

Pemanfaatan Limbah Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) sebagai Dasar Formulasi *Edible Film* Antibakteri: Studi Karakterisasi Pektin dan Uji Aktivitas Ekstrak

Alfiana Dwi Puspita¹, Ameliora Dwi Astani^{2*}, Shafa Minda Maliran², Aulia Rahmi Azizah¹

¹ Program Studi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

² Program Studi Gizi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

*Corresponding author: ameliora.da@gmail.com



©2026. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Info Artikel: Diterima 14 Desember 2025 ; Direvisi 7 Agustus 2026 ; Disetujui 7 Agustus 2026
Tersedia online : 10 Agustus 2026 ; Diterbitkan secara teratur : Juni 2026



Cara sitasi: Puspita AD, Astani AD, Maliran SM, Azizah AR. Pemanfaatan Limbah Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) sebagai Dasar Formulasi *Edible Film* Antibakteri: Studi Karakterisasi Pektin dan Uji Aktivitas Ekstrak. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2026 Jun;25(2):222-230. <https://doi.org/10.14710/jkli.80454>.

ABSTRAK

Latar belakang: Kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) merupakan limbah agroindustri yang belum dimanfaatkan secara optimal, padahal mengandung pektin sekitar 20–30% dari berat kering serta senyawa bioaktif yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku produk *biodegradable*. Penelitian ini bertujuan untuk mengarakterisasi pektin, mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak kulit jeruk manis, serta menyusun dasar formulasi *edible film* sebagai alternatif kemasan pangan yang ramah lingkungan.

Metode: Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimental laboratorium yang dilaksanakan pada tahun 2024 melalui tiga tahapan, yaitu ekstraksi dan karakterisasi pektin dari kulit jeruk manis, ekstraksi dan uji aktivitas antibakteri ekstrak kulit jeruk manis terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, serta penyusunan formulasi dasar *edible film* antibakteri. Karakterisasi pektin meliputi pengujian kadar air, kadar abu, berat ekuivalen, kadar metoksil, derajat esterifikasi, dan kelarutan, sedangkan aktivitas antibakteri diuji menggunakan metode difusi cakram. Data hasil karakterisasi dan aktivitas antibakteri dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan dibandingkan dengan standar literatur sebagai dasar penentuan formulasi *edible film*.

Hasil: Pektin kulit jeruk manis yang dihasilkan tergolong pektin bermetoksil tinggi dengan kelarutan baik dalam air, kadar asam galakturonat tinggi, kadar air sesuai standar, namun derajat esterifikasi rendah dan kadar abu yang melebihi batas maksimal. Ekstrak etanol kulit jeruk manis menunjukkan aktivitas antibakteri dengan rentang sedang hingga kuat terhadap kedua bakteri uji. Formulasi dasar *edible film* berbasis pektin dan ekstrak kulit jeruk manis menghasilkan karakteristik fisik film yang paling optimal pada konsentrasi pektin 12% dan ekstrak etanol 40%.

Simpulan: Kulit jeruk manis berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber pektin dan agen antibakteri alami dalam formulasi *edible film* ramah lingkungan, sehingga mendukung upaya pengelolaan limbah organik dan pengembangan kemasan pangan berkelanjutan.

Kata kunci: Antibakteri; Edible Film; Kulit Jeruk Manis; Limbah Agroindustri; Pektin

ABSTRACT

Utilization of Sweet Orange Peel Waste (*Citrus sinensis*) as a Base for Antibacterial Edible Film Formulation: Pectin Characterization Study and Extract Activity Test

Background: Sweet orange (*Citrus sinensis*) peel is an agro-industrial waste that has not been optimally utilized despite containing approximately 20–30% pectin (dry weight basis) and various bioactive compounds with potential applications as raw materials for biodegradable products. This study aimed to characterize pectin, evaluate the antibacterial activity of sweet orange peel extract, and establish a basic formulation of an antibacterial edible film as an environmentally friendly food packaging alternative.

Method: This laboratory-based experimental study was conducted in 2024 and consisted of three stages: pectin extraction and characterization from sweet orange peel, extraction and antibacterial activity testing of sweet orange peel extract against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, and development of a basic antibacterial edible film formulation. Pectin was characterized based on moisture content, ash content, equivalent weight, methoxyl content, degree of esterification, and solubility, while antibacterial activity was evaluated using the disc diffusion method. The characterization and antibacterial activity data were analyzed descriptively and compared with reference standards to determine the suitability of pectin and extract for edible film formulation.

Result: The extracted pectin was classified as high-methoxyl pectin with good water solubility, high galacturonic acid content, and moisture content within the acceptable standard; however, it exhibited a low degree of esterification and ash content exceeding the recommended limit. The ethanolic extract of sweet orange peel demonstrated moderate to strong antibacterial activity against both tested bacteria. The optimum edible film formulation was obtained using 12% pectin and 40% ethanolic extract, producing the most favorable physical characteristics.

