PENGARUH METODE EKSTRAKSI DAN JENIS PELARUT TERHADAP HASIL DAN KUALITAS PEKTIN YANG DIEKSTRAKSI DARI NANGKA

Rizka Shafira[1*], Dwi Shavira Marlin[2], Chindy Mauliza Duana[1]

[1,3]*Universitas Jambi*
[2]*Universitas Diponegoro*
E-mail : rizkashafira@unja.ac.id

ABSTRACT

Pectin is a galacturonic acid-rich polysaccharide widely used as a gelling, thickening, and stabilising agent in food and pharmaceutical industries. This study evaluated the effects of extraction method (hot vs. cold) and solvent type (citric acid, acetic acid, and demineralized water) on the yield and physicochemical quality of extracted pectin, assessed through gravimetric analysis of seven parameters: extraction yield, moisture content, ash content, equivalent weight, methoxyl content, galacturonic acid content, and degree of esterification (DE). Hot extraction produced substantially higher yields (77.41–79.40%) than cold extraction (53.28–58.24%), with lower ash content (1.48–2.20% vs. 4.14–5.84%) and consistently higher DE values (52.18–63.90%), classifying the product as high methoxyl (HM) pectin. Cold extraction yielded low methoxyl (LM) pectin (DE: 36.10–49.23%). Among solvents, citric acid was superior in all parameters, producing the highest yield (77.55–78.78%), lowest equivalent weight (246.55–393.70 mg), highest methoxyl content (9.75–10.70%), and galacturonic acid content exceeding the IPPA minimum of 65%. Acetic acid and demineralized water produced pectin with critically high ash content (up to 21.52%), galacturonic acid far below the food-grade standard (13.31–36.26%), and equivalent weights up to 2136.75 mg, rendering them unsuitable for food-grade applications. These results demonstrate that hot extraction with citric acid as the solvent is the optimal combination for producing high-quality, food-grade HM pectin.

Keywords : *Extraction Method, Gravimetric Analysis, Pectin, Solvent Type*

ABSTRAK

Pektin adalah polisakarida yang kaya akan asam galakturonat dan banyak digunakan sebagai bahan pembentuk gel, pengental, dan penstabil dalam industri makanan dan farmasi. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh metode ekstraksi (panas vs. dingin) dan jenis pelarut (asam sitrat, asam asetat, dan air demineralisasi) terhadap hasil dan kualitas fisikokimia pektin yang diekstraksi, yang dinilai melalui analisis gravimetri terhadap tujuh parameter: hasil ekstraksi, kadar air, kadar abu, berat ekivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, dan derajat esterifikasi (DE). Ekstraksi panas menghasilkan hasil yang jauh lebih tinggi (77,41–79,40%) dibandingkan ekstraksi dingin (53,28–58,24%), dengan kadar abu yang lebih rendah (1,48–2,20% vs. 4,14–5,84%) dan nilai DE yang secara konsisten lebih tinggi (52,18–63,90%), sehingga produk tersebut diklasifikasikan sebagai pektin metoksil tinggi (HM). Ekstraksi dingin menghasilkan pektin metoksil rendah (LM) (DE: 36,10–49,23%). Di antara pelarut, asam sitrat unggul dalam semua parameter, menghasilkan hasil tertinggi (77,55–78,78%), berat ekuivalen terendah (246,55–393,70 mg), kandungan metoksil tertinggi (9,75–10,70%), dan kandungan asam galakturonat melebihi batas minimum IPPA sebesar 65%. Asam asetat dan air demineralisasi menghasilkan pektin dengan kandungan abu yang sangat tinggi (hingga 21,52%), kandungan asam galakturonat jauh di bawah standar makanan (13,31–36,26%), dan berat ekuivalen hingga 2136,75 mg, sehingga tidak cocok untuk aplikasi makanan. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstraksi panas dengan asam sitrat sebagai pelarut merupakan kombinasi optimal untuk memproduksi pektin metoksil tinggi berkualitas tinggi dan berstandar pangan.

Kata Kunci : *Analisis Gravimetri, Metode Ekstraksi, Pektin, Tipe Solvent*

PENDAHULUAN

Komersialisasi pektin telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, didorong oleh permintaan konsumen akan bahan pangan berbahan dasar tumbuhan, dan berlabel bersih. Pasar pektin global diperkirakan bernilai sekitar USD 1,26 miliar pada tahun 2024 dan diproyeksikan mencapai USD 2,32 miliar pada tahun 2033, dengan tingkat pertumbuhan tahunan gabungan (CAGR) sebesar 7,0% (IMARC Group, 2024). Kulit jeruk digunakan sebagai sumber bahan baku pektin global, yang mencakup sekitar 85% dari pasokan tahun 2024, sedangkan kulit apel menyumbang sebagian besar persen lainnya (Mordor Intelligence, 2024). Meskipun permintaan terus meningkat, ketergantungan yang tinggi pada sumber bahan baku ini menimbulkan potensi kerentanan dalam rantai pasokan dan membuat potensi besar limbah buah tropis lainnya sebagai sumber pektin tetap belum dimanfaatkan secara optimal.

