



**EKSTRAKSI PEKTIN KULIT JERUK BALI
DENGAN *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION*
DAN APLIKASINYA SEBAGAI *EDIBLE FILM***

TUGAS AKHIR

**Disajikan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Ahli Mada Program Studi Teknik Kimia**

oleh
Diah Restu Widiastuti
5511312024

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama mahasiswa : Diah Restu Widiastuti
NIM : 5511312024

TUGAS AKHIR

Judul: Ekstraksi Pektin Kulit Jeruk Bali dengan *Microwave Assisted Extraction*
dan Aplikasinya sebagai *Edible Film*

Telah disetujui oleh Pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian tugas
akhir

Pembimbing



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

PENGESAHAN KELULUSAN

Tugas Akhir


Judul : *Estraksi Pektin Kulit Jeruk Bali dengan Microwave Assisted Extraction dan Aplikasinya sebagai Edible Film*

oleh : Diah Restu Widiastuti
5511312024

telah dipertahankan dalam sidang ujian tugas akhir Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, dan disahkan pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 25 Februari 2015

Dekan,




Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP. 196602151991021001

Ketua Program Studi,




Prima Astuti Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197203252000032001

Penguji



Dr. Ratna Dewi Kusumaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 197603112000122001

Pembimbing



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

“**Man jadda wa jadda**” barang siapa bersungguh-sungguh dia akan berhasil

“**Man shabara zhafira**” barang siapa bersabar dia akan beruntung

“**Man sara ala darbi wa shala**” siapa berjalan pada jalan-Nya, dia akan sampai

**“Bukan setinggi apa derajat kita, bukan seberapa banyak harta kita,
bukan pula seberapa tinggi ilmu kita, namun.....
seberapa bermanfaat diri kita untuk alam semesta”**

Persembahan:

*“sungguh atas kehendak Allah semua ini terwujud, tiada
kekuatan kecuali dengan pertolongan Allah”
(Q.S Al Kahfi: 39)*

Kupersembahkan karya kecil ini...

- ♥ untuk kedua orang tuaku tercinta yang tiap detik dalam helaan nafasnya selalu terselip doa untukku. Terima kasih, tanpamu aku bukanlah siapa-siapa
- ♥ untuk kedua adikku, Agung dan Ajeng yang selalu mau kurepotkan selama ini dan selalu menyayangiku.
- ♥ untuk pak uyuku tercinta Taufiq Nur S.Pd.,Gr yang selalu memberikan support dan kasih sayangnya selama ini. ☺
- ♥ untuk LEKMAPALA tercinta. Terima kasih atas semuanya.
- ♥ untuk saudara-saudaraku LEK XIV, *I'll miss you* ☺
- ♥ untuk almamaterku tercinta.

Semoga karya mungil ini menjadi amal shaleh bagiku dan menjadi kebanggaan bagi keluargaku tercinta.

*“sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan”
(Al Insyirah: 6)*

INTI SARI

Widiastuti, D, Restu. 2015. *Ekstraksi Pektin Kulit Jeruk Bali dengan Metode Microwave Assisted Extraction dan Aplikasinya Sebagai Edible Film*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Kimia D3, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Pembimbing Dr. Megawati, S.T., M.T.

Plastik yang kita gunakan sehari-hari untuk membungkus makanan terbuat dari bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan dan tidak ramah lingkungan. Salah satu alternatif pemecahan masalah ini yaitu dengan membuat *edible film* dari pektin kulit jeruk bali. Jeruk bali dipilih karena ketersediaannya yang melimpah dan sangat murah. *Edible film* adalah lapisan tipis yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat dimakan, dibentuk melapisi komponen makanan (*coating*) atau diletakkan di antara komponen makanan (*film*) yang berfungsi sebagai barrier terhadap transfer massa misalnya kelembaban, oksigen, lemak, dan cahaya.

Salah satu bahan dasar pembuatan *edible film* adalah pektin. Pektin merupakan senyawa polisakarida kompleks dengan komponen utama asam D-galakturonat. Pektin dapat diperoleh dari kulit buah-buahan, salah satunya adalah kulit jeruk bali. Kulit jeruk bali mengandung pektin $\pm 26,7\%$ yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan *edible film*. Teknologi *Microwave Assisted Extraction* (MAE) merupakan teknik untuk mengekstraksi bahan-bahan terlarut di dalam bahan tanaman dengan bantuan energi gelombang mikro. Teknologi ini sudah pernah dilakukan namun pektin kulit jeruk bali yang didapat belum maksimal, maka dari itu dilakukan penelitian lain untuk mengetahui kondisi yang lebih ideal untuk mendapatkan pektin yang maksimal. Ekstraksi dilakukan dengan variasi daya dan waktu ekstraksi, kemudian pektin yang didapat digunakan sebagai bahan pembuatan *edible film*. Variasi daya dilakukan pada 180, 300, 450, dan 600 W dengan berat bahan 10 g dalam 300 mL pelarut asam klorida dengan waktu ekstraksi 20 menit, sedangkan variasi waktu ekstraksi dilakukan pada 10, 15, 20, 25, dan 30 menit dengan berat bahan 10 g dalam 300 mL pelarut asam klorida dan daya 300 W. Pektin yang diperoleh dilakukan uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan selanjutnya digunakan sebagai bahan pembuatan *edible film*.

Data percobaan yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa kondisi operasi yang sesuai dalam ekstraksi pektin kulit jeruk bali menggunakan metode MAE ini yaitu pada daya 300 W dalam waktu 20 menit. Percobaan dengan 10 g kulit jeruk bali dalam 300 mL pelarut asam klorida 0,2 N menghasilkan yield sebesar 40,5%. Pektin yang dihasilkan sudah memenuhi standar mutu pektin berdasarkan *International Pectin Producers Association*. Pektin hasil ekstraksi kemudian dijadikan *edible film*. *Edible film* yang dihasilkan memiliki kualitas yang cukup menjanjikan untuk dijadikan komoditi pangan.

Kata kunci: *edible film*, kulit jeruk, *Microwave Assisted Extraction*, pektin.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya penulis dapat melaksanakan keseluruhan proses penyusunan Tugas Akhir dengan lancar tanpa suatu halangan yang berarti.

Laporan ini penulis susun guna memenuhi mata kuliah Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat kelulusan di Prodi Teknik Kimia D3 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prima Astuti Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Ibu Dr. Megawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing.
3. Ibu Dr. Ratna Dewi Kusumaningtyas, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji.
4. Bapak Danang S. Hadikawuryan selaku laboran di Laboratorium Teknik Kimia.
5. Para Dosen di Prodi Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
6. Teman-teman Teknik Kimia D3 atas segala bantuannya.
7. Keluarga tercinta atas doa serta dukungan moril dan materiil.
8. Semua pihak yang turut membantu atas tersusunnya Tugas Akhir ini.

Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semuanya. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan.

Semarang, 24 Februari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Isi	Halaman
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN KELULUSAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
INTI SARI.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan.....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat.....	5
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	6
2.1. Jeruk Bali.....	6
2.2. Pektin.....	7
2.2.1. Pengertian dan Sumber Pektin	7
2.2.2. Struktur dan Komposisi Kimia Pektin	10
2.2.3. Sifat-sifat Pektin.....	11
2.2.4. Proses Pemungutan Pektin	14
2.2.5. Aplikasi Pektin	19
2.3. <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	22
2.4. Edible Film	23

2.4.1.	Definisi dan fungsi <i>edible film</i>	23
2.4.2.	Mekanisme Pembentukan <i>Edible Film</i>	25
2.4.3.	Sifat-Sifat <i>Edible Film</i>	27
BAB III. PROSEDUR KERJA		30
3.1	Alat	30
3.2	Bahan	30
3.3	Sifat Fisika dan Kimia Bahan	31
3.4	Rangkaian Alat	34
3.5	Cara Kerja	35
3.4.1	Ekstraksi Pektin dengan Metode Konvensional	35
3.4.2	Ekstraksi Pektin Metode MAE dengan Variasi Daya	35
3.4.3	Ekstraksi Pektin Metode MAE dengan Variasi Waktu	36
3.4.4	Analisa Pektin	36
3.4.5	Pembuatan <i>Edible Film</i> dan Aplikasinya	38
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1.	Preparasi Bahan Baku	40
4.2.	Ekstraksi Pektin menggunakan Metode Konvensional	41
4.3.	Ekstraksi Pektin menggunakan Metode MAE	42
4.3.1.	Ekstraksi Pektin Metode MAE dengan Variasi Daya	43
4.3.2.	Ekstraksi Pektin Metode MAE dengan Variasi Waktu	44
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN		54
5.1	Simpulan	54
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Pektin Pada Berbagai Sayuran dan Buah-buahan.....	10
Tabel 2.2 Standar Mutu Pektin	10
Tabel 2.3 Tabel Karakteristik Kandungan Metoksil	12
Tabel 4.1 Pengaruh Daya Terhadap Yield Pektin	43
Tabel 4.2 Yield Pektin Variasi Waktu	45
Tabel 4.3 Yield Pektin Literatur dengan Variasi Waktu Metode Konvensional ..	45
Tabel 4.4 Yield Pektin Literatur Variasi Waktu Metode MAE	46
Tabel 4.5 Komposisi Senyawa Pektin Literatur.....	48
Tabel 4.6 Komposisi Senyawa Pektin Hasil Percobaan.....	48
Tabel 4.7 Hasil Analisa Pektin Kulit Jeruk Bali Hasil Percobaan	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Irisan Bagian Luar dan Dalam Jeruk Bali	3
Gambar 2.1 Struktur Dinding Sel Tanaman.....	8
Gambar 2.2 Struktur Kimia Asam α -Galakturonat	11
Gambar 2.3 Struktur Kimia Asam Poligalakturonat	11
Gambar 2.4 Spektrum FTIR Pektin Kulit Jeruk Bali	14
Gambar 2.5 Skema Perubahan Protopektin	14
Gambar 3.1 Seperangkat Alat Ekstraksi Menggunakan MAE.....	34
Gambar 3.2 Seperangkat Alat Pembuatan <i>Edible Film</i>	34
Gambar 4.1 Serbuk Kulit Jeruk Bali Kering.....	40
Gambar 4.2 Gel Pektin.....	41
Gambar 4.3 Serbuk Pektin	42
Gambar 4.4 Yield Pektin Kulit Jeruk Bali Variasi Daya	44
Gambar 4.5 Yield Pektin Kulit Jeruk Bali Variasi Waktu	46
Gambar 4.6 Spektrum Pektin Kulit Jeruk Bali Hasil Percobaan	47
Gambar 4.7 Kenampakan Stroberi Setelah Disimpan 3 Hari	51
Gambar 4.8 Kenampakan Jenang Setelah Disimpan 3 Hari	52
Gambar 4.9 Lembaran <i>Edible Film</i>	53
Gambar 4.10 Jenang yang Dibungkus <i>Edible Film</i>	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Preparasi Bahan	57
Lampiran 2. Skema Kerja Ekstraksi Pektin Metode Konvensional.....	58
Lampiran 3. Skema Kerja Ekstraksi Pektin Menggunakan Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	59
Lampiran 4. Skema Kerja Pemurnian Pektin.....	600
Lampiran 5. Skema Kerja Pembuatan <i>Edible Film</i>	61
Lampiran 6. Skema Kerja Analisis Sifat Fisika Kimia Pektin.....	62
Lampiran 7. Data Pengamatan	64
Lampiran 8. Spektra Infra Merah Pektin Kulit Jeruk Bali (<i>Citrus maxima</i>).....	69
Lampiran 9. Analisis Yield Pektin	70
Lampiran 10. Analisis Sifat Fisika Kimia Pektin Kulit Jeruk Bali	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik merupakan salah satu bahan yang paling umum kita gunakan dengan beberapa keunggulan, yaitu: ringan, kuat, mudah di bentuk, anti karat, tahan terhadap bahan kimia, mempunyai sifat isolasi yang tinggi dan dapat berubah warna dengan proses produksi yang relatif lebih murah. Namun dibalik keunggulan-keunggulan itu, plastik juga memiliki banyak dampak negatif diantaranya tidak aman untuk kesehatan dan mencemari lingkungan karena proses penguraiannya yang berlangsung sangat lama. Dewasa ini plastik yang masih diijinkan penggunaannya yaitu plastik yang berbahan dasar HDPE (*High Density Poliethylen*), LDPE (*Low Density Poliethylen*), SAN (*Styrene Acrylonitrile*), ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), dan polipropilen. Walaupun penggunaan plastik masih diperbolehkan namun tetap dikhawatirkan dampak buruknya bagi kesehatan. Polimer-polimer dari plastik dapat bermigrasi ke dalam makanan terutama pada suhu yang tinggi. Keberadaan polimer plastik di dalam makanan ini akan berpindah ke dalam tubuh dan semakin lama akan menyebabkan berbagai macam penyakit, seperti kerusakan organ hati, ginjal, bahkan otak.

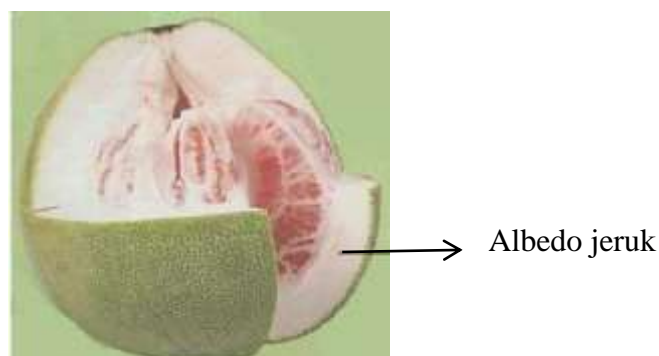
Kebutuhan plastik yang aman bagi kesehatan dan tidak mencemari lingkungan sekarang ini menjadi perhatian utama masyarakat dunia. Untuk itulah dicari alternatif pembuatan plastik yang aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan. Salah satunya mengubah bahan dasar pembuatan plastik yang mulanya berbahan dasar minyak bumi menjadi bahan organik. Bahan-bahan organik ini diantaranya pektin, karagenan, alginat, pati dan sebagainya.

Edible film adalah lapisan tipis yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat dimakan, dibentuk melapisi komponen makanan (*coating*) atau diletakkan di antara komponen makanan (*film*) yang berfungsi sebagai barier terhadap transfer massa (misalnya kelembaban, oksigen, lipid, cahaya, dan zat larut), dan atau sebagai *carrier* bahan makanan atau bahan tambahan, serta untuk mempermudah penanganan makanan (Krochta dan De Mulder-Johnson, 1997 dalam Rachmawati,

2009). Keuntungan *edible film* antara lain dapat dikonsumsi langsung bersama produk yang dikemas, tidak mencemari lingkungan, memperbaiki sifat organoleptik produk yang dikemas, sebagai suplemen penambah nutrisi, sebagai flavor, pewarna, zat antimikroba, dan antioksidan (Murdianto, 2005 dalam Ulinuha, 2014) Bahan film yang dipilih harus memenuhi beberapa kriteria sebagai *edible film* yaitu mampu menahan permeasi oksigen dan uap air, tidak berwarna, tidak berasa, tidak menimbulkan perubahan pada sifat makanan, dan harus aman dikonsumsi (Krochta, 1994 dalam Herdigenarosa, 2013).

Pektin merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan *edible film*. Pektin terletak pada bagian tengah lamella pada dinding sel. Pada dasarnya semua tanaman yang berfotosintesis tanpa kecuali mengandung pektin namun dalam jumlah yang berbeda tergantung pada jenis tanaman dan tingkat kematangannya (Meilina, 2008).