Conclusion: Sweet orange peel has considerable potential as a source of pectin and natural antibacterial agents for the development of environmentally friendly edible films, thereby supporting organic waste valorization and the development of sustainable food packaging.

Keywords: Antibacterial; Edible Film; Agro-industrial Waste; Sweet Orange Peel; Pectin

PENDAHULUAN

Indonesia tengah menghadapi persoalan serius terkait limbah plastik serta dampak mikroplastik yang mencemari lingkungan dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat. Data Sistem Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2025 menunjukkan bahwa total timbulan sampah nasional mencapai sekitar 24,8 juta ton per tahun, dengan 20,16% atau setara 5 juta ton berupa sampah plastik. Dari jumlah tersebut, hanya sekitar 22% yang berhasil didaur ulang, sedangkan sisanya masih belum tertangani secara optimal sehingga meningkatkan pencemaran lingkungan, khususnya pada ekosistem perairan dan laut.^{1,2} Akumulasi limbah plastik sekali pakai telah memicu peningkatan pencemaran mikroplastik yang kini tidak hanya ditemukan di lingkungan perairan, tetapi juga telah memasuki rantai makanan manusia.^{3,4} Paparan mikroplastik dikaitkan dengan berbagai risiko kesehatan, seperti gangguan sistem endokrin, peradangan kronis, dan potensi toksisitas jangka panjang.^{5,6,7,8}

Selain limbah plastik, limbah organik dari sektor pertanian dan agroindustri juga menjadi tantangan lingkungan yang perlu mendapat perhatian. Industri pengolahan buah menghasilkan limbah dalam jumlah besar berupa kulit, biji, dan ampas yang umumnya belum dimanfaatkan secara optimal sehingga berpotensi meningkatkan beban pencemaran lingkungan apabila dibuang tanpa pengolahan. Salah satu limbah organik yang melimpah adalah kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) yang mencapai sekitar 40–50% dari berat total buah dan masih mengandung berbagai senyawa bernilai ekonomi, sehingga berpotensi dimanfaatkan kembali menjadi produk fungsional yang ramah lingkungan.⁹ Pemanfaatan limbah organik menjadi produk bernilai tambah juga sejalan dengan konsep *waste valorization* dan ekonomi sirkular yang bertujuan mengurangi timbulan limbah sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya.

Kulit jeruk manis mengandung pektin sekitar 20–30% dari berat kering serta senyawa bioaktif, seperti flavonoid dan fenolik, yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aktif alami.^{10,11,12} Pektin merupakan polisakarida yang memiliki kemampuan membentuk gel sehingga berperan penting dalam meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas matriks *edible film* melalui interaksi antarrantai polimer.^{10,13} Sementara itu, senyawa bioaktif seperti hesperidin dan naringenin telah dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri yang dapat meningkatkan fungsinya sebagai bahan aktif pada produk olahan.¹⁴

Sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap plastik sintetis, pengembangan kemasan pangan yang *biodegradable* dan aman bagi kesehatan menjadi salah satu strategi yang banyak dikembangkan. Salah satu inovasi yang potensial adalah *edible film*, yaitu lapisan tipis berbahan dasar biopolimer alami yang dapat dikonsumsi, mudah terurai, dan mampu menggantikan fungsi kemasan plastik konvensional.^{15,16} Selain berfungsi sebagai pelindung pangan, *edible film* juga dapat dikembangkan menjadi kemasan aktif melalui penambahan senyawa bioaktif yang memiliki aktivitas antimikroba maupun antioksidan.^{17,18,19}

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa *edible film* berbasis polisakarida memiliki sifat *biodegradable*, aman untuk kontak dengan pangan, serta dapat ditingkatkan fungsinya melalui penambahan

ekstrak bioaktif.²⁰ Namun demikian, kualitas *edible film* sangat dipengaruhi oleh karakteristik pektin, seperti kadar metoksil, derajat esterifikasi, kadar air, kadar abu, dan sifat kelarutan, yang menentukan kekuatan mekanik, fleksibilitas, serta stabilitas film.¹³ Selain itu, aktivitas antibakteri ekstrak kulit jeruk dipengaruhi oleh metode ekstraksi, jenis pelarut, serta kandungan senyawa fenolik dan flavonoid yang diperoleh.¹² Oleh karena itu, karakterisasi pektin dan evaluasi bioaktivitas ekstrak perlu dilakukan sebelum keduanya diaplikasikan sebagai komponen utama dalam formulasi *edible film*.

Sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada evaluasi sifat fisik, mekanik, dan fungsional *edible film* yang telah diformulasikan, sedangkan penelitian yang mengintegrasikan karakterisasi mutu pektin hasil ekstraksi, evaluasi aktivitas antibakteri ekstrak kulit jeruk manis, dan penyusunan formulasi dasar *edible film* berdasarkan karakteristik kedua bahan tersebut masih terbatas. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa pemilihan bahan baku dan komposisi formulasi didasarkan pada karakteristik fisikokimia serta bioaktivitas yang telah terverifikasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengarakterisasi pektin, mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak kulit jeruk manis, serta menyusun dasar formulasi *edible film* berbasis pektin sebagai alternatif kemasan pangan yang ramah lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung pemanfaatan limbah kulit jeruk manis sebagai produk bernilai tambah, mengurangi timbunan limbah organik agroindustri, serta berkontribusi terhadap pengembangan kemasan pangan berkelanjutan sebagai alternatif pengganti plastik konvensional.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimental laboratorium yang meliputi tiga tahapan utama, yaitu: (1) ekstraksi dan karakterisasi pektin dari kulit jeruk manis, (2) ekstraksi dan uji aktivitas antibakteri dari ekstrak kulit jeruk manis, serta (3) dasar formulasi *edible film* antibakteri berdasarkan hasil karakterisasi pektin dan aktivitas ekstrak.

Diawali dengan proses preparasi dan ekstraksi pektin dari kulit jeruk manis. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah bagian kulit dari buah jeruk manis (*Citrus sinensis*) sebanyak 1 kg yang diperoleh dari supermarket di Samarinda, Kalimantan Timur dengan merek jeruk Sunkist Valencia. Buah jeruk yang sudah matang dikupas, kulitnya dicuci dan dipotong, kemudian dikeringkan menggunakan oven hingga mencapai tekstur yang renyah dengan kadar air minimum. Simplisia kering dihaluskan hingga menjadi serbuk.

Ekstraksi pektin dari kulit jeruk dilakukan dengan metode asam menggunakan asam sitrat. Larutan asam sitrat dibuat 3 variasi konsentrasi demi mendapatkan pektin dengan karakteristik terbaik. Sebanyak 64 g serbuk halus dilarutkan dengan larutan asam sitrat sebanyak 800 mL, kemudian dipanaskan pada suhu 60–70°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 500 rpm selama 90 menit sehingga senyawa pektin dapat terlarut dalam fase cair. Filtrat hasil ekstraksi disaring, lalu penimbangan ulang dilakukan untuk memastikan penggunaan pelarut etanol 96% dengan rasio 1:3 terhadap berat basah sampel dan diendapkan selama 24 jam agar bisa mendapatkan pektin dengan jumlah dan kestabilan yang baik. Endapan pektin disaring dan dicuci kembali dengan etanol, kemudian dikeringkan di oven dengan suhu 50–60°C selama 6 jam, lalu digiling menjadi serbuk pektin.

Tahap berikutnya merupakan karakterisasi pektin untuk menilai kelayakannya sebagai komponen dasar *edible film*. Karakteristik yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, berat ekivalen, derajat esterifikasi, kadar metoksil, serta kelarutan. Pengukuran dilakukan menggunakan metode titrimetri, pengeringan oven, dan uji kelarutan sesuai prosedur standar. Hasil karakterisasi ini menjadi dasar untuk mengetahui mutu pektin dan menentukan potensi aplikasinya dalam formulasi *edible film*.

Proses ekstraksi senyawa bioaktif dari kulit jeruk manis melalui metode maserasi. Sampel kulit jeruk direndam dalam etanol 70% selama 48 jam dengan pengadukan berkala. Filtrat kemudian disaring dan diuapkan menggunakan *rotary evaporator* untuk memperoleh ekstrak pekat yang selanjutnya digunakan dalam uji aktivitas antibakteri. Aktivitas antibakteri diuji terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menggunakan metode difusi cakram. Larutan ekstrak yang sudah terserap dalam cakram diletakkan pada permukaan media Nutrient Agar yang mengandung suspensi bakteri uji, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Zona hambat yang terbentuk diukur sebagai indikator aktivitas antibakteri. Kontrol positif yang digunakan adalah Amoxilin dan etanol 70% sebagai kontrol negatif.

Seluruh hasil karakterisasi pektin dan aktivitas antibakteri ekstrak digunakan sebagai dasar penyusunan prototipe formulasi *edible film*. Formulasi awal disusun berdasarkan pektin terbaik berdasarkan berat ekivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, derajat esterifikasi, dan uji kelarutan, serta konsentrasi ekstrak yang menunjukkan daya hambat terbaik. Tahap ini bertujuan menghasilkan konsep formulasi *edible film* antibakteri yang berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif kemasan ramah lingkungan. Sebanyak 2,5 g pektin terbaik dilarutkan dalam 50 ml air hangat (70–80°C), ditambahkan 15 ml gliserol sebagai *plasticizer*, 5 g karagena sebagai bahan pembantu pektin dalam membentuk gel yang sempurna. Kemudian ditambahkan larutan ekstrak dengan konsentrasi terbaik dari uji antibakteri sebanyak 5 mL. Larutan homogen kemudian dituangkan

ke dalam cetakan datar dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 60°C selama 3 jam hingga membentuk lembaran tipis. Setelah kering, film dilepas dan disimpan pada kondisi kering.

