

EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI PEKTIN DARI LIMBAH KULIT JERUK (*CITRUS SINENSIS* (L.)) SEBAGAI MATERIAL POTENSIAL ADSORBEN

Rifa Fazira Rizki^{1*}, Muhammad Reza²

^{1,2} Program Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

*Email: 220208028@student.ar-raniry.ac.id

Article History

Received: 21 January 2026; Received in Revision: 14 March 2026; Accepted: 18 March 2026

Abstract

Orange peel waste (*Citrus sinensis* (L.)) is a promising biomass source of pectin for functional materials. The purpose of the research is to extract and analyze pectin from orange peel waste as a potential adsorbent. This work uses an environmentally friendly acid hydrolysis extraction process to prepare adsorbent materials. The extraction was carried out for 45 minutes at 95 °C in a 10% citric acid solvent (pH 1.5). Organic acid was chosen to reduce the breakdown of pectin into pectic acid while simultaneously acting as a cross-linker. The results indicated a yield of 2.545% ± 0.035%. FTIR analysis verified the existence of particular pectin functional groups, including hydroxyl (O-H) vibrations at 3359.78 cm⁻¹, carbonyl (C=O) at 1713.11 cm⁻¹, and C-O ether at 1096.70 cm⁻¹, which is similar to commercial pectin. The abundance of active groups in pectin suggests that the extracted pectin has a great potential for synthesis into porous materials like hydrogels. These materials are designed to act as adsorbents for contaminants in water via physisorption and chemisorption mechanisms, providing green chemistry-based environmental management solutions.

Keywords: Orange Peel, Pectin, Extraction, Citric Acid, Adsorbent

Abstrak

Limbah kulit jeruk (*Citrus sinensis* (L.)) merupakan biomassa potensial sebagai sumber pektin untuk material fungsional. Penelitian ini bertujuan mengekstraksi dan karakterisasi pektin dari limbah kulit jeruk sebagai material potensial adsorben. Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi hidrolisis asam yang ramah lingkungan sebagai prekursor material adsorben. Metode ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut asam sitrat 10% (pH 1,5) pada suhu 95 °C dengan durasi waktu 45 menit. Penggunaan asam organik dipilih untuk meminimalkan degradasi pektin menjadi asam pektat sekaligus berfungsi sebagai *cross-linking agent*. Hasil penelitian menunjukkan perolehan rendemen sebesar 2,545% ± 0,035%. Analisis FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus fungsi spesifik pektin, meliputi vibrasi hidroksil (O-H) pada 3359,78 cm⁻¹, karbonil (C=O) pada 1713,11 cm⁻¹, dan C-O eter pada 1096,70 cm⁻¹, yang telah sesuai dengan standar pektin komersial. Kelimpahan gugus aktif pada pektin memberikan implikasi bahwa pektin hasil ekstraksi memiliki potensi tinggi untuk disintesis menjadi material berpori seperti hidrogel. Material tersebut diproyeksikan sebagai adsorben polutan dalam air melalui mekanisme fisisorpsi dan kemisorpsi, menawarkan solusi penanganan lingkungan berbasis *green chemistry*.

Keywords: Kulit Jeruk, Pektin, Ekstraksi, Asam Sitrat, Adsorben

1. Introduction

Limbah pertanian merupakan produk sampingan yang dihasilkan dari proses pertanian, dimana limbah pertanian ini tergolong ke dalam kategori limbah organik. Secara global, limbah pertanian ini diperkirakan menghasilkan ribuan ton per tahunnya, karena disebabkan oleh peningkatan produksi pangan yang signifikan sehingga limbah pertanian ini menjadi salah satu permasalahan lingkungan (Panjaitan dkk., 2023). Salah satu penyumbang limbah organik terbesar adalah kulit jeruk (*Citrus sinensis* (L.)), hal ini dikarenakan tingginya kapasitas produksi olahan dari buah jeruk. Hasil pengolahan sari buah jeruk akan menghasilkan limbah kulit sekitar 40–50% dari total bobot buahnya (Nugraha and Sopandi, 2022). Selama ini, limbah tersebut seringkali dibuang

begitu saja tanpa pengolahan yang optimal, padahal di dalam kulit jeruk terdapat beberapa kandungan polimer alami, seperti selulosa, hemiselulosa dan pektin (Patiño-saldivar dkk., 2021).

Pektin merupakan polisakarida alami yang banyak terkandung di dalam dinding sel tanaman, khususnya pada kulit buah-buahan seperti kulit jeruk. Ekstraksi pektin merupakan proses pemisahan senyawa pektin dari dalam sel jaringan tanaman. Pektin dapat diekstraksi dengan menggunakan pelarut asam dan pengendapan dengan etanol sebagai pelarut nonpolar (Nuh dkk., 2025). Pektin yang terkandung pada kulit jeruk mengandung banyak gugus fungsional, seperti gugus hidroksil pada polisakarida dan gugus karboksil pada protein. Gugus-gugus fungsional tersebut berperan sebagai prekursor yang memiliki potensial untuk dikonversi menjadi material yang bernilai tinggi, khususnya sebagai material adsorben dalam proses adsorpsi polutan air (Anwar dkk., 2022).

Berdasarkan *literatur riview*, pektin dapat diekstraksi dari kulit jeruk dengan menggunakan pelarut asam berupa asam klorida dengan pH 1,5. Waktu ekstraksi yang dibutuhkan pada ekstraksi ini adalah 45 menit dengan suhu ekstraksi 95 °C sehingga didapatkan rendemen pektin dari kulit jeruk ini 11,72%. Ekstraksi pektin pada suhu 95 °C dan waktu 45 menit akan menghasilkan pektin yang berkualitas dan memenuhi standar *Food Chemical Codex* (Maulida dkk., 2023).

Selain itu, pektin dapat diekstraksi menggunakan pelarut asam lainnya, tidak hanya pelarut asam klorida saja melainkan dapat menggunakan pelarut asam sitrat. Berdasarkan penelitian, pektin yang diekstraksi dari kulit buah nangka menggunakan pelarut asam sitrat dengan konsentrasi 5% akan menghasilkan rendemen sebanyak 0,319%. Banyak atau tidaknya rendemen yang dihasilkan sangat bergantung pada berat dari serbuk awal yang digunakan (Rizal dkk., 2023). Berdasarkan sintesis dari dua rujukan artikel, penelitian ini mengkombinasikan dua perspektif penelitian yang berbeda untuk memberikan sentuhan inovatif pada riset yang sedang dikembangkan. Dalam penelitian ini, pelarut yang digunakan adalah pelarut asam sitrat untuk mengekstraksi pektin dari kulit buah jeruk. Hal ini dikarenakan asam sitrat merupakan pelarut yang bagus untuk mengekstraksi pektin. Ekstraksi dengan penambahan asam sitrat berguna untuk menghidrolisis protopektin menjadi pektin yang larut dalam air dan membebaskan pektin dari ikatan senyawa lain (Nurhaeni dkk., 2018). Sedangkan suhu ekstraksi yang digunakan, yaitu 95 °C dengan lama ekstraksi 45 menit.