Indonesia memproduksi sekitar 796.180 ton nangka pada tahun 2023, sehingga menjadikannya salah satu negara penghasil nangka terbesar di dunia (Badan Pusat Statistik (BPS), 2024). Meskipun ketersediaan, pengolahan, dan konsumsi nangka di Indonesia mencapai angka yang sangat besar, proses tersebut tetap menghasilkan limbah kulit dalam jumlah yang banyak. Kulit luar, kelopak dalam, dan inti tengah nangka secara keseluruhan menyumbang sekitar 60% dari total berat buah dan hampir seluruhnya dibuang selama pengolahan (Pathak et al., 2022; Xu et al., 2018). Berbagai penelitian ilmiah telah membuktikan bahwa kulit nangka merupakan sumber pektin yang layak dan menjanjikan. Hasil ekstraksi pektin kulit nangka yang dilaporkan mencapai 21,5% pada ekstraksi panas dengan bantuan ultrasonik (Chan et al., 2023), yang menunjukkan bahwa bahan baku tersebut mengandung pektin dalam jumlah banyak secara komersial.

Berdasrkan tinjauan literatur yang ada mengenai ekstraksi pektin kulit nangka menunjukkan adanya keterbatasan metodologis yang membatasi penerapan secara praktis dari penelitian yang ada. Penelitian ekstraksi konvensional yang telah dipublikasikan mengenai kulit nangka menggunakan metode ekstraksi termal pada suhu 70–95°C, tanpa adanya penelitian yang mengevaluasi maserasi dingin pada suhu kamar sebagai alternatif yang layak (Chan et al., 2023; Nidhina et al., 2023; PB et al., 2024). Maserasi dingin tidak memerlukan energi, tidak membutuhkan peralatan pemanas, dan telah memiliki bukti dalam ekstraksi senyawa bioaktif tumbuhan (Anandharamakrishnan & Parthasarathi, 2023). Namun, penerapan metode maserasi dalam mengekstraksi pektin dari kulit nangka masih belum diuji. Selain itu, studi perbandingan pelarut untuk kulit nangka berfokus pada asam anorganik (HCl, HNO_3, H_2SO_4) atau menggunakan asam sitrat sebagai satu-satunya asam organik (Chan et al., 2023), tanpa ada studi yang membandingkan dua asam organik *food-grade* yang paling relevan secara industri yakni asam asetat dan asam sitrat pada bahan baku tersebut.

Penelitian ini dirancang khusus untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dengan fokus khusus pada penerapan praktis dalam lingkup agroindustri Indonesia. Dua variabel independen dievaluasi secara sistematis: (1) metode ekstraksi — maserasi dingin pada suhu kamar (48 jam) versus ekstraksi asam panas konvensional pada 80°C selama 90 menit; dan (2) jenis pelarut — asam asetat 5%, asam sitrat 5%, dan air demineralisasi. Sampel pektin yang diekstraksi dianalisis untuk mengetahui hasil ekstraksi, kadar air, kadar abu, berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, dan derajat esterifikasi. Hasil ini kemudian dapat dibandingkan dengan pektin komersial FAO/WHO (Roman-Benn et al., 2023). Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya berkontribusi pada pemahaman ilmiah mengenai ekstraksi pektin kulit nangka, tetapi juga pada

pengembangan jalur produksi pektin yang berkelanjutan, bersumber dari bahan lokal, dan layak secara komersial di Indonesia, yang secara bersamaan memanfaatkan limbah pertanian yang melimpah, mengurangi ketergantungan pada impor, serta mendukung tujuan pengembangan agroindustri negara yang lebih luas (Kurniawan et al., 2026).

METODE

Material

Kulit nangka (Artocarpus heterophyllus) digunakan sebagai bahan baku utama, dengan takaran 20 g bubuk kulit nangka per proses ekstraksi. Asam sitrat (5%) dan asam asetat (5%) digunakan sebagai pelarut asam (Akhter et al., 2024; Mansor et al., 2025), sedangkan air demineralisasi digunakan sebagai pelarut non-asam untuk uji perbandingan. Etanol (96%) digunakan sebagai agen pengendap (Chandel et al., 2022; David Durán-Aranguren et al., 2022). Aluminium foil dan kertas saring digunakan selama tahap ekstraksi dan penyaringan.

Untuk karakterisasi pektin, disiapkan reagen dengan grade analitik yakni: natrium hidroksida (NaOH) 0,1 N dan 1 N untuk penentuan berat ekuivalen dan kandungan metoksil secara titrasi (Mahmoud et al., 2022; Sayah et al., 2016); asam klorida (HCl) 0,05 N untuk penentuan kandungan pektin awal (Begum et al., 2017); kalsium klorida ($CaCl_2$) 1 N untuk presipitasi kalsium pektat (Begum et al., 2017; Carré & Haynes, 1922); perak nitrat ($AgNO_3$) 0,1 N untuk verifikasi pencucian bebas klorida; dan larutan indikator fenolftalein.