Data karakterisasi pektin dianalisis secara deskriptif kuantitatif, sementara aktivitas antibakteri dievaluasi melalui perhitungan rata-rata diameter zona hambat. Data kemudian dibandingkan dengan standar literatur untuk menilai kelayakan pektin dan potensi bioaktivitas ekstrak sebagai komponen *edible film* antibakteri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Simplisia Kering dari Kulit Jeruk Manis

Proses pembuatan simplisia kering dari kulit jeruk manis menghasilkan serbuk yang siap digunakan untuk tahapan ekstraksi dan karakterisasi lebih lanjut. Kulit jeruk manis dipotong memanjang dengan ketebalan 1 cm. Seluruh kulit yang terpotong ditimbang, lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 50-60°C selama 46 jam. Sampel kering tersebut selanjutnya dihaluskan dengan blender kemudian diayak menggunakan mesh 60 yang bertujuan memperkecil ukuran serbuk dan memperluas permukaan yang akan dibasahi pelarut²¹. Serbuk kemudian ditimbang untuk mendapatkan hasil perhitungan rendemen simplisia kering yang dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil rendemen simplisia memenuhi standar dan dapat digolongkan baik jika nilainya lebih dari 10%.²¹ Hasil pengeringan yang optimal ditandai dengan warna kulit jeruk yang tetap cerah dan tidak menghitam, menunjukkan bahwa proses pengeringan tidak menyebabkan degradasi termal yang signifikan terhadap pigmen maupun senyawa bioaktif.²² Hasil simplisia tersebut dibagi menjadi dua bagian, yaitu serbuk kasar untuk pembuatan ekstrak etanol kulit jeruk dan serbuk halus untuk pembuatan pektin.

Tabel 1. Hasil Rendemen Simplisia Kering Kulit Jeruk Manis

No	Bobot Basah (g)	Bobot Kering (g)	Rendemen Simplisia (%)
1	875,35	406,92	46

Ekstraksi Pektin Kulit Jeruk Manis

Proses ekstraksi pektin dari kulit jeruk manis menggunakan 3 variasi pada larutan asam sitrat (12%; 13%; 14%), yang diikuti dengan presipitasi menggunakan etanol 96%. Hasil ekstraksi menunjukkan bahwa pektin berhasil diperoleh dalam bentuk serbuk berwarna putih kekuningan dengan tekstur halus dan tidak berbau menyengat. Penggunaan asam sitrat sebagai agen hidrolisis dipilih karena relatif aman, ramah lingkungan, serta mampu memutus ikatan protopektin menjadi pektin larut tanpa menyebabkan degradasi struktur polisakarida secara berlebihan.²³



Gambar 1. Serbuk Pektin Kering

Ketiga serbuk pektin yang sudah kering kemudian ditimbang dan dihitung hasil rendemennya yang dapat dilihat di Tabel 2. Nilai rendemen ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa kulit jeruk merupakan salah satu sumber pektin alami dengan rendemen berkisar antara 10–25%, tergantung pada metode ekstraksi dan kondisi proses yang digunakan. Rendemen pektin yang diperoleh dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu, waktu pemanasan, dan pH larutan ekstraksi. Proses pemanasan pada suhu 60–70°C selama 90 menit terbukti efektif dalam meningkatkan pelepasan pektin dari dinding sel kulit jeruk tanpa menyebabkan kerusakan termal yang signifikan.²⁴ Penurunan pH pelarut diketahui dapat meningkatkan rendemen pektin yang diperoleh. Kondisi pelarut yang semakin asam menyebabkan jumlah ion hidrogen meningkat, sehingga mempercepat proses hidrolisis protopektin menjadi pektin.²⁵ Namun, pada hasil penelitian ini ditemukan bahwa pH yang terlalu rendah dapat menyebabkan degradasi pektin sehingga menurunkan rendemen yang dapat diendapkan. Pada pH yang lebih tinggi, hidrolisis tetap berlangsung secara optimal tanpa merusak struktur pektin.

Tabel 2. Hasil Rendemen Ekstraksi Pektin Kulit Jeruk Manis

No	Konsentrasi Larutan Asam Sitrat (%)	pH Larutan Asam Sitrat	Bobot Simplisia (g)	Bobot Ekstrak (g)	Rendemen Ekstrak (%)
1	12	2,2	64	39,6	61
2	13	2,1	64	33,24	51
3	14	1,8	64	35,48	55

Karakteristik Pektin Kulit Jeruk Manis

Nilai berat ekivalen menunjukkan hasil pektin dipengaruhi oleh konsentrasi asam sitrat selama proses ekstraksi. Pektin hasil ekstraksi dengan asam sitrat 12% atau varian I memiliki berat ekivalen tertinggi, diikuti oleh varian II, dan varian III menunjukkan nilai terendah. Berdasarkan IPPA (*International Pectin Producers Association*) berat ekivalen pektin dikisaran 600-800 mg, sehingga ketiga variasi pektin belum memenuhi standar. Penurunan berat ekivalen seiring peningkatan konsentrasi asam sitrat mengindikasikan meningkatnya jumlah gugus karboksilat bebas akibat hidrolisis protopektin yang lebih intensif.²⁶