Saat ini potensi pengembangan material berpori sangat berkembang pesat dalam proses pemurnian air. Material berpori sangat efektif dalam aplikasi pemurnian air karena kemampuannya dalam memisahkan berbagai jenis zat terlarut dan partikel dari air, termasuk logam berat, zat organik dan berbagai senyawa berbahaya lainnya (Qodriyah dkk., 2024). Pektin menjadi salah satu potensial adsorben yang mampu mengadsorpsi logam karena banyak mengandung gugus karboksilat. Gugus karboksilat dari pektin akan bereaksi dengan ion logam berat untuk senyawa kompleks yang tidak larut dalam air (Nadhir dkk., 2021).

Pektin memiliki beberapa keunggulan, diantaranya yaitu bersifat tidak beracun, memiliki ketersediaan yang melimpah di alam dan sebagai agen pembentuk gel yang baik. Meskipun memiliki keunggulan yang sangat bagus, pektin berbasis polimer alami dari kulit jeruk ini memiliki beberapa kelemahan dari segi strukturalnya, yaitu stabilitas termal yang rendah dan kekuatan mekanik yang rendah. Oleh karena itu, untuk memperbaiki sifat fisik dari pektin yang terkandung di dalam kulit jeruk harus menerapkan teknik taut silang (*cross-linking agent*) untuk proses ikatan silang antar kedua polimer tersebut (Tarmidzi dkk., 2020).

Pada penelitian ini, untuk mengatasi kelemahan tersebut digunakan penambahan zat adiktif. Zat adiktif yang digunakan adalah asam sitrat yang berperan sebagai *cross-linking agent*. Pemilihan asam sitrat ini dikarenakan gugus karboksilat yang terkandung pada asam sitrat ini mampu berikatan silang secara kimia (*chemical crosslinking*) dengan gugus karboksil (OH) yang terkandung di dalam senyawa pektin sehingga dapat memperbaiki sifat fisik dari polimer tersebut. Selain itu asam sitrat berperan sebagai pengendali pH larutan (Tarmidzi dkk., 2020).

Penelitian ini berfokus pada ekstraksi pektin dari limbah kulit jeruk (*Citrus sinensis* (L.)) sebagai potensial material adsorben. Batasan penelitian ini mencakup proses ekstraksi pektin pada skala laboratorium dan karakterisasi material pektin yang difokuskan pada analisis perubahan gugus fungsi menggunakan instrumen FTIR guna membuktikan keberhasilan ikatan silang antara asam

sitrat dan pektin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengekstraksi pektin dari limbah kulit jeruk dan mengarakterisasi pektin limbah kulit jeruk sebagai material potensial adsorben.

2. Methodology

2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah kulit jeruk yang dikumpulkan dari penjual jus yang berlokasi di daerah Darussalam Banda Aceh ($5,60417^{\circ}$ U, $95,43880^{\circ}$ T). Kemudian bahan kimia untuk mengekstrak pektin dari limbah kulit jeruk digunakan dengan kualitas pro analisis dari Merck, yaitu Asam sitrat 10%b/v, aquadest, etanol 96%b/b, kertas saring Whattman dan aluminium foil. Semua bahan kimia yang digunakan adalah bahan kimia kelas reagen dan digunakan sebagaimana mestinya tanpa ada pemurnian lebih lanjut pada bahan kimia tersebut.

2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, gelas kimia, kaca arloji, batang pengaduk, aluminium foil cup, pH meter, termometer, blender, pisau, hotplate, oven pemanas dan spectrum Two FT-IR spectrometer (LiTaO₃ Detector) with UATR accessories.

2.3. Preparasi Sampel

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini, yaitu limbah kulit jeruk manis yang dikumpulkan dari penjual jus. Limbah kulit jeruk dengan berat 400gram akan di preparasi dengan cara dibersihkan ampas-ampas hasil pembuatan jus yang masih menempel di kulit jeruk, lalu dicuci kulit jeruk hingga bersih di air yang mengalir. Kemudian kulit dipotong menjadi bagian yang lebih kecil menggunakan pisau. Setelah itu dilakukan tahap pengeringan menggunakan oven pada suhu 70 °C hingga mencapai berat konstan. Penentuan berat konstan dalam pengeringan sampel kulit jeruk pada suhu 70 °C ini dilakukan dengan cara pemanasan awal untuk menghilangkan kadar air secara maksimal selama 12-13 jam. Kemudian dilakukan penimbangan berat dari kulit jeruk secara bertahap menggunakan neraca analitik yang memiliki ketelitian hingga 0,0001 gram dengan interval pemanasan kembali selama 120 menit. Penimbangan dilakukan secara duplo untuk memastikan data yang didapatkan tersebut lebih akurat. Kulit jeruk yang sudah kering akan dihaluskan dengan blender untuk memperkecil ukuran partikel.

2.4. Preparasi Sampel

Biomassa kering yang telah diperoleh dipindahkan ke dalam gelas kimia berukuran 1 L yang telah berisi larutan Asam sitrat 10%b/v dengan pH 1,5 pada rasio (padat: cair 1 : 10). Larutan asam sitrat 10%b/v yang digunakan dalam proses ekstraksi ini dapat diperoleh dengan cara melarutkan 40 gram asam sitrat ke dalam 400 mL aquadest sehingga didapatkan konsentrasi asam sitrat 10%b/v. Setelah itu untuk memastikan nilai derajat keasaman (pH) dari larutan asam sitrat yang telah dibuat tersebut dapat dilihat menggunakan alat berupa pH meter yang telah dikalibrasi, dimana hasil pengukuran derajat keasaman yang diperoleh menunjukkan pada angka pH 1,5. Setelah itu campuran larutan dipanaskan pada temperature 95 °C dan dilakukan pengadukan selama 45 menit. Pada kondisi ini, suhu dan lamanya waktu ekstraksi yang digunakan tersebut sudah memberi peluang yang cukup efektif untuk terhidrolisisnya protopektin menjadi pektin sehingga akan meningkatkan kadar rendemen yang diperoleh (Maulida dkk., 2023). Selanjutnya masuk ke tahap penyaringan menggunakan kertas saring untuk memisahkan residu dan filtrat. Setelah itu, ditambahkan etanol 96% ke dalam filtrat dan dibiarkan pektin sampai mengendap selama 12 jam. Setelah 12 jam, disaring kembali pektin yang mengendap menggunakan kertas saring. Lalu dikeringkan pektin yang diperoleh tersebut menggunakan oven dengan temperature 60 °C dalam waktu 5 – 7 jam. Kemudian pektin siap untuk dilakukan karakterisasi (Sulianto dkk., 2024).

