

PENGARUH DAYA GELOMBANG MIKRO DAN RASIO BAHAN-PELARUT PADA RENDEMEN DAN SIFAT FISIKOKIMIA PEKTIN DARI KULIT BUAH KAKAO

W. Angga Pranayasa, G. P. Ganda Putra*, Lutfi Suhendra

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, pos: 80361; Telp/Fax: (0361) 701801.

ABSTRACT: Cocoa pod (*Theobroma cacao* L.) are composed of 75% cocoa husk which is discarded as waste during the processing of cocoa beans. Utilization of cocoa husk has been studied, including as a source of pectin. Conventional pectin extraction tends to take a long time, so it is necessary to develop a new method. Microwave-assisted extraction (MAE) is used because it is more efficient. In this study, the effect of microwave power and cocoa husk-solvent ratio on the yield and characteristics of pectin was investigated. This research also determines the best combination to produce pectin from cocoa pod husk. Extraction was carried out for 6 minutes with 0.1 N hydrochloric acid (HCl) at microwave power (600 and 800 W) and cocoa husk-solvent ratio (1:20, 1:30 and 1:40 w/v). The results showed that both factors affected the characteristics of the pectin except water content. The optimum conditions for extracting pectin from cocoa pod husk were at 800 W microwave power and 1:30 (w/v) cocoa husk-solvent ratio. Pectin produced was 2.63 g per 100 g of dried cocoa husk and was grouped into low methoxyl and high ester pectin. The characteristics of pectin such as moisture content, ash content, equivalent weight, methoxyl content, galacturonic acid content and degree of esterification is $15.57\pm 1.23\%$, $2.43\pm 0.12\%$, 765.3 ± 17.08 mg, $4.83\pm 0.18\%$, $50.4\pm 0.54\%$ and $54.4\pm 1.51\%$, respectively.

KATA KUNCI: pektin, kulit buah kakao, gelombang mikro, rasio kulit dengan pelarut

PENDAHULUAN

Pektin merupakan senyawa heteropolisakarida kompleks yang mampu mengikat air sehingga dapat bersifat sebagai bahan pengental dan agen pembentuk gel (Bagherian *et al.*, 2011). Pektin banyak dimanfaatkan dalam industri pangan sebagai bahan tambahan pada produk selai, gula-gula serta susu. Pektin secara alami terdapat pada seluruh dinding primer tanaman khususnya di lamela tengah antara sel jaringan tumbuhan (Sundarraj and Ranganathan, 2017). Akan tetapi, persentase pektin sangat bervariasi tergantung sumbernya sehingga penelitian pada berbagai bahan baku terus dilakukan.

Produksi biji kakao di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 720,66 ribu ton dengan nilai ekspor mencapai US\$ 1,24 miliar (BPS, 2021). Buah kakao terdiri atas 75% kulit buah sehingga hasil samping yang dihasilkan selama proses pengolahan sangatlah tinggi (Suparjo *et al.*, 2011). Kulit buah kakao dapat dimanfaatkan menjadi berbagai produk diantaranya pektin (Kemenperin, 2007). Penelitian Erika (2013) dan Erwinda (2020) melaporkan kandungan pektin yang terdapat pada kulit buah kakao matang masing-masing sebesar 12,5% dan 21,1%. Hasil observasi tersebut menjadikan kulit buah kakao menjadi sumber potensial untuk memproduksi pektin.

*Korespondensi penulis
Email: gandaputra@unud.ac.id

Pektin pada umumnya di ekstraksi dalam larutan asam pada suhu $\pm 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama lebih dari 30 menit. Ekstraksi pada suhu tinggi dengan durasi yang lama dapat menurunkan rendemen dan kualitas pektin akibat terjadinya degradasi pektin (Chan and Choo, 2013; Erika, 2013; Garna *et al.*, 2004; Edahwati *et al.*, 2013; Susilowati *et al.*, 2013; Zhongdong *et al.*, 2006). Kondisi tersebut mendorong para peneliti untuk menemukan metode baru agar dapat meningkatkan rendemen serta kualitas pektin secara efisien.

Berbagai metode telah dipelajari untuk memperoleh pektin secara efektif dan efisien. Ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro atau *Microwave Assisted Extraction* (MAE) telah dilakukan pada beberapa penelitian dan disimpulkan dapat meningkatkan rendemen dan kualitas pektin (Bagherian *et al.*, 2011; Koh *et al.*, 2014; Yeoh *et al.*, 2008). Lebih lanjut, ekstraksi dengan gelombang mikro dapat meningkatkan suhu secara cepat sehingga mampu mengurangi durasi ekstraksi secara signifikan (Fishman *et al.*, 1999).

