

**PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK ATSIRI KULIT JERUK
PANGKEP (*Citrus maxima*) TERHADAP SIFAT FISIK DAN
ANTIBAKTERI *EDIBLE FILM* KOMPOSIT (TEPUNG JAGUNG
DAN KARAGENAN) MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION
MOLDING***

**EFFECT OF PANGKEP ORANGE PEEL (*Citrus maxima*)
ESSENTIAL OIL ON PHYSICAL AND ANTIBACTERIAL
PROPERTIES OF COMPOSITE *EDIBLE FILM* (CORN FLOUR
AND CARRAGENAN) USING *COMPRESSION MOLDING*
METHOD**

IDAYANI

G032202007



**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK ATSIRI KULIT JERUK
PANGKEP (*Citrus maxima*) TERHADAP SIFAT FISIK DAN
ANTIBAKTERI *EDIBLE FILM* KOMPOSIT (TEPUNG JAGUNG
DAN KARAGENAN) MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION
MOLDING***

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Ilmu dan Teknologi Pangan

Disusun dan diajukan oleh

IDAYANI
G032202007

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS PERTANIAN
MAKASSAR
2023**

TESIS

**PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK ATSIRI KULIT JERUK PANGKEP
(*Citrus maxima*) TERHADAP SIFAT FISIK DAN ANTIBAKTERI *EDIBLE*
FILM KOMPOSIT (TEPUNG JAGUNG DAN KARAGENAN) MENGGUNAKAN
METODE *COMPRESSION MOLDING***

Disusun dan diajukan oleh

IDAYANI

NIM: G032202007

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Ilmu dan Teknologi

Pangan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 04 Agustus 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Adiansyah Syarifuddin S.TP., M.Si
NIP. 19770527 200312 1 001

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Andi Hasizah., M.Si
NIP. 19680522 201508 2 001

Ketua Program Studi
Ilmu dan Teknologi Pangan

Dr. Adiansyah Syarifuddin S.TP., M.Si
NIP. 19770527 200312 1 001

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc
NIP. 19631231 198811 1 005

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : IDAYANI
NIM : G032202007
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "**PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK ATSIRI KULIT JERUK PANGKEP (*Citrus maxima*) TERHADAP SIFAT FISIK DAN ANTIBAKTERI EDIBLE FILM KOMPOSIT (TEPUNG JAGUNG DAN KARAGENAN) MENGGUNAKAN METODE COMPRESSION MOLDING**" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Adiansyah Syarifuddin, STP, M.Si sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Andi Hasizah M., M.Si sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (Idayani, A Hasizah and A Syarifuddin, *Sci* **1200** 012039, dan doi:10.1088/1755-1315/1200/1/ 012039) sebagai artikel dengan judul "The effect of additional orange Pangkep (*Citrus maxima*) peel oil on characteristics and microbial inhibition of corn flour-based edible film".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 16 Agustus 2023



Idayani
NIM. G032202007

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul Pengaruh Penambahan Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep (*Citrus maxima*) Terhadap Sifat Fisik dan Antibakteri *Edible Film* Komposit (Tepung Jagung dan Karagenan) Menggunakan Metode *Compression Molding*". Selama proses penyusunan tesis, penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP.,M.Si sebagai Ketua Program Studi Magister Ilmu dan Teknologi Pangan dan sebagai pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan selama penyusunan laporan penelitian ini
2. Ibu Dr. Ir. A. Hasizah M.Si sebagai pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan selama penyusunan laporan ini.
3. Kedua Orangtua, suami, anak dan seluruh keluarga atas dukungan dan doanya mulai awal perkuliahan hingga penyusunan laporan ini.
4. Bapak Basri Nur S.Pd.,M.Pd dan Bapak Amrullah, S.Pd.,M.Si sebagai kepala sekolah dan Kepala Tata usaha SMK SMTI Makassar telah memberikan izin untuk melanjutkan pendidikan dan telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian dilaboratorium SMK SMTI Makassar.
5. Teman teman sejawat "Ibu Damasiah, Rahmaniar, ibu Nursiah, pak Rusli, pak Syamsir, ibu Hastini, pak Rudi, pak Agus, A.Siti Muliani, Hadija Enrayani, Dian Yuneri, St Aisyah, Widyarti, Jihan, Emmi Astuti, Asri, Ade Virgiawan
6. Teman teman seperjuangan mahasiswa magister angkatan 2020 semester genap yang telah mendukung selama proses penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan laporan tesis ini.

Makassar, 16 Agustus 2023
Penulis,

Idayani

**PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK ATSIRI KULIT JERUK
PANGKEP (*Citrus maxima*) TERHADAP SIFAT FISIK DAN
ANTIBAKTERI *EDIBLE FILM* KOMPOSIT (TEPUNG JAGUNG
DAN KARAGENAN) MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION
MOLDING***

Idayani

ABSTRAK

Minyak atsiri kulit jeruk Pangkep mengandung senyawa limonen yang bersifat antibakteri. Edible film yang terbuat dari komposit tepung jagung dan karagenan yang diperkaya dengan ekstrak minyak atsiri kulit jeruk Pangkep diharapkan dapat meningkatkan sifat fisik dan antibakteri edible film. Pembuatan edible film umumnya dilakukan menggunakan metode tuang yang membutuhkan waktu lama dalam proses pembentukannya, sehingga cocok untuk potensi komersialisasi berkelanjutan. Sebagai alternatif, metode pencetakan kompresi disarankan untuk produksi edible film. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak minyak atsiri kulit jeruk Pangkep ke dalam edible film. Proses percobaan terdiri dari tiga tahap. Pertama, minyak atsiri diekstraksi menggunakan metode autoklaf dan microwave hidrodilasi dengan variasi waktu 30 dan 60 menit. Kedua, variasi formulasi yang berbeda disiapkan dengan berbagai konsentrasi tepung jagung (2%, 4%, dan 6%) terhadap tepung karagenan dan variasi minyak atsiri (1%, 1.5%, dan 2%). Terakhir, pencetakan kompresi dilakukan pada tekanan yang berbeda (20 dan 40 Psi) dan suhu (100°C dan 120°C). Hasil penelitian mengungkapkan bahwa pada tahap pertama, ekstrak minyak atsiri terbaik diperoleh dengan menggunakan microwave hydrodistillation dengan waktu ekstrak 60 menit. Pada tahap kedua, formulasi edible film yang optimal adalah 4% tepung jagung dan 1% minyak atsiri. Selain itu, perlakuan compression moulding pada tekanan 20 Psi dan suhu 120°C menghasilkan edible film terbaik dengan nilai kuat tarik 0.93 N/mm², perpanjangan 5,81%, ketebalan 0,19 mm, LTUA 0.04 g/mm².jam, tingkat kecerahan 8,83, zona hambat *Escherichia coli* 10,67 mm, dan zona hambat *Staphylococcus aureus* 11,07 mm. Kesimpulannya, metode cetak kompresi terbukti lebih efisien dibandingkan dengan metode tuang.

Kata Kunci: Edible film komposit Sifat fisik, *Compression molding*, Daya hambat bakteri.

**EFFECT OF PANGKEP ORANGE PEEL (*Citrus maxima*)
ESSENTIAL OIL ON PHYSICAL AND ANTIBACTERIAL
PROPERTIES OF COMPOSITE EDIBLE FILM (CORN FLOUR
AND CARRAGENAN) USING COMPRESSION MOLDING
METHOD**

Idayani

ABSTRACT

Pangkep orange peel essential oil contains limonen compounds that are antibacterial. Edible film made from a composite of corn flour and carrageenan enriched with Pangkep orange peel essential oil extract is expected to improve the physical and antibacterial properties of edible film. The manufacture of edible films is generally using the solvent casting method which requires a long time in the formation process, making it suitable for potential continuous commercialization. Alternatively, compression molding method is suggested for edible film production. This study aims to investigate the impact of incorporating Pangkep orange peel essential oil extract into the edible film. The experimental process consisted of three stages. Firstly, The- essential oil was extracted using the autoclave and microwave hydrodistillation methods with time variations of 30 and 60 minutes. Secondly, different formulations were prepared with varying concentrations of corn flour (2%, 4%, and 6%) to carrageenan flour and varying essential oils (1%, 1.5%, and 2%). Lastly, compression molding was performed at different pressures (20 and 40 Psi) and temperatures (100°C and 120°C). The finding revealed that in the first stage, the best essential oil extract was obtained using the microwave hydrodistillation with a 60-minute extract time. In the second stage, the optimal edible film formulation was 4% corn flour and 1% essential oil. Additionally, the compression molding treatment at 20 Psi pressure and 120°C temperature resulted in the best edible film, showcasing a tensile strength value of 0.93 N/mm², elongation of 5.81%, thickness of 0.19 mm, WVTR of 0.04 g/mm².hour, degree of brightness level of 8.83, *Escherichia coli* inhibition zone of 10.67 mm and *Staphylococcus aureus* inhibition of 11.07 mm. In conclusion, the compression molding method proves to be more efficient than the pouring method.

Keywords: Tensile strength, Elongation, Bacterial inhibition, Brightness.

