

**PENGARUH VARIASI TEKANAN 200 MPA DAN 50
MPA PADA PEMROSESAN TEKANAN TINGGI
TERHADAP RENDEMEN DAN PROFIL FUKOIDAN
DARI ALGA COKLAT (*Sargassum sp.*) SECARA
SPEKTROFOTOMETRI FTIR DAN GC-MS**

**INFLUENCE OF 200 MPA AND 50 MPA PRESSURE
VARIATIONS IN HIGH-PRESSURE PROCESSING ON
THE YIELD AND FUCOIDAN PROFILE OF BROWN
ALGAE (*Sargassum sp.*) WITH FTIR AND GC-MS
SPECTROPHOTOMETRY**

**MUTIARA FATIMAH AR ROZAN
N011191003**



**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENGARUH VARIASI TEKANAN 200 MPA DAN 50
MPA PADA PEMROSESAN TEKANAN TINGGI
TERHADAP RENDEMEN DAN PROFIL FUKOIDAN
DARI ALGA COKLAT (*Sargassum sp.*) SECARA
SPEKTROFOTOMETRI FTIR DAN GC-MS**

**INFLUENCE OF 200 MPA AND 50 MPA PRESSURE
VARIATIONS IN HIGH-PRESSURE PROCESSING ON
THE YIELD AND FUCOIDAN PROFILE OF BROWN
ALGAE (*Sargassum sp.*) WITH FTIR AND GC-MS
SPECTROPHOTOMETRY**

**MUTIARA FATIMAH AR ROZAN
N011191003**



**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENGARUH VARIASI TEKANAN 200 MPA DAN 50 MPA PADA
PEMROSESAN TEKANAN TINGGI TERHADAP RENDEMEN DAN
PROFIL FUKOIDAN DARI ALGA COKLAT (*Sargassum sp.*) SECARA
SPEKTROFOTOMETRI FTIR DAN GC-MS**

**INFLUENCE OF 200 MPA AND 50 MPA PRESSURE VARIATIONS IN
HIGH-PRESSURE PROCESSING ON THE YIELD AND FUCOIDAN
PROFILE OF BROWN ALGAE (*Sargassum sp.*) WITH FTIR AND GC-
MS SPECTROPHOTOMETRY**

SKRIPSI

**Untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi
syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana**

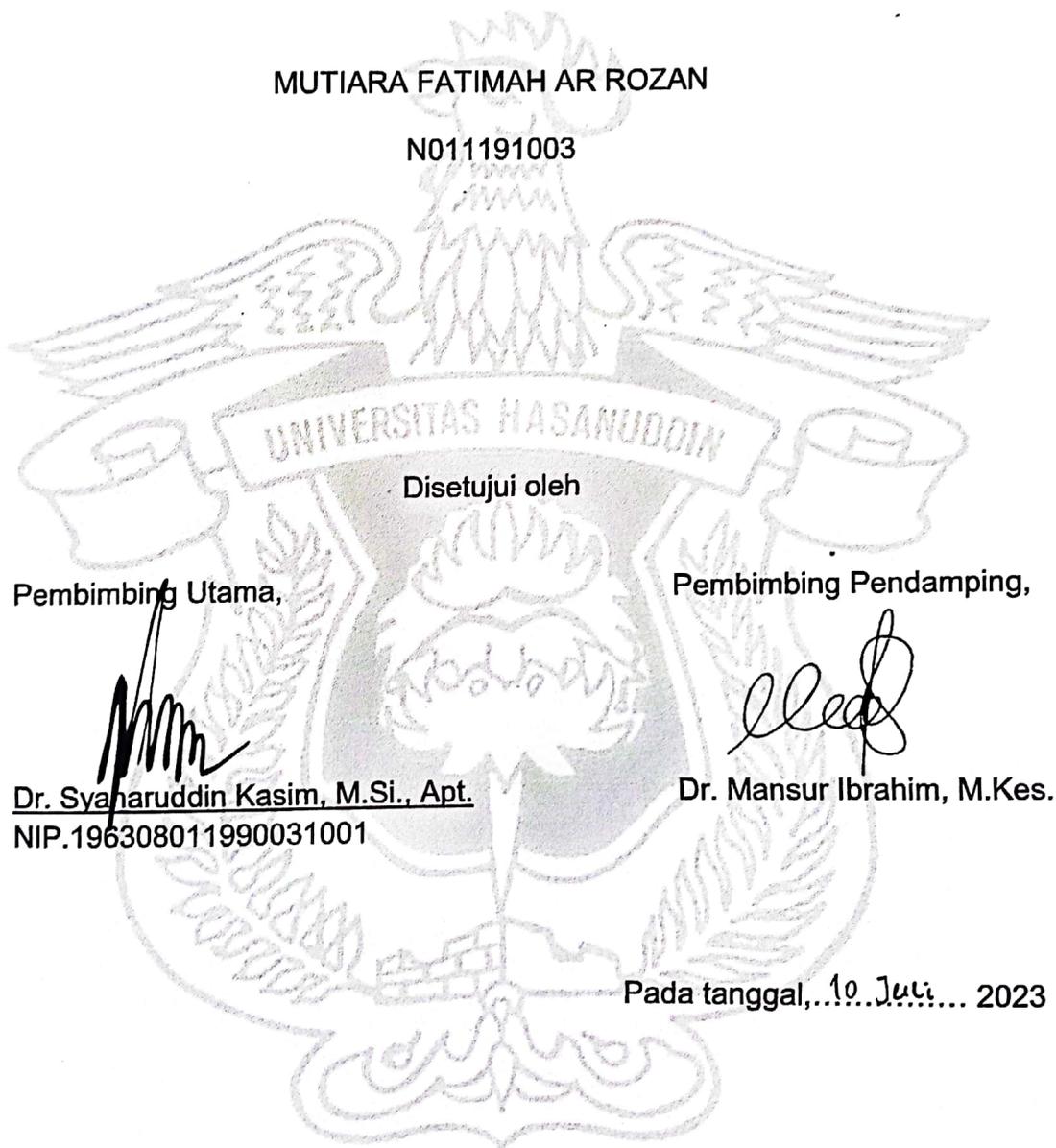
**MUTIARA FATIMAH AR ROZAN
N011191003**

**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

PENGARUH VARIASI TEKANAN 200 MPA DAN 500 MPA PADA
PEMROSESAN TEKANAN TINGGI TERHADAP RENDEMEN DAN
PROFIL FUKOIDAN DARI ALGA COKLAT (*Sargassum sp.*) SECARA
SPEKTROFOTOMETRI FTIR DAN GC-MS

MUTIARA FATIMAH AR ROZAN

N011191003



Disetujui oleh

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Syaharuddin Kasim, M.Si., Apt.
NIP.196308011990031001


Dr. Mansur Ibrahim, M.Kes.

