

EKSTRAKSI PEKTIN KULIT BUAH NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*) DENGAN PELARUT ASAM SITRAT DAN APLIKASINYA SEBAGAI POLIMER PLASTIK *BIODEGRADABLE*

MUHAMMAD FARIEZ KURNIAWAN^{1*} DAN ZAHRA ADENIA¹

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah, Jalan Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Kec. Kasihan, Kab. Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia

*alamat email korespondensi: fariez@umy.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
Riwayat Naskah : Diterima pada 17 Maret 2022 Diterima setelah direvisi pada 28 Juni 2022 Diterbitkan pada 30 Juni 2022	Pektin yang terdapat di dalam kulit buah naga dapat berpotensi menjadi salah satu bahan dasar pembuatan plastik <i>biodegradable</i> yang bermanfaat untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan karena penggunaan plastik yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi 0,5 dan 1 N, suhu 60 dan 70°C, dan waktu ekstraksi 30 dan 60 menit terhadap karakteristik pektin yang dihasilkan dari kulit buah naga. Metode yang digunakan adalah ekstraksi dengan pelarut asam sitrat lalu dilakukan pengendapan menggunakan alkohol 96% kemudian dikeringkan pada suhu 60°C. Pektin kering dikarakterisasi dan hasil yang optimal dilanjutkan untuk dibuat polimer plastik <i>biodegradable</i> . Karakteristik pektin yang dianalisis adalah rendemen pektin yang dihasilkan, berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, dan derajat esterifikasi. Polimer yang dihasilkan diamati sifat mekanisnya secara kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen pektin yang dihasilkan berkisar antara 4,55– 15,67% dengan rendemen terbanyak pada konsentrasi 1 N pada suhu 60°C selama 60 menit sebanyak 15,67%. Berat ekuivalen berkisar antara 204,48-558,68 dengan nilai tertinggi dari variasi perlakuan 0,5 N pada suhu 60°C selama 30 menit. Pektin bermetoksil rendah dan tinggi berkisar antara 5,95%-8,97%. Kadar asam galakturonat berkisar antara 292,46%-489,78%. Derajat esterifikasi berkisar antara 7,00%-15,70% dan termasuk pektin ester rendah. Polimer plastik <i>biodegradable</i> diperoleh dari pektin dengan kondisi konsentrasi 0,5 N pada suhu 60°C selama 30 menit dan pada suhu 70°C selama 60 menit. Polimer dari kondisi 0,5 N, 60°C, 30 menit dan 0,5 N, 70°C, 60 menit berwarna kecoklatan, transparan, dan memiliki nilai permeabilitas uap air yang cukup tinggi. Polimer dari kondisi 0,5 N, 70°C, 60 menit memiliki sifat mekanis yang lebih baik karena lebih elastis.
Kata Kunci: Karakterisasi; kulit buah naga; pektin; plastik <i>biodegradable</i> ; polimer.	
Keywords: Characterization; dragon fruit peel; pectin; <i>biodegradable</i> plastic; polymer.	<i>Pectin contained in dragon fruit peel can potentially be one of the basic ingredients for making biodegradable plastic which is useful for reducing the impact of environmental damage due to excessive use of plastic. This study aims to determine the effect of variations in concentrations of 0.5 and 1 N, temperature (60 and 70°C), and extraction time of 30 and 60 minutes on the characteristics of pectin produced from dragon fruit peels. The method used was extraction with citric acid solvent then precipitation using 96% alcohol and then drying at 60°C. Dry pectin was characterized and the optimal results were continued to make biodegradable plastic polymers. The characteristics of pectin analyzed were pectin yield, equivalent weight, methoxyl content, galacturonic acid content, and degree of esterification. The resulting polymer was observed for its mechanical properties qualitatively. The results showed that the yield of pectin produced ranged from 4.55–15.67% with the highest yield at a conditions of 1 N at 60°C for 60 minutes as much as 15.67%. The equivalent weight ranged from 204.48-558.68 with the highest value of the 0.5 N treatment variation at 60°C for 30 minutes. Low and high methoxyl pectin ranged from 5.95% -8.97%. Galacturonic acid levels ranged from 292.46%-489.78%. The degree of esterification ranges from 7.00% -15.70% and includes low ester pectin. Biodegradable plastic polymers were obtained from pectin with a conditions of 0.5 N at 60°C for 30 minutes and at 70°C for 60 minutes. Polymer from conditions of 0.5 N, 60°C, 30 minutes and 0.5 N, 70°C, 60 minutes is brownish, transparent, and has a high enough moisture permeability value. Polymers from pectin with a conditions of 0.5 N, 70°C, 60 minutes have better mechanical properties because they are more elastic.</i>

PENDAHULUAN

Plastik erat kaitannya dengan kehidupan manusia yang ditandai dengan adanya peningkatan

jumlah penggunaan dan sampah plastik. Perkembangan yang pesat pada produksi plastik disebabkan oleh adanya beberapa faktor yaitu harga yang terjangkau, ringan, mudah dibuat, kuat