Ekstraksi pektin dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya suhu dan rasio bahan dengan pelarut (Prasetyowati *et al.*, 2009). Daya gelombang mikro akan membatasi besaran suhu yang dihasilkan selama proses pemaparan (Veggi *et al.*, 2012). Beberapa penelitian menunjukkan ekstraksi pada daya tinggi sekitar 720 – 900 W mampu menghasilkan rendemen, kadar asam galakturonat dan derajat esterifikasi yang lebih tinggi (Bagherian *et al.*, 2011; Koh *et al.*, 2014; Mohtashamy and Ashtiani, 2010). Disamping itu, rasio bahan dengan pelarut turut mempengaruhi rendemen dan karakteristik pektin. Penelitian Kulkarni dan Vijayanand (2010) menyimpulkan terjadinya peningkatan rendemen pektin seiring dengan meningkatnya volume pelarut dari 1:10 menjadi 1:30 (b/v). Sebaliknya, Chan dan Choo (2013) melaporkan adanya penurunan rendemen pektin jika volume pelarut ditingkatkan dari 1:10 menjadi 1:25 (b/v).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, daya gelombang mikro dan rasio bahan dengan pelarut sangat mempengaruhi rendemen dan karakteristik pektin. Akan tetapi, belum ada kajian lebih lanjut terkait ekstraksi pektin dari kulit buah kakao menggunakan metode gelombang mikro. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari daya gelombang mikro dan rasio bahan dengan pelarut pada rendemen dan karakteristik fisikokimia pektin serta memperoleh kombinasi perlakuan terbaik untuk menghasilkan pektin dari kulit buah kakao.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Kulit buah kakao matang (*ripe pod*) jenis lindak (*forastero*) yang telah kering diperoleh dari PT. Cau Cokelat Internasional (*Cau Chocolates Bali*) di Jl. Raya Marga-Apuan, Dusun Cau, Desa Tua Petiga, Kecamatan Marga, Kabupaten Tabanan. Bahan kimia yang digunakan adalah asam klorida (HCl) PA 37% *Merck*, HCl 0,25 N, NaOH 0,1 dan 0,25 N, etanol 96%, aquadest, NaCl dan indikator *phenolphthalein* (pp).

Peralatan yang digunakan antara lain *microwave* (Samsung, Model GE83M), *magnetic stirrer* (Thermo Scientific), *muffle furnace* (Barnstead/Thermolyne, type 47900), oven (Labo, Model DO255), desikator, grinder, ayakan 40 mesh, timbangan analitik, buret, baskom, pisau, cawan krus, cawan aluminium, *glassware*, kertas saring Whatman no. 1 dan pipet tetes.

Pelaksanaan Penelitian

Kulit buah kakao terlebih dahulu dijemur dibawah sinar matahari selama ± 8 jam. Hal tersebut bertujuan untuk menyeragamkan kadar air bahan. Kadar air kulit buah kakao yang digunakan pada penelitian ini sebesar 8,2%. Kulit kering selanjutnya dihancurkan menggunakan *grinder* dan di ayak menggunakan ayakan 40 mesh (Erika, 2013).

Bubuk kulit buah kakao kering ditimbang sebanyak 20 g dan dilarutkan kedalam larutan HCl 0,1 N (Attri and Maini, 1996; Kalapathy and Proctor, 2001; Rahmi dan Satibi, 2014) pada rasio sesuai perlakuan yaitu 1:20, 1:30 dan 1:40 (b/v). Larutan tersebut kemudian di ekstraksi selama 6 menit (Bagherian *et al.*, 2011; Mohtashamy and Ashtiani, 2010) pada level daya sesuai perlakuan yaitu 600 dan 800 W. Larutan hasil

ekstraksi selanjutnya disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan ampas kulit buah kakao dari filtrat.

Proses pengendapan pektin dilakukan dengan menambahkan etanol 96% yang telah diasamkan (1 L etanol diasamkan dengan 2 ml HCl pekat) kedalam filtrat hasil ekstraksi. Rasio perbandingan filtrat terhadap etanol 96% sebanyak 1:2 (v/v) (Erwinda, 2020). Larutan tersebut diaduk beberapa saat dan diendapkan selama 24 jam pada suhu kamar. Endapan yang terbentuk kemudian dipisahkan menggunakan kain saring. Endapan yang diperoleh dicuci menggunakan etanol 96% sebanyak 2 kali 100 mL untuk menghilangkan residu klorida (Erwinda, 2020). Endapan dimurnikan lebih lanjut menggunakan etanol 96% 50 mL untuk menetralkan pektin (Kesuma *et al.*, 2018). Pektin basah selanjutnya dikeringkan pada suhu 40°C selama 6 jam. Pektin kering kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan disimpan pada wadah tertutup pada suhu ruang.

Variabel yang Diamati

Penentuan variabel pengamatan mengikuti standar mutu *International Pectin Producers Association* (IPPA) (Damanik dan Pandia, 2019). Berdasarkan standar tersebut terdapat 7 variabel yang dianalisis meliputi rendemen, kadar air (Diniyah *et al.*, 2014), kadar abu (Erwinda, 2020), berat ekuivalen (BE), kadar metoksil, kadar asam galakturonat (AGA) dan derajat esterifikasi (DE) (Devianti *et al.*, 2019). Penentuan perlakuan terbaik dilakukan dengan menggunakan uji indeks efektivitas (De Garmo *et al.*, 1979; Ganda-Putra *et al.*, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Pektin

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan rasio bahan dengan pelarut berpengaruh nyata ($p < 0,05$), sedangkan daya gelombang mikro dan interaksinya tidak berpengaruh ($p > 0,05$) terhadap rendemen pektin. Nilai rata-rata rendemen pektin kulit buah kakao pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata - rata rendemen (%) pektin kulit buah kakao

Rasio bahan-pelarut (b/v)	Daya gelombang mikro (watt)		Rata-rata
	600	800	
1:20	3,08 ± 0,159	3,29 ± 0,360	3,19 ± 0,105 ^b
1:30	2,94 ± 0,032	2,63 ± 0,115	2,79 ± 0,155 ^a
1:40	2,78 ± 0,277	2,38 ± 0,365	2,58 ± 0,197 ^a
Rata-rata	2,93 ± 0,124 ^a	2,77 ± 0,383 ^a	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$).