Pengujian kadar metoksil menunjukkan bahwa pektin kulit jeruk manis yang dihasilkan termasuk dalam kategori pektin bermetoksil tinggi (>7%). Terdapat kecenderungan peningkatan kadar metoksil seiring meningkatnya konsentrasi pektin dalam larutan asam sitrat. Jika kadar metoksil pektin tinggi, maka sebagian besar gugus karboksilatnya teresterifikasi oleh gugus metil sehingga jumlah gugus karboksilat bebas berkurang. Kondisi ini menyebabkan pembentukan struktur gel atau film lebih bergantung pada konsentrasi gula tinggi dan pH asam, sehingga pektin bermetoksil tinggi kurang stabil dan kurang fleksibel untuk aplikasi *edible film* sehingga perlu penambahan bahan pendukung.²⁷

Tabel 3. Karakterisasi Pektin Kulit Jeruk Manis

No	Variasi Pektin	Berat Ekivalen (mg)	Kadar Metoksil (%)	Asam Galakturonat (%)	Derajat Esterifikasi (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)
1	I	444	6,9	37,3	33,1	9,7	13
2	II	373	8,3	45,6	30,2	12	14,5
3	III	270	11,4	62,6	30,1	15	17

Hasil analisis kadar asam galakturonat menunjukkan kecenderungan meningkatnya kadar asam galakturonat secara berurutan dari variasi I hingga III, yang mengindikasikan semakin tingginya kemurnian pektin. Asam galakturonat merupakan komponen utama penyusun pektin, sehingga kadar yang tinggi mencerminkan kualitas pektin yang baik dan rendahnya kontaminasi senyawa nonpektin.²⁸ Menurut IPPA, kadar galakturonat minimum yang diizinkan adalah 65%, maka yang paling mendekati standar adalah variasi III.

Derajat esterifikasi pektin kulit jeruk manis pada penelitian ini menunjukkan nilai yang relatif rendah. Pada variasi pektin III, derajat esterifikasi cenderung menurun, namun tidak menunjukkan perubahan yang signifikan antar variasi. Derajat esterifikasi yang rendah (<50%) mengindikasikan bahwa sebagian besar gugus karboksil tidak teresterifikasi, sehingga pektin lebih reaktif terhadap ion dan memiliki kemampuan membentuk film yang lebih kuat jika diberi penambahan karagenan.²⁹

Kadar air pektin pada ketiga variasi sesuai dengan standar mutu pektin, yaitu kurang dari 12%. Pektin variasi I menunjukkan kadar air terendah, yang menandakan proses pengeringan berlangsung lebih efektif. Kadar air yang rendah sangat penting untuk menjaga stabilitas pektin selama penyimpanan serta mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Sedangkan hasil pengujian kadar abu pada semua variasi pektin menunjukkan nilai melebihi standar yaitu maksimum 10%, dengan kecenderungan sedikit meningkat pada konsentrasi asam sitrat yang lebih tinggi. Hal ini diduga disebabkan oleh residu mineral yang terikat selama proses ekstraksi asam. Kadar abu yang rendah mencerminkan kemurnian pektin yang baik dan minimalnya kontaminasi anorganik.²⁷

Hasil uji kelarutan menunjukkan bahwa pektin kulit jeruk manis larut dengan baik dalam air panas, membentuk larutan kental yang homogen, sedangkan pada pelarut alkohol pektin tidak larut dan membentuk endapan. Pola ini konsisten pada seluruh variasi konsentrasi pektin. Kelarutan pektin dalam air disebabkan oleh keberadaan gugus hidroksil dan karboksilat pada rantai polisakarida yang bersifat hidrofilik, sementara ketidaklarutan dalam alkohol menunjukkan karakteristik khas pektin sebagai polisakarida polar.²⁴ Hasil ini mengonfirmasi bahwa pektin yang diperoleh memenuhi sifat dasar pektin alami.

Secara keseluruhan, karakteristik pektin kulit jeruk manis yang diperoleh menunjukkan kualitas yang cukup baik. Berdasarkan data karakterisasi di atas, maka variasi pektin I berpotensi memberikan sifat film yang lebih optimal dibandingkan konsentrasi lainnya. Dengan demikian, hasil karakterisasi ini menjadi dasar ilmiah

dalam menentukan konsentrasi pektin terbaik untuk tahap formulasi *edible film* ramah lingkungan pada tahap penelitian selanjutnya.

Ekstrak Etanol Kulit Jeruk Manis

Proses ekstraksi kulit jeruk manis menggunakan metode maserasi untuk menarik senyawa yang memiliki potensi antibakteri. Sebanyak 120 g serbuk kasar simplisia dilarutkan dengan 1000 mL etanol 70% kemudian dilakukan pengadukan 2 jam di *overhead stirrer* dan didiamkan selama 24 jam. Maserat pekat disaring dan dilakukan remaserasi dengan langkah yang sama. Hasil maserasi dilanjut ke *rotary evaporator*, lalu diuapkan di *waterbath* sampai diperoleh ekstrak pekat berwarna coklat kekuningan dengan aroma khas jeruk. Ekstrak yang diperoleh memiliki konsistensi kental dan tidak menunjukkan adanya endapan atau kontaminan fisik, menandakan bahwa proses penyaringan dan evaporasi telah berlangsung dengan baik. Warna ekstrak yang stabil mengindikasikan bahwa tidak terjadi degradasi signifikan terhadap pigmen dan senyawa bioaktif selama proses pemekatan. Hasil rendemen kemudian dihitung dengan menimbang ekstrak etanol yang telah mengental yang bisa dilihat di Tabel 4.

