



Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida (HCl) dan Waktu Ekstraksi Pada Karakteristik Pektin Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*)

Nur Alfiatus Zahro*¹, Warkoyo¹, Vritta Amroini Wahyudi¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

*Corresponding author email: nuralfiatuszahro@gmail.com

Abstract. *Pectin or pectate compounds are complex polysaccharides with large molecular weights found in the middle lamella or intercellular spaces in higher plant tissues. The main function of pectin is as a thickener and gelling agent. So far, pectin production in Indonesia has not been widely known and developed. Pectin can be obtained from fruit peels, one of which is grapefruit peel. Grapefruit has a fairly high pectin content, around 30%. The purpose of this study was to find out how much pectin content is in grapefruit peels by determining the concentration of hydrochloric acid and the right extraction time to get the best yield and quality of pectin. This study used a randomized block design (RBD) method with two factors, namely the concentration of hydrochloric acid 0.2 N; 0.25 N and 0.3 N and extraction times of 60, 90 and 120 minutes with three repetitions. The observations made were yield pectin, water content, ash content, equivalent weight, methoxyl content, galacturonic acid and degree of esterification. The data obtained based on the research results were analyzed statistically with variance ($\alpha = 0.05$) and continued with the Duncan Multiple Range Test (DMRT). The results showed that the concentration of hydrochloric acid 0.3 N and extraction time of 120 minutes produced the best pectin with yield 13.57%, moisture content 8.27%, ash content 7.53%, methoxyl content 6.79%, galacturonic content 261.65%, the degree of esterification is 14.82% and it can be concluded that the test results for the characteristics of the pectin produced meet the established standards of the International Pectin Producers Association (IPPA).*

Keywords: *acid, orange peel, protopectin*

Abstrak. Pektin atau senyawa pektat adalah suatu polisakarida kompleks dengan bobot molekul besar yang terdapat pada lamela tengah (*middle lamella*) atau ruang antar sel pada jaringan tanaman tingkat tinggi. Fungsi utama pektin adalah sebagai bahan pengental dan pembentuk gel. Selama ini, produksi pektin di Indonesia belum cukup dikenal dan dikembangkan secara luas. Pektin dapat diperoleh dari kulit buah-buahan, salah satunya adalah kulit jeruk bali. Jeruk bali mempunyai kandungan pektin yang cukup tinggi, sekitar 30%. Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kandungan pektin yang ada didalam kulit jeruk bali dengan menentukan konsentrasi asam klorida dan lama ekstraksi yang tepat guna mendapatkan rendemen dan mutu pektin yang terbaik. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu konsentrasi asam klorida 0,2 N; 0,25 N dan 0,3 N dan lama ekstraksi 60, 90 dan 120 menit dengan tiga kali ulangan. Pengamatan yang dilakukan yaitu rendemen pektin, kadar air,

kadar abu, berat ekivalen, kadar metoksil, asam galakturonat dan derajat esterifikasi. Data yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian di analisa secara statistik dengan sidik ragam ($\alpha = 0,05$) dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi asam klorida 0,3 N dan lama ekstraksi 120 menit menghasilkan pektin yang terbaik dengan rendemen 13,57%, kadar air 8,27%, kadar abu 7,53%, kadar metoksil 6,79%, kadar galakturonat 261,65%, derajat esterifikasi 14,82% dan dapat disimpulkan bahwa hasil uji karakteristik pektin yang dihasilkan telah memenuhi standar International Pectin Producers Association (IPPA) yang ditetapkan.

Kata kunci: asam, kulit jeruk, protopektin

PENDAHULUAN

Meskipun Indonesia memiliki potensi yang besar sebagai produsen buah jeruk, penggunaan limbah jeruk sebagai sumber pektin dalam industri belum banyak dilakukan. Pektin sendiri merupakan produk karbohidrat yang dihasilkan dari proses ekstraksi asam pada kulit buah. Secara umum, pektin terdapat di dinding sel primer, terutama di antara selulosa dan hemiselulosa, dan berperan sebagai perekat antara dinding sel serta menjaga stabilitas jaringan dan sel. Pemanfaatan pektin sangat luas, digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan selai, jelly, obat-obatan, dan kosmetik.

Jeruk bali, atau Citrus Maxima, menjadi salah satu jenis jeruk yang banyak ditanam di Indonesia. Umumnya, jeruk bali dikonsumsi dalam bentuk segar, sehingga menghasilkan limbah berupa kulit atau albedo jeruk bali yang meningkat. Produksi jeruk bali di Indonesia mencapai 511 kg per tahun, yang menghasilkan limbah albedo sebanyak 208 kg per tahun (Wana, 2018). Menurut penelitian Silvikasari (2010), albedo jeruk bali mengandung komponen nutrisi yang kaya manfaat, termasuk senyawa alkaloid, flavonoid, likopen, dan pektin yang menjadi yang paling dominan. Sayangnya, hampir 50% kulit jeruk bali belum dimanfaatkan secara optimal, padahal kulit jeruk bali yang memiliki ketebalan 1,5 – 2 cm dapat digunakan sebagai sumber pektin yang sangat potensial. Pektin jeruk bali terkonsentrasi di lapisan antara dinding-dinding sel albedo dengan persentase antara 16,68% hingga 21,95%. Pengolahan limbah kulit jeruk bali menjadi pektin menjadi alternatif untuk memanfaatkan hasil samping dari pengolahan menjadi produk yang bernilai dan bermanfaat.