Preparasi Bahan Baku

Kulit nangka segar dibersihkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga kadar airnya mencapai sekitar 10%. Kulit yang telah dikeringkan kemudian digiling dan diayak untuk mendapatkan bubuk yang homogen dengan ukuran partikel yang dapat melewati saringan berukuran 40 mesh. Ukuran partikel yang telah distandarisasi ini digunakan secara konsisten pada semua percobaan ekstraksi untuk meminimalkan variabilitas dalam perpindahan massa selama proses ekstraksi.

Ekstraksi Pektin Metode Dingin

Untuk ekstraksi dingin, 20 g bubuk kulit nangka dicampur dengan larutan asam sitrat 5% dengan perbandingan massa terhadap pelarut 1:10 (berat/volume) dalam gelas kimia yang tertutup rapat dan dilapisi aluminium foil. Campuran tersebut didiamkan pada suhu kamar selama 48 jam. Setelah proses ekstraksi, suspensi disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan ekstrak dari residu.

Filtrat tersebut kemudian dicampur dengan etanol 96% dengan perbandingan 1:1 (v/v) dan didiamkan selama 24 jam untuk mengendapkan pektin. Endapan dikumpulkan melalui penyaringan dan dicuci dua kali dengan etanol 96% yang baru untuk menghilangkan sisa asam. Filtrat yang bertekstur seperti gel dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 3–4 jam, pektin yang telah dikeringkan ditimbang.

Ekstraksi Pektin Metode Panas

Ekstraksi panas dilakukan dengan persiapan bahan baku dan kondisi pelarut yang sama seperti pada ekstraksi dingin. Sebanyak 20 g bubuk kulit nangka dicampur dengan asam sitrat 5% dengan perbandingan massa terhadap pelarut 1:10 dalam gelas beaker tertutup. Ekstraksi dilakukan pada suhu 80°C selama 90 menit menggunakan hot plate. Pengolahan setelah ekstraksi mengikuti langkah yang sama seperti yang dijelaskan untuk ekstraksi dingin, yaitu penyaringan, presipitasi etanol, pencucian, pengeringan oven, dan analisis gravimetri.

Evaluasi Efek Tipe Pelarut

Dengan menggunakan metode ekstraksi yang menghasilkan kandungan pektin tertinggi pada variabel pertama, pengaruh jenis pelarut dievaluasi. Tiga jenis pelarut diuji: asam sitrat 5%, asam asetat 5%, dan air demineralisasi, dengan rasio massa bahan terhadap pelarut tetap sebesar 1:10.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Sifat Fisiokimia Pektin

Pengaruh metode ekstraksi panas dan dingin terhadap hasil dan parameter kualitas fisikokimia pektin yang diekstraksi dirangkum dalam Tabel 1. Setiap metode ekstraksi dilakukan dalam dua ulangan. Data menunjukkan bahwa temperatur ekstraksi merupakan faktor penentu utama bagi semua parameter kualitas yang diukur, sejalan dengan temuan dari berbagai penelitian yang telah dipublikasikan mengenai bahan baku tanaman yang beragam (Pasandide et al., 2017; Spinei & Oroian, 2022).

Tabel 1. Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Parameter Kualitas Pektin

Parameter	Ekstraksi Panas (1)	Ekstraksi Panas (2)	Ekstraksi Dingin (1)	Ekstraksi Dingin (2)
Pektin Terekstrak (%)	77.41	79.40	53.28	58.24
Kadar Air (%)	6.56	6.92	6.04	11.24
Kadar Abu (%)	2.20	1.48	5.84	4.14
Berat Ekuivalen (mg)	277.78	370.37	201.45	193.20
Kadar Metoksil (%)	12.18	14.82	8.69	15.56
Asam Galakturonat (%)	132.49	131.65	136.72	179.45
Derajat Esterifikasi (%)	52.18	63.90	36.10	49.23

Yield Pektin

Ekstraksi panas menghasilkan kandungan pektin sebesar 77,41% dan 79,40%, sedangkan ekstraksi dingin menghasilkan nilai yang jauh lebih rendah, yaitu 53,28% dan 58,24%. Perbedaan ini disebabkan oleh hidrolisis protopektin yang dipicu oleh panas. Protopektin adalah senyawa yang tidak larut dan terikat pada dinding sel, yang merupakan prekursor dari pektin yang larut, dan konversinya menjadi pektin yang dapat diekstraksi sangat bergantung pada temperatur. Pada temperatur ekstraksi yang tinggi, energi kinetik molekul pelarut meningkat, sehingga meningkatkan difusivitas ion hidrogen melalui matriks dinding sel tumbuhan dan mempercepat pemecahan ikatan ester dan glikosidik yang mengikat protopektin ke dinding sel (Guízar-Amezcua et al., 2022; Pasandide et al., 2017). Studi tentang pektin kulit durian menunjukkan bahwa temperatur ekstraksi merupakan variabel paling penting yang memengaruhi hasil pektin dengan suhu yang lebih tinggi menghasilkan hasil yang lebih tinggi (Jong et al., 2023).