Tabel 1 menunjukkan adanya penurunan persentase rendemen pektin setiap rasio bahan-pelarut ditingkatkan. Nilai rata-rata rendemen tertinggi diperoleh pada rasio bahan-pelarut 1:20 (b/v) sebesar 3,19%. Peningkatan rasio bahan-pelarut menjadi 1:30 menurunkan rata-rata rendemen menjadi 2,79% dan tidak berbeda nyata dengan rasio bahan-pelarut 1:40 (2,58%). Fenomena tersebut menunjukkan bahwa rasio bahan-pelarut 1:20 (b/v) sudah cukup untuk menghidrolisis protopektin pada bahan secara maksimal. Ketika semua pektin pada bahan telah terlarut, peningkatan volume yang lebih tinggi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap rendemen pektin. Kulkarni dan Vijayanand (2010) melaporkan adanya penurunan rendemen pektin apabila rasio bahan-pelarut ditingkatkan dari 1:30 menjadi 1:40 (b/v). Sementara itu, Chan dan Choo (2013) melaporkan hal yang serupa apabila rasio bahan-pelarut ditingkatkan dari 1:10 menjadi 1:25 (b/v).

Peningkatan daya gelombang mikro dari 600 menjadi 800 W menurunkan rata-rata rendemen pektin sebesar 5,4%. Rata-rata rendemen yang diperoleh pada daya 600 W sebesar 2,93%, tidak berbeda nyata dengan daya 800 W sebesar 2,77% (Tabel 1). Walau demikian, peningkatan daya gelombang mikro dari 600 menjadi 800 W pada rasio bahan-pelarut 1:20 (b/v) mampu meningkatkan rendemen pektin dari 3,08% menjadi 3,29% atau meningkat sebanyak 6,8%. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan suhu seiring meningkatnya daya yang digunakan. Suhu yang lebih tinggi akan merusak dinding sel tanaman sehingga mempercepat proses difusi pelarut. Disamping itu, reaksi hidrolisis protopektin berjalan lebih cepat pada suhu tinggi sehingga meningkatkan rendemen pektin yang dihasilkan. Namun, peningkatan daya dari 600 menjadi 800 W pada rasio bahan-pelarut 1:30 (b/v) menurunkan rendemen pektin dari 2,94% menjadi 2,63%. Suhu yang terlanjur tinggi akan mendorong terjadinya reaksi deesterifikasi asam pektinat menjadi asam pektat yang tidak larut dalam air. Disamping itu, rasio bahan-pelarut yang lebih tinggi akan meningkatkan interaksi bahan dengan zat pelarut. Kondisi tersebut memungkinkan terjadinya degradasi pektin menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga rendemen pektin akan menurun (Garna *et al.*, 2004; Zhongdong *et al.*, 2006).

Kadar Air

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan daya gelombang mikro, rasio bahan dengan pelarut serta interaksinya tidak berpengaruh ($p>0,05$) terhadap kadar air pektin. Nilai rata-rata kadar air pektin pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata – rata kadar air (%) pektin kulit buah kakao

Rasio bahan-pelarut (b/v)	Daya gelombang mikro (watt)		Rata-rata
	600	800	
1:20	13,94 ± 0,714	16,48 ± 2,933	15,21 ± 1,271 ^a
1:30	13,92 ± 0,958	15,57 ± 1,232	14,74 ± 0,823 ^a
1:40	15,39 ± 5,013	13,68 ± 2,115	14,54 ± 0,857 ^a
Rata-rata	14,42 ± 0,690 ^a	15,24 ± 1,167 ^a	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p<0,05$).

International Pectin Producers Association (IPPA) menyatakan bahwa kadar air pektin maksimal sebesar 12% sehingga seluruh perlakuan belum memenuhi standar yang ditetapkan (Damanik dan Pandia, 2019). Hal tersebut mungkin disebabkan oleh proses pengeringan dan penyimpanan yang tidak tepat. Menurut Utami (2014), kadar air yang tinggi disebabkan oleh derajat pengeringan yang tidak maksimal. Winarno (1997) mengungkapkan sebagian air dalam suatu bahan sukar dihilangkan karena terikat pada molekul lain melalui ikatan hidrogen yang berenergi besar. Molekul air tunggal atau kelompok air dapat terikat pada permukaan pektin melalui ikatan hidrogen atau gugus -OH molekul pektin dengan atom H dari molekul air. Oleh sebab itu, semakin banyak polimer asam galakturonat maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terbentuk (Prasetyowati *et al.*, 2009). Pektin basah yang diperoleh setelah pencucian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 40 °C selama 6 jam. Suhu rendah dipilih untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada pektin. Oleh sebab itu, kadar air yang masih tinggi mungkin disebabkan oleh durasi pengeringan sehingga kandungan air pada pektin tidak menguap secara maksimal. Selain itu, penyimpanan pektin pada tempat lembab dan tidak kedap dapat meningkatkan kadar air pektin.