Jeruk bali merupakan tanaman buah yang mengandung banyak komponen nutrisi yang terkandung di dalamnya. Sebagian besar komponen jeruk bali terletak pada kulitnya, diantaranya terdapat senyawa alkaloid, flavonoid, likopen, vitamin C, serta yang paling dominan adalah pektin dan tanin. Produksi jeruk bali diberbagai daerah di Indonesia mencapai 110.000 ton pertahunnya dan hampir 50% kulit jeruk bali belum sepenuhnya termanfaatkan, padahal kulit jeruk bali yang memiliki tebal 1,5 – 2 cm tersebut dapat digunakan sebagai sumber pektin yang cukup potensial (Suhendra, 2013). Kandungan pektin jeruk bali terbanyak terdapat dalam lapisan di antara dinding-dinding sel albedo antara 20 - 35%. Kulit jeruk bali terdiri atas 3 lapisan yaitu kulit luar, kulit bagian tengah dan dalam. Albedo kulit jeruk bali (Gambar 1) terdapat pada kulit bagian tengah dan dalam yang berwarna putih dan merah muda. Di berbagai daerah, albedo ini biasanya dibuang begitu saja. Padahal di dalam albedo ini terkandung zat yang sangat bermanfaat yaitu pektin (Sarwono, 1986 dalam Kristiyani, 2008).



Gambar 1. Irisan Bagian Luar dan Dalam Jeruk Bali

Ekstraksi pektin kulit buah jeruk bali pernah diteliti dan diketahui bahwa untuk memperoleh persen yield pektin paling besar yaitu dengan menggunakan pelarut asam klorida pada suhu ekstraksi 80°C dan waktu ekstraksi 2 jam. Hal ini disebabkan semakin tinggi derajat keasaman pelarut, suhu dan waktu pemanasan yang digunakan maka yield pektin yang diperoleh semakin besar (Sulihono dkk., 2012). Ekstraksi pektin kulit buah jeruk dengan pelarut asam oksalat menggunakan radiasi gelombang mikro *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dengan pengaruh variasi waktu pernah dilakukan (Quoc, 2014) namun rendemen yang didapatkan masih rendah dikarenakan daya yang digunakan terlalu besar sehingga pektin terdegradasi. Selain itu waktu ekstraksi juga terlalu singkat sehingga kandungan pektin dalam bahan belum terlarut semua ke dalam solven.

Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan penelitian kembali untuk memperbaiki temuan-temuan yang sudah ada. Ekstraksi pektin kulit buah jeruk bali dipilih karena ketersediaan bahannya yang sangat melimpah. Oleh karena itu ekstraksi pektin kulit jeruk bali dengan pelarut asam klorida menggunakan radiasi gelombang mikro sebagai sumber energi dengan variasi daya dan waktu ekstraksi dan aplikasinya sebagai *edible film* perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi terbaik dalam ekstraksi pektin kulit jeruk bali.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh penggunaan radiasi gelombang mikro sebagai sumber energi untuk ekstraksi pektin kulit jeruk bali menggunakan pelarut asam klorida?
- b. Bagaimana pengaruh daya terhadap yield pektin kulit jeruk bali yang dihasilkan menggunakan metode MAE?
- c. Bagaimana pengaruh waktu terhadap yield pektin kulit jeruk bali yang dihasilkan menggunakan metode MAE?
- d. Bagaimana kualitas pektin kulit jeruk bali yang dihasilkan menggunakan metode MAE?
- e. Bagaimana kualitas *edible film* dari pektin kulit jeruk bali yang dihasilkan menggunakan metode MAE?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh penggunaan MAE sebagai sumber energi terhadap ekstraksi pektin kulit buah jeruk bali (*Citrus maxima*).
- b. Mengetahui pengaruh daya terhadap yield pektin kulit buah jeruk bali yang dihasilkan menggunakan metode MAE.
- c. Mengetahui pengaruh waktu terhadap yield pektin kulit buah jeruk bali yang dihasilkan menggunakan metode MAE.
- d. Mengetahui kualitas pektin kulit jeruk bali yang dihasilkan menggunakan metode MAE.
- e. Mengetahui kualitas *edible film* dari pektin kulit jeruk bali yang dihasilkan menggunakan metode MAE.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diberikan dari tugas akhir ini antara lain:

- a. Memanfaatkan limbah kulit jeruk bali untuk diambil pektinnya.
- b. Memanfaatkan pektin kulit jeruk bali sebagai *edible film*.
- c. Memberikan alternatif kemasan yang aman untuk tubuh dan ramah lingkungan.
- d. Meningkatkan nilai ekonomis dari kulit jeruk bali dengan menggunakannya sebagai bahan *edible film*.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Jeruk Bali

Jeruk bali (*Citrus maxima*) merupakan tanaman buah yang mengandung banyak komponen nutrisi yang terkandung di dalamnya. Sebagian besar komponen jeruk bali terletak pada kulitnya, di antaranya terdapat senyawa alkaloid, flavonoid, likopen, vitamin C, serta yang paling dominan adalah pektin dan tanin. Produksi jeruk bali di berbagai daerah di Indonesia mencapai 110.000 ton pertahunnya dan hampir 50% kulit jeruk yang dihasilkan belum dimanfaatkan (Suhendra, 2013).

Citrus maxima adalah tumbuhan menahun (perennial) dengan karakteristik tinggi pohon 5 - 15 meter. Batang tanaman agak kuat, garis tengah 10 - 30 meter, berkulit agak tebal, kulit bagian luar berwarna coklat kekuningan, bagian dalam berwarna kuning. Pohon jeruk mempunyai banyak cabang yang terletak saling berjauhan dan merunduk pada bagian ujungnya. Cabang yang masih muda bersudut dan berwarna hijau, namun lama-lama menjadi berbentuk bulat dan berwarna hijau tua. Tajuk pohon agak rendah dan tidak teratur. Klasifikasi ilmiah jeruk bali:

Kerajaan : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Sapindales
Famili : Rutaceae
Genus : Citrus
Spesies : *C. grandis*, *C. maxima*

Jeruk dapat tumbuh di sembarang tempat. Namun, tanaman ini akan memberikan hasil optimum bila ditanam di lokasi yang sesuai. Ketinggian tempat yang sesuai untuk tanaman ini yaitu dataran rendah sampai 700 m di atas permukaan laut. Sedangkan yang ditanam di atas ketinggian tersebut rasa buahnya lebih asam. Suhu optimum yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya berkisar

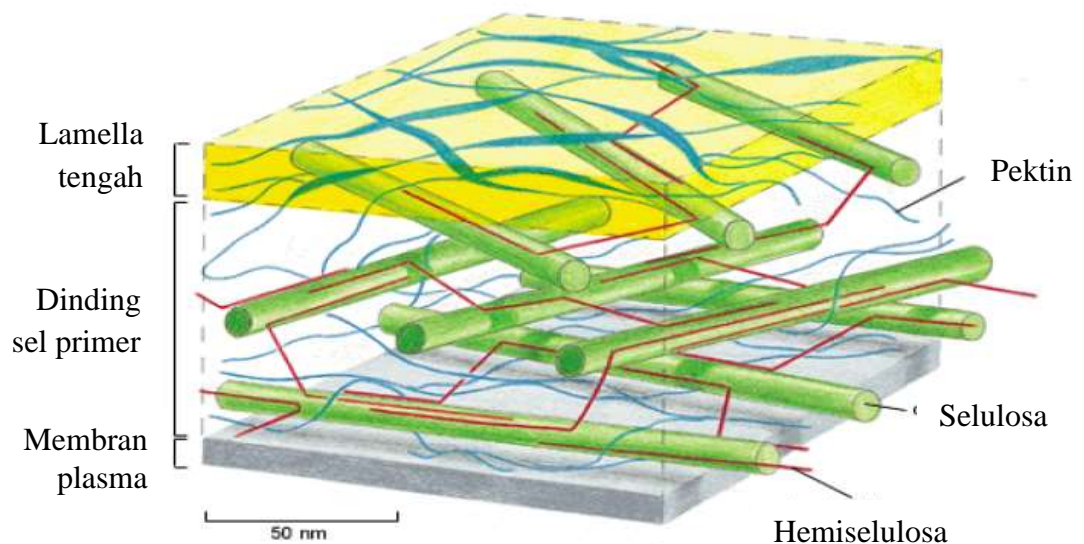
antara 25-30° C. Sedangkan sinar matahari harus penuh agar produksinya optimum. Tanah yang disukai tanaman jeruk ialah jenis tanah gembur, porous, dan subur. Kedalaman air tanahnya tidak lebih dari 1,5 m pada musim kemarau dan tidak boleh kurang dari 0,5 m pada musim hujan. Tanah tidak boleh tergenang air karena akar akan mudah terserang penyakit. Tanah yang baik untuk tanaman jeruk harus ber-pH 5-6. Curah hujannya yang cocok berkisar antara 1.000-1.200 mm per tahun dengan kelembapan udara 50-85%.

Pohon jeruk bali akan aktif berbuah mulai tahun ketiga dari penanaman. Setiap tahun, jumlah panen akan bertambah seiring pertumbuhan pohon. Pohon jeruk bali akan menghasilkan buah maksimal di usia tujuh atau delapan tahun. Ketika itu, satu pohon bisa menghasilkan sekitar 400 hingga 500 buah dalam sekali panen. Pohon jeruk bali berusia cukup panjang, pohon yang sudah berumur sekitar 23 tahun pun masih tetap berbuah. Panen dilakukan sebanyak dua kali dalam satu tahun, antara bulan Februari hingga Mei dan selama bulan Oktober sampai November. Meski panen besar hanya berlangsung dua kali setahun, sejatinya pohon pomelo berbuah sepanjang tahun, walau jumlahnya tidak sebanyak ketika panen raya. Per batang mungkin sekitar 15 atau 20 buah, paling banyak 50 buah (Rahmawati, 2010). Secara fisiologis buah telah matang sekitar 7-8 bulan sejak bunga mekar. Ciri buah siap petik, antara lain warna kulit mulai agak menguning, ujung buah agak rata, kulit buah terasa lebih halus, bulu pada kulit mulai hilang, dan bila buah ditimbang-timbang terasa berisi (Alfarisi, 2013)

2.2. Pektin

2.2.1. Pengertian dan Sumber Pektin

Pektin adalah substansi alami yang terdapat pada sebagian besar tanaman pangan. Selain sebagai elemen struktural pada pertumbuhan jaringan dan komponen utama dari lamella tengah pada tanaman, pektin juga berperan sebagai perekat dan menjaga stabilitas jaringan dan sel (Herbstreith dan Fox, 2005 dalam Hariyati, 2006). Kata pektin berasal dari bahasa Latin “pectos” yang berarti pengental atau yang membuat sesuatu menjadi keras/padat. Pektin ditemukan oleh Vauquelin dalam jus buah sekitar 200 tahun yang lalu. Pada tahun 1790, pektin belum diberi nama. Nama pektin pertama kali digunakan pada tahun 1824, yaitu ketika Braconnot melanjutkan penelitian yang dirintis oleh Vauquelin. Braconnot menyebut substansi pembentuk gel tersebut sebagai asam pektat (Herbstreith dan Fox, 2005 dalam Hariyati, 2006). Gambar 2.1 menunjukkan senyawa pektin pada dinding sel tanaman (IPPA, 2002 dalam Hariyati, 2006).



Gambar 2.1. Struktur Dinding Sel Tanaman

Pektin tersusun atas asam pektat, asam pektinat dan protopektin (Hanum dkk., 2012) yang dijelaskan sebagai berikut:

1) Asam Pektat

Asam pektat adalah senyawa asam galakturonat yang bersifat koloid dan pada dasarnya bebas dari kandungan metil ester (Hanum dkk., 2012). Asam pektat merupakan senyawa pektin dengan gugus karboksil yang tidak teresterifikasi pada asam galakturonat. Asam pektat bersifat tidak larut dalam air dan tidak membentuk gel. Namun, jika membentuk garam, asam pektat disebut pektat dan dapat larut dalam air (Perina, 2007).

2) Asam Pektinat

Asam pektinat adalah asam poligalakturonat yang bersifat koloid dan mengandung sejumlah metil ester (Hanum dkk., 2012). Pektin memiliki derajat netralisasi yang berbeda-beda. Pektinat yang mengandung metil ester yang cukup yaitu lebih dari 50% dari seluruh karboksil disebut pektin. Pektin ini terdispersi dalam air dan dapat membentuk garam yang disebut garam pektinat. Dalam bentuk garam ini, pektin berfungsi dalam pembuatan jeli dengan keberadaan gula dan asam (Perina, 2007).

3) Protopektin

Protopektin merupakan senyawa-senyawa pektin yang terdapat pada tanaman yang masih muda atau pada buah-buahan yang belum matang. Protopektin tidak larut dalam air. Namun, jika dipanaskan dalam air yang mengandung asam, maka protopektin dapat diubah menjadi pektin dan terdispersi dalam air. Protopektin akan menjadi pektin yang larut dengan adanya hidrolisis asam, secara enzimatik dan secara fisis oleh pemanasan. Hasil dari hidrolisis adalah asam pektinat (Perina, 2007).

Pektin yang dimanfaatkan untuk makanan merupakan suatu polimer yang berisi unit asam galakturonat (sedikitnya 65%). Kelompok asam tersebut bisa dalam bentuk asam bebas, metil ester, garam sodium, kalium, kalsium atau

ammonium, dan dalam beberapa kelompok pektin amida (IPPA, 2002 dalam Hariyati, 2006). Komposisi kandungan protopektin, pektin, dan asam pektat di dalam buah sangat bervariasi tergantung pada derajat kematangan buah. Pada umumnya, protopektin yang tidak larut itu lebih banyak terdapat pada buah-buahan yang belum matang (Winarno, 1997 dalam Hariyati, 2006).

Kandungan pektin dalam tanaman sangat bervariasi, baik berdasarkan jenis tanamannya maupun dari bagian-bagian jaringannya. Bagian kulit dan albedo buah jeruk lebih banyak mengandung pektin daripada jaringan parenkimnya (Winarno, 1997 dalam Hariyati, 2006).