Kadar Air

Kadar air pada ekstraksi dengan metode panas adalah sebesar 6,56% dan 6,92%, sedangkan pada ekstraksi dingin sebesar 6,04% dan 11,24%. Kadar air pada hasil dari ekstraksi dengan kedua metode tersebut masih dalam batas yang ditetapkan oleh Asosiasi Produsen Pektin Internasional

(IPPA), yaitu ≤12% (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014). Kandungan air dalam pektin kering merupakan indikator kualitas karena kelembapan yang tinggi mendorong pertumbuhan mikroba dan mengaktifkan enzim pektinase endogen yang dapat mendegradasi polimer selama penyimpanan (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014; Mada et al., 2022). Tingkat kelembapan yang relatif lebih rendah dan lebih konsisten pada pektin ekstraksi panas kemungkinan besar disebabkan oleh proses dehidrasi yang lebih baik pada suhu yang lebih tinggi selama ekstraksi (Nopiani et al., 2024). Pektin yang diekstraksi dengan metode dingin menyimpan lebih banyak air karena pembentukan struktur gel yang lebih terhidrasi selama presipitasi, sehingga pengeringan dan penghilangan air menjadi kurang efisien.

Kadar Abu

Kandungan abu pada pektin yang diekstraksi dengan metode panas (2,20% dan 1,48%) jauh lebih rendah dibandingkan dengan pektin yang diekstraksi dengan metode dingin (5,84% dan 4,14%). Keempat nilai tersebut berada di bawah batas maksimum kandungan abu yang diperbolehkan oleh IPPA sebesar 10% (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014). Kandungan abu dalam pektin berfungsi sebagai indikator pengotor anorganik, yang terutama menunjukkan adanya sisa garam mineral khususnya ion kalsium dan magnesium yang mengendap bersama polisakarida selama pengendapan alkohol (Mada et al., 2022). Nilai abu pada semua sampel yang ada, terutama pektin yang diekstraksi dengan suhu tinggi (1,48–2,20%), menunjukkan kemurnian yang dapat digunakan untuk aplikasi *food grade*.

Berat Ekuivalen

Berat ekivalen (EW) mengukur jumlah miligram pektin per miliekivalen gugus karboksil bebas, dan nilainya berbanding terbalik dengan kepadatan gugus asam bebas pada rantai utama asam galakturonat. Ekstraksi panas menghasilkan nilai EW sebesar 277,78 mg dan 370,37 mg, sedangkan ekstraksi dingin menghasilkan nilai EW yang lebih rendah, yaitu 201,45 mg dan 193,20 mg. Hasil ini menunjukkan bahwa pektin yang diekstraksi dengan metode dingin memiliki kepadatan gugus karboksil bebas per satuan massa yang lebih tinggi, yang mengindikasikan polimer yang kurang gugus metilesterifikasi. EW yang lebih tinggi pada pektin yang diekstraksi dengan metode panas menunjukkan tingkat metilesterifikasi yang lebih tinggi, yang merupakan karakteristik dari pektin metoksil tinggi.

Kadar Metoksil

Kandungan metoksil menggambarkan proporsi residu asam galakturonat yang gugus karboksilnya teresterifikasi dengan etanol, dan hal ini menentukan DE serta mekanisme pembentukan gel pektin (Roman-Benn et al., 2023). Ekstraksi panas menghasilkan kandungan metoksil sebesar 12,18% dan 14,82%, sedangkan ekstraksi dingin menghasilkan 8,69% dan 15,56%. Standar kandungan metoksil minimum IPPA untuk pektin komersial adalah sekitar 2,5–7,8% untuk pektin LM dan >7,8% untuk pektin HM (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014).

Asam Galakturonat

Kandungan asam galakturonat (GA) merupakan indikator utama kemurnian pektin. Kandungan GA minimum untuk pektin *food grade* menurut IPPA adalah 65% (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014). Ekstraksi dingin menghasilkan nilai GA yang sangat tinggi, yaitu 136,72% dan 179,45%, sedangkan ekstraksi panas menghasilkan 132,49% dan 131,65%. Pada suhu yang lebih rendah, bagian pektin yang mengandung serat (rhamnogalacturonan-I dengan rantai samping arabinosa dan galaktosa) diekstraksi lebih lambat, sehingga menghasilkan persentase GA yang lebih tinggi dalam endapan produk (Chen et al., 2021; Voragen et al., 2009).

Meskipun terdapat keterbatasan analitis, semua sampel melampaui ambang batas 65%, yang menegaskan kesesuaiannya sebagai pektin *food-grade* dalam hal kemurnian.

Derajat Esterifikasi

Derajat esterifikasi (DE) merupakan parameter tunggal yang paling penting dalam karakterisasi pektin dari segi komersial. Ekstraksi panas menghasilkan nilai DE sebesar 52,18% dan 63,90%, yang menjadikan pektin ini sebagai pektin metoksil tinggi (HM) (DE > 50%). Ekstraksi dingin menghasilkan nilai DE sebesar 36,10% dan 49,23%, keduanya termasuk dalam kategori pektin metoksil rendah (LM) (DE < 50%).

