

**PENGARUH GELOMBANG ULTRASONIK TERHADAP KADAR  
METOKSIL, GALAKTURONAT, DAN DERAJAT ESTERIFIKASI  
RENDEMEN PEKTIN KULIT JERUK MANIS (*Citrus sinensis*)**

**SKRIPSI**

Oleh :

**FAKHRIYAH**  
**NIM. 16640026**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**PENGARUH GELOMBANG ULTRASONIK TERHADAP KADAR  
METOKSIL, GALAKTURONAT, DAN DERAJAT ESTERIFIKASI  
RENDEMEN PEKTIN KULIT JERUK MANIS (*Citrus sinensis*)**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**FAKHRIYAH  
NIM. 16640026**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

## HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH GELOMBANG ULTRASONIK TERHADAP KADAR  
METOKSIL, GALAKTURONAT DAN DERAJAT ESTERIFIKASI  
RENDEMEN PEKTIN KULIT JERUK MANIS (*Citrus sinensis*)

SKRIPSI

Oleh:  
Fakhriyah  
NIM. 16640026

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Pada tanggal, 11 November 2020

Pembimbing I,



Dr. H. M. Tirono, M.Si  
NIP. 19641211 199111 1 001

Pembimbing II,



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003





## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH GELOMBANG ULTRASONIK TERHADAP KADAR  
METOKSIL, GALAKTURONAT DAN DERAJAT ESTERIFIKASI  
RENDEMEN PEKTIN KULIT JERUK MANIS (*Citrus sinensis*)

### SKRIPSI

Oleh:  
Fakhriyah  
NIM. 16640026

Telah Dipertahankan di Depan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)  
Tanggal: 10 Desember 2020

Ketua Penguji	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP.19740513 200312 1 001	
Penguji Utama	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP.19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fakhriyah  
NIM : 16640026  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Metoksil, Galakturonat, dan Derajat Esterifikasi Rendemen Pektin Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*).

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 10 Desember 2020  
Yang Membuat Pernyataan,

  
Fakhriyah  
NIM. 16640026

Dipindai dengan CamScanner

## MOTTO

Percayalah bahwa Allah tidak akan pernah ingkar janji,  
sesuai dengan firman-Nya:

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Sesungguhnya setiap kesulitan itu disertai dengan kemudahan

“Tak perlu berusaha untuk sempurna,  
cukup berusaha untuk berguna”



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukron Lillah (Terimakasih kepada Allah SWT) atas segala nikmat yang tak pernah ada habisnya, baik berupa kesehatan, kemampuan, kekuatan, kesabaran, dan semuanya.

Rasulullah SAW yang telah menjadi suri tauladan seluruh ummat. Semoga kita semua mendapatkan syafaatnya di akhirat kelak.

Untuk kedua orang tua saya, Bapak Suna'am dan Ibu Idayani, yang selalu memberikan do'a, dukungan dan kasih sayang di setiap waktu.

Untuk adik saya, Anshory yang tak pernah bosan memberikan semangat dan do'a.

Kepada bapak dosen penguji saya, Bapak Dr. H. M. Tirono, M.Si dan Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si yang senantiasa membimbing, menyalurkan ilmu serta memberikan arahan hingga skripsi ini selesai.

Kepada dosen penguji saya, Bapak Farid Samsu Hananto, M.T dan Ibu Erna Hastuti, M.Si yang telah memberikan saran terbaik atas skripsi ini.

Teruntuk pakhde dan budhe, terimakasih atas segala kebaikan, kasih sayang dan dukungannya selama di asrama al-ikhshan.

Semua sahabat dan teman-teman Fisika angkatan 2016 (Physics Nabla), terutama Dedik dan Yuni sebagai partner penelitian skripsi ini, Hida dan Devi yang selalu membantu dan menyemangati, serta teman-teman fisika lain yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Sahabat terbaik saya, Narita Dewi Cahyani, Saadatud Daraini dan Kholilah, terimakasih selalu mendo'akan dan mensupport sampai akhir. Dan juga teman bobrok, Marisa Santi Dewi dan Nurul Hazwani, yang selalu memberikan semangat dan menghibur saat jenuh.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikumWr. Wb.*

*Alhamdulillahirobbilalamiin*, puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan hidayah, rahman dan rahim-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Serta untaian sholawat dan salam penulis panjatkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun kita dari zaman jahiliyah menuju zaman islamiyah.

Dengan ini penulis menyadari dapat menyelesaikan skripsi atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada :

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. M. Tirono, M.Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan.
5. Keluarga tercinta khususnya bapak dan ibu yang selalu menyayangi, mendukung dan mendo'akan sepenuh hati.
6. Semua sahabat dan teman-teman Fisika angkatan 2016 yang selalu memberikan semangat dan menghibur ketika jenuh saat menyusun skripsi ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.



Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan kemampuan. Oleh karena itu, kritikan dan masukan yang membangun penulis harapkan untuk perbaikan dalam penulisan kedepannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya dalam bidang biofisika.

Malang, 27 November 2020

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Gelombang Ultrasonik .....	6
2.1.1 Hubungan Energi Dengan Intensitas Gelombang Ultrasonik .....	7
2.1.2 Hubungan Intensitas Gelombang Ultrasonik Dengan Amplitudo dan Frekuensi .....	8
2.1.3 Hubungan Jarak Dengan Intensitas Gelombang Ultrasonik .....	10
2.1.4 Efek Intensitas Kavitasasi Ultrasonik pada Pektin Kulit Jeruk ( <i>Citrus sinensis</i> ) .....	11
2.1.5 Gelombang Bunyi dalam Cairan .....	13
2.2 Kulit Jeruk ( <i>Citrus sinensis</i> ) .....	14
2.3 Pektin .....	16
2.3.1 Pengertian dan Struktur Pektin .....	16
2.3.2 Jenis Pektin .....	19
2.3.3 Kegunaan Pektin .....	20
2.3.4 Ekstraksi Pektin .....	21
2.4 Karakteristik Pektin .....	22
2.4.1 Kadar Air .....	24
2.4.2 Kadar Abu .....	24
2.4.3 Berat Ekuivalen .....	24
2.4.4 Kadar Metoksil .....	25
2.4.5 Kadar Galakturonat .....	26
2.5 Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) .....	26
2.6 Etanol ( $C_2H_5OH$ ) .....	27

<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1	Jenis dan Subjek Penelitian .....28
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....28
3.3	Alat dan Bahan Penelitian .....28
3.3.1	Alat .....28
3.3.2	Bahan .....29
3.4	Diagram Alir .....30
3.5	Langkah-langkah Penelitian .....33
3.5.1	Pembuatan Pektin .....33
3.5.2	Karakteristik Pektin Hasil Ekstraksi .....34
3.6	Pengambilan Data .....36
3.6.1	Data Hasil Ekstraksi Pektin Terhadap Kadar Metoksil .....36
3.6.2	Data Hasil Ekstraksi Pektin Terhadap Kadar Galakturonat .....37
3.6.3	Data Hasil Ekstraksi Pektin Terhadap Derajat Esterifikasi .....37
3.7	Analisis Data .....38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Hasil Penelitian .....39
4.1.1	Data Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Metoksil, Galakturonat dan Derajat Esterifikasi .....41
4.1.2	Analisis Data Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Metoksil Rendemen Pektin .....43
4.1.3	Analisis Data Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Galakturonat Rendemen Pektin .....46
4.1.4	Analisis Data Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Derajat Esterifikasi Rendemen Pektin .....49
4.2	Pembahasan .....52
4.2.1	Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Metoksil, Galakturonat dan Derajat Esterifikasi Rendemen Pektin Kulit Jeruk Manis ( <i>Citrus sinensis</i> ) ..... 52
4.2.2	Standardisasi Optimum Mutu Pektin .....54
4.3	Kajian Keislaman Terkait Hasil Penelitian .....55
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1	Kesimpulan .....58
5.2	Saran .....59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anatomi Buah Jeruk .....	15
Gambar 2.2 Molekul Pektin dengan Kadar Metoksil Tinggi .....	19
Gambar 2.3 Molekul Pektin dengan Kadar Metoksil Rendah.....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Ekstraksi Pektin .....	30
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengukuran Kadar Metoksil .....	31
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengukuran Kadar Galakturonat.....	32
Gambar 4.1 Kadar Metoksil Variasi Taraf Intensitas .....	43
Gambar 4.2 Kadar Metoksil Variasi Waktu Perlakuan .....	45
Gambar 4.3 Kadar Galakturonat Variasi Taraf Intensitas .....	47
Gambar 4.4 Kadar Galakturonat Variasi Waktu Perlakuan .....	48
Gambar 4.5 Derajat Esterifikasi Variasi Taraf Intensitas .....	49
Gambar 4.6 Derajat Esterifikasi Variasi Waktu Perlakuan.....	50



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Mutu Pektin .....	23
Tabel 2.2 Karakteristik Kandungan Metoksil .....	25
Tabel 3.1 Data Hasil Pengukuran Kadar Metoksil dengan Variasi Taraf Intensitas .....	36
Tabel 3.2 Data Hasil Pengukuran Kadar Metoksil dengan Variasi Waktu Perlakuan .....	36
Tabel 3.3 Data Hasil Pengukuran Kadar Galakturonat dengan Variasi Taraf Intensitas .....	37
Tabel 3.4 Data Hasil Pengukuran Kadar Galakturonat dengan Variasi Waktu Perlakuan.....	37
Tabel 3.5 Data Hasil Pengukuran Derajat Esterifikasi dengan Variasi Taraf Intensitas .....	37
Tabel 3.6 Data Hasil Pengukuran Derajat Esterifikasi dengan Variasi Waktu Perlakuan.....	38
Tabel 4.1 Data Hasil Karakteristik Pektin Variasi Taraf Intensitas dengan Waktu Perlakuan 30 menit .....	41
Tabel 4.2 Data Hasil Karakteristik Pektin Variasi WaktuPerlakuan dengan Taraf Intensitas 94 dB .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Gambar Penelitian
- Lampiran 2 Perhitungan
- Lampiran 3 Uji Statistik Karakteristik Pektin
- Lampiran 4 Bukti Konsultasi Skripsi



## ABSTRAK

Fakhriyah. 2020. **Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Metoksil, Galakturonat, dan Derajat Esterifikasi Rendemen Pektin Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*)**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. M. Tirono, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

---

**Kata Kunci:** Gelombang ultrasonik, kulit jeruk, pektin.

Nilai ekonomi yang dimiliki pektin cukup tinggi, namun sampai saat ini pengolahan produksi pektin di Indonesia belum terpenuhi. Kebutuhan pektin di Indonesia semakin berkembang dengan bertambahnya industri-industri makanan. Pektin adalah substansi alami yang terkandung dalam tanaman. Pektin dapat membentuk gel sehingga dalam bidang industri dimanfaatkan sebagai pengental produk sari buah, selai dan jelly. Selain itu, pektin dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan yaitu untuk menurunkan kolesterol. Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi pektin dengan bahan baku kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dan gelombang ultrasonik digunakan untuk mempercepat proses ekstraksi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh gelombang ultrasonik terhadap kadar metoksil, galakturonat dan derajat esterifikasi padarendemen pektin yang dihasilkan. Gelombang ultrasonik yang digunakan memiliki frekuensi 40 kHz dengan taraf intensitas yang dapat divariasikan dan variasi waktu perlakuan. Adapun variasi taraf intensitas yaitu 86 dB, 88 dB, 90 dB, 92 dB, dan 94 dB dengan waktu konstan 30 menit dan variasi waktu perlakuan 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, dan 30 menit dengan taraf intensitas optimum yaitu 94 dB. Karakteristik pektin yang dihasilkan yaitu: kadar metoksil berkisar 7,13%-10,97%, kadar galakturonat 45,51%-66,17% dan derajat esterifikasi 88,94%-94,12%. Taraf intensitas 94 dB dengan waktu konstan 30 menit menghasilkan karakteristik pektin dengan kadar terbanyak yang memenuhi standar IPPA (*International Pectin Producers Association*). Sedangkan karakteristik pektin berdasarkan variasi waktu perlakuan menghasilkan pektin dengan kadar yang cukup rendah karena nilai kadar metoksil, kadar galakturonat dan derajat esterifikasi yang diperoleh tidak memenuhi standar IPPA.

## ABSTRACT

Fakhriyah. 2020. **The Effect of Ultrasonic Waves on Methoxyl, Galacturonic Levels, and the Degree of Esterification of the Rendement of Sweet Orange Peels (*Citrus sinensis*)**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Dr. H. M. Tirono, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

---

**Keywords:** Ultrasonic waves, orange peel, pectin.

The economic value of pectin is quite high, but until now the processing of pectin production in Indonesia has not been fulfilled. The need for pectin in Indonesia is growing with the increase in food industries. Pectin is a natural substance found in plants. Pectin can form a gel so that in the industrial sector it is used as a thickener for fruit juice, jam and jelly products. In addition, pectin can be used in the health sector, namely to lower cholesterol. In this study, pectin extraction was carried out with the raw material of sweet orange peel (*Citrus sinensis*) and ultrasonic waves were used to accelerate the extraction process. The purpose of this study was to determine the effect of ultrasonic waves on levels of methoxyl, galacturonic and the degree of esterification in the resulting pectin yield. The ultrasonic wave used has a frequency of 40 kHz with varying levels of intensity and variation of treatment time. The variations in intensity levels are 86 dB, 88 dB, 90 dB, 92 dB, and 94 dB with a constant time of 30 minutes and variations in treatment time of 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes, 25 minutes, and 30 minutes with the optimum intensity level of 94 dB. The characteristics of the pectin produced were: methoxyl levels ranged from 7,13%-10,97%, galacturonic levels 45,51%-66,17% and the degree of esterification 88,94%-94,12%. The intensity level of 94 dB with a constant time of 30 minutes resulted in the characteristics of the highest levels of pectin that met IPPA (*International Pectin Producers Association*) standards. While the characteristics of pectin based on variations in treatment time produced pectin with a low enough level because the values of methoxyl content, galacturonic levels and degree of esterification obtained not meet IPPA standards.



## المخلص

فخرية. 2020. تأثير الموجات فوق الصوتية على مستويات الميثوكسيل ، و كلاكتورانات ، ودرجة أسترة التقديم لقشر البرتقال الحلو (سيتروس سيننسيس). مقال. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا، مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية جامعة مالانج. المستشار: (I) الدكتور تيرونو الماجستر (II)الدكتور عبد الباسيد الماجستر

الكلمات المفتاحية: الموجات فوق الصوتية ، قشر البرتقال ، البكتين.

تعتبر القيمة الاقتصادية للبكتين عالية جدًا ، ولكن حتى الآن لم يتم تحقيق إنتاج البكتين في إندونيسيا. تتزايد الحاجة إلى البكتين في إندونيسيا مع زيادة الصناعات الغذائية. البكتين مادة طبيعية توجد في النباتات. يمكن أن يشكل البكتين مادة هلامية بحيث يتم استخدامه في المجال الصناعي كمكثف لعصير الفاكهة والمربى ومنتجات الحيلي. بالإضافة إلى ذلك ، يمكن استخدام البكتين في القطاع الصحي ، أي لخفض الكوليسترول. في هذه الدراسة ، تم إجراء استخراج البكتين باستخدام المادة الخام لقشر البرتقال الحلو (سيتروس سيننسيس) واستخدمت الموجات فوق الصوتية لتسريع عملية الاستخلاص. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير الموجات فوق الصوتية على مستويات الميثوكسيل والجالاكتورونيك ودرجة الأسترة في محصول البكتين الناتج. الموجات فوق الصوتية المستخدمة لها تردد 40 كيلو هرتز مع مستويات متفاوتة من الشدة والاختلاف في وقت العلاج. الاختلافات في مستويات الشدة هي 86 ديسيبل و 88 ديسيبل و 90 ديسيبل و 92 ديسيبل و 94 ديسيبل مع وقت ثابت قدره 30 دقيقة والاختلافات في وقت المعالجة 10 دقائق و 15 دقيقة و 20 دقيقة و 25 دقيقة و 30 دقيقة بمستوى شدة مثالي 94. ديسيبل. كانت خصائص البكتين المنتج: مستويات الميثوكسيل تراوحت بين 7.13٪ -10.97٪ ، مستويات الجالاكتورونيك 45.51٪ -66.17٪ ودرجة الأسترة 88.94٪ -94.12٪. أدى مستوى الشدة البالغ 94 ديسيبل مع وقت ثابت مدته 30 دقيقة إلى خصائص أعلى مستويات البكتين التي تفي بمعايير IPPA (الرابطة الدولية لمنتجي البكتين). في حين أن خصائص البكتين على أساس الاختلافات في وقت العلاج تنتج البكتين بمستوى منخفض بما يكفي لأن قيم محتوى الميثوكسيل ومحتوى الجالاكتورونيك ودرجة الأسترة التي تم الحصول عليها لا تلبى معايير IPPA.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jeruk manis (*Citrus sinensis*) merupakan salah satu komoditas buah-buahan yang memiliki peranan penting di pasaran baik di dalam maupun luar negeri. Komponen yang terdapat pada tanaman jeruk terdiri atas 65% buah yang dapat dimakan, 30% kulit, 5% biji (N. Solika, M., dkk, 2017). Secara garis besar, industri memanfaatkan buah jeruk sebagai pengolahan jus, dengan kulit yang dikategorikan sebagai limbah (Fakayode dan Abobi, 2018).

Limbah kulit jeruk seringkali digunakan sebagai bahan baku pembuatan pektin. Dimana jumlah senyawa pektin yang terkandung dalam kulit jeruk sebesar 29,84% (V. Batori, 2017). Pektin mempunyai kemampuan membentuk gel sehingga industri komersial biasa digunakan sebagai pengental pada produk-produk sari buah, selai, dan jelly. Selain itu, pektin juga berperan dalam menurunkan kolesterol melalui mekanisme peningkatan kolesterol dan asam empedu yang kemudian mendorong dan mengeluarkannya dari saluran pencernaan (Wirakusumah, 2007).

Allah SWT menciptakan alam beserta isinya memiliki hikmah dan manfaat yang sangat besar, segala ciptaan-Nya tidak ada yang sia-sia. Manusia diberikan banyak kesempatan untuk mengambil manfaat dari semua hal yang telah diciptakan-Nya. Sebagaimana firman Allah dalam QS. An-Naba' (78) ayat 15-16:

لنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا (١٥) وَجَنَاتٍ أَلْفَافًا (١٦)

“Supaya Kami tumbuhkan dengan air itu biji-bijian dan tumbuh-tumbuhan, dan kebun-kebun yang lebat?” (An-Naba' (78): 15-16).

Dalam tafsir Ibnu Katsir (2004) Allah tumbuhkan biji-bijian untuk manusia dan hewan melalui air yang banyak, baik, bermanfaat serta mengandung berkah. Kemudian Allah tumbuhkan sayur-sayuran yang dapat dimakan secara mentah, dan juga kebun-kebun yang menghasilkan berbagai macam buah-buahan yang beraneka ragam rasa dan baunya. Tumbuhan merupakan salah satu sumber daya alam yang penting karena memiliki nilai khusus baik dari bidang industri pangan maupun farmasi. Tumbuhan merupakan tempat terjadinya sintesis senyawa organik yang dapat menghasilkan berbagai golongan senyawa dengan berbagai macam struktur. Termasuk senyawa pektin yang terkandung dalam tanaman buah jeruk tepatnya yang terdapat pada bagian kulit.