Pada tanggal, 10 Juli... 2023

SKRIPSI
PENGARUH VARIASI TEKANAN 200 MPA DAN 50 MPA PADA
PEMROSESAN TEKANAN TINGGI TERHADAP RENDEMEN DAN
PROFIL FUKOIDAN DARI ALGA COKLAT (*Sargassum sp.*) SECARA
SPEKTROFOTOMETRI FTIR DAN GC-MS

INFLUENCE OF 200 MPA AND 50 MPA PRESSURE VARIATIONS IN
HIGH-PRESSURE PROCESSING ON THE YIELD AND FUCOIDAN
PROFILE OF BROWN ALGAE (*Sargassum sp.*) WITH FTIR AND GC-
MS SPECTROPHOTOMETRY

Disusun dan diajukan oleh :

MUTIARA FATIMAH AR ROZAN
N011191003

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin
pada tanggal 26 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Syaharuddin Kasim, M.Si., Apt.
NIP.196308011990031001


Dr. Mansur Ibrahim, M.Kes.



Ketua Program Studi S1 Farmasi,
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin


Nurhasni Hasan, S.Si., M.Si., M.Pharm.Sc, Ph.D., Apt.
NIP. 19860116 201012 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mutiara Fatimah Ar Rozan
Nim : N011 19 1003
Program Studi : Farmasi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya dengan judul "Pengaruh Variasi Tekanan 200 MPa dan 50 MPa pada Pemrosesan Tekanan Tinggi Terhadap Rendemen dan Profil Fukoidan dari Alga Coklat (*Sargassum sp.*) secara Spektrofotometri FTIR dan GC-MS" adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 11 Juli 2023

Yang menyatakan,



CEC3AKX517785740

Mutiara Fatimah Ar Rozan

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengaruh Variasi Tekanan 200 MPa dan 50 MPa pada Pemrosesan Tekanan Tinggi Terhadap Rendemen dan Profil Fukoidan dari Alga Coklat (*Sargassum Sp.*) secara Spektrofotometri FTIR dan GC-MS" dengan baik.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari terdapat berbagai hambatan dan rintangan, namun berkat bantuan dari berbagai pihak atas segala doa, dukungan moril, materil, serta selalu memberikan semangat kepada penulis, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan teima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Syaharuddin Kasim, M.Si., Apt. selaku pembimbing utama dan Dr. Mansur Ibrahim, M.Kes. selaku pembimbing pendamping dengan ikhlas dan sabar telah meluangkan waktu, tenaga, serta ilmu dan arahan dalam penelitian dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Abdul Rahim, S.Si, M.Si., Ph.D., Apt. dan Ibu Dr. Risfah Yulianty, S.Si., M.Si., Apt. selaku tim penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan saran yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.

3. Bapak Muh. Akbar Bahar, S.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D, Apt selaku dosen pembimbing akademik penulis atas segala ilmu dan arahan selama penulis menempuh menjalani studi.
4. Dekan dan para Wakil Dekan, serta seluruh staf dosen dan pegawai Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin atas ilmu, motivasi, bantuan, dan segala fasilitas yang diberikan kepada penulis selama menempuh studi hingga menyelesaikan penelitian ini.
5. Teman-teman pejuang penelitian “PT. Ismut Fitomedika”, Wa Ode Andini Putri Sukma Laudia dan Rismawati yang telah memberikan dukungan dan membantu penulis selama proses penelitian serta dalam penyusunan skripsi ini.
6. Teman-teman seperjuangan, sehati, sejiwaku, yakni Kania Meliani, Wa Ode Andini Putri Sukma Laudia, Fitriani, Julianti Citra Rahayu dan Destia Resnovianti, yang selalu memberikan dukungan dan semangat, serta tempat meluangkan berbagi keluh-kesah, suka maupun duka selama proses perkuliahan dan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Staf PT Ismut Fitomedika yakni A. Firna Ainun Latifah dan Nur Laila yang telah memberikan dukungan dan semangat di kantor. Bapak Marsus, Syamsul Marin, Basri, Nasrullah, Karisma dan Bapak Bahar terima kasih telah membantu persiapan alat ekstraksi dan menjaga proses alat dari malam hingga pagi. Staf lain yakni Kakak Evi Christianti, Yulianti Pattang, Hardayanti Hamzah dan Andi Nur Annisah Abbas yang telah membantu memberi nasihat, arahan dan support serta ibu Suparmi

yang selalu menyediakan konsumsi untuk kebutuhan penulis dan para staf PT Ismut.