Rendemen yang cukup tinggi menunjukkan bahwa etanol 70% merupakan pelarut yang baik dalam menarik senyawa bioaktif polar hingga semipolar seperti flavonoid, fenolik, dan limonoid yang banyak terdapat pada kulit jeruk manis. Senyawa-senyawa tersebut telah banyak dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri dan antioksidan. Etanol 70% diketahui mampu mengekstraksi komponen fenolik secara lebih efisien dibandingkan etanol absolut, karena adanya kandungan air yang membantu melarutkan senyawa polar seperti pektin terlarut dan glikosida flavonoid^{12,14}.

Tabel 4. Hasil Rendemen Ekstrak Etanol Kulit Jeruk Manis

No	Bobot Simplisia (g)	Bobot Ekstrak (g)	Rendemen Simplisia (%)
1	120	18	15

Uji Aktivitas Antibakteri

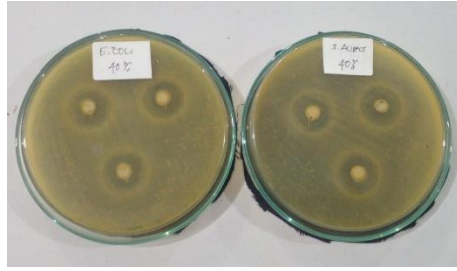
Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol kulit jeruk manis dilakukan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* sebagai perwakilan bakteri Gram positif dan *Escherichia coli* sebagai perwakilan bakteri Gram negatif menggunakan metode difusi cakram. Hasil pengujian menunjukkan terbentuknya zona hambat di sekitar cakram yang mengandung ekstrak etanol kulit jeruk manis, menandakan adanya aktivitas antibakteri terhadap kedua bakteri uji. Kontrol negatif tidak menunjukkan terbentuknya zona hambat, sedangkan kontrol positif menghasilkan zona hambat yang jelas dan luas.

Tabel 5. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Jeruk Manis

No	Konsentrasi Ekstrak (%)	S. aureus (mm)	Rata-Rata (mm)	E. coli (mm)	Rata-Rata (mm)
1	20	8		12	
2		9,5	8,5**	12	12,6***
3		8		14	
4	30	8		11	
5		9	8,6**	11	12***
6		9		11	
7	40	14		14	
8		14	14***	14	14***
9		14		14	
10	Kontrol (-)	0	0*	0	0*
11	Kontrol (+)	41	41****	39	39****

Ket : *Lemah (<5 mm); **Sedang (5-10 mm); ***Kuat (10-20 mm); ****Sangat Kuat (>20 mm)

Aktivitas antibakteri ekstrak etanol kulit jeruk manis diduga berasal dari kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, fenolik, dan minyak atsiri yang terkandung dalam kulit jeruk. Senyawa flavonoid diketahui memiliki mekanisme kerja dengan merusak permeabilitas membran sel bakteri, menghambat aktivitas enzim, serta mengganggu sintesis asam nukleat. Sementara itu, senyawa fenolik dapat menyebabkan denaturasi protein dan kerusakan struktur dinding sel, yang berujung pada kematian sel bakteri. Kombinasi berbagai senyawa bioaktif tersebut diduga menghasilkan efek antibakteri yang bersifat sinergis.²²



Gambar 2. Uji Antibakteri Ekstak Kulit Jeruk Manis Terbaik

Formulasi Dasar *Edible Film* Antibakteri dari Pektin dan Ekstak Terbaik

Formulasi dasar *edible film* antibakteri dalam penelitian ini dikembangkan menggunakan pektin kulit jeruk manis sebagai matriks polimer utama dan ekstrak etanol kulit jeruk manis sebagai agen antibakteri alami. Proses pencampuran menghasilkan larutan film yang homogen tanpa adanya penggumpalan, menunjukkan kompatibilitas yang baik antara pektin dan ekstrak. Hasil pengamatan secara visual menunjukkan bahwa *edible film* yang dihasilkan memiliki karakteristik fisik yang tebal, kuat, dan cukup elastis. Penambahan ekstrak etanol kulit jeruk manis memberikan pengaruh terhadap warna dan aroma *edible film*. Film yang mengandung ekstrak menunjukkan warna kekuningan dengan aroma khas jeruk.