Pemisahan pektin dari jaringan tanaman dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Pektin dapat larut dalam beberapa macam pelarut seperti air, beberapa senyawa organik, senyawa alkalis dan asam. Ekstraksi pektin dengan menggunakan pelarut asam merupakan cara ekstraksi yang umum digunakan karena akan terjadi kerusakan pektin (Ristianingsih, et al., 2014).

Terdapat beberapa metode ekstraksi yang telah dikembangkan untuk meningkatkan hasil ekstraksi pektin secara efisien yang menghasilkan kualitas lebih baik, seperti ekstraksi pelarut dengan pengadukan dan pemanasan, ekstraksi enzimatik, ekstraksi refluks panas, ekstraksi gelombang mikro dan ekstraksi *ultrasound* (Grassino, et al., 2016). Sedangkan metode konvensional dan penggunaan suhu tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas pektin.

Metode pemanfaatan gelombang ultrasonik ialah metode yang menggunakan gelombang ultrasonik yakni gelombang akustik dengan frekuensi diatas 20 kHz (Suslick, 1988). Pada proses metode ini, gelombang ultrasonik yang terbentuk

dari kavitas mikro di sekeliling bahan menimbulkan pemanasan dan merusak dinding sel bahan. Hal ini menyebabkan terbebasnya senyawa pada bahan dan meningkatkan difusi ekstrak. Kemudian energi kinetik yang diikuti dengan terbentuknya gelembung kavitas dilewatkan ke seluruh bagian cairan sehingga dapat meningkatkan transfer masa antara permukaan padat dan cair (Susilo, B., dkk, 2016). Pemanfaatan ultrasonik ini dapat mempercepat proses ekstraksi pektin sehingga banyak digunakan dalam proses ekstraksi.

Hasil penelitian pemanfaatan ultrasonik yang dilakukan oleh Damanik D. A., (2012) menunjukkan bahwa ekstraksi pektin kulit jeruk (*Citrus sinensis*) dengan pelarut asam klorida (HCl) pada temperatur 60°C selama 60 menit menghasilkan karakteristik pektin terbaik dengan rendemen 20,12%, kadar air 8,0%, kadar abu 4,0%, dan kadar metoksil 7,44%.

Penggunaan ultrasonik pada ekstraksi kulit jeruk (*Citrus sinensis*) dengan pelarut asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) oleh Arimpi A dan Setiaty P (2019) menghasilkan rendemen terbanyak dengan karakteristik pektin terbaik yang telah memenuhi standar IPPA yaitu pada waktu pengendapan 18 jam dan konsentrasi etanol 95% dimana rendemen berkisar dari 16,44%-22,44% kadar air 4,0%-9,45%, kadar abu 2,34%-5,54%, berat ekivalen 510,20-865,07 mg, kadar metoksil 7,35%-10,79%, dan kadar galakturonat 63,71%-95,74%.

Kemudian Fitria, V (2013) memanfaatkan ultrasonik pada penelitiannya mengenai ekstraksi pektin dari limbah kulit pisang kepok (*Musa balbisiana* ABB) menghasilkan rendemen pektin tertinggi (5,02%-10,78%) yaitu pada pH 1,5 dan suhu 90°C. Kadar air berkisar antara 10,54%-11,96%, kadar abu 4,25%-8,05%,

kadar metoksil 1,01%-2,70%, kadar galakturonat 32,74%-78,60% dan derajat esterifikasi berkisar antara 17,13%-20,78%.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan mengenai ekstraksi menggunakan metode konvensional dan *ultrasound* menunjukkan bahwa ekstraksi pektin menghasilkan kualitas terbaik dengan menggunakan metode *ultrasound*. Akan tetapi beberapa penelitian yang sudah ada pada saat ini belum menjelaskan hasil pektin terbaik. Sehingga penelitian tentang pengaruh taraf intensitas dan lama waktu perlakuan gelombang ultrasonik terhadap ekstraksi pektin perlu dilakukan dengan harapan dapat memberikan hasil ekstraksi pektin dengan kualitas yang jauh lebih baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap kadar metoksil pada ekstraksi pektin kulit jeruk?
2. Bagaimana pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap kadar galakturonat pada ekstraksi pektin kulit jeruk?
3. Bagaimana pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap derajat esterifikasi pada ekstraksi pektin kulit jeruk?

## 1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap kadar metoksil pada ekstraksi pektin kulit jeruk.
2. Untuk mengetahui pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap kadar galakturonat pada ekstraksi pektin kulit jeruk.

3. Untuk mengetahui pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap derajat esterifikasi pada ekstraksi pektin kulit jeruk.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap karakteristik rendemen pektin jeruk (*Citrus sinensis*) yaitu kadar metoksil, kadar galakturonat dan derajat esterifikasi. Dimana pektin juga diketahui bahwasanya dapat dimanfaatkan dalam bidang industri seperti industri pangan dan industri farmasi.

#### 1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan kulit jeruk (*Citrus Sinensis*) sebagai bahan penelitian.
2. Ekstraksi yang dilakukan menggunakan ekstraksi gelombang ultrasonik.
3. Variasi perlakuan yang diberikan adalah variasi taraf intensitas gelombang ultrasonik 86, 88, 90, 92 dan 94 dB dengan waktu konstan yaitu 30 menit.
4. Variasi waktu perlakuan gelombang ultrasonik 10, 15, 20, 25 dan 30 menit dengan taraf intensitas terbaik.
5. Frekuensi gelombang ultrasonik 40 kHz.
6. Pelarut yang digunakan yaitu asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).

## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 Gelombang Ultrasonik**

Gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanik yang memiliki frekuensi lebih dari 20 kHz. Gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik yang berinteraksi dengan medium yang dilaluinya. Oleh karena itu gelombang tersebut dapat merambat dalam beberapa medium yaitu padat, cair dan gas. (Bueche, 1989).

Gelombang bunyi yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik didefinisikan sebagai gelombang ultrasonik atau gelombang akustik, sehingga gelombang tersebut dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini adalah getaran beberapa molekul zat yang saling beradu satu sama lain, akan tetapi zat tersebut tergabung sehingga menghasilkan gelombang yang dapat mentransmisikan energi dan tidak terjadi perpindahan partikel (Resnick & Halliday, 1978).

Adanya getaran partikel udara diakibatkan oleh gelombang ultrasonik yang melalui udara. Pada getaran tersebut, arah rambat secara longitudinal sejajar dengan arah amplitudo sehingga menyebabkan partikel udara membentuk rapatan dan regangan. Jarak antar rapatan atau antar regangan disebut panjang gelombang ( $\lambda$ ). Perubahan udara secara periodik selama gelombang ultrasonik melalui suatu medium menyebabkan terjadinya proses kontinyu sehingga mengalami rapatan dan regangan di dalam medium tersebut (Giancoli, 2001). Energi suara dalam ayat Al-Qur'an sebagaimana berikut:

### (73) فَأَخَذَتْهُمُ الصَّيْحَةُ مُشْرِقِينَ

Artinya: “Maka mereka dibinasakan oleh suara keras yang mengguntur, ketika matahari akan terbit” (Q.S. Al-Hijr [15]: 73).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa energi suara atau bunyi dapat digunakan untuk merusak sel atau jaringan yang tidak diinginkan, termasuk menggunakan ultrasonik. Gelombang ultrasonik ini tak jarang digunakan dalam bidang industri yang berfungsi sebagai pemeriksaan kualitas produksi. Sedangkan dalam bidang kedokteran, gelombang ultrasonik dengan frekuensi yang tinggi memiliki dayatembus jaringan yang cukup kuat, sehingga seringkali dimanfaatkan sebagai alat untuk mendiagnosis penyakit, penghancuran/destruktif, dan pengobatan (Cameron & Skofronick, 1978).

Beberapa mekanisme yang dapat digunakan dalam ekstraksi ultrasonik telah diidentifikasi. Salah satunya yaitu fragmentasi yang dikaitkan dengan tumbukan antara partikel dan gelombang ultrasonik, yang menyebabkan pengurangan ukuran partikel sehingga memudahkan perpindahan massa (Torres, et. al., 2017).

#### 2.1.1 Hubungan Energi Dengan Intensitas Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik yang merambat dalam suatu medium menyebabkan partikel medium mengalami perpindahan energi (Giancoli, 1998). Sehingga besarnya energi gelombang ultrasonik yang dimiliki partikel medium adalah :

$$E = E_p + E_k \quad (2.1)$$

Dengan :  $E_p$  = energi potensial (Joule)

$E_k$  = energi kinetik (Joule)



Jika energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik telah diketahui, maka kita dapat menghitung intensitas gelombang ultrasonik. Intensitas gelombang ultrasonik ( $I$ ) merupakan energi yang melalui luas permukaan medium  $m^2/s$  atau  $watt/m^2$  (Cameron and Skofronick, 1978):

$$I = \frac{1}{2} \rho V A^2 (2 \pi f)^2 = \frac{1}{2} Z (A \omega)^2 \quad (2.2)$$

Dengan :

$\rho$  = massa jenis medium/jaringan ( $kg/m^3$ )

$f$  = frekuensi (Hz)

$v$  = kecepatan gelombang ultrasonik ( $m/s^2$ )

$V$  = volume ( $m^3$ )

$A$  = amplitudo maksimum (m)

$Z = r v$  = impedansi Akustik ( $kg/m^2s$ )

$\omega = 2\pi f$  = frekuensi sudut (rad/s)

### 2.1.2 Hubungan Intensitas Gelombang Ultrasonik Dengan Amplitudo dan Frekuensi

Gelombang ultrasonik merambat dengan energi dari satu medium ke medium lainnya, sedangkan energi yang dipindahkan merupakan energi getaran dari satu partikel ke partikel yang lain pada medium tersebut. Besarnya energi yang dibawa partikel tersebut adalah (Giancoli, 1998):

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \quad (2.3)$$

Dengan :

$k$  = konstanta =  $4 \pi^2 m / T^2 = 4 \pi^2 m f^2$

$T$  = periode (s)

$A$  = amplitudo gerak (m)

$m$  = massa partikel pada medium (kg)

Kemudian (Giancoli, 1998):

$$E = 2 \pi^2 m f^2 A^2 \quad (2.4)$$

Jika :

$m = \rho V = \rho S l = \rho S v t$  = massa (kg)

$V$  = volume = luas .tebal =  $S l$  ( $m^3$ )

$S$  = luas permukaan penampang lintang yang dilalui gelombang ( $m^2$ )

$l = v t$  = jarak yang ditempuh gelombang dalam waktu (m)

$v$  = laju gelombang (m/s)

$t$  = waktu (s)

maka (Giancoli, 1998):

$$E = 2 \rho \pi^2 S v t f^2 A^2 \quad (2.5)$$

Dari persamaan 2.5 diketahui bahwa energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik berbanding lurus dengan kuadrat amplitudo. Sehingga besarnya daya yang dibawa oleh gelombang ultrasonik ( $P$ ) adalah (Giancoli, 1998):

$$P = \frac{E}{t} = 2 \pi^2 \rho S v f^2 A^2 \quad (2.6)$$

Kemudian diketahui bahwa intensitas gelombang ultrasonik merupakan daya yang melalui luas permukaan dan tegak lurus terhadap aliran energi maka (Giancoli, 1998):

$$I = \frac{P}{S} = 2 \pi^2 \rho v f^2 A^2 \quad (2.7)$$

Persamaan 2.7 menyatakan bahwa secara eksplisit hubungan intensitas gelombang ultrasonik sama dengan kuadrat amplitudo ( $A$ ) dan dengan kuadrat frekuensi ( $f$ ).

### 2.1.3 Hubungan Jarak Dengan Intensitas Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik yang bersumber dari transduser memancar dan mengalir ke seluruh arah yaitu dalam arah tiga dimensi. Gelombang ultrasonik merambat keluar, energi yang dibawa tersebar ke permukaan yang makin lama makin luas. Luas permukaan tersebut merupakan luasan permukaan bola dengan radius  $r$  adalah  $4\pi r^2$  karena merambat ke arah tiga dimensi. Sehingga intensitas gelombang dapat dirumuskan :

$$I = \frac{P}{A} \quad (2.8)$$

Dimana:

$P$  = daya (Watt)

$A$  = luas ( $m^2$ )

$$P = \frac{E}{t} = 2\pi^2 \rho S v t f^2 A^2 \quad (2.9)$$

Sehingga dapat disimpulkan menjadi :

$$I = \frac{2\pi^2 \rho S v t f^2 A^2}{4\pi r^2} \quad (2.10)$$

Jika  $P$  merupakan sumber konstan, maka intensitas gelombang berkurang dan berkebalikan dengan kuadrat jarak dari sumber, sehingga jika jarak transduser ke sumber semakin jauh maka intensitas berkurang (Giancoli, 1998).

Tekanan suara dan intensitas biasanya digambarkan dengan skala logaritmik yang dikenal sebagai tingkat bunyi. Skala logaritmik ini digunakan dikarenakan adanya rentang tekanan yang sangat lebar serta intensitas bunyi

yang berada di daerah akustik. Skala logaritmik yang sering digunakan untuk menggambarkan tingkat bunyi adalah desibel (dB). Sedangkan rentang intensitas yang terdengar berkisar antara  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> sampai dengan 10 W/m<sup>2</sup>. Sehingga tingkat intensitas bunyi (TI) dapat didefinisikan sebagai berikut (Giancoli, 1998):

$$TI = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (2.11)$$

Dimana:

TI = Taraf intensitas (dB)

I = Intensitas bunyi (W/m<sup>2</sup>)

I<sub>0</sub> = Intensitas ambang pendengaran manusia ( $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>)

#### 2.1.4 Efek Intensitas Kavitasasi Ultrasonik pada Pektin Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*)

Kavitasasi ultrasonik adalah suatu efek akibat radiasi gelombang ultrasonik di dalam cairan. Bila suatu cairan diiradiasi dengan gelombang ultrasonik maka tekanan di dalam cairan akan bertambah pada saat ultrasonik menyalurkan amplitudo positif dan tereksansi pada saat terjadi amplitudo negatif (Trisnobudi, 2001).

Efek kavitasasi terjadi dikarenakan adanya gelombang yang merambat ke dalam suatu jaringan atau zat cair. Efek kavitasasi juga disebabkan oleh adanya tekanan lokal pada gelombang ultrasonik yang cukup menurun sehingga memiliki nilai yang rendah. Oleh dari itu besar tekanan gelombang ultrasonik dituliskan dalam persamaan berikut :

$$p = P - P_0 \quad (2.12)$$

Dengan :

$p$  = tekanan gelombang ultrasonik ( $N/m^2$ )

$P$  = tekanan lokal/total sesaat ( $N/m^2$ )

$P_0$  = tekanan total rata-rata/keseimbangan ( $N/m^2$ )

Suatu rambatan intensitas gelombang ultrasonik membawa energi pada luas permukaan per satuan waktu (Giancoli, 1998). Apabila energi gelombang ultrasonik tersebut melewati suatu jaringan, maka energi gelombang tersebut akan melepaskan energi kalor sehingga akan terjadi pemanasan yang mengakibatkan suhu jaringan meningkat dan dapat menyebabkan terjadinya efek kavitasi. Kemudian variasi tekanan gelombang ultrasonik serta kecepatan partikel terhadap energi yang diberikan menjadi tolak ukur besarnya pemanasan itu sendiri (Ackerman, dkk, 1988).

Terkait bahasan sebelumnya maka perlu diketahui hubungan perubahan antara intensitas dan tekanan gelombang ultrasonik yang berpengaruh terhadap efek kavitasi pada jaringan dinyatakan :

$$I = p^2/2Pv \quad (2.13)$$

Gelombang ultrasonik memanfaatkan efek kavitasi dalam proses ekstraksi sehingga bisa mempercepat proses ekstraksi. Ultrasonik kavitasi menghasilkan pemotongan cukup tajam yang dapat menembus gumpalan partikel dan menjadikannya partikel tunggal yang tersebar. Paparan gelombang ultrasonik dapat menghancurkan bahan berserat, struktur dinding sel dan selulosa dapat menjadi partikel halus (Adhiksana, 2017).

Prinsip gelombang ultrasonik yaitu terbentuk dari pembangkit ultrasonik menjadi kavitasi mikro pada sekeliling bahan yang akan diekstraksi sehingga

terjadi pemanasan pada bahan tersebut dan dapat menyebabkan senyawa ekstrak terlepas. Selain itu, terdapat efek lain yang dihasilkan yaitu penghancuran dinding sel yang menyebabkan terbebasnya kandungan senyawa yang ada di dalamnya, kemudian pemanasan pada cairan serta meningkatkan difusi ekstrak. Energi kinetik dilewatkan ke seluruh bagian cairan, lalu gelembung kavitas terbentuk pada dinding atau permukaan sehingga meningkatkan transfer massa antara permukaan padat-cair. Efek mekanik yang ditimbulkan untuk meningkatkan penetrasi dari cairan menuju dinding membran sel, memiliki pengaruh pada pelepasan komponen sel dan meningkatkan transfer massa (Liu, 2010).

Ketika cairan menjadi padat dan membenteng, gelembung kavitas dapat berlaku dalam dua cara. Pertama, disebut kavitas stabil apabila gelembung terbentuk pada intensitas cukup rendah ( $1-3 \text{ W/cm}^2$ ) beresilasi menjadi beberapa ukuran yang seimbang untuk siklus akustik. Kedua, disebut kavitas sementara, gelembung dibentuk menggunakan intensitas ultrasonik lebih dari  $10 \text{ W/cm}^2$ . Gelembung transien meluas melalui beberapa siklus akustik ke radius sebanyak dua kali ukuran awal gelembung tersebut, sebelum hancur akibat kompresi (Santos, et al., 2009).

### 2.1.5 Gelombang Bunyi dalam Cairan

Perubahan volume dapat terjadi pada gelombang bunyi dalam cairan. Hal ini terjadi karena adanya tekanan. Perubahan tekanan dalam cairan sesuai dengan hukum Hooke yaitu (Trisnobudi, 2001):

$$\Delta P = -M_B \frac{\Delta V}{v} \quad (2.14)$$

Dimana  $M_B$  merupakan modulus Bulk yang memiliki analogi dengan modulus young dalam padatan. Tanda negatif menunjukkan bahwa penambahan tekanan pada cairan dapat menyebabkan pengurangan volume. Sedangkan  $v$  adalah volume awal dari  $\Delta V$  merupakan volume yang terjadi jika diberikan perubahan tekanan sebesar  $\Delta P$ .

## 2.2 Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*)

*Citrus sinensis*, dikenal sebagai jeruk manis, selain dikonsumsi sebagai buah, jeruk manis juga dikonsumsi sebagai ramuan obat di beberapa negara. Secara umum, *Citrus sinensis* didistribusikan di daerah tropis dan subtropis serta merupakan bagian keluarga *Rutaceae* (Liew, et al., 2018).