8. Keluarga dari Bapak Dr. Mansur Ibrahim, M.Kes. terima kasih telah memberikan dukungan dan kehangatan serta bantuan fasilitas dari segi finansial untuk kebutuhan penulis serta teman-teman penelitian PT Ismut.
9. Teman-teman Korps Asisten Kimia Farmasi, atas segala support, ilmu, dan bantuan yang telah banyak diberikan kepada penulis. Bapak Andi Affandi, Ssi, M.Sc., Apt terima kasih atas nasihat, arahan, serta support yang diberikan kepada penulis selama melakukan penelitian dan menempuh studi di Fakultas Farmasi.
10. Teman-teman angkatan 2019 (DEX19EN), Fakultas Farmasi, Universitas Hasanuddin, atas dukungan, ilmu, serta kebersamaan selama penulis menempuh studi di Fakultas Farmasi, Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih tak hentinya penulis kepada Ayahanda luar biasa, Bapak Aris Eko Cahyanto dan wanita tangguh, Ibunda Rahmani Kadarningsih untuk semua doa, dukungan moral dan materil, energi positif, dan hangatnya kasih sayang kepada penulis. Kepada adik-adik penulis terkasih yakni Sofina Alya Zahra dan Muhammad Gravity Bai Haqi terima kasih sudah menggandeng tangan penulis dalam doa dan menjadi pendukung setia penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya saran maupun tanggapan dari berbagai pihak sehingga dapat menjadikan skripsi ini ke arah yang lebih baik.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat demi pengembangan ilmu pengetahuan dan dipergunakan sebaik-baiknya.

Makassar, Juli 2023

ABSTRAK

MUTIARA FATIMAH AR ROZAN. Pengaruh Variasi Tekanan 200 MPa dan 50 MPa pada Pemrosesan Tekanan Tinggi Terhadap Rendemen dan Profil Fukoidan dari Alga Coklat (*Sargassum Sp.*) secara Spektrofotometri FTIR dan GC-MS (dibimbing oleh Syaharuddin Kasim dan Mansur Ibrahim)

Pengobatan yang dilakukan saat ini dalam terapi kanker bersifat antiproliferatif sehingga menimbulkan banyak efek samping. Senyawa bioaktif fukoidan yang memiliki efek farmakologi lebih besar sebagai antikanker yaitu fukoidan pada berat molekul rendah. Namun metode ekstraksi konvensional yang digunakan saat ini memberikan hasil ekstraksi yang kurang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan pengaruh metode ekstraksi pemrosesan tekanan tinggi atau *High-Pressure Processing* (HPP) dengan variasi tekanan 200 MPa dan 50 MPa terhadap rendemen ekstraksi dan profil fukoidan pada analisis FTIR dan GC-MS dari alga coklat (*Sargassum sp.*). Fukoidan diekstraksi menggunakan pemrosesan tekanan tinggi dengan tekanan 200 MPa dan 50 MPa. Hasil ekstraksi difraksinasi batas berat molekul (MWCO) menggunakan cakram ultrafiltrasi ukuran pori 1 kDa. Persen rendemen yang diperoleh pada ekstraksi menggunakan tekanan 200 MPa yaitu 62,74% dan 50 MPa yaitu 50,47%. Organoleptik fraksi fukoidan 1 kDa menggunakan tekanan 200 MPa menunjukkan warna kecoklatan pekat dan kecoklatan bening pada 50 MPa. Profil analisis GC-MS pada sampel ekstrak *Sargassum sp.* dan fraksi fukoidan 1 kDa identik dengan profil standar fukoidan pada waktu retensi 1 menit 30 detik. Profil FTIR menunjukkan adanya gugus hidroksil dan karboksilat siklik pada hasil ekstrak dan fraksi fukoidan 1 kDa.

Kata kunci: Fukoidan, berat molekul, pemrosesan tekanan tinggi, GC-MS, FTIR

ABSTRACT

MUTIARA FATIMAH AR ROZAN. Influence of 200 MPa and 50 MPa Pressure Variations in High-Pressure Processing on the Yield and Fucoidan Profile of Brown Algae (*Sargassum Sp.*) With FTIR and GC-MS Spectrophotometry

The current treatment for cancer therapy is anti-proliferative, causing many side effects. Fucoidan bioactive compounds have greater pharmacological effects as anticancer, scilicet fucoidan at the low molecular weight. However, the conventional extraction method used now provides less than optimal extraction results. This study aims to compare the effect of the High-Pressure Processing extraction method with various pressures of 200 MPa and 50 MPa on extraction yields and fucoidan profiles in FTIR and GC-MS analysis of brown algae (*Sargassum sp.*). Fucoidan was extracted using High-Pressure Processing with a pressure of 200 MP and 50 MPa. The extract was fractionated at the molecular weight limit (MWCO) using an ultrafiltration disc with a pore size of 1 kDa. The yield percentage obtained by extraction using a pressure of 200 MPa is 62.74%, and 50 MPa is 50.47%. The organoleptic fucoidan fraction of 1 kDa using a pressure of 200 MPa showed dark brown and clear brown at 50 MPa. GC-MS analysis profile on samples of *Sargassum sp.* and the 1 kDa fucoidan fraction was identical to the standard fucoidan profile at a retention time of 1 minute 30 seconds. The FTIR profile showed the presence of cyclic hydroxyl and carboxylic groups in the extract and 1 kDa fucoidan fraction.

Keywords: Fucoidan, Molecular weight, High Pressure Processing, GC-MS,

FTIR

DAFTAR ISI

	halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Uraian Rumput Laut Coklat (<i>Sargassum sp.</i>)	5
II. 1. 1. Klasifikasi	5
II. 1. 2. Morfologi	5
II. 1. 3. Khasiat	6
II. 1. 4. Kandungan	7
II.2 Fukoidan	8
II.3 Berat Molekul	9
II.4 Ekstraksi	10