Menurut Kertesz (1951) dalam Tuhuloula (2013) menyatakan bahwa pektin dijumpai pada buah-buahan dan sayur-sayuran serta dalam jumlah kecil ditemukan pada serelia. Kandungan pektin dari beberapa sayuran dan buah-buahan dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan standar mutu pektin berdasarkan standar mutu *International Pectin Producers Association* dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.1 Komposisi Pektin Pada Berbagai Sayuran an Buah-buahan

Jenis Bahan	Kandungan Pektin (% berat)
Apel:	
Kulit	17,44
Daging	17,63
Jeruk (<i>Grape Fruit</i>)	
Albedo	16,4
Flavedo	14,2
Jambu biji	3,4
Terong	11
Bawang Bombay	4,8
Tomat:	
Hijau	3,43
Kuning	4,65
Merah	4,63
Kubis	4,57
Wortel	7,14
Bayam	11,58
Pisang	22,4

(Sumber: Tuhuloula, 2013)

Tabel 2.2 Standar Mutu Pektin Berdasarkan Standar Mutu *International Pectin Producers Association*

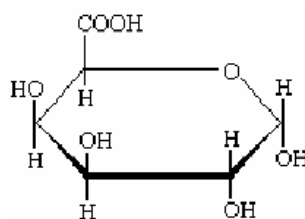
Faktor Mutu	Kandungan
Kekuatan gel, <i>grade min</i>	150
Kandungan metoksil	
Pektin metoksil tinggi, %	>7, 12
Pektin metoksil rendah, %	2,5 – 7,12
Kadar asam galakturonat, % min	35
Kadar air, % maks.	12
Kadar abu, % maks.	10
Derajat esterifikasi untuk	
Pektin ester tinggi, % min.	50
Pektin ester rendah, % maks.	50
Bilangan asetil, %	0,15 – 0,45
Berat Ekuivalen	600 – 800

(Sumber: Tarigan dkk., 2012 dalam Tuhuloula, 2013)

2.2.2. Struktur dan Komposisi Kimia Pektin

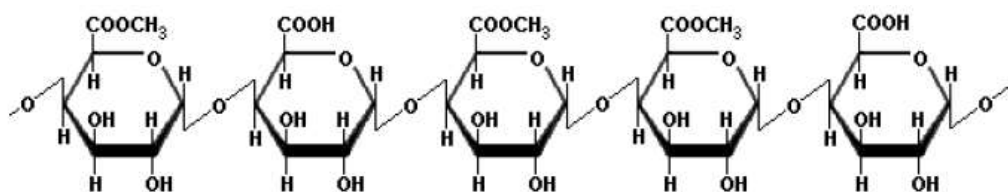
Pada tahun 1924, Smolenski adalah yang pertama kali berasumsi bahwa pektin merupakan polimer asam galakturonat. Pada tahun 1930, Meyer dan Mark menemukan formasi rantai dari molekul pektin dan Schneider dan Bock pada tahun 1937 membentuk formula tersebut (Herbstreith dan Fox, 2005 dalam Hariyati, 2006).

Pektin tersusun atas molekul asam galakturonat yang berikatan dengan ikatan α - (1-4)-glikosida sehingga membentuk asam poligalakturonat. Gugus karboksil sebagian teresterifikasi dengan metanol dan sebagian gugus alkohol sekunder terasetilasi (Herbstreith dan Fox, 2005 dalam Hariyati, 2006). Gambar 2.2 di bawah ini menunjukkan struktur kimia unit asam α -galakturonat.



Gambar 2.2 Struktur Kimia Asam α -Galakturonat

Menurut Hoejgaard (2004) dalam Hariyati (2006), pektin merupakan asam poligalakturonat yang mengandung metil ester. Pektin diekstraksi secara komersial dari kulit buah jeruk dan apel dalam kondisi asam. Masing-masing cincin merupakan suatu molekul dari asam poligalakturonat, dan ada 300–1000 cincin seperti itu dalam suatu tipikal molekul pektin, yang dihubungkan dengan suatu rantai linier. Gambar 2.3 di bawah ini menunjukkan struktur kimia asam poligalakturonat.



Gambar 2.3 Struktur Kimia Asam Poligalakturonat

Berdasarkan kandungan metoksilnya, pektin dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu pektin berkadar metoksil tinggi (HMP), dan pektin berkadar metoksil rendah (LMP). Pektin bermetoksil tinggi mempunyai kandungan metoksil minimal 7%, sedangkan pektin bermetoksil rendah mempunyai kandungan pektin maksimal 7% (Guichard dkk., 1991 dalam Hariyati, 2006)

Pektin terdiri dari monomer asam galakturonat yang berbentuk suatu rantai molekul panjang. Rantai utama ini diselingi oleh kelompok ramnosa dengan rantai cabang menyusun gula netral (arabinosa, galaktosa). Kelompok karboksil (kelompok asam) dari asam galakturonat dapat diesterifikasi atau diamidasi (IPPA, 2002 dalam Hariyati, 2006). Selain asam D-galakturonat sebagai komponen utama, pektin juga memiliki D-galaktosa, L-arabinosa, dan L-ramnosa dalam jumlah yang bervariasi. Komposisi kimia pektin sangat bervariasi tergantung pada sumber dan kondisi yang dipakai dalam isolasinya (Willats dkk., 2006 dalam Hariyati, 2006).

2.2.3. Sifat-sifat Pektin

Commite on Food Chemical Codex (1996), menyatakan bahwa pektin sebagian besar tersusun atas metil ester dari asam poligalakturonat dan sodium,

potasium, kalsium dan garam ammonium. Pektin merupakan zat berbentuk serbuk kasar hingga halus yang berwarna putih, kekuningan, kelabu atau kecoklatan dan banyak terdapat pada buah-buahan dan sayuran matang. Gliksman (1969) dalam Hariyati (2006) menyatakan bahwa pektin kering yang telah dimurnikan berupa kristal yang berwarna putih dengan kelarutan yang berbeda-beda sesuai dengan kandungan metoksilnya.

Sifat paling penting dari pektin adalah membentuk jeli apabila dicampur dengan air dan gula dan dipanaskan dalam keadaan asam. Viskositas pektin tergantung pada berat molekul pektin, pH, derajat esterifikasi, yang normalnya sekitar 70%. Penambahan gula juga akan mempengaruhi kesetimbangan pektin dan air serta kemantapan molekul-molekul pektin sehingga pektin akan menggumpal dan membentuk serabut-serabut halus. Serabut-serabut halus tersebut yang selanjutnya dapat menahan cairan. Karakteristik kandungan metoksil dalam pektin disajikan pada Tabel 2.3. Besarnya kadar pektin menentukan kepadatan struktur tersebut. Semakin tinggi kadar pektin, semakin padat struktur tersebut. Kepadatan dari serabut-serabut dalam struktur jeli dikendalikan oleh keasaman. Kondisi sangat asam akan menghasilkan struktur jeli yang padat atau bahkan merusak struktur karena adanya hidrolisis pektin. Kualitas pektin dikatakan tinggi jika mampu membentuk gel yang kuat, yang didapat dari semakin tinggi kadar metoksil dan semakin panjangnya rantai galakturonat.

Tabel 2.3 Tabel Karakteristik Kandungan Metoksil

Kandungan Metoksil	Karakteristik
Tinggi	Derajat esterifikasi >50% Kadar metoksil >7% Dapat membentuk gel pada rentang pH=1 hingga 3,5 dan penambahan gula 55-85% Suhu pembentukan gel sekitar 88°C
Rendah	Derajat esterifikasi <50% Kadar metoksil <7% Dapat membentuk gel pada rentang pH=1 hingga 7 atau lebih, terdapat ion kalsium dan penambahan gula 0-85% Suhu pembentukan gel sekitar 54°C

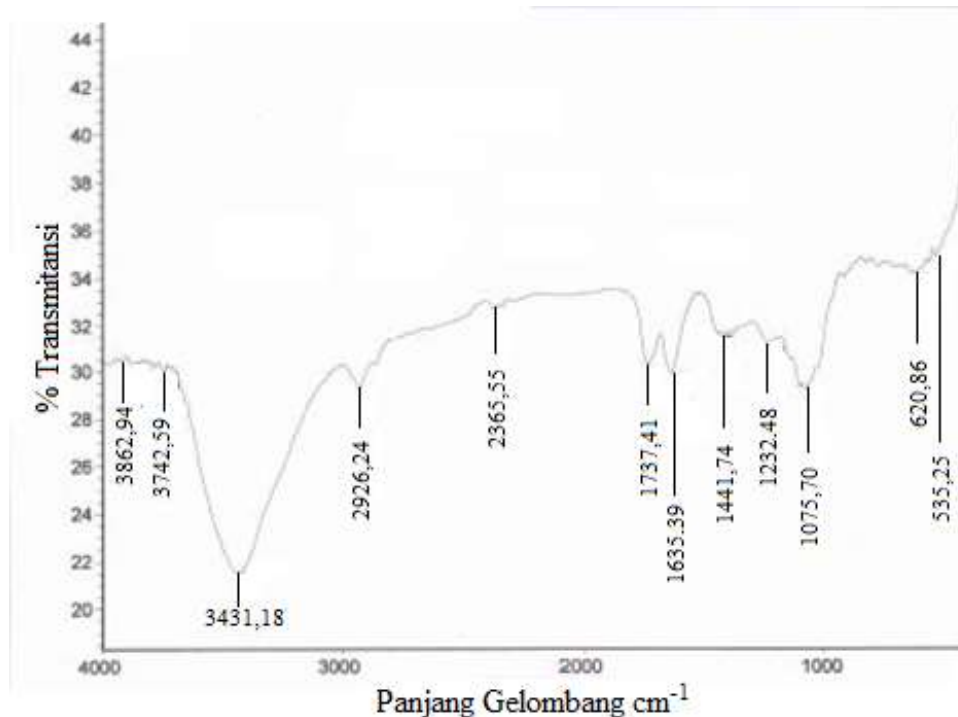
(Sumber: Perina, 2007)

Sifat fisik pektin tergantung dari karakteristik kimia pektin (Guichard dkk., 1991 dalam Hariyati, 2006). Faktor yang mempengaruhi pembentukan gel dengan tingkat kekenyalan dan kekuatan tertentu meliputi pH, konsentrasi pektin, suhu, ion kalsium, dan gula (Chang dan Miyamoto, 1992 dalam Hariyati, 2006). Kekentalan larutan pektin mempunyai kisaran yang cukup lebar tergantung pada konsentrasi pektin, garam, dan ukuran rantai asam poligalakturonat (Rouse, 1977 dalam Hariyati, 2006).

Menurut May (1990) dalam Hariyati (2006), pektin merupakan asam poligalakturonat yang bermuatan negatif. Pektin bereaksi dengan makromolekul bermuatan positif. Pembentukan gel dapat terjadi dengan cepat pada pH rendah, tetapi reaksi ini dapat dihambat dengan penambahan garam. Menurut Rouse (1977) dalam Hariyati (2006), degradasi dan dekomposisi pektin dapat disebabkan oleh adanya reaksi oksidasi. Kecepatan degradasi tergantung pada suhu, pH, dan konsentrasi agen pengoksidasi.

Untuk mengetahui gugus fungsional dan informasi mengenai struktur pektin, perlu dilakukan uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (Ismail, 2012 dalam Ulinuha, 2014). Spektroskopi FTIR merupakan salah satu teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi infra merah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi infra merah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Di antaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain (Harmita, 2006 dalam Ulinuha, 2014). Adapun komponen-

komponen pektin kulit jeruk bali berdasarkan frekuensi yang terukur oleh FTIR tersaji seperti Gambar 2.5.



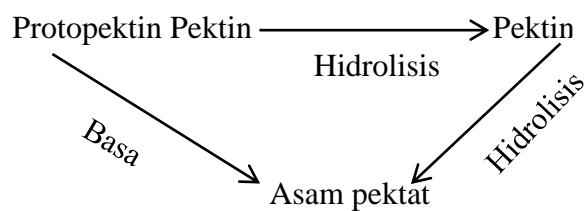
Gambar 2.4 Spektrun FTIR Pektin Kulit Jeruk Bali (Herdigenarosa, 2013)

2.2.4. Proses Pemungutan Pektin

Pemisahan pektin dari jaringan tanaman dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Ekstraksi adalah proses perpindahan suatu zat atau solut dari larutan asal atau padatan ke dalam pelarut tertentu (Muhidin, 1995 dalam Tuhuloula, 2013). Ekstraksi merupakan proses pemisahan berdasarkan perbedaan kemampuan melarutnya komponen-komponen yang ada dalam campuran. Secara garis besar ekstraksi dibedakan menjadi dua macam, yaitu ekstraksi padat-cair (*leaching*) dan ekstraksi cair-cair. Ekstraksi padat-cair atau *leaching* adalah proses pemisahan solut dari padatan yang tidak dapat larut yang disebut inert (Perina, 2007).

Pektin dapat larut dalam beberapa macam pelarut seperti air, beberapa senyawa organik, senyawa alkalis dan asam. Dalam ekstraksi pektin terjadi perubahan senyawa pektin yang disebabkan oleh proses hidrolisis protopektin.

Proses tersebut menyebabkan protopektin berubah menjadi pektinat (pektin) dengan adanya pemanasan dalam asam pada suhu dan lama ekstraksi tertentu. Apabila proses hidrolisis dilanjutkan senyawa pektin akan berubah menjadi asam pektat (Muhidin, 1995 dalam Tuhuloula, 2013). Gambar 2.6 di bawah ini menunjukkan skema perubahan protopektin menjadi pektin dan asam pektat.



Gambar 2.5 Skema Perubahan Protopektin

Dua langkah utama dalam proses ekstraksi padat-cair yaitu kontak antara padatan dan pelarut serta pemisahan larutan dari padatan inert. Pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi memiliki syarat utama yaitu dapat melarutkan solut yang terkandung dalam padatan inert. Mekanisme yang berlangsung selama proses ekstraksi padat-cair adalah:

- a. Pelarut bercampur dengan padatan inert sehingga permukaan padatan dilapisi oleh pelarut,
- b. Terjadi difusi massa pelarut pada permukaan padatan inert ke dalam pori padatan inert tersebut. Laju difusi ini lambat karena pelarut harus menembus dinding sel padatan,
- c. Solut yang terdapat dalam padatan melarut dalam pelarut,
- d. Campuran solut dalam pelarut berdifusi keluar dari permukaan padatan inert dan bercampur dengan pelarut sisa.

Seperti ekstraksi lainnya, ekstraksi pektin dari buah juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ekstraksi. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1) Ukuran partikel

Semakin kecil ukuran partikel berarti semakin besar luas permukaan kontak antara padatan dan pelarut dan semakin pendek jarak difusi solut sehingga kecepatan ekstraksi lebih besar.

2) Pelarut

Pelarut yang digunakan dalam ekstraksi sebaiknya memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Mampu memberikan kemurnian solut yang tinggi (selektivitas tinggi),
- b. Dapat didaur ulang,
- c. Stabil tetapi inert,
- d. Mempunyai viskositas, tekanan uap, dan titik beku yang rendah untuk memudahkan operasi dan keamanan penyimpanan,
- e. Tidak beracun dan tidak mudah terbakar,
- f. Tidak merugikan dari segi ekonomis dan tetap memberikan hasil yang baik.

3) pH

Pengontrolan pH dalam ekstraksi pektin memiliki peranan penting karena dapat mempengaruhi yield pektin. Rentang pH untuk ekstraksi pektin bervariasi tergantung kepada bahan yang akan diekstraksi. Misalnya, ekstraksi pektin dari kulit lemon dilakukan pada pH 1,5 – 3, dan ekstraksi pektin dari ampas apel berkisar antara 1,2 – 3. Dari kondisi-kondisi tersebut dapat dilihat bahwa ekstraksi pektin umumnya dilakukan pada pH = 1 - 3.

4) Suhu

Kelarutan akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu untuk menghasilkan laju ekstraksi yang tinggi. Koefisien difusi juga akan bertambah tinggi seiring dengan kenaikan suhu sehingga meningkatkan laju ekstraksi. Batas suhu ditentukan untuk mencegah kerusakan pada bahan. Secara umum, suhu ekstraksi untuk pektin adalah 60 – 90°C. Penggunaan suhu yang terlalu tinggi juga dapat mengakibatkan degradasi pektin

5) Pengaruh pengadukan

Pengadukan dalam ekstraksi penting karena meningkatkan perpindahan solut dari permukaan partikel (padatan) ke cairan pelarut. Mekanisme yang terjadi pada proses *leaching* adalah sebagai berikut solven berdifusi ke dalam padatan sehingga solut akan larut ke dalam solven. Kemudian solut yang terlarut dalam solven tersebut akan berdifusi ke luar menuju ke permukaan partikel, akhirnya solut akan berpindah ke larutan. Selain itu, pengadukan suspensi partikel halus mencegah pengendapan padatan dan kegunaan yang lebih efektif adalah membuat luas kontakannya semakin besar.