Jeruk manis (*Citrus sinensis*) biasanya mempunyai ciri-ciri tanaman tertentu. Dengan tinggi 3–10 meter, tangkai daun 0,5–3,5 cm. Ranting berduri; duri pendek berbentuk paku. Helai daun berbentuk bulat seperti telur, elliptis atau memanjang, ujungnya tumpul atau meruncing tumpul. Mahkota bunga berwarna putih atau putih kekuningan. Buah berbentuk bola dan berwarna kuning, oranye atau hijau dengan kuning. Daging buah berwarna kuning muda, kuning oranye atau kemerah-merahan dan berupa gelembung yang saling menyatu (Suryaningtyas, 2014).

Buah jeruk biasanya diolah menjadi jus dengan kisaran 45% hingga 60% dari berat buahnya dibuang sebagai limbah yang terdiri dari kulit, membrane, vesikula jus dan biji (Putnik, et al., 2017). Kulit jeruk memiliki potensi besar untuk dieksploitasi menjadi produk yang memiliki nilai tambah, termasuk sebagai pemulihan antioksidan, pektin, asam organik, minyak esensial, dan enzim atau

untuk produksi etanol. Selain itu, Kulit *Citrus sinensis* adalah sumber yang kaya vitamin C, serat dan banyak nutrisi, termasuk fenolik dan flavonoid (Arimpi A dan Setaity P, 2019).

Struktur jeruk ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Anatomi Buah Jeruk (Rafiq, et al., 2016)

Dalam sistematika tumbuhan, kedudukan tanaman (taksonomi) jeruk manis diklasifikasikan sebagai berikut (Rukmana, 2003):

Kerajaan : Plantae

Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)

Sub-divisi: Angiospermae (berbiji tertutup)

Kelas : Dicotyledonae (biji berkeping dua)

Bangsa : Rutales

Famili : Rutaceae

Marga : Citrus

Jenis : *Citrus sinensis*

Tempat asal tanaman jeruk ini berpusat di kawasan Asia Tenggara, terutama Cina. Dijelaskan oleh ahli botani Soviet, Nikolai Ivanovich Vavilov, bahwa sentrum plasma nutfah *Citrus spp* yaitu dataran Cina dan India. Di kawasan India,



tepatnya Assam dan Burma, terdapat 117 tanaman endemik, diantaranya adalah jeruk manis (*Citrus sinensis*), jeruk lemon (*Citrus medica*), jeruk delima (*Citrus grandis*), dan jeruk keprok (*Citrus nobilis*). Sejak ratusan tahun yang lalu, berbagai aneka jenis jeruk telah tersebar ke berbagai negara di dunia (Rukmana, 2003).

Pada tahun 1540, jeruk manis mulai ditanam di Brasil. Kemudian pada tahun 1550, orang-orang Portugis membawa jeruk manis dari Cina. Sedangkan jeruk manis baru ditanam di Spanyol pada abad XVI. Lalu di Kalifornia penanaman jeruk manis dimulai sejak 1834, sementara di Florida mulai ditanam pada permulaan abad XIX. Sehingga pada tahun 1920, secara komersial jeruk manis dikembangkan di Amerika. Di samping itu juga sentrum produksinya meluas hingga ke Kalifornia, Florida, Spanyol, Israel dan negara-negara yang lain. Di Indonesia, tanaman jeruk manis ditanam di berbagai daerah seperti Jawa Timur, Jawa Barat, dan Sumatera Utara (Rukmana, 2003).

## **2.3 Pektin**

### **2.3.1 Pengertian dan Struktur Pektin**

Pektin merupakan substansi alami yang terkandung dalam tanaman pangan secara garis besar. Pektin berfungsi sebagai perekat serta menjaga stabilitas jaringan dan sel, pektin juga berperan sebagai bagian dari keseluruhan struktural pada pertumbuhan jaringan dan komponen utama dari lamella tengah pada tanaman (Tuhouloula, et al., 2013). Pada tahun 1825, istilah pektin pertama kali dijelaskan oleh ilmuwan Prancis bernama Henry Barconnot. Pektin merupakan polisakarida kompleks yang bersifat asam dengan jumlah beragam, secara luas

terdistribusi dalam jaringan tanaman. Biasanya pektin berada dalam dinding sel primer. Tepatnya terdapat pada sela-sela antara selulosa dan hemiselulosa. Selain itu, pektin dapat merekatkan antara dinding sel yang satu dengan yang lain. Substansi pektin terdiri dari asam poligalakturonat. Sedangkan sebagian gugus karboksil pada asam poligalakturonat tersebut dapat teresterifikasi menggunakan metanol (Tarigan, et al., 2012).

Pektin merupakan serbuk halus atau sedikit kasar, berwarna putih dan hampir tidak berbau. Berat molekul pada pektin bervariasi dengan kisaran antara 30.000-300.000. Kelarutan pektin sesuai dengan kadar metoksil yang terkandung di dalamnya sehingga kelarutannya berbeda-beda. Kadar metoksil tinggi pada pektin dapat larut dalam air dingin. Sedangkan pektin yang memiliki kadar metoksil rendah dapat larut dalam larutan alkali atau oksalat. Akan tetapi pektin tidak dapat larut dalam aseton dan juga alkohol. Diketahui bahwa kandungan pektin dalam tanaman itu berbeda-beda tergantung pada sumber dan metode yang digunakan (Hastuti, 2016).

Menurut Winarno (1989) dan Klavons (1995) dalam Tarigan, et al., 2012 menjelaskan bahwa senyawa pektin adalah asam pektat, asam pektinat dan protopektin.

#### 1. Asam Pektat

Asam pektat adalah senyawa asam galakturonat yang bersifat koloid dan gugus karboksilnya tidak tersterifikasi. Asam pektat mempunyai berat molekul yang tinggi.

## 2. Asam Pektinat

Asam pektinat adalah asam poligalakturonat yang bersifat koloid dan gugus karboksilnya teresterifikasi secara enzimatis. Asam pektinat merupakan senyawa yang biasa disebut dengan pektin. Pektin merupakan asam pektinat dengan derajat netralisasi yang berbeda-beda.

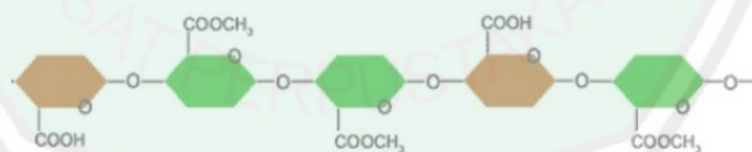
## 3. Protopektin

Protopektin adalah substansi pektat yang terdapat pada bagian hijau tanaman. Protopektin tidak larut dalam air. Hal ini terjadi karena adanya magnesium atau garam kalsium yang tidak larut. Sedangkan protopektin dapat dijadikan pektin yang larut dalam air apabila diekstraksi dalam larutan asam panas (Sulihono, et al., 2012).

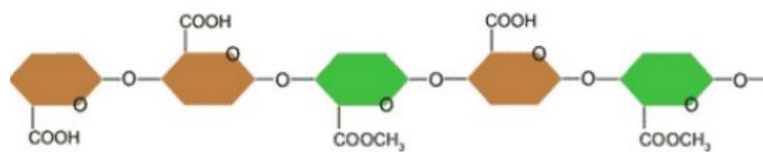
Komposisi yang terdapat dalam kandungan protopektin, pektin, dan asam pektat dalam buah cukup beragam dan tergantung pada derajat kematangan buah. Secara umum, protopektin yang bersifat tidak larut dalam air mayoritas terdapat pada buah-buahan yang belum matang (Winarno, 2002). Di dalam buah-buahan yang masih muda atau belum matang, antara sel-sel yang satu dengan yang lain masih menyatu karena adanya protopektin tersebut. Namun jika buah sudah matang, maka sebagian dari protopektin mengalami penguraian menjadi pektin karena bantuan enzim protopektinase. Hal ini menyebabkan terjadinya pelepasan satu sel dari sel-sel yang lain, sehingga tekstur buah menjadi lunak. Kemudian enzim pektinase meneruskan perubahan pektin menjadi asam pektat, dimana hal tersebut yang menyebabkan buah menjadi matang (Dwidjoseputro, 1983).

### 2.3.2 Jenis Pektin

Berdasarkan derajat esterifikasi (DE), pektin dibagi menjadi dua jenis yaitu pektin dengan kadar metoksil tinggi (HM) dan pektin dengan kadar metoksil rendah (LM). Nilai DE untuk pektin komersial dengan kadar metoksil tinggi pada umumnya berkisar dari 60% hingga 75% dan untuk pektin dengan kadar metoksil rendah berkisar dari 20% hingga 40%. Untuk pektin dengan kadar metoksil tinggi memerlukan padatan larutan dengan jumlah minimum dan pH dalam kisaran yang cukup kecil sekitar 3,0 untuk membentuk gel. Pektin dengan kadar metoksil tinggi bersifat termal reversible dan secara umum dapat larut terhadap air panas serta seringkali mengandung zat terdispersi seperti dekstrosa yang digunakan untuk mencegah penggumpalan. Sedangkan pektin dengan kadar metoksil rendah menghasilkan pembentukan gel yang bergantung pada kadar gula dan tidak mudah dipengaruhi pH serta membutuhkan sejumlah kalsium atau kation divalent sebagai pembentuk gel (Sriamornsak, 2003). Sifat pektin sangat dipengaruhi oleh derajat esterifikasi (DE) yang berfungsi untuk menentukan tingkat reaktivitas dengan kalsium dan kation (*International Pectin producers Association*, 2002).



Gambar 2.2 Molekul Pektin dengan Kadar Metoksil Tinggi  
(Sumber: IPPA, 2002)



Gambar 2.3 Molekul Pektin dengan Kadar Metoksil Rendah  
(Sumber: IPPA, 2002)

Pada umumnya, pektin yang diekstraksi memiliki unit asam teresterifikasi lebih dari 50% sehingga disebut dengan pektin bermetoksil tinggi. Sedangkan modifikasi proses ekstraksi atau dengan perlakuan lebih lanjut akan menghasilkan pektin bermetoksil rendah dengan metil ester kurang dari 50% (IPPA, 2002).

### 2.3.3 Kegunaan Pektin

Pektin adalah produk alami yang terdapat pada dinding sel tanaman. Pektin mempunyai banyak fungsi sehingga dapat digunakan dalam beberapa hal. Biasanya dimanfaatkan sebagai agen pembentuk gel, penebal dan penstabil. Pektin merupakan komponen yang tidak terpisahkan dari berbagai jenis produk termasuk dalam industri makanan. Di mana pektin digunakan dalam produksi selai, gula-gula, pasta dan produk sagu. Pektin juga dimanfaatkan dalam industri non pangan, seperti dalam kosmetik dan farmasi. Beberapa tahun terakhir manfaat pektin semakin penting dan dibutuhkan oleh konsumen (IPPA, 2002).

Pektin merupakan salah satu tipe serat pangan yang bersifat larut dalam air, karena merupakan serat yang berbentuk gel, pektin juga dapat memperbaiki otot pencernaan dan mendorong sisa makanan pada saluran pembuangan. Selain itu karena pektin dapat mengikat asam empedu yang merupakan hasil akhir metabolisme kolesterol, maka pektin dikenal sebagai antikolesterol. Makin banyak asam empedu yang berikatan dengan pektin dan terbuang ke luar tubuh, makin banyak kolesterol yang dimetabolisme sehingga pada akhirnya jumlah kolesterol

menurun. Dan pektin juga dapat menyerap air yang berlebihan dalam usus, memperlunak feses, serta mengikat dan menghilangkan racun dari usus (Ide, 2009).

Kemudian dalam bidang kedokteran dan farmasi, pektin berfungsi untuk mengatasi konstipasi dan diare, juga merupakan salah satu bahan utama yang digunakan sebagai pelega tenggorokan, sebagai sumber diet serat, sebagai komponen propilaktik alami untuk melawan keracunan kation toksik, baik dalam formulasi pelepasan terkontrol maupun dalam penargetan situs spesifik (Srivastava dan Malviya, 2011).

#### **2.3.4 Ekstraksi Pektin**

Ekstraksi pektin merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengeluarkan pektin dari sel pada jaringan tanaman. Ekstraksi pektin yang menggunakan larutan asam dilakukan dengan cara memanaskan bahan dalam larutan asam encer yang berfungsi untuk menghidrolisis protopektin menjadi pektin. Ekstraksi ini dapat dilakukan dengan asam mineral seperti asam klorida atau asam sulfat. Semakin tinggi suhu ekstraksi, semakin tinggi singkat waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang maksimum. Akan tetapi dalam hal ini faktor keasaman yang digunakan tidak bisa diabaikan. Kisaran pH yang direkomendasikan 1,5 – 3,0 namun pH kisaran 2,6 – 2,8 lebih sering digunakan (Kirk dan Othmer, 1958).

Pektin dapat larut dalam beberapa macam pelarut seperti air, beberapa senyawa organik, senyawa alkalis dan asam. Beberapa jenis asam yang dapat digunakan dalam ekstraksi pektin, diantaranya yaitu asam tartrat, asam malat,

asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam fosfat tetapi ada kecenderungan untuk menggunakan asam mineral yang murah seperti asam sulfat, asam klorida, dan asam nitrat (Kertesz, 1951).

Penggunaan asam dalam ekstraksi pektin adalah untuk menghidrolisis protopektin menjadi pektin yang larut dalam air atau membebaskan pektin dari ikatan senyawa lain, misalnya selulosa (Kaban, et al., 2012). Dalam ekstraksi pektin terjadi perubahan senyawa pektin yang disebabkan oleh proses hidrolisis protopektin. Proses tersebut mengubah protopektin menjadi pektin dengan adanya pemanasan dalam asam pada suhu dan lama ekstraksi tertentu. Jika proses hidrolisis terus berlanjut maka senyawa pektin akan berubah menjadi asam pektat.

Ekstraksi dengan bantuan ultrasonik merupakan proses yang menggunakan energi akustik dan pelarut untuk mengekstrak senyawa target dari berbagai matriks tanaman. Perubahan transfer massa yang semakin meningkat dipengaruhi oleh kavitasi akustik yang diinduksi dalam media cair, yang memiliki efek menguntungkan dari teknologi tersebut. Seperti pektin yang merupakan serat larut yang terdapat di dinding sel tumbuhan, kavitasi dan gangguan sel yang disebabkan oleh gelombang ultrasound dapat meningkatkan transfer massa dari matriks padat ke pelarut meningkatkan ekstraksi pektin (Oliveira, et al., 2016).

#### **2.4 Karakteristik Pektin**

Berikut adalah standar mutu pektin berdasarkan standar mutu *International Pectin Producers Association* (2002).

Tabel 2.1 Standar Mutu Pektin

Faktor Mutu	Kandungan
Kadar air	Maks 12%
Kadar abu	Maks 10%
Berat ekuivalen	600-800 mg
Kandungan metoksil :	
• Pektin metoksil tinggi	>7,12%
• Pektin metoksil rendah	2,5 – 7,12%
Kadar asam galakturonat	Min 35%
Derajat esterifikasi untuk :	
• Pektin ester tinggi	Min 50%
• Pektin esterrendah	Maks 50%
Kekuatan gel	Min 150 grade
Bilangan asetil	0,15 – 0,45%

Pektin merupakan zat yang berbentuk padatan berwarna putih kecoklatan. Sifat fisika lainnya seperti kelarutan, viskositas, dan kemampuan membentuk gel tergantung dari karakteristik kimia pektin tersebut seperti kadar metoksil, derajat esterifikasi dan berat molekul (Prasetyowati, 2009).

Pektin komersial harus memenuhi syarat mutu *International Pectin producers Association* (IPPA) dan *Food Chemical Codex* serta spesifikasi dalam Farmakope. Karakteristik pektin tergantung dari kondisi ekstraksi pektin, dan sifat fisik pektin tergantung dari karakteristik kimia pektin. Pektin dari hasil ekstraksi terbaik biasanya dibandingkan dengan pektin komersial. Hal ini dilakukan karena jika diaplikasikan pada kebutuhan energi di bidang industri untuk peningkatan suhu dan lama ekstraksi akan meningkatkan biaya produksi. Apabila perlakuan suhu terendah dan waktu paling singkat dapat memberikan hasil yang masih diperbolehkan oleh *International Pectin producers Association*, *Food Chemical*



*Codex* dan Farmakope maka hal ini akan sangat menguntungkan jika diaplikasikan (Fitriani, 2003).

#### **2.4.1 Kadar Air**

Kadar air merupakan banyaknya air yang terdapat dalam pektin. Kadar air bahan berpengaruh terhadap masa simpan. Kadar air yang tinggi menyebabkan kerentanan terhadap aktivitas mikroba (Sulihono, et al., 2012). Peningkatan kadar air pektin sesuai dengan meningkatnya suhu ekstraksi, karena dengan rendemen tinggi kadar air masih banyak yang tersisa pada bahan. Kadar air yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh rendemen pektin (Jariyah, et al., 2015).

#### **2.4.2 Kadar Abu**

Abu merupakan bahan anorganik yang terdapat dalam residu atau sisa pembakaran bahan organik. Kadar abu berpengaruh pada tingkat kemurnian pektin, jika kadar abu dalam pektin tinggi, maka presentase kandungan pektin yang terdapat di dalamnya semakin rendah (Jariyah, et al., 2015).

#### **2.4.3 Berat Ekuivalen**

Berat ekuivalen merupakan ukuran terhadap kandungan gugus asam galakturonat bebas (tidak teresterifikasi) dalam rantai molekul pektin. Asam pektat murni merupakan zat pektat yang seluruhnya tersusun dari asam poligalakturonat yang bebas dari gugus metil ester atau tidak mengalami esterifikasi. Semakin rendah kadar pektin akan menyebabkan berat ekuivalen semakin rendah (Ranganna, 1977). Nilai berat ekuivalen ini ditentukan

berdasarkan reaksi penyabunan gugus karboksil oleh NaOH. Banyaknya volume NaOH yang digunakan dalam analisa berbanding terbalik dengan nilai berat ekuivalen yang akan diperoleh sehingga jumlah gugus karboksil yang tak teresterifikasi semakin banyak. Semakin kecil berat ekuivalen maka akan semakin besar kadar metoksil pektin (Sulihono, et al., 2012).

#### 2.4.4 Kadar Metoksil

Kadar metoksil adalah jumlah metanol yang terkandung dalam pektin yang dapat menentukan sifat fungsional larutan pektin dan mempengaruhi struktur dari gel pektin yang terbentuk (Sufy, 2015).

Tabel 2.2 Karakteristik Kandungan Metoksil (Widiastuti, 2015)

Kandungan Metoksil	Karakteristik
Tinggi	Derajat esterifikasi >50%
	Kadar metoksil >7%
	Dapat membentuk gel pada rentang pH=1 hingga 3,5 dan penambangan gula 55-85%
	Suhu pembentukan gel sekitar 88°C
Rendah	Derajat esterifikasi <50%
	Kadar metoksil <7%
	Dapat membentuk gel pada rentang pH=1 atau lebih, terdapat ion kalsium dan penambangan gula 0-85%
	Suhu pembentukan gel sekitar 45°C

#### 2.4.5 Kadar Galakturonat

Kadar galakturonat dan molekul pektin berperan penting dalam menentukan sifat fungsional larutan pektin. Kadar galakturonat cenderung semakin tinggi akibat meningkatnya suhu dan bertambahnya waktu karena reaksi hidrolisis protopektin menjadi pektin yang memiliki komponen dasar asam D-galakturonat (Ristianingsih, et al., 2014). Semakin tinggi kadar galakturonat maka mutu pektin juga semakin tinggi. Hal ini terjadi karena kadar galakturonat merupakan salah satu yang menentukan mutu pektin (Nurviani, et al., 2014).