II.5 <i>High Process Pressure</i>	12
II.6 GC-MS	13
II.7 FTIR	16
BAB III METODE PENELITIAN	19
III.1 Penyiapan Alat dan Bahan	19
III.2 Metode Kerja	20
III.2.1 Ekstraksi Alga Coklat <i>Sargassum sp.</i> dengan Metode Pemrosesan Tekanan Tinggi	20
III.2.2 Fraksinasi menggunakan Cakram Ultrafiltrasi 1 kDa	20
III.2.3 Analisis Profil FTIR	21
III.2.4 Analisis Profil GC-MS	21
III.2.5 Pembahasan dan Kesimpulan	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
IV.1 Rendemen Ekstraksi <i>Sargassum sp.</i>	23
IV.2 Fraksi Fukoidan 1 kDa	28
IV.3 Profil Analisis FTIR	29
IV.4 Profil Analisis GC-MS	30
BAB V PENUTUP	34
V.1 Kesimpulan	34
V.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Hasil rendemen ekstrak <i>Sargassum sp.</i> tekanan 200 dan 50 MPa	24
2. Hasil organoleptik fraksi fukoidan 1 kDa tekanan 200 dan 50 MPa	28
3. Bilangan gelombang hasil FTIR standar fukoidan, ekstrak <i>Sargassum sp.</i> dan Fraksi Fukoidan	29
4. Hasil profil GC-MS standar fukoidan <i>Fucus vesiculosus</i>	31
5. Hasil profil GC-MS ekstrak <i>Sargassum sp.</i>	31
6. Hasil profil GC-MS fraksi fukoidan 1 kDa	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. <i>Sargassum sp.</i>	5
2. Struktur Fukoidan	9
3. Instrumentasi Kromatogram Gas-Spektrometer Massa	14
4. Instrumentasi Fourier Transformed Infra Red	17
5. Ekstraksi Metode Pemrosesan Tekanan Tinggi dengan Variasi Tekanan 200 dan 50 MPa	27
6. Fraksi fukoidan 1 kDa Pemrosesan Tekanan Tinggi dengan Variasi Tekanan 200 dan 50 MPa	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Skema Ekstraksi Alga Coklat <i>Sargassum sp.</i>	37
2. Skema Fraksinasi menggunakan Cakram Ultrafiltrasi 1 kDa	38
3. Perhitungan	39
4. Profil Hasi GC-MS dan FTIR	40
5. Dokumentasi penelitian	48

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kanker merupakan salah satu penyakit *degenerative*, dimana sel kanker dapat menyerang dan berkolonisasi di jaringan sekitar sehingga menyebabkan kematian apabila tidak mendapat penanganan dengan baik. Penanganan penyakit kanker dikembangkan dalam mekanisme obat secara sistemik yang dilakukan dengan cara terapi hormon, kemoterapi, terapi target dan imunoterapi (Moningka, 2019). Namun pengobatan tersebut bersifat antiproliferatif yaitu tidak hanya bekerja terhadap sel kanker tetapi terhadap sel normal terutama sel yang aktif melakukan pembelahan. Hal itu menyebabkan efek samping umum berupa mual-mual, muntah, kelelahan, anemia, diare, rambut rontok, infeksi, infertilitas, menopause, dan perubahan berat badan. Alternatif yang tidak menimbulkan efek samping salah satunya adalah pengobatan dengan bahan alam (Moningka, 2019).

Rumput laut salah satu tumbuhan yang berpotensi digunakan dalam bahan baku untuk pengobatan kanker. Saat ini, berdasarkan pengembangan penelitian yang telah dilakukan pada berbagai spesies alga coklat (*Phaeophyceae*), salah satunya pada spesies *Sargassum sp.* terdapat senyawa bioaktif fukoidan yang merupakan polisakarida sulfat

tersusun oleh l-fucose sulfat (6-deoxy-l-galactose) dengan kelompok ester sulfat. Sifat kompleks tersebut dapat menginduksi apoptosis, menghambat invasi, metastasis, dan angiogenesis sel kanker. (Weelden, 2019).

Senyawa bioaktivitas fukoidan dipengaruhi oleh berat molekul, komposisi kimia, komposisi monosakarida, serta kandungan dan posisi gugus sulfat (Aulia, 2020). Variasi berat molekul fukoidan mempengaruhi efek farmakologi sebagai antikanker. Umumnya fukoidan diklasifikasikan dengan berat molekul rendah (LMWF) (<10 kDa), fukoidan dengan berat molekul menengah (MMWF) (10-10.000 kDa), dan fukoidan dengan berat molekul tinggi (HMWF) (>10.000 kDa) (Zhang, 2013). You (2010) melaporkan bahwa aktivitas biologis LMWF lebih besar dibandingkan dengan HMWF, hal ini berkaitan dengan laju absorpsi pasif obat di seluruh epitel usus dimana berat molekul rendah dapat melewati mukosa usus baik melalui transpor paraseluler dan transseluler. Pada fraksi berat molekul fukoidan (5–30 kDa) memiliki mobilitas dan difusivitas molekul yang lebih besar dapat terjadi penambahan sulfat atau oversulfasi sehingga meningkatkan interaksi dengan komponen sel kanker. Pada fraksi berat molekul fukoidan (0,8 kDa) dapat menjadi terapi tambahan untuk agen target kemo pada pasien dengan kanker kolorektal metastatik (Tsai *et al.*, 2017).

Untuk memperoleh fukoidan dengan berat molekul rendah diperlukan metode ekstraksi yang sesuai. Metode ekstraksi fukoidan yang masih digunakan saat ini adalah metode konvensional. Metode konvensional

membutuhkan waktu ekstraksi yang lama, menggunakan banyak pelarut dan hasil ekstraksi yang kurang maksimal. Oleh karena itu, diperlukan metode lain salah satunya dengan pemrosesan tekanan tinggi. Metode ini dapat mengekstraksi senyawa biologis aktif dari berbagai sumber daya alam dengan tekanan dan durasi tertentu. Pada penggunaan variasi tekanan 50-150 MPa dapat menurunkan aktivitas mikroba dan meningkatkan perolehan senyawa bioaktif, sedangkan pada tekanan lebih dari 200 MPa dapat diperoleh hasil rendemen dan bioaktivitas yang tinggi (Agcam *et al.*, 2021).

Berdasarkan permasalahan di atas maka telah dilakukan uji pengaruh variasi tekanan 200 mpa dan 50 mpa pada pemrosesan tekanan tinggi terhadap rendemen dan profil fukoidan dari alga coklat (*Sargassum sp.*) secara spektrofotometri FTIR dan GC-MS.