Ekstraksi panas menghasilkan pektin metoksil tinggi dengan hasil yang lebih tinggi, kadar air dan abu yang lebih konsisten, serta nilai DE di atas 50% yang sesuai untuk industri. Ekstraksi dingin dapat menjadi pilihan yang tepat jika pektin metoksil rendah dibutuhkan, namun tingkat reproduksibilitas yang lebih rendah, kadar abu yang lebih tinggi, serta hasil yang lebih rendah membuatnya kurang cocok untuk pengolahan skala besar. Metode panas dipilih sebagai metode untuk melakukan ekstraksi dengan variabel bebas kedua yakni jenis pelarut.

Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Sifat Fisiokimia Pektin

Tiga jenis pelarut yakni asam sitrat, asam asetat, dan air demineralisasi dievaluasi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil dan kualitas ekstraksi pektin. Seluruh proses ekstraksi dilakukan dengan metode ekstraksi panas untuk mengevaluasi pengaruh jenis pelarut. Hasilnya disajikan pada Tabel 2, dengan setiap sampel pelarut dilakukan proses ekstraksi dengan dua pengulangan.

Tabel 2. Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Parameter Kualitas Pektin

Parameter	Asam Sitrat (1)	Asam Sitrat (2)	Asam Asetat (1)	Asam Asetat (2)	Air Demin (1)	Air Demin (2)
Pektin Terekstrak (%)	77.55	78.78	70.00	66.08	58.58	54.66
Kadar Air (%)	7.44	7.64	13.88	9.40	11.08	13.96
Kadar Abu (%)	4.40	1.86	15.34	18.52	21.52	6.84
Berat Ekuivalen (mg)	246.55	393.70	992.06	902.52	2136.75	2118.64
Kadar Metoksil (%)	9.75	10.70	2.81	2.95	0.89	1.20
Asam Galakturonat (%)	126.72	105.46	33.72	36.26	13.31	15.14
Derajat Esterifikasi (%)	43.67	57.61	47.39	46.21	38.10	45.12

Yield Pektin

Asam sitrat menghasilkan hasil pektin tertinggi, yaitu 77,55% dan 78,78%, diikuti oleh asam asetat sebesar 70,00% dan 66,08%, serta air demineralisasi sebesar 58,58% dan 54,66%. Keunggulan asam sitrat didasarkan pada struktur asam trikarboksilatnya, yang memberikan peleburan ion kalsium divalen yang mengikat pektin dalam kompleks kalsium-pektat pada dinding

sel tumbuhan (Mansor et al., 2025; Pattarapisitporn & Noma, 2025). Asam sitrat memiliki pH rendah yang memungkinkan terjadinya protonasi gugus karboksilat dan melepaskan ion Ca^{2+}, sehingga memecah matriks Ca^{2+}-pektin dengan lebih baik daripada asam asetat (Belkheiri et al., 2021; Pattarapisitporn & Noma, 2025). Hasil penelitian ini memperkuat literatur ekstraksi pektin bahwa asam sitrat lebih unggul daripada asam asetat dan air netral sebagai ekstraktan, terutama dari matriks jeruk dan tanaman lainnya (Mansor et al., 2025; Riyamol et al., 2023).

Kadar Air

Pektin yang diekstraksi dengan asam sitrat memiliki kadar air terendah dan paling konsisten, yaitu 7,44% dan 7,64%, sedangkan ekstraksi dengan asam asetat menghasilkan 13,88% dan 9,40%, dan air demineralisasi menghasilkan 11,08% dan 13,96%. Semua nilai kadar air pada ekstraksi asam sitrat berada di bawah batas maksimum IPPA sebesar 12% (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014). Kadar air yang tinggi pada ekstraksi asam asetat dan air dapat menyebabkan pertumbuhan mikroba dan aktivitas pektinase selama penyimpanan, yang berpotensi mengurangi umur simpan (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014; Mada et al., 2022). Kadar air yang tinggi pada ekstraksi asam asetat dan air dapat terjadi karena terbentuknya struktur pektin yang lebih berpori dan terhidrasi saat diekstraksi dalam kondisi asam lemah atau netral. Perbedaan nilai kadar air yang diamati pada pengulangan asam asetat (9,40% vs. 13,88%) menunjukkan ketidakkonsistenan proses saat menggunakan pelarut dengan derajat keasaman yang lebih lemah.

Kadar Abu

Kandungan abu menunjukkan perbedaan paling mencolok di antara berbagai jenis pelarut. Ekstraksi dengan asam sitrat menghasilkan kadar abu sebesar 4,40% dan 1,86%, ekstraksi dengan asam asetat menghasilkan 15,34% dan 18,52%, sedangkan ekstraksi dengan air demineralisasi menghasilkan 21,52% dan 6,84%. Semua hasil ekstraksi dengan asam sitrat berada di bawah batas IPPA sebesar 10%, sedangkan ekstraksi dengan asam asetat dan air jauh melebihi standar (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014). Kandungan abu yang lebih tinggi pada pektin yang diekstraksi dengan asam asetat dan air disebabkan oleh penghilangan Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang tidak sempurna, yang tetap terikat pada pektin dan ikut mengendap selama penambahan alkohol (Li et al., 2024; Mansor et al., 2025). Kadar abu yang sangat bervariasi pada pektin yang diekstraksi dengan air menunjukkan penghilangan mineral yang buruk dan tidak konsisten.