#### 2.5 Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )

Pektin yang terkandung dalam jaringan tanaman merupakan protopektin yang tidak dapat larut dalam air. Sehingga untuk memperoleh pektin yang larut dalam air harus dilakukan hidrolisis protopektin menggunakan pelarut asam pada saat ekstraksi pektin (Susanti, et al., 2017).

Dari berbagai jenis asam, termasuk asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) juga bisa digunakan sebagai pelarut untuk menghidrolisis protopektin agar menghasilkan pektin yang dapat larut dalam air. Dimana asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) merupakan suatu cairan yang memiliki sifat korosif, tidak berbau, tidak berwarna, bisa melarutkan berbagai logam dan sangat reaktif (Lutfiati, 2008).

Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) merupakan bahan kimia yang dapat larut dalam air pada semua perbandingan. Dengan titik lebur  $10,31^{\circ}C$  dan titik didih pada  $336,85^{\circ}C$  sesuai dengan kepekatan serta pada temperatur  $300^{\circ}C$  atau lebih terdekomposisi menghasilkan sulfur trioksida (Lutfiati, 2008).

## 2.6 Etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)

Pada umumnya, dalam proses sintesa pektin etanol merupakan larutan pencuci dan penggumpal yang berfungsi untuk memisahkan pektin dan pelarutnya serta larutan tambahan untuk menaikkan pH pektin yang asam akibat pelarutnya (Aziz, et al., 2018).

Etanol adalah suatu cairan yang transparan, tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, dapat bercampur dengan air, eter, dan kloroform, diperoleh melalui fermentasi karbohidrat dari ragi yang disebut dengan etil alkohol. Sifat-sifat fisis etanol yaitu dengan rumus molekul C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, berat molekul 46,07 gram/mol, titik didih pada 1 atm 78.4°C, titik beku -112°C, bentuknya cair dan tidak berwarna serta *specific gravity* 0,786 pada 20°C (Aziz, et al., 2018).



## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis dan Subjek Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap beberapa karakteristik ekstraksi pektin dari limbah tanaman jeruk, diantaranya kadar metoksil, kadar galakturonat dan derajat esterifikasi. Objek penelitian yang digunakan adalah kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*).

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juli sampai dengan bulan September tahun 2020 di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3.3.1 Alat**

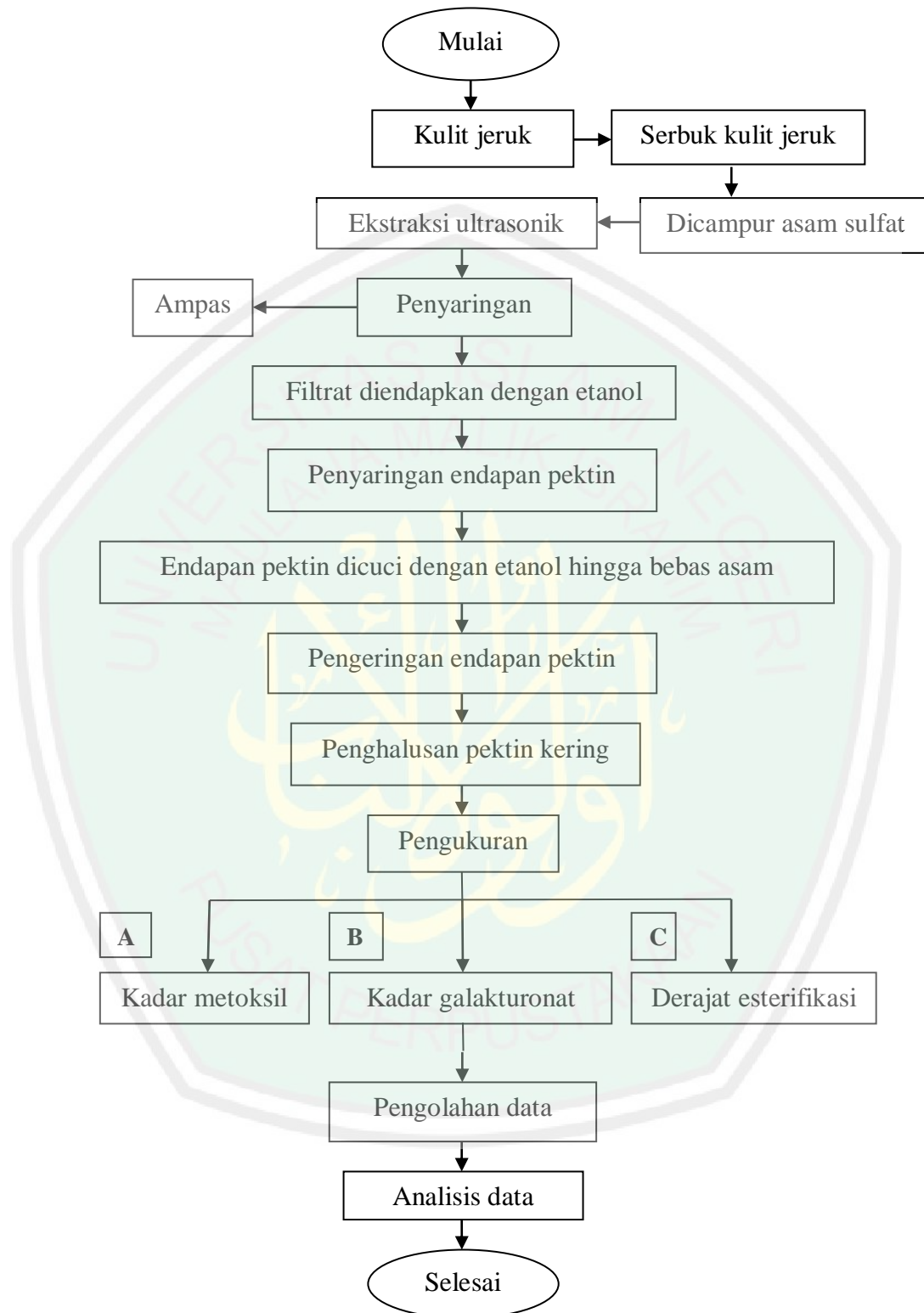
- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1. Ultrasonik kavitasi | 10. Gelas ukur            |
| 2. <i>Erlenmeyer</i>   | 11. Batang pengaduk       |
| 3. <i>Beaker glass</i> | 12. <i>Aluminium foil</i> |
| 4. Oven                | 13. Spatula               |
| 5. pH meter            | 14. Cawan petri           |
| 6. Neraca analitik     | 15. Pipet tetes           |
| 7. Statif dan klem     | 16. Kertas saring         |
| 8. Buret               | 17. Mikro pipet           |
| 9. Corong gelas        |                           |

### 3.3.2 Bahan

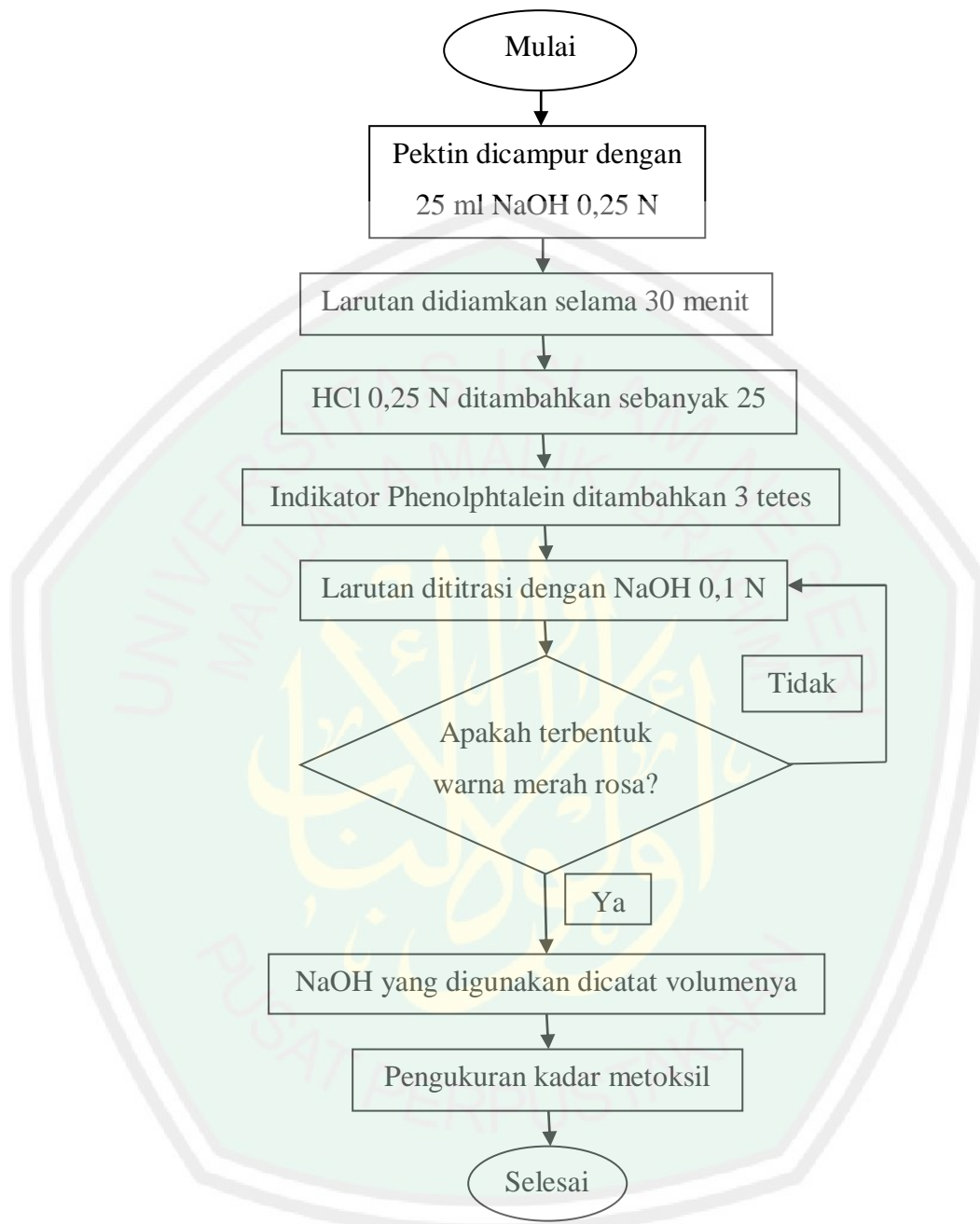
1. Kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*)
2. Asam sulfat ( $H_2SO_4$ )
3. Asam klorida (HCl)
4. Etanol 96% ( $C_2H_5OH$ )
5. Aquades ( $H_2O$ )
6. Natrium klorida (NaCl)
7. Natrium hidroksida (NaOH)
8. Indikator *Phenolphthalein*



### 3.4 Diagram Alir

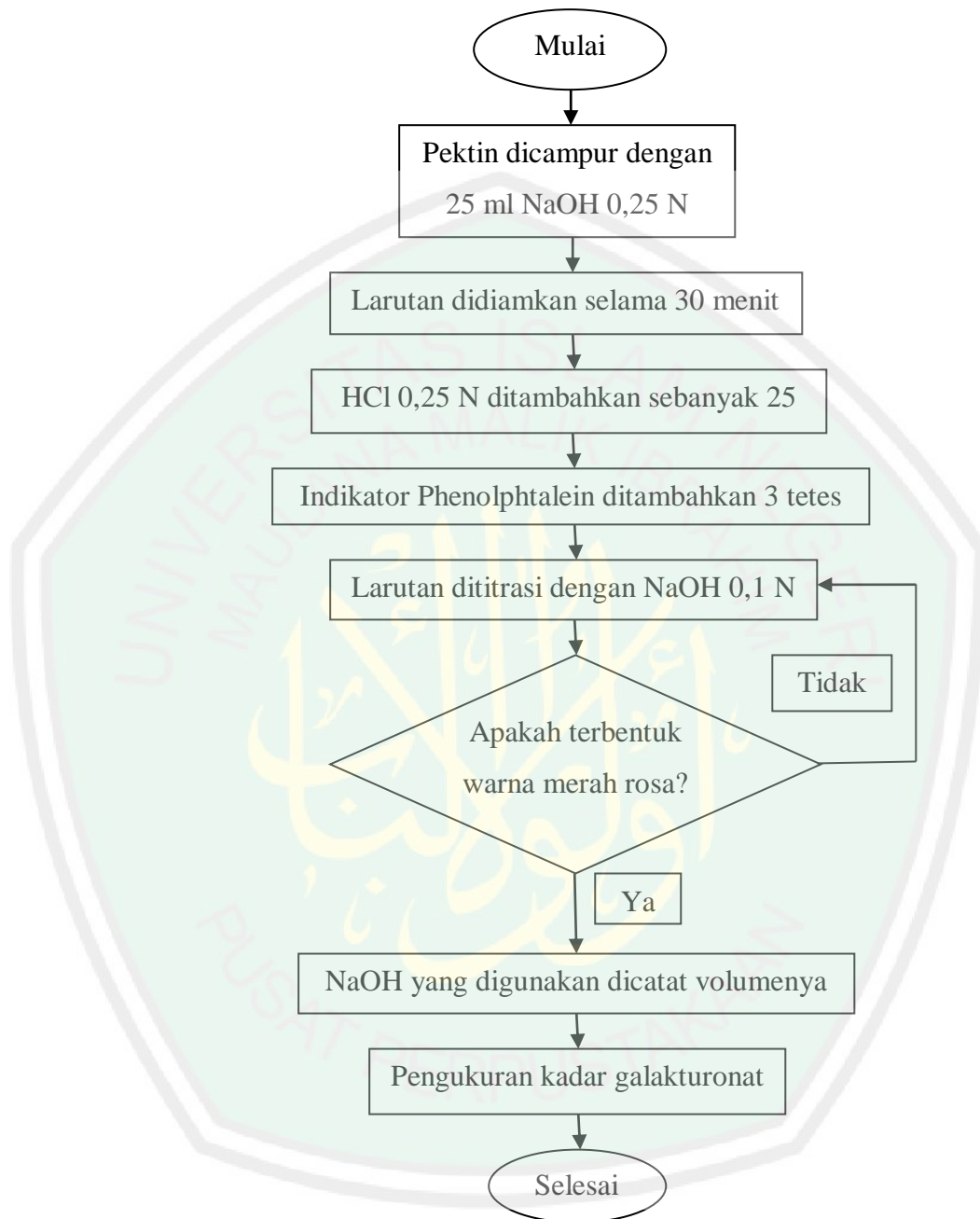


Gambar 3.1 Diagram Alir Ekstraksi Pektin

**A. Diagram Alir Pengukuran Kadar Metoksil**

Gambar 3.2 Diagram Alir Pengukuran Kadar Metoksil



**B. Diagram Alir Pengukuran Kadar Galakturonat**

Gambar 3.3 Diagram Alir Pengukuran Kadar Galakturonat

### C. Pengukuran Derajat Esterifikasi

Derajat esterifikasi ini diperoleh dari perbandingan antara kadar metoksil dengan kadar galakturonat.

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

## 3.5 Langkah-langkah Penelitian

### 3.5.1 Pembuatan Pektin

#### 1) Persiapan Bahan Baku

Kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dicuci hingga bersih kemudian dipotong-potong untuk memudahkan proses penghancuran dengan menggunakan blender. Untuk proses pengeringan, kulit jeruk dijemur di bawah sinar matahari sampai mengeras kemudian dioven dengan suhu 50°C selama 24 jam agar dapat mengurangi kandungan airnya, lalu dihancurkan lagi hingga menjadi serbuk.

#### 2) Ekstraksi Pektin Kulit Jeruk

Serbuk kulit jeruk yang dihasilkan dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* sebanyak 5 gram, lalu ditambahkan larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0,050 N sebanyak 150 ml. Kemudian campuran tersebut dipapari gelombang ultrasonik dengan variasi taraf intensitas 86, 88, 90, 92 dan 94 dB dengan waktu konstan yaitu 30 menit serta menggunakan variasi waktu 10, 15, 20, 25 dan 30 menit dengan taraf intensitas terbaik yaitu 94 dB. Setelah itu, larutan kulit jeruk disaring menggunakan kertas saring untuk diambil filtratnya. Filtrat ini disebut dengan filtrat pektin.

### 3) Pengendapan Pektin

Filtrat pektin dari hasil ekstraksi yang telah dingin diendapkan menggunakan etanol 96% dengan perbandingan volume 1:1 lalu didiamkan selama 18 jam. Kemudian endapan pektin yang sudah terbentuk dipisahkan dari filtratnya menggunakan kertas saring.

### 4) Pencucian Pektin

Endapan pektin yang sudah terbentuk dicuci dengan etanol 96% sambil diaduk. Pemisahan endapan pektin dengan etanol 96% bekas pencucian dilakukan menggunakan kertas saring. Hal ini dilakukan hingga pektin bebas asam (dengan tanda yaitu ketika air bekas pencucian pektin berwarna merah bila ditetesi phenolftalein) (Rosalina, et al., 2017).

### 5) Pengeringan Pektin

Pektin basah yang telah dicuci dari hasil pengendapan dan sudah bebas asam kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur  $40^{\circ}\text{C}$  selama 8 jam hingga berat konstan. Selanjutnya gel pektin yang telah kering ditimbang dan beratnya dicatat.

## 3.5.2 Karakteristik Pektin Hasil Ekstraksi

### 1. Perhitungan Kadar Metoksil

Pektin kering yang diperoleh dianalisis kandungan metoksilnya. Hal ini dilakukan dengan menambahkan 25 ml 0,25 N NaOH ke dalam larutan netral dari penentuan berat ekuivalen, kemudian diaduk dan dibiarkan pada temperatur kamar dalam keadaan tertutup selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan 25 ml larutan 0,25 ml larutan HCl dan dititrasi dengan 0,1 N

NaOH dengan indikator phenolptalein sampai berubah menjadi merah rosa.

Kadar metoksil dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Kadar Metoksil (\%)} = \frac{\text{ml NaOH} \times 31 \times \text{N NaOH}}{\text{Berat sampel (mg)}} \times 100 \quad (3.1)$$

Keterangan :

Nilai 31 adalah bobot molekul metoksil yang berupa  $\text{CH}_3\text{O}$ .

## 2. Perhitungan Galakturonat

Pektin kering yang diperoleh akan dianalisis kadar galakturonatnya dari miliekivalen NaOH yang diperoleh dari penentuan berat ekivalen dan kadar metoksil. Diketahui bahwa untuk menganalisis berat ekivalen yaitu pektin sebanyak 0,5 gram dibasahi dengan 5 ml etanol dan dilarutkan dalam 100 ml aquades dan ditambahkan 1 gram NaCl. Larutan hasil campuran tersebut dititrasi dengan 0,1 N NaOH menggunakan indikator phenolptalein hingga berubah warna menjadi merah rosa (pH 7,5) yang bertahan sampai 30 detik.