Kadar Abu

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan daya gelombang mikro, rasio bahan dengan pelarut serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p<0,01$) terhadap kadar abu pektin. Nilai rata-rata kadar abu pektin pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Kadar abu pektin pada penelitian ini masih berkisar dibawah 10% sehingga sudah sesuai dengan standar mutu IPPA (Damanik dan Pandia, 2019). Berdasarkan Tabel 3, kadar abu tertinggi diperoleh pada kombinasi daya 600 W dengan rasio bahan-pelarut 1:20 (b/v) sebesar 4,81% serta tidak berbeda nyata dengan kombinasi 800 W dan 1:20 (4,61%). Sementara itu, kadar abu terendah diperoleh pada kombinasi 800 W dengan 1:40 (b/v) sebesar 2,34% serta tidak berbeda nyata dengan kombinasi 800 W dan 1:30 (2,43%). Semakin tinggi daya gelombang mikro dan rasio bahan-pelarut, cenderung terjadi penurunan kadar abu pektin. Kecenderungan tersebut berbeda dengan penelitian Hanum *et al.* (2012) serta Nurdjanah dan Usmiati (2006). Mereka melaporkan adanya peningkatan kadar abu seiring dengan meningkatnya suhu dan rasio bahan-pelarut. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya laju reaksi hidrolisis protopektin. Protopektin pada dinding sel tanaman tersusun dalam formasi kalsium-magnesium-pektat. Semakin tinggi suhu dan rasio bahan-pelarut maka kecepatan hidrogen untuk mensubstitusi ion kalsium dan magnesium akan semakin cepat sehingga lebih banyak mineral yang dapat terlarut.

Penurunan kadar abu pada penelitian ini mungkin disebabkan oleh kekuatan gel pektin. Semakin tinggi suhu dan rasio bahan-pelarut maka jumlah asam pektat pada pektin akan semakin meningkat. Jumlah asam pektat yang semakin banyak akan menurunkan kemampuan pektin dalam membentuk gel selama proses pengendapan (Perina *et al.*, 2017). Kondisi tersebut menyebabkan mineral yang larut dalam pelarut akan ikut tersaring sehingga menurunkan kadar abu pektin.

Tabel 3. Nilai rata - rata kadar abu (%) pektin kulit buah kakao

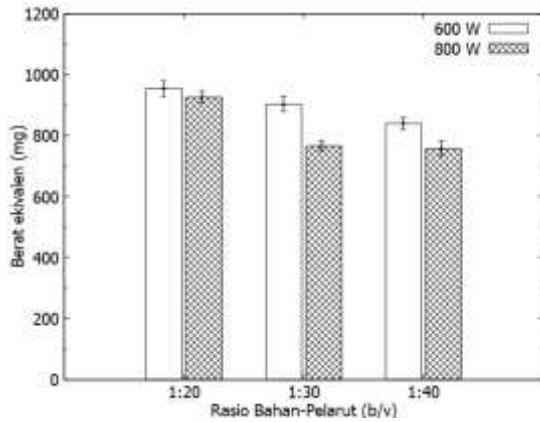
Rasio bahan-pelarut (b/v)	Daya gelombang mikro (watt)	
	600 W	800 W
1:20	4,81 ± 0,146 ^c	4,61 ± 0,108 ^c
1:30	3,75 ± 0,110 ^b	2,43 ± 0,125 ^a
1:40	3,58 ± 0,146 ^b	2,34 ± 0,088 ^a

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$).

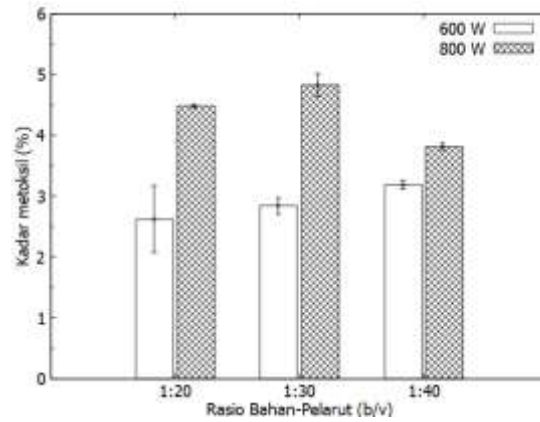
Berat Ekuivalen

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan daya gelombang mikro, rasio bahan dengan pelarut serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap berat ekuivalen pektin. Berat ekuivalen (BE) merupakan ukuran terhadap kandungan gugus asam galakturonat bebas yang tidak teresterifikasi (asam pektat) dalam rantai molekul pektin (Hanum *et al.*, 2012). Gambar 1 menunjukkan berat ekuivalen tertinggi diperoleh pada kombinasi daya 600 W dengan rasio bahan-pelarut 1:20 (b/v) sebesar 953,16%. Nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan kombinasi 600 W dan 1:30 (903,47 mg) serta 800 W dan 1:20 (925,40 mg). Sementara itu, berat ekuivalen terendah diperoleh pada kombinasi 800 W dengan 1:40 (b/v) sebesar 757,11 mg dan tidak berbeda nyata dengan kombinasi 800 W dan 1:30 (765,28 mg). Menurut standar IPPA, pektin harus memiliki berat ekuivalen di antara 600 – 800 mg sehingga ekstraksi pada daya 800 W dengan rasio 1:30 dan 1:40 (b/v) masih memenuhi standar yang ditetapkan (Damanik dan Pandia, 2019).