serta mudah untuk dibentuk. Plastik merupakan polimer semi sintetik atau sintetik yang akan sulit terdegradasi dan membutuhkan waktu yang lama. Plastik sulit terdegradasi sehingga akan menyebabkan adanya penumpukan yang dapat mengakibatkan dampak negatif bagi kelestarian lingkungan. Kontaminasi plastik di lingkungan laut pertama kali dilaporkan hampir 50 tahun yang lalu, kurang dari dua dekade setelah munculnya produksi plastik komersial, ketika kurang dari 50 juta metrik ton diproduksi per tahun. Pada tahun 2014, produksi plastik global melampaui 300 juta metrik ton per tahun. Sampah plastik telah terdeteksi di seluruh dunia di semua habitat laut utama, dalam ukuran dari mikron hingga meter. [1]. Lebih dari 250 juta ton plastik komoditas per tahun (terutama poliolefin) diproduksi di seluruh dunia. Polimer ini tahan lama dan menunjukkan ketahanan yang tinggi di lingkungan, yang dipandang sebagai keuntungan dalam banyak aplikasi, seperti pipa, pesawat terbang, dan lain sebagainya. Namun, ketika plastik tersebut dibuang dengan cara yang tidak terkendali, plastik tersebut akan menumpuk di alam untuk beberapa dekade, misalnya botol (PET) memiliki perkiraan daya tahan dari 27 hingga 93 tahun bahkan pada lingkungan dengan tingkat kelembapan relatif 100% [2]. Dikarenakan sifatnya yang persisten tersebut, plastik menumpuk di lingkungan, terfragmentasi menjadi potongan-potongan yang lebih kecil atau yang sering disebut "plastik mikro", dan bermigrasi melalui sungai ke lautan di mana akan terakumulasi dan seringkali dianggap plankton dan dimakan oleh ikan di laut dan berbahaya apabila dikonsumsi oleh masyarakat. Berbagai upaya dan inovasi dilakukan untuk mengurangi dampak sampah plastik, diantaranya dengan proses daur ulang plastik dan pengembangan plastik ramah lingkungan. Pada Januari 2018, European Union (EU) merilis visinya untuk mencapai industri plastik yang lebih berkelanjutan pada tahun 2030. Selain mempromosikan daur ulang plastik, strategi tersebut membahas peluang dan risiko plastik *biodegradable*. Pengembangan biopolimer terdegradasi telah meningkat selama beberapa tahun karena menjanjikan solusi untuk masalah yang ada dan dapat digunakan dalam industri kimia serta dalam pengobatan medis. Plastik ramah lingkungan biasa disebut dengan plastik *biodegradable* adalah plastik yang mudah terdegradasi oleh mikroorganisme di tanah karena berasal dari bahan-bahan yang bersumber dari alam [3].

Bahan dasar yang sering digunakan adalah pati. Pati ini dapat berasal dari singkong dan ubi jalar yang merupakan sumber karbohidrat sehingga

pemanfaatannya kurang efektif karena merupakan suatu bahan sumber pangan bagi masyarakat sehingga perlu adanya inovasi yang mengarah pada penggunaan limbah nabati sebagai bahan dasarnya. Selain penggunaan pati, bahan yang dapat digunakan untuk membuat plastik *biodegradable* adalah pektin. Pektin merupakan suatu senyawa polisakarida kompleks yang terdapat dalam dinding sel tumbuhan dengan komponen utama antara lain asam D- galakturonat, L-ramnosa, L-arabinosa dan D-galaktosa [4]. Pektin dapat berasal dari daging, kulit, dan biji buah-buahan. Salah satunya adalah pektin dari kulit buah naga merah.

Kulit buah naga mengandung pektin 14,96% - 20,14% [5]. Kulit buah naga merah ini mudah diperoleh karena hampir di setiap wilayah terdapat tanaman buah naga merah yang dikonsumsi dengan cara diolah ataupun dalam bentuk buah segar. Pemanfaatan kulit buah naga merah diharapkan dapat menjadi sumber alternatif ekstraksi pektin yang kemudian dapat diolah sebagai polimer plastik *biodegradable* yang ramah terhadap lingkungan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memisahkan pektin dari jaringan tanaman adalah ekstraksi dengan bantuan pelarut asam. Ekstraksi pektin paling sering dilakukan dengan menggunakan asam mineral encer, biasanya asam klorida, asam sulfat, atau asam nitrat, karena harganya yang lebih murah, dan kemampuannya untuk menghasilkan pektin yang diperkaya dalam blok homogalakturonat sebagai hasil hidrolisis signifikan dari rhamnogalakturonat netral pada pH rendah dan suhu tinggi [6]. Asam yang paling umum digunakan adalah asam asetat, sitrat, klorida, nitrat, oksalat, fosfat dan sulfur. Penggunaan asam sitrat sebagai pelarut dalam ekstraksi pektin menghasilkan ekstrak yang lebih tinggi dan kualitas yang lebih baik dari pada asam lainnya [7].

Penelitian sebelumnya mengekstraksi pektin kulit buah naga menggunakan gelombang microwave dengan variasi berat bahan dan waktu. Hasil dari ekstraksi pektin dilakukan pengujian dengan FTIR kemudian akan diproses menjadi edible film. Selain itu ada juga penelitian yang mengidentifikasi karakteristik pektin kulit buah naga dengan menggunakan variasi pelarut asam dan penggumpal [8]. Namun metode menggunakan ekstraksi pelarut dengan variasi suhu, waktu, dan pH belum banyak dilakukan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh konsentrasi, suhu, dan waktu ekstraksi dengan pelarut asam sitrat terhadap karakteristik pektin yang meliputi rendemen pektin, berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, dan derajat esterifikasi dari kulit buah

naga merah yang digunakan dalam pembuatan polimer plastik *biodegradable*. Diharapkan dari penelitian ini dapat diketahui kondisi ekstraksi yang optimal sehingga menghasilkan karakteristik pektin yang baik dan dilanjutkan pembuatan polimer plastik *biodegradable*.