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN SAMPUL..... | i |
| PERNYATAAN PRASYARAT TESIS | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN TESIS | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA..... | iv |
| UCAPAN TERIMA KASIH | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Kegunaan Penelitian..... | 3 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Kulit jeruk Pangkep (<i>Citrus maxima</i>)..... | 4 |
| 2.2 Minyak Atsiri..... | 5 |
| 2.3 Ekstraksi | 9 |
| 2.4 Destilasi | 11 |
| 2.5 <i>Microwave Hydro Distillation</i> | 12 |
| 2.7 Tepung jagung | 15 |
| 2.8 Gliserol | 18 |
| 2.9 <i>Edible Film</i> Komposit | 18 |
| 2.10 <i>Compression Molding</i> | 20 |
| 2.11 Anti Bakteri..... | 21 |
| 2.12 Antioksidan | 22 |
| BAB III. METODOLOGI PENELITIAN | 24 |
| 3.1 Waktu dan Tempat..... | 24 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 24 |
| 3.3 Prosedur Penelitian..... | 24 |
| 3.3.1 Desain Penelitian | 24 |

| | |
|--|----|
| 3.3.2 Parameter Penelitian | 28 |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 32 |
| 4.1 Tahap Pertama..... | 32 |
| 4.1.2 Berat Jenis | 34 |
| 4.1.3 Daya Hambat Bakteri..... | 35 |
| 4.1.4 Aktivitas Antioksidan..... | 37 |
| 4.1.5 Hasil Penentuan Perlakuan yang terbaik pada Tahap Pertama | 40 |
| 4.2 Tahap Kedua | 40 |
| 4.2.1 Kuat Tarik..... | 40 |
| 4.2.2 % Perpanjangan | 42 |
| 4.2.3 Ketebalan | 44 |
| 4.2.4 Laju Transmisi Uap Air | 46 |
| 4.2.5 Uji Daya Hambat Bakteri..... | 49 |
| 4.2.6 Penentuan Hasil terbaik tahap kedua (2) untuk dilanjutkan ke tahap ketiga (3) 53 | |
| 4.3 Tahap ketiga | 54 |
| 4.3.1 Kuat Tarik..... | 54 |
| 4.3.2 % Perpanjangan | 56 |
| 4.3.3 Ketebalan | 57 |
| 4.3.4 Laju Transmisi Uap Air | 59 |
| 4.3.5 Derajat Kecerahan | 61 |
| 4.3.6 Daya Hambat Bakteri..... | 62 |
| 4.3.7 Penentuan Hasil terbaik tahap ketiga (3)..... | 64 |
| 4.3.8 Perbandingan Hasil Karakteristik <i>Edible Film</i> | 65 |
| V. KESIMPULAN | 66 |
| 5.1 Kesimpulan | 66 |
| 5.2 Saran | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA | 67 |
| LAMPIRAN..... | 75 |

DAFTAR TABEL

| No | Halaman |
|---|---------|
| 1. Spesifikasi Mutu Karagenan | 14 |
| 2. SNI Tepung Jagung | 17 |
| 3. Nutrisi Tepung Jagung (Augustyn, dkk., 2019)..... | 17 |
| 4. Karakteristik Edible Film Menurut <i>Japanese Industrial Standart (JIS)</i> | 19 |
| 5. Perlakuan Metode Ekstraksi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep | 25 |
| 6. Perlakuan Pembuatan Edible Film komposit (Tepung jagung dan karagenan) dengan Penambahan Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep..... | 26 |
| 7. Perlakuan Pembuatan Edible Film menggunakan metode <i>compression Molding</i> | 27 |
| 8. Rendemen Metode <i>Autoklave Steam Distillation (ASD) dan Microwave Hydro Distillation (MHD)</i> | 32 |
| 9. Berat Jenis Metode <i>Autoklave) dan Microwave Hydro Distillation</i> | 34 |
| 10. Daya Hambat Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> pada Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep | 36 |
| 11. Uji Antioksidan pada Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep..... | 38 |
| 12. Hasil Penentuan terbaik pada Tahap Pertama (1)..... | 40 |
| 13. Kuat Tarik <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan metode <i>Solvent Casting</i> (metode tuang) | 41 |
| 14. % Perpanjangan <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan metode <i>Solvent Casting</i> (metode tuang) | 43 |
| 15. Ketebalan <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan Metode <i>Solvent Casting</i> (Metode Tuang)..... | 45 |
| 16. Laju Transmisi Uap Air <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan Metode <i>Solvent Casting</i> (Metode Tuang) | 47 |
| 17. Daya Hambat Bakteri <i>Escherichia coli</i> <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan Metode <i>Solvent Casting</i> (Metode Tuang) | 50 |
| 18. Daya Hambat Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan Metode <i>Solvent Casting</i> (Metode Tuang) | 51 |
| 19. Hasil Penentuan terbaik pada Tahap kedua (2) | 53 |
| 20. Kuat Tarik <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan metode <i>Compression Moulding</i> | 54 |

| | |
|---|----|
| 21. % Perpanjangan <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan metode <i>Compression Moulding</i> | 56 |
| 22. Ketebalan <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan metode <i>Compression Moulding</i> | 58 |
| 23. LTUA <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan metode <i>Compression Moulding</i> | 59 |
| 24. Derajat Kecerahan <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan metode <i>Compression Moulding</i> | 61 |
| 25. Daya Hambat Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Edible Film Kulit Jeruk Pangkep (Citrus maxima)</i> dengan metode <i>Compression Moulding</i> | 62 |
| 26. Hasil Penentuan terbaik pada Tahap Ketiga (3)..... | 64 |
| 27. Perbandingan Hasil Karakteristik <i>Edible Film</i> Metode <i>Solvent Casting (SC)</i> dan <i>Compression Moulding (CM)</i> dengan literatur lain..... | 65 |
| 28. Perbandingan Hasil Daya Hambat Bakteri pada Minyak atsiri, <i>Edible Film</i> Metode <i>Solvent Casting (SC)</i> dan <i>Compression Moulding (CM)</i> dengan literature lain | 65 |

DAFTAR GAMBAR

| No | Halaman |
|--|---------|
| 1. Penampang Buah Jeruk | 5 |
| 2. Struktur Kimia senyawa Terpen dan Terpenoid | 6 |
| 3. Jalur Pembentukan Terpen melalui Biosintesis Jalur Asam Mevalonat (Taiz & Zeiger, 2015)..... | 7 |
| 4. Struktur Kappa Karagenan (Murdiningsih, dkk., 2018) | 14 |
| 5. Komposisi Biji Jagung | 15 |
| 6. Skema Ekstraksi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep Tahap 1 | 25 |
| 7. Skema Pembuatan <i>Edible Film</i> Metode <i>Solvent Casting</i> (SC) pada Tahap kedua (2)..... | 26 |
| 8. Skema Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Metode <i>Compression Molding</i> pada Tahap ketiga (3) | 27 |
| 9. Nilai Rendemen Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep sebagai Pengaruh Metode Ekstraksi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri | 33 |
| 10. Nilai Rendemen Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pamelon sebagai Pengaruh Waktu Ekstraksi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri | 33 |
| 11. Nilai Daya Hambat Bakteri <i>Escherichia coli</i> Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep sebagai Pengaruh Metode Ekstraksi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri..... | 36 |
| 12. Nilai Daya Hambat Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep sebagai Pengaruh Waktu Ekstraksi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri | 37 |
| 13. Nilai Aktifitas Antioksidan (IC50) Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep sebagai Pengaruh Metode Ekstraksi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri | 39 |
| 14. Nilai Aktifitas Antioksidan (IC50) Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep sebagai Pengaruh Waktu Ekstraksi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri | 39 |
| 15. Nilai % Perpanjangan pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Konsentrasi Minyak Atsiri Kulit jeruk Pamelon pada Proses <i>Edible Film</i> dengan metode <i>Solvent Casting</i> | 43 |
| 16. Nilai % Perpanjangan pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Konsentrasi Tepung Jagung pada Proses <i>Edible Film</i> dengan metode <i>Solvent Casting</i> | 44 |
| 17. Nilai Ketebalan pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Konsentrasi Tepung Jagung pada Proses <i>Edible Film</i> dengan metode <i>Solvent Casting</i> | 45 |
| 18. Nilai Ketebalan pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Konsentrasi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pamelon Pangkep pada Proses <i>Edible Film</i> dengan metode <i>Solvent Casting</i> | 46 |

| | |
|--|----|
| 19. Nilai Laju Transmisi Uap Air (LTUA) pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Konsentrasi Tepung Jagung pada Proses <i>Edible Film</i> Menggunakan Metode <i>Solvent Casting</i> | 48 |
| 20. Nilai Laju Transmisi Uap Air (LTUA) pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Konsentrasi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pangkep pada Proses <i>Edible Film</i> Menggunakan Metode <i>Solvent Casting</i> | 48 |
| 21. Nilai Daya Hambat Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Konsentrasi Konsentrasi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pamelop Pangkep pada Proses <i>Edible Film</i> dengan Metode <i>Solvent Casting</i> | 50 |
| 22. Nilai Daya Hambat Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Konsentrasi Tepung Jagung pada Proses <i>Edible Film</i> dengan Metode <i>Solvent Casting</i> | 52 |
| 23. Zona Bening Mikroba <i>E. coli</i> dan <i>S. aureus</i> terbesar pada <i>Edible Film</i> | 53 |
| 24. Nilai Kuat Tarik <i>edible film</i> sebagai pengaruh temperatur pada proses <i>Compression molding</i> | 54 |
| 25. Nilai % Perpanjangan <i>edible film</i> sebagai pengaruh temperatur pada proses <i>Compression molding</i> | 57 |
| 26. Nilai % Perpanjangan <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Tekanan pada Proses <i>Compression molding</i> | 57 |
| 27. Nilai Ketebalan <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Temperatur pada Proses <i>Compression molding</i> | 58 |
| 28. Nilai Ketebalan <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Tekanan pada Proses <i>Compression molding</i> | 59 |
| 29. Nilai Laju Transmisi Uap Air <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Tekanan pada Proses <i>Compression molding</i> | 60 |
| 30. Nilai Derajat Kecerahan <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Tekanan pada Proses <i>Compression molding</i> | 62 |
| 31. Nilai Daya Hambat Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> pada <i>Edible Film</i> sebagai Pengaruh Temperatur pada Proses <i>Compression molding</i> | 64 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No | Halaman |
|-----------------------------------|---------|
| 1. Data Penelitian Tahap 1 | 75 |
| 2. Data penelitian Tahap 2..... | 93 |
| 3. Data penelitian Tahap 3..... | 109 |
| 4. Foto Kegiatan Penelitian | 121 |
| 5. Curriculum Vitae..... | 124 |