Pemisahan pektin dari jaringan tanaman dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Pektin dapat larut dalam berbagai jenis pelarut seperti air, beberapa senyawa organik, senyawa basa, dan asam. Proses ekstraksi pektin menyebabkan perubahan senyawa pektin karena hidrolisis protopektin, di mana protopektin berubah menjadi pektinat (pektin) melalui pemanasan dalam asam pada suhu dan lama ekstraksi tertentu. Proses ekstraksi pektin dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, jenis pelarut, dan jenis bahan yang diekstraksi. Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini bertujuan untuk

memahami variasi konsentrasi pelarut asam klorida dan lama waktu ekstraksi dalam proses ekstraksi kulit jeruk bali.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari kulit jeruk bali yang diperoleh dari pasar Besar Lawang. Bahan yang digunakan untuk analisis diantaranya HCl 37%, etanol 96%, indikator pp, NaOH, NaCl, gliserol (PA), dan aquadest.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pisau, talenan, timbangan analitik merek Pioneer Ohaus PA413, blender, ayakan 60 *mesh*, corong kaca, kertas saring, gelas ukur, *beaker glass*, *Erlenmeyer*, *waterbath* merek Memmert Tipe W-150, cawan porselen, alat titrasi, *cabinet dryer* merek Wanedi, oven, spatula, aluminium foil.

Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu konsentrasi asam klorida (K) dan waktu ekstraksi (W). Masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga total percobaan yang dilakukan sebanyak 27.

Pembuatan Tepung Kulit Jeruk Bali

Proses pembuatan serbuk kulit jeruk diawali dengan pengeringan kulit jeruk bali pada suhu 60°C pada *cabinet dryer* selama 24 jam. Setelah kulit jeruk bali kering dilakukan penghalusan menggunakan blender untuk memperkecil ukurannya (hingga berukuran 60 mesh).

Ekstraksi Pektin Kulit Jeruk Bali

Proses ekstraksi diawali dengan penimbangan tepung kulit jeruk bali sebanyak 30 g kemudian ditambahkan pelarut asam klorida 0,2 N; 0,25 N; 0,3N (sesuai perlakuan) sebanyak 900 mL, diaduk hingga homogen. Proses ekstraksi menggunakan *waterbath* dengan suhu 80°C selama 60 menit, 90 menit, 120 menit (sesuai perlakuan). Setelah itu, dilakukan penyaringan untuk memisahkan ampas dan filtratnya. Pada filtrat hasil ekstraksi, ditambahkan etanol 96% dengan rasio perbandingan 1:1 (v/v) dan diendapkan selama 12 jam sampai terbentuk gel. Gel pektin yang didapatkan disaring lalu dicuci menggunakan etanol 96%. Selanjutnya, gel pektin akan dikeringkan pada suhu 50°C selama 3

jam. setelah kering akan terbentuk pektin kasar yang kering. Kemudian pektin kasar diblender dan diayak dengan menggunakan ayakan 60 mesh.

Parameter Penelitian

Analisa pektin kulit jeruk bali meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, kadar metoksil, kadar galakturonat, berat ekivalen dan derajat esterifikasi. Penentuan perlakuan terbaik berdasarkan standar IPPA (*International Pectin Producers Association*)

Analisis Data

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisa menggunakan analisis statistik atau *Analysis of Variants* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji banding *Duncant's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf nyata 5% ($\alpha=0,05$) untuk mengetahui apabila perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap parameter pengamatan.

HASIL PEMBAHASAN

Rendemen Pektin

Berdasarkan hasil analisa ragam diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi asam klorida dan lama waktu ekstraksi pektin terhadap rendemen yang dihasilkan. Perolehan data rendemen pektin disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Rendemen Pektin Akibat Interaksi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Ekstraksi (%)

Perlakuan	Rendemen (%)
K1W1 (Asam klorida 0,2 N ; 60 menit)	12,42±0,01 ^a
K1W2 (Asam klorida 0,2 N ; 90 menit)	12,79±0,03 ^b
K1W3 (Asam klorida 0,2 N ; 120 menit)	12,99±0,08 ^c
K2W1 (Asam klorida 0,25 N ; 60 menit)	14,46±0,01 ^g
K2W2 (Asam klorida 0,25 N ; 90 menit)	14,81±0,03 ^h
K2W3 (Asam klorida 0,25 N ; 120 menit)	16,17±0,08 ⁱ
K3W1 (Asam klorida 0,3 N ; 60 menit)	13,99±0,12 ^f
K3W2 (Asam klorida 0,3 N ; 90 menit)	13,86±0,02 ^e
K3W3 (Asam klorida 0,3 N ; 120 menit)	13,58±0,09 ^d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji duncan $\alpha = 5\%$