EKSPERIMEN

Material

Bahan yang diperlukan seperti kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) didapatkan dari UPT Materia Medica Batu Malang, asam oksalat 1N dan 0,5 N (General Labora/grade teknis), aquadest (General Labora/grade teknis), etanol 96% dan etanol 95% (General Labora/grade teknis), NaOH 0,1 N (General Labora/grade teknis), NaOH 0,25 N (General Labora/grade teknis), HCl 0,25 N (General Labora/grade teknis), CaCl₂.2H₂O (General Labora/grade teknis), indicator phenolptalein (PP) (General Labora/grade teknis), dan Kitosan 2% (General Labora/grade teknis).

Instrumentasi

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah magnetic stirrer (CIMAREC), gelas beaker (IWAKI PYREX), pipet tetes (IWAKI PYREX), pipet volume 2 ml dan 5 ml (Pyrex), Erlenmeyer (IWAKI PYREX), tabung reaksi (IWAKI PYREX), kain saring, corong (IWAKI PYREX), gelas ukur (IWAKI PYREX), oven (Memmert), termometer, stop watch, pengaduk (Pyrex), buret (IWAKI PYREX), pH meter (Mettler Toledo), spatula, timbangan digital (OHAUS), penangas air (Memmert), saringan, labu takar (IWAKI PYREX), blender, pipet tetes, dan cetakan plat kaca 12x18x5 cm.

Prosedur

Ekstraksi pektin

Kulit buah naga merah dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C sampai berat konstan. Kulit buah naga merah kering ditimbang sebanyak ± 7 g dan dicampur dengan 250 mL aquades lalu diasamkan dengan volume asam sitrat konsentrasi 0,5 N dan 1 N sebanyak 35 ml. Campuran tersebut diblender lalu dipanaskan di atas penangas air pada suhu 60 dan 70°C selama 30 dan 60 menit. Ekstrak disaring menggunakan kain saring. Filtrat pektin yang diperoleh dilanjutkan untuk diberi zat pengendap. Pengendapan pektin dengan cara menambahkan alkohol 96% ke dalam filtrat dengan

perbandingan antara filtrat dengan alkohol 1:1 yang dilakukan hingga 24 jam. Campuran tersebut kemudian disaring menggunakan kain saring untuk mendapatkan pektin basah. Pektin basah hasil pengendapan dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C hingga kering kemudian dilanjutkan untuk uji karakterisasi.

Pengendapan pektin

Pengendapan pektin dengan cara menambahkan alkohol 96% ke dalam filtrat dengan perbandingan antara filtrat dengan alkohol 1:1 yang dilakukan hingga 24 jam. Campuran tersebut kemudian disaring menggunakan kain saring untuk mendapatkan pektin basah [9].

Pencucian pektin

Pencucian pektin dilakukan dengan menambahkan alkohol 96% pada pektin yang diperoleh sambil diaduk kemudian disaring menggunakan kain saring dan alat penyaring untuk dilakukan beberapa kali sampai alkohol tidak bereaksi lagi dengan asam dengan tanda ketika air bekasucian berwarna merah muda ketika ditetesi dengan indikator PP [10]

Pengeringan pektin

Hasil pektin yang telah dicuci dilakukan pengeringan dengan suhu 60 °C selama kurang 24 jam. Hasil yang diperoleh disebut dengan pektin kering dan ditimbang bobot pektinnya [11].

Analisis pektin

Rendemen pektin

Bobot pektin yang dihasilkan dari kulit buah naga dengan variasi pH dan suhu ditentukan persentase rendemennya dengan rumus sebagai berikut [12]:

$$\text{Rendemen pektin} = \frac{\text{Bobot pektin yang diperoleh (g)}}{\text{g kulit buah naga ekstraksi}} \times 100\% \quad (1)$$

Penentuan Berat Ekuivalen

Sebanyak 0,25 g pektin ke dalam erlenmeyer 250 mL, lalu dibasahi dengan 2 mL etanol 95% dan dilarutkan dengan 40 mL aquadest yang berisi 1 g NaCl. Selanjutnya larutan tersebut ditetesi dengan phenolptalein sebanyak 5 tetes dan dititrasi menggunakan NaOH 0,1 N sampai perubahan warna serta volume titrasi dicatat. Berat ekuivalen ditentukan dengan rumus [12]:

$$\text{Berat Ekuivalen} = \frac{\text{Bobot pektin}}{\text{mL NaOH} \times \text{N NaOH}} \quad (2)$$

Penentuan Kadar Metoksil

Menambahkan NaOH 0,25 N sebanyak 25 mL ke dalam larutan penentuan berat ekuivalen kemudian dikocok secara perlahan dan didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar dalam Erlenmeyer tertutup. Selanjutnya ditambahkan 25 mL HCl 0,25 N dan 6 tetes phenolptalein, lalu dititrasi dengan NaOH 0,1N hingga larutan berubah menjadi warna merah muda

$$\text{Kadar metoksil} = \frac{\text{mL NaOH} \times 31 \times \text{N NaOH}}{\text{Bobot pektin (mg)}} \times 100\% \quad (3)$$

Nilai 31 didapatkan dari bobot molekul metoksil yang berupa CH₃O [12].

Penentuan Kadar Asam Galakturonat

Kadar asam galakturonat dapat dihitung dari miliekivalen (mek) NaOH yang diperoleh dari penentuan berat ekuivalen (BE) dan kadar metoksil. Kadar asam galakturonat dapat dirumuskan sebagai berikut [5]:

$$\text{Galakturonat (\%)} = \frac{\text{mek (BE + metoksil)} \times 176}{\text{Bobot pektin (mg)}} \times 100\% \quad (4)$$

Angka 176 merupakan berat terendah ekuivalen dari asam pektat.