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Edible packaging berfungsi sebagai pengemas makanan, sekaligus dapat dimakan bersama dengan produk yang dikemas. *Edible film* merupakan suatu lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang bersifat hidrofilik seperti protein, karbohidrat maupun lemak. *Edible film* memiliki sifat yang elastis, dapat diperbarui, dan dapat dimakan. *Edible film* digunakan dalam produk pangan untuk mencegah transfer massa antara produk pangan dengan lingkungan sekitar atau antara fase yang berbeda dari produk pangan campuran. Selama ini metode yang digunakan dalam pembuatan edible film adalah dengan metode tuang. Metode terbaru dalam pembuatan edible film yakni *compression molding*. Kelebihan proses *compression molding* dibandingkan dengan proses *solvent casting* adalah prosesnya membutuhkan lebih sedikit ruang dan waktu, sehingga dapat meningkatkan potensi komersialnya karena prosesnya lebih efisien dan kontinyu (LIndriati Triana -, 2011).

Salah satu bahan pangan yang biasa digunakan dalam pembuatan edible film adalah karagenan. Karagenan merupakan suatu alternatif yang baik sebagai bahan dasar pembuatan kemasan *edible film* untuk dapat meningkatkan daya tahan dan kualitas bahan pangan yang dikemas (Dwimayasanti, 2016). Ekstrak rumput laut mengandung senyawa fenol, yang dapat terkonversi menjadi quinone ketika dioksidasi (Sutono & Pranoto, 2013), dan berpotensi menjadi *cross linking agent* pada pembentukan edible film (Sutono & Pranoto, 2013). Selain itu bahan lainnya yang memiliki potensi dijadikan bahan baku dalam pembuatan edible film adalah jagung. Komponen utama yang terdapat dalam jagung adalah karbohidrat sebesar 60% (Yanti, 2020). Selain kandungan pati, jagung juga memiliki protein yang disebut dengan zein. Zein memiliki kemampuan untuk membentuk film yang kaku, mengkilap, tahan lecet, dan tahan lemak (Krochta et al., 1994).

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan edible film selain berfungsi sebagai bahan pengemas, edible film harus pula dapat memperbaiki mutu pangan dan meningkatkan masa simpan bahan pangan yang dikemas. Olehnya itu berbagai perkembangan edible film dibuat dengan penambahan *active filler*

yang bersifat antimikroba dan atau antioksidan untuk meningkatkan kemampuannya melindungi bahan makanan yang dibungkus.

Kulit Jeruk umumnya mengandung minyak atsiri yang mengandung senyawa aktif limonen (monoterpene) (Yang, 2017) dan pada jeruk Pangkep varietas daging merah merupakan salah satu bahan pangan yang mengandung senyawa likopen (32.4 mg/Kg sampel) dan vitamin C (0.721 mg/g sampel) yang dapat dijadikan senyawa antioksidan dan antibakteri pada edible film (Tahir dkk., 2018). Minyak atsiri yang terkandung pada kulit dan daun jeruk Pangkep dapat diekstrak menggunakan metode ekstraksi konvensional yaitu (*soxletasi dan maserasi*) dan modern (*microwave hydrodistillation*). Kelebihan *microwave hydrodistillation* (MHD) adalah menghasilkan rendemen yang lebih tinggi, suhu yang rendah dan waktu ekstraksi yang lebih singkat (Chemat dan Giancarlo, 2013)

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan pengembangan *edible film* berbasis tepung jagung dan karagenan dengan penambahan ekstrak minyak atsiri kulit jeruk Pangkep sebagai antioksidan dan antibakteri. Teknik pembuatan edible film dilakukan dengan metode *compresssion molding*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh metode ekstraksi *microwave hidrodistillation* dan *autoclave steam distillation* dalam menghasilkan sifat fisik, antibakteri dan antioksidan minyak atsiri kulit jeruk Pangkep (*Citrus maxima*) yang terbaik?
2. Bagaimana menghasilkan formulasi *edible film* berbasis tepung jagung dengan penambahan ekstrak minyak atsiri kulit jeruk Pangkep (*Citrus maxima*) dengan sifat fisik dan antibakteri terbaik?
3. Bagaimana pengaruh parameter tekanan dan suhu alat *compresssion molding* terbaik terhadap sifat fisik dan antibakteri *edible film*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh metode ekstraksi *microwave hidrodistillation* dan *autoclave steam distillation* dalam menghasilkan sifat fisik, antibakteri dan antioksidan yang terbaik pada minyak atsiri kulit jeruk Pangkep (*Citrus maxima*).
2. Mengetahui formulasi terbaik *edible film* berbasis tepung jagung dengan sifat fisik fisik dan antibakteri terbaik dengan penambahan ekstrak minyak atsiri kulit jeruk Pangkep (*Citrus maxima*).
3. Mengetahui pengaruh parameter tekanan dan suhu terbaik alat *compresssion molding* terhadap sifat fisik fisik dan antibakteri *edible film*.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai sumber informasi mengenai metode ekstraksi minyak atsiri kulit jeruk Pangkep (*Citrus maxima*).
2. Sebagai sumber informasi mengenai formulasi *edible film* yang ditambahkan minyak atsiri dari kulit jeruk Pangkep (*Citrus maxima*) sebagai antibakteri.
3. Pengembangan metode pencetakan dengan metode *compresssion molding*.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kulit jeruk Pangkep (*Citrus maxima*)

Klasifikasi ilmiah jeruk bali adalah sebagai berikut:

Kingdom: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Magnoliopsida

Ordo: Sapindales

Family: Rutaceae

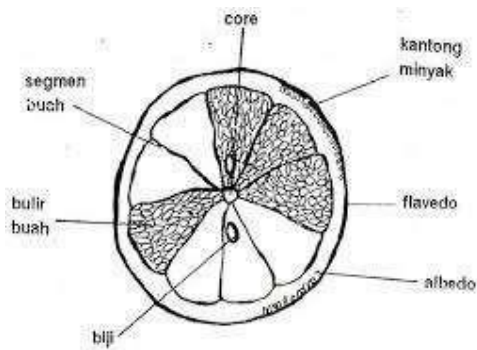
Genus: Citrus

Spesies: *Citrus grandis*, *Citrus maxima*

(Vijaylakshmi & Radha, 2015)

Kandungan jeruk bali salah satunya adalah likopen. Likopen merupakan pigmen karotenoid yang membawa warna merah. Pigmen ini termasuk kedalam golongan senyawa fitokimia yang mudah ditemui pada tomat, jeruk, semangka dan buah-buahan lain yang berwarna merah selain itu pigmen ini juga terdapat didalam darah manusia yaitu 0,5 mol/liter darah. Namun likopen diambil dari spesies tomat yaitu *solanum lycopersicum*. Menurut Tahir dkk., (2018), Jeruk Pangkep yang banyak mengandung likopen adalah yang bulir-bulir jeruknya berwarna kemerahan (32.44 mg/Kg sampel basah). Jenis bulir yang berwarna putih kehijauan kadar likopen relatif kecil (2.80 mg/Kg sampel basah). Likopen bermanfaat untuk mencegah berbagai penyakit kanker, terutama kanker prostat. Sebagai antiradikal Jika bersinergii dengan beta karoten (provitamin A yang banyak terdapat pada jeruk bali, likopen bisa berperan sebagai antioksidan (Surh, 1999).

Selain likopen, kandungan lain pada jeruk pangkep adalah vitamin C. jeruk Pangkep varietas merah mengandung 0.721 mg/g sampel basah dan pada varietas putih mengandung 0.107 mg/g sampel basah (Tahir dkk., 2018).



Gambar 1. Penampang Buah Jeruk

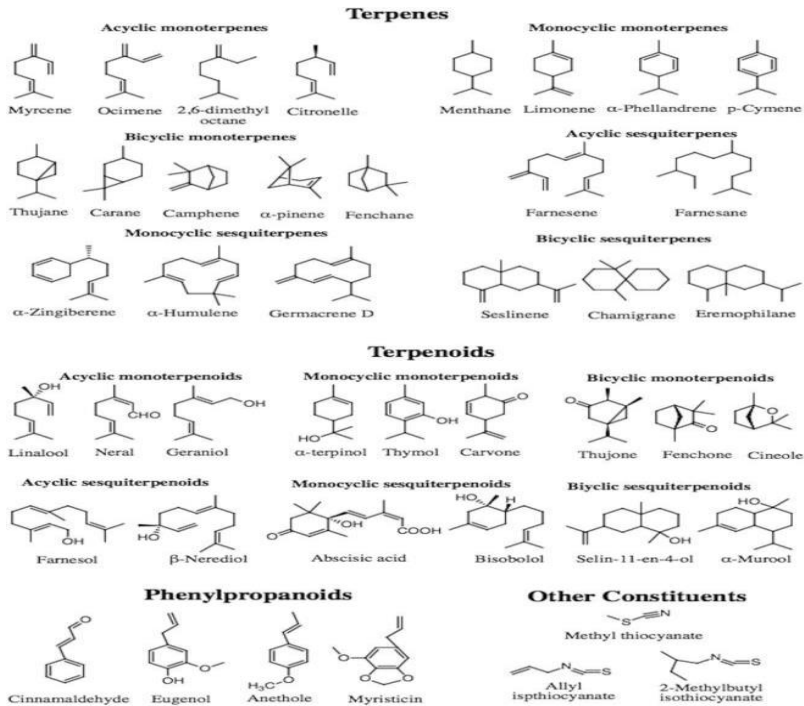
Kulit jeruk Pangkep (gambar 1) berada pada lapisan yang berwarna putih (albedo) berupa gabus memiliki kandungan yang sama dengan buahnya antara lain likopen yang berfungsi untuk mencegah penyakit kanker, terutama kanker prostat. Selain likopen kulit jeruk Pangkep juga mengandung vitamin C. Sama seperti kandungan buahnya, didalam tubuh vitamin C akan bersinergis dengan vitamin E yaitu berperan sebagai antioksidan untuk menangkal seranagan radikal bebas. Sedangkan kulit buah yang berwarna hijau (flavedo) mengandung kelenjar minyak. Sehingga kulit buah yang berwarna hijau dan keras dapat digunakan untuk pembuatan minyak (Astawan, 2008).