2.5. Preparasi Sampel

Persen rendemen (Yield) adalah perbandingan antara massa pektin yang diperoleh dengan massa sampel kering (bahan baku kering). Persen rendemen (Yield) dapat dihitung sebanyak dua kali untuk meningkatkan akurasi dan menghindari kesalahan dalam penimbangan. Rendemen dapat dihitung menurut (Ayun dkk., 2025) dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rendemen (\%)} = \left(\frac{\text{massa pektin yang diperoleh}}{\text{massa bahan baku kering}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

2.6. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan suatu nilai yang menunjukkan tingkat penyebaran atau ukuran standar pempangan dari rata-ratanya (Diana dkk., 2025). Rumus untuk menghitung standar deviasi data tunggal adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{\sqrt{\sum (xi - \bar{x})^2}}{n - 1} \quad (2)$$

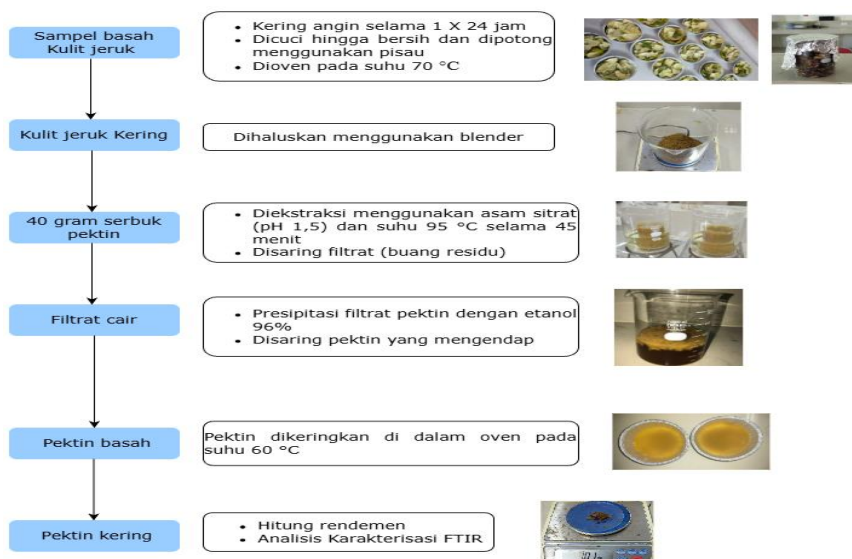
Catatan:

- S = Standar deviasi
- Xi = Data ke-1
- \bar{x} = Rata-rata
- n = Banyaknya data sampel

2.7. Karakterisasi FTIR

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan suatu teknik dalam mengidentifikasi struktur molekul dari suatu senyawa. Spektroskopi FTIR ini memiliki komponen utama, yaitu interferometer Michelson yang berfungsi untuk menguraikan (mendispersi) radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Spektroskopi inframerah mampu mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75-1.000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000-10 cm^{-1} . Metode spektroskopi inframerah meliputi teknik serapan (absorption), emisi (emission), fluoresens (fluorescence). Prinsip kerja spektrofotometer inframerah adalah fotometri. Sinar yang berasal dari sumber inframerah (IR) merupakan kombinasi dari panjang gelombang yang beragam. Sinar yang ditransmisikan oleh suatu sampel akan difokuskan ke detektor. erubahan intensitas sinar menghasilkan suatu gelombang interferens. Gelombang ini diubah menjadi sinyal oleh detektor, diperkuat oleh penguat, lalu diubah menjadi sinyal digital. Pada sistem optik FTIR, radiasi laser diinterferensikan dengan radiasi IR agar sinyal radiasi IR diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik. Sebagai pengganti dari monokromator, FTIR menggunakan interferometer Michelson yang terletak di bagian depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Ramdani dkk., 2023).

Karakterisasi pektin yang dianalisis menggunakan instrumen FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat di dalam pektin berdasarkan serapan bilangan gelombang yang diperoleh. Gugus fungsional utama yang terdapat dalam senyawa pektin berada pada kisaran 1000-2000 cm^{-1} , karena pada kisaran puncak tersebut terdapat kandungan homogalakturonan yang sangat tinggi di dalam pektin (Fithriana and Sari, 2024). Secara ringkas, alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Results and Discussion

3.1. Ekstraksi Pektin

Pektin dilakukan dengan menggunakan limbah kulit jeruk (*Citrus sinensis* (L.)). Limbah kulit jeruk yang telah dikumpulkan akan dilakukan preparasi awal dengan membuang ampas dari daging buahnya, lalu dicuci hingga bersih pada air yang mengalir, ini berfungsi untuk menghilangkan kotoran pada kulit jeruk. Kemudian, kulit jeruk dipotong-potong menjadi bagian yang lebih kecil menggunakan pisau dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 70°C hingga mencapai berat yang konstan. Kulit jeruk yang telah kering akan dihaluskan menggunakan blender agar didapatkan partikel yang berukuran kecil untuk mempermudah dalam proses ekstraksi pektin. Pemplenderan kulit jeruk ini merupakan treatment yang penting dilakukan dalam proses ekstraksi pektin. Hal ini bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel dari kulit jeruk tersebut sehingga dapat meningkatkan luas permukaan bidang sentuh terhadap pelarut dalam mengekstraksi senyawa pektin. Secara mekanis, pengecilan ukuran partikel dari sampel kulit jeruk ini akan menyebabkan terjadinya banyak kerusakan pada struktur dinding sel. Kerusakan pada dinding sel ini membantu mempermudah terbukanya jalan bagi pelarut dalam menarik senyawa pektin yang sebelumnya terlokalisasi di dalam jaringan (Ginting dkk., 2020). Selain itu, ukuran partikel juga dapat mempengaruhi rasio luas permukaan terhadap pelarut. Peningkatan luas permukaan ini dapat meningkatkan efisiensi difusi pelarut dan mempermudah dalam transfer massa (Badaruddin dkk., 2025).