Penentuan Derajat Esterifikasi

Perhitungan derajat esterifikasi dari kadar metoksil dan kadar asam galakturonat yang dihasilkan, dirumuskan sebagai berikut [12]:

$$\text{Derajat Esterifikasi} = \frac{176 \times \% \text{ metoksil}}{31 \times \% \text{ galakturonat}} \times 100\% \quad (5)$$

Pembuatan polimer Plastik biodegradable

Pektin kering yang telah dihaluskan sebanyak 1 g dilarutkan ke dalam kitosan 2% yang dilarutkan ke dalam asam sitrat 3%. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Lalu ditambahkan larutan 0,12 g CaCl₂.2H₂O dalam 3 ml aquadest yang dituang perlahan-lahan. Campuran tersebut dicetak dan dikeringkan pada suhu 60°C di dalam oven [8].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pektin yang dihasilkan dari masing-masing perlakuan ditentukan karakteristiknya yang meliputi rendemen, berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, dan derajat efikasi. Pektin

hasil ekstraksi dibandingkan dengan pektin komersial yang telah memenuhi standar mutu pektin seperti yang tertera pada **Tabel 1** dengan tujuan untuk membandingkan kualitas antara pektin hasil ekstraksi dengan pektin yang telah dijual di pasaran. Karakteristik yang terbaik dilanjutkan untuk dibuat polimer plastik *biodegradable*.

Tabel 1. Standar Mutu Pektin

Faktor Mutu	Standar
Kadar Air	Maksimal 12%
Kadar Abu	Maksimal 10%
Berat Ekuivalen	600 – 800 mg
Kandungan Metoksil	
• Pektin metosil rendah	2,5 – 7,12%
• Pektin metoksiltinggi	>7,12%
Kadar Asam Galakturonat	Minimal 35%
Derajat Esterifikasi	
• Pektin ester rendah	Maksimal 50%
• Pektin ester tinggi	Minimal 50%

Rendemen

Rendemen merupakan perbandingan antara berat kering hasil ekstrak yang diperoleh dengan jumlah bahan baku yang digunakan. Semakin tinggi nilai rendemen menggambarkan bahwa semakin banyak zat yang tertarik oleh pelarut yang sesuai. **Tabel 2** ditunjukkan nilai rendemen yang didapatkan.

Tabel 2. Hasil Rendemen Pektin

Kondisi ekstraksi	I	II	III	Rata-rata ± SD
A1	4,48%	4,49%	4,68%	4,55% ± 0,11
A2	5,92%	5,26%	6,03%	5,74% ± 0,41
A3	10,73%	11,46%	9,58%	10,59% ± 0,95
A4	6,13%	6,27%	5,75%	6,05% ± 0,27
A5	15,00%	15,19%	15,09%	15,09% ± 0,09
A6	15,56%	15,93%	15,52%	15,67% ± 0,22
A7	6,50%	6,74%	6,68%	6,64% ± 0,12
A8	4,76%	4,19%	4,70%	4,55% ± 0,31

Keterangan:

A1 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 30 menit;

A2 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 60 menit;

A3 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 30 menit;

A4 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 60 menit;

A5 adalah 1 N. T: 60°C. t: 30 menit;

A6 adalah 1 N. T: 60°C. t: 60 menit;

A7 adalah 1 N. T: 70°C. t: 30 menit;
A8 adalah 1 N. T: 70°C. t: 60 menit.

Rendemen terendah diperoleh dari hasil ekstraksi dengan perlakuan variasi 0,5 N pada suhu 60°C selama 30 menit dan 1 N pada suhu 70°C selama 60 menit yaitu 4,55% dan rendemen tertinggi dari perlakuan variasi 1 N 60°C selama 60 menit yaitu 15,67%. Berdasarkan analisis ANOVA menggunakan perangkat SPSS menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan diantara berbagai kelompok yaitu ditunjukkan oleh level signifikansi 0,000 ($p < 0,05$). Secara umum konsentrasi asam sitrat 1 N 60°C cenderung menghasilkan rendemen pektin yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi asam sitrat 0,5 N. Hal ini disebabkan karena konsentrasi yang tinggi dari ion hidrogen dari asam akan merangsang hidrolisis pektin dari protopektin. Namun demikian, walaupun dengan konsentrasi yang sama akan memberikan hasil rendemen yang berbeda dengan adanya perbedaan variasi perlakuan yang dilakukan karena masing-masing kondisi saling mempengaruhi.

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan oleh Tabel 2 dengan kondisi ekstraksi konsentrasi yang sama yaitu 0,5 N dan 1 N pada replikasi, dua dan tiga memberi hasil rendemen yang lebih tinggi pada kelompok A1 dibandingkan dengan kelompok A2 serta kelompok A5 dibandingkan dengan kelompok A6. Berbeda halnya dengan kelompok A3 dibandingkan dengan kelompok A4 dan kelompok A7 dibandingkan kelompok A8 pada replikasi 1, 2, dan 3 yang mengalami penurunan nilai rendemen. Rusak dan lepasnya molekul pada ikatan rantai galakturonat akibat dari ion hidrogen yang mensubstitusi kalsium dan magnesium dari protopektin yang terhidrolisis [13]. Berdasarkan data yang diperoleh dengan adanya peningkatan suhu menyebabkan meningkatnya rendemen pektin. Namun, seperti yang terlihat pada Tabel 2 bahwa pada kondisi ekstraksi 0,5 N dengan suhu 70°C selama 60 menit, 1 N dengan suhu 70°C selama 30 dan 60 menit terjadi penurunan nilai rendemen. Hal ini dapat terjadi karena rendemen pektin yang didapatkan maksimum pada suhu tertentu dan mengalami kejenuhan.

