304–315, 2018.
- [3] Badan Pusat Statistik, "Produksi Tanaman Buah-Buahan, 2021-2023," *bps.go.id*, 2024. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html> (accessed Jul. 12, 2024).
- [4] J. P. Maran and B. Priya, "Ultrasound-assisted extraction of pectin from sisal waste," *Carbohydr. Polym.*, vol. 115, no. 1, pp. 732–738, 2014.
- [5] A. Arimpi and S. Pandia, "Pembuatan pektin dari limbah kulit jeruk (*Citrus sinensis*) dengan metode ekstraksi gelombang ultrasonik menggunakan pelarut asam sulfat (H_2SO_4)," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 8, no. 1, pp. 18–24, 2019.
- [6] Y. Darni, H. Utami, R. Septiana, and R. A. Fitriana, "Comparative studies of the edible film based on low pectin methoxyl with glycerol and sorbitol plasticizers," *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 6, no. 2, pp. 158–167, 2017.
- [7] T. M. P. Ngo, T. H. Nguyen, T. M. Q. Dang, T. V. T. Do, A. Reungsang, N. Chaiwong, and P. Rachtanapun, "Effect of pectin/nanochitosan-based coatings and storage temperature on shelf-life extension of "elephant" mango (*Mangifera indica* L.) fruit," *Polymers*, vol. 13, no. 3430, pp. 1–22, 2021.
- [8] V. G. Poosarla, S. Bisoi, A. Siripurapu, B. G. Rathod, A. Ramadoss, S. Kilaprthi, N. Shivshetty, and G. Rajagopalan, "Extension of shelf life of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by using a coating of polyhydroxybutyrate-carboxymethyl cellulose-pectin-thymol conjugate," *J. Food Sci.*, vol. 89, no. 2024,

- pp. 6232–6252, 2024.
- [9] T. M. P. Ngo, T. H. Nguyen, T. M. Q. Dang, T. X. Tran, and P. Rachtanapun, “Characteristics and antimicrobial properties of active edible films based on pectin and nanochitosan,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 21, no. 6, pp. 1–16, 2020.
- [10] I. G. Moorthy, J. P. Maran, S. Ilakya, S. L. Anitha, S. P. Sabarima, and B. Priya, “Ultrasound assisted extraction of pectin from waste *Artocarpus heterophyllus* fruit peel,” *Ultrason. Sonochem.*, vol. 34, pp. 525–530, 2017.
- [11] R. Suhag, N. Kumar, A. T. Petkoska, and A. Upadhyay, “Film formation and deposition methods of edible coating on food products: a review,” *Food Res. Int.*, vol. 136, no. 2020, pp. 1–16, 2020.
- [12] M. Moalemiyan, H. S. Ramaswamy, and N. Maftoonazad, “Pectin-based edible coating for shelf-life extension of Ataulfo mango,” *J. Food Process Eng.*, vol. 35, no. 4, pp. 1–29, 2011.
- [13] T. Karbowiak, H. Hervet, L. Léger, D. Champion, F. Debeaufort, and A. Voilley, “Effect of plasticizers (water and glycerol) on the diffusion of a small molecule in iota-carrageenan biopolymer films for edible coating application,” *Biomacromolecules*, vol. 7, no. 6, pp. 2011–2019, 2006.
- [14] P. Picauly and G. Tetelepta, “Pengaruh konsentrasi gliserol pada edible coating terhadap perubahan mutu buah pisang tongka langit (*Musa troglodytarium* L.) selama penyimpanan,” *AGRITEKNO*, vol. 7, no. 1, pp. 16–20, 2018.
- [15] S. Panahirad, M. Dadpour, S. H. Peighambaroust, M. Soltanzadeh, B. Gullon, K. Alirezalu, and J. M. Lorenzo, “Applications of carboxymethyl cellulose- and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 110, no. 2021, pp. 663–673, 2021.
- [16] M. S. Rahman, M. S. Hasan, A. S. Nitai, S. Nam, A. K. Karmakar, M. S. Ahsan, M. J. A. Shiddiky, and M. B. Ahmed, “Recent developments of carboxymethyl cellulose,” *Polymers*, vol. 13, no. 1345, pp. 1–48, 2021.
- [17] P. Wisudawaty, I. Yuliasih, and L. Haditjarako, “Pengaruh edible coating terhadap kapasitas air terikat sekunder dan tersier manisan tomat cherry selama penyimpanan,” *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 26, no. 3, pp. 301–310, 2016.
- [18] S. Roikah, W. D. P. Rengga, Latifah, and E. Kusumastuti, “Ekstraksi dan karakterisasi pektin dari belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.),” *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 29–36, 2016.
- [19] I. K. Dewi, N. Khoirina, and N. A. C. Imani, “Pengaruh variasi konsentrasi gliserol pada edible coating dari ekstraksi pektin limbah kulit durian sebagai pengawet pada cabai rawit merah untuk memperpanjang masa simpan,” *Kejuangan*, pp. 1–6, 2020.
- [20] A. Adhiksana, “Perbandingan metode konvensional ekstraksi pektin dari kulit buah pisang dengan metode ultrasonik,” *J. Res. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 80–88, 2017.
- [21] S. Ranganna, *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*, 2nd ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2000.
- [22] A. Tuhuloula, L. Budiarti, and E. N. Fitriana, “Karakterisasi pektin dengan memanfaatkan limbah kulit pisang menggunakan metode ekstraksi,” *Konversi*, vol. 2, no. 1, pp. 21–27, 2013.
- [23] H. Widodo, E. Kustiyah, N. W. Sari, Andhy, and M. Prastia, “Ekstraksi pektin dari kulit pisang dengan proses sokletasi,” *J. Siliwangi*, vol. 5, no. 1, pp. 28–31, 2019.
- [24] E. P. D. Saputra and H. Saputra, “Karakterisasi plastik biodegradable dari pati limbah kulit pisang multi dengan plasticizer sorbitol,” *J. Teknol. Pertan. Andalas*, vol. 24, no. 1, pp. 29–36, 2014.
- [25] S. S. Udjiana, S. Hadianoro, A. Takwanto, and A. W. Mustikarini, “Peningkatan karakteristik biodegradable plastics dari kulit pisang candi dengan penambahan filler kalsium silikat clay,” *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 4, no. 2, pp. 175–185, 2020.
- [26] M. T. Iglesias and J. E. Lozano, “Extraction and characterization of sunflower pectin,” *J. Food Eng.*, vol. 62, no. 3, pp. 215–223, 2004.
- [27] T. H. McHugh and J. M. Krochta, “Sorbitol-vs-glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 39, no. 11, pp. 841–845, 1994.
- [28] D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz, and J. R. Vyvyan, *Introduction to Spectroscopy*, 5th ed. 2013.
- [29] A. B. D. Nandiyanto, R. Oktiani, and R. Ragadhita, “How to read and interpret FTIR spectroscopy of organic material,” *Indones. J. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 97–118, 2019.
- [30] H. Sastroamidjojo, *Dasar-Dasar Spektroskopi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2018.
- [31] S. A. Yudistirani, Susanty, R. D. U., and H. N., “Pengaruh variasi konsentrasi gliserol dari minyak jelantah terhadap nilai uji tarik bioplastik dari pemanfaatan limbah kulit ari kacang kedelai,” *KONVERSI*, vol. 8, no. 1, pp. 55–60, 2019.