Gambar 3. *Edible Film* Antibakteri dari Pektin dan Ekstak Kulit Jeruk Manis

Secara fungsional, kombinasi pektin dan ekstrak kulit jeruk manis menghasilkan *edible film* yang berpotensi memberikan perlindungan ganda, yaitu sebagai penghalang fisik dan sebagai agen antibakteri. Pektin berperan dalam membentuk jaringan polimer yang kompak, sementara ekstrak kulit jeruk manis terdistribusi dalam matriks film dan dapat berdifusi secara perlahan ke permukaan, sehingga berpotensi menghambat pertumbuhan mikroorganisme.³⁰ Hasil formulasi ini sejalan dengan konsep pengembangan kemasan pangan ramah lingkungan berbasis biopolimer dan bahan aktif alami. Meskipun *edible film* yang dihasilkan menunjukkan potensi yang baik, beberapa tantangan masih ditemukan, seperti kecenderungan meningkatnya kerapuhan film selama waktu simpan serta perubahan warna yang mungkin memengaruhi penerimaan konsumen. Oleh karena itu, optimasi lebih lanjut terhadap rasio pektin, ekstrak, dan *plasticizer* diperlukan untuk menghasilkan *edible film* dengan sifat mekanik dan antibakteri yang optimal.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pektin yang diekstraksi dari kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) memiliki karakteristik sebagai pektin bermetoksil tinggi dengan kelarutan yang baik, kadar asam galakturonat tinggi, dan kadar air yang memenuhi standar, meskipun derajat esterifikasi masih rendah serta kadar abu melebihi batas yang direkomendasikan. Ekstrak etanol kulit jeruk manis menunjukkan aktivitas antibakteri kategori sedang hingga kuat terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai agen antibakteri alami. Berdasarkan hasil karakterisasi pektin dan aktivitas antibakteri ekstrak, formulasi dasar edible film dengan pektin varian I dan ekstrak etanol 40% menghasilkan karakteristik fisik paling optimal sebagai dasar pengembangan kemasan pangan ramah lingkungan berbasis limbah kulit jeruk manis. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengoptimalkan komposisi formulasi serta mengevaluasi sifat mekanik, stabilitas, *biodegradabilitas*, dan efektivitas *edible film* secara langsung pada aplikasi pangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Capaian Pengelolaan Sampah Tingkat Nasional Tahun 2025 [Internet]. Jakarta: SIPSN-Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional; 2025 [diakses 2026 Agu 6]. Available from: <https://sampahnasional.kemenvh.go.id/portal-indikatif/data/capaian>

2. Badan Pusat Statistik (BPS). Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2022. Jakarta: BPS; 2022.
3. Neto JGB, Rodrigues FL, Ortega I, Rodrigues L dos S, Lacerda AL d. F, Coletto JL, et al. Ingestion of Plastic Debris by Commercially Important Marine Fish in Southeast-South Brazil. *Environmental Pollution*. 2020; 12(1);267. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115508>
4. Smith M, Love DC, Rochman CM, Neff RA. Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*. 2018;375–86. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
5. Barboza LGA, Dick Vethaak A, Lavorante BRBO, Lundebye AK, Guilhermino L. Marine Microplastic Debris: An Emerging Issue For Food Security, Food Safety And Human Health. *Marine Pollution Bulletin*. 2018;336–48. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
6. Sari Dewi I, Aditya Budiarsa A, Ramadhan Ritonga I. Distribusi Mikroplastik Pada Sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*. 2015;4(3). <https://doi.org/10.13170/depik.4.3.2888>
7. Supit A, Tompodung L, Kumaat S. Mikroplastik sebagai Kontaminan Anyar dan Efek Toksiknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan*. 2022;13(1);199-208. <https://doi.org/10.26630/jk.v13i1.2511>
8. Aulia A, Azizah R, Sulistyorini L, Rizaldi MA. Literature Review: Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan Pesisir, Biota Laut dan Potensi Risiko Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2023;22(3):328–341. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.328-341>
9. Rafiq S, Kaul R, Sofi SA, Bashir N, Nazir F, Ahmad Nayik G. Citrus Peel as a Source Of Functional Ingredient: A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2018;351–358. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.07.006>
10. Anugrah Yunika Tambunan, Azhari, Rozanna Dewi. Pemanfaatan Limbah Kulit Jeruk Manis Sebagai Pektin Dengan Metode Ekstraksi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 2022;11(1). <https://doi.org/10.29103/jtku.v11i1.7261>
11. Octaviani M, Masnun L, Nasution MR, Susanti E, Utami R, Furi M. Aktivitas Antibakteri dan Antijamur Fraksi Etil Asetat Kulit Buah Jeruk Manis (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *JFIONline*. 2023;15(2):126–33. <https://doi.org/10.35617/jfionline.v15i2.140>
12. Niken, Arman E, Pebriansyah R, Novita Yusuf R. Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Jeruk Manis (*Citrus Sinensis*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Kesehatan Saintika Meditory*. 2023;6(2);296-305.
13. Dea FI, Purbowati ISM, Wibowo C. Karakteristik Edible Film Yang Dihasilkan Dengan Bahan Dasar Pektin Kulit Buah Kopi Robusta dan Glukomanan. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 2022;16(3):446–56. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i3.11480>
14. Dwi Wardani F, Sukohar A, Zakiah Oktarlina R. Review Artikel: Pemanfatan Kulit Jeruk Sebagai Antioksidan Dalam Sediaan-Sediaan Farmasi. *Sains Meisina*. 2024; 2(4):118-126. <https://doi.org/10.63004/snsmed.v2i4.383>
15. Cazón P, Velazquez G, Ramírez JA, Vázquez M. Polysaccharide-Based Films and Coatings for Food Packaging: A review. *Food Hydrocoll*. 2017;68(5):136–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.009>
16. Anggarini D, Hidayat N, Febrianto Mulyadi A. Pemanfaatan Pati Ganyong Sebagai Bahan Baku Edible Coating dan Aplikasinya pada Penyimpanan Buah Apel Anna (*Malus sylvestris*) (Kajian Konsentrasi Pati Ganyong dan Gliserol). *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 2016;5(1):1–8. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2016.005.01.1>
17. Isnaeni R, Fitri A, Nurandini D, Tirtana A, Prayitno MZ. Characteristics Of Edible Film (Layer By Layer) From Carrageenan-Chitosan With The Addition Of Belimbing Wuluh Leaf Extract As Antioxidant Substance. *Konversi*. 2022;11(1);52-58. <https://doi.org/10.20527/k.v11i1.13081>
18. Yudha WK, Putri SH, Widyasanti A. Pengaruh Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum* L.) pada Edible Film Pati Singkong Terhadap Aktivitas Antibakteri. *Jurnal Teknotan*. 2024;18(1):55. <https://doi.org/10.24198/jt.vol18n1.7>
19. Fatisa Y, Agustin N. Characterization and Antioxidant Activity Edible Film of Durian (*Durio zibethinus*) Seed Starch with the Addition of Soursop (*Annona muricata* L.). *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST)*. 2018;1(1);37-42. <https://doi.org/10.24114/ijcst.v1i1.10200>
20. Dermayanti R. Potensi Penggunaan Edible Film Berbasis Polisakarida Pati Singkong: Tinjauan Sistematis 10 Tahun Terakhir. *Jurnal Agristan*. 2025;7(1):147–55. <https://doi.org/10.37058/agristan.v7i1.13426>