Sebagian besar komponen jeruk Pangkep terletak pada kulitnya, diantaranya terdapat senyawa alkaloid, flavonoid, likopen, vitamin C, serta yang paling dominan adalah pektin dan tanin (Rafsanjani & Putri, 2015). Komponen lainnya adalah limonen yang merupakan golongan minyak atsiri yang memberikan bau khas pada ekstrak minyak atsiri kulit jeruk Pangkep (Yustinah, 2016). Menurut Saputra (2017) menyatakan bahwa minyak atsiri kulit buah jeruk Bali yang memiliki spesies yang sama dengan jeruk Pangkep, memiliki beberapa komponen senyawa, yaitu limonen (94,96 %), mircen (2,48%), B- asaron (1,09%), germacren D (1,01%) dan α pinen (0,46%).

2.2 Minyak Atsiri

Minyak asiri dikenal juga dengan nama minyak eteris (*aetheric oil*), minyak esensial (*essential oil*), minyak aromatik (*aromatic oil*) atau minyak terbang (*volatile oil*) yang dihasilkan oleh tanaman. Minyak atsiri merupakan salah satu hasil sisa proses metabolisme dalam tanaman, yang terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan adanya air. Minyak tersebut di sintesis dalam sel kelenjar pada jaringan tanaman dan ada juga yang terbentuk

dalam pembuluh resin, misalnya minyak terpenin dari pohon pinus. Minyak atsiri selain dihasilkan oleh tanaman dapat juga terbentuk dari hasil degradasi trigliserida oleh enzim atau dapat dibuat secara sintesis (Ketaren, 1985).

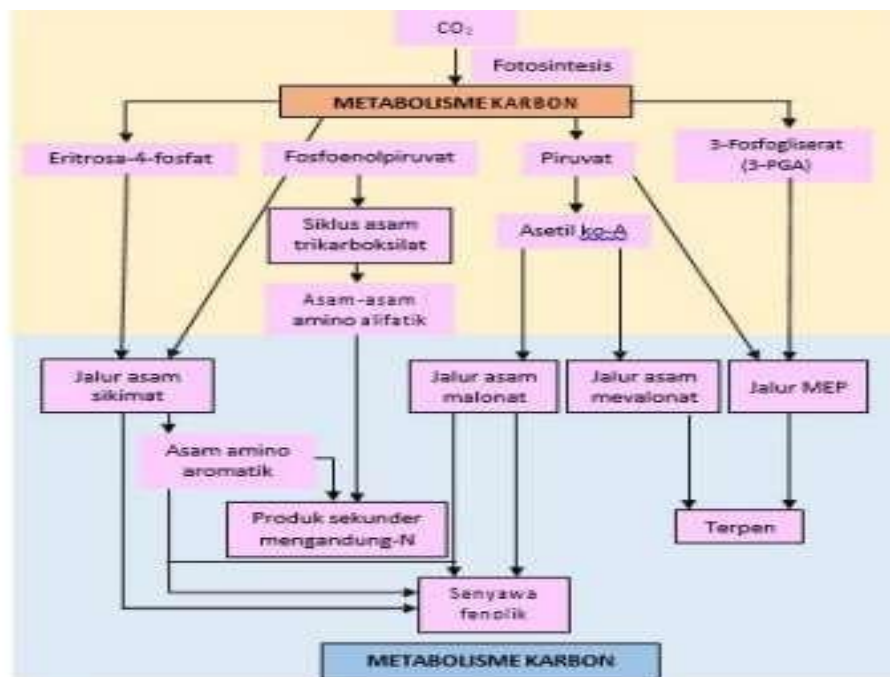


Gambar 2. Struktur Kimia senyawa Terpen dan Terpenoid

Senyawa terpenoid (gambar 2) dapat didefinisikan sebagai suatu produk bahan alam yang strukturnya dibagi menjadi beberapa unit isoprene. Senyawa terpenoid dapat dibagi berdasarkan banyak isoprene penyusunnya. Satu unit isoprene mengandung 5 atom C (C_5H_8). Secara umum ada 6 bagian dari turunan kelompok senyawa terpenoid. 1) Senyawa monoterpen: senyawa yang terdiri dari dua unit isoprene (jumlah atom C=10); 2) Senyawa sesquiterpen: senyawa yang terdiri dari tiga unit isoprene (jumlah atom C=15); 3) Senyawa diterpen: senyawa yang terdiri dari empat unit isoprene (jumlah atom C=20); 4) Senyawa triterpen: senyawa yang terdiri dari enam unit isoprene (jumlah atom C=30); 5) Senyawa tetraterpen: senyawa yang terdiri dari delapan unit isoprene (jumlah atom C=40); 6) Politerpen: senyawa yang terdiri dari lebih dari delapan unit isoprene (n kali) (jumlah atom C=n). Contoh sumber yang ada di alam: 1) Monoterpen ($C_{10}H_{16}$) Minyak atsiri; 2) Sequiterpen ($C_{15}H_{24}$) Minyak atsiri; 3) Diterpen ($C_{20}H_{32}$) Resin; 4) Triterpen ($C_{30}H_{48}$) Saponin, damar; 5) Tetraterpen ($C_{40}H_{64}$) Karotenoid; 6) Politerpen (C_5H_8)n; n > 8 Karet alam (Syukri, 2021).

Sebagaimana minyak lainnya, sebagian besar minyak atsiri tidak larut dalam air dan pelarut polar lainnya. Secara kimiawi, minyak atsiri tersusun dari campuran yang rumit berbagai senyawa, namun suatu senyawa tertentu biasanya bertanggung jawab atas suatu aroma tertentu. Sebagian besar minyak atsiri termasuk dalam golongan senyawa organik terpena dan terpenoid yang bersifat larut dalam minyak (lipofil).

Secara kimia, terpena minyak atsiri dapat dipilah menjadi dua golongan yaitu monoterpena dan seskuiterpena, berupa isoterpenoid C₁₀ dan C₁₅ yang mempunyai jangkang titik didihnya berbeda, titik didih monoterpena 140-180°C sedangkan titik didih seskuiterpena lebih dari 200°C (Harborne, 1987).



Gambar 3. Jalur Pembentukan Terpen melalui Biosintesis Jalur Asam Mevalonat (Taiz & Zeiger, 2015).

Terpen atau terpenoid, merupakan kelas metabolit sekunder terbesar dengan ciri pada umumnya tidak larut air. Terpen disintesis dari asetil-CoA atau intermediet glikolisis dan dibentuk oleh penggabungan unit-unit isopren berkarbon lima. Kelompok terpen disintesis melalui jalur asam mevalonat (MVA) dan metileritritol fosfat (Gambar 3). Semua terpen berasal dari gabungan elemen berkarbon lima yang memiliki tulang punggung karbon bercabang dari isopentana. Elemen struktur dasar dari terpen disebut juga unit-unit isopren karena terpen dapat terdekomposisi pada suhu tinggi untuk menghasilkan isopren, sehingga kadang-kadang disebut sebagai isoprenoid (Yadav et al., 2014).

Berdasarkan atas usul-usul biosintetik (gambar 3), konstituen kimia dari minyak atsiri dapat dibagi dalam dua golongan besar, yaitu: 1) Keturunan terpena yang terbentuk melalui jalur biosintetis asam asetat mevalonat. 2) Senyawa aromatik yang terbentuk lewat jalur sintesis asam sikimat, fenil propanoid (Gunawan dan Mulyani, 2004). Adapun sifat-sifat minyak atsiri diterangkan sebagai berikut: 1) Tersusun oleh bermacam-macam komponen senyawa; 2) Memiliki bau khas. Umumnya bau ini mewakili bau tanaman asalnya. Bau minyak atsiri satu dengan yang lain berbeda-beda, sangat tergantung dari macam dan intensitas bau dari masing-masing komponen penyusun; 3) Mempunyai rasa getir, kadang-kadang berasa tajam, menggigit, memberi kesan hangat sampai panas, atau justru dingin ketika sampai dikulit, tergantung dari jenis komponen penyusunnya; 4) Dalam keadaan murni (belum tercemar oleh senyawa-senyawa lain) mudah menguap pada suhu kamar sehingga bila diteteskan pada selembar kertas maka ketika dibiarkan menguap, tidak meninggalkan bekas noda pada kertas yang ditempel; 5) Bersifat tidak bisa disabunkan dengan alkali dan tidak bisa berubah menjadi tengik (rancid). Ini berbeda dengan minyak lemak yang tersusun oleh asam-asam lemak; 6) Bersifat tidak stabil terhadap pengaruh lingkungan, baik pengaruh oksigen udara, sinar matahari (terutama gelombang ultra violet), dan panas karena terdiri dari berbagai macam komponen penyusun; 7) Indeks bias umumnya tinggi; 8) Pada umumnya bersifat optis aktif dan memutar bidang polarisasi dengan rotasi yang spesifik karena banyak komponen penyusun yang memiliki atom C asimetrik; 9) Pada umumnya tidak dapat bercampur dengan air, tetapi cukup dapat larut hingga dapat memberikan baunya kepada air walaupun kelarutannya sangat kecil; 10. Sangat mudah larut dalam pelarut organik (Gunawan dan Mulyani, 2004).