Ditimbang biomassa kering yang telah dihaluskan sebanyak 40 gram menggunakan neraca analitik, lalu dipindahkan ke dalam gelas kimia berukuran 1 L yang telah berisi larutan asam sitrat 10% sebanyak 400 mL dengan pH 1,5. pH yang bagus untuk mengekstraksi pektin terutama pada sayuran dan buah-buahan adalah kisaran pH 1,5 hingga 3,0 (Anwar dkk., 2025). Dalam proses ekstraksi pektin umumnya digunakan pelarut asam sebagai pelarutnya, hal ini dikarenakan pelarut asam dapat meminimalkan kerusakan yang mungkin dapat terjadi pada senyawa pektin. Selain itu, penambahan asam juga berfungsi untuk menghidrolisis protopektin yang tidak larut dalam air menjadi pektin yang larut dalam air dan memisahkannya dari selulosa (Anwar dkk., 2025). Jenis pelarut asam yang efisien digunakan untuk mengekstraksi pektin, yaitu pelarut asam organik, seperti larutan asam sitrat. Pemilihan penggunaan pelarut asam organik dalam mengekstraksi pektin dikarenakan, asam organik bersifat *toxic* yang rendah daripada asam mineral, mempunyai tingkat derajat keasaman rendah yang dapat mencegah terjadinya degradasi pektin menjadi asam pektat. Penggunaan asam mineral akan mempercepat hilangnya ion H^+ dan mendukung proses hidrolisis senyawa protopektin menjadi senyawa pektin dapat larut dan juga dapat menghubungkan molekul pektin yang satu dengan molekul pektin lainnya dalam membentuk sebuah jaringan pektin (Kesuma dkk., 2018).

Pada penelitian ini, jenis pelarut asam yang digunakan dalam mengekstraksi pektin adalah larutan asam sitrat. Pemilihan larutan asam sitrat ini dikarenakan asam sitrat tergolong ke dalam asam lemah bukan asam kuat sehingga nantinya pektin yang dihasilkan tidak terurai lebih lanjut menjadi asam pektat. Namun jika menggunakan asam kuat dalam mengekstraksi pektin, maka dapat berpotensi penguraian pektin menjadi asam pektat dikarenakan asam kuat dapat mempercepat pelepasan ion hidrogen serta hidrolisis protopektin (Indrawati., 2024). Selain itu, asam sitrat ini digunakan sebagai *cross-linking agent* dikarenakan polimer yang digunakan dalam penelitian ini merupakan polimer alami (Tarmidzi dkk., 2020). Ekstraksi pektin pada penelitian ini merupakan jenis ekstraksi pektin secara kimia, dimana dalam mengekstraksi pektinnya dilakukan dengan cara mengekstraksi dari berbagai kulit buah-buahan segar dengan bantuan pemanasan pada rentang suhu 90-95°C (Maulida dkk., 2023).

Selanjutnya diekstraksi pektin dengan bantuan pemanasan pada suhu 95°C selama 45 menit sambil di aduk. Pemilihan suhu 95°C dalam penelitian ini sangat tepat untuk menghidrolisis protopektin menjadi pektin yang terlarut dengan perolehan rendemen yang maksimal, karena suhu ekstraksi yang terbaik itu berada pada kisaran suhu 90-95°C dengan perolehan rendemen yang maksimal sehingga tidak terjadinya degradasi termal pada pektin yang dihasilkan (Madjaga dkk., 2017). Suhu yang tinggi pada proses ekstraksi dapat membantu proses ekstraksi pektin semakin cepat dalam mendapatkan hasil yang maksimum. Pengadukan selama proses ekstraksi dilakukan untuk memperluas permukaan sentuh antara partikel dengan pelarutnya serta untuk mencegah pengendapan. Pengadukan dilakukan juga agar dapat meningkatkan perpindahan solute dari permukaan partikel ke dalam cairan pelarut serta untuk mencegah pengendapan

(Khotima and Tri, 2020). Setelah proses ekstraksi selesai, maka hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring whattman guna untuk memisahkan residu dan filtratnya.

Kemudian dilakukan tahap pengendapan pektin dari hasil filtrat yang telah diperoleh dengan menggunakan larutan etanol 96% sebanyak 200 mL. Ditunggal wadah filtrat pektin tersebut menggunakan aluminium foil agar tidak terjadi kontaminasi pada saat proses pengendapan berlangsung. Pengendapan berlangsung selama 12 jam sampai timbulnya penggumpalan dari pektin, hal ini dikarenakan pektin tidak larut dalam etanol 96% sehingga pektin mengendap di bagian atas. Etanol merupakan pelarut polar atau dikenal dengan sebutan pelarut universal. Tujuan penambahan etanol 96% ini, yaitu untuk membersihkan pektin dari kontaminasi, menghilangkan asam yang terdapat dalam endapan serta untuk mendehidrasi pektin (Fauzan dkk., 2022). Lalu endapan pektin yang diperoleh dipisahkan dengan filtratnya sehingga didapatkan hasil dari pengendapan tersebut yang disebut dengan pektin basah. Pektin yang diperoleh itu biasanya dilakukan tahap pencucian ulang dengan etanol yang berfungsi untuk memisahkan pektin dari zat pengotornya dan senyawa-senyawa kimia lainnya (Sitorus dkk., 2020). Namun pada penelitian ini terdapat penyederhanaan prosedur, dimana pektin tidak dilakukan pencucian ulang menggunakan etanol, guna untuk mengurangi penggunaan pelarut organik dan meminimalkan limbah kimia sehingga dapat menerapkan prinsip dari kimia hijau. Selain itu konsentrasi etanol yang digunakan pada pengendapan pektin sudah tinggi, yaitu 96%, sehingga dengan konsentrasi etanol yang tinggi tersebut sudah sangat efektif untuk membebaskan pektin dari pengotornya. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil FTIR yang menunjukkan puncak serapan khas dari gugus fungsional pektin tanpa adanya gangguan serapan dari pengotor.