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rendemen yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan tingginya konsentrasi asam klorida dan semakin lamanya waktu ekstraksi yang digunakan. Rendemen pektin yang dihasilkan berkisar antara 12,42-16,18%. Konsentrasi asam klorida yang lebih

tinggi menyebabkan peningkatan jumlah ion hidrogen dalam larutan ekstraksi. Ion hidrogen ini berperan dalam menghidrolisis protopektin yang terdapat pada kulit jeruk bali menjadi pektin yang ikut terlarut dalam larutan asam. Semakin banyak ion hidrogen yang dihasilkan dari konsentrasi asam klorida yang lebih tinggi, maka jumlah protopektin yang dihidrolisis juga meningkat, sehingga rendemen pektin yang dihasilkan menjadi lebih banyak. Nurhaeni dkk. (2018) menjelaskan bahwa pemutusan ikatan protopektin dengan senyawa lain dalam dinding sel tanaman dilakukan oleh asam yang akan melepaskan ion Hidrogen dari gugus karboksil (- COOH) yang bertugas memutus ikatan tersebut.

Senyawa protopektin dapat diubah menjadi pektin menggunakan larutan asam, dan kombinasi larutan asam dengan pemanasan akan melepaskan ikatan protopektin dan selulosa, menghasilkan senyawa pektin yang larut, selulosa, dan beberapa mineral (Erwinda dan Santoso, 2014). Namun konsentrasi asam klorida yang semakin tinggi akan menurunkan hasil rendemen pektin yang dihasilkan. Penurunan ini dapat terjadi karena konsentrasi asam yang tinggi menyebabkan pektin yang terbentuk mengalami hidrolisis lebih lanjut menjadi asam pektat, mengakibatkan kerusakan pada pektin yang terbentuk. Hal tersebut sejalan dengan Tuhuloula (2013), yang mengatakan bahwa tingkat keasaman yang terlalu tinggi menyebabkan degradasi pektin menjadi asam pektat yang mengakibatkan perolehan kadar pektin yang semakin sedikit.

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi yang digunakan maka rendemen yang dihasilkan juga semakin banyak. Lamanya waktu ekstraksi memberi kesempatan bagi pelarut untuk mendifusi ke dalam sel jaringan, sehingga proses hidrolisis protopektin meningkat dan rendemen pektin juga meningkat. Hal ini sejalan dengan Hariyati (2006) semakin lama waktu ekstraksi, maka proses hidrolisis protopektin dalam bahan semakin meningkat sehingga rendemen pektin yang dihasilkan semakin besar. Akan tetapi waktu ekstraksi harus diperhatikan karena waktu ekstraksi yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan rendemen pektin akibat terdegradasinya pektin menjadi asam pektat. Menurut Tampubolon (2010) Pektin yang terekstraksi terlalu lama akan merubah menjadi mineral sehingga rendemennya menjadi turun.

Kadar Air

Berdasarkan hasil analisa ragam diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi asam klorida dan waktu lama ekstraksi pektin terhadap kadar air yang dihasilkan. Perolehan data kadar air pektin disajikan dalam Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan bahwa kadar air pektin semakin menurun seiring dengan semakin tingginya konsentrasi asam klorida dan

semakin lama waktu ekstraksi yang digunakan. Kadar air pektin yang dihasilkan berkisar antara 8,27-11,27%. Kadar air pektin yang dihasilkan berdasarkan perbedaan konsentrasi asam klorida dan waktu ekstraksi sudah sesuai dengan standar mutu pektin yaitu maksimal sebesar 12% (IPPA, 2002).

Tabel 2. Rata-rata Kadar Air Pektin Akibat Interaksi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Ekstraksi (%)

Perlakuan	Kadar Air (%)
K1W1 (Asam klorida 0,2 N ; 60 menit)	11,27±0,10 ^g
K1W2 (Asam klorida 0,2 N ; 90 menit)	10,87±0,06 ^f
K1W3 (Asam klorida 0,2 N ; 120 menit)	10,80±0,06 ^f
K2W1 (Asam klorida 0,25 N ; 60 menit)	9,80±0,00 ^e
K2W2 (Asam klorida 0,25 N ; 90 menit)	9,41±0,11 ^d
K2W3 (Asam klorida 0,25 N ; 120 menit)	9,39±0,29 ^d
K3W1 (Asam klorida 0,3 N ; 60 menit)	8,85±0,04 ^c
K3W2 (Asam klorida 0,3 N ; 90 menit)	8,72±0,09 ^b
K3W3 (Asam klorida 0,3 N ; 120 menit)	8,27±0,02 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji duncan $\alpha = 5\%$

Berdasarkan data Tabel 2 menunjukkan bahwa lama waktu ekstraksi berbanding terbalik dengan kadar air, yaitu semakin lama waktu ekstraksi, kadar air akan semakin menurun. Lama waktu ekstraksi menyebabkan lebih banyak air yang teruapkan selama proses ekstraksi, yang pada gilirannya mempengaruhi jumlah kadar air pada pektin yang dihasilkan. Semakin besar kadar air yang terdapat pada suatu bahan maka kualitas pektin akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan tingginya kadar air bahan akan menutup permukaan dan menyulitkan difusi larutan asam untuk mengekstrak pektin dari bahan. (Hariyati., 2006) dalam Tjhang dan Anastasia (2017). Proses ekstraksi pektin juga menyebabkan hidrolisis polimer pektin, mengakibatkan rantai molekulnya menjadi lebih pendek. Semakin pendek rantai molekul pektin, semakin sedikit ikatan air yang terperangkap dalam pektin, sehingga kadar air dalam pektin akan semakin rendah seiring dengan berlalunya waktu ekstraksi.