Komponen yang dominan dalam minyak jeruk adalah Limonene. Pada minyak atsiri kulit jeruk, golongan monoterpene hydrocarbon merupakan golongan yang memiliki komponen yang paling banyak. Namun golongan monoterpene hydrocarbon ini hanya berkontribusi sedikit dalam memberikan keharuman pada minyak. Banyaknya jumlah oxygenated compounds (senyawa teoksigenasi) dalam minyak atsiri berperan dalam meningkatkan aroma minyak menjadi lebih harum, sehingga senyawa teroksigenasi ini lebih valuable. Sedangkan kandungan non-oxygenated compounds (monoterpene hydrocarbons dan sesquiterpen hydrocarbons) dalam minyak kurang valuable, karena sedikit berkontribusi dalam memberikan keharuman

Minyak atsiri mengandung senyawa-senyawa organik yang mampu menyerap kuat energy microwave. Senyawa yang memiliki momen dipole yang tinggi dan rendah dapat diekstrak dalam berbagai macam proporsi dengan menggunakan microwave. Senyawa organik (oxygenated compounds) yang memiliki momen dipole yang tinggi akan berinteraksi lebih kuat dengan microwave dan dapat diekstrak lebih mudah dibandingkan dengan senyawa aromatic yang memiliki momen dipole rendah (seperti monoterpene hydrocarbons) (Chandra, dkk., 2017)

Adanya minyak atsiri dalam film akan mengubah kuat tarik dengan bertindak sebagai plasticizer yang meningkatkan fleksibilitas rantai polimer. Sebaliknya, perpanjangan putus (elongation at break) tidak berubah secara signifikan sejalan dengan tingkat konsentrasi minyak yang ditambahkan. Hal ini karena suhu transisi gelas film menjadi sangat dekat dengan suhu ruang (suhu pengujian) sehingga film cukup kaku dan secara nyata mengubah elongation at break. Penambahan minyak atsiri dengan konsentrasi rendah (sampai 0.3%) tidak memengaruhi permeabilitas uap air (water vapour permeability, WVP), tetapi pada konsentrasi yang lebih tinggi akan meningkatkan WVP. Penambahan minyak atsiri yang bersifat hidrofobik akan meningkatkan interaksi antarmolekul dalam struktur matriks sehingga terjadi transfer uap air (Winarti, Cristina, 2012).

2.3 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda, biasanya air dan yang lainnya pelarut organik.

Penyiapan bahan yang akan diekstrak berdasarkan selektivitas yaitu Pelarut hanya boleh melarutkan ekstrak yang diinginkan, bukan komponen-komponen lain dari bahan ekstraksi. Dalam praktik, terutama pada ekstraksi bahan-bahan alami, sering juga bahan lain (misalnya lemak, resin) ikut dibebaskan bersama-sama dengan ekstrak yang diinginkan. Dalam hal itu larutan ekstrak tercemar yang diperoleh harus dibersihkan, yaitu misalnya diekstraksi lagi dengan menggunakan pelarut kedua, kelarutan yaitu Pelarut sedapat mungkin memiliki kemampuan melarutkan ekstrak yang besar (kebutuhan pelarut lebih sedikit), kemampuan saling tidak saling bercampur yaitu Pada ekstraksi cair-cair, pelarut tidak boleh (atau hanya secara terbatas) larut dalam bahan ekstraksi, kerapatan

yaitu Terutama pada ekstraksi cair-cair, sedapat mungkin terdapat perbedaan kerapatan yang besar antara pelarut dan bahan ekstraksi. Hal ini dimaksudkan agar kedua fase dapat dengan mudah dipisahkan kembali setelah pencampuran (pemisahan dengan gaya berat). Bila beda kerapatannya kecil, sering kali pemisahan harus dilakukan dengan menggunakan gaya sentrifugal (misalnya dalam ekstraktor sentrifugal), reaktivitas yaitu Pada umumnya pelarut tidak boleh menyebabkan perubahan secara kimia pada komponen-komponen bahan ekstraksi. Sebaliknya, dalam hal-hal tertentu diperlukan adanya reaksi kimia (misalnya pembentukan garam) untuk mendapatkan selektivitas yang tinggi. Seringkali ekstraksi juga disertai dengan reaksi kimia. Dalam hal ini bahan yang akan dipisahkan mutlak harus berada dalam bentuk larutan, titik didih yaitu Karena ekstrak dan pelarut biasanya harus dipisahkan dengan cara penguapan, destilasi atau rektifikasi, maka titik didih kedua bahan itu tidak boleh terlalu dekat, dan keduanya tidak membentuk *ascotrop*. Ditinjau dari segi ekonomi, akan menguntungkan jika pada proses ekstraksi titik didih pelarut tidak terlalu tinggi (seperti juga halnya dengan panas penguapan yang rendah).

Ekstraksi adalah suatu penarikan zat aktif yang diinginkan dari bahan mentah dengan menggunakan pelarut tertentu yang dipilih sehingga zat yang diinginkan dapat larut. Pemilihan system pelarut yang digunakan dalam ekstraksi harus berdasarkan kemampuannya dalam melarutkan jumlah yang maksimal dari zat aktif dan seminimal mungkin bagi unsur yang tidak diinginkan (Qonitah, 2013).

Ada beberapa metode dasar ekstraksi yang dipakai untuk pengambilan ekstraksi diantaranya yaitu maserasi, perkolasi, sokletasi, dan refluks. Pemilihan dari metode ini disesuaikan dengan kepentingan dalam memperoleh ekstrak yang baik. Maserasi merupakan metode ekstraksi yang paling sederhana. Maserasi merupakan proses merendam simplisia yang telah dihaluskan dalam pelarut sampai meresap dan melunakkan susunan sel, sehingga zat-zat yang mudah larut akan terlarut. Proses ini dilakukan dalam bejana bermulut lebar, serbuk ditempatkan lalu ditambah pelarut dan ditutup rapat, isinya diaduk berulang-ulang kemudian disaring. Proses ini dilakukan pada temperatur kamar selama 3 hari (Qonitah, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan senyawa yang diekstraksi yaitu jenis pelarut, konsentrasi pelarut, metode ekstraksi, dan suhu yang digunakan selama ekstraksi. Rendemen ekstrak merupakan persentase berat ekstrak dari berat kering. Hal ini disebabkan karena setiap pelarut memiliki

kepolaran yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi banyaknya senyawa aktif yang terlarut dalam proses ekstraksi (Maulida, 2018).

2.4 Destilasi

Penyulingan ialah proses pemisahan komponen-komponen suatu campuran dari dua jenis cairan atau lebih berdasarkan titik uapnya, dan proses ini dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut dalam air. Penyulingan dilakukan dengan mendidihkan bahan baku di dalam ketel suling sehingga terdapat uap yang diperlukan untuk memisahkan minyak atsiri dengan cara mengalirkan uap jenuh dari ketel pendidih air (*boiler*) ke dalam ketel penyulingan. Metode destilasi/penyulingan minyak atsiri dalam dilakukan dengan tiga acara, yaitu penyulingan dengan sistem rebus (*water distillation*), penyulingan dengan air dan uap (*water and steam distillation*) serta penyulingan uap langsung (*direct steam distillation*).

Selama proses distilasi berlangsung, pada sistem distilasi rebus, pemanasan akan menyebabkan air beserta material di dalam tabung mendidih, kemudian uap air beserta senyawa minyak atsiri yang terkandung di dalam material akan naik ke atas menuju corong pendinginan. Sementara pada destilasi sistem uap, pemanasan akan menyebabkan air mendidih. Air mendidih ini akan menghasilkan uap yang dialirkan ke wadah material sehingga menyebabkan uap air panas yang melewati material tanaman akan mengikat minyak atsiri yang terkandung pada tanaman. Uap ini akan dialirkan ke corong pendingin. Proses kondensasi (pendinginan) ini akan menyebabkan uap air dan minyak atsiri akan mengalami pengembunan dan mengalir ke tabung penampungan. Namun minyak atsiri masih bercampur dengan air sehingga perlu dilakukan pemisahan minyak atsiri dari aerosol.

Perpindahan panas konveksi merupakan perpindahan panas yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur yang menyebabkan gerakan acak antarmolekul dan bulk motion of fluid. Semakin cepat pergerakan fluida, maka akan semakin besar pula laju perpindahan panas konveksi yang terjadi. Namun, apabila fluida tidak bergerak atau stationary maka mekanisme perpindahan panas yang terjadi adalah konduksi. Konveksi terjadi akibat adanya pergerakan fluida, oleh karena itu konveksi dapat dibedakan menjadi 2, yaitu konveksi alami dan

konveksi paksa. Konveksi alami (konveksi bebas) terjadi karena fluida bergerak secara alamiah di mana pergerakan fluida tersebut lebih disebabkan oleh perbedaan massa jenis fluida akibat adanya variasi suhu pada fluida tersebut. Konveksi paksa terjadi karena Bergeraknya fluida bukan karena faktor alamiah. (Wijati dan Budi, 2019).