I.2 Rumusan Masalah

1. Apakah metode pemrosesan tekanan tinggi dengan tekanan berbeda dapat menghasilkan rendemen fukoidan yang tinggi?
2. Bagaimana perbandingan profil fukoidan yang diperoleh dari alga coklat spesies *Sargassum sp.* dengan metode spektrofotometri FTIR dan GC-MS?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui apakah metode pemrosesan tekanan tinggi dengan tekanan berbeda dapat menghasilkan rendemen fukoidan yang tinggi.
2. Untuk mengetahui bagaimana perbandingan profil fukoidan yang diperoleh dari alga coklat spesies *Sargassum sp.* dengan metode spektrofotometri FTIR dan GC-MS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Rumput Laut Coklat (*Sargassum sp.*)

II.1.1 Klasifikasi (Anggadiredja *et al.*, 2008)

Divisi : Phaeophyta
Kelas : Phaeophyceae
Ordo : Fucales
Suku : Sargassaceae
Marga : *Sargassum*
Jenis : *Sargassum sp.*



Gambar 1. *Sargassum sp.* (Dokumentasi Pribadi)

II.1.2 Morfologi

Sargassum sp. merupakan alga coklat yang hidup pada habitat daerah perairan yang jernih yang mempunyai substrat dasar batu karang, karang mati, batuan vulkanik dan benda- benda yang bersifat masif yang berada di dasar perairan. Kedalaman untuk pertumbuhan dari 0,5 -10 m. (Anggadiredja *et al.*, 2008). Dinding sel *Sargassum sp.* terbuat dari selulosa dan asam alginat. *Sargassum sp.* memiliki bentuk thallus gepeng, banyak percabangan yang menyerupai pepohonan di darat, bangun daun melebar, lonjong seperti pedang, memiliki gelembung udara yang umumnya soliter, batang utama bulat agak kasar, dan holdfast (bagian yang digunakan untuk

melekat) berbentuk cakram, pinggir daun bergerigi jarang, berombak, dan ujung melengkung atau meruncing (Lutfiawan *et al.*, 2015). Bagian tubuh berwarna cokelat kuning kehijauan, dengan struktur tubuh terbagi atas sebuah holdfast yang berfungsi sebagai struktur basal, sebuah stipe atau batang semu, dan sebuah frond yang berbentuk seperti daun. Karbohidrat yang disimpan sebagian besar tersedia dalam bentuk laminaran (polisakarida glukosa; terbentuk dari proses fotosintesis), disertai dengan pati dalam jumlah tertentu tergantung spesiesnya (Anggadiredja *et al.*, 2008).

Sargassum sp. tumbuh di Marga *Sargassum sp.* termasuk dalam kelas Phaeophyceae tumbuh subur pada daerah tropis, suhu perairan 27,25 - 29,30 °C dan salinitas 32 - 33,5 % *Sargassum sp.* tumbuh di bentangan perairan pantai di zona paparan terumbu (reef flats) mulai dari garis pantai sampai ujung tubir termasuk dalam perairan intertidal dan subtidal (Lutfiawan., 2015).

II.1.3 Khasiat

Rumput laut merupakan sumber yang kaya akan protein, yodium, vitamin dan mineral sehingga; metabolitnya telah menunjukkan aktivitas anti-kanker. Rumput laut mengandung polifenol dalam jumlah tinggi seperti katekin, epikatekin, epigallocatechin 3-gallate, dan asam galat. Selain itu, fukoidan dengan berat molekul rendah menunjukkan efek anti-proliferasi pada sel normal dan ganas, termasuk fibroblas, sel adenokarsinoma kolon sigmoid, dan sel otot polos (Shreadah *et al.*, 2018).

Spesies *Sargassium*, yang merupakan salah satu rumput laut coklat yang digunakan dalam industri nutrasetikal dan obat-obatan karena dianggap sebagai sumber nutrisi dan senyawa bioaktif yang sangat kaya seperti vitamin (A, B1, B2, B3, B12, C, D, E), karotenoid, serat makanan, protein, mineral, asam lemak tak jenuh ganda dan asam amino. Telah dilaporkan bahwa banyak senyawa farmakologi biologis aktif seperti sterol, flavonoid, asam sargaquinoic, polifenol, terpenoid, protein, feofitin, polisakarida sulfat, juga diekstraksi, diisolasi dan dikarakterisasi dari spesies *Sargassum* yang berbeda. Senyawa ini menunjukkan berbagai aktivitas biologis seperti analgesik, antiinflamasi, antioksidan, pelindung saraf, antimikroba, antitumor, fibrinolitik, imunomodulator, antikoagulan, hepatoprotektif, aktivitas antivirus, induksi penyelesaian dan penghambatan larva hidrozoa. asetilkolin-esterase, dan toksisitas sel (Shreadah *et al*, 2018).

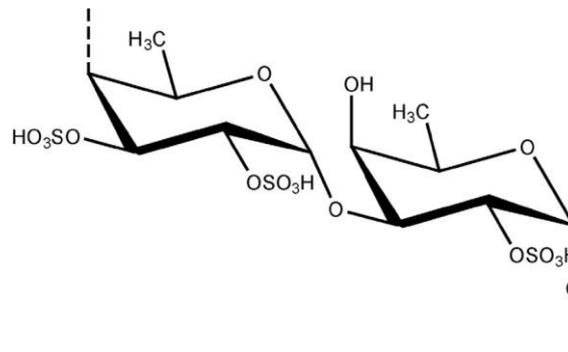
II.1.4 Kandungan

Spesies *Sargassum sp.* memiliki kandungan alginat, ascophyllans dan fukoidan sebagai bentuk fase matriks dinding sel *Sargassum sp.* alginat terdiri dari blok asam manuronat dan guluronat (Hardouin *et al.*, 2014). *Sargassum sp.* mengandung selulosa, manitol dan mengandung antioksidan (polifenol), zat besi, yodium, vitamin C dan mineral seperti Ca, K, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, S, P, Mn dan mineral lainnya. Kandungan gizi per 2 gram serbuk kering *Sargassum sp.* adalah karbohidrat 17,835%, protein 0,776%, dan polifenol 24,58% (491,5 mg). Keluarga asam dan polisakarida

larut lainnya pada spesies *Sargassum sp.* diwakili oleh fukan, yang merupakan polisakarida sulfat dan bercabang yang dibentuk oleh berbagai macam gula, seperti l-fukosa dan d-galaktosa. Laminarin, urutan 1,3- β -glukopiranososa, merupakan gula penyimpan energi (Hardouin, 2014). D-manitol, bebas gula sederhana di dalam sel, berperan dalam pengaturan tekanan osmotik. Komposisi kimia *Sargassum sp.* adalah 14–44% abu, 4–68% karbohidrat, 9–20% protein, dan 0,5–3,9% lipid (%DW) (Holdt & Kraan., 2011).