Peningkatan daya gelombang mikro dan rasio bahan-pelarut cenderung menurunkan berat ekuivalen pektin (Gambar 1). Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya kandungan asam galakturonat bebas (asam pektat). Peningkatan rasio bahan-pelarut akan menggeser kesetimbangan ke arah gugus metoksil sehingga mendorong terjadinya reaksi deesterifikasi gugus metoksil dari asam pektinat menjadi asam pektat (Dwipa *et al.*, 2017; Nurdjanah dan Usmiati, 2006). Selain itu, suhu yang semakin tinggi akan mempercepat gerakan partikel sehingga reaksi deesterifikasi akan semakin cepat. Meningkatnya kandungan asam pektat akan menurunkan berat ekuivalen pektin. Kulkarni dan Vijayanand (2010) melaporkan hal yang serupa dimana berat ekuivalen menurun 5,4% jika rasio bahan-pelarut ditingkatkan dari 1:10 menjadi 1:40 (b/v).



Gambar 1. Pengaruh daya gelombang mikro dan rasio bahan-pelarut pada berat ekuivalen pektin.

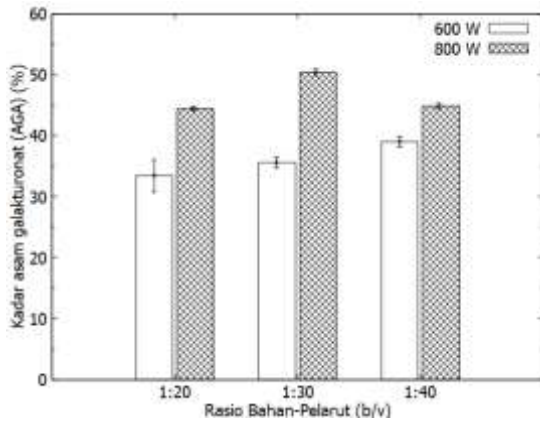


Gambar 2. Pengaruh daya gelombang mikro dan rasio bahan-pelarut pada kadar metoksil pektin.

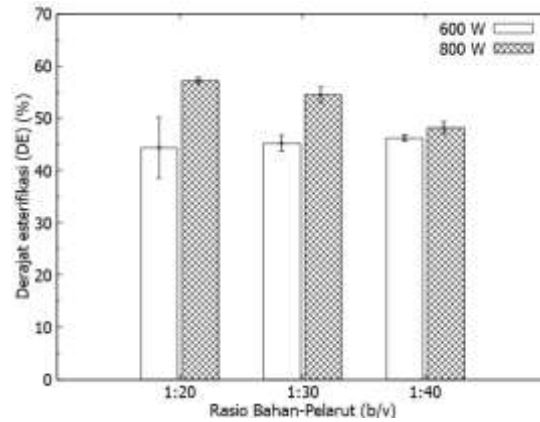
Kadar Metoksil

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan daya gelombang mikro dan interaksinya berpengaruh nyata ($p < 0,01$), sedangkan rasio bahan dengan pelarut tidak berpengaruh ($p > 0,05$) pada kadar metoksil pektin. Kadar metoksil pektin pada penelitian ini berkisar dibawah 7,12% sehingga tergolong kedalam pektin bermetoksil rendah (Damanik dan Pandia, 2019). Gambar 2 menunjukkan kadar metoksil tertinggi diperoleh pada kombinasi daya 800 W dengan rasio bahan-pelarut 1:30 (b/v) sebesar 4,83%. Sementara itu, kadar metoksil terendah diperoleh pada kombinasi 600 W dengan 1:20 (b/v) sebesar 2,62% dan tidak berbeda nyata dengan 600 W dan 1:30 (2,84%) serta 1:40 (3,18%). Data yang diperoleh menunjukkan adanya peningkatan kadar metoksil seiring dengan meningkatnya daya gelombang mikro (Gambar 2). Semakin tinggi suhu maka reaksi esterifikasi asam karboksilat oleh metil ester (CH_3) akan semakin cepat (Dwipa *et al.*, 2017). Meningkatnya asam karboksilat yang teresterifikasi atau gugus metoksil akan meningkatkan kadar metoksil pektin. Hanum *et al.* (2012) serta Nurdjanah dan Usmiati (2006) melaporkan hal yang serupa dimana peningkatan suhu akan meningkatkan kadar metoksil pektin.

Perlakuan rasio bahan dengan pelarut tidak berpengaruh nyata pada kadar metoksil pektin. Reaksi esterifikasi adalah reaksi penggantian gugus -OH dari asam karboksilat (asam galakturonat) oleh gugus alkoksi dari alkohol (Dwipa *et al.*, 2017). Peningkatan rasio bahan-pelarut tidak memberikan pengaruh nyata karena yang berperan pada proses pembentukan ester adalah alkohol. Oleh karena itu, rata-rata ester yang terbentuk tidak berbeda ketika rasio bahan-pelarut ditingkatkan. Ekstraksi pada daya gelombang mikro 800 W dan rasio bahan-pelarut 1:30 (b/v) menghasilkan kadar metoksil tertinggi. Namun, peningkatan rasio bahan-pelarut menjadi 1:40 (b/v) akan menurunkan kadar metoksil pektin menjadi 3,81%. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh reaksi lanjut (deesterifikasi) asam pektinat menjadi asam pektat. Semakin tinggi rasio bahan-pelarut akan menggeser kesetimbangan ke arah gugus metoksil sehingga mendorong terjadinya reaksi deesterifikasi. Sementara itu, suhu yang semakin tinggi akan mempercepat reaksi pembebasan gugus metil ester sehingga menurunkan kadar metoksil pektin. Penelitian Chan dan Choo (2013) melaporkan hal yang sama dimana terjadi penurunan kadar metoksil sebesar 32,6% jika rasio bahan-pelarut ditingkatkan dari 1:10 menjadi 1:25 (b/v).