Uap yang digunakan pada penyulingan uap adalah uap jenuh atau uap kelewat panas pada tekanan lebih dari 1 atm. Uap dialirkan melalui pipa yang terletak dibawah bahan dan uap bergerak ke atas melalui bahan yang terletak diatas saringan (Guenther, 1952).

Pemisahan minyak atsiri dari aerosol dilakukan dengan corong pemisah. Proses ini akan menyebabkan pemisahan campuran menjadi dua lapis, yaitu minyak atsiri pada bagian atas dan aerosol pada bagian bawah. Air yang terdapat dalam corong pemisah dikeluarkan melalui keran yang terdapat pada bagian bawah corong pemisah, sehingga yang tersisa hanyalah minyak atsiri murni (Andila, dkk., 2020).

2.5 Microwave Hydro Distillation

Metode *microwave hydro distillation* menggunakan gelombang mikro yang dihasilkan dari magnetron sebagai sumber pemanasan selama proses ekstraksi. Gelombang mikro atau *microwave* adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (Super High Frequency, SHF), yaitu antara 300 Mhz – 300 Ghz. Microwave memiliki rentang panjang gelombang dari 1 mm hingga 1 m (E. T. Thostenson dkk., 1999). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi dengan *microwave* lebih efektif karena waktu proses singkat, kemurnian produk lebih tinggi dan minimnya penggunaan solven atau pelarut (Chandra dkk., 2017).

Pada pemanas microwave terjadi perpindahan massa dan panas yang bekerja dalam arah yang sama, yaitu dari dalam bahan menuju keluar permukaan bahan dan pelarut. Transfer energi gelombang mikro terjadi secara langsung (radiasi) menuju bahan dan pelarut melalui interaksi molekuler (molekul polar di dalam bahan dan pelarut) dengan medan elektromagnetik yang dihasilkan *microwave* yang dikonversi menjadi energi panas. Sehingga sinergitas dua perpindahan ini mempercepat proses difusi minyak menuju permukaan bahan dan pelarut (Chemat dkk., 2009). Pada metode konvensional yang menggunakan pemanas heating mantle, transfer energi atau perpindahan panasnya terjadi

secara konduksi, konveksi dan radiasi dari dinding labu (distiller) menuju pelarut dan permukaan bahan dengan adanya gradient suhu. Akibatnya laju pemanasan menjadi lambat. Perpindahan panas ini dipengaruhi oleh konduktivitas thermal dan perbedaan suhu dalam bahan. Sedangkan perpindahan massanya terjadi dari dalam bahan menuju permukaan luar bahan. Sehingga kecepatan difusi minyak menuju permukaan bahan dan pelarut menjadi lambat (Chandra dkk., 2017).

Mekanisme dasar pemanasan microwave melibatkan pengadukan molekul polar atau ion yang berosilasi karena pengaruh medan listrik dan magnet yang disebut polarisasi dipolar. Dengan adanya medan yang berosilasi, gaya interaksi antar partikel dan tahanan listrik. Akibatnya partikel tersebut menghasilkan gerakan acak yang menghasilkan panas.

Keunggulan dalam pemilihan microwave sebagai media pemanas karena microwave bisa bekerja cepat dan efisien. Hal ini dikarenakan adanya gelombang elektromagnetik yang bisa menembus bahan dan mengeksitasi molekul-molekul bahan secara merata. Gelombang pada frekuensi 2450 MHz (2,45 GHz) ini diserap bahan. Saat diserap, atom-atom akan tereksitasi dan menghasilkan panas. Proses ini tidak membutuhkan konduksi panas seperti oven biasa. Maka dari itu, prosesnya bisa dilakukan sangat cepat. Disamping itu, gelombang mikro pada frekuensi ini diserap oleh bahan gelas, keramik, dan sebagian jenis plastik.

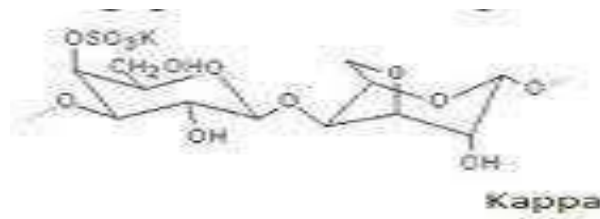
2.6 Karagenan

Karagenan merupakan suatu senyawa polisakarida linear sulfat dari D- galaktosa dan 3,6-anhidro-D-galaktosa yang dapat diperoleh dari ekstraksi dari *Eucheuma cottonii* yang merupakan jenis rumput laut merah (*Rhodophyceae*) (Campo et al. 2009) (Dwimayasanti 2016). Karagenan telah banyak digunakan pada industri makanan sebagai bahan penambah ketebalan, pembentuk gel dan juga pada industri farmasi (Ega & Et, 2016). Karagenan merupakan suatu alternatif yang baik sebagai bahan dasar pembuatan kemasan *edible film* untuk dapat meningkatkan daya tahan dan kualitas bahan pangan yang dikemas (Dwimayasanti, 2016).

Tabel 1. Spesifikasi Mutu Karagenan

| Spesifikasi | Karagenan Komersial | Karagenan Standar FAO | Karagenan Standar FCC |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kadar Air (%) | 14,34 ± 0,25 | Maks. 12 | Maks. 12 |
| Kadar Abu (%) | 18,60 ± 0,22 | 15 – 40 | 18 – 40 |
| Kadar Protein (%) | 2,80 | - | - |
| Kadar Lemak (%) | 1,78 | - | - |
| Serat Kasar (%) | Maks. 7,02 | - | - |
| Karbohidrat (%) | Maks. 68,48 | - | - |
| Titik Leleh (°C) | 50,21 ± 1,05 | - | - |
| Titik Jendal (°C) | 34,10 ± 1,86 | - | - |
| Viskositas (cP) | 5 | - | - |
| Kekuatan Gel (dyne/cm ²) | 685,50 ± 13,43 | - | - |

Sumber: *A/S Kobenhvsn Pektifabrik* (Ega & Et, 2016)

**Gambar 4. Struktur Kappa Karagenan (Murdiningsih, dkk., 2018)**

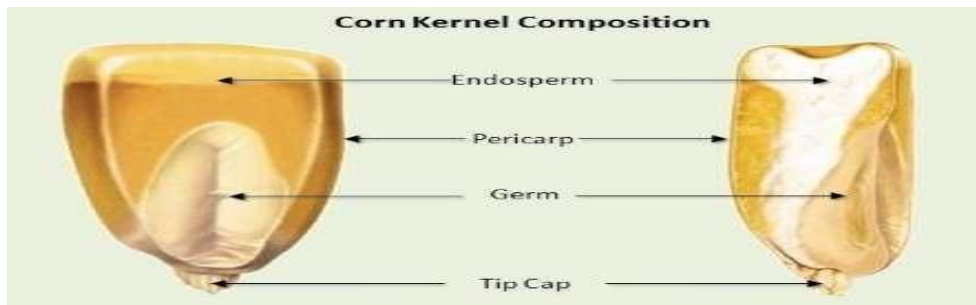
Menurut Winarno (1996), karagenin terdiri dari tiga fraksi yaitu kappa, iota dan lambda karagenin. Kappa-karagenin tersusun dari $\alpha(1,3)$ -D-galaktosa-4-sulfat dan $\beta(1,4)$ -3,6-anhidro-D-galaktosa. Kappa karagenin (gambar 4) mengandung D-galaktosa-6-sulfat ester dan 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat ester. Adanya gugusan 6-sulfat, dapat menurunkan daya gelasi dari kappa-karagenin, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transeliminasi gugusan 6-sulfat, yang menghasilkan 3,6-anhidro-D-galaktosa. Dengan demikian derajat keseragaman molekul meningkat dan daya gelasinya juga bertambah.

Karakteristik kelarutan karagenan dalam air dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain; tipe karagenan, temperatur, pH, kehadiran ion tandingan dan zat zat terlarut lainnya. Gugus hidroksil dan sulfat pada karagenan bersifat hidrofilik, sedangkan gugus 3,6 anhidro-D-galaksotosa lenih hidrofobik.karagenan jenis

kappakurang hidrofilik karena lebih banyak mengandung gugus 3,6 anhidro-galaktosa. Karegenan memiliki kemampuan membentuk gel pada saat larutan panas menjadi dingin. Proses pembentuk gel bersifat thermoreversible gel dapat mencair pada saat pemanasan dan membentuk gel Kembali pada saat pendinginan. Kappa karagenan membentuk gel Ketika didinginkan pada temperatur 40 dan 60°C. Gel tersebut stabil pada temperature ruangan namun dapat meleleh kembali dengan pemanasan 5°C-20°C diatas suhu pembentukan gel.

2.7 Tepung jagung

Jagung dapat tumbuh dengan baik di daerah beriklim sedang yang panas seperti beriklim subtropis, namun dapat pula tumbuh dengan baik pada daerah tropis. Jagung dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat, pakan ternak, dapat diambil minyaknya, serta dijadikan bahan baku berbagai macam industri. Jagung yang telah direkayasa genetiknya juga dapat digunakan untuk bahan farmasi (Azra, 2012). Komposisi jagung lengkap terdiri dari kelobot, tongkol jagung, biji jagung, dan rambut. Kelobot merupakan kelopak atau daun buah yang berguna sebagai pembungkus dan pelindung biji jagung. Komposisi biji jagung dapat dilihat ada gambar 5.