Berat Ekuivalen

Perbedaan berat ekivalen antar jenis pelarut sangat besar. Pektin yang diekstraksi dengan asam sitrat memiliki nilai EW sebesar 246,55 mg dan 393,70 mg, sedangkan yang diekstraksi dengan asam asetat menghasilkan nilai 992,06 mg dan 902,52 mg, dan yang diekstraksi dengan air demineralisasi menghasilkan nilai 2136,75 mg dan 2118,64 mg. Hal ini menunjukkan peningkatan sekitar 4 kali lipat (asam asetat) dan 9 kali lipat (air) dibandingkan dengan asam sitrat. Pektin yang diekstraksi dengan asam sitrat menunjukkan potensi fungsional tertinggi untuk pembentukan gel.

Kadar Metoksil

Kandungan metoksil sangat berbeda antara jenis pelarut yang digunakan. Pektin yang diekstraksi dengan asam sitrat mengandung 9,75% dan 10,70% metoksil, sedangkan ekstraksi dengan asam asetat hanya menghasilkan 2,81% dan 2,95%, dan air demineralisasi menghasilkan 0,89% dan 1,20%. Kandungan metoksil minimum yang dapat diterima menurut IPPA untuk pektin komersial HM biasanya >7,12% (setara dengan DE > 50%), dan kedua pengulangan asam sitrat memenuhi ambang batas (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014). Keseluruhan

nilai asam asetat dan air jauh di bawah ambang batas 7,12%, sehingga diklasifikasikan sebagai pektin LM, meskipun dengan kandungan metoksil yang sangat rendah yang membatasi kinerja pembentukan gel yang dipicu oleh Ca^{2+}.

Asam Galakturonat

Kadar asam galakturonat pada ekstraksi dengan asam sitrat menghasilkan 126,72% dan 105,46%, asam asetat menghasilkan 33,72% dan 36,26%, sedangkan air demineralisasi hanya menghasilkan 13,31% dan 15,14%. Pektin yang diekstraksi dengan asam asetat dan air menunjukkan nilai GA antara 13% dan 36%, jauh di bawah batas minimum IPPA untuk produk makanan sebesar 65%, yang menunjukkan ekstrak yang tidak murni dan terkontaminasi berat oleh polisakarida non-uronida, protein, dan zat mineral (International Pectin Producers Association (IPPA), 2014).

Derajat Esterifikasi

Nilai derajat esterifikasi untuk asam sitrat adalah 43,67% dan 57,61%, untuk asam asetat 47,39% dan 46,21%, serta untuk air demineralisasi 38,10% dan 45,12%. Ekstraksi dengan asam sitrat diklasifikasikan sebagai pektin HM, sedangkan tiga jenis pelarut lainnya menghasilkan pektin LM di semua pengulangan. Perbedaan yang tinggi antara hasil asam sitrat (43,67% vs. 57,61%) perlu diperhatikan dan mungkin menunjukkan perbedaan kecil dalam waktu ekstraksi, kontak pelarut dengan bahan padat, atau kondisi pengeringan pasca-ekstraksi pada setiap percobaan. Terlepas dari perbedaan, asam sitrat menjadi pelarut yang dapat menghasilkan pektin HM.

Asam sitrat merupakan pelarut ekstraksi yang paling unggul berdasarkan ketujuh parameter yang dievaluasi. Asam sitrat mampu menghasilkan pektin yang memenuhi standar kualitas pektin HM kelas *food grade*, termasuk kadar abu dan kadar air yang rendah, kandungan metoksil yang tinggi, kemurnian asam galakturonat yang tinggi, serta nilai DE di atas 50%. Asam asetat dan air demineralisasi tidak cocok untuk menghasilkan pektin *food grade* terutama karena ketidakmampuan keduanya untuk melepas Ca^{2+} dari matriks pektin.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode ekstraksi dan jenis pelarut merupakan faktor penentu yang memengaruhi hasil pektin dan kualitas fisikokimia. Ekstraksi panas dengan asam sitrat menunjukkan hasil yang lebih baik daripada semua metode lainnya, menghasilkan hasil pektin tertinggi, kadar abu dan kadar air terendah, nilai metoksil dan asam galakturonat tertinggi, serta DE di atas 50%, sehingga hasil ini memenuhi kualifikasi sebagai pektin metoksil tinggi yang cocok untuk aplikasi makanan berbasis gula seperti selai dan jeli. Ekstraksi dingin menghasilkan pektin dengan kandungan metoksil yang lebih rendah, namun dengan yield yang lebih rendah dan tingkat kontaminan yang lebih tinggi, sementara penggunaan asam asetat dan air demineralisasi sebagai pelarut tidak memenuhi standar IPPA untuk produk pangan pada hampir semua parameter kualitas, terutama karena ketidakmampuan keduanya untuk menghilangkan Ca^{2+} dari matriks pektin. Keunggulan asam sitrat terletak pada struktur trikarboksilatnya, yang memungkinkan terjadinya hidrolisis protopektin yang didorong oleh proton serta pelepasan ion kalsium, sehingga menghasilkan ekstrak pektin yang lebih murni dan lebih aktif secara fungsional. Secara keseluruhan, temuan-temuan ini menegaskan bahwa ekstraksi panas dengan asam sitrat merupakan protokol yang memiliki dasar ilmiah dan direkomendasikan secara praktis untuk memperoleh pektin berkualitas tinggi yang layak dikonsumsi dari bahan baku nabati.