6) Waktu ekstraksi

Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk ekstraksi dalam pelarut, perolehan (yield) yang diperoleh semakin tinggi. Tetapi, penambahan waktu ekstraksi tidak sebanding dengan yield yang diperoleh. Oleh karena itu, ekstraksi dilakukan pada waktu optimum. Ekstraksi dilakukan selama pelarut yang digunakan belum jenuh. Pelarut yang telah jenuh tidak dapat mengekstraksi lagi atau kurang baik kemampuan untuk mengekstraksinya karena gaya pendorong (*driving force*) semakin lama semakin kecil. Akibatnya waktu ekstraksi semakin lama dan yield yang dihasilkan tidak bertambah lagi secara signifikan (Perina, 2007).

Tahapan-tahapan dalam pembuatan pektin yaitu persiapan bahan, ekstraksi, dehidrasi, pencucian, dan pengeringan. Metode yang digunakan untuk mengekstrak pektin dari jaringan tanaman sangat beragam. Akan tetapi pada umumnya ekstraksi pektin dilakukan dengan menggunakan ekstraksi asam. Beberapa jenis asam dapat digunakan dalam ekstraksi pektin. Menurut Kertes (1951) dalam Hariyati (2006), asam yang digunakan dalam ekstraksi pektin adalah 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. Beberapa artikel saat ini menyarankan untuk menggunakan asam klorida (Kalapathy dan Proctor, 2001; Hwang dkk., 1998; Dinu, 2001 dalam Hariyati, 2006) dan asam nitrat (Pagán dkk., 2001 dalam

Hariyati, 2006). Ekstraksi dengan menggunakan asam mineral menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan asam organik. Asam mineral pada pH rendah lebih baik dari pada pH tinggi untuk menghasilkan pektin (Rouse dan Crandal, 1978 dalam Hariyati, 2006). Peranan asam dalam ekstraksi pektin adalah untuk memisahkan ion polivalen, memutus ikatan antara asam pektinat dengan selulosa, menghidrolisa protopektin menjadi molekul yang lebih kecil dan menghidrolisa gugus metil ester pektin (Kertesz, 1951 dalam Hariyati, 2006). Suhu yang tinggi selama ekstraksi dapat meningkatkan rendemen pektin. Suhu yang agak tinggi akan membantu difusi pelarut ke dalam jaringan tanaman dan dapat meningkatkan aktivitas pelarut dalam menghidrolisis pektin yang umumnya terdapat di dalam sel primer tanaman, khususnya pada lamela tengah (Towle dan Christensen, 1973 dalam Hariyati, 2006). Penggunaan suhu ekstraksi yang terlalu tinggi akan menghasilkan pektin yang tidak jernih, sehingga gel yang diperoleh akan keruh dan kekutan gel berkurang (Kertesz, 1951 dalam Hariyati, 2006).

Pektin dalam jaringan tanaman banyak dalam bentuk protopektin yang tidak larut dalam air. Dengan adanya asam, kondisi larutan dengan pH rendah akan menghidrolisa protopektin menjadi pektin yang lebih mudah larut. Ekstraksi pektin sayur-sayuran dan buah-buahan dilakukan pada kisaran pH 1,5 sampai 3 dengan suhu pemanasan 60 – 100°C selama setengah jam sampai satu setengah jam (Towle dan Christensen, 1973 dalam Hariyati, 2006). Waktu ekstraksi yang terlalu lama akan mengakibatkan terjadinya hidrolisis pektin menjadi asam galakturonat. Pada kondisi asam, ikatan glikosidik gugus metil ester dari pektin cenderung terhidrolisis menghasilkan asam galakturonat (Smith dan Bryant, 1968 dalam Hariyati, 2006).

Proses dehidrasi pektin merupakan suatu proses pemisahan pektin dari larutannya. Pektin adalah koloid hidrofilik yang bermuatan negatif (dari gugus karboksil bebas yang terionisasi) dan tidak mempunyai titik isoelektrik seperti kebanyakan koloidal hidrofilik. Pektin lebih utama distabilkan oleh hidrasi partikelnya daripada oleh muatannya. Penambahan etanol dapat mendehidrasi pektin sehingga mengganggu stabilitas larutan koloidalnya, dan akibatnya pektin akan terkoagulasi (Rouse, 1977 dalam Hariyati, 2006). Ranganna (1977) dalam

Hariyati (2006) menggunakan etanol 95% sebanyak dua kali volum filtrat untuk mengendapkan pektin kulit jeruk. Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatra Barat (2004) dalam Hariyati (2006) mengendapkan pektin dengan menggunakan etanol 95% yang mengandung 2 mL asam klorida pekat setiap satu liter etanol sebanyak 1,5 kali volum filtrat.

Pada tahap pemurnian pektin, Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatra Barat (2004) dalam Hariyati (2006) melakukan pencucian pektin markisa dengan menggunakan alkohol 95% sampai pektin bebas klorida. Suradi (1984) dalam Hariyati (2006) melakukan pencucian pektin dari kulit jeruk dengan alkohol 80% sampai bebas klorida. Salah satu tujuan pencucian pektin adalah untuk menghilangkan klorida yang ada pada pektin.

Tahap akhir dari ekstraksi pektin adalah pengeringan endapan pektin. Ranganna (1977) dalam Hariyati (2006) menganjurkan pengeringan dilakukan pada tekanan yang rendah agar pektin tidak terdegradasi. Menurut Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatra Barat (2004) dalam Hariyati (2006), pengeringan pektin markisa dapat dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 40 - 60°C selama 6 - 10 jam. Mc Cready (1965) menggunakan suhu 60°C dalam oven keadaan vakum selama 16 jam untuk pengeringan pektin kulit jeruk.

2.2.5. Aplikasi Pektin

Pektin digunakan secara luas sebagai komponen fungsional pada industri makanan karena kemampuannya membentuk gel encer dan menstabilkan protein (May, 1990 dalam Hariyati, 2006). Pektin merupakan suatu zat yang banyak digunakan dalam berbagai industri, baik makanan, minuman, farmasi dan industri lain.

a. Industri Makanan dan Minuman

Pada industri makanan dan minuman, pektin sering digunakan sebagai:

- 1) Bahan pemberi tekstur yang baik pada roti dan keju,
- 2) Bahan pengental dan stabilizer pada minuman sari buah, serta
- 3) Bahan pokok pembuatan jeli, *jam* dan *marmalade*.

Penambahan pektin pada makanan akan mempengaruhi proses metabolisme dan pencernaan khususnya pada adsorpsi glukosa dan kolesterol (Baker, 1994 dalam Hariyati, 2006).

b. Industri Farmasi

Pada industri farmasi, pektin sering digunakan sebagai:

- 1) Emulsifier bagi preparat cair dan sirup,
- 2) Obat diare pada bayi dan anak-anak seperti maltose, kaopec, nipectin, intestisan,
- 3) Obat penawar racun logam,
- 4) Bahan penurun daya racun dan penambah daya larut obat-obatan sulfa,
- 5) Bahan penyusut kecepatan penyerapan bermacam-macam obat,
- 6) Bahan kombinasi untuk memperpanjang kerja hormon dan antibiotik,
- 7) Bahan pelapis perban (pembalut luka) untuk menyerap kotoran dan jaringan yang rusak atau hancur sehingga luka tetap bersih dan cepat sembuh, serta
- 8) Bahan hemostatik, oral, atau injeksi untuk mencegah pendarahan.

c. Industri Lain

Pektin sering juga digunakan pada berbagai industri seperti industri kosmetik (pasta gigi, sabun, lotion dan krim), baja dan perunggu (*quenching*), karet (*creaming and thickening agent*), plastik, tekstil, bahan sintesis serta film nitropektin.

Dalam pemanfaatannya pektin digolongkan sebagai *food additive* dan ditemukan secara alami pada tanaman maka *Food and Drug Administration* (FDA) menerimanya sebagai bahan tambahan makanan yang aman. Adapun pektin sendiri, memiliki manfaat yang lebih banyak dalam industri pengolahan bahan pangan misalnya dalam pembuatan jeli, *jam* dan juga dalam industri permen (Perina, 2007)

Kualitas pektin komersial ditentukan oleh sifat-sifat fisik pektin. Sifat fisik tersebut di antaranya warna dan cita rasa yang cocok, kelarutan (untuk pektin padat), derajat gel, kecepatan membeku, serta tidak mengandung bahan atau zat

berbahaya bagi kesehatan. Sifat fisik tersebut dipengaruhi oleh sifat kimia pektin (IPPA, 2002 dalam Hariyati, 2006).

Pektin komersial umumnya diperoleh dengan cara ekstraksi larutan asam dari bagian albedo buah jeruk atau *apple pomace* dengan cara pemurnian dan isolasi yang berbeda-beda. Pektin komersial untuk aplikasi pada makanan harus disetujui secara internasional dengan mengikuti daftar publikasi yang dikeluarkan oleh FAO *Food and Nutrition Paper, Food Chemicals Codex* dan EEC *Council Directive* pada tanggal 25 Juli 1978 (Glicksman, 1969 dalam Meilina, 2003). Bender (1959) di dalam Meilina, (2003) menggolongkan pektin komersial menjadi 4 golongan berdasarkan derajat metilasi (DM) yaitu:

- 1) Pektin DM 30 untuk gel-gel gula rendah.
- 2) Pektin DM 45 (*pektin rapid setting*) yang dapat diendapkan oleh kalsium, untuk gel-gel gula tinggi dan emulsi-emulsi.
- 3) Pektin DM 60 (*pektin slow set*) untuk gel-gel gula tinggi dan jeli.
- 4) Pektin DM 74 (*pektin rapid set*) untuk *jam* dan jeli.

Grade dari pektin merupakan indikasi penting yang menggambarkan mutu pektin. *Grade* pektin didefinisikan sebagai jumlah gula yang dibutuhkan oleh satu bagian pektin untuk membentuk gel yang diinginkan pada kondisi yang sesuai. Pektin yang mempunyai *grade* pektin 100 berarti dapat membentuk gel yang baik dengan 100 g gula. Penentuan *grade* pektin biasanya menggunakan metode *International Food Technologist* (IFT) yaitu dengan membuat gel dengan konsentrasi gula 65% pada pH 2,2 - pH 2,4. Gel kemudian disimpan selama 18 - 24 jam dan kemudian diuji dengan alat Ridgelimeter. Untuk HM-Pektin standar yang biasa digunakan 150 *Grade* USA-SAG yang artinya bahwa 1 kg pektin dapat mengubah 150 kg gula menjadi standar gel (SS = 65%, pH = 2,2 - 2,4 dan kekuatan gel 23,5% SAG) . Sedangkan untuk LM-Pektin standarnya adalah SS = 31%, pH = 3 dan konsentrasi kalsium 250 mg/kg tes jeli atau 25 mg Ca per g 100 *grade* LM-Pektin. Selain *grade* pektin, dalam standarisasi pektin sering digunakan istilah *setting time*. *Setting time* adalah waktu yang diperlukan untuk terbentuknya gel sejak bahan-bahan pembentuk gel ditambahkan. Kecepatan pembentukan gel ditentukan oleh mutu gel.

2.3. *Microwave Assisted Extraction (MAE)*

Teknologi *Microwave Assisted Extraction (MAE)* merupakan teknik untuk mengekstraksi bahan-bahan terlarut di dalam bahan tanaman dengan bantuan energi gelombang mikro. Teknologi tersebut cocok bagi pengambilan senyawa yang bersifat termolabil karena memiliki kontrol terhadap temperatur yang lebih baik dibandingkan proses pemanasan konvensional. Selain kontrol suhu yang lebih baik, MAE juga memiliki beberapa kelebihan lain, diantaranya adalah waktu ekstraksi yang lebih singkat, konsumsi energi dan solven yang lebih sedikit, yield yang lebih tinggi, akurasi dan presisi yang lebih tinggi, dan setting peralatan yang menggabungkan fitur soeklet dan kelebihan dari MAE (Purwanto, 2010 dalam Ulinuha, 2014)

Pemanasan oleh radiasi gelombang mikro berbeda dengan pemanasan konvensional. Perpindahan energi pada pemanasan konvensional melibatkan peristiwa konduksi dari sumber panas. Wadah yang digunakan memiliki sifat konduktor panas dari sumber energi ke bahan yang kurang baik. Karena pemanasan melibatkan wadah, baru kemudian bahan yang akan dipanaskan, maka diperlukan waktu yang lama untuk mencapai reaksi sempurna (Hidayat dan Mulyono, 2006 dalam Setyarini, 2010). Pada pemanasan dengan gelombang mikro, hanya pelarut dan partikel larutan saja yang dipanaskan sehingga terjadi pemanasan yang merata pada pelarut (Taylor dkk., 2005 dalam Setyarini, 2010). Pemanasan terjadi pada semua bagian bahan atau larutan reaksi, karena energi langsung diserap oleh bahan yang akan dipanaskan tanpa melibatkan wadah yang ada sehingga mempercepat tercapainya reaksi sempurna.

Percepatan reaksi kimia melalui pemanasan dengan gelombang mikro merupakan hasil interaksi antara gelombang dan bahan (Perreux dan Loupy, 2001 dalam Setyarini, 2010). Efek termal dihasilkan dari polarisasi dipol sebagai akibat interaksi dipol-dipol antara molekul polar dan medan elektromagnetik. Gerakan medan elektromagnetik pada frekuensi tertentu menyebabkan molekul-molekul polar berusaha mengikuti orientasi medan tersebut dan menjajarkan dirinya searah dengan medan. Pergerakan partikel-partikel ini dibatasi oleh gaya pembatas (interaksi antarpartikel) yang menahan gerakan partikel dan membangkitkan

gerakan acak sehingga menghasilkan panas (Taylor dan Atri, 2005 dalam Setyarini, 2010). Pada frekuensi gelombang mikro (2,45 GHz), peristiwa penjajaran diri molekul dan proses sebaliknya mencapai $4,9 \times 10^9$ kali per detik dan menghasilkan pemanasan yang sangat cepat (Hidayat dan Mulyono, 2006 dalam Setyarini, 2010). Secara teoritis, energi panas ini mempengaruhi laju reaksi. Semakin banyak energi radiasi yang diserap, semakin besar energi panas yang diterima oleh bahan dan semakin tinggi suhunya, sehingga laju reaksi semakin cepat dan produk yang terbentuk semakin banyak.

Microwave oven sendiri bisa bekerja begitu cepat dan efisien karena gelombang elektromagnetiknya menembus makanan dan mengeksitasi molekul-molekul air dan lemak secara merata (tidak cuma permukaannya saja). Gelombang pada frekuensi 2.500 MHz (2,5 GHz) ini diserap oleh air, lemak, dan gula. Selain itu, gelombang mikro pada frekuensi ini tidak diserap oleh bahan-bahan gelas, keramik, dan sebagian jenis plastik. Bahan logam bahkan memantulkan gelombang ini, sehingga gelombang mikro hanya diserap oleh bahan saja. MAE dapat meningkatkan yield ekstraksi dikarenakan sifat penyerapan oleh kapiler dan kapasitas penyerapan air oleh bahan baku semakin tinggi (Quoc, 2014)

2.4. Edible Film

2.4.1. Definisi dan fungsi *edible film*

Edible film menurut Krochta (1997) dalam Krisna (2011) adalah suatu lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk melapisi makanan (*coating*) atau diletakkan di antara komponen makanan (*film*) yang berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) terhadap perpindahan massa (misalnya kelembaban, oksigen, cahaya, lipid, zat terlarut) dan sebagai pembawa bahan tambahan makanan seperti zat anti mikrobia dan antioksidan.