Gambar 5. Komposisi Biji Jagung

Komponen jagung anatomi biji jagung pada gambar 5 terdiri dari kulit perikarp (5,3%), endosperm (82,9%), lembaga (11,1%), dan tip cap (0,8%) (Watson, 2003). Bagian terbesar dari biji jagung yaitu endosperm. Endosperm jagung terdiri dari dua bagian yaitu endosperm keras dan endosperm lunak. Lapisan keras memiliki 1,5% sampai 2,0% kandungan protein lebih besar dibandingkan lapisan lunak dan tidak rusak selama pengeringan. Bagian endosperm lunak mengandung pati. Jagung yang normal mengandung 11,5 % lembaga dari berat biji jagung. Bagian terkecil pada biji jagung adalah tip cap atau

tudung pangkal. Tudung pangkal biji dapat bertahan atau terlepas dari biji selama proses pemipilan jagung (Yanti, 2020).

Komponen utama yang terdapat dalam jagung adalah karbohidrat sebesar 60% diikuti dengan lemak dan protein. Karbohidrat utama pada jagung hibrida adalah pati yang terdiri dari amilosa (1000unit glukosa) 70 - 75% dan amilopektin (lebih dari 40.000unit glukosa). Jagung normal mengandung amilosa sekitar 27% dan amilopektin sekitar 73 %. Keduanya merupakan polimer dengan berat molekul yang tinggi. Polimer tersebut tersusun dari unit-unit D-glukosa. Sukrosa merupakan komponen gula utama pada jagung. Sukrosa terdapat pada bagian lembaga sebanyak 75% dan bagian endosperm sebanyak 25%. Biji jagung juga mengandung serat kasar sebanyak 2,1 - 2,3% terdiri 41 - 46% hemiselulosa di dalam kulit ari (Yanti, 2020)

Komposisi kimia jagung bervariasi antara varietas yang berbeda maupun untuk varietas yang sama pada tanaman yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh proses pembentukan jagung sebagai organ penyimpan makanan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor genetik seperti spesies, varietas, dan keturunan; faktor lingkungan seperti keasaman, kandungan air, pemupukan, makanan, dan lain-lain; faktor perlakuan seperti metode dan cara panen, pembibitan, pengolahan, dan penyimpanan (Yanti, 2020).

Tepung jagung memiliki masa simpan yang lama daripada jagung utuh karena sudah melalui proses pengecilan ukuran menjadi butiran butiran halus. Adapun syarat mutu untuk tepung jagung mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 3727:2020) seperti tabel berikut:

Tabel 2. SNI Tepung Jagung

| No. | Kriteria Uji | Satuan | Persyaratan |
|-----|--|-----------------|-----------------------|
| 1. | Keadaan | | |
| | a. Bau | - | Normal |
| | b. Rasa | - | Normal |
| | c. Warna | - | Normal |
| 2. | Benda-benda asing | - | Tidak boleh ada |
| 3. | Serangga dalam bentuk stadia atau potongan-potongan | - | Tidak boleh ada |
| 4. | Jenis-jenis pati selain pati jagung | - | Tidak boleh ada |
| 5. | Kehalusan | | |
| | a. Lolos ayakan 80 mesh | % | Min. 70 |
| | b. Lolos ayakan 60 mesh | % | Min.99 |
| 6. | Air | % b/b | Maks. 10 |
| 7. | Abu | % b/b | Maks. 1,5 |
| 8. | Silikat | % b/b | Maks. 0,1 |
| 9. | Serat Kasar | % b/b | Maks. 1,5 |
| 10. | Derajat asam | mL N NaOH/100 g | Maks. 0,4 |
| 11. | Cemaran Logam: | | |
| | a. Timbal (Pb) | mg/kg | Maks. 1,0 |
| | b. Tembaga (Cu) | mg/kg | Maks. 10,0 |
| | c. Seng (Zn) | mg/kg | Maks. 40,0 |
| | d. Raksa (Hg) | mg/kg | Maks. 0,05 |
| 12. | Cemaran Arsen (As) | mg/kg | Maks. 0,5 |
| 13. | Cemaran Mikroba | | |
| | a. Angka Lempeng Total | Koloni/g | Maks. 10 ⁶ |
| | b. <i>E. coli</i> | Koloni/g | Maks. 10 |
| | c. Kapang | Koloni/g | Maks. 10 ⁴ |

Sumber: SNI 3727 (2020)(LIndriati Triana -, 2011)

Tabel 3. Nutrisi Tepung Jagung (Augustyn, dkk., 2019).

| Jenis Jagung | Air (%) | Abu (%) | Protein (%) | Lemak (%) | Karbohidrat (%) | Serat Kasar (%) |
|---------------|---------|---------|-------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Jagung merah | 6,01 | 0,43 | 8,12 b | 0,42 | 84,92 | 8,56 a |
| Jagung kuning | 5,38 | 0,44 | 8,39 a | 0,43 | 86,36 | 9,03 b |
| Jagung putih | 5,72 | 0,26 | 8,01 c | 0,39 | 85,56 | 9,36 c |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang tidak sama menyatakan berbeda nyata pada uji BNJ $\alpha = 0,05$.

Tepung jagung adalah tepung yang terbuat dari jagung putih kering yang digiling atau ditumbuk sampai menjadi tepung dengan butiran seperti pasir. Tak heran jika tepung ini identik dengan warna kuning dan memiliki tekstur yang agak kasar. Sebenarnya, jenis dari tepung jagung ada dua macam yaitu tepung jagung kuning dan tepung jagung putih. Tepung yang berwarna kuning adalah yang paling sering diolah. Sangat cocok digunakan untuk membuat bubur, puding, biskuit, dan cemilan rasa jagung lainnya. Adapun perbedaan nutrisi berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 3.

2.8 Gliserol

Plasticizer yang ditambahkan pada pembuatan *edible film* untuk mengatasi sifat rapuh dan kaku sehingga menghindari terbentuknya rongga dan retakan. (Sudaryati H.P., Mulyani et al., 2010). *Plasticizer* yang sering ditambahkan pada *edible film* yaitu gliserol, sorbitol, polietilen glikol (PEG), polioliol, manitol, sukrosa dan oligosakarida (Darmajana et al., 2018). Berat molekul ada berbagai jenis *plasticizer* mempengaruhi morfologi permukaan film yang dihasilkan (Darmajana et al., 2018). Formulasi konsentrasi bahan dasar dan juga *plasticizer* sebagai pemplastis pada pembuatan *edible film* diyakini memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisik *edible film* (Rusli et al., 2017). Pemberian bahan tambahan lain juga dapat dilakukan pada proses pembuatan *edible film*. Penambahan senyawa antioksidan ataupun bahan-bahan alam yang memiliki sifat antioksidan dapat meningkatkan nilai fungsionalnya (Kusumawati & Putri, 2013). Bahan tambahan lain seperti senyawa antibakteri diketahui juga dapat meningkatkan ketahanan film terhadap bakteri (Alawiyah et al., 2016).

Gliserol sebagai *plasticizer* (kandungan antara 20-70 %) untuk *edible film* berbasis campuran pati (*starch*), gelatin dan natrium alginat (Pasaribu, 2009).

2.9 Edible Film Komposit

Edible film adalah bahan pengemas produk pangan yang bersifat *biodegradable*. Perkembangan baru pembuatan *edible film* mengarah pada sumber biopolimer yang dapat diperbaharui. *Edible film* dapat mempertahankan kualitas makanan dengan menghambat transfer massa misalnya air, gas, aroma, dan lipid, sifatnya dapat langsung dikonsumsi, serta memberikan perlindungan langsung pada makanan ketika kemasan pertamanya dibuka (Sutono & Pranoto, 2013).

Edible film merupakan jenis kemasan yang sangat prospektif dan aman. Kelebihan *edible film* dibandingkan dengan kemasan sintetik adalah bersifat *edible*, alami, dan non toksik. Optimasi fungsi *edible film* maupun *coating* sangat tergantung dari formula bahan pembuat *edible film* yang disesuaikan dengan kondisi bahan yang dilapisi. Karakteristik *edible film* dapat dicapai dengan perbaikan proses dalam menciptakan terjadinya ikatan silang atau *cross linking* antar makromolekul untuk membentuk jaringan yang kontinyu dan memiliki stabilitas mekanik yang tinggi (Sutono & Pranoto, 2013).

Kelebihan dari penggunaan edible film untuk kemasan bahan makanan adalah untuk memperpanjang umur simpan produk serta tidak mencemari lingkungan karena edible film ini dapat dimakan bersama produk yang dikemasnya. Selain edible film istilah lainnya adalah biopolymer, yaitu polimer dari hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan film kemasan tanpa dicampur dengan polimer sintetis (plastik) (Anonim, 2016).

Edible film mempunyai sifat-sifat yang hampir mirip dengan film pengemas sintetis seperti plastik, yaitu harus mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan warna, pigmen alami, memiliki kemampuan menahan air sehingga dapat mencegah kelembapan produk, memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu, dan gizi, serta menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna, pengawet, dan penambahan aroma yang memperbaiki mutu bahan pangan (Anonim, 2016).

Adapun karakteristik *edible film* menurut *Japanese Industrial Standard* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Edible Film Menurut *Japanese Industrial Standard (JIS)*

| Parameter | Nilai |
|--------------------------|---------------------------------|
| Ketebalan | Maks. 0,25 mm |
| Kuat Tarik | Min. 3.92 MPa |
| Elongasi | < 10 % sangat buruk |
| | 10 - 50 % baik |
| | > 50 % sangat baik |
| Laju Transparasi Uap Air | Maks. 10 g/mm ² .jam |

Sumber: (Permata, 2020)

Komposit adalah edible film yang dibentuk dari gabungan biopolymer hidrokoloid dengan lipida. Kandungan lipid pada edible komposit akan menghalangi uap air dan polimer didalamnya berupa amilosa akan bergabung dalam ikatan -(1,4) D-glukosa sehingga menghasilkan edible yang kuat (Anonim, 2016).