Dimana berat ekivalen dapat dirumuskan :

$$\text{Berat ekivalen (mg)} = \frac{\text{Berat sampel (mg)}}{\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Sehingga kadar galakturonat dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Galakturonat (\%)} = \frac{176 \times 0,1 \times z \times 100}{\text{Berat sampel (mg)}} + \frac{176 \times 0,1 \times y \times 100}{\text{Berat sampel (mg)}} \quad (3.3)$$

Keterangan :

z : ml (titer) NaOH dari penentuan berat ekivalen.

y : ml (titer) NaOH dari penentuan kadar metoksil.

Nilai 176 diperoleh dari berat ekivalen terendah asam pektat (Devi, et al., 2014).

### 3. Derajat Esterifikasi

Derajat esterifikasi ini diperoleh dari perbandingan antara kadar metoksil dengan kadar galakturonat.

$$\text{Derajat Esterifikasi (\%)} = \frac{176 \times \% \text{ metoksil}}{31 \times \% \text{ galakturonat}} \times 100 \quad (3.4)$$

## 3.6 Pengambilan Data

### 3.6.1 Data Hasil Ekstraksi Pektin Terhadap Kadar Metoksil

#### a) Pengukuran Kadar Metoksil dengan Variasi Taraf Intensitas

Tabel 3.1 Data Hasil Pengukuran Kadar Metoksil dengan Variasi Taraf Intensitas

Frekuensi (kHz)	Taraf Intensitas (dB)	Waktu (menit)	Berat sampel (mg)	Volume NaOH (ml)	Konsentrasi (NaOH) (N)	Kadar Metoksil (%)
0	0	30				
40	86	30				
	88	30				
	90	30				
	92	30				
	94	30				

#### b) Pengukuran Kadar Metoksil dengan Variasi Waktu Perlakuan

Tabel 3.2 Data Hasil Pengukuran Kadar Metoksil dengan Variasi Waktu Perlakuan

Frekuensi (kHz)	Taraf Intensitas (dB)	Waktu (menit)	Berat sampel (mg)	Volume NaOH (ml)	Konsentrasi (NaOH) (N)	Kadar Metoksil (%)
40	Taraf Optimum	10				
		15				
		20				
		25				
		30				

### 3.6.2 Data Hasil Ekstraksi Pektin Terhadap Kadar Galakturonat

#### a) Pengukuran Kadar Galakturonat dengan Variasi Taraf Intensitas

Tabel 3.3 Data Hasil Pengukuran Kadar Galakturonat dengan Variasi Taraf Intensitas

Frekuensi (kHz)	Taraf Intensitas (dB)	Waktu (menit)	Berat pektin (mg)	Volume NaOH z (ml)	Volume NaOH y (ml)	Kadar Galakturonat (%)
0	0	30				
40	86	30				
	88	30				
	90	30				
	92	30				
	94	30				

#### b) Pengukuran Kadar Galakturonat dengan Variasi Waktu Perlakuan

Tabel 3.4 Data Hasil Pengukuran Kadar Galakturonat dengan Variasi Waktu Perlakuan

Frekuensi (kHz)	Taraf Intensitas (dB)	Waktu (menit)	Berat pektin (mg)	Volume NaOH z (ml)	Volume NaOH y (ml)	Kadar Galakturonat (%)
40	Taraf Intensitas Optimum	10				
		15				
		20				
		25				
		30				

### 3.6.3 Data Hasil Ekstraksi Pektin Terhadap Derajat Esterifikasi

#### a) Pengukuran Derajat Esterifikasi dengan Variasi Taraf Intensitas

Tabel 3.5 Data Hasil Pengukuran Derajat Esterifikasi dengan Variasi Taraf Intensitas

Frekuensi (kHz)	Taraf Intensitas (dB)	Waktu (menit)	Kadar Metoksil (%)	Kadar Galakturonat (%)	Derajat Esterifikasi (%)
0	0	30			

40	86	30			
	88	30			
	90	30			
	92	30			
	94	30			

b) Pengukuran Derajat Esterifikasi dengan Variasi Waktu Perlakuan

Tabel 3.6 Data Hasil Pengukuran Derajat Esterifikasi dengan Variasi Waktu Perlakuan

Frekuensi (kHz)	Taraf Intensitas (dB)	Waktu (menit)	Kadar Metoksil (%)	Kadar Galakturonat (%)	Derajat Esterifikasi (%)
40	Taraf Intensitas Optimum	10			
		15			
		20			
		25			
		30			

### 3.7 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah grafik dengan Microsoft Excell. Sehingga analisis deskriptif tersebut dapat mengetahui pengaruh perlakuan gelombang ultrasonik dengan variasi taraf intensitas dalam proses ekstraksi pektin kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dimana hasil penelitian ini berupa kadar metoksil, kadar galakturonat dan derajat esterifikasi.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Hasil Penelitian**

Penelitian ini merupakan eksperimen yang menggunakan kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) sebagai objek penelitian. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik terhadap karakteristik pektin dalam kulit jeruk yaitu kadar metoksil, kadar galakturonat dan derajat esterifikasi dengan metode ekstraksi. Alat yang digunakan sebagai pembangkit gelombang ultrasonik adalah ultrasonik kavitas yang memiliki frekuensi 40 kHz dengan taraf intensitas yang dapat divariasikan. Terdapat 5 variasi taraf intensitas yang digunakan pada penelitian ini yaitu 86 dB, 88 dB, 90 dB, 92 dB dan 94 dB. Selain variasi taraf intensitas, penelitian ini juga menggunakan variasi waktu perlakuan gelombang ultrasonik dengan taraf intensitas optimum yaitu 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit.

Ekstraksi pektin kulit jeruk dalam penelitian ini dilakukan dengan perlakuan gelombang ultrasonik yang memanfaatkan terjadinya kavitas dalam proses ekstraksi dengan waktu yang lebih singkat. Gelombang ultrasonik apabila berada dalam medium cair dapat menyebabkan kavitas mikro dan pemanasan pada sekeliling bahan sehingga mengakibatkan senyawa ekstrak terlepas. Energi kinetik dilewatkan ke seluruh bagian cairan, disertai dengan munculnya gelembung kavitas pada permukaan sehingga meningkatkan transfer massa antara permukaan padat-cair (Adhiksana, 2017).

Jenis pelarut yang digunakan adalah larutan asam. Asam merupakan pengestrak pektin terkuat karena memungkinkan ekstraksi pektin yang terikat erat dengan sel matriks bahan tanaman tidak dapat larut dan memberikan hasil yang



lebih tinggi. Pada umumnya, pektin diperkaya asam galakturonat. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa efek dari ekstraktan asam yang kuat terdapat pada hasil karakteristik pektin. Telah dinyatakan bahwa penggunaan larutan asam memiliki peranan penting dalam meningkatkan kandungan asam galakturonat (Sandarani, 2017). Pelarut asam juga berperan dalam memisahkan ion polivalen, memutus ikatan antara asam pektinat dengan selulosa, menghidrolisis protopektin dan menghidrolisis gugus metil ester (Kertesz, 1951).

Selain penggunaan pelarut asam, proses ekstraksi pektin dapat menggunakan pelarut air yang merupakan metode paling sederhana. Penggunaan pelarut air memiliki kerugian, terutama dalam kaitannya dengan aktivitas ion hidrogen. Hal ini dapat terjadi karena air mampu melarutkan komponen-komponen lain dari jaringan tanaman yang kemungkinan bersifat asam. Dengan adanya beberapa komponen tersebut, akan terjadi kesulitan dalam pengontrolan pH selama proses ekstraksi. Selain itu, penggunaan pelarut air tidak efisien dari segi waktu, karena ekstraksi yang terjadi membutuhkan waktu yang lama, sehingga proses ekstraksi dengan air ini sangat jarang dilakukan, kecuali dengan penggunaan larutan asam yang dapat sekaligus mengubah senyawa pektin yang tidak larut dalam bahan menjadi senyawa yang larut dan mengekstraksinya (Kertesz, 1951).

Proses ekstraksi menggunakan pelarut asam dilakukan dengan paparan gelombang ultrasonik karena proses ekstraksi dapat berlangsung lebih cepat. Sehubungan dengan fungsi pelarut asam untuk meningkatkan kandungan asam galakturonat yang berpengaruh terhadap karakteristik pektin seperti, kadar metoksil, galakturonat serta derajat esterifikasi. Dinding sel bahan dipecah dengan getaran ultrasonik sehingga kandungan yang ada di dalamnya dapat keluar atau

terpisah dengan mudah (Arimpi, 2019). Kemudian dilakukan pengendapan pektin yang ditambahkan alkohol atau etanol 96% pada filtrat pektin dengan volume 1:1. Pengendapan ini perlu dilakukan karena pektin terlarut memiliki gangguan terhadap kestabilan disperse koloidnya.

#### 4.1.1 Data Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Metoksil, Galakturonat dan Derajat Esterifikasi

Berikut adalah data hasil karakteristik pektin kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) hasil ekstraksi dengan variasi taraf intensitas menggunakan waktu perlakuan konstan 30 menit.

Tabel 4.1 Data Hasil Karakteristik Pektin Variasi Taraf Intensitas dengan Waktu Perlakuan 30 menit

No	Taraf Intensitas (dB)	Karakteristik Pektin Hasil Ekstraksi		
		Kadar Metoksil (%)	Kadar Galakturonat (%)	Derajat Esterifikasi (%)
1.	0	7,13	45,51	88,94
2.	86	8,5	51,85	93,07
3.	88	8,7	52,34	94,37
4.	90	9,61	57,5	94,88
5.	92	10,17	61,6	93,73
6.	94	10,97	66,17	94,12

Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil karakteristik pektin variasi taraf intensitas. Kadar metoksil yang dihasilkan berbanding lurus dengan taraf intensitas yang diberikan menggunakan waktu konstan 30 menit. Semakin besar taraf intensitas maka kadar metoksil juga semakin meningkat. Kadar galakturonat juga demikian, jika taraf intensitas yang diberikan semakin besar maka kadar galakturonat yang dihasilkan mengalami peningkatan. Sedangkan

derajat esterifikasi menunjukkan hasil yang tidak pasti sesuai dengan besar kecilnya nilai taraf intensitas. Pada tabel dapat dilihat bahwa derajat esterifikasi semula terus naik sesuai dengan besarnya taraf intensitas, namun pada saat tertentu nilai derajat esterifikasi justru turun yaitu pada taraf intensitas 92 dB. Setelah itu meningkat kembali di taraf intensitas 94 dB. Hal ini terjadi dimungkinkan ada suatu error pada saat titrasi atau ketika diberi perlakuan gelombang ultrasonik karena dapat mempengaruhi endapan pektin.

Tabel 4.2 merupakan data hasil karakteristik pektin kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) hasil ekstraksi dengan variasi waktu perlakuan menggunakan taraf intensitas optimum yaitu 94 dB.

Tabel 4.2 Data Hasil Karakteristik Pektin Variasi Waktu Perlakuan dengan Taraf Intensitas 94 dB

No	Waktu Perlakuan (menit)	Karakteristik Pektin Hasil Ekstraksi		
		Kadar Metoksil (%)	Kadar Galakturonat (%)	Derajat Esterifikasi (%)
1.	10	7,56	46,11	93,08
2.	15	6,26	38,61	92,05
3.	20	6,14	37,77	92,3
4.	25	5,45	33,44	92,53
5.	30	3,72	24,29	87

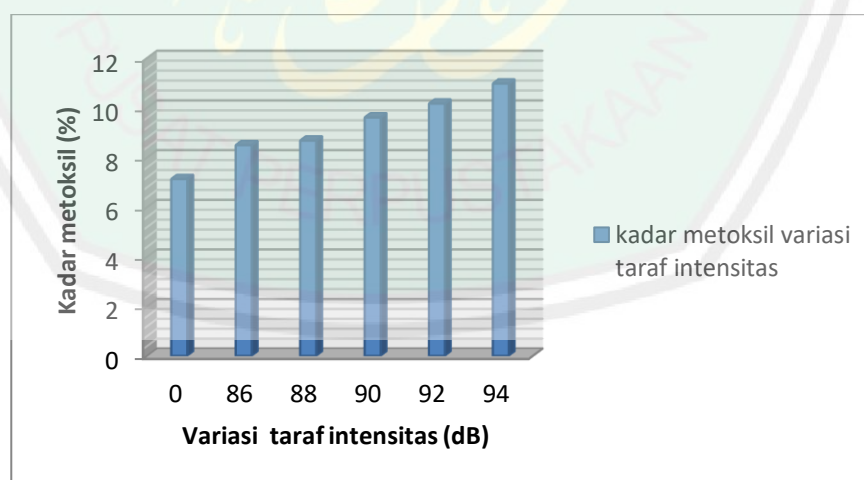
Dilihat pada tabel 4.2 yang menunjukkan hasil ekstraksi pektin berdasarkan variasi waktu perlakuan dengan taraf intensitas konstan 94 dB. Diketahui bahwa kadar metoksil dan kadar galakturonat tidak berbanding lurus dengan waktu perlakuan. Semakin lama waktu perlakuan yang diberikan, kadar metoksil dan kadar galakturonat yang diperoleh menurun. Sedangkan nilai derajat esterifikasi tidak signifikan yang diperoleh dari hasil kadar metoksil dan galakturonat sesuai dengan hasil uji statistik One Way Anova. Derajat

esterifikasi mengalami penurunan, namun pada saat tertentu derajat esterifikasi meningkat yaitu pada waktu perlakuan 25 menit. Setelah itu turun kembali di waktu perlakuan 30 menit. Hal ini terjadi dimungkinkan ada suatu error ketika proses uji karakteristik atau ketika diberi perlakuan gelombang ultrasonik sehingga dapat berpengaruh terhadap endapan pektin.

#### 4.1.2 Analisis Data Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Metoksil Rendemen Pektin

Kadar metoksil merupakan jumlah mol etanol yang terdapat dalam 100 mol asam galakturonat. Kadar metoksil pektin tersebut memiliki peranan penting dalam menentukan sifat fungsional larutan pektin dan berpengaruh terhadap struktur serta tekstur dari gel pektin (Arimpi, 2019).

Hubungan taraf intensitas dengan waktu konstan untuk perlakuan gelombang ultrasonik terhadap kadar metoksil pektin dapat dilihat pada gambar 4.1.



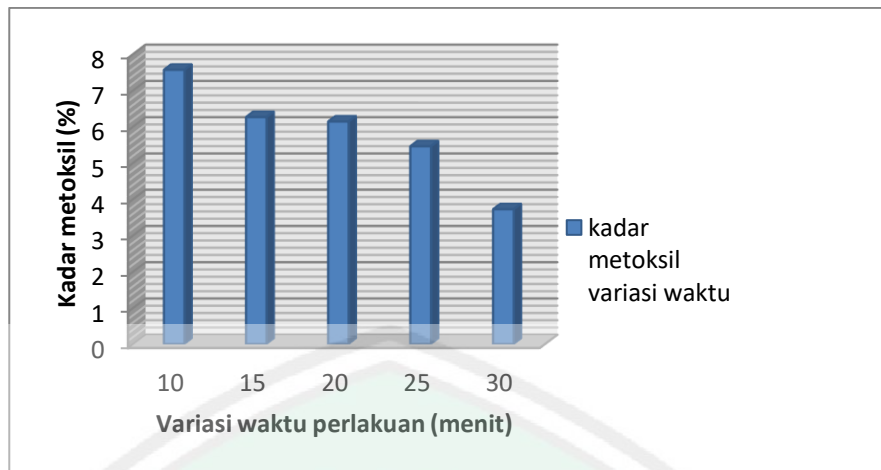
Gambar 4.1 Kadar Metoksil Variasi Taraf Intensitas

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa kadar metoksil pektin yang diperoleh dari hasil penelitian ini berkisar antara 7,13%-10,97%. Kadar

metoksil pektin terbanyak diperoleh pada taraf intensitas 94 dB dengan waktu konstan 30 menit. Sedangkan kadar metoksil pektin paling sedikit diperoleh pada taraf intensitas 0 dB atau kontrol dengan waktu konstan 30 menit. Pengaruh taraf intensitas dapat dilihat pada gambar 4.1 dengan waktu perlakuan konstan 30 menit, kadar metoksil semakin meningkat seiring dengan meningkatnya taraf intensitas gelombang. Berdasarkan analisis statistik One Way Anova menunjukkan bahwa pada taraf intensitas 92 dan 94 dB berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan nilai kadar metoksil dengan nilai signifikan lebih kecil sama dengan 0.05 atau 5% . Untuk taraf intensitas selain 92 dan 94 dB nilai signifikan 0 menunjukkan bahwa perbedaan mean tidak signifikan pada tingkat 0.05.

Hal ini dikarenakan adanya energi yang semakin besar dari sumber keluarnya gelombang ultrasonik yang merambat ke dalam cairan pektin sehingga dapat meningkatkan kadar metoksil yang dihasilkan. Salah satu manfaat gelombang ultrasonik pada penelitian ini yaitu untuk mempercepat ekstraksi, sehingga menyebabkan gugus metil banyak dilepaskan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pektin yang dihasilkan termasuk pada pektin bermetoksil tinggi karena nilai kadar metoksil memenuhi standar IPPA (*International Pectin Producers Association*) (2002) yaitu >7,12% untuk jenis pektin dengan metoksil tinggi.



Gambar 4.2 Kadar Metoksil Variasi Waktu Perlakuan

Dapat dilihat pada gambar 4.2 bahwa kadar metoksil yang diperoleh pada penelitian ini sekitar 3,72%-7,56% menggunakan variasi waktu perlakuan. Kadar metoksil terbanyak pada waktu 10 menit dengan taraf intensitas 94 dB yaitu 7,56%. Kadar metoksil paling sedikit diperoleh pada waktu 30 menit. Berdasarkan analisis statistik One Way Anova menunjukkan bahwa pada waktu perlakuan 30 menit berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan nilai kadar metoksil dengan nilai signifikan lebih kecil sama dengan 0.05 atau 5% .

Ketidakstabilan data yang diperoleh dimungkinkan akibat larutan yang didiamkan cukup lama, karena pada saat larutan diberi perlakuan gelombang ultrasonik dimulai dari waktu 30 menit ke waktu yang paling rendah. Sehingga pektin terlarut lebih banyak di waktu yang relatif sedikit atau rendah yaitu 10 menit. Kadar metoksil yang menurun seiring bertambahnya waktu menyebabkan degradasi gugus metil ester pada pektin menjadi asam karboksilat oleh adanya asam. Ikatan gugus metil ester pektin cenderung terhidrolisis menghasilkan asam galakturonat. Semakin lama waktu yang

membuat pektin mengendap maka pektin akan berubah menjadi asam pektat yang asam galakturonatnya bebas dari gugus metil ester (Aziz, et al., 2018).