Edible packaging dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu yang berfungsi sebagai pelapis (*edible coating*) dan yang berbentuk lembaran (*edible film*). Bahan pelapis jenis ini memiliki sifat dapat langsung dimakan dengan produk yang dikemas, sebagai penghambat transfer massa (misalnya kelembaban,

oksigen, lemak dan zat terlarut) dan atau sebagai carrier bahan makanan atau aditif dan atau untuk meningkatkan penanganan makanan. *Edible film* itu sendiri dapat dibuat dari tiga jenis bahan yakni hidrokoloid (alginat, karaginan, pati, pektin), lipid (lilin/wax, asam lemak), dan komposit dari keduanya (Prasetyaningrum, 2010).

Film sebagai pengemasan (*edible packaging*) pada dasarnya dibagi atas tiga bentuk pengemasan yaitu:

1. *Edible film* merupakan bahan pengemas yang telah dibentuk terlebih dahulu berupa lapisan tipis (film) sebelum digunakan untuk mengemas produk pangan.
2. *Edible coating* berupa pengemas yang dibentuk langsung pada produk dan bahan pangan.
3. Enkapsulasi yaitu suatu aplikasi yang ditujukan untuk membawa komponen-komponen bahan tambahan makanan tertentu untuk meningkatkan penanganan terhadap suatu produk pangan sesuai dengan yang diinginkan (Krisna, 2011).

Baldwin (1994) dan Wong dkk. (1994) dalam Krisna (2011) mengatakan bahwa secara teoritis bahan *edible film* harus memiliki sifat-sifat seperti:

1. Menahan kehilangan air bahan pangan.
2. Memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu.
3. Mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan kualitas bahan pangan.
4. Menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna, pengawet, penambah aroma yang dapat memperbaiki mutu bahan pangan.

Gontard (1993) dalam Krisna (2011) menyatakan *edible film* mempunyai banyak keuntungan jika dibandingkan dengan pengemas sintetik yang tidak dapat dimakan yaitu:

1. Dapat dikonsumsi bersamaan dengan produk yang dikemas, tidak ada pembuangan pengemas sehingga ramah terhadap lingkungan.
2. Jika film tidak dikonsumsi, film tersebut dapat didaur ulang atau dapat terdegradasi oleh mikroorganisme.
3. Film dapat berfungsi sebagai suplemen gizi pada makanan terutama film yang dibuat dengan bahan dasar protein.

4. Film sangat baik digunakan untuk mikroenkapsulasi aroma bahan makanan dan dapat memperbaiki sifat-sifat organoleptik makanan yang dikemas dengan memberi variasi komponen (pewarna, pemanis, pemberi aroma) yang menyatu dengan makanan.
5. Film dapat digunakan sebagai pengemas satuan (individu) dari bahan makanan yang berukuran kecil seperti kacang, biji-bijian, dan stroberi.
6. *Edible film* dapat diterapkan pada sistem pengemasan berlapis-lapis dengan *edible film* sebagai pengemas bagian dalam dan pengemas non *edible* di bagian luar.

Kemampuan *edible film* dalam menjalankan fungsinya tersebut tergantung pada sifat-sifat fisiknya.

2.4.2. Mekanisme Pembentukan *Edible Film*

Pembentukan *edible film* dari pektin, pada prinsipnya merupakan gelatinisasi molekul pektin. Proses pembentukan film adalah suatu fenomena pembentukan gel akibat perlakuan suhu, sehingga terjadi pembentukan matriks atau jaringan (Mc Hugh dan Krochta, 1994 dalam Khotimah, 2006).

Prinsip pembentukan *edible film*, melalui tahap-tahap sebagai berikut:

- 1) Pensuspensian bahan ke dalam pelarut

Pembentukan larutan film dimulai dengan mensuspensikan bahan ke dalam pelarut, misalnya air, etanol, dan pelarut lain.

- 2) Pengaturan suhu

Pengaturan suhu mempunyai tujuan untuk mencapai suhu gelatinisasi pektin, sehingga pektin dapat tergelatinisasi sempurna dan diperoleh film yang homogen serta utuh. Gelatinisasi merupakan peristiwa pembentukan gel yang dimulai dengan hidrasi pati, yaitu penyerapan molekul-molekul air oleh molekul-molekul pati. Apabila tanpa adanya pemanasan, kemungkinan terjalin interaksi intermolekuler sangat kecil, sehingga pada saat dikeringkan film menjadi retak. Gelatinisasi dapat terjadi apabila air melarutkan pati yang dipanaskan sampai suhu gelatinisasinya (Mc Hugh dan Krochta, 1994 dalam Khotimah 2006).

3) Penambahan *Plasticizer*

Plasticizer merupakan substansi *nonvolatile* yang ditambahkan ke dalam suatu bahan untuk memperbaiki sifat fisik dan atau sifat mekanik bahan tersebut (Gennadios dan Weller, 1990 dalam Khotimah, 2006). Pada pembuatan *edible film* sering ditambahkan *plasticizer* untuk mengatasi sifat rapuh film, sehingga akan diperoleh film yang kuat, fleksibel, dan tidak mudah putus. Oleh karena itu, *plasticizer* merupakan komponen yang cukup besar peranannya dalam pembuatan *edible film*. Menurut Gontard dkk. (1993) dalam Khotimah (2006) *plasticizer* yang umum digunakan adalah gliserol, sorbitol, dan poli etilen glikol (PEG). Penggunaan *plasticizer* harus sesuai dengan polimer, dan konsentrasi yang digunakan berkisar 10–60 % berat kering bahan dasar tergantung kekakuan polimernya. Namun penggunaan *plasticizer* harus diminimalkan karena beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa *plasticizer* dapat meningkatkan permeabilitas uap air dan menurunkan sifat kohesi film yang mempengaruhi sifat mekanik film (Silva dkk. 2009 dalam Ulinuha, 2014).

Gliserol dan sorbitol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekular (Jojo, 2008 dalam Estiningtyas, 2010).

4) Penambahan Asam Lemak

Penambahan asam lemak akan menurunkan permeabilitas uap air film yang dihasilkan. Asam lemak yang sering ditambahkan pada permukaan *edible film* adalah asam palmitat. Asam palmitat termasuk asam lemak jenuh yang berasal dari nabati dan hewani, lebih reaktif apabila dibandingkan dengan asam lemak tidak jenuh dan larut dalam air. Penambahan asam palmitat mampu meningkatkan perpanjangan dan kekuatan perenggangan film. Saat mencapai titik kritisnya penambahan asam palmitat tersebut akan menurunkan perpanjangan dan kekuatan perenggangan film (Minlay dan Huey, 1997 dalam Estiningtyas, 2010).

5) Pengeringan

Pengeringan dilakukan untuk menguapkan pelarut, maka akan diperoleh *edible film*. Suhu yang digunakan akan mempengaruhi waktu pengeringan dan kenampakan *edible film* yang dihasilkan.

2.4.3. Sifat-Sifat *Edible Film*

Beberapa sifat film meliputi kekuatan renggang putus, ketebalan, pemanjangan, laju transmisi uap air, dan kelarutan film (Gontard, 1993 dalam Estiningtyas, 2010).

1) Ketebalan Film (mm)

Ketebalan merupakan sifat fisik yang akan mempengaruhi laju transmisi uap air, gas dan senyawa volatil serta sifat-sifat fisik lainnya seperti kuat tarik dan perpanjangan. Faktor yang dapat mempengaruhi ketebalan film adalah konsentrasi padatan terlarut dalam larutan film. Makin tinggi konsentrasi padatan terlarut makin tinggi ketebalan film yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena jumlah polimer penyusun film yang mengakibatkan peningkatan ketebalan film.

2) *Tensile strength* (Mpa) dan *elongation* (%)

Pemanjangan didefinisikan sebagai prosentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus. Kekuatan regang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum film putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk merenggang atau memanjang.

3) Kelarutan Film

Persen kelarutan *edible film* adalah persen berat kering dari film yang terlarut setelah dicelupkan di dalam air selama 24 jam.

4) Permeabilitas Uap Air (*Water Vapor Transmission Rate*)

Permeabilitas terhadap gas dan uap yang banyak digunakan dalam teknologi pengemasan didefinisikan sebagai g air per hari per 100 in²

permukaan kemasan, untuk ketebalan dan temperatur tertentu, dan kelembaban relatif di satu sisi 0% dan pada sisi lainnya 95%. Metode yang umum digunakan untuk mengukur permeabilitas uap ialah dengan metode gravimetri. Dalam metode ini digunakan suatu desikan yang bisa menyerap uap air dan menjaga supaya tekanan uap air tetap rendah disimpan dalam suatu mangkuk aluminium yang kemudian ditutup dengan film plastik yang akan diukur permeabilitasnya (Anonim, 2009 dalam Estiningtyas, 2010). Menurut Syarief dkk. (1989) dalam Estiningtyas (2010), faktor-faktor yang mempengaruhi konstanta permeabilitas kemasan adalah:

- a) Jenis film permeabilitas dari polipropilen lebih kecil daripada polietilen artinya gas atau uap air lebih mudah menembus polipropilen daripada polietilen.
- b) Suhu.
- c) Ada tidaknya *plasticizer*, misal air.
- d) Jenis polimer film.
- e) Sifat dan besar molekul gas.
- f) Solubilitas atau kelarutan gas.

BAB III

PROSEDUR KERJA

3.1 Alat

1. *Microwave* Samsung ME731K
2. Ekstraktor kaca
3. Kondensor
4. *Hot plate*
5. Labu alas bulat
6. Termometer
7. Pompa vakum
8. Corong Buchner
9. *Magnetic stirrer*
10. Labu takar
11. Pompa air dan selang
12. Pisau
13. Blender
14. Gelas ukur
15. Cawan porselen
16. Furnace
17. Erlenmeyer
18. Buret
19. Beaker glass
20. Pengaduk kaca
21. Pipet ukur
22. Pipet tetes
23. *Ball filler*
24. Timbangan digital
25. Gelas arloji
26. Spatula
27. Statif dan klem
28. Oven listrik
29. Desikator
30. Cetakan kaca
31. Buret
32. Ayakan 34 mesh dan 150 mikron mesh.

3.2 Bahan

1. Kulit jeruk bali
2. HCl 0,2 N teknis dari Indrasari
3. Etanol 96% teknis dari Indrasari
4. Sorbitol teknis dari Indrasari
5. CMC teknis dari Indrasari
6. Potasium sorbat teknis dari Indrasari
7. Asam stearat teknis dari Indrasari
8. NaOH teknis dari Indrasari
9. NaCl PA dari laboratorium
10. Fenolftalein PA dari laboratorium
11. Aquades
12. Kertas saring

3.3 Sifat Fisika dan Kimia Bahan

1. Asam Klorida

Rumus Kimia	: HCl
Fasa	: cair
Bau	: tajam
Warna	: semu kuning
BM	: 27,5 g/mol
pH	: asam
Titik didih	: 50,5°C
Titik leleh	: -25,4°C
SG	: 1,19
Tekanan uap	: 16 kPa (@ 20°C)
Densitas uap	: 1,267 g/ cm ³
Kelarutan	: larut di air panas dan dingin, <i>diethyl ether</i>

2. Etanol

Rumus Kimia	: CH ₃ CH ₂ OH
Fasa	: cair
Bau	: sejuk
Rasa	: panas (terbakar)
Warna	: tidak berwarna
BM	: 46,07 g/mol
Titik didih	: 78,5°C
Titik leleh	: -114,1°C
Temperatur kritis:	243°C
SG	: 0,789
Tekanan uap	: 5,7 kPa (@ 20°C)
Densitas uap	: 1,59 g/ cm ³
Kelarutan	: larut di air panas dan dingin, <i>diethyl ether</i> , metanol, aseton

3. Sorbitol

Rumus Kimia	: $C_6H_{14}O_6$
Fasa	: padat
BM	: 182,17 g/mol
Titik leleh	: 111,5°C
SG	: 1,489
Kelarutan	: mudah larut di air panas dan air dingin.

4. Potasium sorbat

Fasa	: padat
BM	: 150,22 g/mol
SG	: 1,363
Kelarutan	: mudah larut di air dingin.

5. *Carboxy Metil Cellulose* (CMC)

Fasa	: padat (serbuk)
Bau	: Tak berbau
Kelarutan	: mudah larut di air dingin.

6. Asam stearat

Rumus Kimia	: $C_{18}H_{36}O_2$
Fasa	: padat
BM	: 284,48 g/mol
Densitas	: 0,847 g/cm ³
Kelarutan	: mudah larut di air panas dan air dingin.

7. Natrium Hidroksida

Rumus Kimia	: NaOH
Fasa	: padat
Bau	: tidak berbau
Warna	: putih

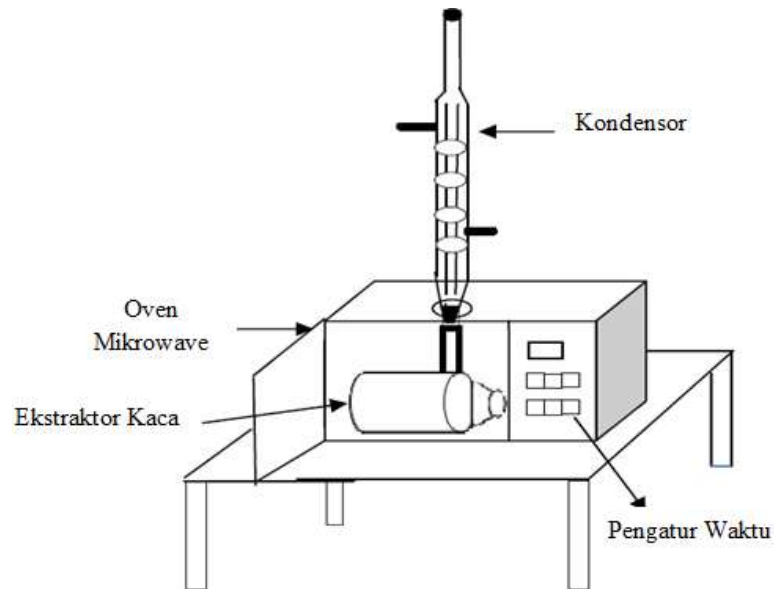
BM	: 40 g/mol
Titik didih	: 1388°C
Titik leleh	: 323°C
SG	: 2,13
Kelarutan	: mudah larut di air dingin

8. Natrium Klorida

Rumus Kimia	: NaCl
Fasa	: padat (kristal)
Bau	: ringan
Rasa	: asin
Warna	: putih
pH	: 7
BM	: 58,44 g/mol
Titik didih	: 1413°C
Titik leleh	: 801°C
SG	: 2,165
Kelarutan	: mudah larut di air panas dan dingin. Larut di amonia dan gliserol. Sangat mudah larut di alkohol, tidak larut di HCl

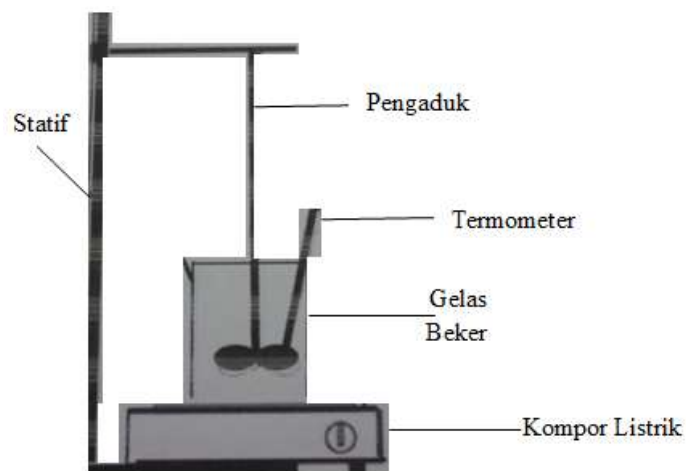
3.4 Rangkaian Alat

Serangkaian alat yang digunakan dalam ekstraksi kulit jeruk bali menggunakan gelombang mikro dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Seperangkat Alat Ekstraksi dengan Pelarut Asam Klorida Menggunakan *Microwave Assited Extraction*

Pektin kulit jeruk bali yang dihasilkan kemudian dijadikan bahan pembuatan *edible film*. Gambar 3.2 di bawah ini menunjukkan seperangkat alat pembuatan *edible film*.