Kadar air yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti proses pengeringan hasil ekstraksi pektin yang tidak optimal karena luas permukaan pektin yang kurang selama pengeringan. Selain itu, cara penyimpanan pektin sebelum pengujian kadar air juga memainkan peran penting. Penyimpanan pektin dalam lingkungan yang lembab dan dalam wadah yang tidak kedap udara akan menyebabkan pektin menjadi lembab kembali. Hal ini sesuai dengan Winarno (2002) yang menyatakan bahwa pengeringan berjalan lebih baik jika seluruh permukaan bahan terkena pemanasan dan uap air diambil dari

seluruh permukaan tersebut. Faktor-faktor lain yang memengaruhi pengeringan adalah luas permukaan bahan, suhu pengeringan, aliran udara, dan waktu pengeringan.

Kadar Abu

Berdasarkan hasil analisa ragam diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi asam klorida dan waktu lama ekstraksi pektin terhadap kadar abu yang dihasilkan. Perolehan data kadar abu pektin disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Kadar Abu Pektin Akibat Interaksi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Ekstraksi (%)

Perlakuan	Kadar Abu (%)
K1W1 (Asam klorida 0,2 N ; 60 menit)	3,68±0,053 ^a
K1W2 (Asam klorida 0,2 N ; 90 menit)	4,05±0,024 ^b
K1W3 (Asam klorida 0,2 N ; 120 menit)	4,43±0,017 ^c
K2W1 (Asam klorida 0,25 N ; 60 menit)	5,16±0,038 ^d
K2W2 (Asam klorida 0,25 N ; 90 menit)	5,67±0,027 ^e
K2W3 (Asam klorida 0,25 N ; 120 menit)	5,87±0,054 ^f
K3W1 (Asam klorida 0,3 N ; 60 menit)	6,61±0,093 ^g
K3W2 (Asam klorida 0,3 N ; 90 menit)	7,03±0,048 ^h
K3W3 (Asam klorida 0,3 N ; 120 menit)	7,53±0,087 ⁱ

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji duncan $\alpha = 5\%$

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar abu pektin semakin meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi klorida dan semakin lama waktu ekstraksi yang digunakan. Kadar abu pektin berkisar antara 3,68-7,53%. Kadar abu pektin yang dihasilkan berdasarkan perbedaan konsentrasi pelarut asam klorida dan waktu ekstraksi sudah sesuai dengan standar mutu pektin, yaitu maksimal sebesar 10% (IPPA, 2002).

Berdasarkan data Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar abu akan semakin meningkat seiring tingginya konsentrasi asam klorida yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh hidrolisis protopektin selama proses ekstraksi, di mana komponen anorganik seperti kalsium dan magnesium ikut terhidrolisis bersama protopektin. Konsentrasi asam yang semakin tinggi akan membuat reaksi hidrolisis propektin semakin tinggi. Propektin akan membawa mineral-mineral alami yang terdapat pada bahan. Semakin tinggi reaksi hidrolisis maka mineral yang terlarut akan semakin banyak sehingga kadar abu akan semakin tinggi. Menurut Hanum (2012), semakin banyak kalsium dan magnesium yang larut selama proses ekstraksi, semakin tinggi pula kadar abu yang dihasilkan.

Sebaliknya, semakin rendah kadar abu, semakin tinggi tingkat kemurnian pektin, seperti yang dijelaskan oleh Budiyanto dan Yulianingsih (2008).

Berdasarkan data Tabel 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi yang digunakan maka akan semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan. Hal ini karena saat ekstraksi pektin terjadi reaksi hidrolisis protopektin sehingga dapat bertambahnya mineral-mineral seperti kalsium dan magnesium didalam pektin yang mengendap. Sesuai dengan pendapat Kalapathy (2010) kadar abu dalam pektin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi asam, suhu, dan waktu ekstraksi. Ini disebabkan oleh kemampuan asam untuk melarutkan mineral alami dari bahan yang diekstrak, yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi asam, suhu, dan waktu. Mineral yang terlarut kemudian akan ikut mengendap dan mencampur dengan pektin selama proses pengendapan menggunakan alkohol.

Dengan demikian, semakin banyak mineral, terutama kalsium dan magnesium, dalam pektin akan menyebabkan kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan Hanum dkk. (2012) yang menyatakan bahwa kadar abu pektin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi asam, suhu, dan waktu ekstraksi yang digunakan. Mineral yang larut dalam pektin akan berkontribusi pada peningkatan kadar abu selama proses pengendapan.