Berat ekuivalen

Berat ekuivalen adalah banyaknya kandungan asam galakturonat bebas yang tidak teresterifikasi dalam rantai molekul pektin. Berat ekuivalen yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai tertinggi dihasilkan oleh variasi perlakuan 0,5 N pada suhu 60°C dengan waktu ekstraksi 30 menit yaitu

558,68. Sedangkan, berat ekuivalen terendah dihasilkan dari variasi perlakuan 1 N pada suhu 70°C selama 30 menit yaitu 204,48. Nilai berat ekuivalen ditunjukkan dalam **Tabel 3**. Pektin yang memiliki berat ekuivalen yang rendah dapat disebabkan oleh semakin cepatnya laju degradasi parsial pektin.

Tabel 3. Nilai Berat Ekuivalen

Kondisi ekstraksi	I	II	III	Rata-rata ± SD
A1	502,02	546,52	627,5	558,68 ± 63,61
A2	240,95	132,47	313,25	228,89 ± 90,99
A3	318,62	201,92	278,51	266,35 ± 59,29
A4	250,4	596,9	676,75	508,02 ± 226,647
A5	393,84	475,66	228,9	366,13 ± 125,692
A6	438,94	629,25	352,67	473,62 ± 141,514
A7	253	174,96	185,48	204,48 ± 42,34
A8	277,78	167,8	239,33	228,30 ± 55,81

Keterangan:

A1 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 30 menit;
A2 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 60 menit;
A3 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 30 menit;
A4 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 60 menit;
A5 adalah 1 N. T: 60°C. t: 30 menit;
A6 adalah 1 N. T: 60°C. t: 60 menit;
A7 adalah 1 N. T: 70°C. t: 30 menit;
A8 adalah 1 N. T: 70°C. t: 60 menit.

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi nilai berat ekuivalen adalah proses titrasi dan sifat pektin hasil ekstraksi itu sendiri. Bobot molekul tergantung pada jenis tanaman, kualitas bahan baku, metode ekstraksi, dan perlakuan pada proses ekstraksi. Semakin tinggi konsentrasi maka berat ekuivalen semakin tinggi karena konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan polimerisasi pektin menjadi lebih panjang sehingga asam bebas pun berkurang [14]. Sedangkan perbandingan data yang lain menunjukkan hal yang sebaliknya, yaitu semakin rendah pH maka berat ekuivalen semakin rendah pula seperti pada perbandingan kelompok A1 dan A5, A3 dan A7, serta A4 dan A8 replikasi 2 dan 3. Terjadinya penurunan nilai berat ekuivalen dapat disebabkan oleh karena konsentrasi asam yang tinggi dapat menyebabkan deesterifikasi pektin menjadi asam pektat sehingga jumlah asam bebas semakin banyak dan dapat menurunkan nilai berat ekuivalen [15]. Berat ekuivalen akan menurun seiring dengan semakin tingginya suhu ekstraksi dan semakin lamanya waktu ekstraksi. Berat

ekivalen dengan konsentrasi yang sama yaitu 0,5 N pada kelompok A1 lebih tinggi dibandingkan kelompok A2 yang mana keduanya berbeda pada waktu ekstraksi. Suhu yang tinggi dan waktu ekstraksi yang lama akan menyebabkan deesterifikasi dan depolimerisasi pektin menjadi asam pektat. Deesterifikasi akan meningkatkan jumlah asam bebas sehingga berat ekivalen menurun sedangkan depolimerisasi terjadi karena larutan asam dapat mendegradasi metil ester [16]. Hasil uji statistik dengan ANOVA menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang nyata dari perlakuan kombinasi variasi kondisi ekstraksi yaitu konsentrasi, waktu, dan suhu terhadap berat ekivalen pektin hasil ekstraksi ($p < 0,05$).

Kadar metoksil

Kadar metoksil merupakan jumlah mol metil alkohol dalam 100 mol asam galakturonat. Kadar metoksil berperan penting untuk mengetahui sifat fungsional larutan pektin, tekstur gel yang dihasilkan, dan kepekaan terhadap ion logam [17]. Nilai kadar metoksil ditunjukkan dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Nilai Kadar Metoksil

Kondisi ekstraksi	I	II	III	Rata-rata ± SD
A1	7,68%	8,01%	6,17%	7,29% ± 0,98
A2	4,90%	6,16%	6,80%	5,95% ± 0,97
A3	13,37%	5,52%	8,03%	8,97% ± 4,01
A4	8,67%	11,87%	3,09%	7,88% ± 4,44
A5	6,41%	11,68%	4,92%	7,67% ± 3,55
A6	9%	10,46%	7,43%	8,85% ± 1,52
A7	6,12%	6,19%	5,57%	5,96% ± 0,34
A8	5,33%	6,77%	6,16%	6,09% ± 0,72

Keterangan:

A1 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 30 menit;
 A2 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 60 menit;
 A3 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 30 menit;
 A4 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 60 menit;
 A5 adalah 1 N. T: 60°C. t: 30 menit;
 A6 adalah 1 N. T: 60°C. t: 60 menit;
 A7 adalah 1 N. T: 70°C. t: 30 menit;
 A8 adalah 1 N. T: 70°C. t: 60 menit.