II.2 Fukoidan

Ada 3 tipe polisakarida dominan yang terdapat dalam rumput laut cokelat yaitu asam alginat, laminaran dan fukoidan. Fukoidan merupakan polisakarida tersulfat yang berasal dari mikroalga rumput laut cokelat dengan spesies, musim panen, dan kondisi iklim memiliki berat molekul yang berbeda (Sinurat & Kusmawati., 2017). Fukoidan terdapat pada dinding sel mengandung beberapa jenis monosakarida dengan komponen utama adalah α -L-fukosa sulfat (6-deoxy-l-galactose) dengan kelompok ester sulfat. Fukoidan terdapat pada dinding sel dan bagian intraseluler rumput laut cokelat. Hubungan antara struktur dan aktivitas polisakarida sulit ditetapkan karena strukturnya heterogen, irregular, bercabang dengan variasi sulfonat yang besar. Fukoidan memiliki α -(1,3)-tulangnya unit disakarida berulang dari residu fucose terkait α -(1,3)- dan α -(1,4) (Weelden *et al.*, 2019).



Gambar 2. Struktur Fukoidan (Ahmed, 2014)

Kandungan zat aktif fucoidan dalam *Sargassum sp.* memiliki bioaktivitas sebagai antikanker, antiatherosklerosis, antiinflamasi, antikoagulan, imunomodulator dan antioksidan. Bioaktivitas fucoidan dipengaruhi oleh berat molekul, komposisi kimia, komposisi monosakarida, serta dari kandungan dan posisi gugus sulfat (Aulia *et al.*, 2020).

II.3 Berat Molekul

Massa molekul relatif (disebut juga berat molekul) merupakan jumlah massa atom dari suatu rumus senyawa. Massa molekul relatif suatu senyawa molekul merupakan jumlah massa atom relatif dari seluruh atom penyusun molekul (Silberberg & Martin., 2007). Berat molekul merupakan variabel berhubungan langsung dengan sifat kimia polimer. Polimer terdiri dari unit berulang (monomer) yang terikat secara kimia menjadi rantai panjang. Sifat fisik polimer seperti kekuatan mekanik, kelarutan dan kerapuhan yang tergambar berupa rantai panjang polimer. Rantai panjang sering dinyatakan dalam berat molekul rantai polimer, terkait dengan massa molekul relatif monomer dan jumlah monomer yang terhubung dalam rantai (Rudin & Choi., 2013).

Berat molekul relevan dalam bioaktivitas senyawa fukoidan, karena fukoidan dengan berat molekul rendah seringkali lebih efektif daripada fukoidan dengan berat molekul tinggi. Berat molekul diklasifikasikan menjadi fukoidan dengan berat molekul rendah (LMWF) (<10 kDa), fukoidan dengan berat molekul sedang (MMWF) (10–10.000 kDa) dan fukoidan dengan berat molekul tinggi (HMWF) (>10.000 kDa) (Zhang *et al.*, 2013).

II.4 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan suatu proses pemisahan kandungan senyawa kimia dari jaringan tumbuhan ataupun hewan dengan menggunakan pelarut tertentu. Ekstrak adalah sediaan pekat yang diperoleh dengan cara mengekstraksi zat aktif dengan menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlakukan sedemikian, hingga memenuhi baku yang ditetapkan (Rosalina *et al.*, 2013).

Prinsip proses ekstraksi yaitu pelarut ditransfer dari bulk menuju ke permukaan. Pelarut menembus masuk atau terjadi difusi massa pelarut pada permukaan padatan inert ke dalam pori padatan (*intraparticle diffusion*). Zat terlarut (solut) yang ada dalam padatan larut ke dalam pelarut lalu karena adanya perbedaan konsentrasi. Campuran solut dalam pelarut berdifusi keluar dari permukaan padatan inert. Selanjutnya, zat terlarut (solut) keluar dari pori padatan inert dan bercampur dengan pelarut yang ada pada luar padatan (Prayudo *et al.*, 2015).

Ekstraksi secara umum dapat digolongkan menjadi dua yaitu ekstraksi padat cair dan ekstraksi cair-cair. Ekstraksi padat cair atau *leaching* merupakan metode pemisahan satu atau beberapa komponen (*solute*) dari campurannya dalam padatan yang tidak dapat larut (*inert*) dengan menggunakan pelarut (*solvent*) berupa cairan (Treybal, R. E., 1980). Metode ekstraksi padat cair dilakukan berdasarkan ada tidaknya proses pemanasan yang dapat dibagi menjadi dua macam yaitu ekstraksi cara dingin dan ekstraksi cara panas. Metode ekstraksi cara dingin tidak dilakukan pemanasan selama proses ekstraksi berlangsung dengan tujuan agar senyawa yang diinginkan tidak menjadi rusak, contohnya seperti maserasi dan perkolasi. Metode ekstraksi cara panas melibatkan panas dalam prosesnya agar mempercepat proses penyarian dibandingkan cara dingin. Methodanya adalah refluks, ekstraksi dengan alat Soxhlet dan infusa. Pada ekstraksi cair-cair, satu komponen bahan atau lebih dari suatu campuran dipisahkan dengan bantuan pelarut. Ekstraksi cair-cair dapat terdiri dari dua tahap, yaitu pencampuran secara intensif bahan ekstraksi dengan pelarut dan pemisahan kedua fase cair itu sesempurna mungkin. Pada ekstraksi cair-cair, zat terlarut dipisahkan dari cairan pembawa (*diluent*) menggunakan pelarut cair. Campuran cairan pembawa dan pelarut ini adalah heterogen, jika dipisahkan terdapat 2 fase yaitu fase *diluent* (*rafinat*) dan fase pelarut (*ekstrak*). Perbedaan konsentrasi zat terlarut di dalam suatu fasa dengan konsentrasi pada keadaan setimbang merupakan pendorong terjadinya pelarutan (*pelepasan*) zat terlarut dari larutan yang

ada. Gaya dorong (*driving force*) yang menyebabkan terjadinya proses ekstraksi dapat ditentukan dengan mengukur jarak sistem dari kondisi setimbang (Wibawa, 2012).