Berdasarkan hasil penelitian, pektin basah yang diperoleh, yaitu sebanyak 25,4 gram. Pektin basah ini memiliki tekstur seperti jelly cair, berwarna kuning. Pektin basah ini dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C dengan waktu 5-7 jam hingga mendapatkan hasil pektin kering yang memiliki warna coklat dan memiliki tekstur yang keras. Pengeringan pektin basah ini bertujuan untuk menguapkan sisa pelarut sehingga menghasilkan pektin yang murni dan kering. Indikator kemurnian pektin yang diperoleh tidak hanya mengacu secara visual saja, seperti warna dan tekstur dari pektin, namun juga dilihat dari kandungan kadar metoksil yang merujuk pada standar International Pectin Producers Association (IPPA). Berdasarkan sintesis penelitian terdahulu, kandungan kadar metoksil pektin yang diekstraksi dari sumber tanaman, seperti kulit jeruk berada pada rentang 3,5%-10%. Variasi kandungan metoksil ini dipengaruhi oleh sifat buah dan metode ekstraksi. Buah dengan tingkat kematangan yang tinggi akan meningkatkan kandungan gula dan menurunkan kandungan metoksil (Akhter *et al.*, 2024). kandungan metoksil rendah berada pada rentang 2,3% hingga 4,5%. Sedangkan kandungan metoksil tinggi berada pada rentang >7,12. Kandungan metoksil dapat menentukan seberapa mudahnya pektin membentuk gel (Musita, 2021). Ekstraksi pektin dalam penelitian ini dikatakan berhasil karena pada hasil akhir dari pengeringan menggunakan oven membentuk pektin yang kering dan keras berwarna coklat. Hasil pektin kering yang diperoleh, yaitu sebanyak 1,01gram dari 40gram serbuk pektin yang diekstraksi. Dari hasil pektin kering yang diperoleh tersebut, maka dapat dihitung rendemen dan menganalisa gugus fungsi yang terkandung di dalam pektin menggunakan instrument FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

3.2. Rendemen

Pektin merupakan jenis polisakarida yang terlarut dengan air dan tergolong dalam asam - asam pektinat, didalamnya terkandung gugus - gugus metoksil. Ekstraksi pektin biasanya didapatkan dari jaringan tumbuhan melalui pemanasan menggunakan asam pada pH yang rendah (Maulida dkk., 2023).

Table 1. Standarisasi Pektin

No	Jenis Sampel	Massa Pektin (gram)	Serbuk Awal Pektin/Simplisia (gram)	Rendemen (%)
1.	Kulit jeruk (Pengulangan I)	1,01	40gram	2,52%
2.	Kulit jeruk (Pengulangan II)	1,03	40gram	2,57%
Standar deviasi = 0,035				

Berdasarkan **Tabel 1.** di atas dapat dilihat bahwa, dalam penelitian ini rendemen yang diperoleh dari limbah kulit jeruk, yaitu sebanyak $2,545\% \pm 0,035\%$ dengan menggunakan pelarut asam yang digunakan adalah asam sitrat 10%. Hasil rendemen yang diperoleh pada penelitian ini tergolong rendah, hal ini disebabkan oleh waktu ekstraksi yang singkat. Pada suhu konstan, ekstraksi yang lebih lama akan meningkatkan rendemen (Akhter *et al.*, 2024). Selain itu, rendemen pektin yang diperoleh juga bergantung pada jenis buah-buahan yang dan pelarut asam yang digunakan dalam mengekstraksi pektin serta bergantung pada pada unsur hara atau daerah tempat tumbuhnya pohon jeruk yang akan mempengaruhi kandungan kimia dari buah jeruk tersebut (Rizal dkk.,2023). Perolehan rendemen pektin pada penelitian ini yang menggunakan pelarut asam sitrat menunjukkan perolehan angka rendemen yang setara dengan penelitian Dhora dkk (2024) yang menunjukkan perolehan rendemen sebesar 2,54% menggunakan pelarut asam klorida. Meskipun secara kuantitatif angka rendemen yang diperoleh dari pelarut asam sitrat dan asam klorida itu setara, namun pemilihan asam sitrat lebih menguntungkan karena mekanisme ekstraksinya yang lebih selektif. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Indrawati dkk (2024) yang menunjukkan bahwa ekstraksi pektin dari kulit pisang ambon hijau dengan menggunakan pelarut asam sitrat mampu menghasilkan rendemen yang lebih tinggi, yaitu 9,20% dibandingkan dengan penggunaan asam klorida yang hanya mampu menghasilkan rendemen sebanyak 3,84%. Dari angka yang ditunjukkan tersebut dapat dibuktikan bahwa rendemen pektin yang dihasilkan pada penggunaan pelarut asam sitrat menunjukkan kecenderungan hasil yang lebih banyak dibandingkan dengan pelarut asam lainnya, seperti asam klorida.

Table 2. Studi Komparasi Ekstraksi Pektin

No	Sampel	Pelarut (%)	Waktu ekstraksi (menit)	Suhu (°C)	Rendemen	Referensi
1.	Kulit jeruk	Asam klorida 0,5 %	60	90	30,36%	(Fauzan dkk., 2022)
2.	Kulit cempedak	Asam sitrat 5%	90	85	38,85%	(Nurhaeni dkk., 2018)
3.	Kulit nangka	Asam sitrat 5%	120	85	0,319%	(Rizal dkk., 2023)
4.	Kulit jeruk limau	Asam klorida 0,1 N	45	95	11,72%	(Maulida dkk., 2023)
5.	Kulit jeruk	Asam sitrat 10%	45 menit	95	2,545%	Penelitian ini