Berdasarkan *Food Chemicals Codex*, pektin bermetoksil tinggi adalah >7,12%, sehingga secara umum pektin hasil ekstraksi kulit buah naga merah adalah pektin yang bermetoksil tinggi kecuali pada kondisi ekstraksi 0,5 N dengan suhu 60°C selama

60 menit, 1 N dengan suhu 70°C selama 30 menit dan 60 menit. Pektin bermetoksil tinggi dapat membentuk gel dengan adanya gula dan asam sedangkan pektin bermetoksil rendah dapat membentuk gel dengan adanya kation polivalen. Semakin tinggi kadar metoksil dalam molekul, maka semakin cepat pektin dalam membentuk gel. Hal tersebut terjadi karena jumlah gugus karboksil yang akan termetilasi semakin banyak sehingga lebih mudah dalam membentuk gel dengan kualitas yang semakin baik. Pektin bermetoksil tinggi umumnya digunakan dalam produk-produk makanan, seperti pudding, selai, dan jeli. Sedangkan pektin bermetoksil rendah seringkali digunakan sebagai *coating agent* [18].

Kadar asam galakturonat

Asam galakturonat merupakan struktur utama penyusun pektin. Kadar asam galakturonat berpengaruh terhadap struktur dan tekstur gel yang dihasilkan oleh pektin.

Tabel 5. Nilai Kadar Asam Galakturonat

Kondisi ekstraksi	I	II	III	Rata-rata ± SD
A1	314,12 %	310,83 %	252,4 3%	292,46% ± 34,70
A2	403,48 %	391,57 %	379,2 5%	391,43% ± 12,11
A3	477,95 %	474,17 %	435,3 3%	462,48% ± 23,59
A4	524,75 %	387,52 %	174,3 1%	362,19% ± 176,58
A5	325% %	413,30 %	419,3 0%	385,70% ± 53,08
A6	357,34 %	349,62 %	368,3 0%	358,42% ± 9,38
A7	417,39 %	543,05 %	508,9 0%	489,78% ± 64,97
A8	374,53 %	573,38 %	441,2 2%	463,04% ± 101,20

Keterangan:

A1 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 30 menit;
 A2 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 60 menit;
 A3 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 30 menit;
 A4 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 60 menit;
 A5 adalah 1 N. T: 60°C. t: 30 menit;
 A6 adalah 1 N. T: 60°C. t: 60 menit;
 A7 adalah 1 N. T: 70°C. t: 30 menit;
 A8 adalah 1 N. T: 70°C. t: 60 menit.

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dalam **Tabel 5**, nilai kadar asam galakturonat meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Hal tersebut dapat dibuktikan berdasarkan Tabel 5 pada perbandingan kelompok A1 dengan A5, A3 dengan A7, dan A4 dengan A8. Terjadinya peningkatan kadar asam galakturonat ini disebabkan adanya

peningkatan kinetika reaksi hidrolisis protopektin menjadi pektin sehingga dapat meningkatkan kadar asam galakturonat yang merupakan penyusun utamanya. Selain itu, kecenderungan kadar galakturonat adalah semakin meningkat dengan meningkatnya suhu dan waktu ekstraksi yang disebabkan oleh peningkatan reaksi hidrolisis protopektin menjadi pektin. Namun demikian, pada beberapa keadaan juga terjadi penurunan karena pektin dapat terdegradasi menjadi asam pektat sehingga menurunkan kadar asam galakturonat yang disebabkan oleh reaksi hidrolisis yang terus menerus [19].

Berdasarkan standar International Pectins Producers Association (IPPA), kadar asam galakturonat yang diizinkan adalah minimal 35% sehingga dapat dikatakan bahwa kadar asam galakturonat hasil ekstraksi pektin kulit buah naga memenuhi persyaratan tersebut. Berdasarkan hasil uji kadar asam galakturonat menunjukkan bahwa konsentrasi, suhu, dan waktu ekstraksi berpengaruh terhadap kadar asam galakturonat. Besarnya asam galakturonat dipengaruhi oleh sumber bahan baku, pelarut, dan metode ekstraksi yang digunakan [20].

Derajat esterifikasi

Derajat esterifikasi merupakan persentase jumlah residu asam D-galakturonat yang gugus karboksilnya teresterifikasi oleh etanol yang diperoleh dari perbandingan kadar metoksil dan kadar asam galakturonat. Derajat esterifikasi sangat tergantung terhadap bahan baku awal dan kondisi ekstraksi [21]. Hasil derajat esterifikasi ditunjukkan dalam **Tabel 6**.

Tabel 6. Nilai Derajat Esterifikasi

Kondisi ekstraksi	I	II	III	Rata-rata ± SD
A1	18,61%	14,63%	13,87%	15,70% ± 2,54
A2	6,90%	8,90%	10,18%	8,66% ± 1,65
A3	10,29%	6,60%	10,40%	9,10% ± 2,16
A4	14,46%	17,40%	10,06%	13,97% ± 3,69
A5	11,21%	16%	6,60%	11,27% ± 4,70
A6	13,77%	17%	11,45%	14,07% ± 2,78
A7	8,32%	6,47%	6,21%	7,00% ± 1,15
A8	8,08%	6,70%	8,00%	7,59% ± 0,77

Keterangan:

- A1 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 30 menit;
- A2 adalah 0.5 N. T: 60°C. t: 60 menit;
- A3 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 30 menit;
- A4 adalah 0.5 N. T: 70°C. t: 60 menit;
- A5 adalah 1 N. T: 60°C. t: 30 menit;
- A6 adalah 1 N. T: 60°C. t: 60 menit;
- A7 adalah 1 N. T: 70°C. t: 30 menit;
- A8 adalah 1 N. T: 70°C. t: 60 menit.