II.5 Pemrosesan Tekanan Tinggi

Pemrosesan tekanan tinggi, atau *High Process Pressure* (HPP) juga digambarkan sebagai pemrosesan tekanan hidrostatik tinggi (HHP), atau tekanan ultra tinggi (UHP), ditujukan untuk sampel cair dan padat, dengan kemasan ataupun tanpa kemasan, hingga tekanan antara 100 dan 800 MPa. HPP merupakan proses *non-thermal* yang dapat secara efektif menonaktifkan mikroorganisme pada suhu rendah (bisa dibawah 0°C), untuk meminimalisir efek dari panas adiabatik hingga suhu di atas 100°C (Farkas & Hoover., 2000). Sistem HPP memiliki empat komponen penting yaitu bejana bertekanan, fluida bertekanan, intensifier, dan pompa. Komponen utamanya adalah bejana, yang dirancang khusus untuk mempertahankan tekanan tinggi. Cairan mengisi bejana sebagai media transmisi, yang berinteraksi dengan produk. Sampel ditempatkan di dalam wadah dan diisi dengan media transmisi. Bejana dirancang secara unik untuk menahan tekanan ini dengan aman selama beberapa siklus proses tekanan tinggi (Irna *et al.*, 2017).

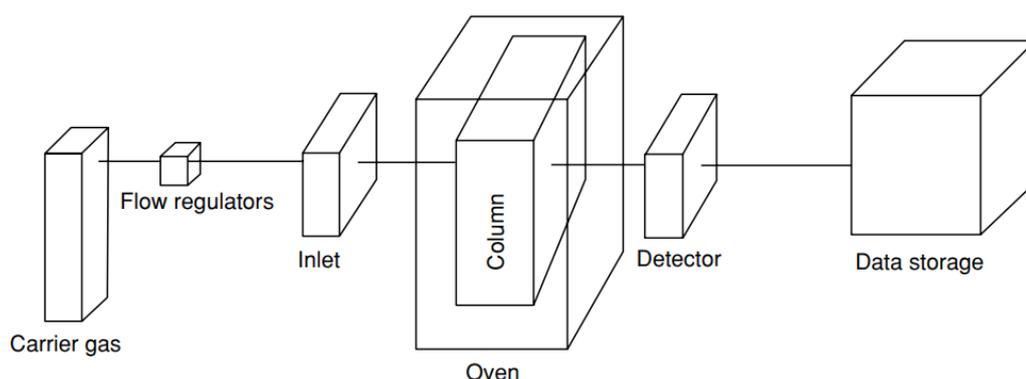
Proses tekanan tinggi menghasilkan peningkatan permeabilitas sel-sel dari sampel yang diekstraksi, juga meningkatkan nilai laju perpindahan massa. Prosedur ekstraksi tipikal melibatkan beberapa langkah: pertama, sampel dicampur dengan pelarut; kemudian, campuran diperlakukan

dengan tekanan hidrostatis tinggi; dan terakhir, campuran setelah diproses disaring untuk menghilangkan partikel padat. Pengaruh tekanan dengan metode HPP menghasilkan volume sistem cenderung berkurang. Ketika terjadi peningkatan tekanan, sehingga pelarut ekstraksi dapat masuk ke dalam sel sampel dan bersentuhan langsung dengan komponen senyawa. Oleh karena itu, pada prinsipnya, tekanan yang lebih tinggi dapat secara efektif memberikan hasil yang lebih tinggi dari senyawa menarik yang diekstraksi (Alara *et al.*, 2021).

II.6 GC-MS

Gas chromatography (GC) adalah metode pemisahan yang digunakan untuk menganalisis senyawa yang mudah menguap atau senyawa yang mudah diuapkan. Senyawa yang mudah terdegradasi oleh panas tidak dapat dianalisis dengan metode ini. Suatu senyawa harus memiliki tekanan uap yang cukup besar pada suhu di bawah 350–400°C dan harus diuapkan dengan cepat tanpa mengalami dekomposisi atau bereaksi dengan komponen fase diam dan fase gerak, selain itu ketidakstabilan senyawa pada suhu tinggi biasanya menyebabkan senyawa tidak dapat dianalisis oleh GC (Forgács & Cserháti., 2003). *Mass Spectrometer* (MS) berfungsi sebagai detektor untuk GC yang menghasilkan kromatogram yang menunjukkan jumlah masing-masing senyawa sebagai fungsi waktu retensi. Dimensi yang mendasari data khusus untuk MS disebut spektrum massa, yang merupakan histogram kelimpahan setiap ion sebagai fungsi m/z dan berfungsi untuk

mengidentifikasi senyawa yang diwakili oleh puncak pada kromatogram. *Gas Chromatography-Mass Spectrometer* merupakan gabungan metode analisis antara GC dan MS. Dalam hal ini GC hanya berfungsi sebagai sarana pemisah tanpa dilengkapi dengan detektor sebagaimana GC pada umumnya, tetapi yang berfungsi sebagai detektornya adalah MS (Pavia *et al.*, 2001).