Gambar 3. Pengaruh daya gelombang mikro dan rasio bahan-pelarut pada asam galakturonat pektin



Gambar 4. Pengaruh daya gelombang mikro dan rasio bahan-pelarut pada derajat esterifikasi pektin

Kadar Asam Galakturonat

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan daya gelombang mikro, rasio bahan dengan pelarut serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap asam galakturonat pektin. Asam galakturonat (AGA) merupakan komponen dasar penyusun pektin, sehingga semakin tinggi kadar AGA maka semakin baik kualitas pektin yang dihasilkan. Menurut standar mutu IPPA, pektin harus memiliki kadar AGA diatas 35% sehingga mayoritas perlakuan masih memenuhi standar (Damanik dan Pandia, 2019). Gambar 3 menunjukkan kadar AGA tertinggi diperoleh pada kombinasi daya 800 W dengan rasio bahan-pelarut 1:30 (b/v) sebesar 50,41%. Sementara itu, kadar AGA terendah diperoleh pada kombinasi daya 600 W dengan 1:20 (b/v) sebesar 33,37% serta tidak berbeda nyata dengan kombinasi 600 W dan 1:30 (35,59%).

Semakin tinggi suhu dan rasio bahan-pelarut, kandungan asam galakturonat akan semakin tinggi (Gambar 3). Asam galakturonat merupakan komponen dasar asam pektinat dan asam pektat sehingga berat ekivalen dan kadar metoksil pektin akan saling berkaitan. Semakin rendah berat ekivalen maka semakin tinggi kandungan asam pektat. Sebaliknya, semakin tinggi kadar metoksil maka semakin tinggi kandungan gugus metoksil pektin. Peningkatan daya gelombang mikro dan rasio bahan-pelarut akan menurunkan berat ekivalen dan meningkatkan kadar metoksil sehingga kadar asam galakturonat pektin akan meningkat. Fenomena tersebut juga dilaporkan pada beberapa penelitian sebelumnya (Bagherian *et al.*, 2011; Mohtashamy and Ashtiani, 2010). Lebih lanjut, kadar asam galakturonat pektin mengalami penurunan pada kombinasi perlakuan 800 W dan 1:40 (b/v). Hal tersebut diduga karena terjadinya degradasi pektin. Semakin tinggi suhu dan rasio bahan-pelarut akan meningkatkan interaksi antara pelarut dan bahan sehingga pada durasi tertentu rantai pektin akan terdegradasi menjadi komponen yang lebih sederhana (Garna *et al.*, 2004; Zhongdong *et al.*, 2006). Fenomena ini juga dilaporkan pada penelitian Koh *et al.* (2014) dimana kadar asam galakturonat menurun seiring dengan meningkatnya daya gelombang mikro dari 600 menjadi 800 W.

Derajat Esterifikasi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan daya gelombang mikro dan interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan rasio bahan dengan pelarut tidak berpengaruh ($p > 0,05$) pada derajat esterifikasi pektin. Derajat esterifikasi (DE) merupakan persentase residu asam galakturonat yang gugus karboksilnya teresterifikasi terhadap residu asam galakturonat total. Menurut standar mutu IPPA, pektin dengan DE $< 50\%$ termasuk kedalam pektin ester rendah sedangkan DE $> 50\%$ termasuk pektin ester tinggi (Damanik dan Pandia, 2019). Pada penelitian ini, derajat esterifikasi pektin yang dihasilkan berkisar antara 44,33 – 57,19%. Berdasarkan Gambar 4, derajat esterifikasi pektin tertinggi diperoleh pada kombinasi daya 800 W dengan rasio bahan-pelarut 1:20 (b/v) sebesar 57,19%. Sementara itu, DE pektin terendah

diperoleh pada kombinasi daya 600 W dengan rasio bahan-pelarut 1:20 (b/v) sebesar 44,33% dan tidak berbeda nyata dengan rasio 1:30 (45,23%) dan 1:40 (46,22%). Fenomena tersebut menunjukkan bahwa derajat esterifikasi pektin meningkat seiring dengan meningkatnya daya gelombang mikro.