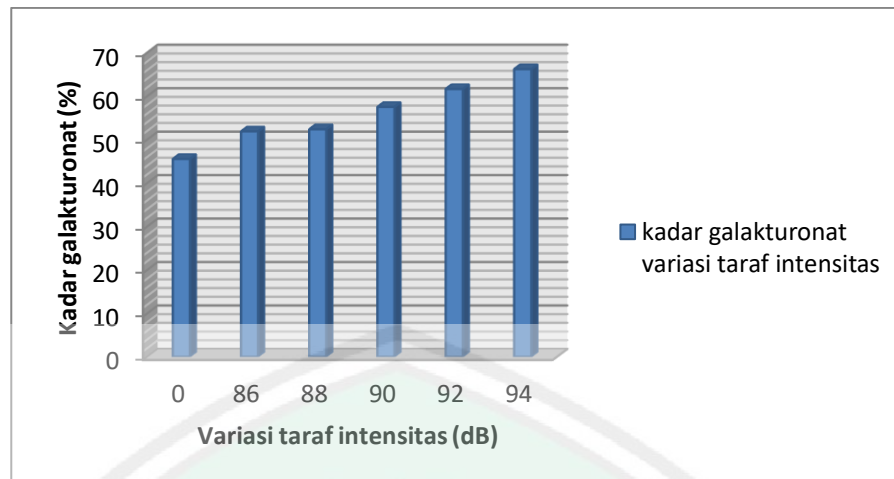
Dengan demikian diketahui bahwa kadar metoksil dengan variasi waktu perlakuan termasuk pektin bermetoksil rendah karena tidak memenuhi standar IPPA yaitu  $>7,12\%$  untuk jenis pektin dengan metoksil tinggi. Kecuali hanya terdapat pada waktu perlakuan 10 menit yang memiliki kadar metoksil  $7,56\%$ .

#### **4.1.3 Analisis Data Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Galakturonat Rendemen Pektin**

Kadar galakturonat merupakan salah satu yang dapat menentukan mutu pektin. Semakin banyak kadar galakturonat maka mutu pektin semakin tinggi (Nurviani, et. al., 2014). Kadar galakturonat yang diperoleh sekitar  $45,51\%$ - $66,17\%$ . Kadar galakturonat pektin terbanyak diperoleh pada taraf intensitas 94 dB dengan waktu perlakuan konstan 30 menit. Sedangkan kadar galakturonat pektin paling sedikit terdapat pada taraf intensitas 0 dB atau kontrol dengan waktu perlakuan yang sama.

Hubungan taraf intensitas dengan waktu konstan untuk perlakuan gelombang ultrasonik terhadap kadar galakturonat dapat dilihat pada gambar

4.3.



Gambar 4.3 Kadar Galakturonat Variasi Taraf Intensitas

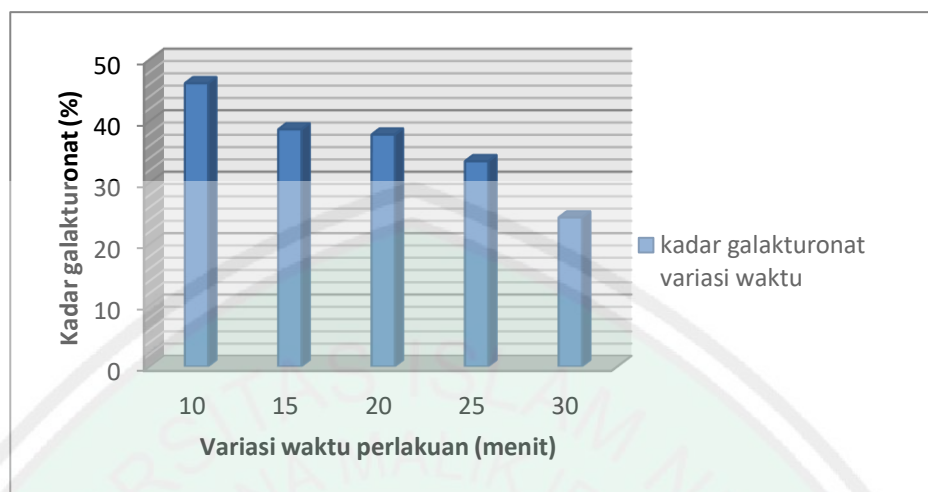
Pengaruh taraf intensitas dapat dilihat pada gambar 4.3 menggunakan waktu konstan 30 menit berbanding lurus dengan kadar galakturonat. Semakin meningkat taraf intensitas yang diberikan maka kadar galakturonat mengalami peningkatan. Kadar galakturonat terbanyak yaitu pada taraf intensitas 94 dB. Kadar galakturonat paling sedikit yaitu pada taraf intensitas 0 dB atau kontrol.

Kadar galakturonat tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah volume titrasi pada saat pengujian kadar metoksil, namun juga bergantung pada jumlah volume titrasi saat uji berat ekuivalen. Sehingga hal tersebut yang menyebabkan nilai kadar galakturonat berbanding lurus dengan taraf intensitas menggunakan waktu konstan yaitu 30 menit. Berdasarkan analisis statistik One Way Anova menunjukkan bahwa pada taraf intensitas 94 dB berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan nilai kadar galakturonat dengan nilai signifikan lebih kecil sama dengan 0.05 atau 5% . Untuk taraf intensitas selain 94 dB nilai signifikan 0 menunjukkan bahwa perbedaan mean tidak signifikan pada tingkat 0.05.

Syarat kadar galakturonat untuk pektin menurut IPPA (*International Pectin Producers Association*) (2002) yaitu >65%. Dengan demikian kadar



galakturonat pektin hasil penelitian ini memenuhi syarat mutu yang ditetapkan hanya pada taraf intensitas 94 dB.



Gambar 4.4 Kadar Galakturonat Variasi Waktu Perlakuan

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa kadar galakturonat dari hasil penelitian ini diperoleh sekitar 24,29%-46,11%. Kadar galakturonat terbanyak pada waktu 10 menit dengan taraf intensitas 94 dB. Sedangkan kadar galakturonat paling sedikit yaitu pada waktu 30 menit taraf intensitas 94 dB. Waktu perlakuan yang diberikan berbanding terbalik dengan kadar galakturonat. Semakin lama atau tinggi waktu perlakuan nilai kadar galakturonat yang diperoleh semakin sedikit. Berdasarkan analisis statistik One Way Anova menunjukkan bahwa pada waktu perlakuan 25 dan 30 menit berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan nilai kadar metoksil dengan nilai signifikan lebih kecil sama dengan 0.05 atau 5%.

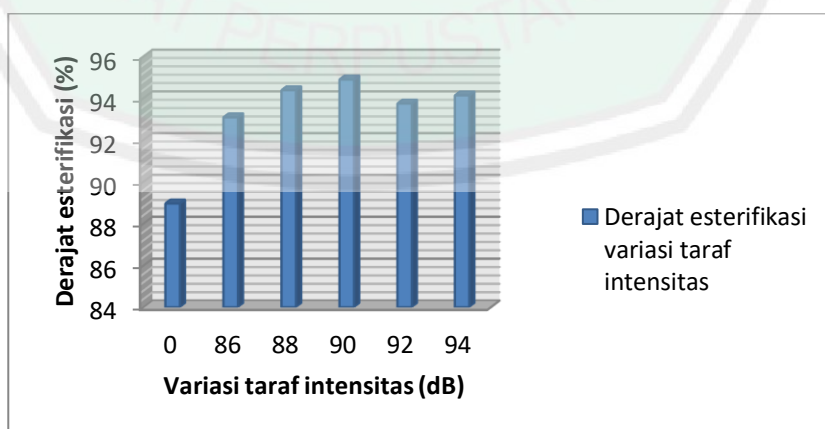
Hal ini dimungkinkan seperti hasil uji kadar metoksil, karena perlakuan yang diberikan pada tiap larutan sama sehingga pengaruh yang didapatkan oleh kadar galakturonat sama dengan pengaruh yang diterima kadar metoksil. Kadar galakturonat yang semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu karena reaksi hidrolisis protopektin menjadi pektin yang komponen dasarnya

asam D-galakturonat. Ikatan glikosidik gugus metil ester dari pektin cenderung akan terhidrolisis yang menghasilkan asam galakturonat. Semakin lama waktu yang membuat pektin mengendap maka pektin akan berubah menjadi asam pektat yang asam galakturonatnya bebas dari gugus metil ester (Aziz, et al., 2018).

Kadar galakturonat pada variasi waktu diketahui bahwa keseluruhan data yang diperoleh tidak memenuhi syarat mutu pektin karena berdasarkan IPPA untuk memenuhi standar mutu pektin tersebut nilai kadar galakturonat harus >65%, sedangkan kadar galakturonat terbanyak pada variasi waktu yaitu 46,11% pada waktu 10 menit.

#### 4.1.4 Analisis Data Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Derajat Esterifikasi Rendemen Pektin

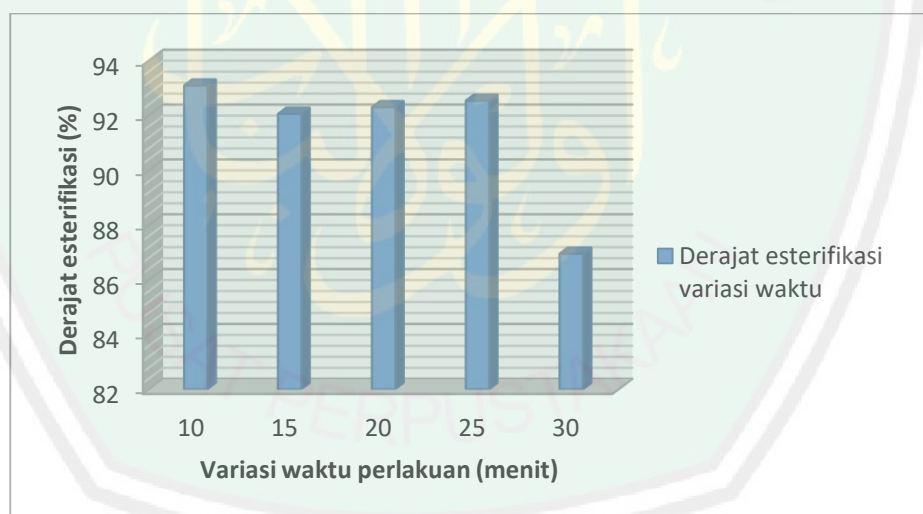
Derajat esterifikasi ialah presentase jumlah residu asam D-galakturonat yang gugus karboksilnya teresterifikasi dengan etanol. Nilai derajat esterifikasi pektin diperoleh dari perbandingan antara kadar metoksil dengan kadar galakturonat.



Gambar 4.5 Derajat Esterifikasi Variasi Taraf Intensitas

Derajat esterifikasi terbanyak terdapat pada taraf intensitas 90 dB dengan waktu konstan 30 menit yaitu 94,88%. Pada taraf intensitas 0 dB, 86 dB, 88 dB dan 90 dB mengalami peningkatan nilai derajat esterifikasi, namun derajat esterifikasi pada 92 dB dan 94 dB mengalami penurunan. Sehingga diketahui bahwa peningkatannya tidak signifikan.

Derajat esterifikasi merupakan presentase gugus karboksil yang teresterifikasi, dimana pektin dengan derajat esterifikasi diatas 50% dinamakan pektin bermetoksil tinggi dan derajat dibawah 50% dinamakan pektin bermetoksil rendah berdasarkan standar IPPA (*International Pectin Producers Association*) (Sufy, 2015). Berdasarkan hasil penelitian, derajat esterifikasi pektin hasil ekstraksi dengan variasi taraf intensitas bernilai diatas 50% yang menunjukkan bahwa pektin bermetoksil tinggi sesuai dengan hasil perhitungan.



Gambar 4.6 Derajat Esterifikasi Variasi Waktu Perlakuan

Gambar 4.6 menunjukkan nilai derajat esterifikasi dengan variasi waktu perlakuan bahwa data yang dihasilkan dari penelitian tidak signifikan. Derajat esterifikasi terbanyak ditunjukkan pada waktu 10 menit menggunakan

taraf intensitas 94 dB yaitu 93,08%. Derajat esterifikasi terendah yaitu 86,95% pada waktu 30 menit dengan taraf intensitas konstan.

Derajat esterifikasi yang cenderung menurun seiring dengan bertambahnya waktu dikarenakan ikatan glikosidik gugus metil ester dari pektin cenderung terhidrolisis menghasilkan asam galakturonat. Jika ekstraksi pektin dilakukan terlalu lama, pektin akan berubah menjadi asam pektat yang asam galakturonatnya bebas dari gugus metil ester (Tuhuloula, et al., 2013).

Derajat esterifikasi merupakan presentase gugus karboksil yang teresterifikasi, pektin dengan derajat esterifikasi diatas 50% dinamakan pektin bermetoksil tinggi dan derajat dibawah 50% dinamakan pektin bermetoksil rendah berdasarkan standar IPPA (*International Pectin Producers Asociation*) (Sufy, 2015). Berdasarkan hasil penelitian, derajat esterifikasi pektin hasil ekstraksi dengan variasi taraf intensitas bernilai diatas 50% yang menunjukkan bahwa pektin bermetoksil tinggi sesuai dengan hasil perhitungan.

Berdasarkan analisis statistik One Way Anova menunjukkan bahwa nilai derajat esterifikasi variasi taraf intensitas dengan waktu konstan dan nilai derajat esterifikasi variasi waktu perlakuan dengan taraf intensitas konstan, masing-masing diperoleh hasil dari perbedaan mean tidak signifikan pada tingkat 0.05 atau signifikan lebih kecil sama dengan 0.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Metoksil, Galakturonat dan Derajat Esterifikasi Rendemen Pektin Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*)

Pemanfaatan gelombang ultrasonik pada proses ekstraksi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam proses ekstraksi menggunakan frekuensi >20 kHz dengan waktu yang lebih singkat. Apabila energi gelombang ultrasonik tersebut melewati suatu jaringan, maka energi gelombang ultrasonik akan melepaskan energi kalor sehingga akan terjadi pemanasan yang mengakibatkan suhu jaringan meningkat dan menyebabkan terjadinya efek kavitasi. Gelombang ultrasonik memanfaatkan efek kavitasi dalam proses ekstraksi yang dapat mempercepat proses ekstraksi. Ultrasonik kavitasi menghasilkan pemotongan cukup tajam yang dapat menembus gumpalan partikel dan menjadikannya partikel tunggal yang tersebar (Adhiksana, 2017).

Penjelasan deskriptif hasil penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh gelombang ultrasonik terhadap kadar metoksil, galakturonat dan derajat esterifikasi rendemen pektin kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*). Perlakuan pertama yaitu menggunakan variasi taraf intensitas dari 86 dB, 88 dB, 90 dB, 92 dB, 94 dB dan 0 dB atau kontrol dengan waktu konstan 30 menit diperoleh hasil yang semakin meningkat sesuai dengan besarnya taraf intensitas yang dikenakan pada bahan. Nilai kadar metoksil dan galakturonat terbanyak pada taraf intensitas 94 dB. Sedangkan paling sedikit pada taraf intensitas 0 dB. Derajat esterifikasi terbanyak diperoleh pada taraf intensitas 90 dB. Derajat esterifikasi merupakan hasil perbandingan nilai kadar metoksil dan kadar galakturonat.

Semakin besar taraf intensitas yang dikenakan pada bahan dari sumber gelombang ultrasonik dapat meningkatkan karakteristik pektin seperti kadar metoksil dan galakturonat. Energi yang merambat ke dalam cairan atau larutan pektin mampu mempercepat proses ekstraksi sehingga menyebabkan gugus metil pada kadar metoksil banyak yang terlepas. Nilai kadar metoksil terbanyak pada taraf intensitas 94 dB yaitu 10,97%.

Selain itu, energi yang merambat ke dalam larutan pektin mampu mempercepat proses ekstraksi sehingga menyebabkan asam D-galakturonat semakin banyak yang terlepas pada kadar galakturonat. Nilai kadar galakturonat paling banyak diperoleh pada taraf intensitas 94 dB sebesar 66,17%. Jika senyawa yang terkandung dalam pektin semakin banyak yang dilepaskan maka karakteristik pektin memiliki kadar metoksil, galakturonat dan derajat esterifikasi yang semakin banyak.

Perlakuan kedua yaitu untuk mengetahui pengaruh gelombang ultrasonik terhadap kadar metoksil, galakturonat dan derajat esterifikasi rendemen pektin kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) yaitu menggunakan variasi waktu mulai dari 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit dengan taraf intensitas optimum 94 dB. Nilai kadar metoksil, galakturonat dan derajat esterifikasi yang diperoleh menggunakan variasi waktu tersebut cenderung menurun.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Hariyati (2006) menunjukkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi menghasilkan pektin dengan kadar metoksil yang semakin banyak. Ekstraksi selama 40 menit menghasilkan kadar metoksil sebesar 5,73% kemudian semakin meningkat pada ekstraksi selama 80 menit menjadi 6,34%.

Pada penelitian ini, kadar metoksil memiliki nilai semakin menurun seiring bertambahnya waktu ekstraksi. Hal ini terjadi karena lamanya waktu yang diberikan menyebabkan degradasi gugus metil ester pada pektin oleh adanya asam yang menjadi asam karboksilat. Endapan pektin akibat waktu yang semakin lama akan berubah menjadi asam pektat (Aziz, et al., 2018). Pada variasi waktu perlakuan, kadar metoksil paling banyak diperoleh pada waktu 10 menit 7,56% kemudian semakin menurun pada waktu 30 menit dengan nilai 3,72%.

Kadar galakturonat pada variasi waktu perlakuan ini juga menurun seiring dengan bertambahnya waktu yang diakibatkan oleh reaksi hidrolisis protopektin menjadi komponen dasar asam D-galakturonat. Asam galakturonat dihasilkan dari ikatan glikosidik gugus metil ester dari pektin yang cenderung terhidrolisis (Aziz, et al., 2018). Kadar galakturonat paling banyak diperoleh pada waktu 10 menit sebesar 46,11% dan menjadi 24,29% pada waktu perlakuan 30 menit. Kemudian derajat esterifikasi disebabkan oleh hal serupa sesuai dengan kadar metoksil dan galakturonat, dimana nilai derajat esterifikasi adalah presentase dari perbandingan kadar metoksil dan galakturonat. Derajat esterifikasi terbanyak pada waktu 10 menit yaitu 93,08% dan derajat esterifikasi paling sedikit dengan nilai 87% pada waktu 30 menit.

#### **4.2.2 Standardisasi Optimum Mutu Pektin**

Pektin dengan karakteristik yang optimum ditentukan berdasarkan nilai karakteristik yang telah memenuhi standar mutu pektin komersial. Hasil karakteristik pektin seperti kadar metoksil, kadar galakturonat, dan derajat esterifikasi. Semakin banyak kadar galakturonat maka mutu pektin semakin tinggi

pula. Karena yang dijadikan tolak ukur dalam penentuan pektin optimum adalah kadar galakturonatnya (Nurviani, et. al., 2014). Pada waktu konstan 30 menit menunjukkan hasil galakturonat terbanyak pada taraf intensitas 94 dB, sehingga ditetapkan bahwa taraf intensitas 94 dB dengan waktu konstan 30 menit merupakan yang paling optimum karena memenuhi standardisasi mutu pektin berdasarkan standar IPPA.

Pada taraf intensitas konstan 94 dB dengan waktu perlakuan yang berbeda menghasilkan kadar galakturonat yang tidak memenuhi standar mutu pektin komersial. Sehingga pada variasi waktu perlakuan ini tidak terdapat pektin yang optimum dikarenakan kadar galakturonat yang diperoleh hanya berkisar dari 24,29%-46,11%, sedangkan untuk memenuhi standar mutu pektin nilai kadar galakturonat >65%.