Berat Ekivalen

Berdasarkan hasil analisa ragam diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi asam klorida dan waktu lama ekstraksi pektin terhadap berat ekivalen yang dihasilkan. Perolehan data berat ekivalen pektin disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata Berat Ekivalen Pektin Akibat Interaksi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Ekstraksi (%)

Perlakuan	Berat Ekivalen (mg)
K1W1 (Asam klorida 0,2 N ; 60 menit)	1181,13±8,088 ^g
K1W2 (Asam klorida 0,2 N ; 90 menit)	1119,52±14,579 ^f
K1W3 (Asam klorida 0,2 N ; 120 menit)	1013,60±11,782 ^e
K2W1 (Asam klorida 0,25 N ; 60 menit)	983,62±5,604 ^d
K2W2 (Asam klorida 0,25 N ; 90 menit)	980,39±0,000 ^d
K2W3 (Asam klorida 0,25 N ; 120 menit)	955,43±5,287 ^c
K3W1 (Asam klorida 0,3 N ; 60 menit)	802,15±3,724 ^b
K3W2 (Asam klorida 0,3 N ; 90 menit)	791,56±3,607 ^b
K3W3 (Asam klorida 0,3 N ; 120 menit)	660,79±2,515 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji duncan $\alpha = 5\%$

Berdasarkan data pada Tabel 4 menunjukkan berat ekuivalen pektin semakin menurun seiring dengan semakin tingginya konsentrasi asam klorida dan semakin lama waktu ekstraksi. Berat ekuivalen pektin berkisar antara 660,79-1181,13 mg. Perlakuan dengan berat ekuivalen paling rendah sebesar 660,79 mg pada perlakuan K3W3 (Konsentrasi asam klorida 0,3 N dan waktu ekstraksi 120 menit). Sedangkan berat ekuivalen tertinggi adalah K1W1 (Konsentrasi asam klorida 0,2 N dan waktu ekstraksi 60 menit) dengan berat ekuivalen 1181,13 mg. Berat ekuivalen pektin yang dihasilkan berdasarkan perbedaan konsentrasi pelarut asam klorida dan waktu ekstraksi tidak sesuai dengan standar mutu pektin, yaitu sebesar 600–800 mg (IPPA, 2002).

Konsentrasi asam yang semakin tinggi akan membuat lingkungan ekstraksi semakin asam dan kekuatan ekstraksi menjadi semakin besar. Lingkungan yang semakin asam membuat kekuatan hidrolisis protopektin lebih tinggi dan menyebabkan terdapat pektin yang terhidrolisis lebih lanjut menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana sehingga berat ekuivalen pektin menjadi lebih rendah. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Putra (2010) pH cairan yang semakin rendah akan mengakibatkan terjadinya fragmentasi molekul pektin sehingga berat ekuivalennya menjadi lebih rendah. Berat ekuivalen pektin semakin rendah karena semakin banyak kandungan asam bebas di dalamnya.

Berdasarkan data Tabel 4 menunjukkan bahwa berat ekuivalen cenderung menurun seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi. Penyebab penurunan ini adalah peningkatan asam bebas yang terjadi selama proses ekstraksi. Menurut Tuhuloula dkk. (2013) waktu ekstraksi yang lama dapat menyebabkan deesterifikasi pektin menjadi asam pektat. Selama proses deesterifikasi, jumlah gugus asam bebas meningkat, dan seiring dengan peningkatan gugus asam bebas tersebut, berat ekuivalen pektin akan menurun. Selain itu, waktu ekstraksi yang lebih lama juga dapat menyebabkan degradasi pektin. Peningkatan waktu ekstraksi memungkinkan larutan asam untuk mendegradasi metil ester, sehingga gugus asam galakturonat menjadi bebas dari ikatan ester, dan akibatnya berat ekuivalen pektin menurun (Nurdjanah dan Usmiati, 2006). Berat ekuivalen pektin dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tanaman yang menjadi sumber pektin, kualitas bahan baku, metode ekstraksi yang digunakan, perlakuan selama proses ekstraksi, sifat pektin hasil ekstraksi, dan proses titrasi yang dilakukan (Hariyati, 2006)

Kadar Metoksil

Berdasarkan hasil analisa ragam diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi asam klorida dan waktu lama ekstraksi pektin terhadap kadar

metoksil yang dihasilkan. Perolehan data kadar metoksil pektin disajikan dalam Tabel 5.

Berdasarkan data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar metoksil pektin semakin meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi asam klorida dan semakin lama waktu ekstraksi. Kadar metoksil pektin berkisar antara 3,95–6,79%. Kadar metoksil pektin yang dihasilkan berdasarkan perbedaan konsentrasi pelarut asam klorida dan waktu ekstraksi termasuk ke dalam pektin bermetoksil rendah, yaitu >7% (IPPA, 2002).