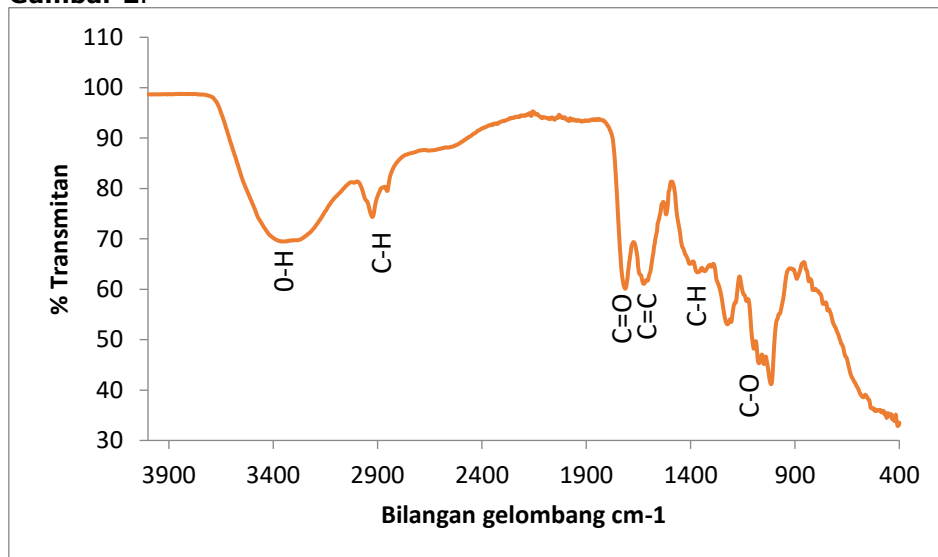
Berdasarkan tabel studi komparasi ekstraksi pektin di atas, dapat dilihat bahwa, penelitian ini menunjukkan posisi strategis dalam upaya optimasi ekstraksi pektin yang efisien dan aman, dengan menggunakan pelarut asam sitrat 10%. Penelitian ini berhasil memperoleh rendemen sebesar $2,545\% \pm 0,035\%$ dalam waktu yang sangat singkat, yaitu 45 menit jika dibandingkan dengan penelitian Rizal dkk., (2023) yang membutuhkan waktu jauh lebih lama (120 menit) namun hanya menghasilkan rendemen 0,319%. Metode dalam penelitian ini terbukti memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam menghidrolisis senyawa pektin. Namun, catatan penting terkait perolehan variasi nilai rendemen dari beberapa penelitian tidak hanya dipengaruhi oleh parameter teknis di laboratorium, seperti jenis sampel, pelarut, suhu dan waktu kontak, tetapi juga bergantung pada jenis dan bagian dari tanaman yang akan di ekstrak dan kondisi geografis tempat tanaman tersebut tumbuh. Perbedaan unsur hara pada tanah di setiap daerah akan mempengaruhi metabolisme sekunder tanaman dalam pembentukan polisakarida kompleks, sehingga kadar pektin pada kulit jeruk di suatu wilayah dapat berbeda-beda (Rizal dkk.,2023). Meskipun dapat dilihat bahwa, perolehan rendemen sebesar $2,545\% \pm 0,035\%$ pada sampel kulit jeruk menggunakan pelarut asam sitrat terlihat lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan pelarut asam klorida pada penelitian Fauzan et al. (30,36%) dan Maulida et al. (11,72%), namun pemilihan asam sitrat tetap memiliki keunggulan, yaitu, asam sitrat yang berperan sebagai asam organik mampu memberikan hasil rendemen yang jauh lebih tinggi pada jenis biomassa lainnya, seperti yang terlihat pada penelitian Nurhaeni dkk., (2018) yang mencapai 38,85%, melampaui efektivitas asam klorida pada literatur lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa asam sitrat memiliki potensi ekstraksi yang besar jika dipadukan dengan karakteristik bahan yang tepat.

Kecenderungan rendemen yang lebih kecil dalam penelitian ini dibandingkan dengan penggunaan asam kuat (HCl) merupakan konsekuensi dari pemilihan pelarut yang lebih ramah lingkungan dan aman untuk dikonsumsi (*food grade*). Asam klorida bersifat korosif dan agresif dalam memutus rantai polimer, sedangkan asam sitrat bekerja lebih selektif dan aman bagi struktur molekul

pektin itu sendiri. Dengan demikian, posisi penelitian ini adalah menawarkan solusi yang lebih sehat dan berkelanjutan bagi industri pangan (*food grade*).

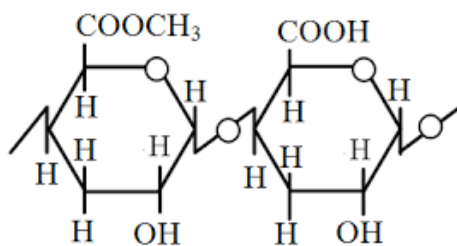
3.3. Karakterisasi FTIR

Perbandingan energi Hasil ekstraksi pektin yang diperoleh menggunakan pelarut asam sitrat ini dianalisis menggunakan instrument FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Tujuannya yaitu untuk melihat gugus-gugus fungsional utama yang terkandung di dalam senyawa pektin berdasarkan serapan bilangan gelombang (cm^{-1}). Analisis FTIR pada senyawa pektin ini dilakukan dengan cara melihat bentuk serapan spektrumnya, yaitu mengamati puncak-puncak spesifik yang terbentuk dimana puncak tersebut menunjukkan gugus-gugus fungsional tertentu yang terdapat pada senyawa pektin. Spektrum FTIR yang diperoleh dari analisis senyawa pektin dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Spektrum IR Ekstraksi Pektin

Berdasarkan gambar diatas dapat diidentifikasi bahwa tereksistensi keberadaan gugus OH (hidroksil), asam karboksilat, karbonil C=O, C=C alkena, -CH alifatik, C-H alkana, dan C-O eter pada sampel dengan menggunakan (*cross-linking agent*) berupa asam sitrat. Hasil analisis FTIR pektin menunjukkan adanya puncak serapan lebar pada bilangan gelombang $3359,78 \text{ cm}^{-1}$. Ini menunjukkan bahwa gugus O-H mengalami vibrasi. Pada bilangan gelombang $2924,98 \text{ cm}^{-1}$ terjadinya vibrasi dari C-H alifatik dan pada bilangan gelombang $1713,11 \text{ cm}^{-1}$ terdapat serapan spesifik dari pektin yaitu adanya vibrasi C=O. Vibrasi pada bilangan gelombang $1624,79 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi C = alkena. Pada bilangan gelombang $1368,24 \text{ cm}^{-1}$ alkana, kemudian pada bilangan gelombang $1096,70 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi C-O. Pektin mengandung beberapa gugus, diantaranya gugus OH, CH alifatik, C=O, COO dan C-O eter seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Senyawa Pektin

Bilangan gelombang FTIR yang diperoleh dengan cara analisis menggunakan instrument FTIR ini dapat dibandingkan dengan serapan bilangan gelombang dari pektin standar (Nadir and Sahraeni 2022). Perbandingannya dapat diamati pada **Tabel 3**.

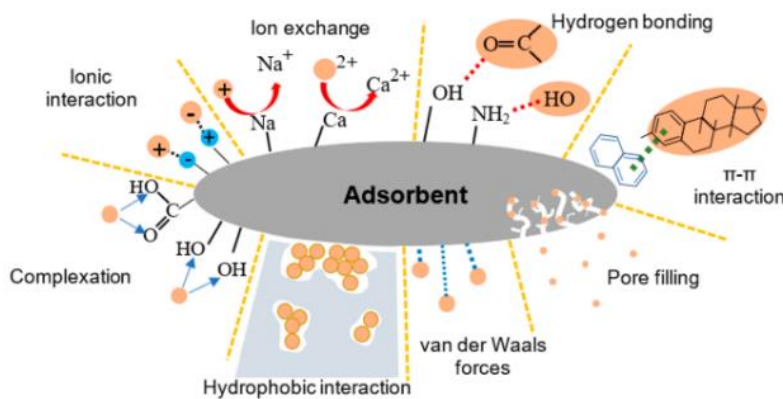
Table 3. Bilangan Gelombang FTIR Pektin Kulit Jeruk

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Keterangan
Pektin Kulit Jeruk	Pektin Standar	
3359,78	3300-3500	O-H Hidroksil
1713,11	1630-1650	C=O Karbonil
1096,70	1050-1300	C-O Eter
1223,72	1200	Karbonsiklik

Dari hasil nilai serapan bilangan gelombang yang diperoleh dari pektin limbah kulit jeruk, maka dapat dikatakan bahwa pektin yang diperoleh pada penelitian ini memiliki gugus fungsi penyusun pektin yang sesuai dengan standar. Hal ini dapat dilihat dari adanya gugus karbonil, gugus eter dan karbonsiklik serta gugus fungsi pendukung lainnya dalam sampel kulit jeruk. Maka dapat disimpulkan bahwa pektin yang diperoleh dari penelitian ini adalah senyawa pektin.