Gambar 3.2 Seperangkat Alat Pembuatan Edible Film

3.5 Cara Kerja

3.4.1 Ekstraksi Pektin dengan Metode Konvensional

1. Memilih kulit buah jeruk bali yang tidak cacat, dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 55°C sampai berat konstan.
2. Potongan kulit buah jeruk bali kering diblender, sehingga diperoleh serbuk.
3. Mengambil 5 g serbuk ditambahkan 150 mL pelarut asam klorida 0,2 N
4. Diekstraksi pada suhu 80°C selama 2 jam disertai pengadukan.
5. Diambil filtrat hasil ekstraksi dan ditambahkan etanol 96%, perbandingan filtrat dengan etanol 1:1 untuk mengendapkan pektin.
6. Pektin dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C, sampai berat konstan.
7. Pektin kering dimurnikan dengan mencucinya menggunakan etanol 96%.
8. Pektin dikeringkan pada suhu 40°C hingga berat konstan.
9. Pektin diblender hingga berbentuk serbuk.

3.4.2 Ekstraksi Pektin Menggunakan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dengan Variasi Daya

1. Memilih kulit jeruk bali yang tidak cacat, dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 55°C sampai berat konstan.
2. Potongan kulit jeruk bali kering diblender, sehingga diperoleh serbuk.
3. Serbuk sebanyak 10 g ditambahkan dengan pelarut asam klorida 0,2 N dengan volum 300 mL.
4. *Mikrowave* dihidupkan selama 20 menit.
5. Diambil filtrat hasil ekstraksi dan ditambahkan etanol 95%, perbandingan filtrat dengan etanol 1:1 untuk mengendapkan pektin
6. Pektin dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C, sampai berat konstan.
7. Pektin kering dimurnikan dengan mencucinya menggunakan etanol 96%.
8. Pektin dikeringkan pada suhu 40°C hingga berat konstan.
9. Percobaan dilakukan pada variasi daya (180, 300, 450, dan 600 W).
10. Pektin diblender hingga berbentuk serbuk.

11. Analisis yield pektin, kadar air, kadar abu, kadar metoksil, kadar asam galakturonat dan uji *Fourier Transform Infrared*.

3.4.3 Ekstraksi Pektin Menggunakan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dengan Variasi Waktu

1. Memilih kulit jeruk bali yang tidak cacat, dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 55°C sampai berat konstan.
2. Potongan kulit jeruk bali kering diblender, sehingga diperoleh serbuk.
3. Serbuk sebanyak 10 g ditambahkan dengan pelarut asam klorida 0,2 N dengan volum 300 mL.
4. Mikrowave dihidupkan pada gelombang 300 W.
5. Diambil filtrat hasil ekstraksi dan ditambahkan etanol 96%, perbandingan filtrat dengan etanol 1:1 untuk mengendapkan pektin
6. Pektin dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C, sampai berat konstan.
7. Pektin kering dimurnikan dengan mencucinya menggunakan etanol 96%.
8. Pektin dikeringkan pada suhu 40°C hingga berat konstan.
9. Percobaan dilakukan pada variasi waktu ekstraksi (10, 15, 20, 25, dan 30 menit).
10. Pektin diblender hingga berbentuk serbuk.
11. Analisis yield pektin, kadar air, kadar abu, kadar metoksil, kadar asam galakturonat dan uji *Fourier Transform Infrared*.

3.4.4 Analisa Pektin

a. Yield Pektin

Pektin kering yang diperoleh ditimbang beratnya untuk diketahui banyaknya pektin yang dapat diekstraksi.

b. Berat Ekuivalen (BE)

Pektin sebanyak 0,5 g dibasahi 2 mL etanol 96% dan dilarutkan didalam 40 mL aquadest yang berisi 1 g NaCl. Larutan hasil campuran ditetesi dengan

indikator fenolftalein sebanyak 5 tetes dan dititrasi dengan NaOH 0,1 N sampai terjadi perubahan warna, volum titrasi dicatat. Untuk menentukan berat ekuivalen dapat dilihat pada lampiran.

c. Kadar Metoksil

Larutan netral dari penentuan berat ekuivalen (BE) ditambah 25 mL larutan NaOH 0,2 N diaduk dan dibiarkan selama 30 menit pada suhu kamar pada keadaan tertutup. Kemudian ditambahkan 25 mL larutan HCl 0,2 N dan ditetesi dengan fenolftalein sebanyak 5 tetes kemudian dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai terjadi perubahan warna.

d. Kadar Asam Galakturonat

Pengaruh kadar asam galakturonat dihitung dari mili ekuivalen (m_{ek}) NaOH yang diperoleh dari penentuan bilangan ekuivalen dan kadar metoksil.

e. Derajat Esterifikasi

Pengukuran derajat esterifikasi dihitung dari kadar metoksil dan kadar asam galakturonat yang dihasilkan. Menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ esterifikasi} = \frac{\% \text{ metoksil} \times \text{BM metoksil}}{\% \text{ as.galakturonat} \times \text{BM as.galakturonat}} \times 100\%$$

f. Kadar Air

0,25 g sampel dalam cawan porselen dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C sampai 105°C selama 3 jam. Kemudian didinginkan dan ditimbang. Sampel dipanaskan lagi dalam oven selama 30 menit lalu didinginkan dan ditimbang.

g. Kadar Abu

0,25 g pektin diletakkan dalam cawan porselen. Lalu dimasukkan dalam furnace pada suhu 600°C selama 90 menit, lalu abu didinginkan sampai temperatur kamar dan ditimbang beratnya.

3.4.5 Pembuatan *Edible Film* dan Aplikasinya pada Jenang

1. Memanaskan 200 mL aquades hingga suhu 70°C.
2. Melarutkan 0,8 g CMC ke dalam aquades sambil diaduk.
3. Melarutkan 4 g pektin ke dalam larutan aquades dan CMC.
4. Menambahkan 6 mL sorbitol (15% v/v).
5. Melarutkan 0,22 g potasium sorbat ke dalam campuran.
6. Melarutkan 0,14 g asam stearat ke dalam campuran.
7. Menuang adonan *edible film* kedalam cetakan kaca dan juga pada buah stroberi kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C hingga kering.
8. Membungkus jenang dengan lembaran film yang telah kering.
9. Menyimpan jenang yang sudah dibungkus film dan stroberi yang sudah terlapisi ke dalam desikator berisi gel silika.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

- a. Ekstraksi pektin kulit jeruk bali menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) pada kondisi operasi daya 300 W selama 20 menit menghasilkan yield sebesar 40,5%, lebih tinggi dari metode konvensional yang dilakukan pada kondisi operasi suhu 80°C selama 120 menit yang hanya menghasilkan yield sebesar 28,6%.
- b. Variasi daya dalam ekstraksi pektin menggunakan MAE mempengaruhi yield pektin, daya yang sesuai untuk ekstraksi pektin kulit jeruk bali menggunakan MAE yaitu pada daya 300 W.
- c. Variasi waktu menggunakan metode MAE memberikan pengaruh terhadap yield pektin. Waktu yang paling optimal dalam ekstraksi pektin kulit jeruk bali menggunakan MAE yaitu pada waktu ekstraksi 20 menit.
- d. Pektin kulit jeruk bali hasil ekstraksi menggunakan metode MAE sudah memenuhi standar mutu pektin berdasarkan standar mutu *International Pectin Producers Association*, kecuali kadar air dan berat ekuivalen yang masih melampaui batas maksimum.
- e. *Edible film* yang dihasilkan dari pektin hasil ekstraksi menggunakan metode MAE kualitasnya cukup menjanjikan untuk dijadikan komoditi pangan.

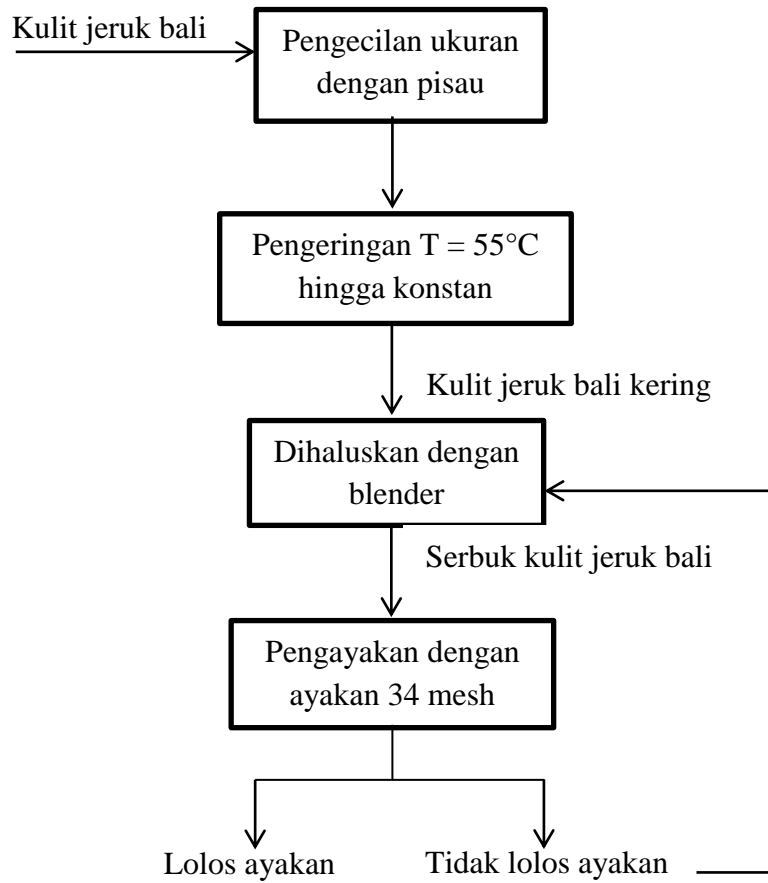
5.2 Saran

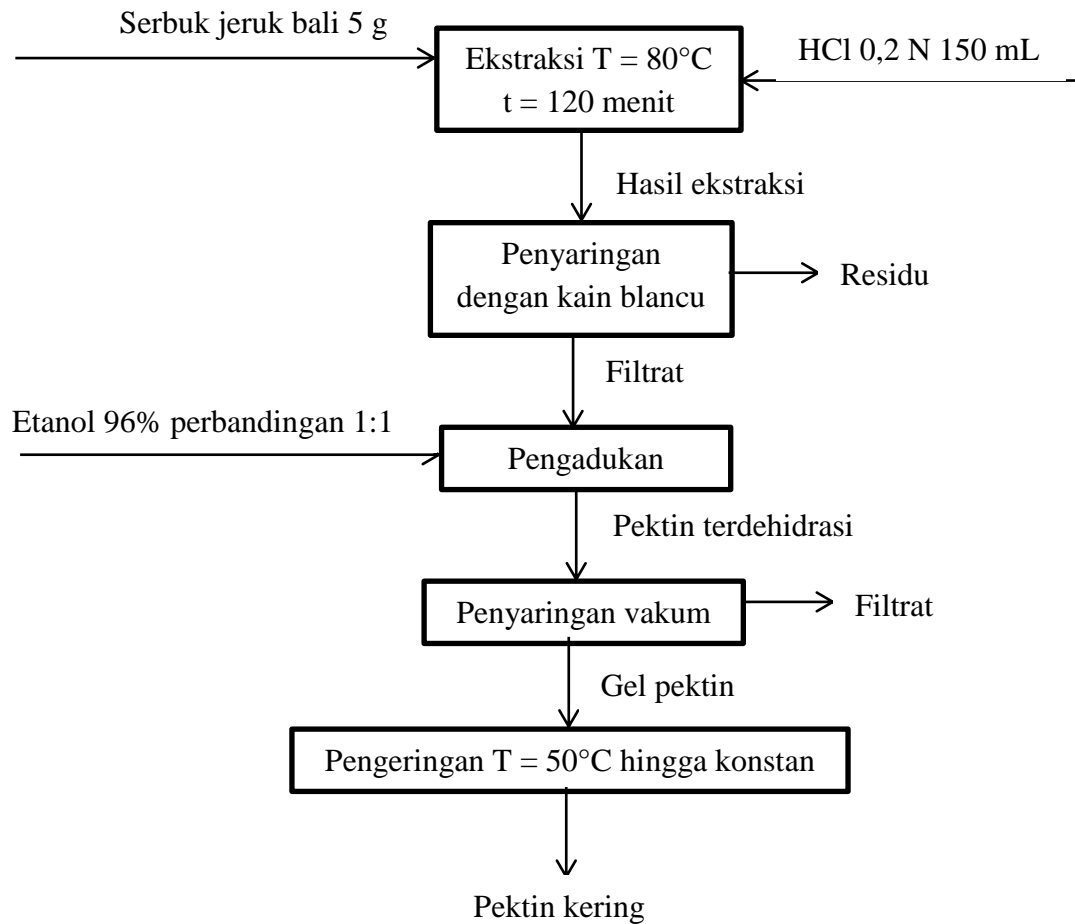
- a. Penggunaan jenis pelarut dan konsentrasi yang berbeda dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi yang tepat untuk ekstraksi pektin kulit jeruk bali.
- b. Agar pemanfaatan kulit jeruk bali lebih optimal, minyak atsiri dari kulit jeruk bali dapat diekstrak terlebih dahulu.
- c. Penggunaan variasi rasio bahan perlu dilakukan untuk mengetahui rasio bahan yang dapat menghasilkan yield terbanyak.