21. Komang Novy N, Suhendra L, Ganda Puta GP. Pengaruh Ukuran Partikel dan Lama Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Virgin Coconut Oil Wortel (*Daucus carota* L.) sebagai Pewarna Alami. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 2020; 8(3):423.
<https://doi.org/10.24843/JRMA.2020.v08.i03.p11>
22. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Farmakope Herbal Indonesia. II. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2017.
23. Fahrurroji A, Riza H. Karakterisasi Ekstrak Etanol Buah *Citrus amblycarpa* (L), *Citrus aurantifolia* (S.), dan *Citrus sinensis* (O.). *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 2020;7(2):100-13.
<https://doi.org/10.20473/jfiki.v7i22020.100-113>
24. Alfian A, Wahyuningtyas D, Sukmawati PD. Pembuatan Edible Film Dari Pati Kulit Singkong Menggunakan Plasticizer Sorbitol Dengan Asam Sitrat Sebagai Crosslinking Agent (Variasi Penambahan Karagenan dan Penambahan Asam Sitrat). *Jurnal Inovasi Proses*. 2020;5(2).
25. Anwar K, Rohmawati RF. Pengaruh Suhu dan Waktu Kontak Terhadap Yield dan Mutu Pektin Dalam Kulit Buah Apel Hijau (*Malus sylvestris* (L.) Mill) dengan Metode Konvensional. *Parapemikir: Jurnal Ilmiah Farmasi*. 2025;14(1);36-45.
26. Kadek Yuli Kesuma N, Wayan Rai Widarta I, Dewa Gede Mayun Permana I. Pengaruh Jenis Asam Dan Ph Pelarut Terhadap Karakteristik Pektin Dari Kulit Lemon (*Citrus limon*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 2018;7(4):192–203. <https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i04.p06>
27. Hanum F, Menka I, Kaban D, Tarigan MA. Ekstraksi Pektin Dari Kulit Buah Pisang Raja (*Musa sapientum*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2012;1(2);21-26. <https://doi.org/10.32734/jtk.v1i2.1413>
28. Latupeirissa J, Fransina EG, Tanasale MFJDP, Batawi CY. Ekstraksi Dan Karakterisasi Pektin Kulit Jeruk Manis Kisar (*Citrus sp.*). *J. Chem. Res*. 2019;7(1);61-68. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2019.7-egf>
29. Annisa V, Sulaiman TNS, Nugroho AK, Nugroho AE. Review Sinergisitas Kombinasi Polimer Alami Serta Pemanfaatan dalam Formulasi Obat. *Majalah Farmasetika*. 2021;6(5):436.
<https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i5.35935>
30. Hijriawati M, Febrina E. Review : Edible Film Antimikroba. *Farmaka*. 2015;14:8–16.