Pektin merupakan polisakarida yang mengandung asam galakturonat. Berdasarkan hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa di dalam pektin mengandung gugus fungsi, seperti hidroksil, karbonil, eter dan lainnya. Gugus-gugus tersebut berperan dalam proses adsorpsi pada permukaan biosorben (Aini dkk., 2022). Gugus karboksilat pada pektin dapat mengikat ion logam berat sehingga membentuk senyawa kompleks yang tidak larut dalam air dan dapat dijadikan sebagai potensial material adsorben, terutama pektin yang diekstraksi dari limbah kulit jeruk. Hal ini dikarenakan kulit jeruk tergolong ke dalam pektin yang bermetoksil rendah (Rahayu dkk., 2021). Keberadaan gugus-gugus akan membuat pektin dapat berinteraksi dengan berbagai jenis adsorbat, baik melalui mekanisme fisorpsi maupun mekanisme kemisorpsi.

Mekanisme adsorpsi diilustrasikan sebagai proses dimana suatu molekul berpindah dari larutan dan menempel pada permukaan adsorben, baik secara kimia maupun fisika. Mekanisme fisisorpsi (fisika) melibatkan gaya *van der Waals* dalam mengikat molekul adsorbat dan molekul adsorben. Molekul yang teradsorpsi ini cenderung lemah dan energi yang dilepaskan dalam proses adsorpsi secara fisika relatif lebih rendah. Sedangkan pada mekanisme kemisorpsi, partikel yang menempel pada permukaan umumnya akan membentuk ikatan kovalen (Nadir and Sahraeni, 2022). Secara eksperimental, pengujian adsorpsi memang tidak dilakukan, akan tetapi ini merupakan studi pemodelan secara teoritis, dimana pektin berbahan dasar limbah kulit jeruk ini memiliki potensial untuk dijadikan hidrogel sebagai adsorben yang baik berdasarkan hasil data FTIR yang diperoleh. Hidrogel merupakan polimer 3D yang memiliki sifat hidrofilik dan mampu mengembang serta menahan volume air dalam kapasitas yang relatif besar. Hidrogel dapat berupa hidrogel alami yang dihasilkan dari limbah pertanian, seperti material pektin yang memanfaatkan limbah kulit jeruk sebagai bahan dasar pembuatan adsorben. Hidrogel alami ini memiliki keuntungan diantaranya, memiliki daya tahan degradasi yang cukup tinggi dan toksisitas yang cukup rendah (Alcalde-garcia dkk., 2023). Secara visual, mekanisme adsorpsi kontaminan oleh material berbasis pektin dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme Adsorpsi oleh Material Berpori Berbasis Pektin

Gugus-gugus yang terdeteksi pada FTIR, seperti gugus hidroksil, karboksil berperan langsung terhadap penyerapan kontaminan dan berkontribusi secara signifikan dalam pemisahan. Hasil penelitian Alcalde-Garcia., dkk (2023) membuktikan keberhasilan dalam menghilangkan kontaminan yang larut dalam air dan berperan sebagai adsorben.

4. Conclusion

Berdasarkan hasil analisis penelitian ekstraksi pektin dari limbah kulit jeruk (*Citrus sinensis* (L.)) yang diekstraksi menggunakan pelarut asam sitrat 10% (pH 1,5) menghasilkan rendemen sebesar $2,545\% \pm 0,035\%$. Penggunaan asam organik ini terbukti lebih efektif dan aman dibandingkan asam mineral dalam mencegah degradasi pektin menjadi asam pektat. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR, isolat tersebut dikonfirmasi sebagai senyawa pektin karena memiliki gugus fungsi yang identik dengan standar teoritis, meliputi vibrasi gugus O-H hidroksil, C=O karbonil, C-O eter dan karbonsiklik. Keberadaan gugus-gugus aktif tersebut, terutama karboksilat dan hidroksil, memberikan potensi besar bagi pektin untuk diaplikasikan sebagai material adsorben alami atau hidrogel. Kemampuan adsorpsinya bekerja melalui mekanisme fisorpsi yang melibatkan gaya *Van der Waals* pada permukaan biosorben, serta mekanisme kemisorpsi melalui pembentukan ikatan kovalen antara gugus fungsi pektin dengan kontaminan seperti logam berat. Dengan karakteristiknya yang bersifat hidrofilik, memiliki toksisitas rendah, dan ramah lingkungan, pektin hasil ekstraksi limbah kulit jeruk ini sangat prospektif dikembangkan sebagai agen pemurnian air yang berkelanjutan.