Kecenderungan nilai derajat esterifikasi adalah semakin tinggi konsentrasi pelarut maka semakin rendah nilai derajat esterifikasi. Hal ini sesuai dengan data dari Tabel 6 yaitu kondisi ekstraksi padaperbandingan kelompok A1 dengan A5, A3 dengan A7, dan A4 dengan A8 berdasarkan nilai rata-rata masing-masing kelompok. Hal ini dapat disebabkan karena dengan konsentrasi yang tinggi pektin dapat berubah menjadi asam pektat sehingga gugus metil ester berkurang. Ikatan glikosidik dari metil ester pektin cenderung terhidrolisis menjadi asam galakturonat. Pektin akan menjadi asam pektat dimana asam galakturonat akan bebas dari metil ester. Selain itu, suhu dan waktu ekstraksi juga berpengaruh terhadap nilai derajat esterifikasi. Semakin tinggi suhu dan waktu ekstraksi maka nilai derajat esterifikasi dapat mencapai kondisi yang optimum, namun terjadi juga penurunan nilai derajat esterifikasi yang disebabkan oleh terdegradasinya senyawa pektin akibat mekanisme depolimerisasi rantai galakturonat pektin [7]. Selain itu, pektin juga dapat terdegradasi karena adanya deesterifikasi oleh peningkatan suhu dan waktu.

Menurut standar mutu pektin yang telah ditetapkan oleh IPPA, pektin hasil ekstraksi pada penelitian ini termasuk pektin ester rendah karena nilai derajat esterifikasinya kurang dari 50%. Besarnya derajat esterifikasi akan mempengaruhi kecepatan pektin dalam membentuk gel. Semakin besar derajat esterifikasinya akan semakin cepat pektin dalam membentuk gel.

Pembuatan polimer plastik biodegradable

Pektin hasil ekstraksi dari kulit buah naga yang memiliki karakteristik yang optimal selanjutnya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan polimer plastik *biodegradable*. Pektin dengan karakteristik yang optimal dilihat dari masing-masing uji karakterisasi yaitu berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, dan derajat esterifikasi. Pektin pada kondisi A1 dan A4 memiliki nilai berat ekuivalen yang memenuhi standar berdasarkan hasil replikasi 3 seperti pada Tabel 3, serta memiliki nilai kadar metoksil tinggi. Semakin tinggi kadar metoksil dalam molekul

pektin, maka semakin cepat pektin dalam membentuk geldengan kualitas yang semakin baik. Selain itu, kondisi A1 dan A4 memiliki nilai kadar asam galakturonat yang memenuhi standar IPPA yaitu lebih dari 35% berdasarkan data dari Tabel 5. Kondisi A1 dan A4 juga memiliki nilai derajat esterifikasi yang tinggi yaitu berturut-turut 15,70% dan 13,97% seperti pada Tabel 6. Besarnya derajat esterifikasi akan mempengaruhi kecepatan pektin dalam membentuk gel dan berpengaruh terhadap karakteristik gel yang dihasilkan. Pektin tersebut berasal dari kondisi ekstraksi dengan variasi konsentrasi 0,5 N pada suhu 60°C selama 30 menit (A1) dan 0,5 N pada suhu 70°C selama 60 menit (A4). Pada pektin hasil ekstraksi dari kondisi 0,5 N pada suhu 60°C selama 30 menit menghasilkan polimer yang lebih kaku dan kurang elastis dibandingkan pektin hasil ekstraksi 0,5 N pada suhu 70°C selama 60 menit seperti yang terlihat pada Gambar 5. Pada pektin hasil ekstraksi dari kondisi 0,5 N pada suhu 60°C selama 30 menit (A1) yang ditunjukkan oleh Gambar 1 memiliki ketebalan yang lebih besar dibanding pektin hasil ekstraksi 0,5 N pada suhu 70°C selama 60 menit (A4) pada Gambar 2. Kedua polimer berwarna kecoklatan, transparan, dan memiliki nilai permeabilitas uap air yang cukup tinggi karena setelah dikeluarkan dari oven polimer yang dihasilkan tidak lembap atau dapat dikatakan tidak menyerap air. Hasil polimer yang didapatkan ditunjukkan dalam **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1. Hasil Polimer Plastik *Biodegradable* dengan Variasi 0,5 N pada suhu 60°C selama 30 menit.



Gambar 2. Hasil Polimer Plastik *Biodegradable* dengan Variasi 0,5 N pada suhu 70°C selama 60 menit.

Dalam penelitian ini uji sifat mekanik sebagai parameter kuantitatif untuk menilai kualitas polimer plastik *biodegradable* belum dilakukan. Penilaian uji sifat mekanik hanya berdasarkan hal yang tampak dan kemudian diamati secara subjektif [6].

SIMPULAN

Variasi kondisi ekstraksi yaitu konsentrasi, suhu, dan waktu ekstraksi akan berpengaruh terhadap karakteristik mutu pektin yang dihasilkan. Rendemen tertinggi diperoleh dari variasi konsentrasi 1 N, suhu 60°C, waktu 60 menit sebesar 15,67% sedangkan nilai berat ekivalen tidak memenuhi standar IPPA. Pektin hasil ekstraksi kulit buah naga merah adalah pektin yang bermetoksil tinggi dan bermetoksil rendah. Kadar asam galakturonat pektin hasil ekstraksi memenuhi standar IPPA. Pektin yang dihasilkan merupakan pektin ester rendah (DE<50%).