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi efek interaksi antara metode ekstraksi, jenis pelarut, suhu, pH, dan waktu ekstraksi melalui metodologi permukaan respons, disertai dengan karakterisasi struktur menggunakan spektroskopi FTIR dan analisis berat molekul, guna mengoptimalkan kondisi ekstraksi secara lebih lanjut serta menyajikan gambaran kualitas yang mendalam dari pektin yang dihasilkan untuk aplikasi pangan dan farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

Akhter, Most. J., Sarkar, S., Sharmin, T., & Mondal, S. C. (2024). Extraction of pectin from powdered citrus peels using various acids: An analysis contrasting orange with lime. *Applied Food Research*, *4*(2), 100614. https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100614

Anandharamakrishnan, C. ., & Parthasarathi, S. . (2023). *Industrial application of functional foods, ingredients and nutraceuticals : extraction, processing and formulation of bioactive compounds*. Academic Press, an imprint of Elsevier.

Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). *Produksi Tanaman Buah-buahan, 2023*. Https://Www.Bps.Go.Id/En/Statistics-Table/2/NjIjMg==/Produksi-Tanaman-Buah-Buahan.Html.

Begum, R., Yusof, Y. A., Aziz, M. G., & Uddin, M. B. (2017). Structural and functional properties of pectin extracted from jackfruit *(Artocarpus heterophyllus)* waste: Effects of drying. *International Journal of Food Properties*, *20*(sup1), S190–S201. https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1295054

Belkheiri, A., Forouhar, A., Ursu, A. V., Dubessay, P., Pierre, G., Delattre, C., Djelveh, G., Abdelkafi, S., Hamdami, N., & Michaud, P. (2021). Extraction, Characterization, and Applications of Pectins from Plant By-Products. *Applied Sciences*, *11*(14), 6596. https://doi.org/10.3390/app11146596

Carré, M. H., & Haynes, D. (1922). The Estimation of Pectin as Calcium Pectate and the Application of this Method to the Determination of the Soluble Pectin in Apples. *Biochemical Journal*, *16*(1), 60–69. https://doi.org/10.1042/bj0160060

Chan, S. W., Han, C. E., Tan, C. P., Khor, Y. P., & Lou, Z. (2023). Ultrasound-Assisted Extraction of Pectin From Jackfruit (Artocarpus Heterophyllus) Rags: Optimization, Characterization, and Application in Model Food Gel. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, *11*(3), 991–1007. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.11.3.07

Chandel, V., Biswas, D., Roy, S., Vaidya, D., Verma, A., & Gupta, A. (2022). Current Advancements in Pectin: Extraction, Properties and Multifunctional Applications. *Foods*, *11*(17), 2683. https://doi.org/10.3390/foods11172683

Chen, J., Cheng, H., Zhi, Z., Zhang, H., Linhardt, R. J., Zhang, F., Chen, S., & Ye, X. (2021). Extraction temperature is a decisive factor for the properties of pectin. *Food Hydrocolloids*, *112*, 106160. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106160

David Durán-Aranguren, D., Juliana Alméciga Ramírez, C., Catalina Villabona Díaz, L., Ayalde Valderrama, M., & Sierra, R. (2022). Production of Pectin from Citrus Residues: Process Alternatives and Insights on Its Integration under the Biorefinery Concept. In *Pectins - The New-Old Polysaccharides*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.100153

Guízar-Amezcua, M.-G., Pineda-Santana, A., González-Domínguez, M.-I., Cajero-Zul, L.-R., Guerrero-Ramírez, L.-G., López-Miranda, A., Nambo, A., & López-Mercado, J. (2022).

Evaluation of pectin extractions and their application in the alkaline Maillard reaction. *Scientific Reports*, *12*(1), 19834. https://doi.org/10.1038/s41598-022-22002-9

IMARC Group. (2024). *Pectin Market Size, Trends and Industry Analysis*. Https://Www.Imarcgroup.Com/Pectin-Technical-Material-Market-Report.

International Pectin Producers Association (IPPA). (2014). *Pectin commercial production and pectin in organic food products*. Https://Pectinproducers.Com.

Jong, S. H., Abdullah, N., & Muhammad, N. (2023). Optimization of low-methoxyl pectin extraction from durian rinds and its physicochemical characterization. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, *5*, 100263. https://doi.org/10.1016/j.carpta.2022.100263

Kurniawan, E. W., Anindita, Y. D., Alisha, G. D., Shafira, R., Prabawati, E. S., Kartini, A. M., Triwahyuningsih, N., & Dhokhikah, Y. (2026). *Biomassa dan Ketahanan Energi Masa Depan*. Star Digital Publishing.