References

- Aini, N., Rahayu, A. and Jamilatun, S. (2022) 'POTENSIAL BIOSORBEN DALAM REMOVAL FOSFAT DENGAN METODE ADSORBSI: A REVIEW', *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ* [Preprint].
- Akhter, M.J. et al. (2024) 'Extraction of pectin from powdered citrus peels using various acids: An analysis contrasting orange with lime', *Applied Food Research*, 4(2), p. 100614. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100614>.
- Alcalde-garcia, F. et al. (2023) 'Desorption Strategies and Reusability of Biopolymeric Adsorbents and Semisynthetic Derivatives in Hydrogel and Hydrogel Composites Used in Adsorption Processes'. Available at: <https://doi.org/10.1021/acseengineeringau.3c00022>.
- Anwar, K. et al. (2025) 'Pengaruh Suhu dan Waktu Kontak Terhadap Yield dan Mutu Pektin Dalam Kulit Buah Apel Hijau (*Malus sylvestris* (L.) Mill) dengan Metode Konvensional', 14(1), pp. 36-45.
- Ayun, Q. et al. (2025) 'ANALISIS KADAR METOKSILPEKTIN KULIT KAKAO (THEOBROMA CACAO L) BERDASARKAN OPTIMASI VOLUME PELARUT DAN LAMA PENGENDAPAN PEKTIN', 8(2), pp. 89-95.
- Badaruddin, S. et al. (2025) 'Proses Ekstraksi Antioksidan dari Daun Kalanchoe pinnata: Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Kinetika Maserasi', *Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(4), pp. 956-968. Available at: <https://doi.org/10.55123/insologi.v4i4.6183>.
- Dhora, A., Hariani, R. and Wahyuni, S. (2024) 'Isolasi Pektin dari Kulit Kakao Menggunakan Metode Ekstraksi dengan Variasi Konsentrasi HCl', *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 9(1), pp. 1-7.
- Diana, P. et al. (2025) 'ANALISIS PENGARUH HASIL RENDEMEN DAN WAKTU PADA ALAT PENGUPAS NANAS SEMI', 3(2).
- Fauzan, A. et al. (2022) 'Karakteristik Kadar Metoksil dan Kadar Asam Galakturonat pada Ekstrak Pektin dari Kulit Jeruk Manis Pacitan pada Suhu 90 ° C', pp. 13-14.
- Fithriana, E. and Sari, T.K. (2024) 'BIOSORPSI ION LOGAM Cu (II) MENGGUNAKAN EKSTRAK PEKTIN DARI KULIT BUAH KEDONDONG (*Spondias dulcis*) BIOSORPTION OF METAL ION Cu (II) USING PECTIN EXTRACT FROM THE SKIN OF KEDONDONG FRUIT (*Spondias dulcis*)', 12(2), pp. 67-70.
- Ginting, R.B., Wartini, N.M. and Wrsiati, L.P. (2020) 'Karakteristik Ekstrak Pewarna Alami Bunga Kenop (*Gomphrena globosa* L.) pada Perlakuan Ukuran Partikel dan Lama Maserasi serta Korelasi Antar Variabel', *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), pp. 448-459.
- Indrawati, R., Nitte, O.L. and Yuniati, Y. (2024) 'Karakterisasi Pektin yang Diekstraksi dari Kulit Pisang Ambon Hijau (*Musa acuminata* Colla) dengan Spektroskopi FT-IR dan Analisis Kemometrik', *Jurnal Penelitian Kimia*, 20(1), pp. 1-11. Available at:

- <https://doi.org/10.20961/alchemy.20.1.70208.1-11>.
- Khotima, K. and Tri, S. (2020) 'PEMANFAATAN PEKTIN KULIT NANGKA (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM CU (II)', *Media Eksakta*, 16(2), pp. 105–112.
- Madjaga, B.H., Nurhaeni and Ruslan (2017) 'Optimalisasi Ekstraksi Pektin Dari Kulit Buah Sukun (Artocarpus altilis)', *Kovalen*, 3(2), pp. 158–165.
- Maulida, F.E.N., Alimuddin and Erwin (2023) 'EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI PEKTIN DARI LIMBAH KULIT JERUK LIMAU (Citrus amblycarpa)', 20, pp. 56–63.
- Musita, N. (2021) 'Karakteristik Pektin yang Diekstrak dari Kulit Buah Kakao', *Jurnal Pelita Perkebunan*, 37(1), pp. 62–75. Available at: <https://doi.org/10.22302/icri.jur.pelitaperkebunan.v37i1.428>.
- Nadhir, M., Patmawati, Y. and Alexander, A. (2021) 'KAPASITAS ADSORBSI LOGAM KROMIUM (VI) DENGAN ADSORBEN PEKTIN DARI KULIT LEMON', *Jurnal teknik kimia vokasional*, 1(2), pp. 51–58. Available at: <https://doi.org/10.46964/jimsi.v1i2.869>.
- Nadir, M. and Sahraeni, S. (2022) 'KAPASITAS ADSORPSI LOGAM MANGAN (Mn) MENGGUNAKAN', 2(2), pp. 66–72. Available at: <https://doi.org/10.46964/jimsi.v2i2.1693>.
- Nugraha, B.A. and Sopandi, T. philofia (2022) 'PENGOLAHAN LIMBAH KULIT JERUK SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN DI DESA SELOREJO , KABUPATEN MALANG : LITERATURE REVIEW', 8(1), pp. 1–17.
- Nuh, M. et al. (2025) 'Penggunaan Alkohol Daur Ulang Dengan Metode Distilasi Adsorben Pada Proses Pengendapan Pektin Dari Kulit Jeruk', *BEST Journal*, 8(2), pp. 288–294.
- Nur Ainiyyah Fitria Anwar, Meicahayanti, I. and Rahayu, E. (2022) 'PENGARUH VARIASI WAKTU KONTAK DAN MASSA ADSORBEN KULIT JERUK SIAM (CITRUS NOBILIS) TERHADAP PENYISIHAN KADMIUM (CD) DAN MERKURI (HG)', 6(1), pp. 35–43.
- Nurhaeni et al. (2018) 'EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI PEKTIN DARI KULIT DAN DAMI BUAH CEMPEDAK (Artocarpus chempeden)', 4(3), pp. 304–315.
- Panjaitan, E. et al. (2023) *Bawang Merah*. Mega Press Nusantara.
- Patifo-saldivar, L. et al. (2021) 'applied sciences Cr (III) Removal Capacity in Aqueous Solution in Relation to the Functional Groups Present in the Orange Peel (Citrus sinensis)', (Iii).
- Qodriyah, N.L., Aji, M.P. and Sugianto (no date) 'Komposit Berbasis Membran Berpori untuk Penyaringan Air Limbah : Tinjauan Porous Membrane-Based Composites for Wastewater Filtration : A Review'.
- Rahayu, W.P. et al. (2021) 'Ekstraksi Pektin dari Kulit Jeruk dan Kulit Pisang sebagai Biosorben pada Proses Adsorpsi Logam Berat Fe', VI(2), pp. 1899–1907.
- Ramdani, N., Mustam, M. and Azis, H.A. (2023) *Bahan Ajar Kimia Instrumentasi*. Omera Pustaka.
- Rizal, R., Salman and Wulandari, E. (2023) 'FORMULASI CANGKANG KAPSUL DARI PEKTIN KULIT BUAH NANGKA (Artocarpus heterophyllus Lam) DAN UJI WAKTU', *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 6(2), pp. 187–202.
- Sitorus, P. et al. (2020) 'Isolasi dan Identifikasi Pektin Dari Kulit Pisang Mas (Musa acuminata Colla)', *Farmanesia*, 7(1), pp. 25–30.
- Sulianto, A.A. et al. (2024) 'clean technologies From Fruit Waste to Hydrogels for Agricultural Applications', pp. 1–17.
- Tarmidzi, F.M., Maharsih, I.K. and Jannah, T.R. (2020) 'Sintesis Hidrogel Pektin – Gelatin dengan Penambahan Ekstrak Kulit Buah Naga Sebagai Kandidat Pembalut Luka Bakar', 4(1), pp. 53–60.