Gambar 3. Instrumentasi Kromatogram Gas-Spektrometer Massa (Forgács & Cserháti., 2003)

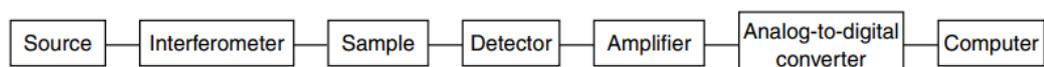
Instrumen komponen GC-MS terdiri dari sistem gas pembawa, injektor, kolom kromatografi gas, detektor, dan unit pemrosesan data (Gambar 3). Gas pembawa umumnya merupakan gas permanen dengan kapasitas adsorpsi rendah atau dapat diabaikan, yaitu hidrogen, helium, argon, atau nitrogen. Injektor berfungsi mengirimkan sampel ke kolom GC dan dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu injektor penguapan dan injektor pada kolom. Injektor penguapan menggunakan suhu tinggi untuk menguapkan sampel cairan dengan cepat. Biasanya, jarum suntik digunakan untuk memasukkan sampel adalah injektor termostat. Dalam hal ini, sampel dengan cepat menguap, bercampur dengan gas pembawa, dan

diangkut ke dalam kolom. Injektor pada kolom menyimpan sampel langsung ke dalam kolom tanpa bergantung pada penguapan sampel dan diteruskan ke dalam kolom. Pemisahan senyawa volatil dari sampel yang disuntikkan dilakukan di kolom GC. Kolom yang digunakan untuk kromatografi gas dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu kolom kemas dan kolom kapiler. Kolom yang dikemas adalah kolom logam atau gelas kaku yang diisi dengan partikel kecil yang sering dilapisi dengan lapisan tipis polimer bermassa molekul tinggi. Kolom kapiler (tabung terbuka) adalah tabung gelas atau silika yang menyatu dengan diameter dalam yang sangat kecil (umumnya antara 0,20 dan 0,53 mm). Permukaan bagian dalam kolom kapiler hanya dilapisi dengan lapisan tipis fasa diam, sehingga analit masih dapat bersentuhan dengan dinding bagian dalam tabung. Fase diam dapat dihubungkan silang dan terikat secara kovalen ke dinding bagian dalam kapiler. Fase diam dalam kolom kapiler ditandai dengan ketebalan filmnya (0,1–5 nm). Detektor berinteraksi dengan molekul zat terlarut saat mereka keluar dari kolom. Interaksi ini diubah menjadi sinyal listrik yang dikirim ke alat perekam atau penyimpanan data. Kromatogram, yaitu plot intensitas sinyal versus waktu yang berlalu, kemudian dibuat. Perbedaan utama antara detektor adalah pada jumlah terendah senyawa yang dapat dideteksi (sensitivitas) dan senyawa yang menghasilkan respons detektor terkuat (selektivitas) (Forgács & Cserhádi., 2003).

II.7 FTIR

Fourier Transformed Infra Red (FTIR) merupakan salah satu metode baku yang digunakan untuk mendeteksi struktur molekul senyawa melalui identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa dengan prinsip interaksi suatu senyawa kimia dengan radiasi elektromagnetik yang akan menghasilkan suatu getaran (vibrasi) dari suatu ikatan kimia poliatomik atau gugus fungsional senyawa kimia FTIR dapat digunakan untuk pengujian secara kualitatif dan kuantitatif (Palebangan, 2020).

Spektrofotometer FTIR didasarkan pada ide adanya interferensi radiasi antara 2 berkas sinar untuk menghasilkan suatu interferogram. Interferogram merupakan sinyal yang dihasilkan sebagai fungsi perubahan *pathlength* berkas sinar. Dua dominan (jarak dan frekuensi) dapat ditukarbalikkan dengan metode matematis yang disebut dengan transformasi fourier. Komponen dasar spektrometer FTIR ditunjukkan secara skematis pada Gambar 3. Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke arah sampel sebelum mencapai detektor. Setelah amplifikasi sinyal, kontribusi frekuensi tinggi telah dihilangkan oleh filter, hasil data diubah menjadi bentuk digital oleh konverter analog-ke-digital dan ditransfer ke komputer untuk transformasi Fourier (Stuart, 2004).



Gambar 4. Instrumentasi *Fourier Transformed Infra Red* (Stuart, 2004)

Daerah spektrum inframerah dapat dibagi menjadi dua yaitu daerah frekuensi gugus fungsional dan daerah sidik jari (*fingerprint*). Daerah

fungsional terletak pada daerah radiasi $4000-1400\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan absorbansi timbul karena ikatan dan gugus. Puncak absorpsi yang muncul terlihat dari gugus fungsional yang khas. Daerah sidik jari (*fingerprint*) yaitu daerah yang terletak pada $1400-400\text{ cm}^{-1}$, pita-pita absorpsi pada daerah ini berhubungan dengan vibrasi molekul. Setiap atom dalam molekul akan saling mempengaruhi sehingga dihasilkan pita-pita absorpsi yang khas untuk setiap model (Mudasir & Candra, 2008.).

Secara garis besar, spektrum IR diperoleh dengan Teknik transmisi dan pantulan (*reflectance*). Teknik transmisi dalam memperoleh spektra dilakukan dengan melewati berkas sinar inframerah melalui sampel. Teknik transmisi dapat dilewatkan pada sampel padat, cair, gas dan polimer. Spektra transmisi sampel padat dapat dipreparasi dengan pelet KBr, membuat mull yang dicampur dengan 1-2 tetes minyak hidrokarbon berat serta membuat lapisan tipis pada lempeng natrium klorida. Teknik transmisi sampel cairan dapat dilakukan dengan membuat 1 tetes sampel yang diletakkan di dua jendela transparan inframerah, untuk cairan berbau menyengat dan toksik dapat dilakukan dengan menutup cairan di dalam sel yang tertutup. Untuk sampel gas dapat dimasukkan ke dalam sel tertutup yang telah dilapisi NaCl, bentuk ini dilakukan dengan menggunakan cermin-cermin internal sehingga berkas sinar dipantulkan melalui sampel. Sedangkan teknik pantulan (*reflectance*) dilakukan dengan memantulkan kembali sinar inframerah pada sampel yang dianalisis teknik ini dilakukan

pada sampel yang sulit dianalisis menggunakan teknik transmittan (Meilia, 2019).