Suhu yang lebih tinggi akan mempercepat reaksi esterifikasi gugus karboksilat dari asam galakturonat dengan metil ester membentuk gugus metoksil. Meningkatnya gugus metoksil akan meningkatkan derajat esterifikasi pektin. Namun, peningkatan rasio bahan-pelarut pada daya 800 W cenderung menurunkan derajat esterifikasi pektin. Peningkatan rasio bahan-pelarut dari 1:20 menjadi 1:40 (b/v) menurunkan DE pektin menjadi 48,17% atau menurun sebesar 15,7% (Gambar 4). Penurunan tersebut mungkin disebabkan oleh meningkatnya jumlah asam galakturonat bebas (asam pektat). Peningkatan daya dan rasio bahan-pelarut akan meningkatkan reaksi deesterifikasi gugus metil ester sehingga kandungan asam galakturonat bebas semakin meningkat. Derajat esterifikasi pektin sangat berkaitan dengan kadar metoksil dan AGA pektin. Jika gugus metoksil menurun sedangkan kadar asam galakturonat total meningkat maka akan terjadi penurunan derajat esterifikasi (Nurdjanah dan Usmiati, 2006). Fenomena tersebut juga dilaporkan pada penelitian Mohtashamy dan Ashtiani (2010) dimana terjadi penurunan derajat esterifikasi pektin sebesar 5,3% jika daya gelombang mikro ditingkatkan dari 450 menjadi 720 W (5 menit pemaparan).

Indeks Efektivitas

Uji indeks efektivitas dilakukan untuk menentukan kombinasi perlakuan terbaik dalam menghasilkan pektin dari kulit buah kakao. Parameter yang dipertimbangkan meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, berat ekuivalen dan kadar asam galakturonat. Kadar metoksil dan derajat esterifikasi tidak disertakan karena lebih mengarah pada pengelompokan pektin.

Berdasarkan hasil penilaian ahli, kadar asam galakturonat merupakan variabel terpenting diikuti oleh rendemen, kadar air, berat ekuivalen dan kadar abu. Kadar asam galakturonat merupakan komponen dasar penyusun pektin. Semakin tinggi kadar asam galakturonat maka kemurnian dan kekuatan gel pektin akan semakin tinggi (Koh *et al.*, 2014). Hasil uji menunjukkan perlakuan daya gelombang mikro 800 W dan rasio bahan dengan pelarut 1:30 (b/v) memiliki jumlah IE tertinggi sehingga menjadi kombinasi perlakuan yang disarankan untuk menghasilkan pektin kulit buah kakao terbaik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Perlakuan daya gelombang mikro dan interaksinya terhadap rasio bahan-pelarut berpengaruh pada kadar abu, berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat dan derajat esterifikasi pektin. Perlakuan rasio bahan dengan pelarut berpengaruh pada kadar air, kadar metoksil dan derajat esterifikasi pektin. Dalam penelitian ini hanya kadar air yang tidak dipengaruhi oleh kedua faktor.

Perlakuan terbaik untuk menghasilkan pektin dari kulit buah kakao yaitu dengan daya gelombang mikro 800 W dan rasio bahan dengan pelarut 1:30 (b/v). Karakteristik pektin kulit buah kakao yang dihasilkan yaitu rendemen, kadar air, kadar abu, berat ekuivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat dan derajat esterifikasi berturut-turut sebesar $2,63 \pm 0,11\%$, $15,57 \pm 1,23\%$, $2,43 \pm 0,12\%$, $765,28 \pm 17,08$ mg, $4,83 \pm 0,18\%$ (pektin bermetoksil rendah), $50,41 \pm 0,54\%$ dan $54,35 \pm 1,51\%$ (pektin ester tinggi).

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, untuk menghasilkan pektin dari kulit buah kakao disarankan menggunakan daya gelombang mikro 800 W dengan rasio bahan-pelarut 1:30 (b/v).