DAFTAR PUSTAKA

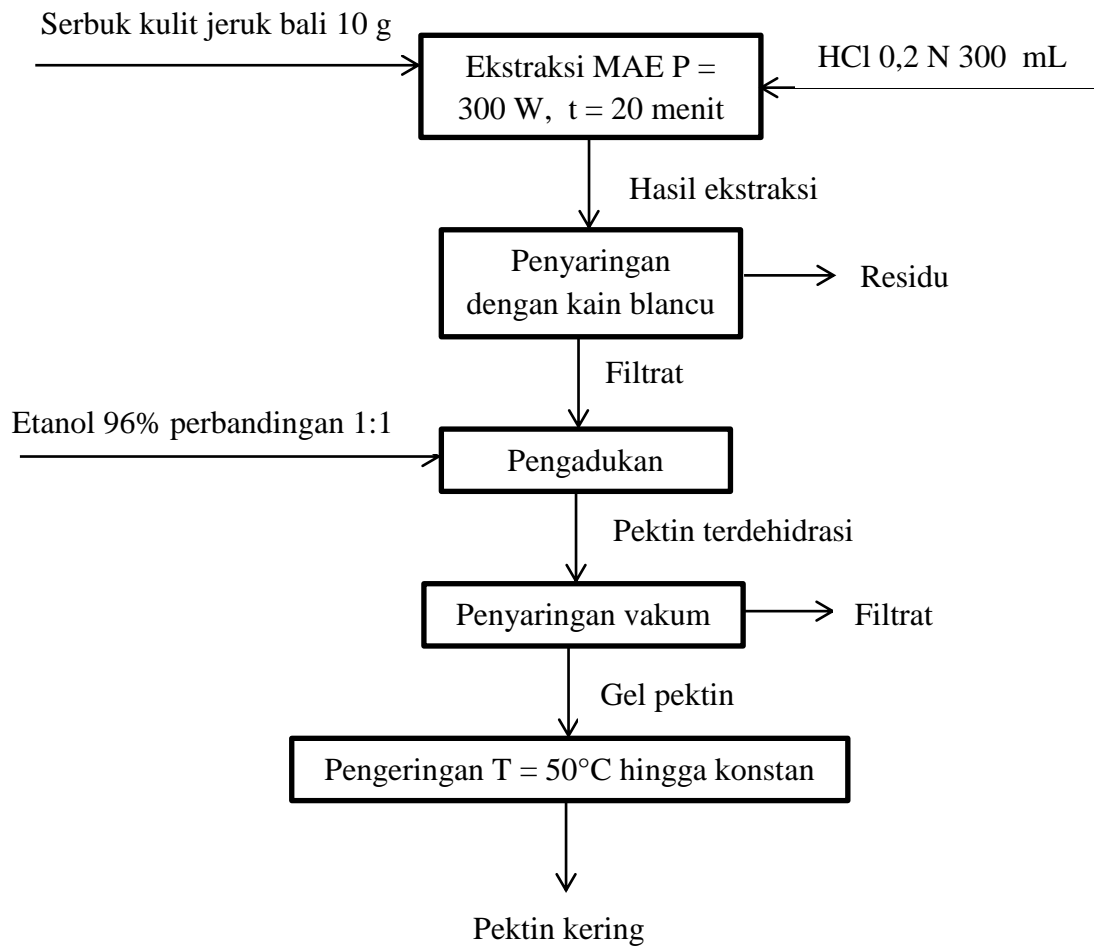
- Alfarisi, Hadi. 2013. *Budidaya Jeruk Pamelos*. <http://www.pamelos.co.id/detail-artikel-7-budidaya-jeruk-pamelos.html> diakses pada Selasa, 24 Februari 2014 pukul 09.57 WIB.
- Estiningtyas, H.R. 2010. *Aplikasi Edible Film Maizena Dengan Penambahan Ekstrak Jahe Sebagai Antioksidan Alami Pada Coating Sosis Sapi*. Solo: Universitas Sebelas Maret
- Hanum, Farida dkk. 2012. *Ekstraksi Pektin Dari Kulit Buah Pisang Kepok (Musa Paradisiaca)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Hariyati, M.N. 2006. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Limbah Proses Pengolahan Jeruk Pontianak (Citrus Nobilis Var Microcarpa)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Herdigenarosa, Muren. 2013. *Pembuatan Edible Coating dari Pektin Kulit Buah Jeruk Bali (Citrus maxima) dengan Variasi Sorbitol sebagai Plasticizer*. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Khotimah, Khusnul. 2006. *Karakterisasi Edible Film dari Pati Singkong (Manihot utilissima Pohl)*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Koh, P.C dkk. 2014. *Microwave-assisted Extraction of Pectin From Jackfruit Rinds Using Different Power Levels*. Malaysia: Universiti Putra Malaysia dalam *International Food Research Journal* 21 (5): 2091-2097 (2014).
- Krisna, D.D.A. 2011. *Pengaruh Regelatinasi dan Modifikasi Hidrotermal Terhadap Sifat Fisik Pada Pembuatan Edible Film Dari Pati Kacang Merah (Vigna angularis sp.)*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Kristiyani, Fanny. 2008. *Pengaruh pH, Suhu, dan Jenis Pelarut Terhadap Karakteristik Kimia Pektin "Albedo Jeruk Bali" (Citrus maxima merr)*. Semarang: Unika.
- Meilina, H dan Illah S. 2003. *Produksi Pektin Dari Kulit Jeruk Lemon (Citrus Medica)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Perina, Irene dkk. 2007. *Ekstraksi Pektin Dari Berbagai Macam Kulit Jeruk*. WIDYA TEKNIK Vol. 6 No. 1, 2007 (1-10)

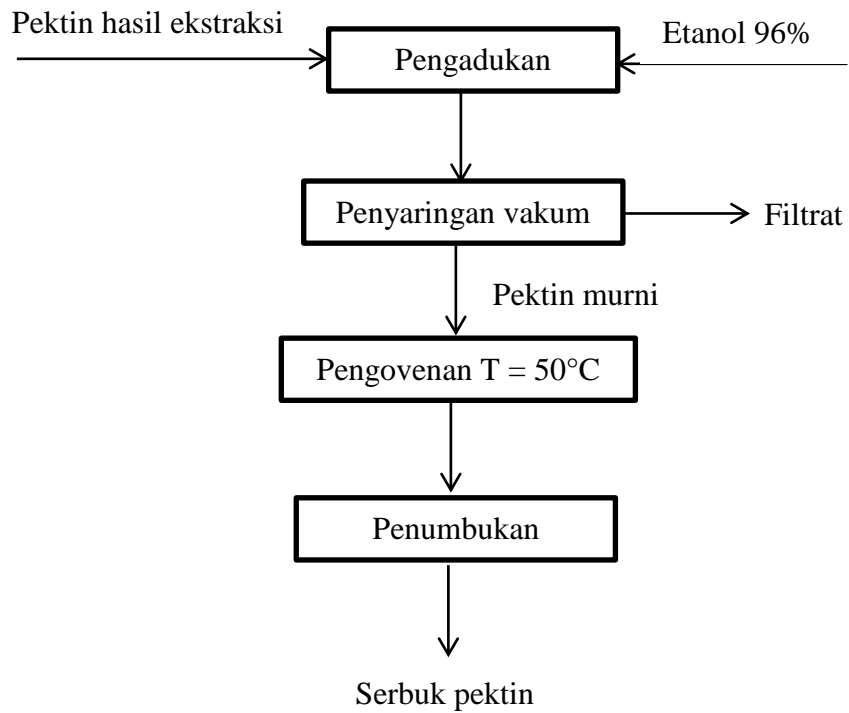
- Prasetyaningrum, Aji dkk. 2010. *Karakterisasi Bioactive Edible Film Dari Komposit Alginat Dan Lilin Lebah Sebagai Bahan Pengemas Makanan Biodegradable*. Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses 2010. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Quoc, L.P.T dkk. 2014. *Optimization of The Pectin Extraction from Pomelo Peels by Oxalic Acid and Microwave*. Vietnam: Banat's Journal of Biotechnology.
- Rahmawati, W.T dan Rivi Y. 2010. *Jeruk Bali Berumur Panjang dan Berbuah Sepanjang Tahun*. <http://peluangusaha.kontan.co.id/news/jeruk-bali-berumur-panjang-dan-berbuah-sepanjang-tahun-2-1> diakses pada Selasa, 24 Februari 2015 pukul 09.41 WIB.
- Rahmawati dkk. 2013. *Karakteristik Ekstrak Kulit Jeruk Bali Menggunakan Metode Ekstraksi Ultrasonik (Kajian Perbandingan Lama Blansing Dan Ekstraksi)*. Malang: Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 1 No.1 p.26-35, Oktober 2013
- Setyarini, I.S. 2010. *Isomerisasi Eugenol Menggunakan Mg/Al-Hidrotalsit Dengan Radiasi Gelombang Mikro*. Solo: Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Suhendra, Herry. 2013. *Buah Lokal: Pamelos, Jeruk Asli Indonesia yang Terabaikan*. <http://industri.bisnis.com/read/20130710/99/149975/buah-lokal-pamelos-jeruk-asli-indonesia-yang-terabaikan> diakses pada 11 Februari 2015 pukul 17.45 WIB.
- Sulihono, Andreas dkk. 2012. *Pengaruh Waktu, Temperatur, dan Jenis Pelarut Terhadap Ekstraksi Pektin Dari Kulit Jeruk Bali (Citrus Maxima)*. Palembang: Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 18, Desember 2012.
- Tuhuloula, Abubakar. 2013. *Karakterisasi Pektin Dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Ulinuha, A.Y. 2014. *Ekstraksi Pektin Kulit Buah Naga (Dragon fruit) dan Aplikasinya sebagai Edible Film*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

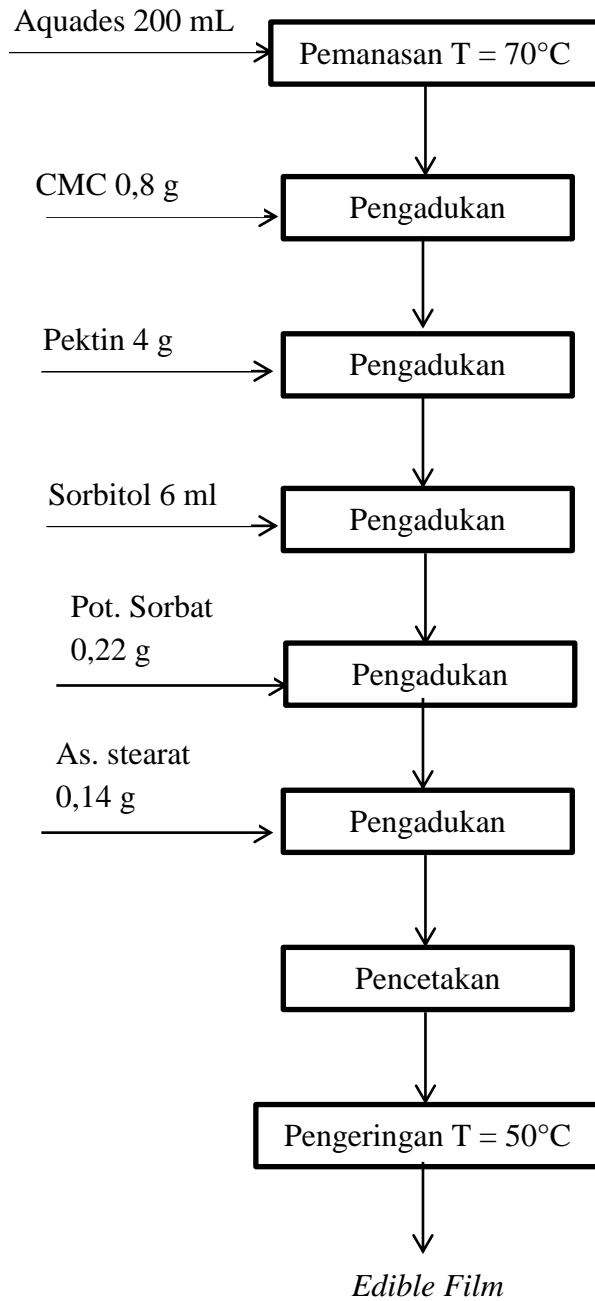
Lampiran 1. Skema Kerja Preparasi Bahan

Lampiran 2. Skema Kerja Ekstraksi Pektin Metode Konvensional

**Lampiran 3. Skema Kerja Ekstraksi Pektin Menggunakan Metode
Microwave Assisted Extraction (MAE)**

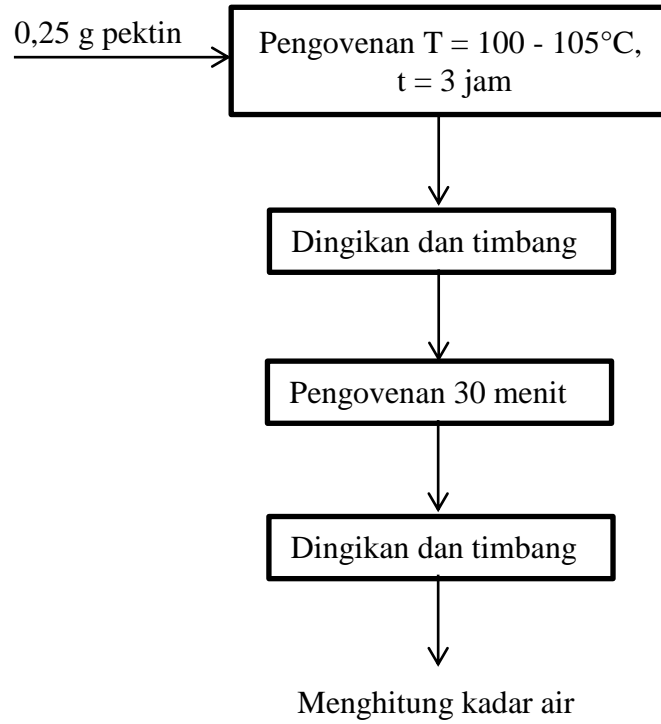


Lampiran 4. Skema Kerja Pemurnian Pektin

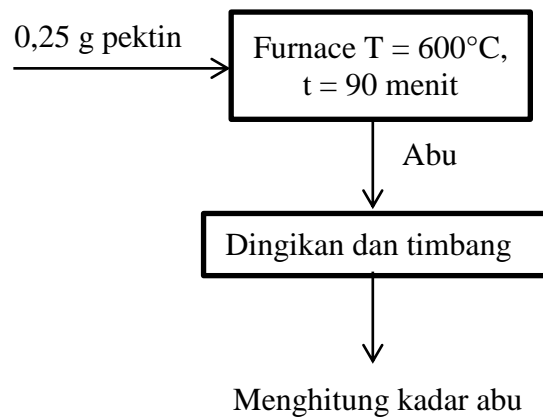
Lampiran 5. Skema Kerja Pembuatan *Edible Film*