Pada pektin hasil ekstraksi dari kondisi 0,5 N pada suhu 60°C selama 30 menit menghasilkan polimer yang lebih kaku, kurang elastis, dan memiliki ketebalan yang lebih besar dibandingkan pektin hasil ekstraksi 0,5 N pada suhu 70°C selama 60 menit. Kedua polimer berwarna kecoklatan, transparan, dan memiliki nilai permeabilitas uap air yang cukup tinggi karena setelah dikeluarkan dari oven polimer yang dihasilkan tidak lembap atau dapat dikatakan tidak menyerap air .

REFERENSI

- [1] K.L. Law, "Plastics in the marine environment," *Annual Review of Marine Science*, vol. 9, no. 1, pp. 205–229, 2017.
- [2] G.A. Elizalde-Velázquez and L.M. Gómez-Oliván, "Microplastics in aquatic environments: A review on occurrence, distribution, toxic effects, and implications for human health," *Science of the Total Environment*, vol. 780, pp. 5–23, 2021.
- [3] T.P. Haider, C. Völker, J. Kramm, K. Landfester, and F.R. Wurm, "Plastics of the future? the impact of biodegradable polymers on the environment and on society," *Angewandte Chemie-International Edition*, vol. 58, no. 1, pp. 50–62, 2019.
- [4] M. Sandarani, "A review: different extraction techniques of pectin," *Journal of Pharmacognosy & Natural Products*, vol. 03, no. 03, pp. 1–5, 2017.
- [5] N.S.M. Ismail, N. Ramli, N.M. Hani, and Z. Meon, "Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction

- conditions,” *Sains Malaysiana*, vol. 41, no. 1, pp. 41–45, 2012.
- [6] P.H.F. Pereira *et al.*, “Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid,” *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 88, pp. 373–379, 2016.
- [7] S.Q. Liew, N.L. Chin, and Y.A. Yusof, “Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels,” *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 2, pp. 231–236, 2014.
- [8] Megawati and U. AY., “Ekstraksi pektin kulit buah naga (dragon fruit) dan aplikasinya sebagai edible film,” *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 16–23, 2014.
- [9] M. Hindun Pulungan and V. Suryo Qushayyi, “Pembuatan plastik biodegradable pati sagu (kajian penambahan kitosan dan gelatin),” *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*, no. September, p. A-61-A-67, 2015.
- [10] Y. Rosalina, L. Susanti, and N.B. Karo, “Kajian Ekstraksi Pektin Dari Limbah Jeruk Rimau Gerga Lebong (Jeruk Rgl) Dan Jeruk Kalamansi,” *Agrointek*, vol. 11, no. 2, pp. 68–74, 2017.
- [11] F. Hanum, I.M. . Kaban, and M.A. Tarigan, “Ekstraksi pektin dari kulit buah pisang raja (*Musa sapientum*),” *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 1, no. 2, pp. 21–26, 2012.
- [12] R. Nazaruddin, A.A. Noor Baiti, S.C. Foo, Y.N. Tan, and M.K. Ayob, “Comparative chemical characteristics of hydrochloric acid- and ammonium oxalate-extracted pectin from roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces,” *International Food Research Journal*, vol. 20, no. 1, pp. 281–284, 2013.
- [13] X. Ma *et al.*, “Synergistic Effect and Mechanisms of Combining Ultrasound and Pectinase on Pectin Hydrolysis,” *Food and Bioprocess Technology*, vol. 9, no. 7, pp. 1249–1257, 2016.
- [14] Nazaruddin Ramli, “Effect of ammonium oxalate and acetic acid at several extraction time and pH on some physicochemical properties of pectin from cocoa husks (*Theobroma cacao*),” *African Journal of Food Science*, vol. 5, no. 5, pp. 790–798, 2011.
- [15] N.K.Y. Kesuma, I.W.R. Widarta, and I.D.G. M. Permana, “Pengaruh Jenis Asam Dan pH Pelarut Terhadap Karakteristik Pektin Dari Kulit Lemon (*Citrus limon*),” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, vol. 7, no. 4, pp. 192–203, 2018.
- [16] D. Gawkowska, J. Cybulska, and A. Zdunek, “Structure-related gelling of pectins and linking with other natural compounds: A review,” *Polymers*, vol. 10, no. 7, 2018.
- [17] B. Gullón, B. Gómez, M. Martínez-Sabajanes, R. Yáñez, J. C. Parajó, and J. L. Alonso, “Pectic oligosaccharides: Manufacture and functional properties,” *Trends in Food Science & Technology*, vol. 30, no. 2, pp. 153–161, 2013.
- [18] H.S. Jeong, H.Y. Kim, S.H. Ahn, S.C. Oh, I. Yang, and I.G. Choi, “Optimization of enzymatic hydrolysis conditions for extraction of pectin from rapeseed cake (*Brassica napus* L.) using commercial enzymes,” *Food Chemistry*, vol. 157, pp. 332–338, 2014.
- [19] A. Tuhuloula, L. Budiarti, and E. N. Fitriana, “Karakterisasi Pektin Dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi,” *Konversi*, vol. 2, no. 1, pp. 21–27, 2013.
- [20] L. . Adetunji, A. Adenkule, V. Orsat, and V. Raghavan, “Advance in Pectin Production Process Using Novel Extraction Techniques: A Review,” *Food Hydrocolloids*, vol. 62, pp. 239–250, 2017.
- [21] B. Wilde and S. Deconinck, “Benefits and Challenges of Bio- and Oxo-Degradable Plastics, A Comparative Literature Study,” *Final Report*, 2013.