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh rasio bahan dengan pelarut dibawah 1:20 (b/v). Hal tersebut dilatarbelakangi oleh kecenderungan terjadinya penurunan rendemen ekstraksi bila rasio bahan-pelarut ditingkatkan hingga 1:40.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian terhadap aplikasi pektin kulit buah kakao pada produk pangan maupun non pangan sehingga dapat meningkatkan nilai tambah produk.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Universitas Udayana yang telah mendanai penelitian ini melalui skim *Penelitian Grup Riset Udayana* Tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Attri, B. L., and Maini, S. B. 1996. Pectin from galgal (*Citrus pseudolimon* Tan.) peel. *Bioresource Technology*. 55(1): 89-91.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Statistik Kakao Indonesia 2020*. Badan Pusat Statistik Indonesia, Jakarta.
- Bagherian, H., Ashtiani, F. Z., Fouladitajar, A., and Mohtashamy, M. 2011. Comparisons between conventional, microwave- and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 50(11-12): 1237-1243.
- Chan, S. Y., and Choo, W. S. 2013. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food Chemistry*. 141(4): 3752-3758.
- Damanik, D. A., dan Pandia, S. 2019. Ekstraksi pektin dari limbah kulit jeruk (*Citrus sinensis*) dengan metode ekstraksi gelombang ultrasonic menggunakan pelarut asam klorida (HCl). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 8(2): 85-89.
- Devianti, V. A., Chrisnandari, R. D., dan Darmawan, R. 2019. Pengaruh metode ekstraksi terhadap mutu pektin dari kulit pisang raja angka. *Jurnal Kimia Riset*. 4(2): 170-179.
- Diniyah, N., Windrati, W. S., Maryanto, M., Purnomo, B. H., dan Wardani, W. 2014. Karakterisasi tempe koro pedang (*Canavalia ensiformis* L.) yang dibuat dengan variasi persentase ragi dan jenis pengemas. *Journal of Agro based Industry*. 31(1): 1-10.
- Dwipa, I. B. M. A., Nurlita, F., dan Tika, I. N. 2017. Optimasi proses esterifikasi asam salisilat dengan n-oktanol. *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*. 8(1): 1-11.
- Edahwati, L., Susilowati dan Harsini, T. 2013. Produksi pektin dari kulit buah coklat (*Theobroma Cacao* L.). *Jurnal Teknologi Pangan*. 5(2): 121-124.
- Erika, C. 2013. Ekstraksi pektin dari kulit kakao (*Theobroma cacao* L.) menggunakan amonium oksalat. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 5(2): 1-6.
- Erwinda, R. 2020. Optimasi Proses Ekstraksi Pektin Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Dengan Iradiasi Gelombang Mikro. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Fishman, M. L., Chau, H. K., Hoagland, P., and Ayyad, K. 1999. Characterization of pectin, flash-extracted from orange albedo by microwave heating, under pressure. *Carbohydrate Research*. 323(1-4): 126-138.
- Ganda-Putra, G. P., Wartini, N. M., dan Ina, P. T. 2015. Pengaruh suhu dan waktu distilasi cairan pulpa hasil samping fermentasi biji kakao terhadap karakteristik distilat cuka fermentasi. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*. 2(2): 55-64.
- Garna, H., Mabon, M., Wathélet, B., and Paquot, M. 2004. New method for a two-step hydrolysis and chromatographic analysis of pectin neutral sugar chains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(15): 4652-4659.
- Hanum, F., Tarigan, M. A., dan Kaban, I. M. D. 2012. Ekstraksi pektin dari kulit buah pisang kepok (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(1): 49-53.
- Kalopathy, U., and Proctor, A. 2001. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. *Food Chemistry*. 73(4): 393-396.
- Kementerian Perindustrian. 2021. *Kinerja Industri Pengolahan Kakao Kian Manis*. <https://kemenperin.go.id/artikel/22965/Kinerja-Industri-Pengolahan-Kakao-Kian-Manis>. Diakses tanggal 31-1-2022.
- Kesuma, N. K. Y., Widiarta, I. W. R. dan Permana, I. D. G. M. 2018. Pengaruh jenis asam dan pH pelarut terhadap karakteristik pektin dari kulit lemon (*Citrus limon*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 7(4): 192-203.
- Kulkarni, S. G., and Vijayanand, P. 2010. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa* L.). *LWT-Food Science and Technology*. 43(7): 1026-1031.
- Koh, P. C., Leong, C. M., and Noranizan, M. A. 2014. Microwave-assisted extraction of pectin from jackfruit rinds using different power levels. *International Food Research Journal*. 21(5): 2091-2097.
- Nurdjanah, N., dan Usmiati, S. 2006. Ekstraksi dan karakterisasi pektin dari kulit labu kuning. *Jurnal Pascapanen*. 3(1): 13-23.
- Mohtashami, M., and Ashtiani, F. Z. 2010. The effect of microwave heating on the yield and quality of soy hull pectin. In *Proceedings of 2010 International Conference on Biotechnology and Food Science*. (-): 1-6.

- Perina, I., Satiruiani, Soetaredjo, F. E., dan Hindarso, H. 2017. Ekstraksi pekti dari berbagai macam kulit jeruk. *Widya Teknik*. 6(1): 1-10.
- Prasetyowati, Permata, K., dan Pesantri, H. 2009. Ekstraksi pektin dari kulit mangga. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(6): 42-49.
- Rahmi, S. C. A., dan Satibi, L. 2014. Pengaruh waktu ekstraksi kulit buah pisang kepok dengan pelarut HCl 0,1 N pada pembuatan pektin. *Jurnal Konversi*. 3(2): 47-53.
- Sekretariat Jenderal Kementerian Perindustrian. 2007. Gambaran sekilas industry kakao. <https://www.kemmenperin.go.id/download/290/Paket-Informasi-Komoditi-Kakao> (diakses tanggal, 10 April 2021).
- Sundarraaj, A. A., and Ranganathan, T. V. 2017. A review-pectin from agro and industrial waste. *International Journal of Applied Environmental Sciences*. 12(10): 1777-1801.
- Suparjo, S., Wiryawan, K. G., Laconi, E. B., dan Mangunwidjaja, D. 2011. Performa kambing yang diberi kulit buah kakao terfermentasi. *Media Peternakan*. 34(1): 35-35.
- Susilowati, S. 2013. Ekstraksi pektin dari kulit buah coklat dengan pelarut asam sitrat. *Eksergi*. 11(1): 27-30.
- Utami, R. 2014. Ekstraksi Pektin dari Kulit Kakao dengan Pelarut Ammonium Oksalat. Skripsi. Tidak Dipublikasi. Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Veggi, P. C., Martinez, J., and Meireles, M. A. A. 2012. Fundamentals of microwave extraction. In *Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds*. (-): 15-52.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Reka Cipta, Jakarta.
- Yeoh, S., Shi, J. T. A. G., and Langrish, T. A. G. 2008. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination*. 218(1-3): 229-237.
- Zhongdong, L., Guohua, W., Yunchang, G., and Kennedy, J. F. 2006. Image study of pectin extraction from orange skin assisted by microwave. *Carbohydrate Polymers*. 64(4): 548-552.