Lampiran 6. Skema Kerja Analisis Sifat Fisika Kimia Pektin

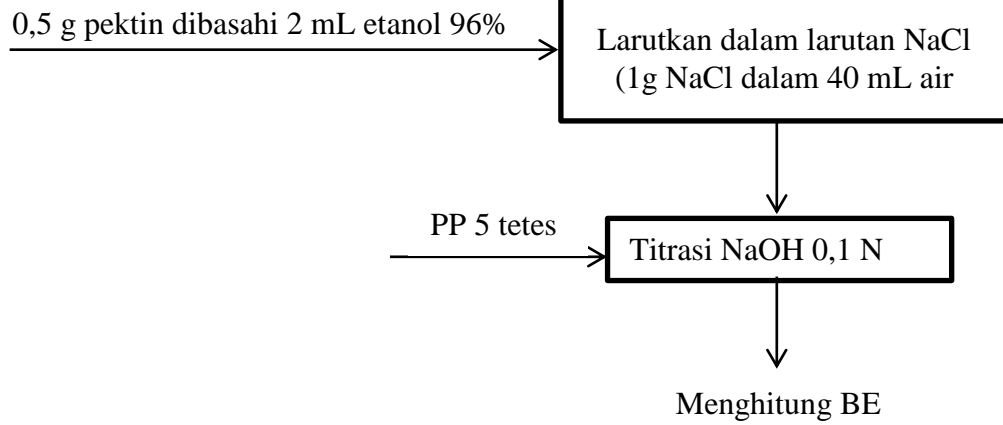
a. Kadar Air



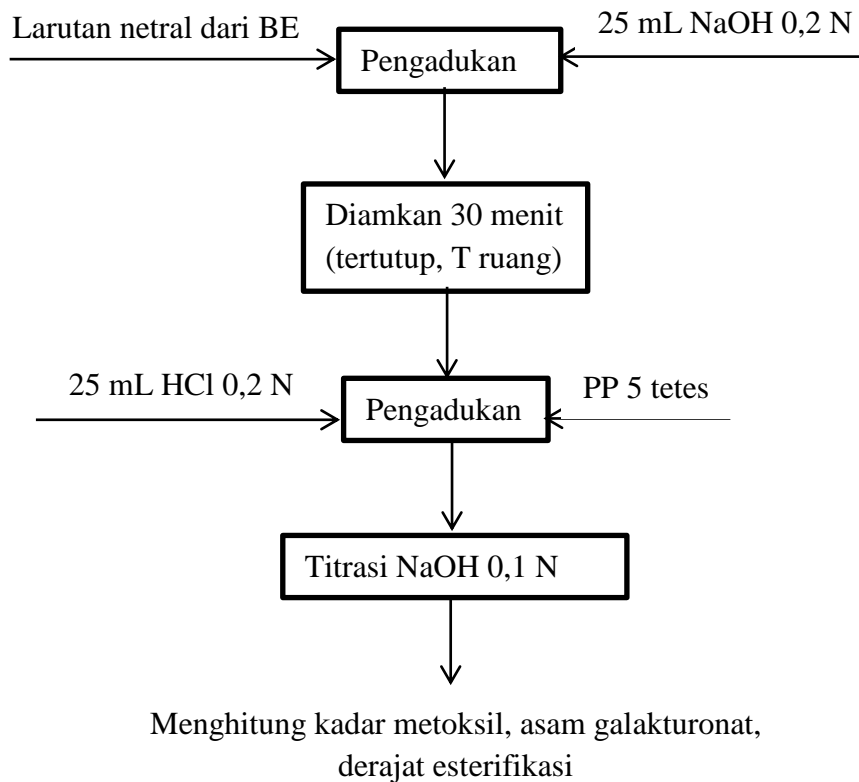
b. Kadar Abu



c. Berat Ekuivalen (BE)



d. Kadar Metoksil



Lampiran 7. Data Pengamatan

a. Preparasi Bahan Baku

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Memilih kulit jeruk bali yang bagus kemudian dicuci	Kulit jeruk bali berwarna hijau kekuningan
2.	Memotong kulit jeruk bali	Kulit jeruk bali berukuran kecil
3.	Mengeringkan kulit jeruk bali pada suhu 55°C sampai berat konstan	Kulit jeruk bali kering berwarna kecoklatan
4.	Menghaluskan kulit jeruk bali dengan blender	Serbuk kulit jeruk bali
5.	Mengayak serbuk kulit jeruk bali	Serbuk berukuran sama

b. Ekstraksi Pektin Metode Konvensional

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Serbuk kulit jeruk bali sebanyak 5 g dalam 150 mL HCl 0,2 N	Campuran kental
2.	Ekstraksi pada suhu 80°C selama 120 menit	Larutan berwarna coklat tua
3.	Menyaring larutan hasil ekstraksi dengan kain blacu	Filtrat berwarna coklat muda
4.	Menambahkan etanol 96% dengan perbandingan 1:1	Terbentuk gel berwarna putih
5.	Mengoven gel pektin pada suhu 50°C sampai berat konstan	Pektin berwarna coklat
6.	Menambahkan etanol 96% kedalam pektin kemudian diaduk	Warna etanol menjadi kekuningan
7.	Menyaring campuran	Pektin berwarna lebih terang
8.	Mengoven pektin pada suhu	Pektin berwarna coklat dengan

50°C sampai berat konstan yield sebesar 28,6%

c. Ekstraksi Pektin Metode MAE Variasi Daya

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Serbuk kulit jeruk bali sebanyak 10 g dalam 300 mL HCl 0,2 N	Campuran kental
2.	Ekstraksi pada daya 180, 300, 450, dan 600 W selama 20 menit	Larutan berwarna coklat tua
3.	Menyaring larutan hasil ekstraksi dengan kain blacu	Filtrat berwarna coklat muda
4.	Menambahkan etanol 96% dengan perbandingan 1:1	Terbentuk gel berwarna putih
5.	Mengoven gel pektin pada suhu 50°C sampai berat konstan	Pektin berwarna coklat
6.	Menambahkan etanol 96% kedalam pektin kemudian diaduk	Warna etanol menjadi kekuningan
7.	Menyaring campuran	Pektin berwarna lebih terang
8.	Mengoven pektin pada suhu 50°C sampai berat konstan	Pektin berwarna coklat, yield 180 W = 12,1% 300 W = 40,5% 450 W = 32,9% 600 W = 30,6%

d. Ekstraksi Pektin Metode MAE Variasi Waktu

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Serbuk kulit jeruk bali sebanyak 10 g dalam 300 mL HCl 0,2 N	Campuran kental
2.	Ekstraksi pada daya 300 W selama 10, 15, 20, 25, dan 30 menit	Larutan berwarna coklat tua

3.	Menyaring larutan hasil ekstraksi dengan kain blacu	Filtrat berwarna coklat muda
4.	Menambahkan etanol 96% dengan perbandingan 1:1	Terbentuk gel berwarna putih
5.	Mengoven gel pektin pada suhu 50°C sampai berat konstan	Pektin berwarna coklat
6.	Menambahkan etanol 96% kedalam pektin kemudian diaduk	Warna etanol menjadi kekuningan
7.	Menyaring campuran	Pektin berwarna lebih terang
8.	Mengoven pektin pada suhu 50°C sampai berat konstan	Pektin berwarna coklat, yield 10 menit = 8,8% 15 menit = 20,2% 20 menit = 40,5% 25 menit = 36,6% 30 menit = 22,9%

e. Pembuatan *Edible Film*

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Memanaskan 200 mL aquades pada suhu 70°C	Aquades bersuhu 70°C
2.	Melarutkan 0,8 g CMC kedalam aquades	Larutan berwarna putih kental
3.	Melarutkan 4 g pektin kedalam larutan	Larutan berwarna coklat semakin kental dan ada sedikit gumpalan
4.	Mencampurkan 6 ml sorbitol	Larutan berwarna coklat kental dan ada sedikit gumpalan
5.	Melarutkan 0,1 g potasium sorbat	Larutan berwarna coklat kental dan ada sedikit gumpalan
6.	Melarutkan 0,07 g asam stearat	Larutan berwarna coklat kental ada sedikit bintik-bintik kasar
7.	Menyaring larutan dengan	Larutan coklat kental bersih dari

saringan vakum	bintik kasar
8. Menuang ke cetakan kaca dan dioven pada suhu 50°C sampai kering	<i>Edible Film</i> berwarna coklat transparan, elastis, daya tarik kuat, permeabilitas uap air tinggi.

f. Analisis Sifat Fisika Kimia Pektin

1) Kadar Air

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Mengoven 0,25 g pektin pada suhu 100 – 105°C selama 3 jam	Pektin berwarna hitam
2.	Pektin didinginkan dan ditimbang	Berat pektin = 0,213 g
3.	Pektin dioven kembali selama 30 menit	
4.	Pektin didinginkan dan ditimbang	Berat pektin = 0,206 g
5.	Menghitung kadar air pektin	Kadar air = 17,6%

2) Kadar Abu

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Memasukkan 0,25 g pektin kedalam furnace pada suhu 600°C selama 90 menit	Pektin berubah menjadi abu berwarna putih
2.	Pektin didinginkan dan ditimbang	Berat abu = 0,01 g
3.	Menghitung kadar abu pektin	Kadar abu = 4%

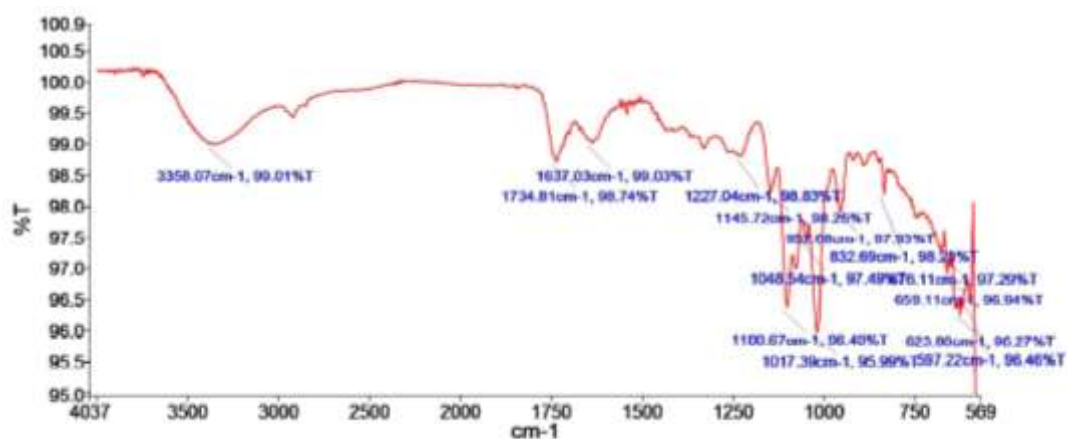
3) Berat Ekivalen

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Membasahi 0,5 g pektin dengan 2 ml etanol 96%	Pektin basah
2.	Melarutkan campuran pektin dan etanol kedalam larutan NaCl	Larutan berwarna kekuningan
3.	Menambahkan 5 tetes indikator PP kedalam larutan	Larutan berwarna kekuningan
4.	Titration dengan NaOH 0,1 N	Larutan berwarna merah muda
5.	Menghitung berat ekivalen	Berat ekivalen = 961,538

4) Kadar Metoksil, Kadar Asam Galakturonat, dan Derajat Esterifikasi

	Perlakuan	Pengamatan
1.	Larutan netral dari BE ditambah dengan 25 mL NaOH 0,2 N aduk dan diamkan selama 30 menit (tertutup, suhu ruang)	Larutan berwarna merah muda
2.	Menambahkan 25 mL HCl 0,2 N kedalam larutan	Larutan berwarna oranye
3.	Menambahkan 5 tetes indikator PP kedalam larutan	Larutan berwarna oranye
4.	Titration dengan NaOH 0,1 N	Larutan berwarna kuning
5.	Menghitung kadar metoksil, kadar asam galakturonat, dan derajat esterifikasi	Kadar metoksil = 8,5% Kadar asam galakturonat = 66,5% Derajat esterifikasi = 72,5%

Lampiran 8. Spektra Infra Merah Pektin Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*)



Peak Area/Height Results

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Start	End	Base1	Base2
1	3358.07	99.01	-662.23	4000	2327.19	3999	2327.19
2	1734.81	98.74	95.82	2327.19	1684.07	2327.19	1684.07
3	1637.03	99.03	-29.41	1684.07	1506.03	1684.07	1506.03
4	1227.04	98.83	-121.92	1506.03	1182.84	1506.03	1182.84
5	1145.72	98.25	-12.64	1182.84	1127.24	1182.84	1127.24
6	1100.67	96.4	-60.7	1127.24	1060.89	1127.24	1060.89
7	1048.54	97.49	-2.4	1060.89	1040.65	1060.89	1040.65

8	1017.39	95.99	-49.53	1040.65	975.11	1040.65	975.11
9	952.68	97.93	-13.1	975.11	859.69	975.11	859.69
10	832.89	98.23	-4.07	859.69	824.26	859.69	824.26
11	676.11	97.29	-19.73	824.26	666.93	824.26	666.93
12	659.11	96.94	-5.27	666.93	649.11	666.93	649.11
13	623.8	96.27	-19.52	649.11	605.7	649.11	605.7
14	597.22	96.46	-9.89	605.7	587.81	605.7	587.81
15	575.12	86.53	-8.98	587.81	573.24	587.81	573.24
16	570.97	81.9	-87.92	573.24	566.81	573.24	566.81

Lampiran 9. Analisis Yield Pektin

1. Yield Pektin Hasil Ekstraksi Menggunakan Metode Konvensional

$$\begin{aligned} \text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{1,43 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 28,6\% \end{aligned}$$

2. Yield Pektin Hasil Ekstraksi Menggunakan Metode MAE Variasi Daya

a. 180 W

$$\begin{aligned} \text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{1,21 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 12,1\% \end{aligned}$$

b. 300 W

$$\begin{aligned} \text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{4,05 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 40,5\% \end{aligned}$$

c. 450 W

$$\begin{aligned} \text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{3,29 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 32,9\% \end{aligned}$$

d. 600 W

$$\begin{aligned} \text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{3,06 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 30,6\% \end{aligned}$$

3. Yield Pektin Hasil Ekstraksi Menggunakan Metode MAE Variasi Waktu

a. 10 menit

$$\begin{aligned}\text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{0,88 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 8,8\%\end{aligned}$$

b. 15 menit

$$\begin{aligned}\text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{2,02 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 20,2\%\end{aligned}$$

c. 20 menit

$$\begin{aligned}\text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{4,05 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 40,5\%\end{aligned}$$

d. 25 menit

$$\begin{aligned}\text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{3,66 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 36,6\%\end{aligned}$$

e. 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Yield} &= \frac{\text{berat pektin kering}}{\text{berat bahan baku kering}} \times 100\% \\ &= \frac{2,29 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 22,9\%\end{aligned}$$

Lampiran 10. Analisis Sifat Fisika Kimia Pektin Kulit Jeruk Bali

1. Kadar Air

$$\begin{aligned} \% \text{ air} &= \frac{\text{berat sampel awal} - \text{berat sampel akhir}}{\text{berat sampel awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,25 \text{ gram} - 0,206 \text{ gram}}{0,25 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 17,6\% \end{aligned}$$

2. Kadar Abu

$$\begin{aligned} \% \text{ abu} &= \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,01 \text{ gram}}{0,25 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 4\% \end{aligned}$$

3. Berat Ekuivalen (BE)

$$\begin{aligned} \text{BE} &= \frac{\text{mili gram sampel}}{\text{mili liter NaOH} \times N \text{ NaOH}} \\ &= \frac{500}{5,2 \times 0,1} \\ &= 961,538 \end{aligned}$$

4. Kadar Metoksil

$$\begin{aligned} \% \text{ metoksil} &= \frac{\text{mili liter NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 31}{\text{mili gram sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{13,7 \times 0,1 \times 31}{500} \times 100\% \\ &= 8,494\% \end{aligned}$$

5. Kadar Asam Galakturonat

$$\begin{aligned} \% \text{ asam galakturonat} &= \frac{\text{mili ekuivalen NaOH} \times 176}{\text{mili gram sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{1,89 \times 176}{500} \times 100\% \\ &= 66,528\% \end{aligned}$$

6. Derajat Esterifikasi

$$\begin{aligned} \% \text{ esterifikasi} &= \frac{\% \text{ metoksil} \times \text{BM metoksil}}{\% \text{ as.galakturonat} \times \text{BM as.galakturonat}} \times 100\% \\ &= \frac{8,494 \times 176}{66,528 \times 31} \times 100\% \\ &= 72,487\% \end{aligned}$$