Tabel 5. Rata-rata Kadar Metoksil Pektin Akibat Interaksi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Ekstraksi (%)

Perlakuan	Kadar Metoksil (%)
K1W1 (Asam klorida 0,2 N ; 60 menit)	3,95±0,099 ^a
K1W2 (Asam klorida 0,2 N ; 90 menit)	3,96±0,031 ^a
K1W3 (Asam klorida 0,2 N ; 120 menit)	4,03±0,031 ^a
K2W1 (Asam klorida 0,25 N ; 60 menit)	4,14±0,047 ^b
K2W2 (Asam klorida 0,25 N ; 90 menit)	4,91±0,047 ^c
K2W3 (Asam klorida 0,25 N ; 120 menit)	5,00±0,047 ^c
K3W1 (Asam klorida 0,3 N ; 60 menit)	5,18±0,031 ^d
K3W2 (Asam klorida 0,3 N ; 90 menit)	6,68±0,047 ^e
K3W3 (Asam klorida 0,3 N ; 120 menit)	6,79±0,078 ^f

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji duncan $\alpha = 5\%$

Kadar metoksil dalam pektin memiliki peran penting dalam menentukan sifat fungsional dan struktur gel pektin. Semakin tinggi kadar metoksil dalam molekul pektin, maka pektin akan lebih cepat membentuk gel. Kadar metoksil dihitung berdasarkan jumlah gugus karboksil yang teresterifikasi. Sufy (2015) menyatakan bahwa kadar metoksil merupakan jumlah metanol yang terdapat dalam pektin dan jumlah dari gugus karboksil yang teresterifikasi. Pektin yang memiliki kadar metoksil rendah merupakan asam pektin yang sebagian besar gugus karboksilnya tidak teresterkan. Konsentrasi asam yang tinggi dalam larutan ekstraksi menyebabkan peningkatan jumlah ion hidrogen, mempercepat reaksi hidrolisis protopektin menjadi pektin, dan meningkatkan jumlah pektin yang terhidrolisis. Peningkatan jumlah pektin yang terhidrolisis juga meningkatkan jumlah gugus karboksil teresterifikasi dalam pektin, sehingga meningkatkan nilai kadar metoksil pektin. Hal tersebut sesuai dengan Kesuma (2018) yang menyatakan bahwa semakin meningkatnya gugus karboksil bebas yang teresterifikasi dalam pektin, maka kadar metoksil juga akan mengalami peningkatan.

Waktu ekstraksi yang lebih lama memberikan lebih banyak waktu kontak antara bahan dan larutan pengestraksi. Ini mengakibatkan hidrolisis protopektin menjadi lebih banyak dan meningkatkan jumlah pektin yang terhidrolisis. Peningkatan jumlah pektin yang terhidrolisis mengandung lebih banyak gugus karboksil teresterifikasi, sehingga nilai kadar metoksil pektin meningkat. Desmawarni dan Hamzah (2017) menjelaskan bahwa waktu ekstraksi yang lebih lama memberikan lebih banyak waktu untuk hidrolisis protopektin, yang menyebabkan rantai poligalakturonat menjadi lebih panjang dan tingkat esterifikasinya meningkat karena banyak gugus karboksil yang mengalami metilasi. Hal ini menyebabkan peningkatan gugus karboksil yang mengalami metilasi, sejalan dengan peningkatan kadar metoksil pektin yang dihasilkan.

Kadar Asam Galakturonat

Berdasarkan hasil analisa ragam diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi asam klorida dan waktu lama ekstraksi pektin terhadap kadar asam galakturonat yang dihasilkan. Perolehan data kadar asam galakturonat pektin disajikan dalam Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar asam galakturonat pektin semakin meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi asam klorida dan semakin lama waktu ekstraksi. Kadar asam galakturonat pektin berkisar antara 149,95-261,65%. Kadar asam galakturonat pektin yang dihasilkan berdasarkan perbedaan konsentrasi pelarut asam klorida dan waktu ekstraksi sudah sesuai dengan standar mutu pektin, yaitu minimal sebesar 35% (IPPA, 2002).

Tabel 6. Rata-rata Kadar Asam Galakturonat Pektin Akibat Interaksi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Ekstraksi (%)

Perlakuan	Asam Galakturonat (%)
K1W1 (Asam klorida 0,2 N ; 60 menit)	149,95±2,816 ^a
K1W2 (Asam klorida 0,2 N ; 90 menit)	154,41±3,612 ^b
K1W3 (Asam klorida 0,2 N ; 120 menit)	160,98±1,075 ^c
K2W1 (Asam klorida 0,25 N ; 60 menit)	166,14±1,862 ^d
K2W2 (Asam klorida 0,25 N ; 90 menit)	184,44±1,538 ^e
K2W3 (Asam klorida 0,25 N ; 120 menit)	187,73±2,150 ^e
K3W1 (Asam klorida 0,3 N ; 60 menit)	206,97±2,438 ^f
K3W2 (Asam klorida 0,3 N ; 90 menit)	241,47±1,219 ^g
K3W3 (Asam klorida 0,3 N ; 120 menit)	261,65±1,771 ^h