### 4.3 Kajian Keislaman Terkait Hasil Penelitian

Gelombang mekanik adalah gelombang yang dalam proses perambatannya memerlukan medium (zat perantara). Artinya jika tidak ada medium, maka gelombang tidak akan terjadi. Contohnya adalah gelombang bunyi yang zat perantaranya udara, jadi jika tidak ada udara bunyi tidak akan terdengar. Sama halnya dengan penelitian ini yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mempercepat ekstraksi dimana gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik. Terkait energi suara, Allah SWT berfirman di dalam surat Hud ayat 94:

... وَأَخَذَتِ الَّذِينَ ظَلَمُوا الصَّيْحَةَ فَأَصْبَحُوا فِي دِيَارِهِمْ جَاثِمِينَ (94)

Artinya: "...dan orang-orang yang zalim dibinasakan oleh satu suara yang mengguntur, lalu jadilah mereka mati bergelimpangan di rumahnya." (QS. Hud [11] : 94).



Ayat di atas menjelaskan kehancuran orang-orang zalim pada masa nabi Syuaib as. yang ditimpa oleh suara keras yang mengguntur. Sekarang, energi gelombang suara digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk penghancuran jaringan atau sel-sel yang tidak diinginkan (Cameron, 1978). Gelombang ultrasonik memanfaatkan efek kavitasi dalam proses ekstraksi sehingga bisa mempercepat proses ekstraksi. Ultrasonik kavitasi menghasilkan pemotongan cukup tajam yang dapat menembus gumpalan partikel dan menjadikannya partikel tunggal yang tersebar. Paparan gelombang ultrasonik dapat menghancurkan bahan berserat, struktur dinding sel dan selulosa dapat menjadi partikel halus (Adhiksana, 2017).

Prinsip gelombang ultrasonik yaitu terbentuk dari pembangkit ultrasonik menjadi kavitasi mikro pada sekeliling bahan yang akan diekstraksi sehingga dapat menyebabkan senyawa ekstrak terlepas. Selain itu, terdapat efek lain yang dihasilkan yaitu penghancuran dinding sel yang menyebabkan terbebasnya kandungan senyawa yang ada di dalamnya, kemudian terjadi pemanasan pada cairan serta meningkatkan difusi ekstrak. Energi kinetik dilewatkan ke seluruh bagian cairan, lalu gelembung kavitasi terbentuk pada dinding jaringan atau permukaan sehingga meningkatkan transfer massa antara permukaan padat-cair (Liu, 2010).

وَنُفِخَ فِي الصُّورِ فَصَعِقَ مَنْ فِي السَّمَوَاتِ وَمَنْ فِي الْأَرْضِ إِلَّا مَنْ شَاءَ اللَّهُ ۗ ثُمَّ نُفِخَ فِيهِ أُخْرَىٰ فَإِذَا هُمْ قِيَامٌ يَنْظُرُونَ ﴿٦٨﴾

Artinya: “dan ditiuplah sangkakala, Maka matilah siapa yang di langit dan di bumi kecuali siapa yang dikehendaki Allah. Kemudian ditiup sangkakala itu sekali lagi maka tiba-tiba mereka berdiri menunggu (putusannya masing-masing).” (QS. Az Zumar [39] : 68).

Dalam QS. Az Zumar ayat ke-68 menceritakan peniupan sangkakala yang digunakan Malaikat Izrofil pada hari kiamat, mengisyaratkan bahwa terompet

merupakan alat penghasil bunyi. Seperti dalam ilmu fisika, suatu bunyi dihasilkan oleh sumber bunyi, maka terompet ini yang menghasilkan bunyi sebagai isyarat terjadinya kiamat. Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal (gelombang yang partikelnya bergerak sejajar dengan arah rambatannya) yang terjadi karena perapatan dan perenggangan dalam medium gas, cair atau padat. Gelombang bunyi dihasilkan dari getaran partikel-partikel benda yang saling beradu satu sama lain sehingga menghasilkan energi. Energi dipindahkan dari sumber dalam bentuk gelombang longitudinal kemudian dideteksi oleh telinga atau suatu alat (Ulinuha, 2018).

وَمِنْ آيَاتِهِ أَنْ يُرْسِلَ الرِّيحَ مُبَشِّرَاتٍ وَلِيَذِيقَكُمْ مِنْ رَحْمَتِهِ وَلِتَجْرِيَ الْفُلُكُ بِأَمْرِهِ  
وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ (46)

Artinya: “Dan diantara tanda-tanda kekuasaannya ialah bahwa Dia mengirimkan angin sebagai pembawa berita gembira dan untuk merasakan kepadamu sebagian dari rahmatNya dan supaya kapal dapat berlayar dengan perintahNya dan supaya kamu dapat mencari karuniaNya, mudah-mudahan kamu bersyukur.”(QS.ArRuum:46).

Berdasarkan ayat diatas dijelaskan bahwa secara umum “angin” diartikan sebagai angin yang bertiup yang membawa awan untuk menurunkan air hujan dan angin yang meniup kapal layar agar dapat berlayar di lautan. Kedekatan makna angin dalam ayat ini adalah gelombang, bukan saja gelombang bunyi yang membawa berita tetapi juga gelombang radio atau elektromagnetik yang mampu dipancarkan ke seluruh penjuru dunia bahkan seluruh jagad raya ini (Romlah, 2011).

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh taraf intensitas gelombang ultrasonik, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh taraf intensitas terhadap kadar metoksil yaitu berbanding lurus. Semakin besar taraf intensitas yang diberikan maka kadar metoksil yang diperoleh mengalami peningkatan. Nilai kadar metoksil terbanyak pada taraf intensitas 94 dB dengan waktu konstan 30 menit yaitu 10,97%.
2. Pengaruh taraf intensitas terhadap kadargalakturonat yaitu berbanding lurus. Jika taraf intensitas yang diberikan semakin besar maka kadargalakturonat yang diperoleh meningkat. Dari hasil penelitian diperoleh nilai kadar galakturonat terbanyak pada taraf intensitas 94 dB dengan waktu konstan 30 menit yaitu 66,17%.
3. Pengaruh taraf intensitas terhadap derajat esterifikasi yang diperoleh menggunakan variasi taraf intensitas yaitu tidak signifikan. Derajat esterifikasi tertinggi pada 90 dB yaitu sebesar 94,88%. Dan derajat esterifikasi paling sedikit diperoleh pada taraf intensitas 0 dB atau kontrol dengan nilai 88,94%.

## 5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan sangat teliti dan hati-hati ketika titrasi karena dapat mempengaruhi hasil yang akan diperoleh setelah penelitian.
2. Perlu diperhatikan juga pada saat pengendapan terutama perihal waktu dan saat melakukan campuran larutan dengan penambahan beberapa bahan yang telah ditentukan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman, E. Lynda B. & Lawrence E. W. 1988. *Ilmu Biofisika*. (Terjemahan; Redjani & Abdul basir). Surabaya: Airlangga University Press.
- Adhiksana, A. 2017. *Perbandingan Metode Konvensional Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang dengan Metode Ultrasonik*. Journal of Research and Technology 3(2): 80-88.
- Al-Qur'an Al karim. 1989. *Al-Qur'an dan Terjemahan*. Departemen Agama RI. Semarang: Toha Putera.
- Arimpi, A & Setiaty P. 2019. *Pembuatan Pektin dari Limbah Kulit Jeruk (Citrus sinensis) dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik Menggunakan Pelarut Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)*. Jurnal Teknik Kimia, 8(1).
- Aziz. T., M. E. G. Johan, D. Sri. 2018. *Pengaruh Jenis Pelarut, Temperatur dan Waktu Terhadap Karakterisasi Pektin Hasil Ekstraksi dari Kulit Buah Naga (Hylocereuspolyrhizus)*. Jurnal Teknik Kimia 24(1): 17-27.
- Bueche R. J. 1989. *Introduction to Physics for Scientists and Engineers*, New York; Mc Graw-Hill.
- Cameron John R., & Skofronick G. 1978. *Medical Physics*. New York: John Wiley & Son Inc.
- Damanik D.A, dkk.2019. *Ekstraksi Pektin dari Limbah Kulit Jeruk dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik Menggunakan Pelarut Asam Klorida (HCl)*. Jurnal Teknik Kimia USU 8(2): 85-89.
- Devi, W. E., R. N. Shukla, A. Abraham, S. Jarpula, dan U. Kaushik. 2014. *Optimized Extraction Condition and Characterization of Pectin from Orange Peel*. International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology, 2(2): 1-9.
- Dwidjoseputro. 1983. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Gramedia: Jakarta.
- Fakayode, O. A., dan K. E. Abobi. 2018. *Optimization of Oil and Pectin Extraction from Orange (Citrus sinensis) Peels: A Response Surface Approach*. Journal of Analytical Science and Technology 9(20): 1-16.
- Fitriani, Vina. 2013. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Jeruk Lemon (Citrus medicavar lemon)*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB.
- Giancoli. 1998. *Fisika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli., Douglas C. 2001. *Fisika Jilid I Edisi Kelima diterjemahkan oleh Hanum, Yuhliza*. Jakarta: Erlangga.

- Grassino, A. N., M. Brncic, D. V. Topic, S. Roca, M. Dent, dan S. R. Bmcic. 2016. *Ultrasound Assisted Extraction and Characterization of Pectin from Tomato Waste*. Food Chemistry, Elseveir 198: 93-100.
- Halliday, David dan Resnick, Robert. 1992. *Fisika Jilid I Edisi Ketiga diterjemahkan oleh Pantur Silabandan Erwin Sucipto*. Bandung: ITB.
- Hariyati, Mauliyah N. 2006. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Limbah Proses Pengolahan Jeruk Pontianak (Citrus nobilis var microcarpa)*. Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Hastuti, B. 2016. *Pektin dan Modifikasinya untuk Meningkatkan Karakteristik sebagai Adsorben*. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VIII : 157-170.
- Ide, pangkalan. 2009. *Health Secret of Dragon Fruit, Menguak Keajaiban si Kaktus Eksotis dalam Penyembuhan Penyakit*. Anggota IKAPI PT. Elex Media Komputindo. Jakarta: 59.
- International Pectins Procedures Association (IPPA). 2002. *What is Pectin*.
- Jariyah, Sudaryati, R. Yulistiani dan Habibi. 2015. *Ekstraksi Pektin Buah Pedada (Sonneratiacaseolaris)*. J.REKAPANGAN 9(1): 28-33.
- Kaban, Irza Menka Devilany., Tarigan, Martha Angelina., Hanum, Farida. 2012. *Ekstraksi Pektin dari Kulit Pisang Raja (Musa sapientum)*. Jurnal Teknik Kimia. USU: Medan.
- Kertesz, Z. I. 1951. *The Pectin Substances*. Interscience Pub.Inc: New York.
- Kirk, R. E. and Othmer, D. F. 1958. *Encyclopedia of Chemical Technology, 3<sup>rd</sup> ed.* Vol 1, The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York.
- Liew, S. S., W. Y. Ho, S. K. Yeap, dan S, A. B. Sharifudin. 2018. *Phytochemical Composition and In Vitro Antioxidant Activities of Citrus sinensis Peel Extracts*. PeerJ.1-16.
- Liu, Q., M. 2010. *Optimization of Ultrasonic Assisted Extraction of Chlorogenic Acid From Follium Eucommieae and Solution of Its Antioxidant Activity*. Journal of medical Plants Research 4(23): 2503-2511.
- Lutfiati, A. 2008. *Prancangan Pabrik Asam Sulfat dari Sulfur dan Udara dengan Proses Kontak Kapasitas 225.000 Ton Per Tahun*. Laporan. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Nurviani, S. B., dan N. K. Sumarni. 2014. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Kulit Buah Pepaya (Carica papaya L.) Varietas Cibinong, Jinggo dan Semangka*. Online Jurnal of Natural Science 3(3): 322-330.
- N. Solika, M. Napitupulu, & S. T. Gonggo. 2017. *Bioadsorpsi Pb (II) Menggunakan Kulit Jeruk Siam (Citrus Reticulata)*. Jurnal Akademika Kim, 6(3): 160-164.
- Oliveira, C. F., D. Giordani, R. Lutckemier, P. D. Gurak, L. D. F. Marozak. 2016. *Extraction of Pectin from Passion Fruit Peel Assisted by Ultrasound*. LWT – Food Science and Technology 71: 110-115.
- Prasetyowati, K. P. Sari dan H. Pesantri. 2009. *Ekstraksi Pektin dari Kulit Mangga*. Jurnal Teknik Kimia 4(16): 42-49.
- Putnik, P., D. B. Kovacevic, A. R. Jambrak, F. J. Barba, G. Cravotto, A. Binello, J. M. Lorenzo, dan A. Shpigelman. 2017. *Innovative “Green” and Novel Strategies for the Extraction of Bioactive Added Value Compounds from Citrus Wastes-A Review*. Molecules 22:680.
- Rafiq, S., R. Kaul, S. A. Sofi, N. Bashir, F. Nazir, dan G. A. Nayik. *Citrus Peel As a Source of Functional Ingredient: A Review*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 17:351-358.
- Ranganna, S. 1977. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products Second Edition*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited: New Delhi.
- Resnick & Halliday. 1978. *Fisika Jilid I*. Bandung: Erlangga.
- Ristianingsih, Y., I. F. Nata, D. S. Anshori, dan I. P. A. Putra. 2014. *Pengaruh Konsentrasi HCl dan pH pada Ekstraksi Pektin dari Albedo Durian dan Aplikasinya pada Proses Pengentalan Karet*. 3(1): 30-34.
- Romlah. 2011. *Ayat-ayat Al-Qur'an dan Fisika*. Bandar Lampung: Harakindo.
- Rosalina, Y., L., Susanti, dan N. Br. Karo. 2017. *Kajian Ekstraksi Pektin dari Limbah Jeruk Rimau Gerga Lebong (Jeruk RGL) dan Jeruk Kalamansi*. Agrotek 11(2): 68-74.
- Rukmana, Rahmat. 2003. *Jeruk Manis*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sandarani, MDJC. 2017. *A Review: Different Extraction Techniques of Pectin*. Journal of Pharmacognosy and Natural Product 3(3): 1-15.
- Santos, H. M., C. Lodeiro, dan J. L. C. Mart Rnez. 2009. *Ultrasound in Chemistry: Analytical Applications*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Portugal.

- Sriamornsak, Pornsak. 2003. *Chemistry of Pectin and Its Pharmaceutical Uses: A Review*. International Journal, Vol. 3. Silpakon University.
- Srivastava, PranatidanMalviya, Rishabha. 2011. *Sources of Pectin and Its Applications in Pharmaceutical Industry-An overview*. Indian Journal of Natural Products and Resources 2(1): 10-18.
- Sufy, Qadrina. 2015. *Pengaruh Variasi Perlakuan Bahan Baku dan Konsentrasi Asam Terhadap Ekstraksi dan Karakteristik Pektin dari Limbah Kulit Pisang Kepok Kuning (Musa balbisiana BBB)*. Skripsi. Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Sulihono, A., B. Tarihoran, dan T. E. Agustina. 2012. *Pengaruh Waktu, Temperatur dan Jenis Pelarut Terhadap Ekstraksi Pektin dari Kulit Jeruk Bali (Citrus maxima)*. Jurnal Teknik Kimia 18(4): 1-8.
- Suryaningtyas, dkk. 2014. *Kemampuan Jeruk Manis (Citrus sinensis) Sebagai Biosorben Logam Berat Krom (VI)*. Program Studi Teknobiologi, Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya.
- Susanti, D., I. Hartati dan Suwardiyono. 2017. *Ekstraksi Berbantu Gelombang Mikro Pektin Albedo Durian (Duriozibethinus murray)*. Inovasi Teknik Kimia 2(1): 19-23.
- Susilo, B., Sumarlan, S. H., Wibisono, Y., dan Puspitasari, N. 2016. *Pengaruh Pretreatment dan Lama Waktu Ekstraksi terhadap Karakteristik Ekstrak Kulit Jeruk Purut (Citrus hystrix D.C) Menggunakan Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)*. Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem, 4(3): 230-241.
- Suslick, K. S. 1988. *Ultrasound: Its Chemical, Physical and Biological Effects*. VHC Publishers, New York.
- Sutrisno. 1988. *Fisika Dasar Gelombang dan Optik*. Bandung: ITB.
- Tafsir Ibnu Katsir. 2004. *Terjemah oleh M. Abdul Ghoffar E.M et al*. Bogor: Pustaka Imam Syafi'i.
- Tarigan, Martha Angelina, Kaban, Irza Menka Devilianny, Hanum, Farida. 2012. *Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang Kepok (Musa paradisiacal)*. Jurnal Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara.
- Torres, N. M., T. A. Talavera, H. E. Andrews, A. S. Contreras, dan N. Pacheco. 2017. *Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources*. Agronomy 7(47): 1-19.
- Trisnobudi, A. 2001. *Instrumentasi Ultrasonik*. Bandung: ITB Press.



Tuhuloula, A., L. Budiartidan E. N. Fitriana. 2013. *Karakterisasi Pektin dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi*. Konversi 2(1): 21-27.

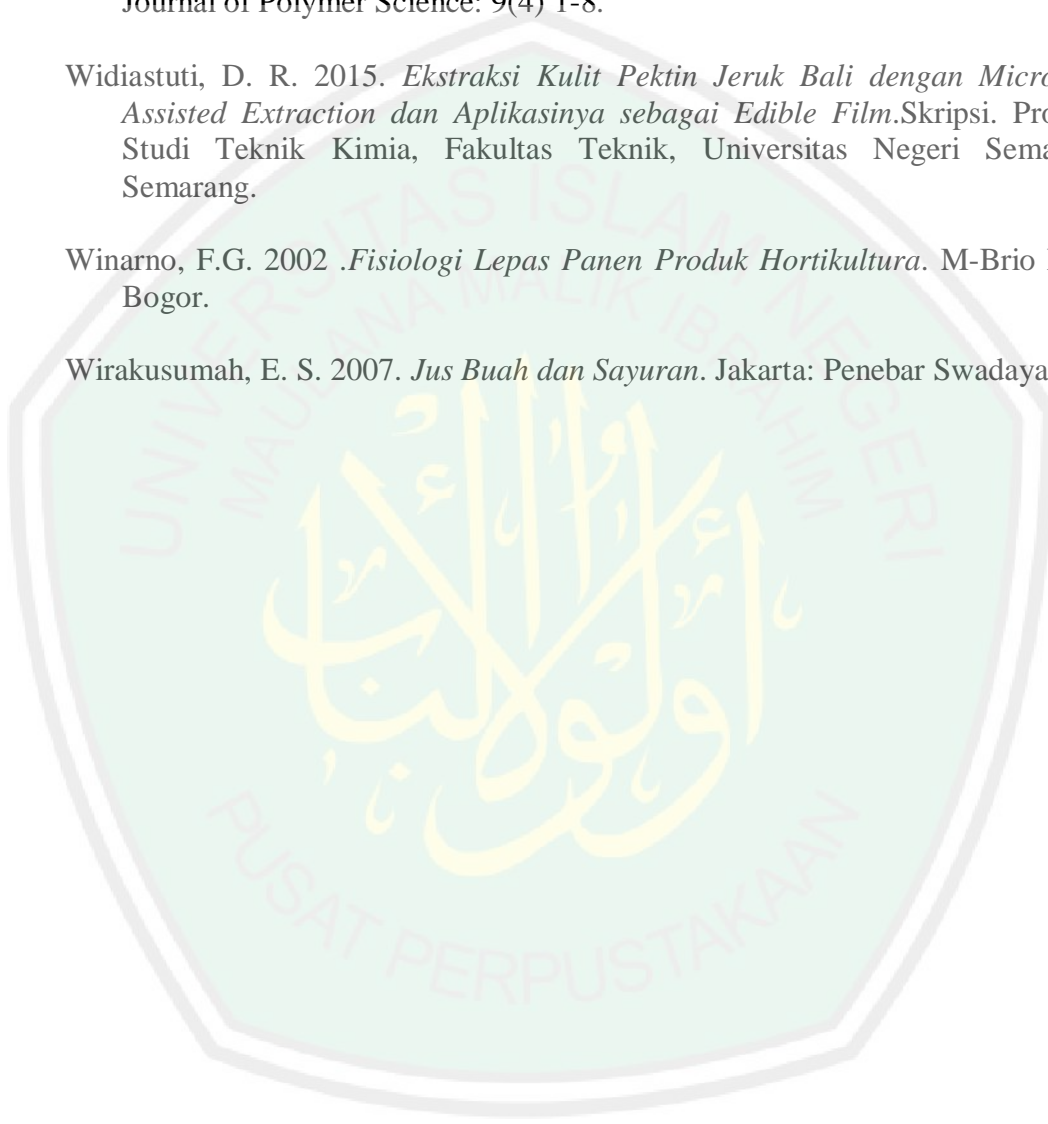
Ulinuha, Achmad Hanif. 2018. *Bunyi Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika FITK UNSIQ 1(1).