Li, H., Li, Z., Wang, P., Liu, Z., An, L., Zhang, X., Xie, Z., Wang, Y., Li, X., & Gao, W. (2024). Evaluation of citrus pectin extraction methods: Synergistic enhancement of pectin's antioxidant capacity and gel properties through combined use of organic acids, ultrasonication, and microwaves. *International Journal of Biological Macromolecules*, *266*, 131164. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131164

Mada, T., Duraisamy, R., & Guesh, F. (2022). Optimization and characterization of pectin extracted from banana and papaya mixed peels using response surface methodology. *Food Science & Nutrition*, *10*(4), 1222–1238. https://doi.org/10.1002/fsn3.2754

Mahmoud, M. H., Abu-Salem, F. M., & Azab, D. E.-S. H. (2022). A Comparative Study of Pectin Green Extraction Methods from Apple Waste: Characterization and Functional Properties. *International Journal of Food Science*, *2022*, 1–9. https://doi.org/10.1155/2022/2865921

Mansor, M. H., Williamson, L., Ludwikowski, D., Howard, F., & Muthana, M. (2025). Pectin Extraction from Citrus Waste: Structural Quality and Yield with Mineral and Organic Acids. *Physchem*, *5*(3), 32. https://doi.org/10.3390/physchem5030032

Mordor Intelligence. (2024). *Pectin Market Report — Industry Analysis, Size & Forecast Overview*. Https://Www.Mordorintelligence.Com/Industry-Reports/Pectin-Market.

Nidhina, K., Abraham, B., Fontes-Candia, C., Martínez-Abad, A., Martínez-Sanz, M., Nisha, P., & Lopez-Rubio, A. (2023). Physicochemical and functional properties of pectin extracted from the edible portions of jackfruit at different stages of maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *103*(6), 3194–3204. https://doi.org/10.1002/jsfa.12391

Nopiani, Y., Hamzah, F. H., Pato, U., & Zamzani, dan M. (2024). The Effect of Extraction Temperature on the Physicochemical Characteristics of Pectin From Banana Bunch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1364*(1), 012073. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1364/1/012073

Pasandide, B., Khodaiyan, F., Mousavi, Z. E., & Hosseini, S. S. (2017). Optimization of aqueous pectin extraction from Citrus medica peel. *Carbohydrate Polymers*, *178*, 27–33. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.098

Pathak, N., Singh, S., Singh, P., Singh, P. K., Singh, R., Bala, S., Thirumalesh, B. V., Gaur, R., & Tripathi, M. (2022). Valorization of jackfruit waste into value added products and their potential applications. *Frontiers in Nutrition*, *9*. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1061098

Pattarapisitporn, A., & Noma, S. (2025). Alternative Solvents for Pectin Extraction: Effects of Extraction Agents on Pectin Structural Characteristics and Functional Properties. *Foods*, *14*(15), 2644. https://doi.org/10.3390/foods14152644

PB, S., SB, S., S, Z., IL, P., KV, V., PP, G., & KC, K. (2024). Pectin extraction from Jackfruit waste by Acid extraction method. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, *8*(5), 415–422. https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i5e.1129

Riyamol, Gada Chengaiyan, J., Rana, S. S., Ahmad, F., Haque, S., & Capanoglu, E. (2023). Recent Advances in the Extraction of Pectin from Various Sources and Industrial Applications. *ACS Omega*, *8*(49), 46309–46324. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c04010

Roman-Benn, A., Contador, C. A., Li, M.-W., Lam, H.-M., Ah-Hen, K., Ulloa, P. E., & Ravanal, M. C. (2023). Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products, biomedical, pharmaceutical and environmental issues. *Food Chemistry Advances*, *2*, 100192. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100192

Sayah, M. Y., Chabir, R., Benyahia, H., Rodi Kandri, Y., Ouazzani Chahdi, F., Touzani, H., & Errachidi, F. (2016). Yield, Esterification Degree and Molecular Weight Evaluation of Pectins Isolated from Orange and Grapefruit Peels under Different Conditions. *PLOS ONE*, *11*(9), e0161751. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161751

Spinei, M., & Oroian, M. (2022). The Influence of Extraction Conditions on the Yield and Physico-Chemical Parameters of Pectin from Grape Pomace. *Polymers*, *14*(7), 1378. https://doi.org/10.3390/polym14071378

Voragen, A. G. J., Coenen, G.-J., Verhoef, R. P., & Schols, H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, *20*(2), 263–275. https://doi.org/10.1007/s11224-009-9442-z

Xu, S.-Y., Liu, J.-P., Huang, X., Du, L.-P., Shi, F.-L., Dong, R., Huang, X.-T., Zheng, K., Liu, Y., & Cheong, K.-L. (2018). Ultrasonic-microwave assisted extraction, characterization and biological activity of pectin from jackfruit peel. *LWT*, *90*, 577–582. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.007