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji duncan $\alpha = 5\%$

Kadar asam galakturonat dalam pektin hasil ekstraksi dapat bervariasi berdasarkan kandungan asam galakturonat yang ada dalam berbagai bentuk, seperti asam bebas, metil ester, garam sodium, kalsium, ammonium, dan beberapa kelompok pektin amida. Tingkat kadar galakturonat dapat mempengaruhi kemurnian pektin, di mana semakin tinggi kadar galakturonat, semakin sedikit pengotor yang terdapat dalam pektin dan kemurniannya lebih tinggi, yang mempengaruhi sifat gel pektin menjadi lebih baik. Dalam penelitian ini, digunakan variasi konsentrasi asam klorida 0,2 N, 0,25 N, dan 0,30 N yang dimana semakin tinggi asam yang digunakan semakin tinggi pula asam galakturonat yang dihasilkan. Konsentrasi asam yang semakin tinggi membuat suasana larutan pengekstraksi semakin asam meningkatkan reaksi hidrolisis protopektin yang menghasilkan pektin secara lebih signifikan. Hal tersebut sesuai dengan Budiyanto dan Yulianingsih (2008) yang menyatakan bahwa ekstraksi menggunakan pelarut asam menyebabkan ikatan antara selulosa dan protopektin terputus dalam bahan kemudian protopektin dihidrolisis menjadi pektin yang larut dalam air. Dengan peningkatan konsentrasi asam, reaksi hidrolisis protopektin menjadi pektin meningkat, sehingga produksi pektin menjadi lebih banyak, dan ini berhubungan dengan peningkatan kadar asam galakturonat dalam pektin yang dihasilkan.

Kadar asam galakturonat juga meningkat seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi. Ini disebabkan oleh lamanya reaksi hidrolisis protopektin, yang menyebabkan peningkatan kadar galakturonat yang dihasilkan. Semakin banyak protopektin yang dihidrolisis menjadi pektin, maka kadar asam galakturonat juga meningkat, karena asam galakturonat merupakan komponen dasar pembentuk pektin. Hal ini sejalan dengan penelitian Hanum (2012), yang menunjukkan kecenderungan peningkatan kadar galakturonat dalam pektin seiring dengan meningkatnya lama waktu ekstraksi, karena reaksi hidrolisis protopektin menghasilkan pektin yang komponen dasarnya adalah asam D-galakturonat. Gugus metil ester pada pektin cenderung terhidrolisis, menghasilkan asam galakturonat, yang menyebabkan peningkatan kadar galakturonat dalam pektin.

Derajat Esterifikasi

Berdasarkan hasil analisa ragam diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi asam klorida dan waktu lama ekstraksi pektin terhadap derajat esterifikasi yang dihasilkan. Perolehan data derajat esterifikasi pektin disajikan dalam Tabel 7.

Berdasarkan data pada Tabel 7. menunjukkan bahwa derajat esterifikasi yang dihasilkan berkisar antara 14,21-15,79%. Derajat esterifikasi tertinggi sebesar 15,79% pada perlakuan K3W2 (Konsentrasi asam klorida 0,3 N dan waktu

ekstraksi 90 menit) dan derajat esterifikasi terendah sebesar 14,21% pada perlakuan K1W3 (Konsentrasi asam klorida 0,2 N dan waktu ekstraksi 120 menit). Derajat esterifikasi pektin yang dihasilkan berdasarkan perbedaan konsentrasi pelarut asam klorida dan waktu ekstraksi sudah sesuai dengan standar mutu pektin untuk pektin bermetoksil rendah, yaitu maksimal sebesar 50% (IPPA, 2002).

Tabel 7. Rata-rata Derajat Esterifikasi Pektin Akibat Interaksi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Ekstraksi (%)

Perlakuan	Derajat Esterifikasi (%)
K1W1 (Asam klorida 0,2 N ; 60 menit)	15,06±0,199 ^c
K1W2 (Asam klorida 0,2 N ; 90 menit)	14,81±0,165 ^b
K1W3 (Asam klorida 0,2 N ; 120 menit)	14,21±0,085 ^a
K2W1 (Asam klorida 0,25 N ; 60 menit)	14,22±0,062 ^a
K2W2 (Asam klorida 0,25 N ; 90 menit)	15,26±0,133 ^c
K2W3 (Asam klorida 0,25 N ; 120 menit)	15,18±0,079 ^c
K3W1 (Asam klorida 0,3 N ; 60 menit)	14,39±0,108 ^a
K3W2 (Asam klorida 0,3 N ; 90 menit)	15,79±0,0766 ^d
K3W3 (Asam klorida 0,3 N ; 120 menit)	14,82±0,074 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji duncan $\alpha = 5\%$

Selama proses ekstraksi pektin, asam yang digunakan akan menghidrolisis ikatan hidrogen pada pektin. Ikatan gugus metil ester dalam pektin cenderung terhidrolisis, menghasilkan asam galakturonat. Jika ekstraksi berlangsung terlalu lama, pektin dapat berubah menjadi asam pektat, di mana asam galakturonatnya menjadi bebas dari gugus metil ester. Jumlah gugus metil ester pada pektin mencerminkan jumlah karboksil yang tidak teresterifikasi, atau disebut sebagai derajat esterifikasi. Berdasarkan standar IPPA (International Pectin Producers Association) (2002), penelitian pektin kulit jeruk bali ini menunjukkan bahwa derajat esterifikasi pektin sesuai dengan standar mutu pektin bermetoksil rendah, yaitu maksimal 50%. Penurunan derajat esterifikasi ini terjadi karena lamanya waktu ekstraksi dapat menyebabkan pektin mengalami degradasi menjadi asam pektat, yang mengakibatkan penurunan gugus metil ester dan derajat esterifikasinya. Budiyanto dan Yulianingsih (2008) juga mengemukakan bahwa gugus metil ester dalam pektin akan terdegradasi menjadi asam karboksilat melalui hidrolisis ikatan glikosidik gugus metil ester. Semakin tinggi konsentrasi asam dan lama waktu ekstraksi yang digunakan, maka pektin cenderung berubah menjadi asam pektat dengan asam galakturonat bebas dari gugus metil ester. Jumlah gugus metil ester ini mencerminkan jumlah gugus karboksil yang tidak teresterifikasi atau derajat esterifikasi dalam pektin.