V. Batori, dkk. 2017. *Production of Pectin Cellulose Waste Biofilms*. International Journal of Polymer Science: 9(4) 1-8.

Widiastuti, D. R. 2015. *Ekstraksi Kulit Pektin Jeruk Bali dengan Microwave Assisted Extraction dan Aplikasinya sebagai Edible Film*. Skripsi. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Winarno, F.G. 2002. *Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura*. M-Brio Press: Bogor.

Wirakusumah, E. S. 2007. *Jus Buah dan Sayuran*. Jakarta: Penebar Swadaya.





# LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Penelitian



Pengeringan kulit jeruk



Penghalusan kulit jeruk



Larutan pektin



Perlakuan *Ultrasound* terhadap larutan pektin



Penyaringan filtrat pektin



Pengendapan filtrat pektin



Pencucian endapan pektin



Pektin basah



Pektin kering

## Lampiran 2 Perhitungan

## 1. Perhitungan Kadar Metoksil

## ➤ Variasi Taraf Intensitas

Contoh perhitungan kadar metoksil pektin hasil ekstraksi dengan perlakuan variasi taraf intensitas dan waktu perlakuan konstan 30 menit.

Berat sampel pektin = 500 mg

Volume NaOH = 11,5 ml

Konsentrasi NaOH = 0,1 N

$$\begin{aligned} \text{Kadar Metoksil (\%)} &= \frac{\text{ml NaOH} \times 31 \times \text{N NaOH}}{\text{Berat Pektin (mg)}} \times 100\% \\ &= \frac{11,5 \times 31 \times 0,1}{500} \times 100\% \\ &= 7,13\% \end{aligned}$$

## Hasil Perhitungan Kadar Metoksil Variasi Taraf Intensitas

No	Taraf Intenistas (dB)	Berat Pektin (mg)	Volume NaOH (ml)	Konsentrasi NaOH (N)	Kadar Metoksil (%)
1	Kontrol	500	11,5	0,1	7,13
2	86	500	13,7	0,1	8,5
3	88	500	14	0,1	8,7
4	90	500	15,5	0,1	9,61
5	92	500	16,4	0,1	10,17
6	94	500	17,7	0,1	10,97

## ➤ Variasi Waktu Perlakuan

Berikut perhitungan kadar metoksil pektin hasil ekstraksi dengan perlakuan variasi waktu perlakuan tarafintensitas terbaik 94 dB.

## Hasil Perhitungan Kadar Metoksil Variasi Waktu Perlakuan

No	Waktu Perlakuan (menit)	Berat Pektin (mg)	Volume NaOH (ml)	Konsentrasi NaOH (N)	Kadar Metoksil (%)
1	10	500	12,2	0,1	7,56
2	15	500	10,1	0,1	6,26
3	20	500	9,9	0,1	6,14
4	25	500	8,8	0,1	5,45

5	30	500	6	0,1	3,72
---	----	-----	---	-----	------

## 2. Perhitungan Kadar Galakturonat

### ➤ Variasi Taraf Intensitas

Contoh perhitungan kadar galakturonat pektin hasil ekstraksi dengan perlakuan variasi taraf intensitas dan waktu perlakuan konstan 30 menit.

Berat sampel pektin = 500 mg

Volume NaOH berat ekuivalen (z) = 1,43 ml

Volume NaOH kadar metoksil (y) = 11,5 ml

$$\begin{aligned} \text{Kadar Galakturonat (\%)} &= \frac{176 \times 0,1 \times z \times 100}{\text{Berat sampel (mg)}} + \frac{176 \times 0,1 \times y \times 100}{\text{Berat sampel (mg)}} \\ &= \frac{176 \times 0,1 \times 1,43 \times 100}{500} + \frac{176 \times 0,1 \times 11,5 \times 100}{500} \\ &= 45,51\% \end{aligned}$$

### Hasil Perhitungan Kadar Galakturonat Variasi Taraf Intensitas

No	Taraf Intensitas (dB)	Berat Pektin (mg)	Volume NaOH z (ml)	Volume NaOH y (ml)	Kadar Galakturonat (%)
1	Kontrol	500	1,43	11,5	45,51
2	86	500	1,03	13,7	51,85
3	88	500	0,87	14	52,34
4	90	500	0,83	15,5	57,5
5	92	500	1,1	16,4	61,6
6	94	500	1,1	17,7	66,17

### ➤ Variasi Waktu Perlakuan

Berikut perhitungan kadargalakturonat pektin hasil ekstraksi dengan perlakuan variasi waktu perlakuan dan tarafintensitas terbaik 94 dB.

### Hasil Perhitungan Kadar Galakturonat Variasi Waktu Perlakuan

No	Waktu Perlakuan (menit)	Berat Pektin (mg)	Volume NaOH z (ml)	Volume NaOH y (ml)	Kadar Galakturonat (%)
1	10	500	0,9	12,2	46,11
2	15	500	0,87	10,1	38,61

3	20	500	0,83	9,9	37,77
4	25	500	0,7	8,8	33,44
5	30	500	0,9	6	24,29

### 3. Derajat Esterifikasi

#### ➤ Variasi Taraf Intensitas

Berikut hasil perhitungan derajat esterifikasi pektin hasil ekstraksi dengan perlakuan variasi taraf intensitas dan waktu perlakuan konstan 30 menit.

$$\begin{aligned} \text{Derajat Esterifikasi (\%)} &= \frac{176 \times \% \text{ metoksil}}{31 \times \% \text{ galakturonat}} \times 100\% \\ &= \frac{176 \times 7,13}{31 \times 45,51} \times 100\% \\ &= 88,94\% \end{aligned}$$

#### Hasil Perhitungan Derajat Esterifikasi Variasi Taraf Intensitas

No	Taraf Intensitas (dB)	Karakteristik Pektin Hasil Ekstraksi		
		Kadar Metoksil (%)	Kadar Galakturonat (%)	Derajat Esterifikasi (%)
1.	Kontrol	7,13	45,51	88,94
2.	86	8,5	51,85	93,07
3.	88	8,7	52,34	94,37
4.	90	9,61	57,5	94,88
5.	92	10,17	61,6	93,73
6.	94	10,97	66,17	94,12

#### ➤ Variasi Waktu Perlakuan

Berikut perhitungan derajat esterifikasi pektin hasil ekstraksi dengan perlakuan variasi waktu perlakuan dan taraf intensitas terbaik 94 dB.

#### Hasil Perhitungan Kadar Galakturonat Variasi Waktu Perlakuan

No	Waktu Perlakuan (menit)	Karakteristik Pektin Hasil Ekstraksi		
		Kadar Metoksil (%)	Kadar Galakturonat (%)	Derajat Esterifikasi (%)
1.	10	7,56	46,11	93,08
2.	15	6,26	38,61	92,05

3.	20	6,14	37,77	92,3
4.	25	5,45	33,44	92,53
5.	30	3,72	24,29	87

✚ Hasil Rendemen Pektin Kulit Jeruk Variasi Taraf Intensitas

No.	Taraf Intensitas (dB)	Waktu (menit)	Rendemen (%)
1	0	30	8,03
2	86	30	8,50
3	88	30	8,65
4	90	30	8,80
5	92	30	9,20
6	94	30	9,33

✚ Hasil Rendemen Pektin Kulit Jeruk Variasi Waktu Perlakuan

No.	Waktu (menit)	Taraf Intensitas (dB)	Rendemen (%)
1	10	94	0,44
2	15	94	0,48
3	20	94	0,56
4	25	94	0,60
5	30	94	0,64



Lampiran 3 Uji Statistik Karakteristik Pektin

Uji Statistik Kadar Metoksil Variasi Taraf Intensitas

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
86 0	1.34333	0.8857	2.14493	0.66124	0.05	0	-1.63166	4.31832
88 0	1.55	0.8857	2.47492	0.52789	0.05	0	-1.42499	4.52499
88 86	0.20667	0.8857	0.32999	0.99988	0.05	0	-2.76832	3.18166
90 0	2.43867	0.8857	3.89387	0.13448	0.05	0	-0.53632	5.41366
90 86	1.09533	0.8857	1.74894	0.81147	0.05	0	-1.87966	4.07032
90 88	0.88867	0.8857	1.41895	0.90814	0.05	0	-2.08632	3.86366
92 0	3.05867	0.8857	4.88384	0.04267	0.05	1	0.08368	6.03366
92 86	1.71533	0.8857	2.73891	0.42727	0.05	0	-1.25966	4.69032
92 88	1.50867	0.8857	2.40892	0.55424	0.05	0	-1.46632	4.48366
92 90	0.62	0.8857	0.98997	0.97839	0.05	0	-2.35499	3.59499
94 0	3.844	0.8857	6.1378	0.00958	0.05	1	0.86901	6.81899
94 86	2.50067	0.8857	3.99287	0.12037	0.05	0	-0.47432	5.47566
94 88	2.294	0.8857	3.66288	0.17324	0.05	0	-0.68099	5.26899
94 90	1.40533	0.8857	2.24393	0.62109	0.05	0	-1.56966	4.38032

94 92	0.78533	0.8857	1.25396	0.94267	0.05	0	- 2.18966	3.7603 2
----------	---------	--------	---------	---------	------	---	--------------	-------------

Uji Statistik Kadar Metoksil Variasi Waktu Perlakuan

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
15 10	-1.302	0.9413 7	1.95599	0.65068	0.05	0	- 4.40011	1.7961 1
20 10	-1.44667	0.9413 7	2.17333	0.56394	0.05	0	- 4.54478	1.6514 5
20 15	-0.14467	0.9413 7	0.21733	0.99985	0.05	0	- 3.24278	2.9534 5
25 10	-2.08733	0.9413 7	3.1358	0.2485	0.05	0	- 5.18545	1.0107 8
25 15	-0.78533	0.9413 7	1.17981	0.91383	0.05	0	- 3.88345	2.3127 8
25 20	-0.64067	0.9413 7	0.96247	0.9563	0.05	0	- 3.73878	2.4574 5
30 10	-3.86467	0.9413 7	5.80589	0.01423	0.05	1	- 6.96278	- 0.7665 5
30 15	-2.56267	0.9413 7	3.84989	0.1197	0.05	0	- 5.66078	0.5354 5
30 20	-2.418	0.9413 7	3.63256	0.1505	0.05	0	- 5.51611	0.6801 1
30 25	-1.77733	0.9413 7	2.67009	0.38149	0.05	0	- 4.87545	1.3207 8

Uji Statistik Kadar Galakturonat Variasi Taraf Intensitas

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
86 0	6.21867	6.0983 2	1.44212	0.90252	0.05	0	- 14.2651 2	26.702 45
88 0	6.80533	6.0983 2	1.57817	0.86578	0.05	0	- 13.6784 5	27.289 12
88 86	0.58667	6.0983 2	0.13605	1	0.05	0	- 19.8971 2	21.070 45
90 0	11.73333	6.0983 2	2.72098	0.43379	0.05	0	- 8.75045	32.217 12
90 86	5.51467	6.0983 2	1.27886	0.93808	0.05	0	- 14.9691 2	25.998 45
90 88	4.928	6.0983 2	1.14281	0.9605	0.05	0	- 15.5557 8	25.411 78
92 0	16.192	6.0983 2	3.75496	0.15676	0.05	0	- 4.29178	36.675 78
92 86	9.97333	6.0983 2	2.31284	0.59308	0.05	0	- 10.5104 5	30.457 12
92 88	9.38667	6.0983 2	2.17679	0.64836	0.05	0	- 11.0971 2	29.870 45
92 90	4.45867	6.0983 2	1.03397	0.97398	0.05	0	- 16.0251 2	24.942 45
94 0	20.65067	6.0983 2	4.78893	0.04776	0.05	1	0.16688	41.134 45
94 86	14.432	6.0983 2	3.34681	0.2414	0.05	0	- 6.05178	34.915 78
94 88	13.84533	6.0983 2	3.21076	0.27667	0.05	0	- 6.63845	34.329 12
94 90	8.91733	6.0983 2	2.06795	0.69212	0.05	0	- 11.5664 5	29.401 12
94 92	4.45867	6.0983 2	1.03397	0.97398	0.05	0	- 16.0251 2	24.942 45

Uji Statistik Kadar Galakturonat Variasi Waktu Perlakuan

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
15 10	-7.50933	3.0820 9	3.44564	0.1825	0.05	0	- 17.6527 6	2.6340 9
20 10	-8.56533	3.0820 9	3.93019	0.10988	0.05	0	- 18.7087 6	1.5780 9
20 15	-1.056	3.0820 9	0.48454	0.99653	0.05	0	- 11.1994 2	9.0874 2
25 10	-13.61067	3.0820 9	6.24523	0.00891	0.05	1	- 23.7540 9	- 3.4672 4
25 15	-6.10133	3.0820 9	2.79959	0.34036	0.05	0	- 16.2447 6	4.0420 9
25 20	-5.04533	3.0820 9	2.31504	0.5087	0.05	0	- 15.1887 6	5.0980 9
30 10	-17.13067	3.0820 9	7.86038	0.00174	0.05	1	- 27.2740 9	- 6.9872 4
30 15	-9.62133	3.0820 9	4.41473	0.06501	0.05	0	- 19.7647 6	0.5220 9
30 20	-8.56533	3.0820 9	3.93019	0.10988	0.05	0	- 18.7087 6	1.5780 9
30 25	-3.52	3.0820 9	1.61515	0.78188	0.05	0	- 13.6634 2	6.6234 2

Uji Statistik Derajat Esterifikasi Variasi Taraf Intensitas

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
86 0	3.01433	4.05518	1.05123	0.97209	0.05	0	-10.6067	16.63537
88 0	4.21833	4.05518	1.47111	0.89522	0.05	0	-9.4027	17.83937
88 86	1.204	4.05518	0.41989	0.9996	0.05	0	-12.41703	14.82503
90 0	4.862	4.05518	1.69558	0.82933	0.05	0	-8.75903	18.48303
90 86	1.84767	4.05518	0.64436	0.99689	0.05	0	-11.77337	15.4687
90 88	0.64367	4.05518	0.22447	0.99998	0.05	0	-12.97737	14.2647
92 0	3.79267	4.05518	1.32266	0.92947	0.05	0	-9.82837	17.4137
92 86	0.77833	4.05518	0.27144	0.99995	0.05	0	-12.8427	14.39937
92 88	-0.42567	4.05518	0.14845	1	0.05	0	-14.0467	13.19537
92 90	-1.06933	4.05518	0.37292	0.99978	0.05	0	-14.69037	12.5517
94 0	4.418	4.05518	1.54074	0.87651	0.05	0	-9.20303	18.03903
94 86	1.40367	4.05518	0.48952	0.99916	0.05	0	-12.21737	15.0247
94 88	0.19967	4.05518	0.06963	1	0.05	0	-13.42137	13.8207
94 90	-0.444	4.05518	0.15484	1	0.05	0	-14.06503	13.17703
94 92	0.62533	4.05518	0.21808	0.99998	0.05	0	-12.9957	14.24637

Uji Statistik Derajat Esterifikasi Variasi Waktu Perlakuan

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
15 10	-0.99567	13.090 16	0.10757	0.9999 9	0.05	0	- 44.0764 6	42.085 13
20 10	-0.633	13.090 16	0.06839	1	0.05	0	- 43.7137 9	42.447 79
20 15	0.36267	13.090 16	0.03918	1	0.05	0	- 42.7181 3	43.443 46
25 10	2.34133	13.090 16	0.25295	0.9997 3	0.05	0	- 40.7394 6	45.422 13
25 15	3.337	13.090 16	0.36052	0.9989	0.05	0	- 39.7437 9	46.417 79
25 20	2.97433	13.090 16	0.32134	0.9993	0.05	0	- 40.1064 6	46.055 13
30 10	-24.06	13.090 16	2.59935	0.4052 4	0.05	0	- 67.1407 9	19.020 79
30 15	-23.06433	13.090 16	2.49179	0.4429 8	0.05	0	- 66.1451 3	20.016 46
30 20	-23.427	13.090 16	2.53097	0.4290 1	0.05	0	- 66.5077 9	19.653 79
30 25	-26.40133	13.090 16	2.8523	0.3245 2	0.05	0	- 69.4821 3	16.679 46



**KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana NO.50 Dinoyo Malang (0341)551345 Fax. (0341)572533

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : FAKHRIYAH  
NIM : 16640026  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika  
Judul Skripsi : Pengaruh Gelombang Ultrasonik terhadap Kadar Metoksil, Galakturonat dan Derajat Esterifikasi Rendemen Pektin Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*).  
Pembimbing I : Drs. H. M. Tirono, M.Si  
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si

No.	Tanggal	HAL	TandaTangan
1	28 Januari 2020	Konsultasi Bab I, II dan III	
2	18 Februari 2020	ACC Bab I, II dan III	
3	21 September 2020	Konsultasi Data dan Bab IV	
4	29 September 2020	ACC Data dan Bab IV	
5	5 November 2020	Konsultasi Bab IV dan V	
6	3 November 2020	Konsultasi Integrasi	
7	11 November 2020	ACC Integrasi	
8	15 November 2020	Konsultasi abstrak dan semua bab	
9	18 November 2020	Konsultasi abstrak dan semua bab	
10	27 November 2020	ACC abstrak dan semua bab	
11	9 Desember 2020	ACC Integrasi	
12	10 Desember 2020	ACC tulisan semua bab dan abstrak	

Malang, 10 Desember 2020  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003