2.10 Compression Molding

Pembuatan edible film dapat dilakukan dengan metode *solvent casting* (SC) dan *compression molding* (CM). Teknik *solvent casting* adalah metode yang memerlukan jumlah pelarut banyak serta menggunakan prinsip gelatinisasi. Teknik *compression molding* merupakan salah satu jenis proses termoplastik yang dapat dikembangkan dalam pembuatan edible film (Lindriati et al., 2014).

Compression molding memerlukan jumlah pelarut lebih sedikit dan menggunakan prinsip High Temperature Short Time (HTST). Metode *compression molding* ada dua macam, yaitu *compression molding* dengan *aging* (CM.A) dan *compression molding* dengan *ekstrusi* (CM.E). Untuk memperoleh adonan yang homogen pada cara *Compression molding* dengan *aging* dilakukan dengan penyimpanan adonan, sedangkan pada *compression molding* dengan ekstrusi dilakukan pengadukan intensif menggunakan ekstruder (Lindriati et al., 2014).

Kelebihan proses *compression molding* dibandingkan dengan proses *solvent casting* adalah prosesnya membutuhkan lebih sedikit ruang dan waktu, sehingga dapat meningkatkan potensi komersialnya karena prosesnya lebih efisien dan kontinyu (LIndriati Triana -, 2011).

Kondisi proses mempengaruhi modifikasi fisik dan kimia yang terjadi selama pemrosesan termoplastik dari protein. Kombinasi suhu tinggi, tekanan tinggi dan waktu yang pendek serta kandungan kelembaban yang rendah dalam *compression molding* menyebabkan transformasi dari campuran protein plastisizer menjadi *viscoelastic melts* (Moraru dan Kokini, 2003). Kompresi umumnya dilakukan pada kisaran suhu 104°C hingga 160°C; tekanan 0,81 MPa hingga 10 MPa dan waktu kompresi antara 2 hingga 4 menit (LIndriati Triana -, 2011).

Teknik *compression molding* dengan ekstrusi menghasilkan kadar air yang lebih rendah daripada teknik *compression molding* dengan *aging*, karena pengadukan pada *aging* menggunakan mortar dan disimpan pada suhu dingin. Sedangkan pada ekstrusi, pengadukan dilakukan dengan ekstruder yang membuat adonan lebih homogen dan stabil daripada pengadukan menggunakan mortar. Selain itu di dalam ekstruder, bahan akan dipaksakan oleh sistem ulir untuk mengalir dalam suatu ruangan yang sempit sehingga akan mengalami pencampuran dan pemanasan sekaligus, sehingga akan terjadi penguapan air. Sumber panas utama dalam proses ekstrusi berasal dari konversi energi mekanik

(gesekan) yaitu akibat gesekan antar bahan dan gesekan antara bahan dengan uli (Lindriaty et al, 2012).

2.11 Anti Bakteri

Antibakteri merupakan senyawa yang mampu menghambat aktivitas dari bakteri patogen. Antibakteri dapat digunakan sebagai senyawa bioaktif pada edible film sehingga dapat mengawetkan makanan dan mengurangi resiko keracunan pangan karena dapat menghambat bakteri patogen (Rizki Amaliya et al., 2014).

Komponen bioaktif salah satunya berupa flavonoid, kumarin, karotenoid, dan limonoid telah banyak ditemukan di dalam produk buah-buahan. Komponen bioaktif tersebut disebut metabolit sekunder. Metabolit sekunder pada awalnya diklasifikasikan sebagai produk sisa atau buangan, senyawa ini baru-baru saja diteliti secara ekstensif oleh ahli ekologi dan ahli farmakologi, dan banyak lagi fungsi biologi kompleks yang telah ditemukan. Pada buah jeruk telah banyak dilaporkan memiliki senyawa metabolit sekunder berupa limonoid dan naringin (Palupi, 2016).

Kandungan senyawa minyak atsiri dapat menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri yang dapat digunakan sebagai aktivitas antibakteri (Kan et al, 2006). Jenis bakteri merugikan seperti *Stapylococcus aureus*, *eschericia coli*, *Klebsiella*, dan *Pasturella Salmonlla* dapat dihambat oleh minyak atsiri (Saputra et al., 2017).

Aktivitas antibakteri dapat dipelajari menggunakan beberapa metode, yaitu metode dilusi, metode difusi agar, dan metode difusi dilusi. Metode difusi adalah metode yang sering digunakan untuk analisis aktivitas antibakteri. Ada 3 cara dari metode difusi yang dapat dilakukan yaitu metode sumuran, metode cakram, dan metode silinder (Pratiwi, 2008). Prinsip kerja metode difusi adalah terdifusinya senyawa antibakteri ke dalam media padat dimana mikroba uji telah diinokulasikan. Hasil pengamatan yang diperoleh berupa ada atau tidaknya daerah bening yang terbentuk di sekeliling kertas cakram yang menunjukkan zona hambat pada pertumbuhan bakteri (Balaouri *et al.*, 2016). Metode difusi menggunakan cakram dilakukan dengan cara kertas cakram sebagai media untuk menyerap bahan antimikroba dijenuhkan ke dalam bahan uji. Setelah itu kertas cakram diletakkan pada permukaan media agar yang telah diinokulasi dengan biakan mikroba uji, kemudian diinkubasikan selama 18-24 jam pada suhu 35°C. Area atau zona bening di sekitar kertas cakram diamati untuk menunjukkan ada tidaknya

pertumbuhan mikroba. Diameter area atau zona bening sebanding dengan jumlah mikroba uji yang ditambahkan pada kertas cakram (Bonang, 1992). Kelebihan dari metoda cakram yaitu dapat dilakukan pengujian dengan lebih cepat pada penyiapan cakram (Listari, 2009).

Minyak atsiri dari kulit buah jeruk Pontianak memiliki aktivitas antibakteri yang lebih sensitif terhadap bakteri *Escherichia coli* dibandingkan *Staphylococcus aureus*. Hasil diameter rata-rata zona hambat dari tiap konsentrasi pada bakteri uji *Staphylococcus aureus* secara berurutan yakni 0,5; 1,5; dan 2,5 mg/mL sebesar 15; 16; dan 19 mm sedangkan pada bakteri *Escherichia coli* yakni sebesar 16, 33; 18; dan 21 mm. Konsentrasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap perolehan diameter zona hambat dimana pada konsentrasi 2,5 mg/mL merupakan konsentrasi terbaik yang memberikan zona hambat terbesar (R. Sari et al., 2013). Berdasarkan penelitian Mukhtisari (2012), jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *Shigella dysenteriae* dengan zona hambat mulai terbentuk pada konsentrasi 6,25 % sampai dengan 100 (Mukhtisari, 2012).

Pada konsentrasi 50, 75, dan 100 ppm minyak atsiri memberikan daya hambat yang kuat terhadap *E.coli* dengan diameter hambat berturut-turut, 11, 14, dan 17 mm. Namun aktivitas antibakterinya terhadap *S.aureus* pada 50 ppm tergolong sedang dengan daya hambat 9 mm, dan aktivitas yang kuat ditunjukkan pada konsentrasi 75 dan 100 ppm dengan daya hambat berturut-turut 11 mm dan 14 mm. Hasil analisis spektra KG-MS menunjukkan minyak atsiri kulit buah Jeruk Bali mengandung lima senyawa yang teridentifikasi sebagai senyawa α -pinen, mirsen, limonen, germakren dan β -asaron Minyak atsiri yang diperoleh dari ekstraksi kulit buah jeruk Bali berwarna bening, memiliki bau khas seperti jeruk dengan rendemen 0,14 %. Hasil uji aktivitas menunjukkan minyak atsiri kulit buah Jeruk Bali dapat menghambat pertumbuhan bakteri *E.coli* dan *S.aureus*. (Saputra et al., 2017).

2.12 Antioksidan

Para ahli biokimia menyebutkan bahwa radikal bebas merupakan salah satu bentuk senyawa oksigen reaktif, yang secara umum diketahui sebagai senyawa yang memiliki elektron yang tidak berpasangan. Menurut (Winarti, Cristina, 2012) radikal bebas adalah atom, molekul atau senyawa yang dapat berdiri sendiri yang mempunyai elektron tidak berpasangan, oleh karena itu bersifat sangat reaktif dan

tidak stabil. Elektron yang tidak berpasangan selalu berusaha untuk mencari pasangan baru, sehingga mudah bereaksi dengan zat lain (protein, lemak maupun DNA) dalam tubuh.

Seiring dengan bertambahnya pengetahuan tentang aktivitas radikal bebas, maka penggunaan senyawa antioksidan semakin berkembang dengan baik untuk makanan maupun untuk pengobatan (Boer, 2000). Senyawa antioksidan adalah, suatu inhibitor yang dapat digunakan untuk menghambat autooksidasi.

Radikal bebas yang biasa digunakan sebagai model dalam mengukur daya penangkapan radikal bebas adalah 1,1-difenil-2-pikrihidazil (DPPH). DPPH merupakan senyawa radikal bebas yang stabil sehingga apabila digunakan sebagai pereaksi dalam uji penangkapan radikal bebas cukup dilarutkan dan bila disimpan dalam keadaan kering dengan kondisi penyimpanan yang baik dan stabil selama bertahun-tahun. Nilai absorbansi DPPH berkisar antara 515-520 nm (Dewi, 2019). Metode peredaman radikal bebas DPPH didasarkan pada reduksi dari larutan methanol radikal bebas DPPH yang berwarna oleh penghambatan radikal bebas. Ketika larutan DPPH yang berwarna ungu bertemu dengan bahan pendonor elektron maka DPPH akan tereduksi, menyebabkan warna ungu akan memudar dan digantikan warna kuning yang berasal dari gugus pikril (Prayoga G, 2013).