KESIMPULAN

Konsentrasi asam klorida dan lama waktu ekstraksi berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar air, kadar abu, berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar galakturonat, dan derajat esterifikasi. Pektin yang dihasilkan dalam penelitian ini tergolong *Low Methoxyl Pectin*. Perlakuan terbaik berdasarkan pendekatan standar mutu IPPA pektin yaitu pada konsentrasi asam klorida 0,3 N dan waktu ekstraksi 120 menit. Pada perlakuan ini menghasilkan rendemen 13,57%, kadar air 8,27%, kadar abu 7,53%, kadar metoksil 6,79%, kadar galakturonat 261,65% serta derajat esterifikasi 14,82% yang termasuk dalam pektin ester rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto, A. Dan Yulianingsih. 2008. Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Karakteristik Pektin dari Ampas Jeruk Siam (*Citrus nobilis* L). *Jurnal Pascapanen*. 5 (2).
- Budiyarti L., Etha N. F. 2013. Karakterisasi Pektin dengan Memanfaatkan Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi. Laporan Penelitian. Teknik Kimia, Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Damanik, D. A., & Pandia, S. 2019. Ekstraksi Pektin dari Limbah Kulit Jeruk (*Citrus sinesis*) dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik Menggunakan Pelarut Asam Klorida (HCl). *Jurnal Teknik Kimia USU*. pp. 85-89. DOI : <https://doi.org/10.32734/jtk.v8i2.2036>
- Desmawarni, D. dan F. H. Hamzah. 2017. Variasi Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kualitas Pektin dari Kulit Pisang Tanduk. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*. Vol. 4 (1): 1-15.
- Hanum, F., Tarigan, M. A., Menka, I., & Kaban, D. 2012. Ekstraksi Pektin Dari Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Teknik Kimia*, 49– 53. DOI : <https://doi.org/10.32734/jtk.v1i1.1406>
- Güzel, M., & Akpınar, Ö. 2019. Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioproducts Processing*. Vol. 115, 126–133. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.009>
- Hariyati, M. N. 2006. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Limbah Proses Pengolahan Jeruk Pontianak (*Citrus nobilis* var *microcarpa*). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hanum, F., I. M. D. Kaban dan M. A. Tarigan. 2012. Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang Raja (*Musa sapientum*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol. 1 (2): 21-26. DOI : <https://doi.org/10.32734/jtk.v1i2.1413>
- IPPA (International Pectins Producers Association). 2002. What is Pektin. http://www.ippa.info/history_of_pektin.htm.

- Kesuma, N. K. Y., I. W. R. Widarta dan I. D. G. M. Permana. 2018. Pengaruh Jenis Asam dan pH Pelarut Terhadap Karakteristik Pektin dari Kulit Lemon (*Citrus limon*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. Vol. 7 (4): 192-203. DOI : <https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i04.p06>
- Latupeirissa, J., Fransina, E. G., & Tanasale, M. F. J. D. P. 2019. Ekstraksi Dan Karakterisasi Pektin Kulit Jeruk Manis Kisar (*Citrus sp.*). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 53–60. DOI : <https://doi.org/10.30598/ijcr.2019.7-egf>
- Nurhaeni, N. A. Atjiang, J. Hardi, Diharnaini dan Khairunnisa. 2018. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit dan Dami Buah Cempedak (*Artocarpus chempeden*). *Jurnal Riset Kimia (KOVALEN)*. Vol. 4 (3): 304-315
- Perina, I., Satiruiani, F. E. Soetaredjo dan H. Hindarso. 2017. Ekstraksi Pektin dari Berbagai Macam Kulit Jeruk. *Widya Teknik*. Vol. 6 (1): 1-10.
- Sufy, Q. 2015. Pengaruh Variasi Perlakuan Bahan Baku dan Konsentrasi Asam Terhadap Ekstraksi dan Karakteristik Pektin dari Limbah Kulit Pisang Kepok Kuning (*Musa balbisiana* BBB). Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta.
- Sulihono, A., Tarihoran, B. & Agustina, T. E. 2012. Pengaruh Waktu, Temperatur, dan Jenis Pelarut Terhadap Ekstraksi Pektin Dari Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*). *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 18 (4), Hal. 1-8.
- Wana, N. & Pagarra, H. 2018. Efektifitas Ekstrak Pektin dari Kulit Buah Jeruk Bali (*Citrus maxima*) Sebagai Antimikroba. *Jurnal Ilmiah Bionature*. Vol. 19 (2): 140-151. DOI : <https://doi.org/10.35580/bionature.v19i2.9732>